

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN CIENCIAS VETERINARIAS**



**“EFECTO DEL NIVEL DE SUPLEMENTACIÓN DE MONENSINA SÓDICA EN  
DIETAS DE ENGORDA PARA OVINOS DE PELO”**

**TESIS  
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:  
MAESTRO EN CIENCIAS VETERINARIAS**

**PRESENTA  
DAVID PAREDES DÍAZ**

**DIRECTOR DE TESIS  
DR. MARTIN FRANCISCO MONTAÑO GÓMEZ**

**MEXICALI, B.C., MEXICO**

**SEPTIEMBRE DE 2020**

**Efecto del nivel de suplementación de monensina sódica en dietas de engorda para ovinos de pelo. Tesis presentada por David Paredes Diaz, como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias Veterinarias, que ha sido aprobada por el comité particular indicado:**

---

**Dr. Martín Francisco Montañó Gómez**  
**Director**

---

**Dr. Juan Octavio Chirino Romero**  
**Secretario**

---

**Dra. Olga Maritza Manríquez Núñez**  
**Asesor**

---

**Dr. César Augusto Flores Dueñas**  
**Asesor**

---

**Dr. Martín Luis Arango Pérez**  
**Asesor**

## AGRADECIMIENTOS

La escritura de este documento lleva implícito un proceso de formación personal y académica, a lo largo del cual recibí estímulos y retroalimentación diversa, que moldearon y afinaron mi personalidad, carácter, conocimientos y criterio. En este sentido, reconozco la enorme deuda que tengo para con mis maestros, compañeros y asesores, quisiera que las siguientes líneas sirvieran como muestra de mis más sinceros agradecimientos para aquellas personas e instituciones que participaron de alguna u otra forma, que aunque no reciben beneficios acordes por este trabajo, coadyuvan en forma definitiva en el logro de la meta.

Al Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias (IICV) de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) por permitirme realizar el posgrado.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el financiamiento a través de la beca otorgada para la realización de mis estudios de maestría.

Principalmente al Dr. Martin Francisco Montaña Gómez, por su gran apoyo y motivación para la planeación, ejecución, conducción, revisión y publicación de este trabajo; por sus conocimientos compartidos, aportaciones y correcciones en el mismo; pero además, por brindarme la oportunidad de trabajar a su lado y su gran amistad y confianza que me ha brindado.

A mis asesores por los consejos en momentos críticos del presente trabajo y su valiosa cooperación en la revisión de la misma.

A mis amigos y compañeros de posgrado por brindarme su valiosa y sincera amistad, a los MVZ's Chayanne Zuñiga, Karen Gutiérrez, Valeria López, Daniel Mendoza, Christian Chaidez, Omar Caro, Ramón Ontiveros, a los ING's Jesus Sarabia, Bernardo Reyes, Ruben Flores y al Biólogo Santiago Hardy.

A mis amigos por estar a mi lado en todo momento y por la convivencia a través de los años, Martin Benítez, Ana Rosa Pacheco, Dr. Hiram Méndez, Dr. Regulo Jiménez, Dr. Ricardo Basurto, Dr. Humberto Hernández, Dra. Sandra Azucena Nava y Dra. Adilene Pineda.

## **DEDICATORIAS**

A mi familia, por el apoyo moral para culminar este logro y por todos los esfuerzos y alegrías que esto conlleva

A Yareni, por ser un motor para lograr esta meta.

## RESUMEN

Se utilizaron 40 corderos machos enteros y mestizos, similares en porcentajes (Kathadin X Dorper), con una edad aproximada de siete meses y un peso vivo aproximado de  $25 \pm 4.4$  kilogramos que se alojaron en 20 corraletas (dos animales por corral) con comederos individuales y bebederos compartidos. El periodo experimental duró 12 semanas y 4 días con el fin de evaluar el efecto del nivel de suplementación de monensina sódica sobre las características de comportamiento productivo en engorda y las características de la canal. Las dietas se formularon (BMS) en base a maíz amarillo hojueado. El consumo de las dietas fue *ad libitum*, asegurando un rechazo diario de al menos el 5% del total ofrecido. Durante toda la prueba se ofreció alimento diariamente en dos porciones iguales a las 09:00 y 17:00 h. Los tratamientos consistieron en 0, 100, 200 y 300 mg/animal/día de monensina sódica en la dieta total. Se realizaron pesajes en los días 1, 21, 45, y 74 del experimento. Los corrales fueron considerados como unidades experimentales. El sobrante de alimento se retiró y pesó a diario antes de suministrar alimento nuevo. Para el sacrificio los corderos se llevaron a la planta de sacrificio del Instituto de Ciencias Agrícolas (ICA) dependiente de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) en la que se tomaron las evaluaciones correspondientes a las características de la canal. El experimento fue analizado como un Diseño de Bloques Completos al Azar con submuestreo. Los efectos de los tratamientos sobre las medias fueron analizados mediante polinomios ortogonales. Se observaron efectos estadísticamente significativos ( $P < 0.05$ ) CMS teniendo un comportamiento lineal negativo a la suplementación de monensina; también afectó el porcentaje del rendimiento y longitud de la canal así como la longitud de la pierna. Se puede concluir que la suplementación de monensina sódica puede disminuir el CMS de dietas para engorda para ovinos machos enteros, sin afectar adversamente los parámetros productivos ni las características de la canal.

**Palabras clave: Monensina sódica, ovinos, engorda en corral**

## ABSTRAC

Forty whole and crossbred male lambs were used, similar in percentages (Kathadin X Dorper), with an approximate age of seven months and a live weight of  $25 \pm 4.4$  kilograms that are housed in 20 pens (two animals per pen) with feeders individual and shared drinking fountains. The experimental period lasted 12 weeks and four days in order to evaluate the effect of the level of monensin sodium supplementation on the characteristics of productive behavior and the characteristics of the carcass. The diets were formed (BMS) based on flaked yellow corn. The consumption (BMS) of the diets was *ad libitum*, ensuring a daily rejection of at least 5% of the total offered. Throughout the test, daily meals are offered in two equal portions at 09:00 and 17:00. Treatments consist of 0, 100, 200 and 300 mg/animal /day of monensin sodium in the total diet. Weighings were performed on days 1, 21, 45, and 74 of the experiment. The pens were affected as experimental units. Leftover feed was removed and weighed daily before supplying new feed. For the slaughter of the lambs, the slaughter plant of the Instituto de Ciencias Agrícolas (ICA) dependent on the Universidad Autónoma de Baja California (UABC) is controlled, where the evaluations corresponding to the characteristics of the canal will be taken. The experiment was analyzed as a Random Complete Block Design with subsampling. The effects of the treatments on the means were analyzed using orthogonal polynomials. Statistically significant effects ( $P < 0.05$ ) CMS were observed in the three partial periods as well as in the total period, having a negative linear behavior to monensin supplementation; it also affected the percentage of carcass performance, carcass length and leg length. Based on the results of the present experiment, we can conclude that the supplementation of monensin sodium can decrease the consumption of dry matter of high diets of steam-flaked corn grain for fattening for whole male sheep, without adversely affecting the production parameters in corral fattening nor the characteristics of the channel.

**Key words: Monensin sodium, sheep, feedlot**

## CONTENIDO

	Página
AGRADECIMIENTOS .....	i
DEDICATORIAS .....	ii
RESUMEN .....	iii
ABSTRAC .....	iv
CONTENIDO .....	v
LISTA DE CUADROS .....	vii
INTRODUCCIÓN .....	1
HIPOTESIS .....	3
OBJETIVO .....	4
REVISION DE LITERATURA .....	5
Ionóforos .....	5
Modo de acción del ionóforo .....	6
Monensina Sódica .....	8
Modo de acción de la monensina .....	8
Efecto de la monensina sobre el microbioma ruminal .....	9
Efecto sobre las bacterias .....	9
Efecto sobre protozoos y hongos .....	10
Monensina y la manipulación del metabolismo energético .....	11
Efecto en la producción de ácidos grasos volátiles (AGV's) ....	11
Efecto sobre la metanogénesis .....	13
Efecto sobre la digestibilidad energética .....	14
Efecto de la monensina en el metabolismo de las proteínas .....	16
Prevención de trastornos en la engorda .....	18
Acidosis láctica .....	18
Timpanismo .....	20
Enfisema y edema pulmonar .....	22
Coccidiosis .....	23
Abscesos hepáticos .....	24
Otros efectos ruminales .....	25
Interacción de monensina y minerales .....	25
Interacción monensina y grasas en la dieta .....	26
Interacción monensina y estimulantes del crecimiento .....	27
Niveles de inclusión de monensina en la dieta del ganado .....	27
Bovino .....	27
Ovino .....	28
Efectos de los ionóforos en la producción animal .....	28
Efectos de los ionóforos sobre las características de la canal .....	31
Efectos Tóxicos de los ionóforos en animales .....	31
Consideraciones de salud .....	32
Beneficios reproductivos .....	32
Salud humana .....	33
MATERIALES Y METODOS .....	34
Localización del área experimental .....	34
Duración del experimento .....	34

	Pagina
Unidades experimentales .....	35
Dietas experimentales .....	35
Variables de estudio .....	35
Metodología .....	36
Análisis estadístico .....	39
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	40
Efectos sobre el comportamiento .....	40
Ganancia de Peso .....	40
Ganancia Diaria de Peso .....	43
Consumo de Materia Seca .....	44
Eficiencia Alimenticia .....	47
Efectos sobre las características de la canal .....	52
Peso de la canal caliente .....	52
Peso de la canal fría .....	54
Rendimiento de la canal .....	55
Conformación .....	56
Área del ojo de la costilla .....	56
Grasa KPH .....	57
Espesor de la grasa dorsal .....	58
Longitud de la canal .....	58
Profundidad del tórax .....	59
Longitud de la pierna .....	60
Perímetro de la pierna .....	60
CONCLUSIÓN .....	61
LITERATURA CITADA .....	62

## LISTA DE CUADROS

	<b>Pagina</b>
<b>Cuadro 1.</b> Ingredientes y composición química de las dietas experimentales.....	<b>35</b>
<b>Cuadro 2.</b> Efectos de los tratamientos sobre el comportamiento productivo en corderos finalizados en corral bajo diferentes niveles de suplementación con Monensina Sódica.....	<b>51</b>
<b>Cuadro 3.</b> Efectos de los tratamientos sobre características de canal en corderos finalizados en corral bajo diferentes niveles de suplementación con Monensina Sódica.....	<b>61</b>

## INTRODUCCIÓN

La producción ovina en México tiene como objetivo principal la producción de carne (López y Salud, 2000). La mayor demanda de carne ovina en relación a la oferta generó un mercado atractivo que propicio la intensificación de la engorda (Huerta, 2014).

Para aprovechar el crecimiento de corderos en sus diferentes etapas (crecimiento y finalización), y reducir los días de engorda (Macedo y Arredondo, 2008), el uso de dietas integrales ha sido una opción que ha permitido obtener ganancias de peso de 180 a 250 g por cordero en sistemas intensivos (Macías-Cruz *et al.*, 2010).

La engorda de corderos en confinamiento es una alternativa capaz de proporcionar un crecimiento acelerado de los mismos, resultando en canales que atienden las exigencias del mercado, generando un retorno rápido de la inversión, aunque representa un alto costo inicial por la alta proporción de granos en las fórmulas (Ramos, *et al.* 2006).

Es por ello que para mejorar la producción de carne ovina, se ha recurrido a sistemas de producción intensivos para aumentar la calidad de la carne y la eficiencia alimenticia, poniendo énfasis en la nutrición de los animales y en el costo por dicho concepto; en estos sistemas el uso de aditivos convencionales para otras especies animales en la alimentación, como los ionóforos, son una alternativa para reducir costos y mejorar la calidad del producto generado (Manriquez, 2005).

Los efectos de los ionóforos sobre la fermentación ruminal se observan en respuesta a cambios en el microbioma ruminal, ya que las bacterias gram positivas que son principalmente productoras de acetato, butirato, hidrogeno y formato, son inhibidas (Angeles y Corona, 2000).

## **HIPOTESIS**

La suplementación de Monensina Sódica sobre una dieta a base de maíz hojueado, afecta positivamente los parámetros productivos en corderos de pelo en finalización.

## **OBJETIVO**

Evaluar el efecto de diferentes niveles de suplementación de monensina sódica en dietas a base de maíz hojueado para engorda de ovinos de pelo en finalización.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Ionóforos

Los objetivos principales en la producción animal son: 1) Mejorar la eficiencia alimenticia, 2) Mejorar la producción de proteínas de origen animal en menor tiempo; y 3) Aumentar las tasas de crecimiento a menores costos de insumos (Kart y Bilgili, 2008). En este sentido los antibióticos veterinarios, como los ionóforos, se han convertido en un factor importante de la cadena de producción ganadera y juegan un rol notable del bienestar animal a través de la prevención de enfermedades y aumento la capacidad productiva de los animales (Matabudul *et al.*, 2001).

Estos antibióticos (ionóforos) son compuestos químicos producidos por algunos microorganismos (bacterias) que cuando se proporcionan en pequeñas cantidades funcionan como bacteriostáticos. Usualmente los antibióticos se usan principalmente a niveles terapéuticos en alimentos y agua, o alternativamente por inyección para tratar animales contra enfermedades. Sin embargo, a niveles subterapeúticos se agregan a la alimentación de rumiantes para mejorar el comportamiento productivo al reducir la población de bacterias específicas en el intestino (McDonald *et al.*, 2002).

Según McDonald *et al.*, (2002) los antibióticos se clasifican en cuatro grupos, según su función específica a nivel celular:

1. Antibióticos que interfieren con la síntesis de la pared celular. Estos compuestos son de alto peso molecular (> 1200 u) que actúan sobre bacterias Gram positivas. Son mal absorbidos por el huésped y, por lo tanto, no son tóxicos, no dejan residuos detectables y no tienen período de retiro.
2. Antibióticos que inhiben la síntesis de proteínas bacterianas de peso molecular medio (500-1200 u). También actúan sobre las bacterias Gram positivas aunque son absorbidos en mayor medida que los compuestos de mayor peso molecular, no tiene un período de retiro.

3. Antibióticos que inhiben la síntesis de ADN bacteriano. Tienen un amplio espectro de actividad, poseen bajo peso molecular (200-250 u) y ocupa períodos de retiro.
4. Antibióticos ionóforos. Interfieren con el equilibrio electrolítico (Na / K<sup>+</sup>) de la bacteria transportando K<sup>+</sup> al interior, la bacteria tiene que usar energía para bombear los iones de K<sup>+</sup> fuera de ella. Finalmente, la bomba de iones no funciona de manera eficiente y el potasio se acumula dentro de la bacteria y la célula se rompe. algunos ejemplos son monensina, salinomicina y lasalocid.

Monensina, lasalocid y salinomicina son producidos por cepas de *Streptomyces cinnamonensis*, *Streptomyces lasaliensis* y *Streptomyces albus*, respectivamente (Van Vuuren y Nel, 1983; Zinn, 1986b; Martiniet al., 1996; Page, 2003).

Según Wessels (1993), Kart y Bilgili (2008) y Al-Dobaib y Mousa (2009) se conocen al menos 76 ionóforos diferentes, de los cuales monensina, lasalocid y salinomicina son los más conocidos y estudiados en producción animal.

### **Modo de acción del ionóforo**

Los ionóforos son miembros de un grupo grande y creciente de compuestos que poseen la capacidad de formar complejos solubles en lípidos con cationes y mediar su transporte a través de barreras lipídicas. También se les conoce como antibióticos poliéter debido a la multiplicidad de éteres cíclicos en las estructuras de ciertos ionóforos (Schelling, 1984; Nagaraja, 1995; Benson et al., 1998; Matabudul et al., 2002).

Los ionóforos se dividen en dos grupos generales: 1) formadores de canales y 2) portadores de iones, esto basado en el modo de transferencia de iones a través de membranas celulares (Kart y Bilgili, 2008).

1. Los ionóforos formadores de canales se disponen en al interior de la membrana, creando un canal hidrofílico para los iones, por este medio, los iones de fuera de la célula, pasan a través del canal hidrofílico proporcionado, hacia la célula. Este

modo de transporte de iones es análogo al de las proteínas de transporte que se encuentran en la membrana celular (Kart y Bilgili, 2008).

2. Los ionóforos portadores de iones se pueden subdividir en neutros y carboxílicos e independientemente de las subdivisiones, estos mueven iones a través de la bicapa lipídica mediante la difusión junto con iones. Estos ionóforos actúan en una forma que une a los iones en un lado de la membrana celular y permite que el ion se una con el portador de iones. El complejo resultante luego se mueve a través de la bicapa lipídica para liberar el ion en el otro lado de la membrana celular (Kart y Bilgili, 2008).

La columna vertebral de los ionóforos portadores de iones proporciona un exterior soluble en lípidos y rico en alquilo; el éter, los oxígenos de carboxilo, hidroxilo y carbonilo están orientados internamente para formar una jaula de potencial ligando cationes atrapados. Por ejemplo, la monensina, está efectivamente ciclada por la cabeza al enlace de hidrógeno en la cola, entre el grupo carboxilo en la cabeza y uno o dos hidroxilos grupos en la cola (Page, 2003).

El resultado de esto es un operador de catión móvil que atraviesa fácilmente la pared celular de peptidoglucanos, que es gruesa pero porosa, de los organismos Gram positivos, que luego es capaz de transportar cationes a través de la membrana citoplasmática bilipídica (Bergen y Bates, 1984; Matabudul, *et al.*, 2001; Page, 2003).

Algunos ionóforos se unen a un solo catión (uniportadores), mientras que otros se unen a más de un catión (antiportadores) (Russell y Strobel, 1989; Callaway *et al.*, 2003; Khan *et al.*, 2008).

Varios investigadores (Wessels, 1993; Nagaraja, 1995; Wessels *et al.*, 1996) informaron sobre la selectividad de la unión de cationes es una característica distintiva de cada ionóforo. Monensina y salinomicina tienen diferente selectividad:

- Monensina:  $\text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{Rb}^+ > \text{Li}^+ > \text{Cs}^+ > \text{Rb}^+$
- Salinomicina:  $\text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{Cs}^+ > \text{Sr}^{++} > \text{Ca}^{++} > \text{Mg}^{++}$ .

La afinidad de Monensina por el Na<sup>+</sup> es aproximadamente diez veces mayor que la de K<sup>+</sup> que es su competidor más cercano (Bergen y Bates, 1984) y en términos de potencia relativa la monensina tiene una afinidad 31 veces mayor por el Na<sup>+</sup> que lasalocid (Page, 2003).

Las membranas bacterianas son semipermeables a los iones, lo que permite utilizar gradientes como fuerza motriz para absorber nutrientes (Callaway *et al.*, 2003). Las bacterias ruminales generalmente mantienen altas concentraciones de potasio intracelular y bajas concentraciones de sodio intracelular. Por el contrario, el ambiente ruminal contiene alto contenido de sodio y bajo contenido de potasio. Por lo tanto, las bacterias ruminales dependen de los gradientes de iones (ambos K<sup>+</sup> y Na<sup>+</sup>) para tomar nutrientes y establecer una fuerza motriz de protones. Aunque el pH ruminal es algo ácido debido a las concentraciones de AGV's, el pH intracelular de muchas bacterias ruminales son casi neutros, creando así un gradiente de protones hacia adentro (Callaway *et al.*, 2003; Page, 2003).

### **Monensina Sódica**

Es un antibiótico producido por *Streptomyces cinnamonensis*, la monensina inhibe selectivamente las bacterias Gram-positivas, afectando con ello el metabolismo de los rumiantes mediante el aumento de la eficiencia del metabolismo energético, mejorando el metabolismo del nitrógeno y disminuyendo el riesgo de acidosis láctica (Schelling, 1984).

#### **Modo de acción de la monensina**

Los ionóforos son generalmente bacteriostáticos y no bactericidas (Nagaraja, 1995; Rogers *et al.*, 1997). El mecanismo de actividad bacteriostática de los ionóforos está relacionado con su capacidad para alterar el flujo de cationes a través de la membrana celular (Chow *et al.*, 1994; Nagaraja, 1995). Entonces para ejemplo, la monensina es un antiportador de metal/protón que puede intercambiar H<sup>+</sup> ya sea para Na<sup>+</sup> K<sup>+</sup>.

Una vez insertada en la membrana, la monensina intercambia el K<sup>+</sup> intracelular por protones extracelulares, o sodio extracelular por protones

intracelulares (Chow *et al.*, 1994; Rogers *et al.*, 1997; Callaway *et al.*, 2003; Kart y Bilgili, 2008). Debido a que el gradiente de potasio es mayor que el gradiente de sodio, los protones se acumulan dentro de la bacteria. La bacteria reacciona a esta acidificación citoplasmática activando un sistema ATPasa reversible para bombear estos protones fuera de la célula. Además, otras bombas primarias que utilizan ATP para la eliminación de Na<sup>+</sup> y la absorción de K<sup>+</sup> se activan para restablecer los gradientes de iones, lo que resulta en el desacoplamiento de hidrólisis de ATP. Esto disminuye los grupos intracelulares de ATP, lo que lleva a muerte celular (Chow *et al.*, 1994; Benson *et al.*, 1998; Matabudul *et al.*, 2002; Callaway *et al.*, 2003; Page, 2003; Kart y Bilgili, 2008; Khan *et al.*, 2008).

## **Efecto de la monensina sobre el microbioma ruminal**

### **Efecto sobre las bacterias**

Los ionóforos son inhibidores de las bacterias Gram positivas como *Eubacterium*, *Lactobacillus* y *Streptococcus*; Por lo contrario, las bacterias Gram negativas, como *Anaerovibrio*, *Fibrobacter*, *Megasphaera*, *Prevotella*, *Ruminobacter*, *Selenomonas*, *Succinimonas* y algunas especies de *Succinivibrio* y *Veillonella* son resistentes a los ionóforos (Nagaraja, 1995).

Katz *et al.*, (1986) y también White y McGuffey (2006) encontraron diferencias en la sensibilidad de bacterias Gram positivas y Gram negativas a monensina indicando que en la célula la pared juega un papel clave en la determinación de la sensibilidad de las bacterias a un tipo específico de ionóforo.

Los organismos Gram negativos, que generalmente son resistentes a la monensina, poseen más membrana externa más compleja. Esta membrana contiene canales de proteínas con un tamaño límite de exclusión de aproximadamente 600 Da, que sirve como barrera protectora. Más sin embargo, los ionóforos son mayores de 600 Da. Además, la capa de lípidos en la membrana externa puede actuar como una barrera hidrófoba, atrapando los ionóforos antes de que lleguen a la célula interna membrana (Chow *et al.*, 1994; Russel y Strobel, 1989; Nagaraja, 1995).

Callaway *et al.*, (2003) afirmaron que las bacterias Gram positivas están rodeadas por una capa de péptidoglucanos, que es poroso y permite que pequeñas moléculas pasen a través de la membrana citoplasmática donde los ionóforos lipofílicos se disuelven rápidamente.

La acción de la monensina favorece el rendimiento ya que las bacterias Gram positivas generalmente producen acetato, butirato, hidrógeno, amoníaco y lactato mientras que las bacterias Gram negativas resistentes producen propionato y succinato (Henderson *et al.*, 1981; Bergen y Bates, 1984; Schelling, 1984; Olumeyan *et al.*, 1986). Así que cuando se suplementa monensina a los rumiantes, se produce más propionato y hay menos hidrógeno disponible para producción de metano. Es así que, estos efectos contribuyen en mayor o menor grado a las mejoras observadas en la producción animal (Bergen y Bates, 1984; White y McGuffy, 2006).

### **Efecto sobre protozoos y hongos**

La importancia de las actividades antiprotozoarias y antifúngicas de los ionóforos en términos de la fermentación ruminal aún no está del todo clara (Nagaraja, 1995).

Aunque los protozoos constituyen una fracción importante de la población microbiana total en el rumen, no son indispensables para la digestión del alimento. Los hongos ruminales poseen propiedades importantes, como la degradación de fibra y proteína, pero su importancia cuantitativa para la actividad microbiana total en el rumen aun no es cuantificado. Se ha estimado que los hongos ruminales representan solo del 8 al 10% del total de la biomasa ruminal, dependiendo de los niveles de celulosa en la dieta (Nagaraja, 1995; McDonald *et al.*, 2002).

Según Nagaraja (1995), los ionóforos también son inhibidores de los protozoarios y hongos. Esto al hecho de que los hongos carecen de una membrana externa y son sensibles a la monensina en forma *in vitro* (Russel y Strobel, 1989).

En general, Isotrichidae (o también comúnmente conocidos como holotrich) y ciliados (*Dasytricha*, *Isotricha* y *Charomina*), son resistente a la suplementación con ionóforos, mientras que Ophryoscolecidae (oligotrichs) (*Entodinium*, *Diplodinium* y *Ophryoscolex*) son sensibles a los ionóforos (Nagaraja, 1995).

Por el contrario, Grenet *et al.*, (1989) señalaron que la monensina no tiene efecto en la población de hongos. Mientras que Chow *et al.*, (1994) informaron que los protozoos ruminales eran inhibidos por la monensina de manera *in vitro*, pero los efectos sobre el número de protozoos *in vivo* no son claros.

Las alteraciones en la flora ruminal experimentadas con la suplementación con ionóforos se deben en parte a la eliminación o reducción de hongos y ciliados, y las bacterias metanogénicas asociadas conducción de un cambio en el patrón de flujo de hidrógeno (Nagaraja, 1995).

Como los protozoos producen hidrógeno y son colonizados por metanógenos, su eliminación puede contribuir a la reducción en la producción de metano ruminal (Russell y Strobel, 1989).

## **Monensina y la manipulación del metabolismo energético**

### **Efecto sobre la producción de ácidos grasos volátiles (AGV's)**

Las modificaciones de fermentación más consistentes y mejor documentadas con la suplementación de ionóforos, son el aumento de proporciones molares de propionato y como consecuencia una disminución de las proporciones molares de acetato y butirato producidas en el rumen (Beacom *et al.*, 1988; Marounek *et al.*, 1990; Ward *et al.*, 1990; Virkel *et al.*, 2004; Fujita *et al.*, 2007; Quinn *et al.*, 2009).

Al-Dobaib y Mousa (2009) indicaron que la inclusión de monensina en dietas de novillos dio como resultado un aumento en la producción de propionato (76%) y una disminución en la producción de acetato (16%) y butirato (14%).

Ricke *et al.* (1984) declaró que, aunque el cambio en la producción de AGV's puede ser similar, la depresión en la producción de acetato y butirato fue menos con lasalocid que con monensina.

Se ha descubierto que la monensina reduce la concentración total de AGV's cuando se agrega trigo o urea y soya para novillos (Neto *et al.*, 2009). Por otro lado De Jong y Berschauer (1983) encontraron que en ausencia de monensina la producción de AGV's aumentó.

En contraste, otros investigadores (Katz *et al.*, 1986; Mbanzamihigo *et al.*, 1996; Fujita *et al.*, 2007; González-Momita *et al.*, 2009; Quinn *et al.*, 2009) encontraron que ni la administración de monensina ni otros ionóforos (lasalocid y salinomicina) tuvieron algún efecto sobre las concentraciones totales de AGV's en el rumen.

Parece que los cambios en las proporciones molares de acetato y butirato, cuando se alimenta con ionóforos, no son consistentes ni lineales. (Nagaraja, 1995; Maas *et al.*, 2001).

La mejora relativa es menor en el consumo alimentos de alta energía (concentrado), que aquellos que consumen alimentos de baja energía (alta fibra celulósica). Esta respuesta podría atribuirse al hecho de que esos animales ya tienen grandes cantidades de ácido propiónico en el rumen, en comparación con los animales alimentados con forraje. Sin embargo, estos cambios en las proporciones molares de propionato no reflejan con precisión los cambios en producción de propionato (Bergen y Bates, 1984; Maas *et al.*, 2001).

El concepto de que el tejido utiliza el propionato de manera más eficiente que el acetato es sujeto a debate. Sin embargo, la flexibilidad en el uso de propionato (gluconeogénesis u oxidación a través del ciclo de Krebs) por el tejido ofrece una clara ventaja sobre el acetato (Schelling, 1984). Además, la producción de propionato en el rumen da como resultado una mejor eficiencia de fermentación

debido a la mayor recuperación del hidrógeno metabólico (Hillaire *et al.*, 1980; Russell y Strobel, 1989; Nagaraja, 1995).

Un cambio en la producción de propionato también puede reducir el incremento calor, y así se ahorren aminoácidos normalmente destinados a la gluconeogénesis y promueva en el cuerpo síntesis de proteínas, mejorando así el rendimiento animal (McGuffey *et al.*, 2001; Page, 2003).

### **Efecto sobre la metanogénesis**

El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>) y el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) son algunos de los principales gases de efecto invernadero que contribuyen al calentamiento (Moss *et al.*, 2000; Aluwong *et al.*, 2011).

Leuning *et al.*, (1998) informaron que el CH<sub>4</sub> representaba aproximadamente el 20% del total de las fuerzas radiativas globales de todos los gases de efecto invernadero (Duxbury y Mosier, 1993).

A escala mundial, la ganadería puede contribuir hasta el 18% del total del invernadero emisiones de gases (FAOSTAT, 2006). Aunque la contribución del CH<sub>4</sub> es menos del 2% de todo los factores que conducen al calentamiento global, juega un papel importante, ya que es 21 veces más contaminante que el CO<sub>2</sub> como gas de efecto invernadero (Johnson y Johnson, 1995; Johnson *et al.*, 1996)

La emisión de CH<sub>4</sub> es un resultado directo del proceso de fermentación realizado por microorganismos ruminales y en particular, los *archae* metanógenos que eliminan los iones de hidrógeno y los usan para producir CH<sub>4</sub> (Song *et al.*, 2011).

La producción de CH<sub>4</sub> en el ganado bovino es de hasta 12 L/h, donde el gas finalmente se pierde por eructos (Russell y Strobel, 1989). Dado que su liberación representa una pérdida de energía de hasta 16% de la energía bruta ingerida (Russell y Strobel, 1989; Van Nevel y Demeyer, 1977), reducir su emisión beneficiaría a la eficiencia y al medio ambiente (Moss *et al.*, 2000). La pérdida puede reducirse hasta en un 30% si se agrega un ionóforo (Al-Dobaib y Mousa, 2009).

El aumento de la acumulación de propionato en el rumen de los animales alimentados con ionóforos pueden ser la consecuencia de la utilización de hidrógeno redirigida causada por la menor producción de metano (Nagaraja, 1995). Sin embargo, se ha demostrado que la monensina cambia la relación propionato: acetato (Schelling, 1984; Virkel *et al.*, 2004), que sugiere que parte del aumento en la producción de propionato es independiente del efecto de la monensina sobre la producción de metano (Hillaire *et al.*, 1980; Thornton y Owens, 1981; Bergen y Bates, 1984; Merchen y Berger, 1985).

Un aumento en la concentración de propionato ruminal debido a la suplementación de monensina se acompaña de una reducción del 4 al 31% de metano (Bergen y Bates, 1984; Russell y Strobel, 1989; Mbanzamihigo *et al.*, 1996; McGuffey *et al.*, 2001; McDonald *et al.*, 2002; Quinn *et al.*, 2009).

Como los ionóforos no inhiben bacterias metanogénicas, se cree que la menor producción de metano se debe a una disminución de la tasa de producción de sus precursores ( $H^2$  y formato). Este fenómeno es compatible por la observación de que cuando se proporcionan sustratos ( $CO_2$  y  $H_2$ ), los ionóforos no tienen efecto sobre producción de metano (Van Nevel y Demeyer, 1977; Henderson *et al.*, 1981; Mwenya *et al.*, 2005).

Sin embargo, la monensina inhibe la metanogénesis del formato en parte debido a que la absorción de níquel se inhibe en las bacterias metanogénicas (Jarrell y Sprott, 1983). El níquel es requerido para la síntesis de la coenzima F430 y la enzima hidrogenasa (Daniels *et al.*, 1984). En contraste, Oscar *et al.*, (1987) ha demostrado que la suplementación de níquel con o sin monensina no tuvo efecto sobre la producción de metano ruminal en el ganado.

### **Efecto sobre la digestibilidad energética**

Una contribución importante de los ionóforos, es la mejora en la eficiencia de la utilización de alimentos ingeridos por animales rumiantes, esto radica en un mayor contenido de energía metabolizable (EM) por unidad de materia seca (MS) consumida (Parker y Armstrong, 1987).

Tanto Parker y Armstrong (1987) como Mwenya *et al.*, (2005) informaron un aumento en el contenido de EM por unidad de MS al alimentar con monensina, que resultó principalmente de una reducción en la producción de metano, vinculada a un aumento en la proporción y cantidad de ácido propiónico, y en menor medida una reducción de excreción de N a través de la orina.

Mwenya *et al.*, (2005) informaron de una baja pérdida de energía fecal en novillos alimentados con dietas que contienen monensina, mientras que las pérdidas de energía urinaria fueron mayores para novillos alimentados con dietas control sin la inclusión del ionóforo. Teóricamente, la monensina aumenta la eficiencia al convertir la energía del alimento en energía contenida dentro de los AGV's disponibles para absorción en el rumen.

Bergen y Bates (1984) concluyeron que aproximadamente un 20% más de EM estaba disponible para las ovejas cuando la dieta se complementó con monensina, debido al aumento de las tasas de producción de AGV's. Por lo tanto, el valor de los alimentos aumentó debido a la mayor digestibilidad de MS y al aumento de la retención del hidrógeno en ácido propiónico. Además, Muntifering *et al.*, (1981) informaron que la monensina provocó que una mayor proporción del almidón se digiriera en los intestinos en lugar de digerirse en el rumen (posiblemente con una mayor eficiencia metabólica resultante). Estos resultados pueden explicar algunos de los beneficios obtenidos al alimentar con este compuesto en dietas altas en granos y apoya el trabajo realizado por Fujita *et al.*, (2007), quienes encontraron que la suplementación de un ionóforo (salinomycin) no afectó ( $p < 0.05$ ) la ingesta de EM en ovejas alimentadas con una dieta alta en fibra.

En contraste, Fuller y Johnson (1981) descubrieron que la digestibilidad de la energía se mantuvo prácticamente sin cambios ( $\leq 3\%$ ) con suplementación de monensina (33 o 44 mg / kg) o lasalocid (32.5, 65 o 130 mg / kg) a diferencia de Zinn (1986b) que demostró que la suplementación con salinomycin aumentó la cantidad neta estimada del valor energético (EN) de una dieta alimentando a novillos en 3.2% para mantenimiento y 2.7% para ganancia de peso. Por lo tanto,

aproximadamente el 60% de la mejora en la conversión alimenticia con salinomicina la suplementación podría atribuirse al mayor EN derivado de la dieta.

### **Efecto de la monensina en el metabolismo de las proteínas**

Gran parte de la proteína que ingresa al rumen se hidroliza a péptidos y aminoácidos por microorganismos del rumen, pero algunos aminoácidos se degradan aún más a ácidos orgánicos, amoníaco y dióxido de carbono (McDonald *et al.*, 2002).

La tasa de producción de amoníaco a veces excede las necesidades de las bacterias que utilizan amoníaco, y el exceso de amoníaco se absorbe a través de la pared del rumen y vertida en la sangre para ser convertida en urea por el hígado. Sin embargo, parte de la urea se recicla a través de la saliva de regreso al rumen, pero gran parte se excreta en la orina (Russel y Strobel, 1989; McDonald *et al.*, 2002). Esto no solo constituye una pérdida, sino la síntesis de la proteína microbiana después de la desaminación de la proteína del alimento es un proceso energético derrochador.

Por lo tanto, la desaminación de aminoácidos en el rumen es un proceso de desperdicio nutricional, ya que la tasa de producción de amoníaco excede la tasa de utilización (Tamminga, 1979).

Así la mayor parte de la atención se centra en manipular el metabolismo de las proteínas para disminuir la degradación ruminal y el aumentar la proteína que llega al intestino delgado, donde puede ser digerido enzimáticamente por el animal y absorbido eficientemente (Wessels, 1993).

Como los ionóforos también inhiben la hidrólisis de proteínas en el rumen, parece que la desaminación en lugar de la proteólisis también se ve afectada (Russell y Strobel, 1989; Wessels, *et al.*, 1996; McGuffey *et al.*, 2001).

La monensina produce una disminución de la producción de amoníaco *in vitro* (Van Nevel y Demeyer, 1977), así como *in vivo* (Dinius *et al.*, 1976). Chen y Russell (1991) y Bogaert *et al.*, (1991) informaron que la concentración de nitrógeno

amoniacal en el rumen fue menor en las ovejas que recibieron ionóforos. Nuevamente, estas bajas concentraciones de amoníaco se deben a la disminución de la proteólisis, la degradación de péptidos y la desaminación de aminoácidos en el rumen (Surber y Bowman, 1998).

Algunos investigadores (Bergen y Bates, 1984; Goodrich *et al.*, 1984; Chen y Russell, 1991; Lana *et al.*, 1997) apoyan la teoría de que la monensina tiene un efecto conservador de la proteína de la dieta en la degradación ruminal.

Muntifering *et al.*, (1981), Merchen y Berger (1985) y McGuffey *et al.* (2001) informaron que la monensina disminuyó la fracción de N bacteriano en el N total digerido post-ruminal, y aumentó la contribución del alimento no degradado en rumen y N digerido enzimáticamente en el intestino delgado. Este aumento de N no degradado en rumen significa que la cantidad de derivación N depende de la fuente de proteínas (Yang y Russell, 1993).

A diferencia, Surber y Bowman (1998) encontraron que la monensina no afecta el flujo total de N hacia el abomaso o síntesis de N microbiano en novillos canulados. Zinn (1986a) también descubrió que la suplementación con salinomicina no influye significativamente en el paso de ninguno de los microorganismos o alimentos con N al intestino delgado en ganado de engorda.

Usando novillos, Parker y Armstrong (1987) informaron que tanto la monensina como el lasalocid tienen un efecto sobre la actividad de la ureasa en el fluido ruminal, reduciendo el contenido de urea hasta en 66 y 28%, respectivamente. La ureasa bacteriana es una enzima dependiente de níquel y con la monensina ha sido demostrado que inhibe el transporte de níquel en *Methanobacterium bryantii*, lo que permite una posible explicación de la disminución de las concentraciones de amoníaco y metano en el fluido ruminal de animales tratados.

Zinn (1986b) también informó que la magnitud de la actividad de la ureasa con la suplementación de salinomicina en novillos de engorda tiende a disminuir con un

aumento en el nivel de forraje, promediando 37%, 23% y 15% para dietas que contienen 10%, 15% y 0% de forraje, respectivamente.

### **Prevención de trastornos en la engorda**

La alteración de la fermentación bacteriana ruminal asociada con la suplementación con ionóforos puede reducir la incidencia y la gravedad de ciertas enfermedades en rumiantes, por ejemplo, acidosis, timpanismo, edema pulmonar aguda, enfisema, así como coccidiosis y abscesos hepáticos (Goodrich *et al.*, 1984; Nagaraja, 1995; McGuffey *et al.*, 2001).

McGuffey *et al.*, (2001) y Bagg *et al.*, (2005) también informaron de otros beneficios para la salud mediante el uso de ionóforos, que incluye la reducción en la incidencia de cetosis subclínica y clínica, abomasos desplazados y retención de placenta en ganado lechero.

Las prácticas de gestión para mejorar el rendimiento de crecimiento de los rumiantes destetados incluyen manipulación de la alimentación de tal manera que la digestión no sea demasiado rápida (que puede ser el caso con granos altamente fermentables, lo que resulta en problemas digestivos), ni demasiado lento, lo que puede resultar en una pobre eficiencia de alimentación (McGuffey *et al.*, 2001).

Los granos de cereales son generalmente los principales componente de las dietas de engorda, y las situaciones que conducen a la fermentación rápida de almidones podrían conducir a una mayor acumulación de ácidos orgánicos en el rumen, lo que puede dar lugar a ciertos trastornos como la acidosis láctica (Nagaraja y Taylor, 1987; Phy y Provenza, 1998).

#### **Acidosis láctica**

La acidosis láctica se origina cuando la dieta de los rumiantes cambia abruptamente de forraje ha concentrado, o cuando el estrés hace que los animales reduzcan su consumo de alimento con un posterior ingesta anormalmente alta de concentrados (Goodrich *et al.*, 1984). La incidencia de la acidosis es más frecuente

durante la adaptación nutricional de animales que no están acostumbrados a su nueva dieta (Casey *et al.*, 1994).

Los signos de acidosis incluyen disminución del pH del rumen y del pH de la sangre, un aumento de los niveles de lactato en rumen y en la sangre que a su vez producen signos clínicos como la anorexia, diarrea, deshidratación, hiperventilación, mucosa en heces y pérdida de coordinación (Elam, 1976; Nagaraja *et al.*, 1981, Nagaraja 1982; Goodrich *et al.*, 1984).

Nagaraja *et al.*, (1981) reportaron que la acidosis láctica se inicia debido a la rápida proliferación de bacterias productoras de ácido láctico (*Streptococcus bovis* y *Lactobacillus* spp.) en el rumen.

Por lo tanto, cuando la velocidad a la que se produce el ácido láctico excede la velocidad a la que se utiliza, produce una excesiva acumulación de ácidos lácticos L (+) y D (-) las cuales conducen a la acidosis ruminal; que posteriormente destruye la población microbiana normal del rumen y produce metabolitos potencialmente tóxicos (Nagaraja, 1995).

La monensina posee la característica ideal de prevención de la acidosis láctica (Bergen y Bates, 1984; Schelling, 1984) por su selectividad hacia bacterias Gram positivas, las cuales son las principales bacterias del rumen productoras de ácido láctico, ya que al ser suprimidas reducen la producción de lactato. Por el contrario las bacterias Gram negativas no se ven afectadas (White y McGuffey, 2006).

La acidosis subclínica, que se caracteriza por una acidez ruminal menos severa, puede ser una forma más común de acidosis en rumiantes alimentados con granos (Nagaraja, 1995; Phy y Provenza, 1998).

De manera general los ionóforos también son una alternativa contra la acidosis subclínica, manteniendo un pH ruminal favorable con algunas diferencias en eficiencia (Nagaraja, *et al.*, 1982; Bergen y Bates, 1984).

El ganado a menudo exhibe una ingesta cuantitativa menor cuando se alimenta con dietas que contienen monensina, que se debe principalmente al hecho de que la monensina es desagradable, en comparación con otros ionóforos (especialmente salinomocina) (Cheng, *et al.*, 1998).

La frecuencia de alimentación es importante, así como la ingesta total de alimento para causar acidosis. Así, por ejemplo, ganado con hormonas, los implantes de crecimiento suelen tener una mayor ingesta de alimento, en comparación con los animales no implantados. Cambios climáticos, el manejo del ganado con implantes de crecimiento hormonal o inoculaciones a menudo interrumpen los patrones de alimentación y pueden provocar un consumo excesivo y una posterior acidosis (Owens *et al.*, 1998).

### **Timpanismo**

El timpanismo se clasifica en: Timpanismo gaseoso y timpanismo de espuma.

El timpanismo gaseoso se asocia con mayor frecuencia con una obstrucción en el esófago, ya sea por alimentos mal procesados o masticados como papas, remolacha y nabos pueden alojarse en el esófago y así evitar el paso de gases desde el rumen (Cheng *et al.*, 1998).

El timpanismo de espuma se caracteriza por una excesiva formación de espuma en el contenido ruminal, y es un trastorno digestivo común, ya sea causado por forrajes como la alfalfa y/o el trébol o dietas altas en granos en rumiantes (Bartley *et al.*, 1983; Katz *et al.*, 1986; Nagaraja, 1995; McDonald *et al.*, 2002; Virkel *et al.*, 2004). La espuma es causada por una combinación de alimentación y factores microbianos (Cheng *et al.*, 1998). El principal factor microbiano incluye la producción de polisacáridos microbianos excesivos o limo que contribuye a un aumento de la viscosidad (tensión superficial) del fluido ruminal, cuando se combina con un aumento de producción de gas causa timpanismo espumoso (McGuffey *et al.* 2001; Virkel *et al.*, 2004).

Los ionóforos generalmente no eliminan el problema de timpanismo por completo; mas sin embargo, causa una reducción significativa en el número de incidencias de timpanismo (Nagaraja, 1995; McGuffey *et al.*, 2001; Ruiz *et al.*, 2001).

La reducción en la producción de limo y gas se atribuye a los efectos antibacterianos y antiprotozoarios de la monensina y otros ionóforos (Nagaraja, 1995; Matabudul *et al.*, 2001).

Como en el caso de la acidosis láctica, no todos los ionóforos son igualmente efectivos en la prevención del timpanismo (Katz *et al.*, 1986; Nagaraja, 1995; Cheng *et al.*, 1998; Matabudul *et al.*, 2001).

Katz *et al.*, (1986) y Cheng *et al.*, (1998) encontraron que la efectividad de los ionóforos para prevenir el timpanismo difiere. Las comparaciones directas utilizando técnicas *in vitro* han demostrado que *Streptococcus bovis* es más sensible a la salinomicina que a la monensina.

La salinomicina es tres veces más eficaz contra el timpanismo que la monensina o lasalocid. Esta sensibilidad de *Streptococcus bovis* puede estar relacionado con diferencias en la solubilidad entre los ionóforos (Cheng *et al.*, 1998).

En contraste, Bartley *et al.*, (1983) informaron que la monensina es más efectiva que la salinomicina para prevenir el timpanismo. Cheng *et al.*, (1998) sugirieron que esto es debido a una menor ingesta de carbohidratos altamente fermentables debido a la inclusión de monensina y puede explicar parcialmente la diferencia en la aparición de timpanismo entre animales recibiendo estos dos ionóforos.

Sin embargo, los diferentes efectos de la monensina y lasalocid sobre el timpanismo de granos y leguminosas aumentan algunas preguntas interesantes sobre el papel de los microorganismos del rumen en las leguminosas y el timpanismo de granos. *Streptococcus bovis* a menudo ha sido incriminado como un organismo responsable del timpanismo de granos. Las tres cepas de *Streptococcus bovis* que se analizaron estaban restringidas por concentraciones de lasalocid, en

comparación con la de monensina, lo que puede explicar por qué lasalocid fue más efectivo en el control del timpanismo de granos. Como la monensina fue más efectiva que lasalocid en el control del timpanismo de leguminosas, se puede inferir que *Streptococcus bovis* no es importante en la etiología del timpanismo de leguminosas, como en el caso del timpanismo de granos (Bartley *et al.*, 1983; McGuffey *et al.*, 2001).

Se encontró que el poloxaleno administrado a los niveles de dosis recomendados era 100% eficaz contra el timpanismo; Mas sin embargo, una combinación de poloxaleno y monensina, no proporciono el 100% de prevención contra el timpanismo (Bartley *et al.*, 1983; Katz *et al.*, 1986).

### **Enfisema y edema pulmonar**

El enfisema pulmonar agudo bovino (ABPE, por sus siglas en inglés) (también conocido como fiebre de niebla, asma bovina, síndrome de dificultad respiratoria aguda o adenomatosis pulmonar) es una enfermedad aguda no infecciosa y un síndrome de dificultad respiratoria en el ganado vacuno adulto, clínicamente caracterizado por un severo dificultad respiratoria (Wessels, 1993; Muhammed *et al.*, 2008).

En algunos casos, ABPE es acompañado de edema como una complicación (Muhammed *et al.*, 2008). La movilización de ganado, particularmente vacas y toros adultos en pastoreo seco y escaso a pastos de alta calidad, puede ser asociado con la aparición de la enfermedad respiratoria aguda después de 4 a 10 días de pastoreo, con un tasa de morbilidad en algunos hatos de hasta 50% y tasas de mortalidad de 25 a 50% (Page, 2003; Muhammed *et al.*, 2008).

La patogenia del enfisema pulmonar agudo bovino y el edema resulta de la desaminación ruminal de niveles elevados de triptófano en pastos, al ácido indolacético que se metaboliza adicionalmente por descarboxilación a 3-metilindol (3- MI) (un metabolito tóxico) por especies de *Lactobacillus* (Potter *et al.*, 1984; Nocerini *et al.*, 1985; Page, 2003; Muhammed *et al.*, 2008).

Varios investigadores (Nagaraja, 1995; McGuffey *et al.*, 2001; Callaway *et al.*, 2003; Page, 2003) han demostrado que la conversión de triptófano a 3-MI es prevenido por la inclusión de monensina en la dieta, lo que demuestra que la enfermedad pulmonar aguda podría prevenirse con sustancias similares (ionóforos).

La administración de monensina, antes y durante el consumo de pastos tropicales, disminuye esta conversión tóxica de triptófano a 3-MI por inhibir el crecimiento y la función de *Lactobacillus spp.*; esto podría deberse a el hecho de que la monensina disminuye la desaminación de aminoácidos por parte de los microorganismos del rumen (Schelling *et al.*, 1984).

Nocerini *et al.*, (1985) y Page (2003) informaron que la administración de lasalocid también reduce la formación de 3-MI en el rumen y el desarrollo de enfisema pulmonar agudo bovino y edema en vacas suplementadas con una dosis oral de L-triptófano.

### **Coccidiosis**

La coccidiosis generalmente resulta de la infección de protozoos unicelulares del género *Eimeria*, que pasan la mayor parte de sus vidas en el tracto intestinal del animal huésped (Matabudul *et al.*, 2002). Estos parásitos dependen de la célula huésped para obtener energía (Kart y Bilgili, 2008). Tras la ingestión de los ovocitos por los animales, se desarrolla en el tejido epitelial intestinal, donde se multiplican exponencialmente y destruyen las células. Con frecuencia se observa que los intestinos dañados no puede absorber nutrientes y las hemorragias intestinales son responsables de una disminución en producción animal (Matabudul *et al.*, 2002).

Los ionóforos no solo son bien conocidos por sus propiedades coccidiostáticas en la industria del pollo de engorda, también en la producción de carne de rumiantes (Van Vuuren y Nel, 1983; Olumeyan *et al.*, 1986; Zinn, 1986a; Wessels, 1993).

Todos los tipos de ionóforos parecen ser efectivos en la prevención de la coccidiosis en novillos y corderos (Thomas *et al.*, 1990; McAllister *et al.*, 1996; Griffiths *et al.*, 1999).

Como se mencionó, las principales actividades farmacológicas de los ionóforos dependen de su capacidad para formar complejos con cationes polares solubles en lípidos ( $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$  y  $Mg^{2+}$ ) y el transporte de estos cationes a través de las membranas celulares (Matabudul *et al.*, 2001, 2002). Por lo tanto, los ionóforos estimulan al  $Na^+$ ,  $K^+$  y ATPasa del esporozito coccidiano como una consecuencia de la perturbación iónica. Cuando la tasa de entrada de iones excede la capacidad del  $Na^+$  y  $K^+$  se activa la bomba ATPasa para eliminar el exceso de  $Na^+$ , debido al agotamiento de las fuentes de energía y al aumento de  $Na^+$  intracelular que es seguido por una afluencia de  $Cl^-$  para mantener la neutralidad de los electrones, y que trae agua del exterior, causando hinchazón del parásito (Kart y Bilgili, 2008) hasta que se dilatan demasiado y explotan (Bergen y Bates, 1984; Matabudul *et al.*, 2002; Kart y Bilgili, 2008).

Los ionóforos exhiben una acción coccidiocida contra el coccidio, destruyéndolo (matándolo), en contraste con una acción coccidiostática donde a los coccidios solo se les impide seguir desarrollo (es decir, no los mata). La efectividad de los fármacos coccidiostáticos disminuye tan pronto a medida que se retira, o si el medicamento se consume por debajo de los niveles requeridos (Matabudul *et al.*, 2001).

De acuerdo con Goodrich *et al.*, (1984), es evidente que la monensina es efectiva en el control de la coccidiosis y que las dosis necesarias para controlar la coccidiosis son similares a las aprobadas para mejorar la utilización de alimentos en ganado de carne.

### **Abscesos hepáticos**

Según Perry *et al.*, 1976 y Owens *et al.*, 1991 todos los tipos de ionóforos parecen aumentar la incidencia de abscesos hepáticos del ganado de engorda.

Por el contrario, Delfino *et al.* (1988) y Nagaraja y Chengappa (1998) encontraron que tanto la monensina como la lasalocid no tenían efecto sobre la incidencia de hígados abscesados en ganado de engorda. Parece que por lo tanto sería beneficioso para que los lotes de engorde combinen el uso de ionóforos con

otros antibióticos dirigida específicamente a combatir los abscesos hepáticos (Wessels, 1993).

Gibb *et al.*, (2008) confirmaron que una combinación de monensina y tilosina reduce los abscesos hepáticos.

### **Otros efectos ruminales**

Se encontró que la monensina disminuye la tasa de recambio ruminal de sólidos y líquidos, y en consecuencia aumento el llenado del rumen (Muntifering *et al.*, 1981; Leng *et al.*, 1984; Ricke *et al.*, 1984; Schelling, 1984). Mas sin embargo, Armentano y Young (1983) y Rogers *et al.*, (1997) informaron que la monensina no tuvo ningún efecto sobre la renovación del líquido del rumen o la ingesta de agua.

Algunos autores (Muntifering *et al.*, 1981; Ricke *et al.* 1984; Branine y Galyean, 1990) declararon que la disminución del recambio puede ser independiente del efecto de la monensina en el consumo de alimento.

La disminución del recambio puede aumentar la cantidad de materia orgánica fermentada en el rumen, compensando así la actividad microbiana reducida (De Jong y Berschauer, 1983; Nagaraja, 1995). Por lo tanto, la monensina disminuye la motilidad del rumen, proporcionando así una base fisiológica para el aumento del llenado ruminal y la ingesta de alimento reducida (Nagaraja, 1995).

### **Interacción de monensina y minerales**

Los ionóforos podrían alterar potencialmente el metabolismo mineral del huésped al afectar la biodisponibilidad (absorción y retención) de iones a tejido animal de alimento y agua (Spears *et al.*, 1989).

Los resultados no son consistentes, lo que sugiere que el efecto de los ionóforos en el metabolismo mineral se ven afectados por una combinación de dieta, medio ambiente y factores fisiológicos.

Zinn (1986a) declaró que la absorción aparente de Ca, P, Mg, K y Cu no fue significativamente afectado por la suplementación con salinomicina. Por el contrario,

otros investigadores (Kirk *et al.*, 1985; Greene *et al.*, 1986; Spears *et al.*, 1989; Beckett, *et al.*, 1998; Page, 2003) encontraron que la monensina aumentó la absorción aparente de Ca, Mg, K, Cu, Se y Zn, mientras que disminuyó la absorción de Na en corderos.

De acuerdo con Kirk *et al.* (1985), tanto la aparente la absorción de P así como su retención, aumentaron luego de la suplementación de monensina a corderos. En contraste, los mismos autores (Kirk *et al.*, 1993) encontraron que la monensina no alteraba el metabolismo de Ca o P en corderos.

Van Ryssen (1991) informó que la monensina no tenía efecto sobre el contenido de K o Na ofrecido en suero para corderos y tampoco afecta la disponibilidad de Se en ovejas preñadas.

En contraste Anderson *et al.*, (1983) estudiaron el efecto de la monensina sobre el estado del Se de las ovejas preñadas y concluyó que la monensina, sola o combinada con Se oral, aumentaba en la sangre la actividad de glutatión peroxidasa en ovejas tratadas y los corderos, lo que indica una mejor disponibilidad de selenio.

La administración conjunta de monensina con diferentes formas de Mg (con alta disponibilidad pre-intestinal) puede ayudar a prevenir la hipomagnesemia y la mejor absorción parece estar dentro del compartimento pre-intestinal del aparato digestivo tracto.

### **Interacción monensina y grasas en la dieta**

Los ionóforos son lipófilos y la inclusión de grasas en la dieta puede alterar la distribución ruminal y/o disponibilidad de ionóforos para los microbios. Además, los ionóforos y las grasas tienen influencias antimicrobianas en poblaciones similares de microbios, especialmente los Gram positivos, bacterias y ciliados. El mecanismo de acción antimicrobiana en ambos casos implica la alteración de la permeabilidad de la membrana celular (Nagaraja, 1995).

Las grasas, así como los ionóforos, aumentan la proporción molar de propionato y menor producción de metano, mejorando así la eficiencia de

fermentación ruminal (Richardson *et al.*, 1976; Van Nevel y Demeyer, 1977; Chalupa *et al.*, 1984; Clary *et al.*, 1993; Depenbusch *et al.*, 2008).

Korshidi *et al.*, (2008) encontraron que la monensina y la grasa suplementaria afectan positivamente el peso corporal final de los corderos de engorde, pero no afectó el CMS, GDP y CA. Aparentemente, la grasa suplementaria aumenta el umbral del efecto del ionóforo, pero se necesita más investigación para comprender la relación entre ionóforos y grasas (Nagaraja, 1995; Depenbusch *et al.*, 2008).

### **Interacción monensina y estimulantes del crecimiento.**

La falta de interacción entre monensina e implantes anabólicos en ganado de pastoreo indica que la respuesta combinada de monensina y 17 $\beta$ -estradiol es aditiva (Bretschneider *et al.*, 2008).

Tal efecto aditivo también se observó en el ganado de engorda suplementado con monensina e implantado con zeranol, testosterona-estradiol o progesterona-estradiol, que es una práctica común (Goodrich *et al.*, 1984; Bretschneider *et al.*, 2008).

No se detectó evidencia de beneficios para su uso combinado, debido al efecto reducido de la monensina en la GDP del ganado que se alimenta de pasturas de alta calidad (Bretschneider *et al.*, 2008).

### **Niveles de inclusión de monensina en la dieta del ganado**

#### **Bovino**

Los niveles de inclusión de ionóforos en las dietas de ganado de engorda recomendado por la mayoría de los fabricantes varían entre 11 y 33 g de monensina por tonelada métrica de una ración mixta total (TMR) (50 - 300 mg de monensina / animal/día).

Adams *et al.*, (1981) y Merchen y Berger (1985) suplementaron monensina a un nivel de 33 mg/kg y 22 mg/kg respectivamente para mejorar el GDP de novillos, Goodrich *et al.*, (1984) encontraron que el GDP para el ganado alimentado con

monensina en 11, 22, 27.5 o 33 g/tonelada parece ser similar; mas sin embargo también informaron que el GDP del ganado alimentado con 33 g/tonelada fue idéntico al del grupo de control sin ningún tipo de cambio.

### **Ovino**

Van Vuuren y Nel (1983) suplementaron 15 mg de monensina/animal /día a corderos en engorda y descubrieron una mayor GDP y mejor eficiencia de conversión alimenticia (FCE). La mejora en la FCE se atribuyó principalmente a una combinación de una alimentación significativamente más baja en la ingesta y mayor GDP.

Calhoun *et. al.*, (1979) suplementaron diferentes niveles de monensina (5.5, 11, 22 y 33 mg/Kg) en conjunto con dos niveles de energía diferentes (2.61 y 3.18 Mcal/kg) para evaluar el efecto que tenían sobre el número de coccidias en diferentes periodos de tiempo (28 y 56 d) y sobre el comportamiento productivo, encontrando mejores resultados en los tratamientos con mayor suplementación de monensina.

Joyner *et. al.*, (1979) evaluando 5 niveles de suplementación de monensina (0, 5, 10, 20, 30, ppm) concluyeron que no hubo efecto sobre GDP pero si disminuyo el consumo de alimento en los niveles más altos de monensina lo que conlleva a una mejora leve en la eficiencia alimenticia ( $p < 0.05$ )

Es evidente que a partir de la literatura no se registraron resultados consistentes en ganado ovino, debido a la poca información de suplementación de diferentes niveles de inclusión de monensina sódica.

### **Efectos de los ionóforos en la producción animal.**

Dikeman (2007) declaró que los modificadores metabólicos del rumen tienen un efecto positivo sobre el peso vivo, ganancia, eficiencia alimenticia y la disminución resultante en la grasa de la canal. Estos modificadores metabólicos son desarrollados principalmente para mejorar la eficiencia y la rentabilidad de la producción de carne y posteriormente para mejorar la composición de la canal.

Estos efectos mencionados anteriormente están principalmente documentados en bovinos, ya que se ha realizado una investigación considerablemente mayor que en ovinos. Bergen y Bates (1984), Funk *et al.*, (1986) y Nagaraja (1995) informaron que la efectividad general de estos compuestos parece ser similar, dependiendo de la dieta, nivel de inclusión, composición de la dieta y diversos factores inherentes a los animales.

Como se mencionó, los cambios en la fermentación asociados con la suplementación con ionóforos tienen resultados principalmente en una mayor producción de propionato y una menor producción de metano, ácido láctico y formación de espuma en el rumen (Bergen y Bates, 1984; Heydari *et al.*, 2008). La disminución de la degradación de proteínas y la desaminación de aminoácidos en el rumen también puede contribuir a aumentar la eficiencia de producción animal (Bergen y Bates, 1984).

Debido a estos cambios en la fermentación ruminal, la eficiencia de la energía y el nitrógeno se mejora el metabolismo y se reduce la presencia de trastornos ruminales (Zinn, 1986a).

Esta también podría dar lugar a un cambio mayor a la formación de propionato, lo que puede reducir la producción de calor (Page, 2003); aumentando así la energía disponible para el animal con fines de producción.

El ganado a menudo exhibe cantidades más bajas de ingesta de alimento cuando se alimenta con monensina, lo que se debe al hecho de que la monensina es desagradable, en comparación con otros ionóforos (Cheng, *et al.*, 1998).

En contraste, algunos investigadores encontraron que la monensina (Beacom *et al.*, 1988; Dejenbusch *et al.*, 2008; Heydari *et al.*, 2008; Salinas-Chavira *et al.*, 2010) tuvieron un efecto significativo sobre la ingesta de materia seca de corderos en engorda.

Diversos estudios (McClure, *et al.*, 1980; Owens *et al.*, 1982; Goodrich *et al.*, 1984; Merchen y Berger, 1985; Zinn, 1986b) informaron sobre mejoras en el

rendimiento en términos de aumento de peso corporal y relaciones de conversión alimenticia utilizando monensina como ionóforo.

De acuerdo a Zinn (1986a) la mejora en la conversión alimenticia podría explicarse como un 5% al aumento en el valor energético neto de la dieta, o una reducción del 10% en el requerimiento de mantenimiento.

Algunos investigadores (Beacom *et al.*, 1988; Zinn y Borques, 1993; Salinas-Chavira *et al.*, 2010) encontraron que la monensina y lasalocid no tienen un efecto significativo sobre GDP, mientras que Heydari *et al.*, (2008) y Bagley *et al.*, (1988) encontraron que estos mismos ionóforos mejoran GDP en corderos de engorde. Por lo tanto las diferencias en la literatura sobre las respuestas en la eficiencia de producción sugieren que aún debe realizarse investigación sobre este tema.

Según Zinn *et al.*, 1994 mencionan que los factores que podrían afectar las respuestas variables de los animales a los ionóforos son: la dieta, concentración de cationes, adaptación microbiana y nivel de energía de la dieta.

Según Rumsey (1984), Zinn *et al.*, (1986b), Rogers *et al.*, (1997) y McGuffey *et al.* (2001), la efectividad de los ionóforos en el logro de mejorar CA y GDP se atribuye principalmente a alteraciones en la fermentación ruminal. Por lo tanto, todas las mejoras en la productividad animal causadas por el tratamiento con ionóforos representan un efecto secundario causado por la interrupción de la fisiología de la membrana bacteriana (Callaway *et al.*, 2003). Esto a su vez se centra en el aumento de la producción de propionato, y una menor degradación de proteínas y desaminación de aminoácidos, así también la disminución en la producción de metano, ácido láctico y espuma en el rumen. En resumen, conduce a una reducción en trastornos del rumen y, en general, disminución de la mortalidad (Armstrong y Spears, 1988; Nagaraja, 1995; Rogers *et al.*, 1997).

## **Efectos de los ionóforos sobre las características de la canal**

En la literatura parece que los efectos de los ionóforos sobre las características de la canal son aun abiertos a debate, esto debido a los diferentes resultados obtenidos en las investigaciones.

Dikeman (2007) informó que los ionóforos tienen un efecto positivo en la producción de carne al disminuir generalmente la grasa de la canal, por lo tanto dando como resultado una composición de la canal más favorable, que finalmente conduce a una eficiencia y rentabilidad. Sin embargo, se observó un ligero cambio en las características de la canal por Zinn y Borques (1993) con monensina, cuando se usan novillos cruzados.

En otros estudios (Van Vuuren y Nel, 1983; Wessels, 1993), se descubrió que tanto la monensina como la salinomocina no tenían efecto significativo sobre el porcentaje de grasa, el peso de la canal, el grosor de la grasa de la espalda y el área de músculo ocular de novillos y corderos de engorde.

Berger *et al.*, (1981); Delfino *et al.*, (1988) y Heydari *et al.*, (2008) también concluyeron que ni la monensina ni el lasalocid afectan las características de la canal en corderos de engorda, novillas y / o novillos cruzados.

Parámetros como esfuerzo al corte, el área del ojo del lomo y la cobertura de grasa promedio no se vieron afectados por la monensina en niveles de hasta 33 mg/kg, en dietas altas en concentrados (Beacom *et al.*, 1988).

## **Efectos Tóxicos de los ionóforos en animales**

La toxicidad de los ionóforos ha sido ampliamente estudiada en varias especies animales. Informes indican que los caballos, perros, gatos, cerdos y especies de aves son relativamente sensibles a toxicidad por ionóforos. Los ionóforos son generalmente seguros si se usan según las recomendaciones y niveles de inclusión para las especies específicas de animales destinados (Kart y Bilgili, 2008). Sin embargo, la toxicidad por ionóforos puede ocurrir debido a una

sobredosis accidental, mal uso y / o un error de mezcla en la dieta (Potter *et al.*, 1984; Bastianello *et al.*, 1996; Basaraba *et al.*, 1999; Kart y Bilgili, 2008).

Los signos de toxicidad por ionóforos no tienen síntomas generales definidos, algunos de los signos más comunes son anorexia, baja actividad, debilidad en las piernas, ataxia, disnea, depresión y diarrea (Newsholme *et al.*, 1983; Potter *et al.*, 1984; Benson *et al.*, 1998; Kart y Bilgili, 2008).

## **Consideraciones de salud**

### **Beneficios reproductivos**

No existen efectos significativos de la monensina sobre la fiebre de la leche, cojera, distocias, retención de placenta, metritis o fertilidad (Beckett *et al.*, 1998; Duffield *et al.*, 2008) pero se considera que puede disminuir el riesgo de cetosis, abomaso desplazado y mastitis (Duffield *et al.*, 2008).

El uso de monensina a niveles de dosis convencionales (200 a 600 mg /animal/día) no afecta negativamente el intervalo promedio al primer estro, las tasas de concepción del primer servicio o tasas de preñez en vaquillas, vacas lactantes o no lactantes (Potter *et al.*, 1984; Sprott *et al.*, 1988; Webb *et al.*, 2001; Duffield *et al.*, 2008).

En contraste, Page (2003) encontró que el tratamiento de vaquillas prepuberales con 200 a 600 mg de monensina/animal/día disminuyó la edad y el peso en la pubertad con una concepción avanzada entre 34 y 38 días, en comparación con las novillas no tratadas. Esto indica que alimentar hasta 600 mg de la monensina/animal/día es segura para la producción de vaquillas de reemplazo (Potter *et al.*, 1984)

Nuevamente, algunos investigadores (Hardin y Randall, 1983; Hopman y Weber, 1986; Webb *et al.*, 2001) encontraron que la suplementación con monensina y lasalocid disminuye el intervalo posparto al celo en vacas, aunque algunos estudios no han encontrado ningún efecto del tratamiento con ionóforos en el intervalo posparto. El mecanismo de acción de los ionóforos en la vaquilla

reproductiva aún no está clara, pero puede ser el resultado de una interacción compleja entre cambios en el peso corporal y la condición corporal, combinados con un efecto indirecto en el estado hormonal (Page, 2003).

Potter *et al.*, (1984) informaron que la monensina suplementada en niveles de 200 a 600 mg/animal/día no tiene efecto aparente sobre la circunferencia escrotal, consistencia testicular, libido y calidad del semen o anomalías espermáticas; La suplementación con monensina parece segura en estos niveles y no es perjudicial para el rendimiento reproductivo de los toros. Sprott *et al.*, (1988) sugieren que en los toros, el número de espermatozoides y su morfología no se ven afectados por un nivel de suplementación de monensina de 200 mg/animal/día.

### **Salud humana**

El uso de medicamentos veterinarios puede inducir la presencia de residuos en productos de origen animal que podría transferirse a los humanos. Por lo tanto, las técnicas deben estar disponibles para su determinación de cualquier residuo en productos animales para consumo humano (Matabudul *et al.* 2001).

Aun cuando no existen estudios serios sobre las implicaciones de los ionóforos sobre la salud humana es un tema que debe considerarse imperativo (Matabudul *et al.*, 2002).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Localización del área experimental**

El experimento se realizó en las instalaciones de la posta ovina-caprina del Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias de la Universidad Autónoma de Baja California (IICV-UABC) ubicada a 11.5 kilómetros al sur del centro de la ciudad de Mexicali en el kilómetro 3.5 de la Carretera Mexicali-San Felipe, Fraccionamiento Campestre, Mexicali, Baja California, México, con una ubicación geográfica de 32°34'09.71" Latitud Norte y 115°27'3.68" Longitud Oeste; cuenta con una altitud de 8.23 msnm y una escasa precipitación total anual menor a 40 mm. El clima es cálido de tipo seco desértico o muy árido con lluvias poco abundantes que pueden presentarse en invierno (BW<sub>x</sub>) según Köppen y modificado por García (1973), la cual presenta dos épocas muy marcadas (época fría y época calurosa), en la época fría el mes más frío es enero, con una temperatura máxima, mínima y promedio de 18, -1 y 11 °C respectivamente. La temperatura media anual es de 22 °C (Red nacional de estaciones agrometeorológicas automatizadas del laboratorio nacional de modelaje y sensores del instituto nacional de investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias, 2019).

### **Duración del experimento**

El experimento duró 12 semanas y cuatro días, constó de dos etapas: la primera fue la prueba de comportamiento, que a su vez tuvo dos fases, una fase de adaptación de los animales a la dieta experimental la cual constó de dos semanas; mientras que la segunda fue el periodo de finalización en engorda en la cual se tomaron las mediciones de las variables de estudio y constó de un lapso de diez semanas. La segunda etapa fue el proceso de sacrificio donde se tomaron y evaluaron las variables relacionadas al efecto de la monensina sódica sobre las características de la canal. El experimento se realizó durante la época fría, durante el transcurso de los meses de octubre, noviembre, diciembre y enero.

## **Unidades experimentales**

Se utilizaron 40 corderos machos enteros y mestizos, similares en porcentajes (Raza Kathadin X Raza Dorper), con una edad aproximada de siete meses y un peso vivo aproximado de  $25 \pm 4.4$  kilogramos que se alojaron en 20 corraletas (dos animales por corral). Se consideró cada corraleta como unidad experimental.

## **Dietas experimentales**

Las dietas se formularon en base a materia seca (BMS) con un ingrediente principal el cual fue maíz amarillo hojueleado (Cuadro 1). Para la prueba se utilizaron 4 niveles de suplementación de Monensina Sódica (Monensin 90<sup>®</sup>, Elanco Animal Health, Indianápolis, USA), quedando los siguientes tratamientos:

- 1) T1: Control (Sin Monensina Sódica);
- 2) T2: M100 (Suplementación de 100 mg de Monensina Sódica/animal/día);
- 3) T3: M200 (Suplementación de 200 mg Monensin Sódica/animal/día);
- 4) T4: M300 (Suplementación de 300 mg Monensina Sódica/animal/día);

Con el fin de asegurar 100, 200 y 300 mg de Monensina Sódica pura de los tratamientos 2, 3 y 4 Se pesaron 111, 222 y 333 mg del producto en virtud de que la concentración del Monensin 90<sup>®</sup> es del 90% de pureza. Estas cantidades fueron ofrecidas durante la toma matutina de alimento.

## **Variables de estudio**

El experimento que se llevó a cabo ,consto de dos partes, una fue la prueba de comportamiento productivo para evaluar las variables de ganancia de peso (GP), ganancia diaria de peso (GDP), consumo diario de alimento (CDA) y conversión alimenticia (CA); donde además, se midió el peso inicial (PI) y el peso final (PF) como referencia para las variables antes mencionadas; aunado a esto se midió

también la Materia Seca (MS) para asegurar la homogeneidad del contenido nutrimental de la dieta durante el transcurso del experimento.

Por otro lado, la segunda parte fue el efecto sobre las características de la canal en la que se evaluaron las variables de peso de la canal caliente (PCC), peso de la canal fría (PCF), rendimiento de la canal caliente dado en porcentaje (%RCC), el grado de conformación de la canal, área del ojo de la costilla (AOC), porcentaje de grasa Riñón-Pelvis-Corazón (%KPH), espesor de la grasa dorsal, longitud de la canal, profundidad del tórax, longitud y perímetro de la pierna.

**Cuadro 1.** Ingredientes y composición química de las dietas experimentales

	Tratamientos			
	T1 Control	T2 M100	T3 M200	T4 M300
<b>Ingredientes, %</b>				
Maíz hojuela	60.00	60.00	60.00	60.00
Heno de alfalfa	18.50	18.50	18.50	18.50
Soya pasta	12.00	12.00	12.00	12.00
Melaza	8.00	8.00	8.00	8.00
Monensin 90®, mg/animal/día	0.00	111.00	222.00	333.00
Minerales	1.50	1.50	1.50	1.50
<b>Análisis de composición nutrimental, % en base a Materia Seca<sup>1</sup></b>				
Materia Seca	88.96	88.96	88.96	88.96
EM (Mcal/kg)	2.98	2.98	2.98	2.98
Extracto etéreo	4.89	4.89	4.89	4.89
Proteína cruda	15.78	15.78	15.78	15.78
Fibra detergente neutra	12.48	12.48	12.48	12.48
Fibra detergente ácida	4.84	4.84	4.84	4.84
Calcio	0.85	0.85	0.85	0.85
Fosforo	0.68	0.68	0.68	0.68

## Metodología

Los animales fueron manejados de acuerdo en lo estipulado en la NOM-050-ZOO-1995 (manejos de animales en corral), NOM-051-ZOO-1995 (la atención humanitaria hacia los animales durante la movilización), NOM-024-ZOO-1995 (disposiciones de sanidad animal y características durante el transporte de animales), NOM-033-ZOO-1995 (el sacrificio humanitario de animales domésticos y silvestres). Los pesos inicial y final fueron reducidos 4% con la finalidad de eliminar el peso representado por el contenido del tracto digestivo (Cannas *et al.* 2004). Los

animales fueron pesados al inicio del experimento y posteriormente cada 15 días en una báscula de gancho (Wei Heng, Serie WH-C, Modelo WH-C 100 LCD, Mayland, Guandong, China) y al final del experimento (peso al sacrificio) en una báscula de piso (Salter brecknell company, modelo LPS-2000, Fairmont, Minnesota, E.U.A.); además de esto, fueron previamente identificados individualmente, aretados y desparasitados con ivermectina 5 ml/animal vía subcutánea (Baymec Prolong, Bayer AG, Barmen, Wuppertal, Alemania) y alojados en 20 corraletas construidas con piso parcial de cemento y división metálica, adaptados con comederos individuales de plástico y bebederos automáticos compartidos. Las medidas de cada corraleta son de 1.5 metros de ancho por 6 metros de largo y con 4.5 metros cuadrados de sombra. La preparación de las dietas se realizaron al inicio y en la parte media del experimento en un mezclador horizontal (Modelo HD-20; HC Davis Sons Manufactory Co., Bonner Spring, UK) de capacidad de 2.5 metros cúbicos que se encuentra ubicada en la planta de alimentos del IICV-UABC, donde los ingredientes fueron agregados en el siguiente orden: maíz, pasta de soya, heno de alfalfa y melaza. El tiempo de mezclado fue de 30 minutos y posteriormente se procedió a guardarse en contenedores de madera con volumen de un metro cúbico, esto para disminuir la variación del contenido nutricional, el consumo de alimento (BMS) de las dietas fue *ad libitum*, asegurando un rechazo diario de al menos el 5% del total ofrecido. Al inicio se alimentó a los corderos con una cantidad en base a su 3.5% de su peso vivo con forraje común y una cantidad inicial de la dieta experimental dada en porcentaje la cual fue creciendo en función al ajuste total de la dieta consumida por el animal (fase de adaptación) hasta cubrir el 100% de la dieta, este porcentaje se fue ajustado en función del sobrante de alimento del día anterior es así que las dietas individuales para cada unidad experimental se pesaron a diario así como también los rechazos del día anterior (Torrey JR company, serie SX, Modelo SX-30; Redland, California, E.U.A.), los cuales se registraron en una bitácora. Cada viernes se tomó una muestra de las dietas para la obtención de Materia Seca (MS). El alimento fue ofrecido en partes iguales a las 0900 y 1700 horas (tiempo del Noroeste).

Para la evaluación de las variables de estudio, en el caso GP, fue tomado en cuenta como la diferencia entre el primer y el último registro de los pesajes de los corderos en la segunda etapa (fase de finalización en engorda) del experimento, para la GDP se considerará a la GP dividida entre el número de días totales de la segunda etapa (fase de finalización en engorda), para el CDA fue tomado en base a los registros de las bitácoras como la diferencia entre el alimento ofrecido y el alimento sobrante, y para la CA se ajustará a el total de la cantidad de alimento consumido durante la segunda etapa del experimento dividido entre el GP en la segunda etapa del experimento.

El sacrificio se realizó en el Taller de Carnes del instituto de ciencias agrícolas de la universidad autónoma de baja california (ICA-UABC). Los animales se sacrificaron por el método de degüelle sin previa insensibilización 24 h después de que finalizó el periodo experimental. Inmediatamente después, el cuerpo fue cortado a través de la línea media ventral para retirar y pesar los diferentes tipos de grasas (corazón-riñonal-pélvica (KPH), omental y mesentérica) en forma individual. El peso de grasa KPH se expresó como porcentaje del peso de canal caliente (PCC). Una vez que se retiraron los órganos y vísceras, las canales fueron pesadas para registrar los pesos de la canal caliente (PCC) y posteriormente se guardaron en refrigeración a 4 °C por 48 horas para así obtener el peso de la canal fría (PCF), se calculó el rendimiento de la canal caliente de acuerdo con los registros de peso al sacrificio ajustado (Cannas *et al.* 2004) y peso de la canal caliente; además, se evaluó el grado de conformación de la canal aplicando la escala de 8 puntos (1= pobre y 8= excelente) propuesta por Smith *et al.* (2001), así como la longitud de la canal y profundidad del tórax. Enseguida, las canales fueron cortadas a lo largo de la línea media dorsal para registrar el peso de la media canal derecha, la cual fue cortada transversalmente en el espacio intercostal generado entre la 12va y 13va costilla para evaluar y registrar área del ojo de la costilla (AOC), que se tomó a la altura de la 12va costilla (Savell y Smith,1993), el AOC se dibujó en acetato y después fue cuantificada con ayuda de un medidor de área foliar de bancada (LI-3100C Area Meter, LI-COR Bioscience, Lincoln, USA) y el espesor de la grasa dorsal sobre el músculo del ojo de la costilla, que se midió con un vernier de acero

inoxidable que fue colocada perpendicularmente sobre la 12va costilla, a dos tercios hacia fuera de la línea media dorsal (USDA, 1992). Las medias canales derechas fueron seccionadas en cortes primarios basado en la metodología indicada por Avendaño-Reyes *et al.* (2011) (cuello, paleta, costillar, lomo, faldilla y pierna) y se registró la longitud y perímetro de la pierna.

### **Análisis estadístico**

Se realizó un análisis de varianza bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con Submuestreo con el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + B_j + E_{ij} + e_{ijk}$$

Dónde:

$Y_{ijk}$ : j-ésima observación del i-ésimo tratamiento

$\mu$ : Efecto común o media general

$T_i$ : Efecto del i-ésimo tratamiento

$B_j$ : efecto del j-ésimo bloque      $B_j \sim NI(0, \sigma^2)$

$E_{ij}$ : Efecto del error aleatorio      $E_{ij} \sim NI(0, \sigma^2)$

$e_{ijk}$ : Efecto del error de submuestreo

Donde las hipótesis estadísticas fueron:

**Hipótesis nula:** todos los niveles de suplementación de Monensina Sódica tienen el mismo efecto

**Hipótesis Alternativa:** al menos un nivel de suplementación de Monensina Sódica produce un efecto distinto.

Esto mediante el procedimiento lineal general PROC GLM (SAS 9.2, Institute Inc., Cary, NC), se utilizó una prueba para comparación de medias (Tukey), otra prueba de comparación de medias (Dunnett) para comparar el tratamiento Control vs Suplementados y Polinomios Ortogonales para efectos lineales y/o cuadráticos.

Para eliminar la variación generada por efectos secundarios al momento de sacrificar a los animales, se utilizó como covariable el peso de los corderos al momento del sacrificio. El motivo de bloqueo fue el peso vivo al inicio del experimento y se fijó un nivel de alfa  $\leq 0.05$  para aceptar diferencias estadísticas entre tratamientos.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los efectos de los tratamientos sobre las variables relacionadas a el comportamiento productivo se muestran en el cuadro 2, mientras que en el cuadro 3 se muestran los efectos de los tratamientos sobre las variables de respuesta relacionadas con las características de la canal, ambos cuadros de corderos finalizados en corral bajo diferentes niveles de suplementación con Monensina Sódica.

### Efectos sobre el comportamiento

No se encontraron diferencias significativas para las variables de ganancia de peso, ganancia diaria de peso y eficiencia alimenticia ( $p > 0.05$ ) tanto en los periodos parciales (1-21, 22-45 y 46-74 d) como en el periodo total (1-74 d); pero si para el consumo de materia seca ( $p < 0.001$ ), tanto en el primer (1-21 d) y segundo (22-45 d) periodo ya que presentaron una tendencia lineal negativa ( $p < 0.001$ ); así como en el tercer periodo (46-74 d) que presento una tendencia cuadrática ( $p < 0.001$ ); de igual manera para el consumo de materia seca durante el periodo total también se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.001$ ) teniendo una tendencia lineal negativa ( $p < 0.001$ ) a mayor inclusión de monensina sódica.

Los resultados sugieren que existe una mejoría en la eficiencia alimenticia debido a un menor consumo de materia seca a mayor inclusión de monensina sódica y una ganancia diaria de peso similar entre tratamientos.

### Ganancia de peso

No se encontraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) para ganancia de peso tanto en los periodos parciales como en el periodo total de la prueba, los valores medios de esta variable para el periodo total fueron 14.81, 14.13, 15.73 y 14.26 kg de PV para los tratamientos Control, M100, M200 y M300 respectivamente y concuerdan con lo reportado por Price *Et al.* (2011) que informaron que la monensina (incluida en 0, 11, 16.5 y 22 mg/kg de alimento consumido) no mejoró el peso vivo final, la ganancia diaria de peso y la conversión alimenticia en corderos

Merino alimentados con dietas de finalización con diferentes niveles (mínimo, medio y máximo) y tipos de ionóforos (Monensina y Lasalocida) por lo que se asume que no hubo diferencias en la ganancia de peso.

Estos mismo autores (Price *et al.* 2009) al evaluar diferentes ionóforos (Monensina 16.4 mg/kg alimento; Lasalocida 33 mg/kg alimento y Salinomycin 17.5 mg/kg alimento) contra un grupo control sobre el comportamiento productivo de ovinos Merino no encontraron diferencias significativas ( $P = 0.44$ ) para el peso vivo final y por lo tanto para la ganancia de peso.

Sadeghi *Et al.* (2015) al evaluar los efectos de sexo (macho y hembra) y suplementación de diferentes tipos de ionóforos (control, Monensina 25 mg/kg alimento, Lasalocida 25 mg/ kg alimento) encontraron que la ganancia de peso no se vio afectado por la suplementación de ionóforos ( $P > 0.05$ ) pero si por el sexo del animal ( $P < 0.01$ ), además de no encontrar interacción entre estos factores.

Ding *Et al.* (2008) al evaluar un grupo control contra la suplementación de Monensina (20 mg/kg) y una levadura viva viable de *Saccharomyces cerevisiae* ( $20^{10}$  ufc/g) en corderos nativos de China no encontraron diferencias ( $P > 0.05$ ) para la variable de ganancia de peso (31.8, 31.7 y 32 kg de PV para el grupo control, monensina y levadura respectivamente).

Fluharty *Et al.* (1999) tampoco encontraron diferencias ( $P < 0.05$ ) en la ganancia de peso al evaluar dos diferentes fuentes de energía (alfalfa y concentrado) con dos niveles de ionóforo (sin y con Lasalocida 1 mg/ kg de PV) en corderos Targhee.

Joyner *Et al.* (1979) no encontraron diferencias ( $P < 0.05$ ) en la ganancia de peso de corderos (12.2, 12.8, 12.8, 12.8 y 11.9 kg de PV) suplementados con cinco niveles de monensina (0, 5, 10, 20, 30 mg/kg de alimento respectivamente).

Salinas-Chavira *Et al.* (2005a) evaluaron el efecto la suplementación de un ionóforo (25 mg de monensina sodica) y el efecto de un implante (35 mg de acetato de trembolona + 5 mg de B-estradiol) por separado contra un grupo control sobre el

comportamiento productivo y características de la canal de cruza de borrego DorperXPelibuey hallando valores medios para la ganancia de peso de 14.88, 14.64 y 15.54 para los grupos control, ionóforo e implante respectivamente sin encontrar diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ ).

Salinas-Chavira *Et al.* (2010) evaluaron los efectos de suplementar las dietas de corderos en finalización con ionóforos (control, 25 mg monensina/kg alimento, 28 mg salinomocina/kg alimento y 25 mg monensina/kg alimento los primeros 20 días+ 28 mg salinomocina/kg alimento los últimos 40 días) y el tipo de cruce terminal (PelibueyXDorper y pelibueyXDamara) sin embargo no encontraron diferencias significativas para la ganancia de peso por efecto de la inclusión del ionóforo ( $P < 0.05$ ) pero si por el efecto genético ( $P < 0.10$ ) siendo mayor la ganancia de peso en los corderos PelibueyXDorper (15.72 kg) y menor en los corderos PelibueyXDamara (14,1 kg). Tampoco encontraron una interacción entre el factor dietético (ionóforos) y el factor genético (cruzas terminales).

En apoyo de los resultados encontrados en el presente estudio, Bergen y Bates (1984), Funk *et al.* (1986) y Nagaraja (1995) informaron que la efectividad general de los ionóforos es similar, mas sin embargo mencionan también que el comportamiento productivo del animal podría verse afectado si los ionóforos varían en el nivel de inclusión en la dieta; así también, su efectividad podría verse afectada por la composición de la dieta y varios factores animales inherentes. Sin embargo, este no fue el caso en el presente estudio.

En contra parte Calhoun *Et al.* (1979) si encontraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) de los efectos principales en la ganancia de peso de corderos al evaluar cinco niveles de suplementación de monensina (0, 5.5, 11, 22 y 33 mg/kg alimento) y dos niveles de energía (bajo: 2.61 y alto: 3.18 Mcal/ kg), no hallaron una interacción entre monensina y energía ( $P > 0.05$ ); además demostraron un efecto cuadrático ( $P < 0.05$ ) de la suplementación de monensina en el nivel bajo de energía (2.61 Mcal/kg) arrojando valores medios de ganancia peso de 15.6, 17.2, 17.8, 17.3 y 15.9 kg de PV para los niveles de 0, 5.5, 11, 22 y 33 mg/kg respectivamente; sin embargo, para el nivel alto de energía (3.18 Mcal/kg) también se encontraron

diferencias significativas ( $P < 0.01$ ) solo que la tendencia tuvo un comportamiento lineal ( $P < 0.01$ ) arrojando valores medios para la ganancia de peso de 23.5, 22.6, 21.1, 19.5 y 18.9 kg de PV para los niveles 0, 5.5, 11, 22 y 33 mg Monensina/Kg respectivamente.

Por otra parte, Van Vuren y Nel (1983) también encontraron resultados contrarios al presente estudio al evaluar la suplementación de 15 mg de monensina/animal/día contra un grupo control, ya que los valores de su estudio (25.70 y 24.49 kg de PV respectivamente) presentaron diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ ).

Salinas-Chavira *Et al.* (2005b) al evaluar dos diferentes ionóforos (25 mg monensina/kg alimento y 28 mg de salinomicina/kg alimento) sobre el comportamiento productivo y características de la canal de borregos Pelibuey encontraron que la ganancia de peso fue mayor ( $P > 0.05$ ) en el grupo suplementado con salinomicina (14.64 kg) que en el grupo suplementado con monensina (11.64 kg).

Khorshidi *et al.* (2008) evaluaron el efecto de la suplementación y la posible interacción entre monensina (0, 20 y 40 mg/kg ms) y grasa (0 y 4 %) adicionadas a la dieta sobre el comportamiento productivo de ovinos en finalización encontrando diferencias en la ganancia de peso ( $P < 0.01$ ) resultando mejor el tratamiento con 20 mg de monensina/kg ms y 4% de grasa suplementaria.

Las diferencias en los resultados entre los estudios actuales y pasados con respecto al efecto de la monensina en la ganancia de peso podrían atribuirse en parte a las diferencias entre especies (ovinos frente a bovinos), genotipo y edad del animal, así como la composición de la dieta en términos de fibra y almidón.

### **Ganancia Diaria de Peso**

Al igual que en la variable anterior, no se encontraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) para la ganancia diaria de peso (GDP) tanto en los periodos parciales como en el periodo total de la prueba, los valores medios de esta variable para el

periodo total fueron 0.20, 0.19, 0.21 y 0.20 kg para los tratamientos Control, M100, M200 y M300 respectivamente.

La GDP al ser una variante de la GP, los mismos autores que concuerdan con que la variable de ganancia de peso no es afectada por la suplementación de monensina (Joyner *Et al.* 1979; Bergen y Bates 1984; Funk *Et al.* 1986; Nagaraja 1995; Fluharty *Et al.* 1999; Salinas-Chavira *Et al.* 2005a; Ding *Et al.* 2008; Price *Et al.* 2009; Salinas-Chavira *et al.* 2010; Price *et al.* 2011 y Sadeghi *Et al.* 2015) también concuerdan en que la GDP no se ve afectada por la suplementación de monensina bajo diferentes esquemas de investigación (nutricional, genético y manejo).

En contraparte los mismos autores que sugieren que la GP se ve afectada por la suplementación de monensina (Calhoun *Et al.* 1979; Van Vuren y Nel 1983 y Salinas-Chavira *Et al.* 2005b, Khorshidi *et al.*, 2008) concuerdan en que de igual manera la GDP se ve afectada por esta misma.

Es evidente que aún existe cierto grado de discrepancia entre los resultados obtenidos por los diferentes grupos de investigación esto debido a factores intrínsecos de las propias investigaciones.

### **Consumo de materia Seca**

Los resultados del presente estudio registraron diferencias altamente significativas ( $p < 0.001$ ) para la variable de consumo de materia seca (CMS) entre los diferentes niveles de inclusión de monensina tanto en los periodos parciales así como en el periodo total, encontrando la particularidad de que en el tercer periodo parcial el CMS se manifestó en una tendencia cuadrática teniendo su punto de inflexión entre los tratamientos M100 y M200, esto tal vez a factores inherentes al animal como la temperatura ambiental, ya que el tercer periodo correspondió a la época más fría en la región, el cual puede modificar el CMS para cubrir necesidades energéticas.

Por otro lado el primer y segundo periodo parcial; así como el periodo total se manifestaron con tendencia lineal negativa, es decir a mayor inclusión de

monensina hubo un menor CMS que concuerda con lo propuesto por algunos investigadores (Van Vuuren y Nel, 1983; Salinas-Chavira *et al.*, 2005b; Maas *et al.*, 2001; Heydari *et al.*, 2008, y Sadeghi, 2015) que mencionan que la suplementación de monensina en la dieta de corderos disminuye la ingesta de alimento y por lo tanto el CMS, sin tener un efecto negativo en la GP, GDP y la conversión alimenticia.

De igual manera, la disminución de CMS por suplementación de monensina sódica también está consistentemente documentado en ganado bovino (Bergen y Bates, 1984; Shelling *et al.*, 1980; Goodrich *et al.*, 1984; Rumsey, 1984; Merchen y Berger, 1985; Potter *et al.*, 1976; Beacom *et al.*, 1988 y Owens *et al.*, 1991; Stock *et al.*, 1994; Dejenbusch *et al.*, 2008)

Price *et al.* (2011) al evaluar tres niveles de suplementación de monensina (11, 16.5 y 22 mg/kg alimento) y tres niveles de salinomicina (15, 17.5 y 20 mg/kg alimento) contra un grupo control no registraron diferencias ( $P > 0.05$ ) para el CMS entre los tratamientos, aun cuando el CMS de los animales del grupo control fue mayor y los de los grupos de monensina fueron menores no se registraron diferencias estadísticas ( $P > 0.05$ ) aun así estos autores concluyen que la suplementación de monensina en la dietas de finalización de ovejas afecta negativamente el CMS y que no se vieron reflejadas las diferencias debido a los bajos niveles de suplementación.

Calhoun *et al.* (1979) al evaluar cinco diferentes niveles de suplementación de monensina (0, 5.5, 11, 22, 33 mg/kg alimento) y su posible interacción con 2 niveles de energía (2.61 y 3.18 Mcal/kg) demostró un comportamiento similar a los resultados del presente estudio ya que la ingesta de alimento se redujo 0.049 kg/día por cada aumento de 10 mg/kg en monensina en la dieta ( $P < .01$ ) y esto trajo en consecuencia una reducción en el CMS.

De igual manera Joyner *et al.* (1979) evaluaron cinco niveles de suplementación de monensina (0, 5.5, 10, 20 y 30 mg/kg alimento) lo que produjo una disminución del 2 al 18% de CMS ( $P < 0.01$ ) y aun cuando todos los niveles

redujeron el consumo total de alimento estos autores sugieren como dosis optima la suplementación de 20 mg/kg de monensina y que 30 mg/kg pudiera ser excesivo.

Cheng, *et al.* (1998) mencionan que la disminución en el consumo de alimento cuando se suplementa monensina se debe al hecho de que este tiene un sabor desagradable en comparación con otros ionóforos.

Por otro lado, varios autores (Muntifering *et al.*, 1981; Leng *et al.*, 1984; Ricke *et al.*, 1984; Schelling, 1984; Nagaraja, 1995) sugieren que la disminución en el consumo se debe a una base fisiológica, mencionan que la monensina disminuye la tasa de recambio ruminal de sólidos y líquidos, y en consecuencia aumenta el llenado del rumen, esto debido a una reducción en la motilidad del rumen aumentando así la materia orgánica fermentada en rumen y compensando la baja actividad microbiana.

Más sin embargo, Armentano y Young (1983); Branine y Galyean, (1990) y Rogers *et al.*, (1997) informaron que la monensina no tuvo ningún efecto sobre la tasa de recambio ruminal y que la disminución puede ser independiente del efecto de la monensina.

En contra parte a los resultados encontrados en este estudio, Daugherty *et al.* (1982) no encontraron diferencias significativas para el CMS ( $P > 0.10$ ) al evaluar dos niveles suplementación de monensina (sin y con 25 mg/kg alimento) y su posible interacción con la aplicación intramuscular de vitamina B12 (sin y con 10 mg/animal/semana) al hallar resultados promedios de 1.26, 1.28, 1.27 y 1.27 kg CMS/día para los tratamientos sin monensina y sin Vitamina B12, solo con vitamina B12, solo con monensina y con monensina mas vitamina B12 respectivamente.

Tanto Rangel y Nuñez, 1992; como Salinas-Chavira, 2005a; no encontraron diferencias ( $P > 0.05$ ) sobre el consumo de alimento al suplementar monensina en dietas de finalización para corderos en engorda por lo que se asume que el CMS se manifestó con resultados similares.

Khoshidi *et al.* (2008) no hallaron diferencias ( $P < 0.01$ ) al evaluar tres niveles de monensina junto a dos niveles de grasa suplementaria en el CMS de ovinos en finalización, tampoco encontraron una interacción para estos mismos factores (ionóforo y grasa) que supondría una disminución en el CMS la cual fue la justificación del estudio.

Los mismos resultados fueron obtenidos por Zinn y Borques (1993), quienes tampoco encontraron ningún efecto con respecto al CMS de novillos alimentados con una dieta que contenía monensina.

Zinn *et al.* (1994) y Flachowsky y Richter (1995), sugieren que la respuesta variable cuando se suplementa monensina a las dietas de rumiantes de engorda es debido a la diferencia en la proporción de forraje incluida en la dieta.

Wessels (1993) y Price *et al.* (2009) concluyeron que el efecto de los ionóforos (monensina, salinomicina y lasalocida) en el CMS puede ser variable, mientras que Salinas-Chavira *et al.* (2010) sugiere que la suplementación de monensina, salinomicina y la rotación alterna de ambos ionóforos contra un grupo control no difieren ( $P < 0.05$ ) sobre el CMS.

En un caso particular (Adams *et al.*, 1981) se observó un aumento en el consumo de alimento debido a la suplementación con monensina al compararlo contra una cepa de levadura y bicarbonato de sodio sobre el comportamiento productivo de novillos de engorda y la digestibilidad en corderos.

### **Eficiencia alimenticia**

No se registraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) con respecto a la eficiencia alimenticia entre los tratamientos probados en el presente estudio.

Nuevamente, la inclusión de ionóforos pareciera no tener efectos significativos en algunas variables de producción animal (Adams *et al.*, 1981; Zinn and Borques, 1993; Zinn *et al.*, 1994) con dietas que contienen altos niveles de carbohidratos fácilmente fermentables (como fue el caso en el presente estudio).

Duagherty *et al.* (1986) mencionan que la suplementación de monensina sola o combinada con vitamina B12 a la dieta de engorde de ovinos no afecta ( $P > 0.10$ ) la eficiencia alimenticia.

La suplementación de monensina, salinomicina y una rotación de ambos ionóforos no tuvo efecto ( $P > 0.05$ ) ni interacción ( $P > 0.05$ ) con el genotipo de cruza terminales de ovinos (PelibueyXDorper y PelibueyXDamara) sobre la eficiencia alimenticia (Salinas-Chavira *et al.*, 2010)

Tanto Salinas-Chavira *et al.* (2005a) como Salinas-Chavira *et al.* (2005b) y Korshidi *et al.* (2008) no encontraron efecto ( $P > 0.05$ ) de la suplementación de la monensina en la eficiencia alimenticia de corderos de engorde al compararlo contra otro ionóforo, un B-agonista y en conjunto con grasa suplementaria respectivamente

Price *et al.* (2009) no encontraron diferencias ( $P > 0.05$ ) en la eficiencia alimenticia al evaluar diferentes ionóforos (Monensina, Salinomicina y Lasalocida) contra un grupo control en corderos de engorda en finalización.

Los mismos autores (Price *et al.*) en 2011 evaluaron tres diferentes niveles de suplementación de monensina y salinomicina contra un control sin encontrar diferencias ( $p > 0.05$ ) en la eficiencia alimenticia.

Por el contrario (Goodrich *et al.*, 1984; Merchen y Berger, 1985) sugieren que la inclusión de monensina en las dietas de engorda mejora significativamente la eficiencia alimenticia.

Así mismo, Van Vuuren y Nel (1983) al evaluar la suplementación de monensina (0 vs 15 mg/animal/día) en corderos mestizos encontraron una mejoría ( $P < 0.05$ ) en la conversión alimenticia (4.04 vs 3.60 kg alimento respectivamente) por lo que se asume que también hubo una mejoría en la eficiencia.

Sadeghi *et al.* (2015) difieren de los resultados encontrados en el presente estudio, ya que muestran resultados favorables para la suplementación de

monensina en comparación de otros ionóforos sobre la eficiencia alimenticia en ovinos de ambos sexos (machos y hembras).

Maas *et al.* (2001) también encontraron una mejor eficiencia ( $p < 0.01$ ) al suplementar monensina (300 mg /dia) a corderos en pastoreo (ryegrass y trébol blanco) en dos diferentes épocas del año (primavera y otoño).

Heydai *et al.* (2008) encontraron una mejor conversión alimenticia ( $P < 0.05$ ) para los ovinos suplementados con monensina que para los suplementados con Lasalocida y los que no se suplementaron, esto demuestra por obiedad una mejora en la eficiencia alimenticia.

Calhoun *et al.* (1979) al evaluar cinco diferentes niveles de suplementación de monensina (0, 5.5, 11, 22, 33 mg/kg alimento) y su posible interacción con 2 niveles de energía (2.61 y 3.18 Mcal/kg) demostraron un efecto cuadrático en la suplementación de monensina ( $P < .01$ ) para la variable de conversión alimenticia encontrando el mejor resultado suplementando 11 mg/kg alimento en la dieta de alta energía (3.18 Mcal/kg) por lo que se asume que la eficiencia alimenticia también fue mejor bajo los efectos de esos tratamientos aun cuando no hubo interacción entre ambos factores.

Por su parte Joyner *et al.* (1979) demostraron una mejora ( $P < 0.01$ ) en la eficiencia alimenticia a medida que aumentaba la dosis de suplementación de monensina (0, 5.5, 10 20 y 30 mg/kg).

De la misma manera Zinn (1986) también encontró resultados contrarios al a los del presente estudio al evaluar otro ionóforo en diferentes niveles (salinomicina incluida a 11, 16.5 o 22 mg / kg) ya que su inclusión mejoraba la conversión alimenticia ( $P < 0.05$ ) en novillos de engorda y por ende la eficiencia.

Por su parte Tedeschi *et al.*, (2003) mencionan que se ha mejorado la eficiencia alimenticia al reducir el CMS con poco o ningún efecto sobre la ganancia diaria promedio, tal efecto no se pudo observar en el presente estudio.

Santos (2005) informó que los corderos alimentados con 43.25 mg de monensina/kg alimento en la dieta presentaron los mejores resultados en la eficiencia alimenticia.

Las diferentes respuestas en eficiencia alimenticia pueden ser atribuibles a las diferentes dosis de monensina usadas en estudios previos y actuales así como tanto a la variabilidad genética de los animales usados y a las proporciones de los componentes de las dietas utilizadas.

Duffield *et al.* (2008) realizaron un meta-análisis del impacto de la monensina en el crecimiento y finalización de ganado en corral de un total de 40 artículos revisados por pares y 24 ensayos y concluyeron que la suplementación de monensina redujo el CMS ( $P < 0.001$ ) y mejoro tanto GDP ( $P < 0.001$ ) como eficiencia alimenticia ( $P < 0.001$ ); también aseveran que estos tres aspectos tienen un comportamiento lineal con respecto a la dosificación de la monensina donde demuestran que la mejora en la eficiencia y la reducción de CMS es mejor a medida que aumenta la dosis, mientras que la GDP es menor en los niveles de dosis crecientes.

Estos mismos autores (Duffield *et al.* 2008) aseguran que el aumento en la eficiencia alimenticia por suplementación de monensina ha disminuido de 6.6% en los primeros trabajos de investigación a solo 2.5 % en los trabajos realizados en la última década.

A partir de los resultados del presente estudio, parecería que los diferentes niveles de inclusión de monensina, que representan los niveles sin monensina (control), mínimo (M100), medio (M200) y máximo (M300) de inclusión en las dietas de finalización de corderos en engorda, no influyeron significativamente en el rendimiento productivo de los animales pero si disminuyeron el consumo de materia seca y por lo tanto en el consumo de alimento.

**Cuadro 2.** Efectos de los tratamientos sobre el comportamiento productivo en corderos finalizados en corral bajo diferentes niveles de suplementación con Monensina Sódica

Variables	Tratamientos <sup>1</sup>				E.E <sup>2</sup>	P-value	Polinomios <sup>3</sup>			Contraste <sup>4</sup> Control vs Tratamientos
	Control	M100	M200	M300			L	Q	C	
Peso Vivo, Kg										
Dia 1	28.92	32.03	32.25	31.65	1.04	0.97	0.20	0.11	0.80	0.07
Dia 21	33.77	36.74	36.99	36.12	0.95	0.95	0.29	0.11	0.86	0.11
Dia 45	39.77	41.99	43.82	42.72	1.03	0.91	0.08	0.22	0.39	0.09
Dia 74	43.74	46.16	47.60	45.66	1.03	0.93	0.61	0.27	0.52	0.42
GP, Kg										
Dia 1-21	4.84	4.71	4.74	4.47	0.38	0.99	0.97	0.78	0.96	0.91
Dia 22-45	6.00	5.25	6.83	6.64	0.30	0.24	0.21	0.66	0.12	0.72
Dia 46-74	3.97	4.17	4.30	4.05	0.45	0.99	0.81	0.85	0.99	0.78
Dia 1-74	14.81	14.13	15.73	14.26	0.67	0.82	0.49	0.60	0.69	0.88
GDP, Kg										
Dia 1-21	0.22	0.22	0.22	0.21	0.02	0.99	0.99	0.75	0.99	0.87
Dia 22-45	0.26	0.23	0.29	0.28	0.01	0.25	0.22	0.68	0.11	0.74
Dia 46-74	0.14	0.14	0.15	0.14	0.02	0.99	0.86	0.88	0.98	0.83
Dia 1-74	0.20	0.19	0.21	0.20	0.01	0.79	0.47	0.60	0.64	0.87
CMS, Kg										
Dia 1-21	23.84 <sup>a</sup>	23.10 <sup>b</sup>	22.04 <sup>c</sup>	19.77 <sup>d</sup>	0.68	<.001	<.001	<.01	<.01	<.001
Dia 22-45	32.56 <sup>a</sup>	31.06 <sup>b</sup>	30.05 <sup>c</sup>	29.71 <sup>d</sup>	0.54	<.001	<.001	<.01	<.01	<.001
Dia 46-74	36.80 <sup>c</sup>	38.10 <sup>b</sup>	39.40 <sup>a</sup>	35.51 <sup>d</sup>	0.83	<.001	<.01	<.001	<.01	<.001
Dia 1-74	93.33 <sup>a</sup>	92.01 <sup>b</sup>	91.49 <sup>b</sup>	84.99 <sup>c</sup>	1.07	<.001	<.001	<.01	<.0079	<.003
GP/CMS, Kg										
Dia 1-21	0.22	0.20	0.21	0.23	0.02	0.91	0.55	0.76	0.95	0.79
Dia 22-45	0.18	0.16	0.22	0.22	0.01	0.11	0.05	0.57	0.19	0.39
Dia 46-74	0.12	0.11	0.10	0.10	0.01	0.73	0.08	0.06	0.96	0.20
Dia 1-74	0.16	0.15	0.17	0.18	0.01	0.61	0.22	0.24	0.76	0.80

<sup>1</sup>Los tratamientos consistieron en: 1) Control = Sin Monensina Sódica; 2) M100 = Suplementación de 100 ppm de Monensina Sódica en finalización; 3) M200 = Suplementación de 200 ppm de Monensina Sódica en finalización; 4) M300 = Suplementación de 300 ppm de Monensina Sódica en finalización.

<sup>2</sup>E.E = Error estándar de la media.

<sup>3</sup>Probabilidades de los efectos lineal (L), cuadrático (Q) y cubico (C) para los niveles de Monensina Sódica.

<sup>4</sup>Ortogonalidad de la No Suplementación vs Suplementación de Monensina Sódica.

<sup>abcde</sup> Literales diferentes en una misma fila indican diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ )

## **Efectos las características de la canal**

No se encontraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) debido a la suplementación de diferentes niveles de monensina en la dieta de ovinos en finalización para las variables de peso de la canal caliente (PCC), peso de la canal fría (PCF), Conformación, Área del ojo de la costilla (AOC), Grasa de riñón, pelvis y corazón (KPH), espesor de la grasa dorsal, profundidad del tórax y perímetro de la pierna.

Sin embargo se obtuvieron diferencias para la variables de rendimiento de la canal ( $P= 0.02$ ), Longitud de la canal ( $P= 0.025$ ) y longitud de la pierna ( $P < 0.01$ ), con la particularidad de que tanto rendimiento de la canal como longitud de la canal y longitud de la pierna se expresaron de una forma cuadrática ( $P < 0.001$ ).

Los resultados sugieren que existe un aumento en el rendimiento de la canal por efecto de la suplementación de monensina en la dieta el cual empieza a disminuir en un punto de inflexión ubicado entre entre los tratamientos M100 y M200, la longitud de la canal tiene un comportamiento similar teniendo su punto de inflexión más cercano al tratamiento M200; por otro lado la longitud de la pierna también se expresó de forma cuadrática solo que de forma inversa encontrando valores más altos para los tratamientos de mayor y menor inclusión de monensina.

### **Peso de la canal caliente**

No se encontraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) para la variable de peso de la canal caliente (PCC) por efecto de la suplementación de diferentes niveles de monensina en la dieta de ovinos de pelo en finalización.

Los resultados del presente estudio concuerdan con lo reportado por Calhoun *et al.* (1979) ya que al evaluar cinco niveles de suplementación de monensina (0, 5.5, 11, 22 y 33 mg/kg) en la dieta de ovinos en finalización no hallaron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) para el peso de la canal caliente.

Potter *et al.* (1976) al evaluar niveles de dosificación de monensina (0, 5.5, 11, 22, 33 y 44 mg/kg) en ganado bovino y su posible efecto sobre las características de la canal no hallaron diferencias significativas entre tratamientos ( $P > 0.05$ ).

Heydari *et al.* (2008) evaluaron la suplementación de dos ionóforos por separado (30 mg/kg de monensina y 30 mg/kg de Lasalocida) contra un grupo control sobre las características de la canal de ovinos hallando valores de 20.10, 20.00 y 21.40 kg (grupo control, monensina y lasalocida respectivamente) para la variable de PCC sin encontrar diferencias significativas entre los tratamientos ( $P > 0.05$ ).

Gilka *et al.* (1989) también evaluaron la suplementación de monensina (31 mg/kg ms) y lasalocida (32mg/kg ms) en ovinos mestizos (merino X ille de france) sobre las características de la canal sin hallar diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) para PCC.

Ding *et al.* (2008) no encontraron diferencias ( $P > 0.05$ ) entre suplementar monensina y suplementar una levadura a la dieta de finalización de ovinos sobre el peso de la canal caliente; en ninguna otra característica de la canal se vio afectada por los tratamientos.

Moura *et al.* (2017) sugieren que la suplementación de monensina (25 mg) con diferentes niveles de aceite de copaiba (0.5, 1 y 1.5 g) no tiene efecto ( $P > 0.05$ ) alguno sobre el PCC.

Por otro lado Sadeghi *et al.* (2015) encontraron diferencias ( $P = 0.023$ ) al evaluar el efecto del tipo de ionóforo (monensina o lasalocida 25 mg/kg alimento) y su posible interacción con el sexo del ovino sobre el PCC por efecto de la inclusión del tipo de ionóforo demostrando el valor más bajo en aquellos animales suplementados con monensina (25.5 kg) contra lasalocida (27.1 kg) y el grupo control (26.5 kg), sin embargo es preciso mencionar que el grupo monensina y el grupo control fueron estadísticamente iguales ( $P > 0.05$ ).

Como en este estudio, otros autores no encontraron diferencias ( $P > 0.05$ ) sobre las características de la canal al suplementar monensina en la dieta (Schlolaut *et al.*, 1978; Nockels *et al.*, 1978; Shqueir *et al.*, 1979; Horton *et al.*, 1981; Sharrow *et al.*, 1981, Van vuren y Nel, 1983; Soares *et al.*, 2012) de ovinos en finalización.

### **Peso de la canal fría**

No se encontraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) en el presente estudio para la variable de PCF por efecto de la suplementación de diferentes niveles de monensina sódica en la dieta, lo cual concuerda con Heydari *et al.* (2008) que no encontraron diferencias ( $P > 0.05$ ) al evaluar la suplementación de ionóforos (monensina y lasalocida) contra un grupo control sobre el PCF mostrando valores de 19.6, 20.1 y 19.5 kg respectivamente.

En apoyo de los resultados encontrados en el presente estudio tanto Price *et al.* (2009) al evaluar diferentes ionóforos (monensina, lasalocida y salinomocina) como Price *et al.* (2011) al evaluar diferentes niveles de monensina y salinomocina (bajo, medio y alto) no hallaron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) para todas las variables relacionadas con las características de la canal, entre ellas PCF.

Boling *et al.* (1977) al evaluar diferentes niveles de suplementación de monensina (0, 100, 200 y 300 mg/animal/día) en novillos finalizados en corral no observaron que las características de la canal no fueron influenciadas ( $P < 0.05$ ) pero los novillos alimentados con el nivel máximo (300 mg) tendieron a tener puntajes de marmoleo más bajo, menor porcentaje de grasa y menor área del ojo de la costilla, lo cual concuerda con lo reportado por Moura *et al.* (2017) los cuales no encontraron diferencias ( $P < 0.05$ ) entre el PCF en ovinos suplementados con monensina y tres niveles diferentes de aceite de copaiba más sin embargo menciona que hay una disminución en el porcentaje de grasa en aquel tratamiento donde menor inclusión de aceite de copaiba.

Sadeghi *et al.* (2015) encontraron diferencias ( $P < 0.05$ ) al evaluar los mismos ionóforos (monensina y lasalocida) contra un grupo control, siendo los resultados

más favorables para PCF solo en los ovinos suplementados con lasalocida (26.7 kg) mientras que los suplementados con monensina y sin suplementar fueron similares ( $P > 0.05$ ) (25.3 kg y 26.0 kg respectivamente)

Los resultados obtenidos en este estudio como en la mayoría de estudios previos (recientes y de antaño) muestran que la suplementación de monensina a la dieta de finalización de ovinos provoca poca o ninguna diferencia sobre las características de la canal, durante la búsqueda bibliográfica no se hallaron más estudios que hallan evaluado la suplementación de monensina sobre la variable de PCF en ovinos pero por los datos obtenidos se esperarían resultados similares.

### **Rendimiento de la canal**

Los valores medios para esta variable en el presente estudio fueron 49.01%, 51.52%, 50.62% y 50.05% para el grupo control, M100, M200 y M300 respectivamente ( $P = 0.02$ ) con una tendencia cuadrática ( $P < 0.001$ ) el cual se podría explicar más por la variabilidad genética entre las proporciones de Kathadin y Dorper en los animales utilizados que por la suplementación de monensina ya que varios autores (Horton *et al.* 1981, Sharrow *et al.* 1981, Soares *et al.* 2012 ) sugieren que la suplementación de monensina no tiene efecto en el rendimiento de la canal

Sadeghi *et al.* (2015) no hallaron diferencias ( $P < 0.05$ ) en el rendimiento de la canal al comparar un grupo control, monensina (25 mg/kg) y lasalocida (25 mg/kg) mostrando promedios de 52.9%, 51.9% y 52.8% respectivamente tanto en ovinos machos como en hembras.

Ding *et al.* (2008) no encontraron diferencias ( $P < 0.05$ ) en el rendimiento de la canal al comparar la suplementación de monensina o una levadura viva contra un grupo control en ovinos alimentados con dietas altas en granos, hallando valores de 47.7%, 48.9% y 47.5% respectivamente.

Nockels *et al.* (1978) evaluaron cinco niveles de suplementación de monensina en la dieta (0, 5.5, 11, 22 y 33 mg/kg) los cuales no tuvieron efecto sobre el

rendimiento de la canal ( $P < 0.05$ ) mostrando valores muy similares (55.6, 56, 55.2, 56 y 56.4 respectivamente).

De igual manera Potter *et al.* (1976) no encontraron diferencias ( $P < 0.05$ ) en el rendimiento de la canal por efecto de la suplementación de diferentes niveles de monensina (0, 5.5, 11, 22, 33 y 44 mg/kg) en ganado bovino.

### **Conformación**

Los valores medios para esta variable fueron de 5.43, 5.95, 6.10 y 5.70 para los tratamientos control, M100, M200 y M300 respectivamente sin encontrar diferencias significativas entre los tratamientos ( $P > 0.05$ ) lo cual demuestra un nulo efecto de la suplementación de la monensina sobre la conformación de la canal.

En la revisión de literatura no se encontraron trabajos publicados para el efecto de la suplementación de la monensina sobre la conformación de la canal pero por la naturaleza del estudio y el tipo de manejo de los datos, así como los tratamientos utilizados se esperaría un comportamiento similar con los resultados del presente estudio.

### **Área del ojo de la costilla**

Los valores medios para esta variable fueron 10.73, 11.73, 12.12 y 10.16 cm<sup>2</sup> para los tratamientos control, M100, M200 y M300 respectivamente sin encontrar diferencias significativas ( $P = 0.07$ ) entre tratamientos lo cual demuestra que no hay efectos de la suplementación de la monensina sobre el área del ojo de la costilla.

Los resultados del presente estudio concuerdan con varios autores (Potter *et al.*, 1976; Nockels *et al.*, 1978; Sharrow *et al.*, 1981; Horton *et al.*, 1981; Salinas-Chavira *et al.* 2005a; Salinas-Chavira *et al.* 2005b; Ding *et al.* 2008 y Salinas-Chavira *et al.* 2010;) que sugieren que la suplementación de monensina sódica en diferentes proporciones y bajo diferentes esquemas de estudio no tienen efecto positivos ( $P > 0.05$ ) sobre el área del ojo de la costilla.

En la revisión de literatura no se encontraron trabajos publicados que difieran de los resultados del presente estudio y se esperaría un comportamiento similar en futuras investigaciones.

### **Grasa de riñón, pelvis y corazón**

Los resultados del presente estudio muestran que no existen diferencias significativas ( $P = 0.73$ ) entre tratamientos hallando valores muy similares en los porcentajes de grasa de riñón, pelvis y corazón (4.02%, 4.21%, 3.92% y 4.06% para los tratamientos control, M100, M200 y M300 respectivamente) por efecto de la suplementación de la monensina sódica.

Al igual que en el presente estudio Nockels *et al.* (1978) no hallaron diferencias ( $P > 0.05$ ) en los porcentajes de la grasa del riñón al suplementar diferentes niveles de monensina sódica (0, 5.5, 11, 22 y 33 mg/kg) encontrando valores muy similares entre sí (3.6%, 3.5%, 3.5%, 3.65 y 3.9% respectivamente)

De la misma manera Sharrow *et al.* (1981) no encontraron diferencias ( $P > 0.05$ ) en los porcentajes de la grasa del riñón al suplementar los mismos niveles de monensina que Nockels *et al.* (1978) hallando valores medios de 2.75%, 2.83%, 3.22%, 2.57% y 2.91%.

Por su parte Calhoun *et al.* (1979) al evaluar la suplementación de los mismos cinco niveles que Sharrow *et al.* (1981) y Nockels *et al.* (1978) hallaron valores (3.2%, 3.2%, 3.7%, 3.8% y 3.1% para los tratamientos de 0, 5.5, 11, 22 y 33 mg/kg respectivamente) altamente significativos ( $P < 0.01$ ) para el porcentaje de grasa en riñón y pelvis con la particularidad que los valores se comportaron de forma cuadrática ( $P < 0.01$ ) teniendo su punto de inflexión entre los tratamientos donde se suplementaban 22 y 33 mg/kg.

Los resultados del presente estudio concuerdan con lo reportado con Gilka *et al.* 1989; Heydari *et al.* 2008 y Soares *et al.* 2012 quienes mencionan que la suplementación de la monensina sódica no tiene efecto sobre el porcentaje de grasa en la canal o en algún órgano.

### **Espesor de la grasa dorsal**

Los valores medios para el espesor de la grasa dorsal dada en milímetros, fue de 3.57, 3.50, 3.60 y 3.50 para los tratamientos control, M100, M200 y M300 respectivamente sin encontrar diferencias significativas ( $P = 0.39$ ) por lo que se manifiesta que la suplementación de diferentes niveles de monensina no tiene efecto sobre esta variable.

Nockels *et al.* (1978) concuerdan con los resultados del presente estudio dado que no encontraron diferencias ( $P > 0.05$ ) estadísticas al suplementar cinco niveles de monensina sódica (0, 5.5, 11, 22 y 33 mg/kg) encontrando valores medios similares (46, 52, 49, 44 y 55 mm respectivamente) y apoyado por los resultados presentados por Potter *et al.* 1976; Salinas-Chavira *et al.* 2005a; Ding *et al.* 2008; Salinas-Chavira *et al.*, 2010 y Price *et al.* 2011.

Contrario al presente estudio Sharrow *et al.* (1981) hallaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) al evaluar los mismos cinco diferentes niveles (40, 55, 59, 56 y 57 mm para los tratamientos 0, 5.5., 11, 22 y 33 mg/kg respectivamente) de suplementación de monensina sódica, hallando que los tratamientos donde se suplemento monensina fueron similares entre sí pero diferentes al grupo sin suplementación, estos autores concluyen la suplementación de monensina sódica aumenta el espesor de la grasa dorsal.

De la misma manera Calhoun *et al.* (1979) también encontraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) con una tendencia lineal negativa, es decir a mayor cantidad de monensina menor grosor de grasa, los valores arrojados por su estudio fueron de 66, 62, 61, 59 y 54 mm para los niveles 0, 5.5, 11, 22 y 33 mg/kg respectivamente concluyendo que la monensina reduce el espesor de la grasa dorsal lo cual es apoyado por los resultados encontrados por Moura *et al.*, 2017.

### **Longitud de la canal**

Los valores medios para la variable de longitud de la canal fueron 64.78, 67.30, 69.50 y 65.45 cm para los tratamientos control, M100, M200 y M300

respectivamente, los cuales fueron diferentes ( $P < 0.05$ ) estadísticamente y los valores se comportaron de una forma cuadrática ( $P < 0.01$ ) lo cual no ha sido reportado por ningún autor y se asume que estos resultados podrían ser a causa de las diferentes proporciones de las razas que componen la cruce utilizada en el presente estudio más que por el efecto de la suplementación de la monensina sodica.

Price *et al.* (2011) no encontraron diferencias ( $P > 0.05$ ) al evaluar tres diferentes niveles (bajo = 11mg/kg; medio = 17.5 mg/kg y alto = 22 mg/kg) de dos ionóforos (Monensina y Salinomocina) contra un grupo control para la variable de longitud de la canal ovinos mutton merino hallando valores que iban desde 57.08 hasta 58.86 cm.

En la revisión de literatura no se encontraron más trabajos publicados que presenten resultados de una evaluación de la suplementación de monensina y su posible efecto sobre la longitud de la canal pero dado que la mayoría de los autores reportan un mínimo o nulo efecto sobre las características de la canal se esperaría un comportamiento similar en futuras investigaciones.

### **Profundidad del torax**

Los valores medios para esta variable fueron 70.57, 72.45, 71.80 y 72.20 cm para los tratamientos control, M100, M200 y M300 respectivamente, los cuales no mostraron diferencias significativas ( $P = 0.97$ ) entre ellos.

Existe la controversia con las canales de animales rumiantes y los parámetros evaluados al momento del sacrificio, debido a que algunos autores sugieren que pueden modificarse mediante la administración de ionóforos en la dieta (Gibb *et al.* 2008) pero incapaz de modificar las características de la canal en la mayoría de la literatura revisada (Fluharty *et al.* 1999; Potter *et al.* 1976). Aunque algunos otros autores (Bures y Barton, 2012; Carrillo y Segura, 1993; Yilmaz *et al.* 2007; Kuchtik y Dobes, 2006) sugieren que la ganancia de peso y la conversión alimenticia; así

como las características de la canal (Dransfield *et al.* 1990; Vergara *et al.* 1999) han sido influenciados por varios factores, entre ellos el género, la raza y/o el manejo.

En la revisión de literatura no se encontraron trabajos publicados que evalúen directamente la suplementación de monensina y su posible efecto sobre la profundidad del tórax pero dado que la mayoría de los autores reportan un mínimo o nulo efecto sobre las características de la canal por lo que se esperarían un resultados similares en futuros estudios.

### **Longitud de la pierna**

Para esta variable se encontraron diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ) entre tratamientos donde los valores arrojados fueron 35.21, 32.10, 27.15 y 33.85 cm para el tratamiento control, M100, M200 y M300 respectivamente los cuales se comportaron de un forma cuadrática ( $P < 0.001$ ) a la suplementación de monensina sódica en la dieta.

Los resultados del presente estudio difieren de lo reportado por Moura *et al.* (2017) ya que sugieren la suplementación de monensina no tiene efecto alguno sobre la longitud de la pierna ni tampoco en el peso del mismo.

Durante la revisión de la literatura no se encontraron más trabajos publicados donde se evalué esta variable pero dado que la mayoría de los autores reportan un mínimo o nulo efecto sobre las características de la canal por lo que se esperarían resultados similares en futuros estudios.

### **Perímetro de la pierna**

Para la variable de perímetro de la pierna no se encontraron diferencias altamente significativas ( $P = 0.97$ ) entre tratamientos donde los valores arrojados fueron 43.42, 44.25, 44.65 y 44.05 cm para el tratamiento control, M100, M200 y M300 respectivamente los cuales no se comportaron en ninguna forma específica (lineal, cuadrática o cubica) a la suplementación de monensina sódica en la dieta.

Solo Moura *et al.* (2017) han reportado resultados del efecto de la suplementación de monensina sódica y su efecto sobre el perímetro de la pierna concordando con el presente estudio sobre esta variable ( $P > 0.05$ ).

Como ya se mencionó durante la revisión de la literatura no se encontraron más trabajos publicados donde se evalué esta variable pero dado que la mayoría de los autores reportan un mínimo o nulo efecto sobre las características de la canal por lo que se esperarían resultados similares en futuros estudios.

**Cuadro 3.** Efectos de los tratamientos sobre características de canal en corderos finalizados en corral bajo diferentes niveles de suplementación con Monensina Sódica

Variables	Tratamientos <sup>1</sup>				E.E2	P-value	Polinomios <sup>3</sup>			Contraste <sup>4</sup> Control vs Tratamientos
	Control	M100	M200	M300			L	Q	C	
Peso de canal caliente, kg	21.45	23.81	24.11	22.85	0.56	0.82	0.40	0.02	0.94	0.08
Peso de canal fría, kg	21.11	23.44	23.76	22.48	0.55	0.81	0.41	0.02	0.91	0.08
Rendimiento en canal caliente, %	49.01 <sup>b</sup>	51.52 <sup>a</sup>	50.62 <sup>ab</sup>	50.05 <sup>ab</sup>	0.25	0.02	0.26	0.00	0.03	0.00
Conformación	5.43	5.95	6.10	5.70	0.15	0.87	0.84	0.12	0.61	0.39
AOC <sup>5</sup> , cm <sup>2</sup>	10.73	11.73	12.12	10.16	0.30	0.07	0.63	0.03	0.51	0.48
Grasa KPH <sup>6</sup> , %	4.02	4.21	3.92	4.06	0.13	0.73	0.83	0.74	0.43	0.62
Espesor de grasa dorsal, mm	3.57	3.50	3.60	3.50	0.02	0.39	0.03	0.60	0.32	0.12
Longitud de la canal, cm	64.78 <sup>c</sup>	67.30 <sup>ab</sup>	69.50 <sup>a</sup>	65.45 <sup>bc</sup>	0.64	0.025	0.23	0.00	0.03	0.00
Profundidad del tórax, cm	70.57	72.45	71.80	72.20	0.65	0.97	0.49	0.55	0.32	0.31
Longitud de la pierna, cm	35.21 <sup>a</sup>	32.10 <sup>b</sup>	27.15 <sup>c</sup>	33.85 <sup>ab</sup>	1.43	<.01	0.01	<.00	0.00	0.00
Perímetro de la pierna, cm	43.42	44.25	44.65	44.05	0.44	0.97	0.75	0.44	0.70	0.59

<sup>1</sup>Los tratamientos consistieron en: 1) Control = Sin Monensina Sódica; 2) M100 = Suplementación de 100 ppm de Monensina Sódica en finalización; 3) M200 = Suplementación de 200 ppm de Monensina Sódica en finalización; 4) M300 = Suplementación de 300 ppm de Monensina Sódica en finalización.

<sup>2</sup>E.E = Error estándar de la media.

<sup>3</sup>Probabilidades de los efectos lineal (L), cuadrático (Q) y cubico (C) para los niveles de Monensina Sódica.

<sup>4</sup>Ortogonalidad de la No Suplementación vs Suplementación de Monensina Sódica.

<sup>5</sup>AOC = Área del ojo de la costilla.

<sup>6</sup>KPH = Riñón, pelvis y corazón

<sup>abcde</sup> Literales diferentes en una misma fila indican diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ )

## **CONCLUSIONES**

Bajo las condiciones del presente estudio la suplementación de diferentes niveles de monensina sódica en la dieta de ovinos en finalización disminuyó el consumo de materia seca de una manera lineal, así también en algunas características de canal, las cuales incluyen el rendimiento de la canal caliente, la longitud de la canal y la longitud de la pierna.

## LITERATURA CITADA

- Adams, D.C., Galyean, M.L., Kiesling, H.E., Wallace, J.D. and Finkner, M.D. 1981. Influence of viable yeast culture, sodium bicarbonate and monensin on liquid dilution rate, rumen fermentation and feedlot performance of growing steers and digestibility in lambs. *J. Anim. Sci.* 53:780-789.
- Al-Dobaib, S.N. and Mousa, H.M. 2009. Benefits and risks of growth promoters in animal production. *J. of Food, Agric and Environ.*7:202-208.
- Aluwong, T., Wuyep, P.A. and Allam, L. 2011. Livestock-environment interactions: Methane emissions from ruminants. *Afr. J. Biotechnol.* 10:1265-1269.
- Anderson, P. H., S. Berrett, J. Catchpole, and M. W. Gregory. 1983. Effect of monensin on the selenium status of sheep. *Vet. Rec.* 113:488.
- Angeles, C. S., y Corona, G. L. 2000. Alimentación animal forrajes y concentrados en bovinos. UNAM. pp. 158,162.
- Armentano, L.E. and Young, J.W. 1983. Production and metabolism of volatile fatty acids, glucose and CO<sub>2</sub> in steers and the effects of monensin on volatile fatty acid kinetics. *J. Nutr.* 113:1265-1277.
- Armstrong, J.D. y Spears, J.W. 1988. Intravenous administration of ionophores in ruminants: effects on metabolism independent of the rumen. *J. Anim. Sci.* 66:1807-1817.
- Avendaño-Reyes L., U. Macías-Cruz, F. D. Álvarez-Valenzuela, E. Aguila-Tepato, N. G. Torrentera-Olivera, and S. A. Soto-Navarro. 2011. Effects of zilpaterol hydrochloride on growth performance, carcass characteristics, and wholesale cut yield of hair-breed ewe lambs consuming feedlot diets under moderate environmental conditions. *J. Anim. Sci.* 10:2527-3904.

- Bagg, R., Vessie, G.H., Dick, C.P., Duffield, T., Wilson, J.B. and Aramini, J.J. 2005. Milk residues and performance of lactating dairy cows administered high doses of monensin. *Can. J. Vet. Res.* 69:180-185.
- Bagley, C.P., Feazel, J.I., Morrison, D.G. and Lucas, D.M. 1988. Effects of salinomycin on ruminal characteristics and performance of grazing beef steers. *J. Anim. Sci.* 66:792-797.
- Bartley, E.E., Nagaraja, T.G., Pressman, E.S., Dayton, A.D., Katz, M.P. and Fina, L.R. 1983. Effects of lasalocid or monensin on legume or grain (feedlot) bloat. *J. Anim. Sci.* 56:1400-1406.
- Basaraba, R.J., Oehme, F.W., Vorhies, M.W. and Stokka, G.L. 1999. Toxicosis in cattle from concurrent feeding of monensin and dried distiller's grains contaminated with macrolide antibiotics. *J. Vet. Diagn. Invest.* 11:79-86.
- Bastianello, S.S., McGregor, H.L., Penrith, M. and Fourie, N. 1996. A chronic cardiomyopathy in feedlot cattle attributed to toxic levels of salinomycin in the feed. *J. S. Afr. Vet. Assoc.* 67:38-41.
- Beacom, S.E., Mir, Z., Korsrud, G.O., Yates, W.D.G. and MacNiel, J.D. 1988. Effect of the feed additives chlortetracycline, monensin and lasalocid on feedlot performance of finishing cattle, liver lesions and tissue levels of chlortetracycline. *Can. J. Anim. Sci.* 68: 1131-1141.
- Beckett, S., Lean, I., Dyson, R. Tranter, W. and Wade, L. 1998. Effects of monensin on the reproduction, health and milk production of dairy cows. *J. Dairy. Sci.* 81:1563-1573.
- Benson, J.E., Ensley, S.M., Carson, T.L., Halbur, P.G., Janke, B.H. and Quinn, W.J. 1998. Lasalocid toxicosis in neonatal calves. *J. Vet. Diagn. Invest.* 10:210-214.
- Bergen, W.G. y Bates, D.B. 1984. Ionophores: Their effect on production efficiency and mode of action. *J. Anim. Sci.* 58:1465-1483.

- Berger, L.L., Ricke, S.G. and Fahey, G.C. Jr. 1981. Comparison of two forms and two levels of lasalocid with monensin on feedlot cattle performance. *J. Anim. Sci.* 53:1440-1445.
- Bogaert, C., Gomez, L. and Jouany, J.P. 1991. Effects of lasalocid and cationomycin on the digestion of plant cell wall in sheep. *Can. J. Anim. Sci.* 71:379-388.
- Branine, M.E. and Galyean, M.L. 1990. Effect of rotating monensin plus tylosin and lasalocid on performance, ruminal fermentation and site and extent of digestion in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 68:3069-3078.
- Bretschneider, G., Elizalde, J.C. and Pérez, F.A. 2008. The effect of feeding antibiotic growth promoters on the performance of beef cattle consuming forage-based diets: A review. *J. Liv. Sci.* 114:135-149.
- Calhoun, M. C., Carroll, L. J., Livinstong, C. W. y Shelton, M. 1979. Effect of dietary monensin on coccidial oocyst numbers, feedlot performance and carcass characteristics of lambs. *J. Anim. Sci.* 49: pp10- 19.
- Callaway, T.R., Edrington, T.S. Rychlik, J.L., Genovese, K.J., Poole, T.L., Jung, Y.S., Bischoff, K.M., Anderson, R.C. and Nisbet, D.J. 2003. Ionophores: Their use as ruminant growth promotants and impact on food safety. *Curr. Issues Intest. Microbial.* 4:43-51.
- Cannas, A.E., L.O.Tedeschi, D.G. Fox, A.N. Pell, and P.J. Van Soest. 2004. A mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological values for sheep. *Journal Animal Science.* 82 (1): 149-69. DOI: 10.2527 / 2004.821149x
- Casey, N.H., Wessels, R.H. and Meissner, H.H. 1994. Feedlot growth performance of steers on salinomycin, monensin and a daily rotation between the two. *J. S. Afr. Vet. Assoc.* 65(4):160-163.

- Chalupa, W., Rickabaugh, B., Kronfeld, D.S. and Sklan, D. 1984. Rumen fermentation in vitro as influenced by long chain fatty acids. *J. Dairy Sci.* 67:1439-1444.
- Chen, G. J., y J. B. Russell. 1991. Effect of monensin and a protenophore on protein degradation, peptide accumulation, and deamination by mixed ruminal microorganisms in vitro. *J. Anim. Sci.* 69:2196-2203.
- Cheng, K.-J., McAllister, T.A., Popp, J.D., Hristov, A.N., Mir, Z. and Shin, H.T. 1998. A review of bloat in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 76:299-308.
- Chow, J.M., van Kessel, J.S. and Russell, J.B. 1994. Binding of radiolabeled monensin and lasalocid to ruminal microorganisms and feed. *J. Anim. Sci.* 72:1630-1635.
- Clary, E.M., Brandt, R.T., Harmon, D.L. Jr. and Nagaraja, T.G. 1993. Supplemental fat and ionophores in finishing diets: Feedlot performance and ruminal digesta kinetics in steers. *J. Anim. Sci.* 71:3115-3123.
- Daniels, L., Sporling, R. and Sprott, G.D. 1984. The bioenergetics of methanogenesis. *Biochim. Biophys. Acta* 708:113-163.
- Daugherty, M. S., M. L. Galyean and M. Ortiz. 1982. Influence of monensin and vitamin B12 on growth, feed intake and feed efficiency of finishing lambs. *J. Anim. Sci.* 54:123-125.
- De Jong, A. and Berschauer, F. 1983. Adaptation effects of ionophores on rumen fermentation. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 13:67-70.
- Delfino, J., Mathison, G.W. and Smith, M.W. 1988. Effect of lasalocid on feedlot performance and energy partitioning in cattle. *J. Anim. Sci.* 66:136-150.
- Deppenbusch, B.E., Drouillard, J.S., Loe, E.R., Higgins, J.J., Corrigan, M.E. and Quinn, M.J. 2008. Efficacy of monensin and tylosin in finishing diets based on

steam-flaked corn with and without corn wet distillers grains with soluble. *J. Anim. Sci.* 86:2270-2276.

Dikeman, M.E. 2007. Effects of metabolic modifiers on carcass traits and meat quality. *Meat Sci.* 77:121-135.

Ding, J. Z. M. Zhou, L. P. Ren and Q. X. Meng. 2008. Effect of Monensin and Live Yeast Supplementation on Growth Performance, Nutrient Digestibility, Carcass Characteristics and Ruminant Fermentation Parameters in Lambs Fed Steam-flaked Corn-based Diets. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* Vol. 21, No. 4: pp 547 - 554

Dinius, D.A., Simpson, M.E. and Marsh, P.B. 1976. Effect of monensin fed with forage on digestion and the ruminal ecosystem of steers. *J. Anim. Sci.* 42:229-234.

Duffield, T.F., Rabiee, A.R. and Lean, I.J., 2008. A meta-analysis of the impact of monensin in lactating dairy cattle. Part 3. Health and reproduction. *J. Dairy. Sci.* 91:2328-2341.

Duxbury, J.M. and Mosier, A.R., 1993. Status and issues concerning agricultural emissions of greenhouse gases. In: *Agricultural Dimensions of Global Climate Change* (Ed. H. M. Kaiser and T. W. Drennen), St. Lucie Press, Delray Beach, FL. 229-258.

Elam, C.J., 1976. Acidosis in feedlot cattle: Practical observations. *J. Anim. Sci.* 43:898-901.

FAOSTAT, 2006. Animal production online database. Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO). <http://faostat.fao.org/default.aspx>.

Felix, T.L. and Loerch, S.C. 2011. Effects of haylage and monensin supplementation on performance, carcass characteristics, and ruminal metabolism of feedlot cattle fed diets containing 60% dried distillers grains. *J. Anim. Sci.* 89:2614-2623.

- Fujita, T., Itoh, T., Majima, H. and Sano, H. 2007. Influence of dietary salinomycin on feeding-induced variations of glucose kinetics and blood volatile fatty acids and insulin concentrations in sheep fed a high-roughage diet. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 20:365-372.
- Fuller, J.R. and Johnson, D.E. 1981. Monensin and lasalocid effects on fermentation in vitro. *J. Anim. Sci.* 53:1574-1580.
- Funk, M.A., Galyean, M.L. and Ross, T.T. 1986. Potassium and lasalocid effects on performance and digestion in lambs. *J. Anim. Sci.* 63:685-691.
- Gibb, D.J., Streeter, M., Schwartzkopf-Genswein, K.S. and McAllister, T.A. 2008. Performance and bunk attendance of cattle fed steamrolled or ground corn supplemented with laidlomycin and chlortetracycline or monensin and tylosin. *Can. J. Anim. Sci.* 88:499-506.
- Gilka J., Jelinek P., Jankov B., P. Kreji and J. Habrda. 1989. Carcass Traits and Meat Quality of Male Lambs Fed Monensin or Lasalocid. *Meat science* vol 25. Pp 265-272
- Gonzalez-Momita, M.L., Kawas, J.R., García-Castillo, R., Gonzalez-Morteo, C., Aguirre-Ortega, J., Hernandez-Vidal, G., Fimbres-Durazo, H., Picón-Rubio, F.J. and Lu, C.D. 2009. Nutrient intake, digestibility, mastication and ruminal fermentation of Pelibuey lambs fed finishing diets with ionophore (monensin or lasalocid) and sodium malate. *Small. Rumin. Res.* 83:1-6.
- Goodrich, R.D., Garrett, J.E., Gast, D.R., Kirick, M.A., Larson, D.A. and Meiske, J.C. 1984. Influence of monensin on the performance of cattle. *J. Anim. Sci.* 58:1484-1498.
- Greene, L.W., Schelling, G.T. and Byers, F.M. 1986. Effects of dietary monensin and potassium on apparent absorption of magnesium and other macro elements in sheep. *J. Anim. Sci.* 63:1960-1967.

- Grenet, E., Fonty, G., Jamot, J. and Bonnefoy, F. 1989. Influence of diet and monensin on development of anaerobic fungi in the rumen, duodenum, caecum and faeces of cows. *Appl. Environ. Microbiol.* 55:2360-2364.
- Griffiths, J.D., Lyle, A.D., Marais, J.P. and Louw, B.P. 1999. The Influence of stocking rate, growth implant, energy and ionophore supplementation on the performance of weaner wethers grazing irrigated Italian Ryegrass (*Lolium multiflorum*). *S. Afr. J. Anim. Sci.* 29:74-82.
- Hardin, D.R. and Randall, R.D., 1983. Effects of monensin on post-partum interval to first oestrus and serum response to 0, 1, 2 or 4mg estradiol-17 $\beta$  at 21 days
- Henderson, C., Stewart, C.S. and Nekrep, F.V., 1981. The effect of monensin on pure culture and mixed cultures of rumen bacteria. *J. Appl. Bact.* 51:159-169.
- Heydari K.H., Daniri N., Fayazi J. and Roshanfekr H. 2008. Effect of ionophore, monensin and lasalocid on performance and carcass characteristics in fattening Arabi lambs. *Pakistan J. Nutr.* 7, 81-84.
- Heydari, K.H., Dabiri, N., Fayazi, J. and Roshanfekr, H. 2008. Effects of ionophores monensin and lasalocid on performance and carcass characteristics in fattening Arabi lambs. *Pak. J. Nutri.* 7:81-84.
- Hillaire, M.-C., Jouany, J.P., Gaboyard, C. and Jeminet, G. 1980. *In vitro* study of the effect of different ionophores antibiotics and of certain derivatives on rumen fermentation and on protein nitrogen degradation. *Reprod. Nutr. Dev.* 29:247-257.
- Hopman, B. and Weber, D.W. 1986. Effects of lasalocid on fall-calving beef cows. *J. Anim. Sci.* 63:1722-1727.
- Horton G.M., E. H. Keeler and K. A. Bassendowski. 1981. Performance of lambs and steers given monensin with different levels of barley. *Animal Production*, 32, pp 267-274

- Huerta M. 2012. Requerimientos nutricionales de ovinos Pelibuey y de lana. II Congreso Latinoamericano de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos XI Congreso Nacional de Producción Ovina, pp1-16.
- Jarrell, K.F. and Sprott, G.D. 1983. The effects of ionophores and metabolic inhibitors on methanogenesis and energy-related properties of *Methanobacterium bryantii*. Arch. Biochem. Biophys. 225:33-41.
- Johnson, D.E., Ward, G.M. and Ramsey, J.J. 1996. Livestock methane: Current emissions and mitigation potential. In: Nutrient management of food animals to enhance and protect the environment (Ed. E. T. Kornegay). Lewis Publishers, New York, NY. 219-234.
- Johnson, K.A. and Johnson, D.E. 1995. Methane emissions from cattle. J. Anim. Sci. 73:2483-2492.
- Joyner A. E., Brown L. J., Fogg. T. J. y Rossi, R. T. 1979. Effect of monensin on growth, feed efficiency and energy metabolism of lambs. J. Anim. Sci. 48: 1063-1069.
- Kart, A. and Bilgili, A., 2008. Ionophore antibiotics: Toxicity, mode of action and neurotoxic aspect of carboxylic ionophores. J. Anim. Vet. Adv. 7 (6): 748-751.
- Katz, M.P., Nagaraja, T.G. and Fina, L.R., 1986. Ruminant changes in monensin and lasalocid-fed cattle grazing bloat-provocative alfalfa pasture. J. Anim. Sci. 63:1246-1257.
- Khan, S.J., Roser, D.J., Davies, C.M. Peters, G.M., Stuetz, R.M., Tucker, R and Ashbolt, N.J. 2008. Chemical contaminants in feedlot wastes: Concentrations, effects and attenuation. Environ. Int. 34:839-859.
- Kirk, D.J., Fontenot, J.P. and Rahnema, S. 1993. Effects of feeding lasalocid and monensin on digestive tract flow and partial absorption of minerals in sheep. J. Anim. Sci. 72:1029-1037.

- Kirk, D.J., Greene, L.W., Schelling, G.T. and Byers, F.M. 1985. Effects of monensin on Mg, Ca, P and Zn metabolism and tissue concentrations in lambs. *J. Anim. Sci.* 60:1485-1490.
- Korshidi, K.J., Karimnia, A., Gharaveisi, S. and Kioumars, H. 2008. The effect of monensin and supplemental fat on growth performance, blood metabolites and commercial productivity of Zel lamb. *Pak. J. Biol. Sci.* 11:2395-2400.
- Lana, R. P., Fox, D.G., Russell, J.B. and Perry, T. C. 1997. Influence of monensin on Holstein steers fed high-concentrate diets containing soybean meal or urea. *J. Anim. Sci.* 75:2571-2579.
- Leng, R.A., Nolan, J.V., Cumming, G., Edwards, S.R. and Graham, C.A. 1984. The effects of monensin on the pool size and turnover rate of protozoa in the rumen of sheep. *J. Agric. Sci. Camb.* 102:609-613.
- Leuning, R., Baker, S.K., Jamie, I.M., Hsu, C.H., Klein, L., Denmead, O.T. and Griffith, D.W.T. 1998. Methane emission from free-ranging sheep: A comparison of two measurements methods. *Atmos. Environ.* 33:1357-1365.
- López P. y Salud R. (2000). Tecnología para la evaluación objetiva de las canales de animales de abasto. Volumen 1 pp. 5,6,7.
- Maas, J.A., Wilson, G.F., McCutcheon, S.S., Lynch, G.A., Burnham, D.L and France, J., 2001. The effect of season and monensin sodium on the digestive characteristics of autumn and spring pasture fed to sheep. *J. Anim. Sci.* 79:1052-1058.
- Macedo, R y V. Arredondo. 2008. Efecto del sexo, tipo de nacimiento y lactancia sobre el crecimiento de ovinos pelibuey en manejo intensivo. *Arch. Zootec.* 57 (218): 219-228.
- Macías-Cruz U, FD Álvarez-Valenzuela, J Rodríguez-García, A Correa-Calderón, NG Torrentera-Olivera, L Molina-Ramírez, L Avendaño-Reyes. 2010.

Crecimiento y características de canal en corderos Pelibuey puros y cruzados F1 razas Dorper y Katahdin en confinamiento. Arch Med Vet 42, 147-154

Manriquez-Nuñez, .O.M., 2005. Efecto de la suplementación de Monensina Sodica en dietas para ovinos Pelibuey. Tesis para obtener el grado Maestro en Ciencias. Mexicali, Baja California; Mexico.

Marounek, M., Petr, O. and Machanova, L., 1990. Effect of monensin on in vitro fermentation of maize starch by hindgut contents of cattle. J. Agric. Sci., Cambridge. 115:389-392.

Martini, M., Verità, P., Cecchi, F. and Cianci, D., 1996. Monensin sodium use in lambs from the second week of life to slaughter at 105 days. Small Rumin. Res. 20:1-8.

Matabudul, D.K., Conway, B., Lumley, I.D. and Sumar, S., 2001. The simultaneous determination of the ionophore antibiotics in animal tissue and eggs by tandem spectrometry LC-MS-MS. Food Chem. 75:345-354.

Matabudul, D.K., Lumley, I.D. and Points, J.S., 2002. The determination of five anticoccidial drugs (nicarbazin, lasalocid, monensin, salinomycin and narasin) in animal livers and eggs by liquid chromatography linked with tandem mass spectrometry (LC-MS-MS). Analyst. 127:760-768.

Mbanzamihigo, L., van Nevel, C.J. and Demeyer, D.I., 1996. Lasting effects of monensin on rumen and caecal fermentation in sheep fed a high grain diet. Anim. Feed Sci. Technol. 62:215-228.

McAllister, T.A., Annett, C.B., Olson, M.E., Morck, D.W. and Cheng, K.-J., 1996. Effects of salinomycin on gardiasis and coccidiosis in growing lambs. J. Anim. Sci. 74:2896-2903.

McClure, W.H., Fontenot, J.D., Webb, K.E. and Lucas, D.M., 1980. Feedlot performance of cattle fed different salinomycin levels. J. Anim. Sci. 51(Suppl. 1): 380.

- McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D. and Morgan, C.A., 2002. Animal Nutrition. Pearson Education Limited. Edinburgh Gate, Harlow, Essex CM20JE, England.
- McGuffey, R.K., Richardson, L.F. and Wilkinson, J.I.D., 2001. Ionophores for dairy cattle: current status and future outlook. *J. Dairy. Sci.* 84:194-203.
- Merchen, N.R. and Berger, L.L., 1985. Effect of salinomycin level on nutrient digestibility and ruminal characteristics of sheep and feedlot performance of cattle. *J. Anim. Sci.* 60:1338-1346.
- Moss, A.R., Jounay, J.P. and Newbold, J., 2000. Methane production by ruminants: its contribution to global warming. *Ann. Zootech.* 49:231-253.
- Moura, L.V., Oliveira, E.R., Fernandes, A.R.M., Gabriel, A.M.A., Silva, L.H.X., Takiya, C.S., Consolo, N.R.B., Rodrigues, G.C.G, Lemos, Tha'is, Gandra, J.R. 2017. Feed efficiency and carcass traits of feedlot lambs supplemented either monensin or increasing doses of copaiba (*Copaifera* spp.) essential oil. *Animal Feed Science and Technology* pp56-65.
- Muhammed, G., Saqib, M. and Naureen, A., 2008. Acute pulmonary emphysema cum pulmonary edema apparently associated with feeding of *Brassica juncea* in a dairy buffalo. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* 34: 299-301
- Muntifering, R.B., Theurer, B. and Noon, T.H., 1981. Effects of monensin on site and extent of whole corn digestion and bacterial protein synthesis in beef steers. *J. Anim. Sci.* 53:1565-1573. Muirhead, S., 1987. Ionophore rotation programme results in improved performance. *Feedstuffs* 58:1565-1573.
- Mwenya, B., Sar, C., Santose, B., Kobayashi, T., Morikawa, R., Takaura, K., Umetsu, K., Kogawa, S., Kimura, K., Mizukishi, H. and Takahashi, J., 2005. Comparing the effects of  $\beta$  1-4 galacto-oligosaccharides and L-cysteine to monensin on energy and nitrogen utilization in steers fed a very high concentrate diet. *Anim. Feed Sci. Technol.* 118:19-30.

- Nagaraja, T.G. and Chengappa, M.M., 1998. Liver abscesses in feedlot cattle: A review. *J. Anim. Sci.* 76:287-298.
- Nagaraja, T.G. and Taylor, M.B., 1987. Susceptability and resistance of ruminal bacteria to antimicrobial feed additives. *Appl. Environ. Microbiol.* 53:1620-1625.
- Nagaraja, T.G., 1995. *Biotechnology in animal feeds and animal feeding.* VCH Publishers Inc., N.Y., USA.
- Nagaraja, T.G., Avery, T.B., Bartley, E.E., Galitzer, S.J. and Dayton, A.D., 1981. Prevention of lactic acidosis in cattle by lasalocid or monensin. *J. Anim Sci.* 53:206-216.
- Nagaraja, T.G., Avery, T.B., Bartley, E.E., Roof, S.K. and Dayton, A.D., 1982. Effect of lasalocid, monensin or thiopeptin on lactic acidosis in cattle. *J. Anim Sci.* 54:649-658.
- Neto, G.B., Berndt, A., Nogueira, J.C. and Demarchi, J.J.A.A., 2009. Volatile fatty acids in cattle supplemented with protein-enriched salt and sodium monensin. *S.A. J. Anim. Sci.* 39:284-288.
- Newsholme, S.J., Howerth, E.W., Bastianello, S.S., Prozesky, L. and Minné, J.A., 1983. Fatal cardiomyopathy in feedlot sheep attributed to monensin toxicosis. *J. S. A. Vet. Assoc.* 54:29-32.
- Nocerini, M.R., Honeyfield, D.C., Carlson, J.R. and Breeze, R.G., 1985. Reduction of methylindole production and prevention of acute bovine pulmonary edema and emphysema with lasalocid. *J. Anim. Sci.* 60:232-238.
- Nockels, C. F., Jackson. D. W. y Berry, B. W. 1978. Optimum level of monensin for fattening lambs. *J. Anim. Sci.* 47: pp 788-790.
- NOM-050-ZOO-1995-SAGARPA. Características y especificaciones zoosanitarias para las instalaciones, equipo y operación de unidades de producción

controlada para ganado rumiante. Apéndice VI. Unidades de producción controlada para ganado de engorda. Diario Oficial de la Federación.

Olumeyan, D.B., Nagaraja, T.G., Miller, G.W., Frey, R.A. and Boyer, J.E., 1986. Rumen microbial changes in cattle fed diets with or without salinomycin. *App. Environ. Microbiol.*, Feb. 1986:340-345.

Oscar, T.P., Spears, J.W. and Shih, J.C.H., 1987. Performance, methanogenesis and nitrogen metabolism of finishing steers fed monensin and nickel. *J. Anim. Sci.* 64:887-896.

Owens, F.N., Gill, D.R., Weekly, D.C. and Lucas, D.M., 1982. Salinomycin levels for feedlot steers. *J. Anim. Sci.* 55:448.

Owens, F.N., Secrist, D.S., Hill, W.J. and Gill, D.R., 1998. Acidosis in cattle: a review *J. Anim. Sci.* 76:275-286.

Owens, F.N., Zorilla-Rios, J. and Dubeski, P., 1991. Effects of ionophores on metabolism, growth, body composition and meat quality. Ch. 11 in: *Growth regulation in farm animals – Advances in meat research*, Vol. 7. Edited by A.M. Pearson and T.R. Dutson, London and New York: Elsevier Applied Science, p321.

Page, S.W., 2003. *The Role of Enteric Antibiotics in Livestock Production*. Prepared for Avcare Limited, Level 2, AMP Building, 1 Hobart Place, Locked Bag 916, Canberra ACT, 2601, Australia.

Parker, D.S. and Armstrong, D.G., 1987. Antibiotic feed additives and livestock production. *Proc. Nutr. Soc.* 46:415-421.

Perry, T.W., Beeson, W.M. and Mohler, M.T., 1976. Effect of monensin on beef cattle performance. *J. Anim. Sci.* 42:761-765.

- Phy, T.S. and Provenza, F.D., 1998. Eating barley too frequently or in excess decreases lambs` preference for barley but sodium bicarbonate and lasalocid attenuate the response. *J. Anim. Sci.* 76:1578-1583.
- Potter E.L., Raun A.P., Cooley C.O., Rathmacher R.P. and Richardson L.F. 1976. Effect of monensin on carcass characteristics, carcass composition and efficiency of converting feed to carcass. *J. Anim. Sci.* 43, 678-683.
- Potter, E. L., A. R. Raun, C. O. Cooley, R. P. Rathmacher and L. F. Richardson. 1976. Effect of monensin on carcass characteristics, carcass composition and efficiency of converting feed to carcass. *J. Anim. Sci.* 43:678-683.
- Potter, E.L., Van Duyn, R.L. and Cooley, C.O., 1984. Monensin toxicity in cattle. *J. Anim. Sci.* 58:1499-1511.
- Price, M.M., Einkamerer, O.B., de Witt, F.H., Greyling, J.P.C. and Fair, M.D., 2009. The effect of dietary ionophores on feedlot performance of lambs. *S.A. J. Anim. Sci.* 39:141-144.
- Price, M.M., O.B. Einkamerer, F.H. de Witt, P.C. Greyling and M.D. Fai. 2011. The effect of different levels of monensin on feedlot performance of lambs. *South African Journal of Animal Science.* 41 (09):181-187
- Quinn, M.J., May, M.L., Hales, K.E., DiLorenzo, N., Leibovich, J., Smith, D.R. and Galyean, M.L., 2009. Effects of ionophores and antibiotics on in vitro hydrogen sulfide production, dry matter disappearance, and total gas production in cultures with a steam-flaked corn-based substrate with or without added sulphur. *J. Anim. Sci.* 87:1705-1713.
- Ramos J, Elias AJ, Herrera FH. 2006. Procesos para la producción de un alimento energético-proteico para animales. Efecto de cuatro fuentes energéticas en la fermentación en estado sólido (FES) de la caña de azúcar. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 40: 51-58.

- Rangel y Núñez. 1992. Instituto Tecnológicos de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Querétaro.
- Richardson, L.F., Raun, A.P., Potter, E.L., Cooley, C.O. and Rathmacher, R.P., 1976. Effect of monensin on rumen fermentation in vitro and in vivo. *J. Anim. Sci.* 43:657-664.
- Ricke, S.C., Berger, L.L., van der Aar, P.J. and Fahey, G.C. Jr., 1984. Effects of lasalocid and monensin on nutrient digestion, metabolism and rumen characteristics of sheep. *J. Anim. Sci.* 58:194-202.
- Rogers, M., Jouany, J.P., Thivend, P. and Fontenot, J.P., 1997. The effects of short-term and long-term monensin supplementation, and its subsequent withdrawal on digestion in sheep. *Anim. Feed Sci. Technol.* 65: 113-127.
- Rowghani E. MJ Zamiri y SR Ebrahimi, 2006. Efectos de la monensina y la tiamina y sus combinaciones sobre el rendimiento del lote de alimentación, la glucosa en sangre, los niveles de BUN y las características de la canal de los corderos Mehraban alimentados con una dieta alta en concentrados. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 9: 2835-2840.
- Ruiz, R., Albrecht, G.L., Tedeschi, L.O., Jarvis, G., Russell, J.B. and Fox, D.G., 2001. Effect of monensin on the performance and nitrogen utilization of lactating dairy cows consuming fresh forage. *J. Dairy Sci.* 84:1717-1727.
- Rumsey, T.S., 1984. Monensin in cattle: Introduction. *J. Anim. Sci.* 58:1461-1464.
- Russell, J.B. and Strobel, H.J., 1989. Effect of ionophores on ruminal fermentation. *Appl. Environ. Microbiol.* 55:1-6.
- Sadeghi S., S.A. Rafat, J. Shodja and H. Amanlo. 2015. Effects of Gender and Dietary Ionophores on Growth Performance and Carcass Characteristics in Moghani Lambs. *Iranian Journal of applied animal Science*.pp. 95-99

- Salinas-Chavira J., L. A. García-Barrera, H. Cruz-Bautista, M. F. Montaña-Gómez and J. F. Calderón-Cortés. 2005a. Effect of Ionophore Supplementation and Trembolone Implant on Growth and Carcass Characteristics of Lambs, *Journal of Applied Animal Research*,
- Salinas-Chavira J., R. G. Ramírez, E. L. de Lara-Pedroza, M. González-Suárez and M. Domínguez-Muñoz. 2005b. Influence of Monensin and Salinomycin on Growth and Carcass Characteristics in Pelibuey Lambs, *Journal of Applied Animal Research*, 28:2, 93-96
- Salinas-Chavira, J., Lara-Juarez, A., Gil-González, A., Jimenez-Castro, J., Garcia-Castillo, R. and Ramírez-Bribiesca, E., 2010. Effect of breed type and ionophores supplementation on growth and carcass characteristics in feedlot hair lambs. *R. Bras. Zootec.* 39:633-637.
- SAS, 1999. SAS® User's Guide. Version 9.2 SAS Institute Inc., Cary, N.C., USA.
- Schelling, G.T., 1984. Monensin mode of action in the rumen. *J. Anim. Sci.* 58:1518-1527.
- Sharrow S.H., DL Thomas, WH Kennick. 1981. Effect of monensin on the performance of froage fed Lambs, *Journal of Animal Science*, Vol. 53, Núm. 4, pp 869–872
- Shelling, GE: M.Jr. and R.E. Toker. 1980. Nitrogen utilization and fiber digestibility in growing steers food a low protein diet with monensin. *J. Anim. Sci.* 48:144.
- Smith, G. C., D. B. Griffin, and J. H. Kenneth. 2001. Meat evaluation handbook revision committee. American Meat Science Association, USA. 117-137.
- Soares S. B, Ferreira F. G, Garcia P. I., Oliveira A.D., Rodriguez S. G., Amélia Katiane A. A., Macedo L. C., Barbosa S. J. 2012. Performance, carcass characteristics and non-carcass components of Texel x Santa Inês lambs fed fat sources and monensin. *R. Bras. Zootec.* v.41, n.2, p.421-431.

- Song, M.K., Li, X.Z., Oh, Y.K., Lee, C. and Hyun, Y. 2011. Control of methane emission in ruminants and industrial application of biogas from livestock manure in Korea. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 24:130-136.
- Spears, J.W., Schrick, B.R. and Burns, J.C. 1989. Influence of lysocellin and monensin on mineral metabolism of steers fed forage-based diets. *J. Anim. Sci.* 67:2140-2149.
- Sprott, L.R., Goehring, T.B., Beverly, J.R. and Corah, L.R. 1988. Effects of ionophores on cow herd production: a review. *J. Anim. Sci.* 66:1340-1346.
- Stock, R.A., Laudert, S.B., Stroup, W.W., Larson, E.M., Parrot, J.C. and Britton, R.A. 1994. Effect of monensin and tylosin combination on feed intake variation of feedlot steers. *J. Anim. Sci.* 73:39-44.
- Surber, L.M.M. and Bowman, J.G.P. 1998. Monensin effects on digestion of corn or barley high-concentrate diets. *J. Anim. Sci.* 76:1945-1954.
- Tamminga, S. 1979. Protein degradation in the forestomachs of ruminants. *J. Anim. Sci.* 49:1615-1627.
- Tedeschi, L. O., D. G. Fox, and T. P. Tylutki. 2003. Potential environmental benefits of ionophores in ruminant diets. *J. Environ. Qual.* 32:1591-1602.
- Thomas, V. M., McInerney, M.J., Ayers, E. and Kott, R. 1990. Influence of lasalocid and supplement level on productivity of gestating ewes grazing winter range. *J. Anim. Sci.* 68:1530-1535.
- Thornton, J.H. and Owens, F.N. 1981. Monensin supplementation and in vivo methane production by steers. *J. Anim. Sci.* 52:628-634.
- USDA, 1992. Official United States Standards for grades of lamb, yearling mutton and mutton carcasses. U.S.D.A., A.M.S., L.S.D., EUA.

- Van Nevel, C.J. and Demeyer, D.I. 1977. Effect of monensin on rumen metabolism in vitro. *Appl. Environ. Microbiol.* 34:251-257.
- Van Ryssen, J.B.J., 1991. Effect of monensin and its metabolites in broiler litter on sheep consuming the broiler litter. *S.A. Vet. Ass.* 62:94-99.
- Van Vuuren, B.G.J. and Nel, J.W. 1983. Die invloed van monensin op die doeltreffendheid van voeromset, karkaseienskappe en die voorkoms van koksidiose by lammers. *S. Afr. Tydskr. Veek.* 13:87-90.
- Virkel, G., Lifschitz, A., Sallovitz, J., Inza, G. and Lanusse, C. 2004. Effect of the ionophores antibiotic monensin on the ruminal biotransformation of benzimidazole anthelmintics. *Vet. J.* 167:265-271.
- Ward, M.G., Adams, D.C., Wallace, J.D., Galyean, M.I. and Bradford, W.K. 1990. Supplementation and monensin effects on digesta kinetics. I. Cattle grazing summer range. *J. Range Man.* 43:378-386.
- Webb, S.M., Lewis, A.W., Neuendorff, D.A. and Randel, R.D., 2001. Effects of dietary rice bran, lasalocid, and sex of calf on postpartum reproduction in Brahman cows. *J. Anim. Sci.* 79:2968-2974.
- Wessels, R. H. 1993. Effect of salinomycin and monensin on growth and rumen function. *M.Sc. Agric. Production Physiology.* University of Pretoria.
- Wessels, R.H., Titgemeyer, E.C., Armendariz, C.K. and Jean, G. ST. 1996. Lasalocid effects on ruminal degradation of protein and postruminal supply of amino acids in Holstein steers. *J. Dairy Sci.* 79:1802-1808.
- White, D.R. and McGuffey, R.K. 2006. Microbial Sensitivity to Monensin. Scientific update from Elanco Animal Health. Elanco Animal Health, A Division of Eli Lilly and Company, 2001 West Main Street, Greenfield, Indiana 46140.

- Yang, C.M.J. and Russell, J.B 1993. Effect of monensin on the specific activity of ammonia production and disappearance of amino nitrogen from the rumen. *Appl. Environ. Microbiol.* 59: 3250-3254.
- Zinn, R.A. and Borques, J.L. 1993. Influence of sodium bicarbonate and monensin on utilization of a fat-supplemented, high-energy growing-finishing diet by feedlot steers. *J. Anim. Sci.* 71:18-25.
- Zinn, R.A. 1986a. Effect of salinomycin supplementation on characteristics of digestion and feedlot performance of cattle. *J. Anim. Sci.* 63:1996-2004.
- Zinn, R.A. 1986b. Influence of forage level on response of feedlot steers to salinomycin supplementation. *J. Anim. Sci.* 63: 2005-2012.
- Zinn, R.A. Plascencia, A. and Barajas, R., 1994. Interaction of forage level and monensin in diets for feedlot cattle on growth performance and digestive function. *J. Anim. Sci.* 72: 2209-2215.