

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
POSGRADO EN PRODUCCIÓN ANIMAL

**DESARROLLO DE VAQUILLAS HOLSTEIN CON
INCLUSIÓN DE IONÓFOROS EN LA DIETA //**

T E S I S
QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS EN
PRODUCCIÓN ANIMAL

PRESENTA:

Bib. 92809

LUIS ENRIQUE ZAVALA GARCÍA

FEBRERO DEL 2000

CHAPINGO, ESTADO DE MÉXICO



DIRECCION ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES



DESARROLLO DE VAQUILLAS HOLSTEIN CON INCLUSIÓN DE

IONÓFOROS EN LA DIETA

El jurado que revisó y aprobó el examen de grado de Luis Enrique Zavala García autor de la presente Tesis de Maestría en Ciencias en Producción Animal estuvo constituido por:

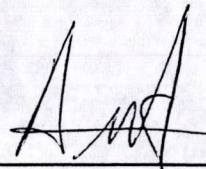
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN ANIMAL

PRESIDENTE



M. C. Carlos Sánchez del Real

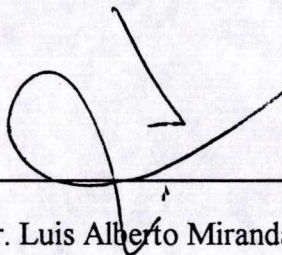
ASESOR



36504

Ph. D. Pedro Arturo Martínez Hernández

ASESOR



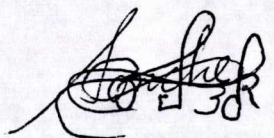
Dr. Luis Alberto Miranda Romero

**DESARROLLO DE VAQUILLAS HOLSTEIN CON INCLUSIÓN DE
IONÓFOROS EN LA DIETA**

Tesis realizada por Luis Enrique Zavala García bajo la dirección del Comité Asesor
indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado
de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN ANIMAL

DIRECTOR



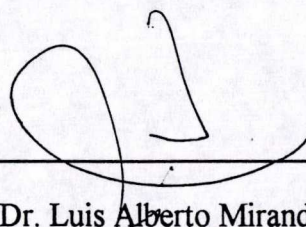
M. C. Carlos Sánchez del Real

ASESOR



Ph. D. Pedro Arturo Martínez Hernández

ASESOR



Dr. Luis Alberto Miranda Romero

DEDICATORIA

A Dios, por darme la oportunidad de cumplir una mas de mis metas.

A mi Padre y Hermano:

J. Refugio y Marco Rafael Zavala (q.e.p.d), por que siempre me desearon lo mejor.

Siempre los recordare.

A mi Madre:

Ma. Del Carmen García, por ser ejemplo de superación constante y por confiar siempre en mí.

A mi Esposa e Hija:

Patricia Flores y Tlacnelili Zavala, por todo su amor y por ser mi mayor motivación para seguir adelante y superarme día con día.

A mi Hermana:

Rosa del Carmen, por el apoyo incondicional que siempre me ha brindado.

LUIS ENRIQUE

AGRADECIMIENTOS

Al Posgrado en Producción Animal de la Universidad Autónoma Chapingo, por el apoyo brindado para culminar mis estudios de posgrado.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico otorgado para realizar mis estudios de Maestría en Ciencias.

Al M. C. Carlos Sánchez del Real por su gran amistad, por compartir sus valiosos conocimientos y por todo el tiempo dedicado para poder realizar la presente investigación.

Al Ph. D. Pedro Arturo Martínez Hernández y al Dr. Luis Alberto Miranda, por el tiempo dedicado y por sus valiosas aportaciones para mejorar esta investigación.

Al Ing. Juan Francisco Román de la Cruz y al Ing. Oscar Almeraya Almeraya, por su gran amistad y por su apoyo incondicional durante todo este tiempo.

DATOS BIOGRÁFICOS

Datos generales:

Nombre: Luis Enrique Zavala García

Lugar de origen: Puruándiro, Michoacán

Profesión: Ingeniero Agrónomo Zootecnista

Cédula Profesional: 2655766

Formación académica:

Escuela Secundaria Federal Dámaso Cárdenas. Puruándiro, Michoacán. (1983-1986).

Escuela Preparatoria Federal por Cooperación Lic. Gustavo Díaz Ordaz. Puruándiro, Michoacán. (1986-1989).

Departamento de Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. (1990-1995).

ABSTRACT

Zavala, G. L. E., C. Sánchez del R., P. A. Martínez H. y L. A. Miranda.

HOLSTEIN HEIFERS GROWTH WITH IONOPHORES ADITION IN DIET

The effect of monensin and lasalocid ionophores in the Holstein heifers productive performance was evaluated. 21 heifers with average liveweight of 240 kg were used, which were housed in individual cages and distributed at random in three treatments; T1: basal diet (BD) with monensin ($200 \text{ mg heifer}^{-1} \text{ d}^{-1}$), T2: BD with lasalocid ($200 \text{ mg heifer}^{-1} \text{ d}^{-1}$) and T3: BD without ionophores. Ionophores were included in the diet, which was composed of silage corn and concentrate in a ratio of 61:39. Food intake was determined weekly. Heifers were weighted each 3 weeks, previous deprived by 12 h. Evaluated response variables were: diet intake (DI), daily liveweight gain (DLG), feed conversion (FC), body condition (BC) and blood serum mineral content (BSMC). A completely random design with 7 repetitions was used, the experimental unit was each one of heifers. There were not differences ($P>0.05$) between treatments to DI, DLG, CA and BSMC. However, there was better productive performance in the treatments with ionophores. With the monensin and lasalocid use, GDP was improved in 4.6 and 11.6% and CA in 8.8 and 9.3% respectively. CC was improved ($P<0.05$) using lasalocid in diet.

KEY WORDS: Lasalocid, monensin, feed additives.

RESUMEN

Zavala, G. L. E., C. Sánchez del R., P. A. Martínez H. y L. A. Miranda.

DESARROLLO DE VAQUILLAS HOLSTEIN CON INCLUSIÓN DE IONÓFOROS EN LA DIETA

Con el objetivo de evaluar el efecto de los ionóforos lasalocid y monensina, sobre el desarrollo de vaquillas Holstein, se utilizaron 21 vaquillas con pesos promedio de 240 kg, las cuales se alojaron en corraletas individuales y se distribuyeron al azar en tres tratamientos; T1: dieta base (DB) con monensina (200 mg vaquilla⁻¹ d⁻¹), T2: DB con lasalocid (200 mg vaquilla⁻¹ d⁻¹) y T3: DB sin ionóforo. Los ionóforos se incluyeron en la dieta, la cual consistió en ensilado de maíz y concentrado, en la proporción de 61:39. El consumo de alimento se determinó semanalmente. Las vaquillas fueron pesadas cada tres semanas, previo ayuno de 12 h. Las variables de respuesta evaluadas fueron: consumo de dieta (CD), ganancia diaria de peso (GDP), conversión alimenticia (CA), condición corporal (CC), y contenido mineral en suero sanguíneo (CMSS). Se utilizó el diseño experimental completamente al azar con siete repeticiones, la unidad experimental fue cada una de las vaquillas. No se observaron diferencias ($P > 0.05$) entre los tratamientos utilizados, para las variables CD, GDP, CA y CMSS. Sin embargo, se notó mejor comportamiento de los animales asignados a los tratamientos con monensina y lasalocid en comparación al control. En promedio con el uso de los ionóforos, la GDP se mejoró en 4.6 y 11.6% y la CA en 8.8 y 9.3% respectivamente. La CC se mejoró ($P < 0.05$) al utilizar lasalocid en la dieta.

PALABRAS CLAVE: Lasalocid, monensina, aditivos.

CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ABREVIATURAS USADAS.....	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
 2.1. Importancia de la actividad lechera.....	 3
2.1.1. Actividad económica.....	3
2.1.2. Inventario bovino.....	4
2.1.3. Demanda-Oferta.....	4
 2.2. Sistemas de producción de leche en México.....	 5
2.2.1. Sistema de producción especializado	6
2.2.2. Sistema de producción semiespecializado (lechería familiar).....	 7
2.2.3. Sistema de producción de doble propósito o lechería tropical.....	 8
2.2.4. Estructura de la producción nacional de leche.....	9

2.3. Alimentación de las vaquillas de reemplazo.....	10
2.3.1. Requerimientos nutricionales de las vaquillas de reemplazo	11
2.3.1.1. Energía.....	11
2.3.1.2. Proteína.....	13
2.3.1.3. Fibra.....	15
2.3.1.4. Minerales.....	16
2.3.1.5. Vitaminas	18
2.4 Aditivos alimenticios y promotores del crecimiento.....	19
2.4.1. Probióticos.....	20
2.4.2. Buffers.....	22
2.4.3. Supresores de estros.....	24
2.4.4. Implantes.....	25
2.4.5. Ionóforos.....	26
2.4.5.1. Clasificación de ionóforos.....	26
2.4.5.2. Mecanismos de acción.....	27
2.4.5.3. Toxicidad.....	33
2.4.5.4. Monensina.....	35
2.4.5.5. Lasalocid.....	36
2.4.5.7. Efecto de los ionóforos en producción de leche....	37

2.4.5.8. Efecto de los ionóforos sobre el comportamiento productivo de vaquillas de reemplazo.....	41
III. HIPÓTESIS.....	43
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	44
4.1. Localización	44
4.2. Clima	44
4.3. Periodo experimental.....	44
4.4. Tratamientos.....	45
4.5. Instalaciones y equipo.....	45
4.6. Manejo de los animales.....	45
4.7. Manejo alimenticio.....	46
4.8. Toma de muestras.....	48
4.9. Diseño experimental.....	49
4.10. Variables de respuesta.....	50
4.11. Análisis de los resultados.....	51
4.12. Análisis económico.....	52

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	53
5.1. Consumo de la dieta.....	53
5.2. Ganancia diaria de peso.....	55
5.3. Conversión alimenticia.....	56
5.4. Condición corporal.....	57
5.5. Contenido mineral en suero sanguíneo.....	58
5.5.1. Calcio.....	58
5.5.2. Fósforo.....	59
5.5.3. Magnesio.....	60
5.5.4. Potasio.....	61
5.5.5. Sodio.....	63
5.5.6. Hierro.....	63
5.5.7. Cobre.....	64
5.5.8. Cinc.....	65
5.6. Contenido mineral en alimento.....	67
5.7. Análisis económico.....	69
VI. CONCLUSIONES.....	71
VII. LITERATURA CITADA.....	72

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1 Retrospectiva y perspectiva de la producción de leche fluida de bovino en México de 1998 al 2005 (millones de litros anuales).....	5
Cuadro 2 Estructura de la producción nacional de leche de bovino por sistema productivo durante el periodo 1990-1998.....	9
Cuadro 3 Productos finales de la fermentación de las bacterias ruminales resistentes y sensibles a los ionóforos.....	28
Cuadro 4 Cambio en la producción de ácidos grasos volátiles (AGV) y metano (CH ₄) al incrementar niveles de monensina (<i>in vitro</i> -cultivo continuo).....	29
Cuadro 5 Digestibilidad aparente de la energía en rumiantes alimentados con monensina o lasalocid.....	31
Cuadro 6 Digestibilidad aparente del nitrógeno en rumiantes alimentados con monensina o lasalocid.....	32

Cuadro 7	Comportamiento productivo de vaquillas Holstein consumiendo monensina en la dieta.....	41
Cuadro 8	Dieta experimental y aporte estimado de nutrimentos	47
Cuadro 9	Composición de la mezcla mineral utilizada durante la fase experimental.....	48
Cuadro 10	Consumo de dieta, ganancia diaria de peso y conversión alimenticia de vaquillas Holstein, con ionóforos en la dieta.....	56
Cuadro 11	Contenido mineral en suero sanguíneo de vaquillas Holstein.....	59
Cuadro 12	Contenido mineral en suero sanguíneo de vaquillas Holstein con ionóforos en la dieta.....	62
Cuadro 13	Contenido de macrominerales del alimento proporcionado a vaquillas Holstein durante la fase experimental.....	67

Cuadro 14	Contenido de microminerales del alimento proporcionado a vaquillas Holstein durante la fase experimental.....	67
Cuadro 15	Requerimientos y aporte de macro y microminerales de la dieta proporcionada a vaquillas Holstein.....	69
Cuadro 16	Costo por kilogramo de ganancia de peso de vaquillas Holstein con y sin ionóforos en la dieta.....	70

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1 Formula estructural del ionóforo monensina.....	36
Figura 2 Formula estructural del ionóforo lasalocid.....	37

ABREVIATURAS USADAS

GDP. Ganancia diaria de peso

CA. Conversión alimenticia

ENm. Energía neta de mantenimiento

ENg. Energía neta de ganancia

PC. Proteína cruda

PCDR. Proteína cruda degradable en rumen

PCNDR. Proteína cruda no degradable en rumen

FC. Fibra cruda

FDA. Fibra detergente ácido

FDN. Fibra detergente neutro

NDT. Nutrientes digestibles totales

BCP. Proteína cruda bacteriana

MGA. Acetato de melengestrol

NEFA. Ácidos grasos no esterificados

BHBA. Ácido beta hidroxibutírico

CH₄. Metano

NH₃. Amonio

K. Potasio

Na. Sodio

Ca. Calcio

Ba. Bario

Li. Litio

Pb. Plomo

Mg. Magnesio

Cu. Cobre

Fe. Hierro

I. INTRODUCCIÓN

La importación de vaquillas de reemplazo en las explotaciones lecheras con ganado Holstein puede ser una mayor inversión que la crianza de reemplazos. Además la importación no necesariamente da mejoría en la calidad genética del hato, hay riesgo de introducir nuevas enfermedades al establo, las condiciones ambientales y de manejo pueden ser menos adecuadas para los animales importados. Así, puede concluirse que la crianza de los reemplazos es una oportunidad para mejorar tanto la economía de la explotación como las condiciones de producción de la misma.

La nutrición de los reemplazos en las fases de crianza y crecimiento, es un componente determinante en la obtención de animales con comportamiento productivo elevado. Una pobre nutrición, en estas fases, ocasionará animales no tan solo de baja producción sino también de corta vida productiva.

Una de las alternativas de manejo alimenticio que puede favorecer animales saludables, con capacidad de expresar su potencial genético para producción, al mismo tiempo que reduce el costo de producción y el tiempo en crecimiento es agregar a la dieta aditivos, como son los ionóforos. Estos compuestos pueden mejorar la eficiencia de utilización de los nutrimentos del alimento y la tasa de ganancia de peso, con ello la conversión alimenticia y por lo tanto el costo de producción de las vaquillas de reemplazo se reduce. Dos ionóforos disponibles comercialmente en México son monensina y lasalocid.

Con base en la importancia que representa el reducir los costos de producción de las vaquillas de reemplazo, utilizando para ello los ionóforos como herramienta para mejorar el manejo nutricional se plantearon los siguientes:

OBJETIVOS

Evaluar el efecto de la inclusión de ionóforos en la dieta, sobre el desarrollo de vaquillas Holstein.

Comparar el efecto de dos diferentes ionóforos; lasalocid y monensina.

Realizar un análisis económico del uso de ionóforos, en la dieta de vaquillas Holstein.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. IMPORTANCIA DE LA ACTIVIDAD LECHERA

La industria lechera ha sido de las actividades económicas más importantes de México, desafortunadamente la política que se siguió hasta algunos años ocasionó que esta actividad, se haya estancado; sin embargo, con la implementación de varios programas desarrollados por el gobierno del país se espera que la actividad lechera resurja.

2.1.1. Actividad económica

El sector productor de leche de bovino tiene amplias expectativas de desarrollo favorables, puesto que mostró un crecimiento acumulable del 25% durante 1990 a 1997 y una tasa media anual de crecimiento del 3.5% (CANACINTRA, 1997).

En términos de empleo, la aportación del sector lechero es creciente, ya que en 1995 había 26, 857 personas empleadas y en 1998 ascendió a 29, 195 (SAGAR, 1999). Respecto a la capacidad instalada de la industria lechera, ésta es de 4,100 millones de litros por año, pero en 1995 fue únicamente el 53% de esta capacidad aprovechada (Sánchez *et al.*, 1997).

2.1.2. Inventario bovino

De acuerdo con Sánchez (1999) (Comunicación personal) para el año de 1995 el total de cabezas de bovinos productores de leche fue de 4' 840, 000; distribuidas de la siguiente forma:

Sistema especializado. 601, 500

Sistema semiespecializado o lechería familiar. 1' 500, 000

Sistema de doble propósito o lechería tropical. 2' 738, 500

2.1.3. Demanda-oferta

La demanda nacional de leche durante el periodo de 1990 a 1995 creció 12% de 9, 438 millones de litros al año en 1990 a 10,605 millones de litros en 1995. El consumo per cápita fue de 118.7 litros en 1995 (CANACINTRA, 1996), mientras que la oferta durante el periodo de 1990 a 1996 aumento 27%, de 6, 265.9 millones de litros en 1990 paso a ser de 7, 972.7 millones en 1996 (Odermatt, 1997).

Por otra parte, el fuerte crecimiento demográfico y la cada vez mayor concentración de la población en núcleos urbanos, así como la predilección por proteína de origen animal de buena calidad por parte del consumidor, hace que la leche como producto alimenticio cobre cada vez más importancia, sin embargo, la producción nacional de leche sigue siendo insuficiente y de acuerdo con la proyección realizada por el Grupo Industrial LALA (1998) lo seguirá siendo por más tiempo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Retrospectiva y perspectiva de la producción de leche fluida de bovino en México de 1998 al 2005 (millones de litros anuales).

Año	Producción Nacional ²	Consumo Ideal ¹	Déficit	% del déficit
1998	7960.1	17604.6	9644.4	55
1999	8121.4	17865.5	9744.0	55
2000	8282.8	18124.9	9842.0	54
2001	8444.1	18124.9	9680.7	53
2002	8605.4	18639.7	10034.2	54
2003	8766.8	18895.2	10128.3	54
2004	8928.1	19148.6	10220.4	53
2005	9089.4	19368.8	10279.3	53

Fuente: Grupo Industrial LALA (1998).

¹Estimado en base al consumo de 500 ml hab⁻¹ d⁻¹ recomendado por la FAO

²Datos estimados por medio de regresión lineal

2.2. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN MÉXICO

La producción de leche en México se desarrolla en condiciones muy heterogéneas desde el punto de vista tecnológico y socioeconómico. Así se pueden distinguir, por lo menos tres sistemas de producción: el especializado, el semiespecializado (lechería familiar) y el de doble propósito o lechería tropical (Torres, 1991).

2.2.1. Sistema de producción especializado

La lechería especializada se localiza en la zona norte y en el altiplano mexicano, comprendiendo los estados de Coahuila, Durango, Chihuahua, Zacatecas, Jalisco, Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro, México, Puebla e Hidalgo. El tipo de ganado utilizado es fundamentalmente de raza Holstein. El tamaño de los hatos es de medianos (200 cabezas) a grandes (+ de 1000 cabezas) para su explotación (ASERCA, 1996).

El ordeño es mecánico y el establo está equipado con equipo de enfriamiento (Muñoz *et al.*, 1995). Dentro de este sistema se contrata mano de obra, en muchas ocasiones especializada y lleva a cabo fuertes inversiones en terrenos, maquinaria de explotación agrícola, transporte y procesamiento del fluido, así como compra de ganado especializado (ASERCA, 1996).

Los productores de este sistema tienen acceso al crédito bancario o bien forman parte de uniones de crédito. Este sistema aporta entre el 80 y 90% de la leche pasteurizada que se consume en las grandes ciudades del país. Presenta producciones que oscilan entre 4000 y 6000 litros por lactancia (Muñoz *et al.*, 1995).

La nutrición se basa en el uso de concentrados con un consumo de 9 a 10 kg vaca⁻¹ d⁻¹ y forrajes de corte o ensilados. Dentro de estos sistemas puede existir dependencia de forrajes la cual puede ser total o parcial (Torres, 1991).

Los productores de este sistema presentan altos grados de integración hacia la fuente de abastecimiento de insumos; alimentos balanceados y forrajes y hacia la comercialización del producto, pues generalmente son accionistas de las grandes cooperativas lecheras de México (Muñoz *et al.*, 1995).

2.2.2. Sistema de producción semiespecializado (lechería familiar)

Se localiza principalmente en la región del altiplano. Abarca los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León, Zacatecas, Aguascalientes, Querétaro, Jalisco, Michoacán, Guanajuato, México, Morelos, Tlaxcala e Hidalgo (Torres, 1991).

El tipo de ganado es resultado de una serie de cruza entre Holstein, Suizo Pardo y Criollo, aunque predomina el primero. La alimentación se basa en el uso de alimentos balanceados (consumo de 5 a 6 kg vaca⁻¹ d⁻¹), de esquilmos agrícolas mezclados con maíz molido y del pastoreo directo en pastos nativos (Sánchez, 1992).

La producción de leche por lactancia es de 1, 600 a 2, 000 litros por vaca. La ordeña es manual, eventualmente mecánica; no cuenta con equipo de enfriamiento; existe deficiente control sanitario y no cuenta con asistencia o capacitación técnica. Los productores de este sistema tienen acceso muy limitado al crédito y a servicios en general. Sus canales de comercialización son básicamente tres: venta a la compañía Nestle, para su posterior deshidratación, venta como leche cruda (o “bronca”) directamente al consumidor o venta a productores artesanales de queso. Este sistema aporta entre el 50 y 60% de la leche bronca que se consume en México (Muñoz *et al.*, 1995).

La lechería familiar, aunque requiere de integración y organización para la comercialización, tiene la ventaja y característica fundamental de la participación de la mano de obra familiar, con lo que se abaten costos de producción significativamente, motivo por el cual, ha permanecido estable ante todos los embates de las grandes crisis económicas, no así la lechería especializada que ha resultado muy afectada (Torres, 1991).

2.2.3. Sistema de producción de doble propósito o lechería tropical

Se localiza en las regiones tropicales y subtropicales de México y comprende los estados de Veracruz, Tabasco, Quintana Roo, Chiapas, San Luis Potosí y Jalisco (Torres, 1991). El tipo de ganado predominante es resultado de la cruce entre el Suizo Pardo con el Cebú y el Criollo. La alimentación se basa en el pastoreo directo en gramas nativas o pastos cultivados y en la eventual utilización de complementos alimenticios como los subproductos agroindustriales (pasta de coco, cáscara de trigo, melaza, pajas de arroz, subproductos de la industria cervecera, entre otros). La producción de leche por lactancia es de 300 a 700 litros por vaca. La ordeña es manual; no cuenta con equipo de enfriamiento, existe un deficiente control sanitario y no cuentan con capacitación o asesoría técnica (Muñoz *et al.*, 1995).

Los productores de este sistema tienen acceso muy limitado al crédito (menos del 50% de los productores cuentan con algún apoyo crediticio) y a los servicios en general (Chavez, 1991). Sus canales de comercialización son básicamente tres: venta a los productores de

quesos artesanales (51% del total); venta como leche bronca (28% del total) y venta a la compañía Nestle (19% del total) (Muñoz *et al.*, 1995).

2.2.4. Estructura de la producción nacional de leche

Según Torres (1991) para el año de 1989 el 25% de la producción total de leche lo aportaba el sistema de producción especializado, el 45% el sistema semiespecializado y el 30% restante la lechería tropical. Sin embargo, durante el periodo comprendido entre 1991 y 1998 se observa la tendencia (Cuadro 2) a incrementarse el porcentaje de aportación del sistema especializado, mientras que el sistema de doble propósito presenta una constante disminución en este porcentaje. El sistema semiespecializado o familiar a experimentado durante este periodo variación constante en su aporte a la producción nacional, pero ha logrado mantenerse entre el 20 y 30%.

Cuadro 2. Estructura de la producción nacional de leche de bovino por sistema productivo¹ durante el periodo 1990-1998.

Sistema	Año								
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
DP	43.0	39.0	35.0	34.0	32.0	15.0	23.6	18.3	17.8
SE	33.0	30.0	28.0	24.0	20.0	30.0	22.3	31.1	31.1
E	24.0	31.0	37.0	42.0	48.0	55.0	54.1	50.6	51.1

Fuente: SAGAR (1999)

¹Participación en porcentaje

DP: Doble propósito

SE: Semiespecializado

E: Especializado

2.3. ALIMENTACIÓN DE LAS VAQUILLAS DE REEMPLAZO

La alimentación de las vaquillas de reemplazo tiene como objetivo lograr el desarrollo óseo adecuado, y tasas de crecimiento acordes a las metas fijadas para alcanzar la pubertad y la primer gestación. La alimentación del ganado consiste en proporcionarles una determinada cantidad de alimento que satisfaga el apetito y que proporcione los diversos nutrimentos en cantidades suficientes para cubrir los requerimientos del animal (Schmidt y Van Vleck, 1974).

Debido a que los requerimientos alimenticios varían de acuerdo a la edad, estado fisiológico, ya sea productivo ó reproductivo, y tamaño, las dietas que se emplean para alimentar a los animales también difieren (Riquelme, 1986).

Ningún alimento en particular es esencial, mas bien el balance apropiado de los nutrimentos (fibra, energía, proteína, minerales y vitaminas) que se ofrecen en forma apetitosa, es lo que distingue una buena ración de otra mala (Bath *et al.*, 1984).

Las raciones para vaquillas de reemplazo de los 6 a los 12 meses de edad, se pueden formular con heno de mediana calidad y una cantidad medida de alimento concentrado; formado por granos de cereales y oleaginosas. Además, este debe contener fuentes de proteína no degradable en rumen de buena calidad, como la harina de carne o de pescado. Durante esta etapa se puede comenzar a utilizar en forma paulatina el ensilado de maíz (Llamas, 1996).

Respecto a la alimentación de las vaquillas de reemplazo de mas de doce meses de edad sus requerimientos bajan considerablemente, por lo que es común en México, descuidar la alimentación de estos animales, lo cual no debe ser así; por lo que se debe asegurar que la ración, aunque sencilla este bien balanceada (Llamas, 1996).

2.3.1. Requerimientos nutricionales de las vaquillas de reemplazo

El ganado especializado en la producción de leche requiere de cinco clases principales de nutrimentos (energía, proteína, minerales, vitaminas y agua), sin embargo después del agua, la necesidad mayor es la de energía, seguida por la de proteína (Schmidt y Van Vleck, 1974; Bath *et al.*, 1984).

2.3.1.1. Energía

La energía es el nutrimento más importante en la formulación de raciones para el ganado lechero (Schmidt y Van Vleck, 1974) y normalmente comprende del 70 al 80% de la ingestión de alimentos que no son agua (Etgen y Reaves, 1985).

El ritmo de crecimiento de la vaquilla es influenciado por el esquema de alimentación empleado, principalmente en cuanto al nivel de energía. Esto a su vez afecta el tiempo a la pubertad (Etgen y Reaves, 1985; Llamas, 1996).

Necesidades de mantenimiento

La mayor parte de los valores para el mantenimiento han sido estimados por medio de pruebas de alimentación, que determinan las cantidades de energía y proteína que se precisan para mantener a los animales con peso constante. Otras necesidades de mantenimiento se calculan por medio de estudios sobre el catabolismo en ayuno (Schmidt y Van Vleck, 1974).

Los requerimientos de energía para mantenimiento son mínimos, ya que se trata solamente de reponer tejidos y soportar las pérdidas de energía relacionada con la actividad voluntaria y el metabolismo basal del animal (Riquelme, 1986).

De acuerdo con la NRC (1989) la ecuación utilizada para estimar la energía neta de mantenimiento, está basada en el peso metabólico de los animales y la temperatura ambiental en la cual son manejadas las vaquillas de reemplazo.

$$ENm = 0.086 (PV^{0.75})$$

Donde:

ENm = Requerimiento de energía neta de mantenimiento en Mcal d⁻¹

PV = Peso vivo en kg

La ecuación anterior asume la temperatura ambiental de 20 °C por lo que la NRC (1981) sugiere que por cada grado centígrado arriba o abajo de esta temperatura se reste o sume respectivamente el factor 0.0007 al valor de 0.086.

Necesidades para ganancia de peso

El ganado en crecimiento requiere de energía para formar tejidos. Así mismo, las reacciones fisiológicas y bioquímicas precisan energía para metabolizar y transportar los componentes y sintetizar los nuevos tejidos (Miller, 1989).

Riquelme (1986) menciona que a pesar de que los requerimientos de nutrimentos por animal por día son menores para animales jóvenes que para adultos, la concentración de nutrimentos por unidad de materia seca consumida deben ser mayores, debido principalmente a la menor capacidad del tracto gastrointestinal.

De acuerdo con la NRC (1989), los requerimientos de energía para crecimiento están dados en función de las ganancias diarias de peso y pueden ser estimados (para el caso de vaquillas) de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$ENg = (0.035 PV^{0.75}) (GDP^{1.119})$$

Donde:

ENg = Requerimiento de energía neta de ganancia en Mcal d⁻¹

GDP = Ganancia diaria de peso en kg d⁻¹

PV= Peso vivo en kg

2.3.1.2. Proteína

La absorción de aminoácidos esenciales provenientes de la proteína dietaria que escapa a la fermentación ruminal y de la proteína microbiana formada en el rumen, es vital para las

funciones fisiológicas; de mantenimiento, crecimiento y reproducción de las vaquillas de reemplazo (NRC, 1989).

El valor biológico de la proteína depende de su capacidad para suministrar aminoácidos según las cantidades relativas por el animal para una función orgánica específica. El valor biológico varía con cada función fisiológica por ser diferente la proporción de aminoácidos precisa para cada función (Schmidt y Van Vleck, 1974).

Los rumiantes no dependen exclusivamente de su dieta para obtener proteína ya que los microorganismos del rumen transforman el nitrógeno de las fuentes de nitrógeno no proteico en aminoácidos para su uso y éstos, a su vez, son digeridos en el intestino delgado (Etgen y Reaves, 1985).

La producción en gramos de proteína cruda de bacterias y protozoarios del rumen puede estimarse en función del consumo de nutrimentos digestibles totales por medio de la ecuación: $BCP = 6.25(-31.86 + 26.12 \text{ NDT})$ propuesta por la NRC (1985).

Las necesidades de proteína para mantenimiento se determinan por la cantidad de nitrógeno en la orina, que indica la cantidad de proteína destruida para mantener las funciones vitales. Las necesidades de proteína dependen también del crecimiento de pezuñas, pelo, cuernos y piel (Schmidt y Van Vleck, 1974).

La proteína es de los ingredientes más caros en la ración de los animales especializados en la producción de leche, los cuales deben disponer de la proteína adecuada porque la deficiencia reduce mucho la tasa de crecimiento y la producción de leche. La gestación puede verse interrumpida por la deficiencia grave de proteína. No obstante, deberá evitarse el consumo excesivo de proteína ya que se requiere de cantidades adicionales de energía para desaminar los aminoácidos y eliminar el nitrógeno en forma de urea (Schmidt y Van Vleck, 1974).

Los requerimientos de proteína para crecimiento están dados en función de las ganancias diarias de peso y la edad del animal, esto debido principalmente a la composición de las ganancias de peso vivo. Se estima que el animal joven deposita aproximadamente 18 g de proteína por cada 100 g de aumento de peso vivo. Además los requerimientos obtenidos en base a la ganancia de peso se corrigen por el factor 0.775, que corresponde aproximadamente al valor biológico de la proteína microbiana (Riquelme, 1986).

2.3.1.3 Fibra

La cantidad de fibra en la ración de ganado lechero es normalmente expresada como fibra cruda, fibra detergente ácido y fibra detergente neutro. La fibra cruda representa la fracción fibrosa que no se solubiliza en ácido ni en álcali. La fibra detergente ácido esta formada por celulosa, lignina, nitrógeno insoluble en detergente ácido y cenizas ácido insolubles, mientras que la fibra detergente neutro consiste de hemicelulosa, celulosa, lignina, nitrógeno insoluble en detergente ácido y cenizas ácido insolubles (NRC, 1989).

La cantidad de fibra que debe ser incluida en las raciones para ganado lechero depende de los siguientes factores: la condición corporal y el nivel de producción del animal, el tipo de fibra, el tamaño de partícula, la cantidad total de materia seca consumida, la capacidad buffer del forraje y la frecuencia de alimentación (Miller, 1989).

De acuerdo con la NRC (1988), los requerimientos de fibra cruda, fibra detergente ácido y fibra detergente neutro, para vaquillas de reemplazo en su etapa de desarrollo son de 15, 19 y 25%, respectivamente.

Es importante mencionar que las raciones para vaquillas de reemplazo pueden contener niveles altos de fibra, debido a la utilización de cantidades elevadas de forrajes que pueden formar parte de dicha ración, ya que las tasas de crecimiento, necesarias para conseguir el peso y edad adecuados al primer servicio pueden conseguirse mediante la utilización de forrajes de mediana a buena calidad, reduciendo además con esto los costos de alimentación.

2.3.1.4 Minerales

Actualmente se reconocen 16 minerales como esenciales para los rumiantes. Aquellos que se encuentran en mayor cantidad en los animales se conocen como macroelementos: calcio, fósforo, magnesio, sodio, potasio, cloro y azufre. Mientras que el grupo presente en cantidades pequeñas se conoce como microelementos: cobre, cobalto, hierro, cinc, manganeso, selenio, iodo, molibdeno y cromo (Richardson, 1991). Además existen otros 15 elementos que posiblemente sean incluidos dentro de los esenciales, pero cuya

importancia práctica es mínima en virtud de que las deficiencias se han demostrado en condiciones de laboratorio y con ciertas especies animales (Huerta, 1995).

La nutrición mineral adecuada es esencial para mantener la salud animal y lograr parámetros productivos y reproductivos óptimos. La falta de atención en el contenido mineral del total de la ración frecuentemente conduce a incrementar los problemas tanto reproductivos como de salud (Harris *et al.*, 1994).

Los elementos minerales esenciales a diferencia de los demás nutrimentos necesarios, no pueden ser sintetizados por los seres vivos, por tanto deben adicionarse en la concentración adecuada a las raciones utilizadas para ganado lechero (Miller, 1989).

Las raciones destinadas a los animales especializados en la producción de leche suelen contener cantidades suficientes de dichos elementos con la excepción de sodio, calcio y fósforo, estos dos últimos son los elementos más importantes entre los necesarios en las raciones del vacuno lechero por ser los componentes fundamentales del esqueleto y dos de los minerales más importantes de la leche (Schmidt y Van Vleck, 1974).

Los minerales realizan tres tipos de funciones, sin exclusividad para algún elemento en particular, ya que todas ellas pueden ser desempeñadas por el mismo elemento al mismo tiempo, de acuerdo con Underwood (1981), dichas funciones son actuar como:

- componentes estructurales de órganos y tejidos corporales, como sucede con el calcio, fósforo y magnesio, en huesos y dientes, y con el fósforo en las proteínas musculares.
- componentes de los fluidos y tejidos corporales en forma de electrolitos, que intervienen en el mantenimiento de la presión osmótica, del equilibrio ácido-base y de la permeabilidad de las membranas, como es el caso del sodio, potasio, cloro y magnesio, en sangre, líquido cerebral y jugo gástrico.
- catalizadores en sistemas enzimáticos y hormonales, en forma de componentes integrales y específicos de la estructura de metaloenzimas o con actividades menos específicas en dichos sistemas, actuando de esta forma el hierro, cobre y cinc.

Los requerimientos minerales dependen del nivel de producción, sexo, complexión y edad del animal. Sin embargo los requerimientos de los animales de acuerdo a estos factores se han estimado únicamente para calcio y fósforo. Cuando los animales se encuentren en condiciones intensivas, la producción del animal depende en gran medida del contenido de energía de los ingredientes de la dieta, lo que repercute sobre los requerimientos de minerales (Huerta, 1995).

2.3.1.5. Vitaminas

El ganado lechero requiere idénticas vitaminas que otros animales, aunque en condiciones normales los alimentos naturales le proporcionan suficientes vitaminas o las sintetiza su organismo. Las vitaminas del grupo B y la vitamina K son sintetizadas por los

microorganismos del rumen. La vitamina C es sintetizada por los tejidos corporales y por lo tanto no es necesaria en la dieta (Miller, 1989).

Los alimentos proporcionan vitamina A en forma de provitamina, el caroteno, que aparece con niveles relativamente altos en pastos y alimentos verdes, tales como henos y ensilados. Las necesidades se basan en el crecimiento, mantenimiento y los dos últimos meses de gestación (Schmidt y Van Vleck, 1974).

La vitamina D es precisa para el mantenimiento, reproducción y lactación de animales lecheros, así como para el crecimiento y formulación ósea correcta de terneros en crecimiento. La vitamina D debe estar presente en la dieta o ser sintetizada en la piel, por la acción de los rayos ultravioleta de la luz del sol (Miller, 1989).

La deficiencia de vitamina E origina la enfermedad del músculo blanco en terneros jóvenes. No obstante, esta vitamina no es necesaria para la reproducción o lactación en vacas lecheras. Por consiguiente, la vitamina E no se considera importante al formular raciones para ganado lechero, aunque permite reducir el sabor a oxidantes de la leche (Schmidt y Van Vleck, 1974).

2.4. ADITIVOS ALIMENTICIOS Y PROMOTORES DEL CRECIMIENTO

Los aditivos son una de las herramientas más importantes para reducir los costos de alimentación o para obtener mayor eficiencia alimenticia. Algunos de ellos tienen efectos

secundarios como la reducción de acidosis, coccidiosis y timpanismo, mientras que otros suprimen la incidencia de abscesos hepáticos y problemas de laminitis.

Los aditivos alimenticios en dietas para animales son usados no solamente para el control ó tratamiento de enfermedades infecciosas, si no que estimulan el crecimiento y mejoran la eficiencia alimenticia (Nagaraja *et al.*, 1987).

De acuerdo con Stock y Mader (1997) los aditivos alimenticios pueden dividirse en cinco grupos 1) Probióticos, 2) Buffers, 3) Supresores de estros, 4) Implantes e 5) Ionóforos.

El uso de aditivos, deben basarse en el conocimiento de los efectos y mecanismos de acción y en las dosis adecuadas. Es importante mencionar que con el Tratado de Libre Comercio, muchos nuevos aditivos están disponibles en el mercado y no todos los aditivos y promotores del crecimiento son producidos por empresas comerciales serias, por lo que es necesario que se realice una evaluación continua y sistemática de los aditivos por parte de las Universidades y Centros de Investigación y Unidades de Producción Comerciales (Mendoza y Ricalde, 1993).

2.4.1. Probióticos

Los probióticos son aditivos a base de bacterias (lácticas generalmente), hongos o levaduras, más el medio de cultivo en el que se desarrollan (minerales, vitaminas y otros

nutrimentos) y tienen generalmente un efecto benéfico en el crecimiento y la producción animal, al ser utilizados en la alimentación animal (García, 1993).

Comúnmente los aditivos microbiológicos se han empleado en animales jóvenes, como agentes terapéuticos para el tratamiento de algunos disturbios intestinales como son colitis, las diarreas crónicas o simples constipaciones (García, 1993).

Cuando los probióticos, son proporcionados en la dieta a rumiantes, se incorporan al rumen microorganismos viables que son capaces de sobrevivir temporalmente en el rumen, por lo que es necesario agregarlos por algún tiempo, para que de esta forma produzcan la mayor cantidad de enzimas y así aumentar la digestibilidad del alimento (Plata, 1992).

De acuerdo con Huber (1988); citado por Salas, (1991) para que un compuesto se considere como probiótico es necesario que cumpla con las siguientes características

- 1) No ser patógeno para animales y humanos.
- 2) Estar libre de toxinas.
- 3) Ser requerido en pequeñas cantidades.
- 4) Proveer mayor crecimiento o producción en los animales que lo consuman.
- 5) Estimular una mayor eficiencia de utilización de nutrientes.
- 6) Tener alta viabilidad y estabilidad en el medio ruminal.
- 7) Ser de fácil proliferación *in vivo* e *in vitro*.

Modo de acción de los probióticos

Aunque los mecanismos de acción de los probióticos no están bien definidos, existen evidencias para pensar que son varias las formas por las cuales se producen los cambios en el animal al adicionarlos como aditivos alimenticios. Dentro de las principales propiedades de las bacterias se encuentran la producción de ácido láctico, que es causante de la reducción en el crecimiento de bacterias indeseables de los géneros *Escherichia*, *Clostridium* y *Salmonella*.

Sissons (1989) señala que algunos de los mecanismos de acción de los probióticos pueden ser: competencia por el espacio en la pared ruminal, supresión de bacterias específicas (exclusión bacteriana), producción de metabolitos que neutralizan enterotoxinas, prevención de la síntesis de aminos tóxicos, incrementan inmunidad y estimulación de metabolismo microbiano. Sin embargo aun no se han confirmado muchas de estas actividades.

Los aditivos con base en microorganismos pueden usarse de distintas formas; entre las más comunes están las pastillas, los liofilizados y las suspensiones líquidas. En general, su uso se ha orientado hacia animales jóvenes como preventivo de problemas gastroentéricos; sin embargo, también pueden ser utilizados en animales adultos.

2.4.2. Buffers

Los buffers son soluciones que resisten cambios de pH cuando aumenta la concentración de ácido o base en el medio donde se encuentran. Debido a estas características, son

importantes en el rumen, en el cual existe considerable reflujo del agua y de alimento y producción constante y abundante de ácidos; sin embargo, el pH se mantiene relativamente constante y neutro (Meraz, 1996).

La necesidad de introducir en el rumen sustancias alcalinas a través de la ración, se origina cuando se emplean grandes cantidades de grano, lo que resulta en la rápida producción de ácidos grasos volátiles, así como también en la disminución de la secreción de saliva y en consecuencia, la reducción drástica del pH. Consecuentemente se presentan alteraciones en el balance y actividad de microorganismos, afectándose la digestión de la fibra y los almidones, las proporciones de los ácidos grasos volátiles y la síntesis de proteína microbiana. Igualmente en el intestino delgado la disminución del pH resulta en la inhibición de la acción de las enzimas pancreáticas y en general de todos los procesos de digestión y absorción. La respuesta a la suplementación de buffers depende del tipo de alimento, el tipo específico de buffer empleado, el nivel de consumo de alimento y el estado fisiológico del animal, entre otros (Bernal, 1990).

Las principales sales que funcionan como agentes amortiguadores son el bicarbonato de sodio (NaHCO_3), el fosfato de sodio (NaH_2PO_4), el carbonato de calcio (CaCO_3), el carbonato de magnesio (MgCO_3), el óxido de magnesio (MgO) y la bentonita de sodio (Stock y Mader, 1997). De todos ellos el bicarbonato de sodio es el que más ha sido evaluado y con el que mejores resultados se han obtenido (Bernal, 1990).

2.4.3. Supresores de estros

La engorda de hembras es una práctica que se realiza en México, dependiendo de las condiciones de oferta y demanda de novillos. Sin embargo uno de los problemas al alimentar vaquillas son las manifestaciones de estro, ya que reducen el consumo y se presentan montas y gasto de energía; ésto puede ser controlado con acetato de melengestrol (Mendoza y Ricalde, 1993).

El acetato de melengestrol es una hormona sintética de actividad y estructura similar a la progesterona que suprime el ciclo estral (Meraz, 1996). El MGA es un progestágeno oralmente activo que ha sido aprobado para utilizarse como promotor del crecimiento específicamente en vacas y vaquillas cuando se ofrece en proporciones de 0.25 a 0.50 mg al día. Con estos niveles se obtienen incrementos de 10 y 6.5% para el promedio de ganancia diaria de peso y conversión alimenticia, respectivamente, sobre el control. El MGA puede reducir las concentraciones plasmáticas de corticoides, incrementando su potencial como promotor del crecimiento (Sánchez, 1995).

Stock y Mader (1997), mencionan que la respuesta al uso del MGA es variable y puede depender de la edad del animal y el efecto de la utilización de implantes. Se recomienda usar de 0.25 a 0.50 mg animal⁻¹d⁻¹ y se debe retirar del alimento 48 horas antes del sacrificio (Mendoza y Ricalde, 1993).

2.4.4. Implantes

Actualmente se manejan diferentes sustancias con efectos anabólicos como el zeranol, acetato de trembolona, estradiol 17- β , progesterona, propionato de testosterona y benzoato de estradiol; entre otros. Estas sustancias constituyen el componente activo de varios implantes comerciales como Ralgro, Revalor, Compudose, Sinovex y Ganavet (Sánchez, 1995).

El mecanismo de acción de los anabólicos todavía no está perfectamente aclarado, porque existe gran diversidad en las condiciones experimentales, el tiempo de toma de datos y muestras, el tipo de animal utilizado, el nivel nutricional y otros factores constituyen una limitante muy fuerte en el esclarecimiento de esta incógnita. Pero se puede decir, que en general, los implantes tienen acción anabólica, aumentando la retención de nitrógeno y la disposición de proteína en animales. La acción de los anabólicos está relacionada con los esteroides sexuales y su actividad puede ser de tipo androgénico, estrogénico o progestagenogénico, dependiendo del tipo de sustancia empleada (Sánchez, 1995).

Meraz (1996) menciona que la acción de los anabólicos se puede dar a partir de uno o más de los siguientes efectos: por el incremento de la hormona tiroxina, se incrementa la utilización de nitrógeno no proteínico, se incrementa la secreción de insulina, incorporación de aminoácidos por síntesis de proteína, se incrementa la tasa de secreción en las hormonas del crecimiento y ACTH.

2.4.5. Ionóforos

Los ionóforos son compuestos orgánicos complejos que tienen la propiedad de unirse a metales catiónicos como son el K, Na, Ca y Ba; y en esta forma los solubiliza en un medio lipídico, permitiendo su transporte a través de las membranas celulares (Zorrilla, 1990).

Pressman (1976) sostiene que los ionóforos pueden formar complejos liposolubles con cationes, capaces de atravesar las membranas biológicas y disociarse en el espacio opuesto, de modo que disipan gradientes de concentración de los cationes con más diferente concentración y de aquellos por los que el ionóforo tiene mayor afinidad; trastornando de esta forma la fisiología celular.

Los ionóforos han sido usados para incrementar el desempeño del ganado bovino por más de tres décadas y algunos como monensina y lasalocid han podido ser aprobados como aditivos alimenticios para rumiantes. Originalmente fueron utilizados para mejorar la producción de propionato ruminal (Chow *et al.*, 1994).

2.4.5.1 Clasificación de los ionóforos

De acuerdo con Zorrilla (1990), los ionóforos pueden ser clasificados en función de su afinidad hacia diversos cationes en:

a) Monovalentes

Monensina (Na^+ , K^+ , Li^+)

Salinomicina (K^+ , Na^+)

Naracina

b) Divalentes

Lasalocid (K^+ , Pb^+ , Na^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , Cu^{++} , Fe^{++})

Naduramicina

Semudaracina

2.4.5.2. Mecanismos de acción

a) Facilita el transporte y el metabolismo de cationes

Los ionóforos son aniones (i^-) que forman un complejo lipofílico con cationes (m^+) y de tal forma facilitan su absorción a través de membranas celulares; posteriormente una disociación de catión y anión y el grupo carboxil del ionóforo se une a un protón y con este electrón neutral completa el proceso de dirección contraria; el protón es liberado y el ciclo continúa (Bergen y Bates, 1984; Chow *et al.*, 1984).

La alteración del potencial iónico de las membranas celulares provocada por la pérdida intercelular de K y acumulación intracelular de Na con acidificación del citoplasma, causa una pérdida de la actividad del transporte de iones y un aumento del gasto de ATP (Schelling, 1984; Russel y Strobel, 1989).

b) Cambios en el patrón de fermentación y población microbiana

Los ionóforos inhiben a un mayor grado a las bacterias gram (+) y permiten un mayor desarrollo de las bacterias gram (-) (Bergen y Bates, 1984; Nagaraja *et al.*, 1987; Chow *et al.*, 1994). Mc Guffey (1998) afirma que los ionóforos inhiben también el crecimiento de las bacterias productoras de metano, lactato, butirato, acetato y amonio, estimulando con ésto el desarrollo de las bacterias productoras de ácido succínico y propiónico (Cuadro 3), con lo que se aumenta la proporción de propionato en el contenido ruminal y como consecuencia disminuye la de acetato y butirato (Cuadro 4). Se afecta positivamente la relación acetato/propionato (Poos *et al.*, 1979; Roger y Davis, 1982; Bergen y Bates, 1984; Nagaraja *et al.*, 1987).

Cuadro 3. Productos finales de la fermentación de las bacterias ruminales resistentes y sensibles a los ionóforos.

Bacterias sensibles a los ionóforos	Productos de la fermentación	Bacterias resistentes a los ionóforos	Productos de la fermentación
<i>Ruminococcus</i>	Acetato	<i>Selenomonas</i>	Propionato
<i>Methanobacterium</i>	Metano, acetato	<i>Bacteroides</i>	Propionato, acetato
<i>Lactobacillus</i>	Lactato	<i>Megasphaera</i>	Acetato, propionato
<i>Butyrivibrio</i>	Butirato, acetato	<i>Veillonella</i>	Propionato
<i>Lachnospira</i>	Acetato	<i>Succinovibrio</i>	Succinato
<i>Streptococcus</i>	Lactato	<i>Succinomonas</i>	Succinato
<i>Methanosarcina</i>	Metano		
<i>Fibrobacter</i>	Acetato		
<i>Peptostreptococcus</i>	Amonia		

Fuente: McGuffey (1998)

Por otro lado los ionóforos ahorran aminoácidos utilizados para gluconeogénesis y se estimula la síntesis de proteína (Schelling, 1984; Chalupa, 1988).

Cuadro 4. Cambio en la producción de ácidos grasos volátiles (AGV) y metano (CH₄) al incrementar niveles de monensina (*in vitro*-cultivo continuo).

Monensina (ppm)	AGV (mM d ⁻¹)			CH ₄ (mM d ⁻¹)	Relación Acético:Propiónico
	Acético	Propiónico	Butírico		
0.0	41.0	9.7	5.4	18.6	4.23
0.5	35.6	13.0	4.3	14.7	2.74
1.0	33.9	13.7	3.2	15.2	2.47
5.0	33.0	14.6	2.2	8.5	2.26
10.0	27.8	15.1	3.1	8.5	1.84

Modificado de Gallegos (1994)

Los ionóforos reducen la producción de metano como resultado de la inhibición de las bacterias (*metano-bacterium* spp) productoras de este compuesto (Bergen y Bates, 1984; Schelling, 1984), reduciendo la producción de metano entre 4 y 31% (Gallegos, 1994)

El incremento en propionato y reducción en metano representa una mayor eficiencia energética. La proporción de lactato y butirato también se reduce (Richardson *et al.*, 1976), por lo que se les atribuye la capacidad de prevenir la acidosis láctica (Nagaraja *et al.*, 1987) y la presencia de coccidiosis (Stock y Mader, 1997).

c) Cambios en el consumo

Un incremento en la retención ruminal, por un decremento en el consumo de alimento, permite que potencialmente la digestibilidad en la materia seca sea mejor (Roger y Davis, 1982). En dietas que contienen altos niveles de carbohidratos de fermentación rápida, los ionóforos generalmente disminuyen el consumo de alimento, sin afectar la ganancia de peso y mejorando la conversión alimenticia (Bergen y Bates, 1984; Schelling, 1984).

En contraste, con dietas a base de forraje la adición de ionóforos aumenta el consumo de materia seca, probablemente debido a la relación que existe entre consumo con su digestibilidad, donde a mayor digestibilidad del forraje por efecto del ionóforo se espera mayor consumo (Schelling, 1984). Sin embargo, aún existe controversia ya que la reducción en el consumo de materia seca en dietas pobres en energía metabolizable es atribuido a la disminución de la velocidad de pasaje de alimento a través del tubo gastrointestinal, la cual depende de factores de la dieta (Faulkner *et al.*, 1985).

Mientras que Lean *et al.* (1996) afirman que la adición de monensina puede disminuir el consumo de alimento entre 5 y 6% con dietas altas en grano y aproximadamente 3% con dietas altas en forraje.

d) Cambios en la digestibilidad

En general, los ionóforos mejoran la digestibilidad de materia seca, materia orgánica, proteína cruda, fibra detergente ácido y extracto etéreo, en animales estabulados o en pastoreo (Faulkner *et al.*, 1985).

El efecto en la digestibilidad depende de factores como: el tipo de dieta, nivel de proteína, y tasa de paso (Gallegos, 1994).

En los Cuadros 5 y 6 se presentan los resultados obtenidos por Spears (1990), quien después de realizar el análisis de diferentes estudios tanto en bovinos como en ovinos, utilizando monensina o lasalocid, reporta que la digestibilidad aparente de la energía se incrementó en algunos casos, sin embargo, en otros, la utilización de los ionóforos provocó la disminución de la misma.

Cuadro 5. Digestibilidad aparente de la energía en rumiantes alimentados con monensina o lasalocid.

Ionóforo	Tipo de animal	Control	Ionóforo	Rango ¹	n ²
			% de digestibilidad		
Monensina	Bovino	70.3	72.4	-0.9 a 9.2	17
	Ovino	68.2	67.5	-4.2 a 3.5	8
Lasalocid	Bovino	75.7	77.7	1.9 a 2.2	3
	Ovino	70.7	70.7	-2.1 a 3.5	5

Modificado de Spears (1990)

¹Rango de cambios en porcentaje de digestibilidad

²Número de experimentos

En relación a la digestibilidad aparente del nitrógeno, los resultados fueron positivos en todos los estudios analizados, incrementándose la digestibilidad con la utilización de los ionóforos, tanto en bovinos como en ovinos.

Cuadro 6. Digestibilidad aparente del nitrógeno en rumiantes alimentados con monensina o lasalocid.

Ionóforo	Tipo de animal	Control	Ionóforo	Rango ¹	n ²
% de digestibilidad					
Monensina	Bovino	62.2	65.7	0.3 a 8.0	15
	Ovino	64.8	67.5	0.2 a 7.3	8
Lasalocid	Bovino	70.8	74.6	3.1 a 5.2	3
	Ovino	66.9	70.2	0.2 a 7.2	5

Modificado de Spears (1990)

¹Rango de cambios en porcentaje de digestibilidad

²Número de experimentos

e) Cambios en la utilización de proteína

Los ionóforos, por su actividad antimicrobial, reducen el número de protozoarios y de bacterias importantes en el proceso de desaminación (como las del género *Peptostreptococcus*) en el rumen (Lean *et al.*, 1996), que son los responsables del catabolismo de la proteína y aún más de los aminoácidos por lo que se reduce la desaminación de aminoácidos hasta en 30%. La disminución en la concentración ruminal de amonio es resultado de la disminución en la desaminación o proteólisis o ambas (Gallegos, 1994)

Por tanto, más proteína dietaria es disponible a nivel de abomaso e intestino delgado por la menor degradación en el rumen. Así mismo los requerimientos de proteína pueden

reducirse debido al incremento en la eficiencia de utilización de ésta (Poos *et al.*, 1979; Schelling, 1984; Gallegos, 1994).

f) Cambios en la utilización de la energía

Los ionóforos mejoran la utilización de la energía neta de mantenimiento y energía neta de ganancia en el orden del 7%, de tal manera que se reducen los requerimientos de energía para mantenimiento (Wedegaertner y Johnson, 1983). Además se reducen las pérdidas de energía a nivel rumen, por la reducción en producción de metano (Shelling, 1984).

De la energía bruta consumida, aproximadamente, una tercera parte de la utilización de la energía se ve mejorada al usar ionóforos, lo cual se explica por la reducción en metanogénesis y la reducción en dos terceras partes de las pérdidas de energía a través de las heces (Wedegaertner y Johnson, 1983).

Según Hoffman (1995), cuando se utilizan ionóforos en la alimentación de vaquillas de reemplazo, los requerimientos de energía neta de ganancia pueden disminuirse 0.23 Mcal d⁻¹.

2.4.5.3. Toxicidad

La toxicidad de algunos ionóforos han sido estudiados en laboratorios con diferentes especies animales. Los principales signos presentes por una aguda intoxicación son:

anorexia, hipoactividad, fragilidad del músculo esquelético, ataxia, diarrea, disminuye la ganancia de peso y puede provocar una muerte lenta (Tood *et al.*, 1984).

Otros trastornos reportados por el consumo irregular de ionóforos son: reducción total en producción de gas y desinflamamiento ruminal, estres metabólico y problemas de cetosis láctica (Potter *et al.*, 1984).

El primer órgano afectado por toxicidad de ionóforos son los músculos esqueléticos y cardiacos. La causa del posible daño está relacionado con el agotamiento de potasio intracelular, cambios estructurales musculares producto de dilatación del retículo sarcoplasmático, disfuncionamiento de mitocondrias y lisis de miofibrillas, debido a la alteración del transporte de cationes (Todd *et al.*, 1984)

La dosis letal (LD50) estimada para monensina en animales de granja es de 2 a 3 mg kg⁻¹ de peso vivo para caballos, 16.8 mg kg⁻¹ de peso vivo para cerdos, 11.9 mg kg⁻¹ de peso vivo para borregos y 26.4 mg kg⁻¹ de peso vivo para cabras y bovinos (Potter *et al.*, 1984). Las muertes de ganado han ocurrido bajo condiciones de error en el manejo de las concentraciones del producto activo ionóforo al ser mezclado con el alimento (Potter *et al.*, 1984).

Algunos estudios indican que los ionóforos usados en producción pecuaria administrados en la forma oral son absorbidos y extensamente metabolizados, excretados en la bilis y eliminados en las heces por la mayoría de las especies examinadas. Por lo que no se

requiere retirarlos de las dietas antes del sacrificio de los animales. Estudios medioambientales indican que los ionóforos son biodegradables en estiércol y en el suelo (Dohono, 1984).

2.4.5.4. Monensina

La monensina es un compuesto producido por *Streptomyces cinnamonensis*, y la fórmula empírica es $C_{36}H_{61}O_{11}Na$, es soluble en agua y el peso molecular es de 692. Su nombre químico es 2-(5-etiltetrahidroxi-5-(tetrahidro-3-metil-5-(tetrahidro-6-hidroxi-6-(hidroximetil)-3, 5-dimetilpirano-2-il-2-furil) - 9-hidroxibutirato-2,8-tetrametil-1,6-dioxaspiro (4,5)decane -7-ácido butírico. La fórmula estructural de la monensina se presenta en la Figura 1.

La monensina, durante el proceso de elaboración, entra en contacto con iones de sodio, como consecuencia de un ajuste en el pH, dando como resultado la sal sódica de monensina.

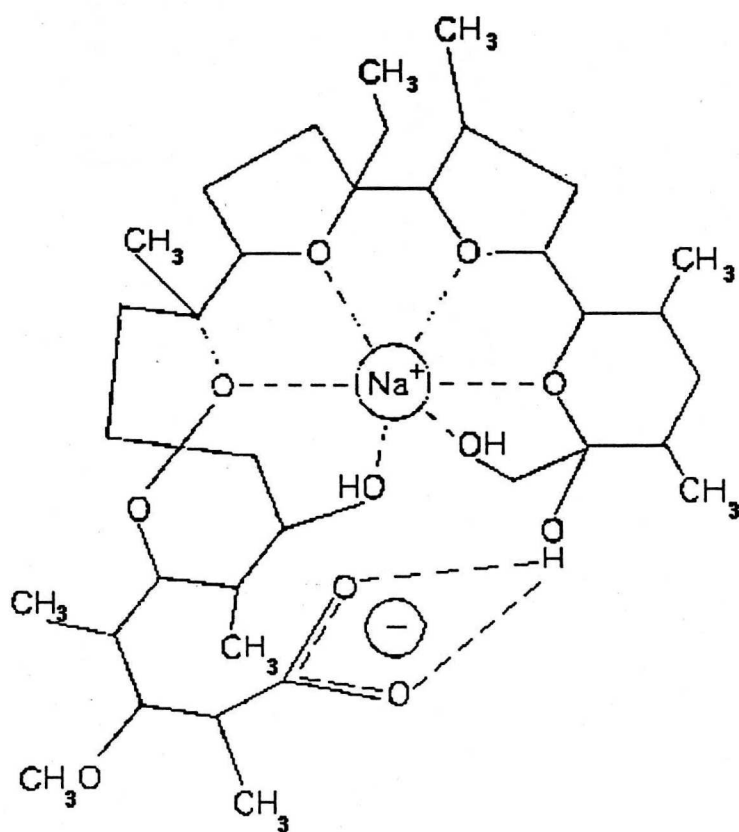


Figura 1. Fórmula estructural del ionóforo monensina

La presentación comercial es Premezcla Rumensin R60^{MR}, la concentración es del 10%, y su apariencia es en polvo café claro a oscuro y se recomienda la dosis de 20 a 33 g ton⁻¹ de alimento (Zamarrón, 1980).

2.4.5.5. Lasalocid

Lasolacid es el compuesto producido por *Streptomyces lasalisensis*, cuya fórmula empírica es C₃₂H₅₃O₈Na y peso molecular de 612.78. Su nombre químico es (6(7(R)-(5 (S)-etil-5 (5(R)-etil-tetrahidro-5-hidroxi-6(S)-metil-2H-piran-2-(R)-il)tetrahidro-3(S)-

metil-2(S)-fuvil-4(S)hidroxi-3(R),5(S)-dimetil-6-oxoninil)-2,3-cresótico. En la Figura 2 se presenta la formula estructural del ionóforo lasalocid.

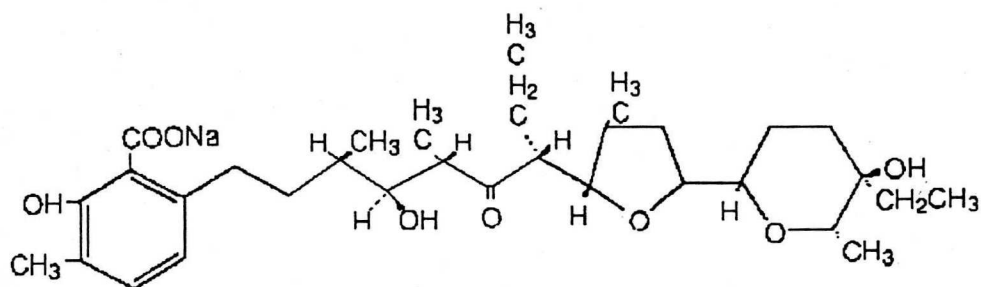


Figura 2. Formula estructural del ionóforo lasalocid

La presentación comercial es Premezcla Bovatec 68^{MR} y su concentración es de 15%. La dosis recomendada es de 30 g ton⁻¹ de la ración completa.

2.4.5.6. Efecto de los ionóforos en producción de leche

El número de investigaciones de los ionóforos en producción de leche es mínimo si se compara con lo reportado en producción de carne, sin embargo, en la actualidad el uso de este tipo de aditivos en la producción lechera sigue en aumento y debido a los resultados favorables hasta hoy encontrados, la probabilidad de que lleguen a ser utilizados en forma generalizada en la producción de leche, es cada vez mas elevada. A continuación se presentan en forma resumida algunos de los estudios realizados sobre la utilización de lasalocid y monensina en la producción de leche.

Christensen (1994) realizó un estudio utilizando 36 vacas Holstein multíparas que fueron asignadas a tres tratamientos recibiendo 0, 180 o 360 mg vaca⁻¹d⁻¹. Las vacas se colocaron en cada tratamiento una semana después del parto y continuaron en él durante las siguientes 10 semanas de lactación. Las dietas (en base a materia seca), consistieron de 14.7% de heno de alfalfa, 20.3% de ensilaje de alfalfa, 10.4% de ensilaje de maíz, 39.1% de maíz molido y de 11.5% de pasta de soya, y fueron enriquecidas con vitaminas y minerales traza. Las raciones se ofrecieron dos veces al día (5:00 a.m y 5:00 p.m), como alimento completo. La producción de leche y el consumo de alimento fueron medidos diariamente, la composición de la leche (grasa y proteína), fue evaluada dos veces a la semana, y la condición corporal y el peso de los animales fueron evaluados semanalmente.

En este estudio, la producción de leche aumentó 2.5 kg d⁻¹ en ambos niveles de suplementación de lasolacid ($P < 0.13$). La composición de la leche no se alteró por la inclusión de lasolacid en la dieta ($P > 0.78$). El consumo de materia seca disminuyó de 22 a 21.5 kg vaca⁻¹ d⁻¹) cuando la ración contenía 180 mg de lasolacid animal⁻¹d⁻¹. La eficiencia de producción de leche (kg de leche/kg de materia seca) aumentó en 0.165 kg ($P < 0.05$) al usarse lasolacid.

En la Universidad de Massey, Nueva Zelandia; de un hato lechero de la unidad de investigación se seleccionaron 30 vacas Holstein multíparas cuyas edades fluctuaban entre 3 y 9 años. Los animales se asignaron a dos grupos similares de 15 vacas cada uno homogeneizando los grupos de acuerdo a edad, producción en la lactancia previa, peso

corporal y condición *pre partum*. Al azar también se decidió administrar el tratamiento de lasolacid a un grupo, quedando el otro como testigo. Los animales se mantuvieron sobre pasturas mixtas ryegrass perenne y trébol blanco. Al grupo que recibió el tratamiento de lasolacid se le proporcionó dos veces al día, durante la ordeña, una toma que contenía lasolacid. La dilución se preparó de la siguiente forma se diluyeron 50 ml de lasolacid en 1 lt de una solución al 25% de polyetilengicol. Las vacas testigo no recibieron ninguna toma. Se evaluó la producción de leche y su composición a intervalos semanales a partir del día del tratamiento. Las producciones de leche de las vacas tratadas con lasolacid fueron mayores en $1.4 \text{ kg vaca}^{-1} \text{ d}^{-1}$ (26.6 vs 28.0) durante todo el periodo experimental de 10 semanas.

No se observaron depresiones en el contenido de grasa ni de proteína en leche en las vacas tratadas con lasolacid, en comparación con el grupo testigo. El contenido de lactosa fue mayor ($P < 0.05$) en el grupo tratado con lasolacid, durante todo el experimento.

Enriquez *et al.* (1998) realizaron un estudio en un establo lechero del grupo LALA ubicado en Gómez Palacio, Durango, siguiendo las prácticas establecidas en la explotación representativas del manejo mayoritario de las explotaciones lecheras en la Laguna. El estudio inició aproximadamente 21 días preparto y se prolongó hasta 100 días en producción de leche. Se contó con dos grupos de 13 animales distribuidos al azar con producciones de lactancia anterior similares y condición corporal, localizados en la misma explotación: Los grupos fueron T0 = Control (vacas sin lasolacid), T1 = Tratamiento con

lasolacid (200 mg vaca⁻¹ d⁻¹ antes del parto y 300 mg vaca⁻¹ d⁻¹ después del parto y hasta 100 días en producción de leche). El ionóforo se mezcló con el concentrado. Las variables de respuesta evaluadas fueron producción de leche y condición corporal, obteniéndose los siguientes resultados:

La producción de leche en las vacas recibiendo lasolacid fue 2.46 lt mayor ($P < 0.05$) que las vacas testigo durante toda la prueba. La condición corporal no mostró diferencia significativa entre grupos.

Respecto a la utilización de monensina, Thomas (1990), realizó un estudio en el que adicionó este ionóforo a la dieta de vacas Holstein, con el objetivo de determinar su efecto sobre el rendimiento en producción de leche y la concentración de glucosa en suero así como de ácidos grasos no esterificados y ácido β -Hidroxibutírico para lo cual utilizó 47 vacas (35 multíparas y 12 primíparas), las vacas fueron asignadas aleatoriamente a cuatro tratamientos con 0, 150, 300 y 450 mg vaca⁻¹ d⁻¹ de monensina. El estudio inicio de 2-4 semanas preparto y se extendió hasta 84 días en lactación.

En vacas multíparas los NEFA y el BHBA disminuyeron ($P < 0.05$) durante los primeros 28 días postparto en los tratamientos con 300 y 450 mg d⁻¹. La concentración de NEFA y de BHBA en suero en las vacas primíparas y de glucosa en las multíparas no se presentaron diferencias ($P > 0.05$). La monensina no tuvo efectos significativos sobre rendimiento y composición de leche ni en vacas multíparas ni en las primíparas, durante los 84 días de lactación.

2.4.5.7. Efecto de los ionóforos sobre el comportamiento productivo de vaquillas de reemplazo

Los resultados observados por Baile *et al.* (1982) al utilizar monensina a dos diferentes niveles en la dieta de vaquillas Holstein de reemplazo, son presentados en el Cuadro 7. La dieta utilizada estuvo compuesta por 61% henilaje de alfalfa, 24% ensilado de maíz y 15% maíz molido.

Cuadro 7. Comportamiento productivo de vaquillas Holstein consumiendo monensina en la dieta.

Parámetro	Monensina (mg cabeza ⁻¹ d ⁻¹)		
	0	200	600
Número de vaquillas	20	20	20
Peso inicial (kg)	197	195	195
GDP (kg d ⁻¹)	0.60 ^a	0.69 ^b	0.69 ^b
CMS (kg d ⁻¹)	7.47 ^a	7.46 ^a	7.43 ^b
CA (consumo/ganancia)	12.41	10.85	10.75

Modificado de Baile *et al.* (1982)

^{a,b} Medias con diferente superíndice son diferentes (p<0.05)

En otro estudio, Tadeo y Zaragoza (1995), utilizando monensina sódica y diferentes niveles de proteína de sobrepaso (6, 10 y 14%) en la dieta de vaquillas Holstein de reemplazo, observaron que el consumo voluntario de alimento no fue diferente (P>0.05), siendo éste de 10.37 kg para el tratamiento testigo y de 9.97 kg para el tratamiento con monensina. Respecto a la ganancia de peso, al igual que para la variable consumo de

alimento, no encontraron diferencias ($P>0.05$) entre los tratamientos utilizados, sin embargo numéricamente la diferencia fue importante (0.914 vs 0.9687 kg para el tratamiento testigo y con monensina, respectivamente). En cuanto a la conversión alimenticia los valores obtenidos por estos autores fueron de 11.07 para el tratamiento con monensina y de 10.79 para el tratamiento testigo siendo esta diferencia no significativa ($P>0.05$).

III. HIPÓTESIS

La adición de ionóforos en la dieta mejora la ganancia de peso, conversión alimenticia y condición corporal, reduce el consumo de alimento, en vaquillas Holstein.

El comportamiento productivo de las vaquillas Holstein es diferente al utilizar lasalocid o monensina.

La utilización de los ionóforos en la dieta de vaquillas, es viable económicamente.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Localización

La investigación se realizó en el área experimental de las instalaciones del Módulo de Bovinos Productores de Carne, de la Granja Experimental del Departamento de Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, la cual se ubica dentro de las coordenadas 19° 21' de latitud Norte y 98° 54' de longitud Oeste, a una altitud de 2250 msnm.

4.2. Clima

De acuerdo con García (1981), la fórmula climática de la región es (C (wo) (w) b (i') g), que corresponde a un clima templado subhúmedo con lluvias en verano, y dos épocas secas una larga en invierno y otra corta en verano, con oscilación térmica entre 5 y 7°C, marcha de temperatura tipo Ganges y precipitación media anual de 644.8 mm.

4.3. Periodo experimental

El estudio comenzó el 23 de diciembre de 1998 y terminó el 31 de marzo de 1999. La duración total del estudio fue de 99 días.

4.4. Tratamientos

Los tratamientos consistieron en tres dietas: dos con la adición de ionóforo y una testigo sin ionóforo. Los ionóforos fueron monensina y lasalocid agregados a una dosis de 200 mg vaquilla⁻¹ d⁻¹.

4.5. Instalaciones y equipo

El módulo de Bovinos Productores de Carne esta conformado por 17 corrales, cada uno de los cuales tiene capacidad para 20 animales en etapa de finalización. El módulo presenta también un área experimental; lugar donde se llevo a cabo este estudio, en la que se encuentran 48 corraletas individuales bajo techo y con fosa para la recolección de heces, con una superficie por corraleta de 4m², acopladas con bebederos automáticos y comederos tipo canoa. Una báscula con capacidad de 1, 000 kg, así como una prensa y corral para el manejo general de los animales. Además se cuenta con una bodega para almacenar materias primas y alimento concentrado.

4.6. Manejo de los animales

Del establo lechero de la granja experimental se seleccionaron 21 vaquillas Holstein utilizando como criterios de selección el peso vivo (210-250 kg) y la edad (10-11 meses) con pesos promedio de 240 kg y edad aproximada de diez meses. Las vaquillas seleccionadas se distribuyeron al azar a los tratamientos y corraletas individuales donde se

mantuvieron 15 días en fase de adaptación a la dieta y a la corraleta, posteriormente fue la fase de toma de datos.

Las vaquillas recibieron vía intramuscular PARMISOLE^{MR}, este producto es contra parásitos internos además de proveer vitaminas A, D y E y del complejo B. El ingrediente activo es el Levamisole contra parásitos internos, la dosis fue de 1 ml por cada 15 kg de peso vivo. Las vaquillas se pesaron cada 21 días, previo ayuno de 12 horas.

4.7. Manejo alimenticio

La composición de la dieta fue 61% de ensilado de maíz y 39% de concentrado. El concentrado se hizo con base en: sorgo, pasta de soya, harina de carne, alfalfa henificada y una mezcla mineral (Cuadro 8). La composición de la dieta se formulo para cubrir las necesidades estimadas (NRC, 1989) para una ganancia diaria de 1 kg. La composición de la mezcla mineral utilizada se presenta en el Cuadro 9.

Lasalocid y monensina se añadieron al elaborar el concentrado, procurando la mayor homogeneidad posible en la mezcla. Durante la fase de adaptación, la concentración de ambos ionóforos en la dieta se incrementó de forma gradual, se inició agregando solo el 25% de la dosis final, y cada tercer día se incrementó otro 25% de la dosis para llegar al 100% de la dosis total al final de la fase de adaptación. El ensilado de maíz se mezcló con el concentrado diariamente y la dieta integral se proporcionó *ad libitum* (10% mas del

consumo voluntario esperado) ofreciéndola dos veces al día, a las 7:00 a.m. y por la tarde a las 5:00 p.m.

Cuadro 8. Dieta experimental y aporte estimado* de nutrimentos.

INGREDIENTE	PROPORCIÓN
	----- % -----
Ensilado de maíz	61.26
Sorgo	18.10
Alfalfa henificada	12.60
Pasta de soya	5.84
Harina de carne	2.05
Mezcla mineral	0.15
APORTE DE NUTRIMENTOS	
MS, %	40.37
ENm, Mcal/kg	1.65
ENg, Mcal/kg	1.05
PC, %	13.17
PCDR, %	8.50
PCNDR, %	4.67
FC, %	18.37
FDA, %	23.39
FDN, %	40.67
Ca, %	0.54
P, %	0.37

Estimación con base a datos de NRC (1989)

Cuadro 9. Composición de la mezcla mineral utilizada durante la fase experimental.

MINERAL	UNIDAD	CANTIDAD
Calcio	%	8.30
Cloro	%	27.00
Potasio	%	0.03
Magnesio	%	4.00
Sodio	%	17.00
Fósforo	%	11.00
Azufre	%	0.16
Cobalto	ppm	40
Cobre	ppm	1000
Hierro	ppm	2619
Iodo	ppm	100
Manganeso	ppm	2000
Selenio	ppm	30
Zinc	ppm	3000

4.8. Toma de muestras

Se tomaron muestras de dieta y de suero sanguíneo. Las muestras de dieta ofrecida se obtuvieron semanalmente por tratamiento y por ingrediente (ensilado de maíz y concentrado) utilizados en la dieta integral, así como de la dieta rechazada, sin separar concentrado y ensilado. Se colocaron en bolsas de papel y se secaron en estufa a 55 °C

por 48 horas. Posteriormente fueron molidas en un molino Wiley con criba de acero inoxidable de 1mm. Una vez molidas se mezclaron las muestras correspondientes a cuatro semanas, para formar una sola muestra por el método del cuarteo (Sosa, s/a), quedando de esta forma una muestra por mes y así proceder a su análisis de laboratorio, donde se determinó el porcentaje de materia seca total y contenido mineral.

Las muestras de suero sanguíneo se obtuvieron a los 42 días de haberse iniciado la toma de datos, mediante punción en la vena yugular, utilizando tubos "vacutainer" con vacío y sin anticoagulante, inmediatamente después de obtenida la muestra se procedió a centrifugar y una vez separado el suero fue colocado en tubos de vidrio previamente esterilizados, éstos se mantuvieron en refrigeración a 5 °C. Posteriormente se obtuvo la cantidad necesaria de suero para preparar las diluciones y realizar las determinaciones del contenido mineral.

4.9. Diseño experimental

Se utilizó el diseño completamente al azar con 7 repeticiones por tratamiento. La unidad experimental fue una vaquilla.

4.10. Variables de respuesta

a) Consumo de dieta en base seca

El consumo de dieta se determinó semanalmente por vaquilla, restando la dieta rechazada de la dieta ofrecida para reportarse en kg de materia seca vaquilla⁻¹ d⁻¹.

b) Ganancia diaria de peso

La ganancia diaria de peso se calculó como la diferencia entre el peso vivo final menos el peso vivo inicial entre el número de días transcurridos; se estimó cada 21 días, para reportarlo en kg vaquilla⁻¹ d⁻¹, promedio de la fase experimental.

c) Conversión alimenticia

La conversión alimenticia se estimó a través de la relación entre el consumo de dieta y la ganancia diaria de peso, promedio de la fase experimental.

d) Condición corporal

La condición corporal se determinó cada 21 días por apreciación visual, utilizando la escala de 1 a 5 propuesta por Barker (1993).

Las características más importantes a evaluar fueron: aparente presencia de la cubierta de grasa sobre el área adyacente a la base de la cola, el lomo y las apófisis transversas; el grado de visibilidad del trocanter mayor, los huesos planos de las costillas y la tuberosidad del ilion y el isquion.

Algunas áreas auxiliares para determinar con mayor exactitud la condición corporal por el método de apreciación visual, fueron la presencia de grasa almacenada en el pecho, la profundidad de la fosa sublumbar, la profundidad de la depresión extravaginal y la estructura muscular lateral y posterior de la pierna (Barker, 1993).

e) Contenido mineral en dieta y suero sanguíneo

A la dieta y suero sanguíneo obtenidos se les determinó el contenido de los siguientes minerales; fósforo, calcio, potasio, sodio, magnesio, manganeso, cobre, hierro y zinc. La metodología utilizada para determinar el contenido mineral fue la propuesta por Fick *et al.* (1979). Para el caso particular del fósforo la determinación se realizó por medio de colorimetría, la cual se basa en el principio de la detección de fósforo inorgánico a través de su conversión en ácido fosfomolibdico y la subsecuente reducción de éste para producir un solución color azul, la cantidad de fósforo presente en la muestra fue determinada midiendo la intensidad del color azul. Para el resto de los minerales, se utilizó la espectrofotometría de absorción atómica. Los datos correspondientes al contenido mineral en alimento no se analizaron estadísticamente.

4.11. Análisis de los resultados

Los cálculos se hicieron utilizando el paquete estadístico SAS (1985) y los datos promedio obtenidos tomando en cuenta toda la fase de estudio, mediante análisis de varianza con el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij} + B_1 X_1$$

Donde:

Y_{ij} = Cada una de las variables de respuesta

μ = Media poblacional

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento $i = 1, 2, 3$.

ε_{ij} = Error experimental

$B_1 X_1$ = Covariable peso vivo inicial

Las medias de los tratamientos fueron analizadas mediante la prueba de Tukey ($P < 0.05$) (Steel y Torrie, 1988).

4.12. Análisis económico

Con la finalidad de realizar el análisis económico se calculó el costo por kilogramo de ganancia de peso para lo cual se utilizó únicamente el gasto por alimentación, incluido en éste la adición o no del ionóforo.

Los datos obtenidos a partir del cálculo del costo por kilogramo de ganancia de peso, no se analizaron estadísticamente, debido a que las posibles diferencias estadísticas en este parámetro, dependen en gran medida de la variación constante a través del tiempo, que se presenta en el costo de los ingredientes utilizados en alimentación.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 10 se presentan los resultados obtenidos en consumo de la dieta, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia y condición corporal de vaquillas Holstein de reemplazo.

5.1. Consumo de la dieta

El consumo de dieta fue similar ($P>0.05$) entre tratamientos; las vaquillas alimentadas con monensina en la dieta redujeron ligeramente el consumo de dieta en 2.0%, mientras que las del tratamiento con lasalocid incrementaron ($P=0.13$) su consumo en 0.58%, en comparación con el tratamiento testigo.

Thonney *et al.* (1981) no encontraron diferencia en consumo de dieta con y sin ionóforo, sin embargo señalan una tendencia en el consumo de 5% menor para el tratamiento con monensina y de 5% mayor para lasalocid, ambos tratamientos en dosis de 200 mg vaquilla⁻¹ d⁻¹.

Dicostanzo *et al.* (1997), indican a partir de la revisión de diferentes estudios que el consumo de dieta con monensina se reduce en 2.5% y el de la dieta con lasalocid (7.6 kg) es similar al de la dieta sin ionóforo (7.64 kg) respectivamente. Tanto en el presente estudio como en el realizado por Dicostanzo *et al.* (1997) la disminución relativa en consumo de dieta con monensina es similar (2.0 vs 2.5%), sin embargo, la diferencia

significativa en el estudio de Dicostanzo *et al.* (1997) podría ser debida al mayor número de datos analizados; provenientes de un total de 1, 730 bovinos en crecimiento utilizados.

Baile *et al.* (1982) y Perry *et al.* (1983), reportaron también una disminución significativa en el consumo de dieta con monensina, de 2.0 y 3.5% respectivamente en comparación con el tratamiento testigo, en vaquillas Holstein y novillos Angus X Hereford. Las diferencias observadas en estos estudios y no en el presente, en consumo de dieta con monensina puede deberse a las diferentes pruebas estadísticas utilizadas, ya que mientras Baile *et al.* (1982) utilizaron la prueba de Duncan ($P < 0.05$) y Perry *et al.* (1983) la prueba de Newman-Keuls, en el presente estudio se utilizó la prueba de Tukey ($P < 0.05$).

La tendencia a un menor consumo de dieta con monensina por las vaquillas puede deberse a la menor tasa de fermentación (desaparición de la materia seca ruminal a diferentes tiempos de incubación) de la dieta con monensina en comparación a dietas con lasalocid (Arzola *et al.*, 1999); y, al incremento en el llenado ruminal (Lean *et al.*, 1996) debido a la reducción en la tasa de recambio tanto líquida como sólida (Lemenager *et al.*, 1978; Pond *et al.*, 1980)

Otra posible causa del menor consumo de la dieta con monensina es la pobre palatabilidad de las dietas que incluyen este ionóforo, lo que origina cierto rechazo del consumo de la dieta (Thoney *et al.*, 1981). No obstante, no existe una tendencia bien definida que confirme que la adición de monensina a la dieta modifica realmente la palatabilidad de la misma.

5.2. Ganancia diaria de peso

La ganancia diaria de peso fue similar entre los tratamientos utilizados. No obstante la adición de monensina y lasalocid incrementó ésta en 4.6 y 11.6% ($P=0.11$) respectivamente.

Estudios realizados por Smith (1978); Meinert *et al.* (1992) y Steen *et al.* (1992), confirman lo anterior al reportar aumentos en la ganancia diaria de peso que varían de 4.0 a 11%, al utilizar ionóforos en igual dosis ($200 \text{ mg vaquilla}^{-1} \text{ d}^{-1}$) en la dieta.

Sin embargo, Hoffmann-La Roche Inc (1993) y Baile *et al.* (1982) con incrementos de 13 y 13.1% en ganancia diaria de peso reportan diferencias ($P<0.05$) al utilizar a una misma dosis ($200 \text{ mg vaquilla}^{-1} \text{ d}^{-1}$) monensina y lasalocid respectivamente.

Lo anterior puede ser ocasionado en el primer caso a que la prueba utilizada para comparar los resultados fue la prueba de Duncan ($P<0.05$), mientras que el resultado reportado por Hoffmann-La Roche Inc (1993) es producto del resumen de 11 experimentos en los que se utilizó en total 1, 223 vaquillas de reemplazo, por lo que este número tan alto de animales en estudio puede ser la causa de tal diferencia.

La mayor ganancia diaria de peso puede explicarse debido a la alteración que se provoca a nivel ruminal con el uso de los ionóforos, sobre todo al cambio en el patrón de fermentación, lo que permite una mayor eficiencia en la utilización de los nutrimentos de

la ración, dando como resultado una mejor tasa de ganancia de peso (Heinrichs y Lammers, 1997).

Cuadro 10. Consumo de dieta, ganancia diaria de peso y conversión alimenticia de vaquillas Holstein con ionóforos en la dieta.

Variable	Monensina	Lasalocid	Testigo	Pr>F
Consumo de dieta (kg d ⁻¹)	6.44 (0.22)	6.83 (0.11)	6.75 (0.40)	0.13
Ganancia diaria de peso (kg d ⁻¹)	0.90 (0.12)	0.96 (0.05)	0.86 (0.08)	0.11
CA (consumo/ganancia)	7.15 (1.18)	7.11 (0.49)	7.84 (1.09)	0.17
Condición Corporal	2.85 ^{ab} (0.37)	2.99 ^a (0.44)	2.77 ^b (0.34)	0.02

a,b; Medias en la misma hilera con diferente literal son diferentes (P<0.05)

Valores entre paréntesis corresponden a la desviación estándar

5.3. Conversión alimenticia

Respecto a esta variable no se encontró diferencia (P=0.17), sin embargo; al igual que la ganancia diaria de peso, la conversión alimenticia también mostró la tendencia a mejorarse con la utilización de monensina 8.8% y lasalocid 9.3%, al compararlos con el tratamiento testigo.

Esta tendencia a mejorar la conversión alimenticia también es reportada en los estudios realizados por Steen *et al.* (1992), quienes al utilizar lasalocid en dosis de 200 mg cab⁻¹d⁻¹, obtuvieron una mejor respuesta (7.4%) en conversión alimenticia respecto al tratamiento testigo; mientras que, Baile *et al.* (1982), utilizando monensina 200 mg cab⁻¹d⁻¹

encontraron que la respuesta en la conversión alimenticia fue superior en 12.5% en comparación con el tratamiento testigo.

5.4. Condición corporal

Incluir lasalocid en la dieta favoreció una mejor ($P<0.05$) condición corporal, en comparación a ofrecer la dieta sin este ionóforo. Sin embargo, lasalocid no mejoró la condición corporal en relación con monensina.

El resultado anterior, puede explicarse de alguna forma tanto por el aumento en el consumo de materia seca como por la mayor ganancia diaria de peso de las vaquillas alimentadas con lasalocid, respecto a las vaquillas asignadas al tratamiento testigo (sin ionóforo).

Además la condición corporal al ser una variable cuyos valores son obtenidos por apreciación visual, la variabilidad individual entre animales (en talla principalmente), de las vaquillas en estudio puede ocasionar que esta variable sea más sensible para observar diferencias entre los tratamientos utilizados.

Resultados con una tendencia similar fueron reportados por Novaes *et al.* (1990) y por Meinert *et al.* (1992).

5.5. Contenido mineral en suero sanguíneo

El contenido mineral promedio observado en suero sanguíneo, se presentan en el Cuadro 11, mientras que en el Cuadro 12 se muestran los contenidos minerales, de acuerdo a cada tratamiento evaluado.

5.5.1. Calcio

En promedio, el contenido de calcio en suero sanguíneo en vaquillas fue de 13.32 mg dl^{-1} , el cual se encuentra por arriba del valor normal, que de acuerdo con Puls, (1988) es de $8-11 \text{ mg dl}^{-1}$, lo que indica un aporte adecuado de calcio en la ración; el cual se mantuvo durante toda la fase experimental 40% arriba del requerimiento mínimo para el tipo de animales utilizados.

El contenido de calcio fue similar ($P=0.82$) para los tres tratamientos, con la ligera tendencia a incrementarse con el uso de los ionóforos. Resultados similares son reportados por Chirase *et al.* (1986) y Spears *et al.* (1989), mientras que Starnes *et al.* (1984) solo observaron aumento ligero (10.6 mg dl^{-1}) en el contenido de calcio al utilizar lasalocid, mientras que con monensina observaron el mismo valor (10.3 mg dl^{-1}) que el tratamiento control.

Harvey *et al.* (1988) al utilizar 33 ppm en la dieta del ionóforo lysocellina en novillos en crecimiento, no observaron cambio alguno en el contenido de calcio en plasma,

resultados similares fueron obtenidos en novillos en crecimiento por Reffet-Stabel *et al.*, (1989), al utilizar 250 mg cab⁻¹ d⁻¹ de lasalocid.

Cuadro 11. Contenido mineral en suero sanguíneo de vaquillas Holstein.

Mineral	Valor	Valores	Proporción de vaquillas (%)		
	Normal Por literatura	Promedio Observados	Con Deficiencia	Normales	Con Excedente
Calcio (mg dl ⁻¹)	8-11 ^a	13.32	0	0	100
Fósforo (mg dl ⁻¹)	6-9 ^a	9.72	0	0	100
Magnesio (mg dl ⁻¹)	1.8-3.5 ^a	3.53	0	67	33
Potasio (mg dl ⁻¹)	18-22 ^b	49.73	0	0	100
Sodio (mg dl ⁻¹)	310-345 ^a	303.14	67	33	0
Hierro (µg l ⁻¹)	1300-2500 ^a	3830.00	0	0	100
Cobre (µg l ⁻¹)	320-1200 ^a	700.00	0	100	0
Cinc (µg l ⁻¹)	800-2000 ^c	1520.00	0	100	0

^aPuls (1988)

^bTowers (1983)

^cHuerta (1999).

5.5.2. Fósforo

Al igual que para el calcio el 100% de las vaquillas muestreadas presentó niveles altos de fósforo en suero (9.72 mg dl⁻¹), pero sin llegar al nivel tóxico, el cual es mayor a 12 mg dl⁻¹ (Puls, 1988).

El contenido de fósforo en suero no fue afectado ($P>0.05$) por la utilización de los ionóforos lasalocid y monensina, obteniéndose valores de 9.74 y 9.78 mg dl⁻¹ respectivamente, mientras que para el tratamiento testigo el valor fue de 9.64 mg dl⁻¹. Lo anterior coincide con lo obtenido por Starnes *et al.* (1984); Chirase *et al.* (1986); Harvey *et al.* (1988).

5.5.3. Magnesio

De acuerdo con los valores normales de magnesio en suero (1.8-3.5 mg dl⁻¹) propuestos por Puls (1988), el 67% de las vaquillas presentó una concentración dentro de este intervalo, mientras que el 33% restante presentó mayor concentración.

Los resultados en el contenido de magnesio en suero muestran una ligera tendencia ($P=0.25$) a incrementarse con el uso de lasalocid (3.92 vs 3.25 mg dl⁻¹) respecto al tratamiento testigo, mientras que para el tratamiento con monensina el valor obtenido fue de 3.43 mg dl⁻¹, siendo estas diferencias no significativas.

Incrementos significativos en la absorción aparente de magnesio han sido observados por Starnes *et al.* (1984) y por Greene *et al.* (1988), al utilizar monensina y lasalocid en novillos alimentados con dietas altas en granos. Resultados similares también han sido obtenidos por Spears *et al.* (1989) al utilizar monensina en novillos alimentados con base en forraje de Festuca.

La capacidad de los ionóforos para incrementar la actividad de la bomba sodio-potasio (Smith y Rozengurt, 1978; citados por Kirk *et al.*, 1985) puede ser la causa del incremento en la absorción de magnesio a través del sistema Na-K-ATPasa propuesto por Martens *et al.* (1978); citados por Kirk *et al.* (1985).

5.5.4. Potasio

La concentración obtenida para este elemento fue elevada en el 100% de las vaquillas, encontrándose valores entre 45 y 56 mg dl⁻¹, cuando el valor normal de este mineral en suero sanguíneo es de entre 18 y 22 mg dl⁻¹ (Towers, 1983).

No obstante los altos valores de potasio en suero obtenidos en el presente estudio, el consumo de potasio promedio mensual fue de entre 55 y 73 g d⁻¹, mucho menor al considerado como máximo tolerable de 227 g d⁻¹, por lo que los altos niveles de potasio en suero sanguíneo pueden ser debido al estrés ocasionado a las vaquillas al momento del muestreo (Puls, 1988).

Las concentraciones de potasio fueron similares ($P=0.11$) entre tratamientos, sin embargo; se observó la tendencia a ser mas elevado el contenido en las vaquillas asignadas al tratamiento con monensina (54.40 mg dl⁻¹) y con lasalocid (47.45 mg dl⁻¹) respecto al tratamiento testigo (45.36 mg dl⁻¹). La disminución en el contenido de potasio en el fluido ruminal en animales alimentados con dietas conteniendo ionóforos, puede ser tomado como indicador del incremento en la absorción de potasio desde el rumen o a un

incremento en la cantidad de potasio asociado con las partículas del alimento (Starnes *et al.*, 1984).

Los resultados observados en el presente estudio para potasio en suero coinciden con lo observado por Starnes *et al.* (1984); Chirase *et al.* (1986); Reffet-Stabel *et al.* (1989).

Cuadro 12. Contenido mineral en suero sanguíneo de vaquillas Holstein con ionóforos en la dieta.

Mineral	Unidad	Tratamiento			Pr> F	Valor Normal
		Lasalocid	Monensina	Testigo		
Calcio	mg dl ⁻¹	13.43	13.30	13.23	0.828	8-11 ^a
Fósforo	mg dl ⁻¹	9.74	9.78	9.64	0.542	6-9 ^a
Magnesio	mg dl ⁻¹	3.92	3.43	3.25	0.250	1.8-3.5 ^a
Potasio	mg dl ⁻¹	47.45	56.40	45.36	0.113	18-22 ^b
Sodio	mg dl ⁻¹	297.61	293.33	318.48	0.086	310-345 ^a
Hierro	µg l ⁻¹	5150.00	3610.00	2750.00	0.496	1300-2500 ^a
Cobre	µg l ⁻¹	710.00	750.00	660.00	0.499	320-1200 ^a
Cinc	µg l ⁻¹	1630.00	1460.00	1490.00	0.619	800-2000 ^c

^aPuls (1988)

^bTowers (1983)

^cHuerta (1999).

5.5.5. Sodio

El 67% de las vaquillas presentó niveles marginales de sodio; sin llegar a presentar signos de deficiencia, el 33% restante se encontró dentro de los valores normales (Puls, 1988). De acuerdo con Huerta, (1999) y Minson, (1990) la concentración de sodio en suero sanguíneo no es buena indicadora del estado nutritivo del sodio en el animal, por lo que se recomienda el análisis de sodio en saliva, el cual es más confiable para definir el grado de deficiencia (Mc Dowel, 1985).

La concentración de sodio en suero presentó la tendencia a ser mayor en las vaquillas del tratamiento testigo (318.48 mg dl⁻¹) contra 293.33 y 297.61 mg dl⁻¹ para monensina y lasalocid respectivamente, no encontrándose diferencias ($P>0.05$) entre tratamientos.

Lo anterior puede deberse a que el contenido de sodio en suero sanguíneo es fuertemente regulado y es mantenido en un rango muy estrecho. Por lo que difícilmente los ionóforos pueden afectar significativamente dicha concentración (Morris, 1980). Además la utilización de los ionóforos puede ocasionar incremento en las pérdidas de sodio a través de la orina, lo que puede ocasionar menor absorción de este mineral (Kirk *et al.*, 1985).

5.5.6. Hierro

La concentración normal para hierro según lo indicado por Puls, (1988), se encuentra en el rango de 1300-2500 µg l⁻¹, por lo que el 100% de las muestras analizadas presentó

niveles mayores, promediando $3830 \mu\text{g l}^{-1}$, esto, ocasionado tal vez, por el exceso de hierro en la ración proporcionada a las vaquillas en estudio, dicho nivel de hierro sobrepaso por cinco veces el requerimiento.

Los valores obtenidos para este elemento fueron similares ($P=0.49$) entre los tratamientos utilizados, observándose una mayor concentración en las vaquillas asignadas tanto al tratamiento con lasalocid ($5150 \mu\text{g l}^{-1}$) como al tratamiento con monensina ($3610 \mu\text{g l}^{-1}$), contra $2750 \mu\text{g l}^{-1}$ para el tratamiento testigo. Resultados semejantes fueron reportados por Harvey *et al.* (1988) y Reffet-Stabel *et al.* (1989).

5.5.7. Cobre

Tomando como referencia los valores normales de cobre en suero sanguíneo que de acuerdo con Puls, (1988) se encuentran entre 320 y $1200 \mu\text{g l}^{-1}$, el 100% de las vaquillas presento niveles normales de este elemento.

El contenido de cobre no presento diferencias ($P>0.05$) relacionadas con los tratamientos utilizados. Los valores obtenidos para este elemento fueron de 710 , 750 y $660 \mu\text{g l}^{-1}$ para lasalocid, monensina y el tratamiento testigo, respectivamente.

Starnes *et al.* (1984) reportaron diferencias ($P<0.05$) entre los tratamientos con lasalocid ($1070 \mu\text{g l}^{-1}$) y con monensina ($1000 \mu\text{g l}^{-1}$), mientras que para el tratamiento testigo el contenido de cobre en suero sanguíneo fue de $930 \mu\text{g l}^{-1}$. Lo anterior coincide con lo

obtenido por Reffet-Stabel *et al.* (1989) quienes observaron que el contenido de cobre fue diferente ($P < 0.05$) entre el tratamiento con lasalocid y el tratamiento testigo (810 vs $550 \mu\text{g l}^{-1}$).

Las diferencias en el contenido de cobre pueden explicarse por el efecto que tienen los ionóforos en la absorción aparente de este elemento, debido a la reducción en el número de protozoarios del rumen (Dennis *et al.*, 1986; citados por Reffet-Stabel *et al.*, 1989) o por la disminución en la producción ruminal de sulfuros a partir de aminoácidos azufrados (Spears *et al.*, 1990), lo que puede ocasionar la formación de compuestos como el sulfuro de cobre, que es de baja absorción por el animal (Mc Dowell *et al.*, 1997).

5.5.8. Cinc

Al igual que para el cobre, el 100% de las vaquillas muestreadas presentó niveles normales de cinc en suero sanguíneo, con promedio de $1520 \mu\text{g l}^{-1}$. Lo anterior si se toma en cuenta que los valores normales de cinc en suero, según Huerta, (1999) van de 800 a $2000 \mu\text{g l}^{-1}$.

Los resultados obtenidos para cinc tampoco fueron diferentes ($P > 0.05$) entre tratamientos, obteniéndose el mayor valor para el tratamiento con lasalocid ($1630 \mu\text{g l}^{-1}$), mientras que para los tratamientos con monensina y el testigo fue similar 1460 y $1490 \mu\text{g l}^{-1}$ respectivamente.

Reffett-Stabel *et al.* (1989), reportaron $1090 \mu\text{g l}^{-1}$ de cinc para el tratamiento testigo y de $820 \mu\text{g l}^{-1}$ para el tratamiento con lasalocid, lo cual difiere con lo obtenido en el presente estudio, sin embargo; Starnes *et al.* (1984) obtuvieron diferencias ($P < 0.05$) entre el tratamiento con lasalocid ($900 \mu\text{g l}^{-1}$) y el tratamiento testigo ($840 \mu\text{g l}^{-1}$) en el contenido de cinc en suero sanguíneo.

Respecto al efecto de los ionóforos sobre el contenido mineral en suero sanguíneo Elsasser (1984) indica que los ionóforos pueden tener efectos indirectos sobre el metabolismo mineral a través de los mecanismos de transporte que involucran al sodio y al potasio o a través de cambios en la disponibilidad de energía para el transporte de iones, provocados por gradientes en los iones monovalentes.

Sin embargo; Spears (1990), menciona que los resultados en diversos estudios, han sido muy inconsistentes, además de que los mecanismos a través de los cuales los ionóforos afectan la absorción de minerales, no han sido del todo explicados, por lo que sugiere que este efecto depende en gran medida, de la dieta utilizada y de factores fisiológicos propios del animal. Aunado a esto, la especie animal, el estado fisiológico en que se encuentre y las diferencias inherentes de cada animal, son factores que también deben ser tomados en cuenta.

5.6. Contenido mineral en alimento

Los contenidos de macro y microminerales son mostrados en los Cuadros 13 y 14, respectivamente. En éstos, se presenta el contenido mineral para cada ingrediente empleado en la alimentación de las vaquillas utilizadas en el presente estudio.

Cuadro 13. Contenido de macrominerales del alimento proporcionado a vaquillas Holstein durante la fase experimental.

Alimento	Mes ¹	Calcio	Fósforo	Magnesio	Sodio	Potasio
----- g kgMS ⁻¹ -----						
Concentrado	1	13.23	7.19	3.08	4.53	12.30
Concentrado	2	14.59	8.20	2.97	3.73	11.56
Concentrado	3	14.34	7.81	2.87	3.79	13.09
Ensilado de maíz	1	3.09	2.49	2.51	0.49	8.40
Ensilado de maíz	2	3.49	2.67	2.52	0.49	9.94
Ensilado de maíz	3	3.26	2.82	2.33	0.47	6.19

¹Mes del periodo experimental

Cuadro 14. Contenido de microminerales del alimento proporcionado a vaquillas Holstein durante la fase experimental.

Alimento	Mes ¹	Hierro	Cobre	Cinc
-----mg kgMS ⁻¹ -----				
Concentrado	1	303.42	40.75	95.68
Concentrado	2	272.19	41.82	94.62
Concentrado	3	294.49	41.02	95.31
Ensilado de maíz	1	681.37	1.96	9.86
Ensilado de maíz	2	818.81	1.69	10.91
Ensilado de maíz	3	634.61	4.08	10.95

¹Mes del periodo experimental

En el Cuadro 15 se presenta la comparación entre los requerimientos minerales y el aporte mineral de la dieta integral proporcionada a las vaquillas utilizadas durante la fase experimental.

Al observar los datos presentados en el Cuadro 15 se puede concluir que el aporte de todos los minerales analizados cubrió adecuadamente los requerimientos de las vaquillas utilizadas en el presente estudio, tanto por día como por kilogramo de materia seca.

Sin embargo, respecto a los aportes de calcio, fósforo, hierro y magnesio éstos se encuentran por arriba del nivel recomendado por Puls (1988) e inclusive en el límite máximo sugerido por la NRC (1989).

Cuadro 15. Requerimientos y aporte de macro y microminerales de la dieta proporcionada a vaquillas Holstein.

Mineral	Aporte ^a		Requerimiento ^b		Nivel	
	g kgMS ⁻¹	g d ⁻¹	g kgMS ⁻¹	g d ⁻¹	Adecuado ^c	Exceso ^d
					g kgMS ⁻¹	g kgMS ⁻¹
Calcio	17.33	125.12	4.10	23.40	3.80 - 8.10	20.00
Fósforo	9.99	72.12	3.00	17.26	3.50 - 4.50	10.00
Magnesio	5.42	39.13	1.60	10.33	2.50 - 3.50	5.00
Sodio	4.49	32.41	1.00	6.46	1.80 - 6.70	70.00
Potasio	20.48	147.86	6.50	41.93	8.00-24.50	30.00
Hierro	1.00	7.23	0.05	0.32	0.10 - 0.50	1.00
Cobre	0.04	0.31	0.01	0.06	0.02 - 0.10	0.25
Cinc	0.10	0.76	0.04	0.25	0.05 - 0.10	0.50

^aValores promedio del análisis mineral efectuado a muestras de alimento obtenidas por mes de la fase experimental.

^bValores promedio para vaquillas en crecimiento de acuerdo con la NRC (1989)

^cPuls (1988)

^dNRC (1989)

5.7. Análisis económico

En el Cuadro 16 se presenta el análisis de los costos por kilogramo de ganancia de peso, para cada tratamiento utilizado en el presente estudio.

Cuadro 16. Costo por kilogramo de ganancia de peso de vaquillas Holstein con y sin ionóforos en la dieta.

Variable	Unidad	Tratamiento		
		Lasalocid	Monensina	Testigo
Peso vivo inicial	kg	231.79	224.08	231.71
Peso vivo final	kg	312.64	300.46	304.79
Ganancia de peso total	kg	80.85	76.38	73.08
Consumo de materia seca	kg d ⁻¹	6.83	6.44	6.75
Alimento total consumido	kg	573.72	540.96	567.00
Precio	\$ kgMS ⁻¹	1.46	1.46	1.46
Costo total por alimentación	\$	837.63	789.80	827.82
Precio dosis de ionóforo	\$	0.16	0.18	0.00
Costo total del ionóforo	\$	13.44	15.02	0.00
Total	\$	851.07	804.92	827.82
Costo kg ⁻¹ de ganancia de peso	\$	10.52	10.53	11.32

A partir de la información presentada en el Cuadro 16, se puede afirmar que los costos de alimentación por kilogramo de ganancia de peso disminuyeron 6.97 y 7.06% con la adición de monensina y lasalocid respectivamente, en relación con el tratamiento testigo. Por lo que los costos de alimentación durante la cría de las vaquillas de reemplazo pueden reducirse.

VI. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las cuales se llevó a cabo el presente estudio se concluye lo siguiente:

La inclusión de los ionóforos monensina y lasalocid en la dieta de vaquillas Holstein de reemplazo no afectó el consumo de dieta, la ganancia diaria de peso ni la conversión alimenticia. La condición corporal de las vaquillas Holstein se mejoró al utilizar lasalocid en la dieta. No se observaron diferencias en contenido mineral en suero sanguíneo, con la adición de monensina o lasalocid en la dieta.

La respuesta productiva de las vaquillas Holstein de reemplazo fue similar con la adición en dieta de monensina o lasalocid.

El costo de producción por kilogramo de ganancia de peso disminuyó 6.97 y 7.06% con la inclusión en dieta de monensina y lasalocid respectivamente, en comparación con la dieta sin ionóforo.

VII. LITERATURA CITADA

- Arzola A. C., E. Uribe y J. Jiménez. 1999. Monensina y lasalocida en dietas altas en concentrados para novillos: I. Fermentación ruminal. In: Memorias de la XXVII Reunión de la Asociación Mexicana de Producción Animal. Universidad Autónoma de Baja California. Mexicali, Baja California. pp. 99-101
- ASERCA. 1996. Claridades Agropecuarias. No. 33. Editada por Apoyo y Servicios a la Comercialización Agropecuaria. 23 p.
- Baile, C. L., C. L. Mclaughlin, W. V. Chalupa, D. L. Snyder, L. C. Pendlum and E. L. Potter. 1982. Effects of monensin fed to replacement heifers during the growing and gestation period upon growth, reproduction and subsequent lactation. J. Dairy Sci. 65:1941.
- Barker, R. 1993. Puntaje Corporal. Carne y Leche. Año 2. No.12. Editorial Año Dos Mil. México, D.F. pp.17-18
- Bath Donald L., F. N. Dickinson, A. Tucker y R. D. Appleman. 1984. Ganado Lechero: Principios; Prácticas, Problemas y Beneficios. Editorial Interamericana. 2ª. Ed. Vol. 1. México, D.F. 271 p.

Berger, W. B. and D. B. Bates. 1984. Ionophores: Their effect on production efficiency and mode of action. J. Anim. Sci. 58:1465.

Bernal, S. G. 1990. Amortiguadores del pH. In: Anabólicos y Aditivos en la Producción Pecuaria. Avila, G. E., A. S. Shimada y G. Llamas (Eds.). Sistemas de Educación Continua en Producción Animal en México A. C. México D. F. pp. 93-103.

CANACINTRA. 1996. La Industria Alimenticia Animal en México. Sección de Fabricantes de Alimentos Balanceados. México D. F. pp. 34-56.

CANACINTRA. 1997. La Industria Alimenticia Animal en México. Sección de Fabricantes de Alimentos Balanceados. México, D.F. pp. 21-21

Chalupa, W. 1988. Manipulation of rumen fermentation In: Haresing W., Cole D. J. A. (Eds.). Recent Developments in Ruminant Nutrition 2. University of Nottingham School of Agriculture. British Library Cataloging in publication Data. London, England.

Chavez, U. J. 1991. Caracterización del sistema de producción bovino de doble propósito en tres regiones del trópico mexicano. Tesis Profesional. Departamento de Economía Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 98 p.

Chirase, N. K., L. W. Greene, G. T. Shelling, D. K. Lunt, F. M. byers and R. Knutson.

1986. The effect of calcium and lasalocid on serum mineral concentrations of pregnant beef cows grazing small grain forages. *J. Anim. Sci.* 63(Suppl.1):444.

Chow, J. M. , J. A. S. Van Kessel and J. B. Rusell. 1994. Binding of radiolabeled monensin and lasolacid to ruminal microorganism and feed. *J. Anim. Sci.* 72 (6): 1630.

Christensen, D. E., R. D. Wiedmeier, H. T. Shenton, B. R. Browman and K. C. Olson. 1994. Effects graded levels of dietary lasalocid on performance of Holstein cows during early lactation. In: Proceedings Western Section, American Society of Animal Science. 45:328.

Dicostanzo, A., J. M. Cassady and C. M. Zehnder. 1997. Ionophores prove to be beneficial in cattle diets. *Feedstuffs.* 69 (11):11.

Dohono, A. L. 1984. Biochemical studies on the fate of monensin in animals and in the enviroment. *J. Anim. Sci.* 58: 1528.

Elsasser, T. H. (1984). Potential interactions of ionophore drugs with divalent cations and their function in the animal body. *J. Anim. Sci.* 59:845.

- Enriquez de la Fuente, B. A., R. Herrera-Saldaña y C. M Martínez. 1998. Evaluación del uso de lasalocid sódico en vacas lecheras. In: Memorias del XXII Congreso Nacional de Buiatria. pp 273
- Etgen, W. M. y P. M: Reaves. 1985. Ganado Lechero Alimentación y Administración. Ed. LIMUSA. México, D.F. 613p.
- Faulkner, D. B., Klopfenstein, T. N. Troter and R. A. Briton. 1985. Monensin effects on digestibility, ruminal protein escape and microbial protein synthesis on high-fiber diets. J. Anim. Sci. 61: 654.
- Fick, K. R., L. R. McDowell, P. H. Miles, N. S. Wilkinson, J. D. Funk, J. H. Conrad y R. Valdivia. 1979. Métodos de Análisis de Minerales para Tejidos de Plantas y Animales. Animal Science Department. University of Florida. USA.
- Gallegos, A. J. 1994. Uso de ionóforos en ganado lechero. México Holstein. 25 (8): 18-23.
- García, E. 1981. Modificaciones al Sistema Climático de Koppen. 3ª. edición. Ed. Instituto de Geografía de la UNAM. México D. F. 252 p.
- García, D. A. 1993. Efecto de la adición de un probiótico y de una mezcla melaza-urea en una dieta a base de paja de cártamo para ovinos en crecimiento. Tesis Profesional

Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 85 p.

Greene, L. W., B. J. May, G. T. Schelling and F. M. Byers. 1988. Site and extent of apparent magnesium and calcium absorption in steers fed monensin. *J. Anim. Sci.* 66: 2987.

Grupo Industrial LALA. 1998. El Impacto Social y Económico de la Ganadería Lechera en la Región Lagunera. 5ª. Edición. Torreón, Coahuila. México. 186 p.

Harvey, R. W., J. W. Spears and D. E. Darden. 1988. Effects of lysocellin on performance, ruminal and plasma characteristics of growing cattle. *J. Anim. Sci.* 66:1036.

Harris Jr., B., A. L. Adams and H. H. Van Horn. 1994. Mineral needs of Dairy cattle. Circular 468. University of Florida. 18 p.

Heinrichs, J. and B. Lamers. 1997. Monitoring dairy heifer growth. 7 p. Disponible en. www.-das.cas.psu.edu.

Hoffmann-La Roche Inc. 1993. La ventaja en todas las etapas. México, D.F. Folleto. 17 p.

Hoffmann, P. C. 1995. Nutrition and Enviroment-Improving Heifer Growth. Department of Dairy Science. University of Wisconsin-Madison. 9 p.

Huerta, B. M. 1995. Suplementación mineral de ovinos en pastoreo. In: Memorias del Curso "Tópicos Actuales Sobre Nutrición y Alimentación de Ovinos en Engorda". Universidad Autónoma Chapingo (Ed.). pp. 104-118. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

Huerta, B. M. 1999. Diagnostico del estado mineral de explotaciones bovinas en México. In: Memorias del II Seminario Internacional Estrategias de Suplementación a Bovinos en Pastoreo. Universidad Autónoma Chapingo (Ed.). pp. 154-172. Maestría en Producción Animal. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

Kirk, D. J., L. W. Greene, G. T. Shelling and F. M. Byers. 1985. Effects of monensin on Mg, Ca, P and Zn metabolism and tissue concentrations in lambs. J. Anim. Sci. 60:1485

Lean, J. I., L. Wade and S. D. Beckett. 1996. Bovine somatotropin and monensin. In: J. Kenelly (Ed). Proceedings of the Western Canadian Dairy Seminar. pp 237-254. University of Alberta.

Lemenager, R. P., F. N. Owens, B. J. Shockey, K. S. Lusby and R. Totusek. 1978.

Monensin effects on rumen turnover rate twenty-four hour VFA pattern, nitrogen components and cellulose disappearance. J. Anim. Sci. 47:255.

Llamas, L. G. 1996. Producción de vaquillas de reemplazo: El Talón de aquiles de la ganadería lechera en México. In: Memorias del ciclo de conferencias Actualidades en la Alimentación del Ganado Lechero. Asociación Mexicana de Especialistas en Nutrición Animal, A. C. Universidad Autónoma de Queretaro. (Eds.). pp. 27-39

Mc Dowell, R. L. 1985. Nutrition of Grazing Ruminant in Warm Climates. Academic Press. Inc. Orlando Florida, USA. 443 p.

McDowell, R. L., J. H. Conrad, G. L. Ellis y J. K. Loosli. 1993. Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales. Centro de Agricultura Tropical. 2ª. Edición. Universidad de Florida, Gainesville, USA. pp.12-42

Mc Dowell, R. L., J. Velásquez-Pereira y G. Valle. 1997. Minerales para Rumiantes en Pastoreo en Regiones Tropicales. Centro de Agricultura Tropical. 2ª. Edición. Universidad de Florida, Gainesville, USA. 80 p.

Mc Guffey, R. K. 1998. Mejore la productividad de sus vacas lecheras (Parte 1). México Holstein. 29(4):26.

- Meinert, R. H., M. J. Yang, A. J. Heinrichs and G. A. Varga. 1992. Effect of monensin on growth reproductive performance and estimated body composition of Holstein heifers. *J. Dairy Sci.* 75:257.
- Mendoza, M. G. D. y V. R. Ricalde. 1993. Alimentación de ganado bovino con dietas altas en granos. Libros de texto. Universidad Autónoma Metropolitana. México, D. F. 91 p.
- Meraz, R. E. 1996. Comportamiento de corderos con ionóforos en dietas a base de granos. Tesis profesional. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 96 p.
- Miller, W. J. 1989. Nutrición y Alimentación del Ganado Vacuno Lechero. Ed. ACRIBIA. Zaragoza, España. 459 p.
- Minson, D. J. 1990. Forage in Ruminant Nutrition. Academic Press, Inc. San Diego California, USA. 463 p.
- Morris, J. G. 1980. Assessment of sodium requirements of grazing beef cattle: a review. *J. Anim. Sci.* 50:145.
- Muñoz, R. M., P. Odermatt y J. R. Altamirano. 1995. Retos y oportunidades del sistema leche ante la apertura comercial. Reporte de Investigación No. 23. Centro de

Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial. CIESTAAM. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 53 p.

Nagaraja, T. G., M. B. Taylor, D. L. Harmon and J. E. Boyer. 1987. In vitro lactic acid inhibition and alteration in volatile fatty acid production by antimicrobial feed additives. J. Anim. Sci. 65 (5):1064.

NRC. 1981. Effect of Enviroment on Nutrient Requeriments of Domestic Animals. Natl. Acad. Sci. Washington, D.C. USA. 152 p.

NRC. 1985. Ruminant Nitrogen Usage. National Academy Press. Washington, D.C. USA. 138 p.

NRC 1989. Nutrient Requeriments of Dairy Cattle (6th rev.) National Academy Press. Washington. D.C. USA. 157 p.

Nockels, C. F. 1990. Alteraciones minerales asociadas con estrés, trauma e infección y su efecto sobre la inmunidad. Carta Ganadera. Año IV. Vol. VII (5):47

Novaes, L. P., C. E. Polan, M. L. McGuilliard and C. N. Miller. 1990. Growth response in Holstein heifers on pasture to lasalocid and supplemental protein energy as compared to a drylot diet. J.Dairy Sci. 76(Suppl.1):521.

- Odermatt P. B. 1997. Indicadores productivos de la ganadería lechera. Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial. CIESTAAM. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. pp. 97-100.
- Plata, P. F. X. 1992. Efecto de un probiótico (*Sacharomyces cerevisiae*) en la fermentación ruminal, digestibilidad in situ y el consumo de ovinos alimentados con tres niveles de paja de avena. Tesis de Maestría. Colegio de postgraduados. Montecillo, México. 92 P.
- Perry, T. W., D. R. Shields, W. J. Dunn and M. T. Mohler. 1983. Protein levels and monensin for growing and finishing steers. J. Anim. Sci. 57:1067.
- Pond, K. R., W. C. Ellis and J. P. Telford. 1980. Monensin effects on intake, digestibility and rate of passage of rye grass grazed by cattle. J. Anim Sci. 51 (Suppl. 1):53
- Poss, M. Y., T. L. Handson and T. J. Klopfenstein. 1979. Monensin effects on diet digestibility, ruminal protein by pass and microbial protein synthesis. J. Anim. Sci. 48:1516.
- Potter, E. L., R. L. VanDuyn and C. O. Cooley. 1984. Monensin toxicity in cattle. J. Anim. Sci. 58:1499.

- Pressman, B. C. 1976. Biological applications of ionophores. *Annu. Rev. Biochem.* 45:501.
- Puls, R. 1988. Mineral levels in animal health: diagnost data. Sherpa International, Clearbook. 240p.
- Reffett-Stabel, J., J. W. Spears, R. W. Harvey and D. M. Lucas. 1989. Salinomycin and lasalocid effects on growth rate, mineral metabolism and ruminal fermentation in steers. *J. Anim. Sci.* 67:2735.
- Richardson, C. W. 1991. Minerals and Vitamins for Dairy Cattle. Paper No. 4014. Oklahoma State University. 6p.
- Richardson, L. F., A. P. Raun, E. L. Potter, C. O. Cooley and Rathmacher. 1976. Effects of monensin on rumen fermentation in vitro and in vivo. *J. Anim. Sci.* 43(3):657.
- Riquelme, V. E. 1986. Alimentación practica de vaquillas, vacas secas y vacas en producción. In: Manual sobre Ganado Productor de Leche. M. Pérez Domínguez (Ed.). Editorial Manual Moderno. México, D. F: pp.180-221.
- Rogers, J. A. and C. L. Davis. 1982. Rumen valatile fatty acid production and nutrient utilization in steers fed a diet supplemental with sodium bicarbonate and monensin. *J. Dairy Sci.* 65:944.

Russel, J. B. and H. J. Strobel. 1989. Effects of aditives on in vitro ruminal fermentation: a comparison of monensin and bacitrin, another gram positive antibiotic. J Anim. Sci. 66(2): 552.

SAGAR. 1999. Boletín bimestral leche de bovino. Secretaria de Agricultura Gnadería y Desarrollo Rural. 68p.

Salas, B. J. 1991. Efecto de la adición de probióticos en la productividad y sanidad del conejo de engorda. Tesis Profesional. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 38 p.

Sánchez, D. R. C. 1995. Promotores del crecimiento animal. Influencia de los implantes en el comportamiento de ovinos. In: Memorias del seminario Tópicos Actuales Sobre Nutrición y Alimentación de ovinos en engorda. Universidad Autónoma Chapingo (Ed). Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. pp. 119-134.

Sánchez , R. G., L. Iruegas y F. Floriuk. 1997. Oportunidades de desarrollo de la lechería en México. FIRA Boletín Informativo. Vol. XXIX. No. 294. Morélia Michoacán. 36 p.

- Sánchez, T. S. 1992. La política de subsidios a la producción de leche en México (1980-1990): el caso de la Comarca Lagunera. Tesis Profesional. Departamento de Economía Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 94 p.
- SAS. 1985. SAS User's Guide: Statistics. SAS Institute, Inc., Cary, NC.
- Schmidt, G. H. y VanVleck L. D. 1974. Bases Científicas de la Producción Lechera. Ed. ACRIBIA. Zaragoza, España. 362 p.
- Shelling, G. T. 1984. Monensin mode of action in the rumen. J. Anim. Sci. 58:1518.
- Sissons, J. W. 1989. Potential of probiotic organism to prevent diarrhea and promote digestion on farm animals: A Review. J. Sci. Food Agric. 49:1.
- Smith, F. W. 1978. Rumensin for growing dairy heifers on brome grass. Agricultural Experiment Station. Kansas State University. Report of Progress 330. pp. 12-13
- Sosa, M. E. 1979. Manual de procedimientos analíticos. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 115 p.
- Spears, J. W., B. R. Schricker and J C. Burns. (1989). Influence of lysocellin and monensin on mineral metabolism of steers fed forage-based diets. J. Anim. Sci. 67:2140.

Spears, J. W. 1990. Ionophores and nutrient digestion and absorption in ruminants. J. Nutr. 120:632.

Starnes, S. R., J. W. Spears, M. A. Froetschel and W. J. Croom. (1984). Influence of monensin and lasalocid on mineral metabolism and ruminal urease activity in steers. J. Nutr. 114:518.

Steel, R. G. D. and J. H. Torrie. 1985. Bioestadística. Principios y Procedimientos. 2ª. Edición. Ed. McGraw-Hill. Book Co. USA.

Steen. T. M., J. D. Quigley III, R. N. Heitmann and J. D. Gresham. 1992. Effects of lasalocid and undegradable protein on growth and body composition of Holstein heifers. J. Dairy Sci. 75:2517.

Stock, R and J. Mader. (1997). Fed Additives for Beef Cattle. University of Nebraska-Lincoln. 9 p. Disponible en: www.ianr.unl.edu.

Tadeo O. R. y C. Zaragoza. 1995. Efecto del nivel de proteína sobrepasante y la suplementación con ionóforo o probiótico en algunos parámetros productivos y reproductivos en vaquillas Holstein. Tesis Profesional. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 117 p.

- Thomas, E. E., S. E. Poe, R. K. Mc. Guffey, D. H. Mowrey and R. D. Allrich. 1990. Effect of feeding monensin to dairy cows on milk production and serum metabolites during early lactation. *J. Dairy Sci.* 76 (Suppl.1):280.
- Thoney, M. L., E. K. Heide, D. H. Duhaime, R. J. Hand and D. J. Perosio. 1981. Growth feed efficiency and metabolite concentration of cattle fed high forage diets with lasalocid or monensin supplements. *J. Anim. Sci.* 52:427.
- Tood, G. C. , M. N. Novilla and L. C. Howard. 1984. Comparative toxicology of monensin sodium in laboratory animal. *J. Anim. Sci.* 58:1512.
- Torres, B. I. 1991. La producción de leche en México. FIRA Boletín Informativo. Vol. XXIII. No.227. Morelia Michoacán. 48 p.
- Towers, N. R. 1983. Potassium. In: N. D. Grace (Ed.). The mineral requirements of grazing ruminants. pp. 112-114. Occasional publication No. 9. New Zealand Society of Animal Production. Palmerston North.
- Underwood, E. J. 1981. The mineral nutrition of livestock. Second Edition. Commonwealth Agricultural Boreaux. England. pp. 31-41.

Wedegaertner, T. C. and D. E. Johnson. 1983. Monensin effects on digestibility, methanogenesis and heat increment of a craked corn-silage diet fed to steers. *J. Anim. Sci.* 57:168.

Weiss, W. P and B. A. Ameit. 1990. Effect of lasalocid on performance lacting dairy cows. *J. Dairy Sci.* 73:153.

Zamarron, V. E. 1980. Efecto de la monensina y un alto nivel de cama de pollo sobre características de engorda y de la canal de ovinos de la raza pelibuey. Tesis Profesional. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Monterrey Nuevo León, México. 44 p.

Zorrilla, R. J. 1990. Ionóforos y manipuladores de la fermentación ruminal. In: Anabólicos y Aditivos en la Producción Pecuaria. Avila, G. E., A. S. Shimada y G. Llamas (Eds.). Sistemas de Educación Continua en Producción Animal en México A.C. México D. F. pp. 109-116.

