

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
INSTITUTO EN INVESTIGACIONES EN CIENCIAS VETERINARIAS



"Influencia de la Suplementación de Lasalocida y Monensina Sódica en Dietas de Finalización para Vaquillas de Engorda en Altas Temperaturas: Productividad y Características de la Canal"

TESIS

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

PRESENTA:

MVZ. BEATRIZ ISABEL CASTRO PÉREZ

DIRECTOR DE TESIS:

DR. ALEJANDRO PLASCENCIA JORQUERA

Co-director: DR. ALFREDO ESTRADA ANGULO

ASESORES:

MC. MARÍA ALEJANDRA LOPEZ SOTO

Dr. JOSÉ FERNANDO CALDERÓN CORTÉS

Enero de 2010

Influencia de la Suplementación de Lasalocida y Monensina Sódica en Dietas de Finalización para Vaquillas de Engorda en altas temperaturas: Productividad y Características de la canal. Tesis presentada por MVZ. Beatriz Isabel Castro Pérez como requisito para obtener el grado de Maestra en Ciencias Veterinarias que ha sido aprobada por el comité particular indicado.

Dr. Alejandro Plascencia Jorquera
Director principal/

Dr. Alfredo Estrada Angulo
Co-Director/

Asesor/
Dr. José Fernando Calderón Cortés

Asesor/
MC. María Alejandra López Soto

Mexicali Baja California, Enero de 2010

Lugar y fecha

Agradecimientos

A Dios – por darme la oportunidad de vivir todos estos momentos y disfrutar cada una de las etapas de la vida así como hasta hoy lo eh hecho, guiándome por un buen camino de preparación para enfrentar la vida. Por darme fuerzas para lograr mis metas y sobre llevar todas las adversidades que se presentan ; así como darme la dicha de celebrar mis triunfos y la sabiduría para reconocer mis errores y así crecer aun mas junto con aquellas personas a las que amo y admiro ; mis familiares, y amigos.

A mis padres.- José Alfonso Castro González y Alma Beatriz Pérez Fernández Por darme la vida y enseñarme paso a paso como ir construyendo mi propio camino, les agradezco con el alma que me han dejado cometer mis propios errores, pero siempre con su mirada de aliento y sus palabras me han hecho confiar en mí y tomar mis propias decisiones como es seguir preparándome.

En especial **A mi madre** Beatriz Pérez por su apoyo incondicional y cariño durante toda mi vida que gracias a su ejemplo y dedicación pude sacar adelante uno de mis grandes sueños y anhelos, estudiar un posgrado.

A mi hermano .- José Alfonso, por ser mi compañero y por compartir tu vida y a tus padres conmigo te dedico mis triunfos y te agradezco tu cariño y confianza siempre en los momentos difíciles., por ser una pieza clave para que yo pudiera seguir estudiando y cumplir mis metas a mediano plazo; una maestría y en futuro un doctorado. A tu esposa María Fernanda Arreola por ser parte de nuestra familia todo se puede lograr sin importar lo difícil que parezca con mucha fe y amor.

A mis tres pilares.-Mi abuelita Lola, mis tías Charo y Sandra, por ser quienes nos ah inculcado lo importante que es la realización profesional, y con su gran amor

y

paciencia nos han enseñado que todo lo que nos proponemos si lo realizamos con fuerza, dedicación; se logra si se desea con el corazón.

A mis Familiares.- Lola y Heidi Por ser como mis hermanas, siempre apoyándome en mis decisiones además de ser 2 grandes amigas que creyeron en mi y que lograría mis objetivos. En especial a mis primos Horacio, Ruben y todos mis familiares que son muy importantes en mi vida

A todos mis maestros.- Dr. Alejandro Plascencia por ser un guía con una excelente preparación y sabiduría que con sus conocimientos me enseñó a aprender de mis errores y planear mi futuro para lograr mis objetivos. MC. Alejandra López que con su respeto y amor a la profesión me enseñó que todo se puede lograr trabajando fuerte y poniendo el corazón, pero siempre con responsabilidad y soñando en grande aun cuando existen obstáculos se puede lograr; mi cariño, admiración y agradecimiento siempre. Dr. Calderón, Dr. Barreras; muchas gracias.

Con cariño al Dr. Alfredo Estrada Angulo y Dr. Francisco Ríos gracias por depositar su confianza en mí y paciencia no los voy a defraudar les agradezco tanto tiempo de amistad y sobre todo dedicación.

A mis queridos amigos.- Horacio, Juan Carlos, Rosalba, Michel, Delia, Alex, Yuri, María, Bere, Yissel, Gerardo, Angélica, Carlos, Octavio, Chirino, Isidro y todos mis amigos de Culiacán; gracias por el apoyo incondicional cada uno forma parte de mi formación les agradezco el cariño que me brindaron en estos años, por confiar en mí para ellos mi AMOR y AMISTAD por siempre. Todo lo que nos propongamos hay que culminarlo con responsabilidad y sobre todo mucho **corazón**.

Contenido

	Pág.
Lista de Cuadros.....	i
Lista de Figuras	ii
Resumen.....	1
Abstract	2
Introducción.....	3
Hipótesis.....	5
Revisión de Literatura.....	6
<i>Mecanismo de acción de los Ionóforos.....</i>	<i>6</i>
<i>Efecto de los Ionóforos en población de microorganismos ruminales</i>	<i>8</i>
<i>Influencia sobre el consumo de materia seca (CMS), ganancia diaria de</i>	
<i>peso (GDP), eficiencia alimenticia y EN de la dieta.....</i>	<i>9</i>
<i>Efecto del estrés por calor en bovinos de engorda.....</i>	<i>11</i>
<i>Medio ambiente y entorno animal.....</i>	<i>12</i>
<i>Temperatura ambiental.....</i>	<i>13</i>
<i>Índice de temperatura y humedad.....</i>	<i>13</i>
Materiales y Métodos.....	14
<i>Localización del área donde se llevó a cabo el estudio.....</i>	<i>14</i>
<i>Características de los aditivos utilizados.....</i>	<i>14</i>
<i>Características de las unidades experimentales.....</i>	<i>14</i>
<i>Tratamientos.....</i>	<i>15</i>
<i>Desarrollo experimental.....</i>	<i>15</i>
<i>Medición de las características de la canal.....</i>	<i>18</i>
<i>Variables evaluadas y cálculos realizados.....</i>	<i>18</i>
<i>Diseño experimental y análisis estadístico.....</i>	<i>20</i>
Resultados y Discusión.....	21
<i>Condiciones ambientales.....</i>	<i>21</i>
<i>Comportamiento.....</i>	<i>21</i>
<i>Características de la canal.....</i>	<i>24</i>
Conclusiones.....	25
Literatura Citada	33

Lista de Cuadros

Cuadro		Pág.
1	Influencia de ionóforos sobre CMS, GDP, CA en corrales de engorda	10
2	Composición en base seca de la dieta basal consumida por las vaquillas	16
3	Promedios de temperatura ambiental (Ta), humedad relativa (RH), índice de temperatura y humedad (THI), velocidad del viento (WS) y radiación solar (SR) registrada durante el experimento.	26
4	Los efectos de los tratamientos sobre el comportamiento del ganado y la EN observada de la dieta.	27
5	Efecto de los tratamientos sobre las características de la canal.	29

Lista de Figuras

Figura		Pág.
1	Efecto de monensina (M) y flujo de Iones	7
2	Ionóforos y densidad energética de la dieta	11
3	Patrones de consumo de materia seca durante los días de prueba.	30
4	Consumo de materia seca vs. índice de temperatura y humedad (THI).	31
5	Comportamiento promedio del tratamiento por THI.	32

RESUMEN: Cuarenta y ocho vaquillas (381 ± 17 Kg) cruza cebú x europeo se utilizaron en un diseño de bloques completos al azar en una prueba de comportamiento con una duración de 56 días con el fin de evaluar el uso de la adición de dos diferentes tipos de ionóforos sobre comportamiento productivo y características de la canal expuestas a altas temperaturas ambientales. Los tratamientos fueron: 1) dieta basal sin ionóforo (T), 2) dieta basal + 30mg. de monensina sódica/kg de Alimento (MON-30), 3) dieta basal + 20mg de lasalocida/kg de alimento (BOV-20) o 4) dieta basal + 30mg de lasalocida/kg de alimento (BOV-30). Aún cuando no se detectó diferencia estadística ($P > 0.05$) entre los tratamientos sobre el consumo de MS, ganancia diaria, eficiencia alimenticia, EN de la dieta o la retención aparente de energía por unidad de MS; el tratamiento BOV-30 fue numéricamente mayor en ganancia (13.3 y 7.3%), eficiencia alimenticia (9.0 y 4.0%) y EN de la dieta (4.8 y 2.1%) comparado con el grupo testigo y el grupo MON-30. Cuando el THI fue menor a 76, el grupo testigo tendió a consumir más que aquellos que recibieron ionóforos, sin embargo, se igualó al grupo BOV-30 cuando el THI fue de 77, y a los grupos BOV-20 y MON-30 cuando el THI alcanzó el valor de 79. Al incrementarse el valor de THI sobre 79, el grupo testigo tendió a consumir menos que aquellos grupos suplementados con ionóforo. No se detectaron efectos de los tratamientos sobre las características de la canal. La utilización de ionóforos en ganado sometido a ambientes con altas temperaturas (THI > 79) puede aliviar la disminución e irregularidad del consumo tendiendo a mejorar el comportamientos productivo. BOV-30 mostró los mejores resultados en este rubro.

Palabras clave: Bovinos, Ionofóros, Comportamiento, Canal, Corral, THI.

ABSTRACT: Forty-eight heifers (381 ± 17 kg) crosses Zebu x European (approximately 15% zebu and the rest Hereford, Angus and Charolais in different proportions), were used in a randomized block design trial of 56 days in order to evaluate the use of two different ionophores on cattle performance and carcass characteristics subjected to high ambient temperatures. The treatments were: T1 = basal diet without ionophore (Control); T2 = basal diet + 30 mg. Monensin sodium / kg feed (MON-30); T3 = basal diet + Lasalocid 20mg / kg feed (BOV-20); T4 = basal diet + Lasalocid 30mg / kg feed (BOV-30). No statistical difference was detected ($P > 0.05$) between treatments on DM intake, daily gain, feed efficiency, dietary NE or energy retention per DM unit; BOV-30 treatment was numerically higher in weight gain (13.3 and 7.3%), feed efficiency (9.0 and 4.0%) and dietary NE (4.8 and 2.1%) compared with the control group and the group MON-30. When the THI was less than 76, the control group tended to consume more than those receiving ionophores, however, the group matched BOV-30 when the THI was 77, and to groups BOV-20 and MON-30 when the value of THI reached 79. By increasing the value of THI over 79, the control group tended to consume less than those groups supplemented with ionophore. We detected no effects of treatments on carcass characteristics. The absence of effects on the carcass with monensin or lasalocid supplementation is a common response. The use of ionophores in cattle subjected to high temperature environments ($\text{THI} > 79$) may alleviate the reduction and irregularity in feed consumption, tending to improve productive performance. BOV-30 showed best result in this trial.

Keywords: Bovine, Ionophores, performance, carcass, cattle, THI

Introducción

En los últimos años la industria ganadera ha buscado alternativas para mejorar la productividad y a su vez hacer más eficiente la industria ganadera; una de estas alternativas es la utilización de aditivos, los cuales son sustancias que no tienen valor nutricional sin embargo mejoran la eficiencia alimenticia.

Los ionóforos son aditivos alimenticios que se han utilizado desde la década de los 70's principalmente en rumiantes. Los efectos de los ionóforos en estas especies son diversos y variables, debido a las diferencias entre animales, dietas, condición corporal, entre otros factores.

La suplementación en la alimentación de ganado con monensina o lasalocida comúnmente provocan una mejora en la eficiencia alimenticia (Berger et al., 1981; Delfino et al., 1988), como consecuencia a un cambio en la fermentación ruminal incrementando la proporción de propionato y disminuyendo la proporción de acetato (Bergen y Bates, 1984, Russell y Strobel, 1988). Sin embargo estudios han demostrado (Erickson et al., 2004), que la adición de monensina sódica en dietas para ganado de finalización tiende a disminuir más el consumo que los suplementados con lasalocida (Zinn, 1987; NRC, 1999). Por lo anterior la dosis de monensina está limitada o se recomienda suspenderlo cuando el animal se encuentre bajo condiciones de estrés (vgr. a la recepción de ganado o en animales enfermos).

En las engordas del noroeste de México los animales se encuentran sometidos a estrés por calor durante la estación de verano, donde existen periodos prolongados por más de 4 meses. Actualmente, monensina sódica es el principal ionofóro utilizado en México. Sorpresivamente no existen estudios,

sobre el efecto de lasalocida o monensina sódica en dietas de finalización para bovinos bajo altas temperaturas ambientales (Valor THI> 74).

Por lo anterior el objetivo del presente experimento fue comparar la suplementación de monensina sódica y lasalocida en dietas de finalización para vaquillas bajo altas temperaturas ambientales con el fin de evaluar el comportamiento productivo y las características de la canal.

Hipótesis

La inclusión de monensina sodica y lasalocida en dietas para bovinos en finalización en el periodo de verano no afecta el comportamiento productivo ni modifica las características de la canal.

Revisión de Literatura

Mecanismo de acción de los Ionóforos

Los ionóforos son compuestos lipolíticos capaces de transportar y ligar iones y cationes (K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , y Mg^{2+}). Son usados para la manipulación de la fermentación ruminal a través de la membrana celular de organismos procariotes y eucariotes (Russell y Strobel, 1989). También se definen como compuestos antibióticos con estructura lineal con varios grupos funcionales de oxígeno, grupos carboxilo, hidroxilo y amino. Los ionóforos y los iones que transportan se unen por enlaces H^+ a través de la interacción dipolo y fuerzas de Van der Waals (Elsasser, 1984).

Pressman (1976) menciona que existen diversos ionóforos, los que se han utilizado con mayor frecuencia en rumiantes son monensina y lasalocida.

Monensina: Es un compuesto biológicamente activo (Haney y Hoehn, 1967) producido por *Streptomyces cinnamonensis*, el cual cambia la fermentación del rumen y modifica la eficiencia alimenticia en los ruminantes (Owens, 1980). La eficacia máxima ha sido relatada con monensina alimentado en 30 gramos/tonelada (33 ppm) en base a materia seca (Brown et al., 1974; Raun et al., 1974). Los porcentajes molares aumentados del ácido propionico han sido relatados por diversos investigadores (Potter et al., 1974; Richardson et al., 1974; Dinius et al., 1976; Perry et al., 1976; Utley et al., 1976). Además de facilitar el intercambio H^+ y Na^+ a través de las membranas celulares, también facilita el intercambio de K^+ e H^+ y el flujo de iones, lo cual ocasiona la salida considerable de K^+ , acumulación de H^+ y disminución de pH. Al ocurrir esto, la monensina provoca la salida de H^+ y la entrada de Na^+ , estos

mecanismos gastan energía (Adenosin Trifosfato -ATP-) para expulsar el exceso intracelular de H^+ , por lo que la energía para el crecimiento bacteriano y metabolismo se reduce (Figura 1) (Henderson et al., 1964; Russel , 1987).

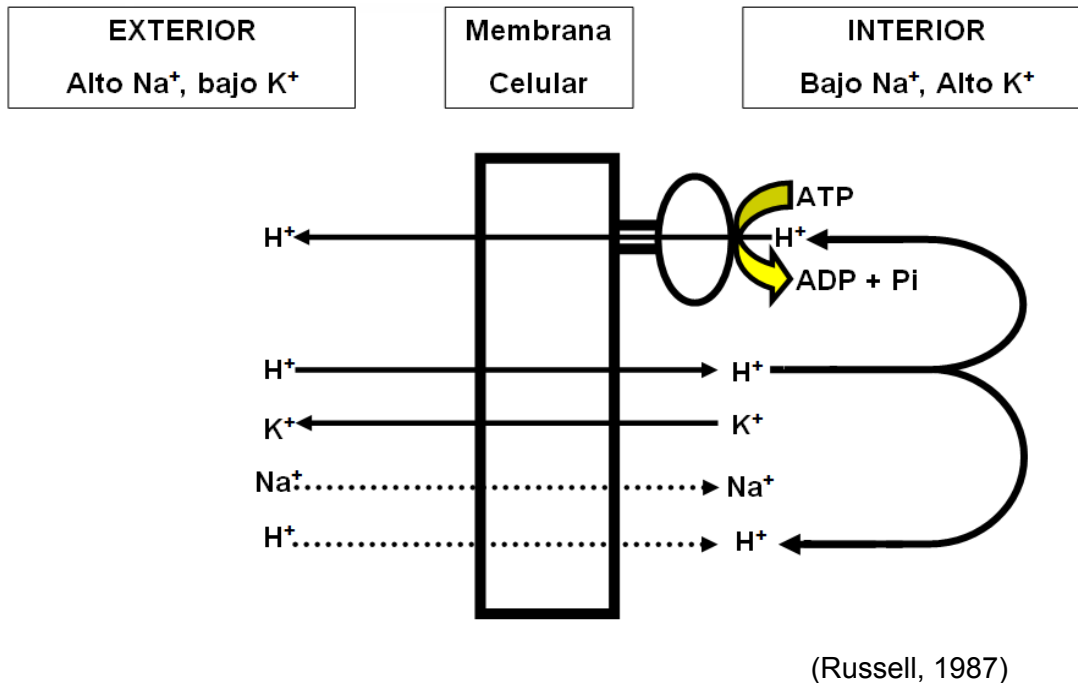


Figura 1. Efecto de la monensina en el flujo de iones.

Lasalocida: Sólo se ha utilizado experimentalmente sobre una base limitada (Owens, 1980). Tiene alta afinidad por K^+ por lo que la difusión en el intercambio K^+ /protón parece ser su efecto principal en la célula (Russell y Strobel, 1989), modificando el potencial electroquímico de la membrana celular, aunque su eficacia depende de la concentración de K^+ . Altas concentraciones extracelulares de K^+ disminuyen la actividad de los ionóforos (Russel, 1987; Schwingel et al., 1989). Lasalocida es más lipolítica que monensina, lo que ocasiona que penetre menos a través de la membrana celular de la bacteria (Chow y Russell, 1992).

Tanto monensina como lasalocida tienen efectos similares en el flujo de iones, pero su efectividad puede diferir. Existen diferencias cualitativas

entre estos dos ionóforos; en sus afinidades de iones y sus efectos celulares sobre la bomba de sodio-potasio (Austic y Smith, 1980).

Efecto de los ionóforos en la población de microorganismos ruminales

Los ionóforos afectan más a las bacterias gram positivas que a las negativas (Chen y Wolin, 1979), porque interrumpen el intercambio iónico, gradientes protónicos y catiónicos de la membrana celular. Como respuesta a la modificación de gradientes, las bacterias inician un bombeo activo de protones al exterior, que le permite mantener las concentraciones iónicas y el equilibrio ácido- básico en su interior; sin embargo estos procesos requieren suficiente energía metabólica extra (Henderson et al., 1964; Russell, 1987). Esto origina que la energía generada por la fuerza motriz de protones utilizada para contrarrestar los efectos de los ionóforos lo que finalmente resulta en reducción del desarrollo celular (Chen y Wolin, 1979; Bergen y Bates, 1984; Russel y Strobel, 1988; Russel y Strobel, 1989).

Por otra parte la mayoría de las bacterias ruminales gram negativas son más resistentes a los ionóforos debido que no dependen de la energía generada por la fuerza motriz de protones. Estas bacterias tienen capacidad para producir ATP vía fosforilación oxidativa y transporte de electrones; además la membrana celular de las gram negativas está conformada por un complejo de multicapas separadas por una capa rígida de péptidoglucanos, lo que las hace aun más resistentes a los ionóforos. A pesar de ello existen algunas bacterias ruminales de este tipo como *Butyrivibrio fibrisolvens* y *Ruminococcus flavefaciens*, sensibles a la monensina y lasalocida (Dennis et al., 1981). También el crecimiento microbiano poblacional y la actividad

metabólica de otras especies gram negativas como *Prevotella ruminicola* son afectadas por la monensina (Morehead y Dawson, 1992). Al parecer bajo ciertas condiciones experimentales, los protozoarios y hongos ruminales también son sensibles a los ionóforos. La monensina disminuye de 4 a 63% el número de protozoarios (Suzuki et al., 1965). El crecimiento *in vitro* de una mezcla de hongos ruminales fue suprimido por salinomicina, monensina y portmicina (Schelling, 1984; Cann et al., 1993; Newbold et al., 1993b).

Influencia sobre consumo, GDP, eficiencia alimenticia y EN de la dieta

Zinn (1986) probó la eficacia de la suplementación de salinomicina en dietas de finalización mediante una prueba de metabolismo (cuatro novillos Holstein canulados) y una prueba de crecimiento-finalización con un total de 150 animales (50% vaquillas) con un peso promedio de 220 kg. Los tratamientos fueron 5 niveles de ionóforos (0, 5.5, 11.0, 16.5, 22 mg/kg de alimento). Para la prueba de crecimiento la duración fue de 187 días, y se utilizó una dieta con 78% de grano hojueleado (50/50 proporción de cebada y maíz) y 3% de grasa.

Los factores a considerar para comportamiento fueron: GDP, consumo de MS, eficiencia alimenticia y EN de la dieta. No existió interacción de sexo x ionóforo, en la prueba. La presencia de salinomicina en concentraciones de 11 a 22 mg/kg en la dieta se reflejó en un aumento de 6% ($P<.05$) en la eficiencia alimenticia y de 5% ($P<.50$) en la EN de la dieta, como resultado de un menor consumo (4.9%) con ganancias diarias similares (1.16 vs. 1.15 kg/d). Si se considera que la EN de la dieta es constante, entonces la eficiencia energética se puede expresar como la disminución del coeficiente de

requerimiento de la energía neta de mantenimiento del animal (ENm, Mcal/d= $.077 W^{.75}$) dado por el consumo del ionóforo, en este experimento fue calculado una disminución de 10% (Cuadro 1).

El potencial para la eficiencia de la alimentación de ganado de engorda como consecuencia de la suplementación de monensina está bien documentado (Davis et al., 1976; Raun et al., 1976; Boling et al., 1977; Thompson y Enfadado, 1980; Goodrich et al., 1984; Oscar et al., 1987; Zinn, 1987, Delfino et al., 1988).

Cuadro 1. Influencia de ionóforos sobre CMS, GDP y CA en corrales de engorda de bovinos

	Monensina		Lasalocida		Laidlomocina	
Dosis	0	150-280 mg/d	0	200-320 mg/d	0	100-150 mg/d
CMS	7.83	7.62	8.80	8.63	10.55	10.34
GDP	1.32	1.34	1.28	1.32	1.20	1.31
CA	6.16	5.87	7.36	6.79	9.02	8.0

Berger et al., 1984, Delfino et al., 1988, Spires et al., 1990, Duff et al., 1994, Zinn et al., 1994, Bauer et al., 1995

Sin embargo, la magnitud de la respuesta productiva ha sido variable, la medición de las proporciones de los ionóforos (Burrin et al., 1988; Zinn, 1988; Zinn y Borques, 1993) es mayor que el 18% (Bartley et al., 1979). Los factores que han sido implicados incluyen la concentración de catión de dieta (Rumpler et al., 1986, adaptación microbiana (Branine et al., 1988; Morris et al., 1990) y densidad energética de la dieta (Zinn, 1986). En lo que a esto concierne, Goodrich et al. (1984) observó a través de todas las pruebas, que la densidad

energética de la dieta óptima para la adición de monensina era 1.37 Mcal/kg de EN de ganancia (Figura 2).

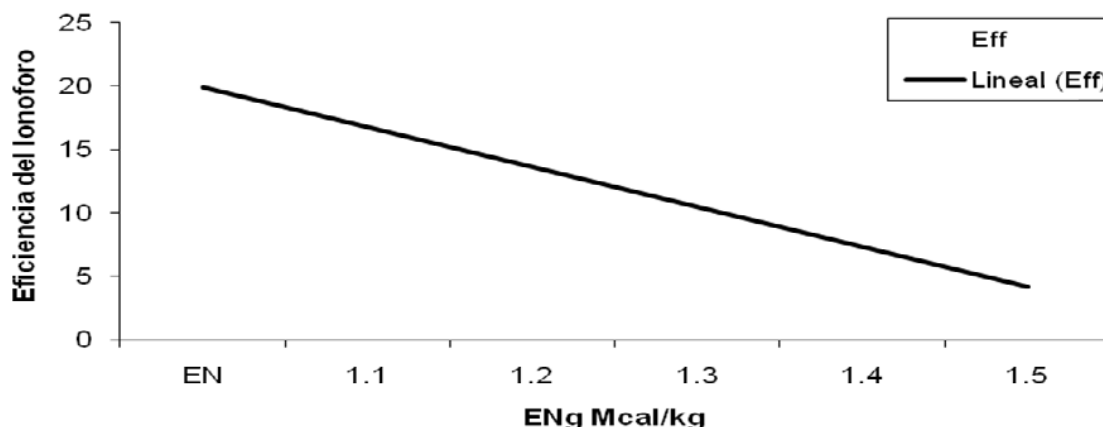


Figura 2. Ionóforos y densidad energética de la dieta

Efecto del estrés por calor en bovinos de engorda intensiva

El término estrés es comúnmente utilizado para indicar una condición medioambiental que es adversa al bienestar del animal. Sin embargo, la magnitud del estrés y su impacto asociado en la producción animal son difíciles de definir. La única forma de medir la magnitud del estrés es a través de la respuesta animal (Stott, 1981).

Cuando los bovinos de engorda son sometidos a temperaturas superiores a 25°C enfrentan una situación de estrés, provocando diversas modificaciones fisiológicas para lograr la homeostasis y termorregulación (Ray, 1989; Loerch y Fluharty, 1999); éstas incluyen pérdida de calor a través de conducción, convección y radiación cuando el efecto solar y la temperatura del viento son elevadas (Beede y Collier, 1986). Sin embargo, cuando se agrega el valor de la humedad relativa la pérdida de calor sucede por medios evaporativos (jadeo y sudor), esto significa una pérdida energética superior a 25% (NRC, 1981), el animal aumenta el tiempo de descanso (26%) y disminuye (20%) el tiempo dedicado a la rumia (Shultz, 1984), aumenta el consumo diario

de agua (CDA) y la frecuencia respiratoria (Armstrong et al., 1988), con una disminución en el consumo de materia seca de 9% y se disminuye también la absorción de nutrientes (Loerch y Fluharty, 1999).

El ganado de engorda en corral en los meses de verano a menudo es afectado por las condiciones climáticas calientes (Hahn y Mader, 1997; Mader et al., 1999b); condiciones de verano que consisten en la temperatura ambiente por encima de lo normal, humedad relativa (HR), y la radiación solar (el RAD) sumado a la velocidad de viento baja (WSPD) pueden aumentar la carga de calor del animal, causando su mal funcionamiento, pérdida del estado de confort y la muerte (Mader et al., 1997a, 1999a; Hubbard et al., 1999).

El rendimiento en ganado de engorda depende en gran medida del Consumo de Materia Seca (CMS), que está influida por las condiciones climáticas (NRC, 1981, 1987). Bajo condiciones de alta temperatura ambiental el CMS está en función de la temperatura corporal (Hahn, 1995).

Medio ambiente y entorno animal

Los animales viven en un estado de cercana interacción entre la complejidad de los procesos físicos y químicos de su propio cuerpo y el entorno que los rodea (Richards, 1973, Yousef, 1985)

Temperatura ambiental

Khalifa (2003) definió la temperatura ambiente efectiva de confort para el ganado como el estado constante de temperatura corporal, la cual puede ser mantenida sin necesidad de ajustes fisiológicos o de comportamiento. Por

esta razón el promedio de la temperatura ambiente es generalmente considerado como la principal medida térmica utilizada para estimar confort animal (NRC 1981, Da Silva 2006). Existen además, numerosas evidencias de que durante el verano la temperatura ambiental tiene un efecto directo CDA, existiendo una relación positiva entre ambas variables. Además, se ha reportado una relación inversa entre CDA y CMS (Ray, 1989).

Índice de temperatura y humedad

El índice de temperatura-humedad (THI) ha llegado a ser un estándar en las prácticas de manejo del ganado por las últimas cuatro décadas (Khalifa 2003, Gaughan et al., 2007), existiendo a la fecha tablas y rangos que permiten predecir eventuales riesgos de estrés. Sin embargo, el THI no toma en cuenta importantes factores climáticos como la radiación solar y la velocidad del viento, ni tampoco incluye factores de manejo productivo o de genotipo animal (Gaughan et al., 2007).

La clasificación de THI para el estrés calórico es: Normal, 74; alerta, >74; peligroso, >79 y emergencia >84 (Davis, 2003).

Material y Métodos

Localización del área donde se llevó a cabo el estudio

El estudio se llevó a cabo en la Unidad para Pruebas de Comportamiento de Bovinos de Engorda del Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias (IICV) de la Universidad Autónoma de Baja California, a 10 km al sur de Mexicali, en el noroeste de México. La zona tiene una latitud de 32°40', una longitud de 115°28', una altitud de 10 m sobre el nivel del mar y condiciones desérticas.

Características de los aditivos utilizados

Las fuentes de los ionofóros fueron lasalocida (Bovatec, Allabinc de México, Guadalajara, México) y monensina sódica (Rumensin, Elanco Animal Health, Guadalajara, México).

Características de las unidades experimentales

Cuarenta y ocho vaquillas (381 ± 17 Kg) cruza cebú x europeo (aproximadamente 15% cebú y el resto Hereford, Angus y Charolais en distintas proporciones), fueron recibidas el día 29 de julio de 2008 a las 8:05 AM en las instalaciones del IICV. Las vaquillas provenían del corral de engorda comercial "La Casita", localizado a 4 km de distancia de las instalaciones del IICV. Las vaquillas fueron seleccionadas de un total de 114, originarias del área de Hermosillo Sonora, México; las cuales arribaron al corral de engorda "La Casita" el día 27 de mayo de 2008 con un peso promedio de 271 kg. El ganado fue procesado el día 30 de mayo mediante la vacunación (Ultrabac-7, Pfizer Animal Health, México; Pirámide 4 + Presponse SQ, Fort Dodge, Animal Health, México), desparasitación (Bimectin, Vetoquinol, México), vitaminado (Synt-ADE, Fort Dodge, Animal Health, México) e implantación con una

combinación de 140 mg de acetato de trembolona y 14 mg de benzoato de estradiol (Revalor H, Intervet/Schering-Plough Animal Health, México). Fueron alimentadas con un programa consistente en tres raciones las cuales fueron crecientes en su contenido de grano de maíz hojuelado. Se inició el consumo de la ración de finalización el día 15 de julio de 2008. El día 29 de julio, previo al transporte a los corrales del IICV, las vaquillas se pesaron individualmente, se identificaron mediante arete y se reimplantaron con Synovex Choice (Fort Dodge, Animal Health, México).

Desarrollo experimental

Tratamientos

La fase de adaptación previo al inicio del experimento constó de 17 días iniciando el experimento el día 14 de agosto de 2008 a las 6:00 AM mediante el pesaje (bascula ganadera tipo individual NORAC, serie U, cap. 4,540 kg, con indicador digital: Rice lake weighing Systems, Modelo: IQ+335-2A) y reacomodo de vaquillas, según el peso registrado, para la asignación de tratamientos que se ofrecieron a las 8:00 AM de ese mismo día. Los tratamientos consistieron en:

- 1) Dieta basal (Testigo).
- 2) Monensina (30 mg/kg de alimento; MON-30).
- 3) Lasalocida (20 mg/kg de alimento; BOV-20).
- 4) Lasalocida (30 mg/kg de alimento; BOV-30).

Todos los tratamientos recibieron clorhidrato de zilpaterol (6 mg/kg de dieta; Zilmax, Intervet/Schering-Plough Animal Health, México) durante 30 días de los últimos 33 días de prueba. Como consecuencia de que los corrales están contruidos de tal manera que forman 2 líneas de 8 y 10 corrales

separados internamente por el pasillo de manejo, los comederos están orientados, hacia el norte, para los corrales numerados del 1 al 8 y hacia el sur, para los corrales numerados del 9 al 18. Para evitar un posible efecto de orientación de comedero, los tratamientos se distribuyeron aleatoria e uniformemente en cada línea de corrales.

Cuadro 2. Composición en base seca de la dieta basal consumida por las vaquillas

Ingrediente	% en ración
Maíz en hojuela	63.00
Salvado de trigo	7.50
Paja de trigo	8.50
Melaza de caña	12.00
Grasa amarilla	3.00
Harinolina	3.00
Premezcla mineral	3.00
Aporte de Nutrimentos ¹	
EN, Mcal/kg	
EN ^m	2.14
EN ^g	1.47
PC	12.5
Ca	0.78
P	0.32

¹ Calculado de acuerdo al aporte estipulado para cada ingrediente (NRC, 1996)

Duración de la prueba, suministro de ionóforos, alimentación y procedimientos de pesaje.

La prueba tuvo una duración de 56 días, iniciando el 14 de agosto y finalizando el 9 de octubre del 2008. Las condiciones ambientales fueron en

promedio de 33.2 ± 2.7 °C con mínimas de 26.7 y máximas de 39.9 °C y de $34.7 \pm 13.5\%$ de humedad relativa con mínimos de 17.8 y máximos de 57.6%. Los ionóforos fueron añadidos utilizando una premezcla mineral como vehículo. La premezcla mineral fue elaborada por la empresa TRIVET, SA de CV. La premezcla fue agregada a razón de 3% en la dieta como segundo paso del mezclado (posterior al maíz). La duración del mezclado fue de 5 minutos posterior a la adición del último ingrediente (melaza). Para efecto de adaptación, los primeros 7 días de la prueba se utilizó la mitad de la dosis de los ionóforos en prueba (15, 10 y 15 mg/kg para MON, BOV-20 y BOV-30, respectivamente). Al día 8 de la prueba las concentraciones fueron de 30, 20 y 30 mg/kg de alimento para MON-30, BOV-20 y BOV-30 respectivamente y se mantuvieron hasta la finalización de la misma.

El alimento se suministró dos veces por día (0800 y 1400 h) en una proporción aproximada de 25:75 respectivamente. Se recolectaron semanalmente muestras del alimento de las cuales se obtuvo una muestra representativa a la cual se le determinó el contenido de materia seca (AOAC, 1984). La cantidad de alimento total ofrecida por día se realizó con manejo de comedero para tener una cantidad (<5%) mínima de alimento sobrante al día siguiente. Para evaluar sobrantes, los comederos se revisaron visualmente en forma diaria de las 7:40 a 7:50 AM. El ajuste de lo ofrecido (incrementos o disminuciones) se realizó en la servida vespertina. Cuando el sobrante de alimento fue mayor al 5% (vgr. > 1.5 kg) el sobrante se recolectó, se pesó y se le determinó contenido de MS. Los animales se pesaron al inicio y al final de experimento en forma individual (báscula NORAC) a las 6:00AM. El orden de pesaje fue iniciando por el corral 1 y finalizando con el corral 16. El promedio

de tiempo utilizado para el pesaje de todas las vaquillas fue de 45 minutos.

Evaluación de canales

Todos los animales se sacrificaron el día 9 de Octubre de 2008 y las lecturas del rastro se llevaron a cabo el día 11 de octubre. El sacrificio del ganado se llevó a cabo en el rastro tipo inspección federal No. 301 localizado a 14 Km al sur del lugar donde se llevó a cabo la prueba. El peso de la canal caliente se registró en su totalidad al momento del sacrificio. Después de 48 h de enfriamiento se realizaron las siguientes mediciones: 1) área del ojo de la costilla, tomado por medición directa del ojo de la costilla a la altura de la 12^{ava} costilla, 2) grasa subcutánea sobre el músculo del ojo de la costilla, medido a $\frac{3}{4}$ de la longitud lateral desde la terminación de los huesos del espinazo a la altura del sacro, 3) grasa pélvica, renal y cardíaca (PRC) como porcentaje del peso de la canal y 4) grado de marmoleo (USDA, 1965).

Variables evaluadas y cálculos realizados

El cálculo para eficiencia (C/G) fue utilizando el coeficiente obtenido de dividir la ganancia promedio entre el CMS promedio. El cálculo de la retención de energía se derivó a partir del promedio de peso vivo mermado $[(P_i + P_f/2) * 0.96]$ y del promedio de la ganancia diaria de peso $(P_f - P_i/56)$ de la siguiente manera: Se estimó el requerimiento de la energía neta para la ganancia (EG) mediante la ecuación: $EG = ADG^{1.097} 0.0608W^{.75}$, donde EG representa la energía diaria depositada corporalmente (Mcal/d), ADG es el promedio diario de ganancia de peso observado (kg/d), y W es el promedio de peso vivo en kg expresado como peso corporal mermado (96% del peso del peso vivo; NRC, 1996). El gasto de energía neta para el mantenimiento (Mcal/d, EM) se

estimó mediante la ecuación desarrollada por Lofgreen y Garret (1968) para ganado cruzado: $EM = 0.077W^{.75}$.

A partir de las estimaciones de energía requerida para el mantenimiento y para ganancia, los valores de la energía neta para el mantenimiento (Mcal/kg) y para ganancia contenida en las dietas se calcularon utilizando el principio de la fórmula cuadrática:

$$X = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}, \text{ donde: } X = EN_m \text{ (Mcal/kg), } a = -0.877DMI, b = 0.877EM + 0.41DMI + EG, \\ c = 0.041EM \text{ y } NE_g = 0.877NE_m - 0.41. \text{ (Plascencia y Zinn, 2002).}$$

El CMS esperado, de acuerdo a la ganancia promedio observada y la EN estimada de la dieta (retención aparente de energía por unidad de M) se calculó de la siguiente manera: $DMI, \text{ kg/d} = (EM/NE_m) + (EG/EN_g)$, donde EM= coeficiente de mantenimiento de $0.077 \text{ Mcal/ LW}^{0.75}$ (NRC, 1996) y EG es la energía depositada en forma diaria (Mcal/d) estimada mediante la ecuación: $EG = ADG^{1.097} * 0.0608 BW^{0.75}$ (NRC, 1984). Los divisores NE_m y NE_g representan la EN de la dieta consumida [calculada a partir de la composición de los ingredientes utilizados en la dieta basal (NRC, 1996)]. Se estimó el consumo esperado de acuerdo a la ecuación de la NRC (1996) utilizando para el cálculo, el peso promedio del ganado observado para cada tratamiento y la EN calculada de la dieta. La proporción de consumo observado sobre el esperado de acuerdo al modelo del NRC (1996) fue estimado mediante proporción directa (observado vs. esperado).

Diseño experimental y análisis estadístico

Todas las variables fueron analizadas utilizando al corral como unidad experimental. Se empleo un diseño de bloques completos al azar y el análisis

de los datos computado fue utilizando los procedimientos para el modelo general lineal (SAS Inst. Inc., Cary, NC). Los promedios para ganancia y consumo de alimento observado por corral fueron incluidos en el archivo de datos. Los datos de la canal de cada animal fueron ingresados en la base de datos y analizados utilizando un modelo lineal que incluyó como variable de clasificación el tipo de ionóforo, incluyendo el peso de la canal caliente como covariable, además del error aleatorio.

La comparación de las tendencias del comportamiento de CMS por tratamiento durante el periodo de prueba se realizó empleando regresión lineal, utilizando el PROC GLM (SAS Inst. Inc., Cary, NC). En el modelo de regresión para cada tratamiento, se utilizó el promedio diario de CMS por corral como variable dependiente y el promedio diario de ITH como variable independiente, este último fue calculado a partir de la temperatura promedio diaria del aire (°C) y la humedad relativa promedio diaria (%) observados durante el transcurso de la prueba y fue estimado de acuerdo a la ecuación de Caughan et al. (2008).

Las comparaciones fueron: 1) Control vs. MON-30; 2) Control vs. BOV-20; 3) Control vs. BOV-30, 4) MON-30 vs. BOV-20; 5) MON-30 vs. BOV-30 y 6) BOV-20 vs. BOV-30. Las diferencias entre tratamientos fue considerada significativa cuando $P \leq 0.05$.

Resultados y Discusión

Condiciones ambientales. Las condiciones ambientales registradas durante la prueba se muestran en el cuadro 1. La estación meteorológica donde se generaron los datos se encuentra dentro del área (300m de distancia) donde están localizadas las instalaciones donde se llevó a cabo la prueba. Basados en los valores de THI (promedio = 79.4), las condiciones fueron suficiente para causar estrés en el ganado. Generalmente un THI mayor a 74.0 es considerado suficiente para provocar una respuesta de estrés en el ganado de engorda (De Dios y Hahn, 1993; Mader et al., 2002). En cinco de las ocho semanas que duró la prueba, el THI fue igual o superior a 79.9 (7.3% sobre el límite), en otras dos semanas (5^{ta} y 6^{ta}), como resultado de la presentación de lluvias moderadas, la temperatura disminuyó, disminuyendo el valor del THI a 77.4 (4.6% sobre el límite). Sólo en la última semana de la prueba el promedio de THI estuvo al límite especificado para el inicio de una respuesta de estrés. Lo anterior indica que el ganado estuvo 88% del tiempo que duró la prueba bajo estrés calórico.

Comportamiento. Los efectos de los tratamientos sobre el comportamiento del ganado y la EN observada de la dieta se muestran en el cuadro 2. No se detectaron diferencias estadísticas ($P>0.05$) entre los tratamientos sobre el CMS, ganancia diaria, eficiencia alimenticia o en la EN de la dieta. Numéricamente, la respuestas observadas para el grupo MON-30 y BOV-20 fueron similares, sin embargo, el tratamiento BOV-30 fue numéricamente mayor en ganancia (11.8 y 7.1%), eficiencia alimenticia (8.3 y 3.9%) y EN_g de la dieta (5.9 y 2.4%) comparado con el grupo testigo y el grupo MON-30, respectivamente. En general, las investigaciones iniciales realizadas

con ionóforos indican una reducción en el CMS con aumento en la ganancia o en la eficiencia alimenticia (Berguer et al., 1981; Zinn, 1987; Clary et al., 1993). Aunque en otros estudios, donde se han comparado dietas con y sin ionóforos (Zinn et al., 1994; Erickson et al., 2004; Depenbusch et al., 2008), no se han observado diferencias entre los tratamientos. La ausencia del efecto de los ionóforos en esas pruebas se han atribuido a factores tales como la adaptación de la microbiota ruminal al ionoforo (Rumpler et al., 1986), a la suplementación de grasa a la dieta (Brandt et al., 1991) o a la densidad (> 1.37 Mcal/kg EN_g) energética de la dieta (Zinn y Borques, 1993). Sin embargo, estos factores no han sido consistentes ya que se han observado respuestas favorables a la suplementación de ionóforos con dietas de finalización altas en energía suplementadas con grasa (Clary et al., 1993; Zinn et al., 1994). La dieta consumida en el presente estudio aportó 1.47 Mcal/kg EN_g y contuvo 3% de grasa amarilla. La proporción de observado sobre esperado de la EN_m de la dieta promedió 1.10 y no fue afectada por los tratamientos. Los incrementos en la EN aparente de la dieta concuerdan con los previamente informados (Plascencia et al., 2008; Robles-Estrada et al. 2009) en ganado suplementado con zilpaterol. La información disponible sobre la combinación de beta-agonistas con ionóforos es limitada (Walker et al., 1996; Sissom et al., 2007). Solo un estudio ha evaluado la posible interacción entre el uso de monensina y clorhidrato de zilpaterol (Montgomery et al., 2009) no reportando efectos de la combinación de ambos compuestos sobre el comportamiento productivo.

El CMS fue en promedio 7.3% menor al esperado de acuerdo al NRC (1996) y 9.8% menor a los consumos observados en pruebas conducidas en el IICV en ausencia de altas temperaturas con duración, ganado y peso inicial

similar al presente estudio (A. Plascencia, comunicación personal, 2009). Disminuciones del 8 al 35% en el CMS han sido observadas en ganado en finalización sometido a altas temperaturas ambientales (Mitlohner et al., 2001). El amplio rango observado en el CMS en animales sometidos a estrés térmico está supeditado a la adaptabilidad de los animales, duración e intensidad del estrés, edad del animal y densidad energética de la dieta, entre otros (Ellis et al., 2000; Forbes, 2000). La tendencia de CMS a través del tiempo y la relación del CMS con los valores de THI prevalecientes durante el transcurso de la prueba se muestran en las figuras 1-3. Considerando el consumo a través del tiempo, se observó un patrón de consumo más irregular ($14\% > ds$) para el grupo testigo comparado con aquellos que recibieron ionóforos en la dieta (Fig 1). La estabilización del consumo es una característica de los ionóforos cuando son adicionados a las dietas de finalización (Galyean et al., 1992; Bauer et al., 1995). Tal como se esperaba, existió una disminución del CMS como resultado de un aumento en los valores de THI (Fig 2). Contrario a la hipótesis del presente trabajo, la presencia de ionóforos alivió la disminución del consumo en los animales sometidos a condiciones ambientales con THI mayor a 77. Cuando el THI fue menor a 76, el grupo testigo tendió a consumir más ($P < 0.01$) que aquellos que recibieron ionóforos (Fig. 3). Sin embargo, el CMS se igualó al consumo del grupo BOV-30 cuando el valor de THI fue de 77, y se equiparó al consumo de los grupos BOV-20 y MON-30 cuando el THI alcanzó el valor de 79. Al incrementarse el valor de THI sobre 79, el grupo testigo tendió a consumir menos que aquellos grupos que consumieron dietas con ionóforos. En general, la pendiente de caída del CMS con relación al aumento de THI fue menor con los grupos suplementados con ambos tratamientos de lasalocida ($P < 0.001$) comparado con monensina o con el grupo control.

Aparentemente, como resultado en los cambios de patrones de fermentación ruminal, los ionóforos favorecen una mejor condición para que el ganado no disminuya excesivamente el CMS cuando es sometido a temperaturas extremas. Este resultado toma especial relevancia ya que estudios previos (Morrison et al., 1973; Zinn, 1984) sugieren que, en general, las altas temperaturas ambientales no influyen significativamente la eficiencia de la energía de la dieta que es utilizada para el mantenimiento o para la ganancia, por lo que las alteraciones en el comportamiento del ganado sometido a altas temperaturas está directamente relacionado con los cambios en los patrones de consumo. Lo anterior se comprueba en los resultados obtenidos en el presente estudio ya que no existieron diferencias en las otras variables de comportamiento aquí evaluadas.

Características de la canal. No se detectaron efectos de los tratamientos sobre las características de la canal. La ausencia de efectos sobre la canal con la suplementación con monensina (Galyean et al., 1992; Erickson et al., 2003) o lasalocida (Zinn, 1987) es una respuesta común.

Conclusiones

La utilización de ionóforos en ganado sometido a ambientes con altas temperaturas (THI >79) puede aliviar la disminución e irregularidad del consumo reflejándose en un mejor comportamiento productivo del ganado. El tratamiento BOV-30 (Lasalocida 30 mg/kg de dieta) mostró un mayor impacto en este rubro.

Cuadro 3. Promedios de Temperatura Ambiental (Ta), Humedad Relativa (RH), Índice de Temperatura y Humedad (THI)¹ Velocidad del viento (WS) y Radiación solar (SR) registrada durante el experimento.

Semana	Promedio Ta, °C	Max Ta, °C	Min Ta, °C	Promedio RH, %	Max RH, %	Min RH, %	Promedio THI ¹	Max THI	Min THI	WS/m/s	SR
1	34.9	41.5	28.7	35.0	58.7	18.4	81.5	95.4	72.0	1.9	308
2	34.4	41.3	28.0	43.7	67.1	22.5	82.6	97.3	71.9	2.5	279
3	33.0	38.8	27.4	50.7	77.0	28.9	82.0	96.0	71.9	1.0	236
4	35.3	42.5	28.0	25.6	50.0	11.0	78.9	94.2	70.3	0.9	280
5	31.4	38.2	24.7	39.4	65.9	20.1	77.9	92.3	68.2	1.6	247
6	32.1	39.0	29.9	27.1	44.9	15.3	76.9	88.7	68.1	1.2	268
7	34.7	41.6	27.9	30.3	56.5	12.0	80.3	94.9	70.3	1.2	248
8	29.7	36.4	23.6	26.0	40.4	14.1	74.0	84.2	66.6	1.9	235

¹ THI = {0.8 x Temperatura ambiente + [(Humedad Relativa x (Temperatura ambiente- 14.4)] +46.4}

Cuadro 4. Los efectos de los tratamientos sobre el comportamiento del ganado y la EN observada de la dieta ^a

Variables	Control	Ionóforo ^b			SEM	<i>P</i> ^c			
		MON-30 ^d	BOV-20 ^e	BOV-30 ^d		C vs. MON-30	C vs. Bov-30	Bov-20 vs. MON-30	Bov-30 vs. MON-30
Días de prueba	56	56	56	56					
Corrales	4	4	4	4					
Peso, Kg ^f									
Inicial	378.1	378.6	377.5	378.0	3.6	0.97	0.99	0.94	0.97
Final	448.2	451.3	453.0	457	4.1	0.92	0.47	0.99	0.76
Ganancia , kg/d GDP	1.244	1.310	1.336	1.410	0.08	0.92	0.39	0.99	0.74
CMS, Kg/d	7.50	7.53	7.55	7.77	0.26	0.99	0.84	0.99	0.87
G:F	0.166	0.174	0.176	0.181	0.008	0.89	0.54	0.99	0.91
CMS, % del peso	1.82	1.81	1.82	1.87	0.05	0.99	0.92	0.99	0.91
CMS, esp/obs ^g	0.92	0.92	0.92	0.95	0.02	0.96	0.49	0.99	0.77
EN observada, Mcal/kg									
Mantenimiento	2.30	2.36	2.38	2.41	0.07	0.91	0.67	0.99	0.96
Ganancia	1.60	1.66	1.68	1.70	0.06	0.91	0.67	0.99	0.96
EN, observada/esperada ^h									
Mantenimiento	1.07	1.10	1.11	1.13	0.03	0.91	0.67	0.99	0.95

Ganancia	1.09	1.13	1.14	1.16	0.04	0.91	0.67	0.99	0.95
Observed-to-expected, DMI ⁱ	0.92	0.90	0.89	0.88	0.03	0.92	0.77	0.99	0.98

^a Todos los tratamientos recibieron Zilmax® durante 30 d (60 mg/kg/d) de los últimos 33 de prueba, y fue retirado 72 horas- previo al sacrificio.

^b MON= Monensina (Rumensin, Elanco Animal Health, Guadalajara, México); BOV= Lasalocida (Bovatec, Allabinc, Guadalajara, México).

^c P = Nivel de significancia por efecto del tratamiento

^d Para los primeros 7 de prueba, monensina (MON-30) y lasalocida (BOV-30) fue incorporado a la dieta a razón de 15 mg/kg (base seca), después la razón fue 30 mg/kg (base seca).

^e Para los primeros 7 de prueba, lasalocida (BOV-20) fue incorporado a la dieta a razón de 10 mg/kg (base seca). Después la razón fue 20 mg/kg (base seca).

^f Peso inicial y final fueron reducidos 4% por llenado de tracto total.

^g CMS Observada/Esperada de acuerdo a la ecuación del NRC (1996) .

^h La EN esperada de la dieta fue evaluada de acuerdo a cada ingrediente de la dieta (NRC, 1996).

ⁱ El CMS esperado se calculó de la siguiente manera: $CMS, \text{ kg/d} = (EM/NE_m) + (EG/EN_g)$, donde EM= Coeficiente de mantenimiento de 0.077 Mcal/ LW^{0.75} (NRC, 1996) y EG es la energía diaria depositada (Mcal/d) estimada por la ecuación: $EG = ADG^{1.097} * 0.0608 BW^{.75}$ (NRC, 1984). El divisor NE_m y NE_g es NE de la dieta [calculada con las tablas de composición de alimentos (NRC, 1996)].

Cuadro 5. Efecto de los tratamientos sobre las características de la canal ^a

Variables	Control	Ionóforo ^b			SEM	Valor de <i>P</i> ^c			
		MON-30	BOV-20	BOV-30		C vs. MON-30	C vs. Bov-30	Bov-20 vs. MON-30	Bov-30 vs. MON-30
PCC, kg	282.2	284.1	284.8	290.0	5.1	0.79	0.29	0.92	0.42
Rendimiento, %	63.58	63.06	63.49	63.42	0.4	0.42	0.81	0.49	0.57
AOC, cm ²	86.60	87.29	89.08	89.55	2.0	0.81	0.32	0.53	0.43
EGD, cm	0.89	0.74	0.81	0.72	0.08	0.15	0.11	0.48	0.83
Grasa en Riñón y Corazón, %	2.43	2.62	2.46	2.53	0.15	0.39	0.67	0.44	0.65
Grado de Marmoleo ^d	3.37	3.19	3.29	3.20	0.19	0.54	0.56	0.74	0.98

^a Todos los tratamientos recibieron Zilmax® durante 30 d (60 mg/kg/d) los últimos 33-d de la prueba, y fue retirado 72-h previo al sacrificio.

^b MON= Monensina (Rumensin, Elanco Animal Health, Guadalajara, México); BOV= Lasalocida (Bovatec, Allabinc, Guadalajara, México).

^c *P* = Nivel de significancia por efecto del tratamiento

^d Código: mínimo ligero = 3, mínimo = 4, etc.

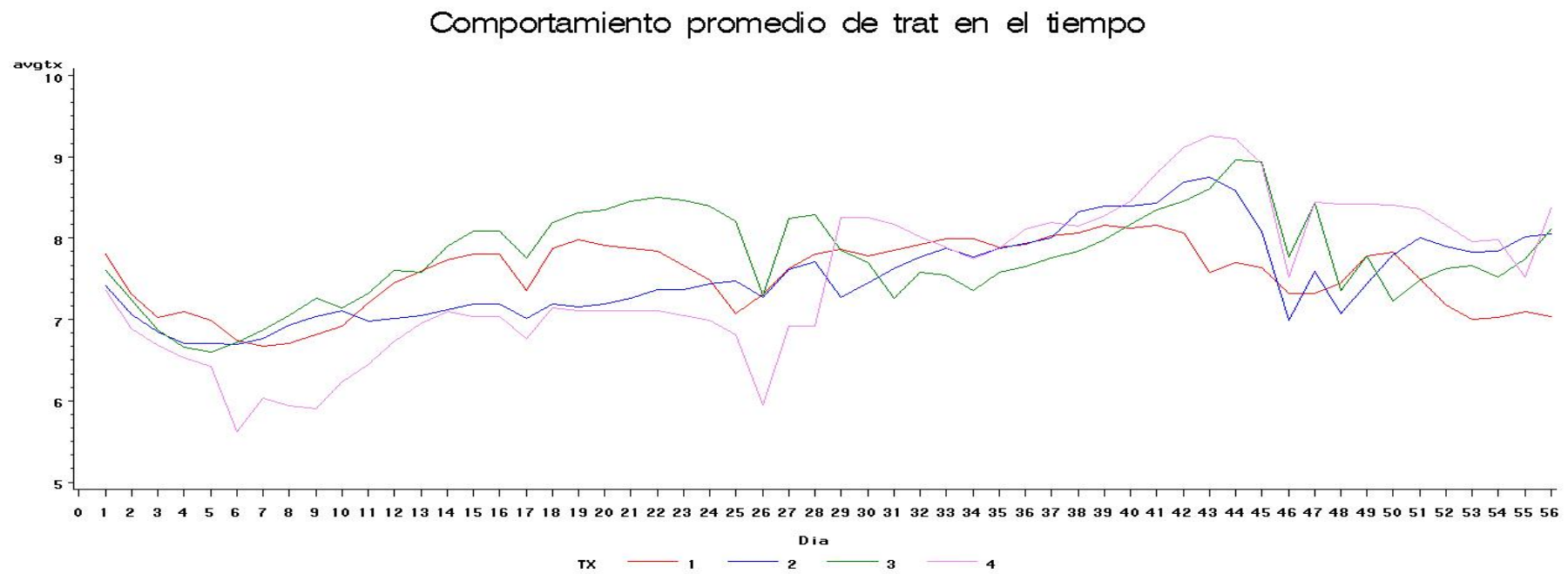


Figura 3. Patrones del Consumo de Materia Seca durante los días de prueba

1= BOV-20, 2= MON-30, 3= BOV-30, 4= Control

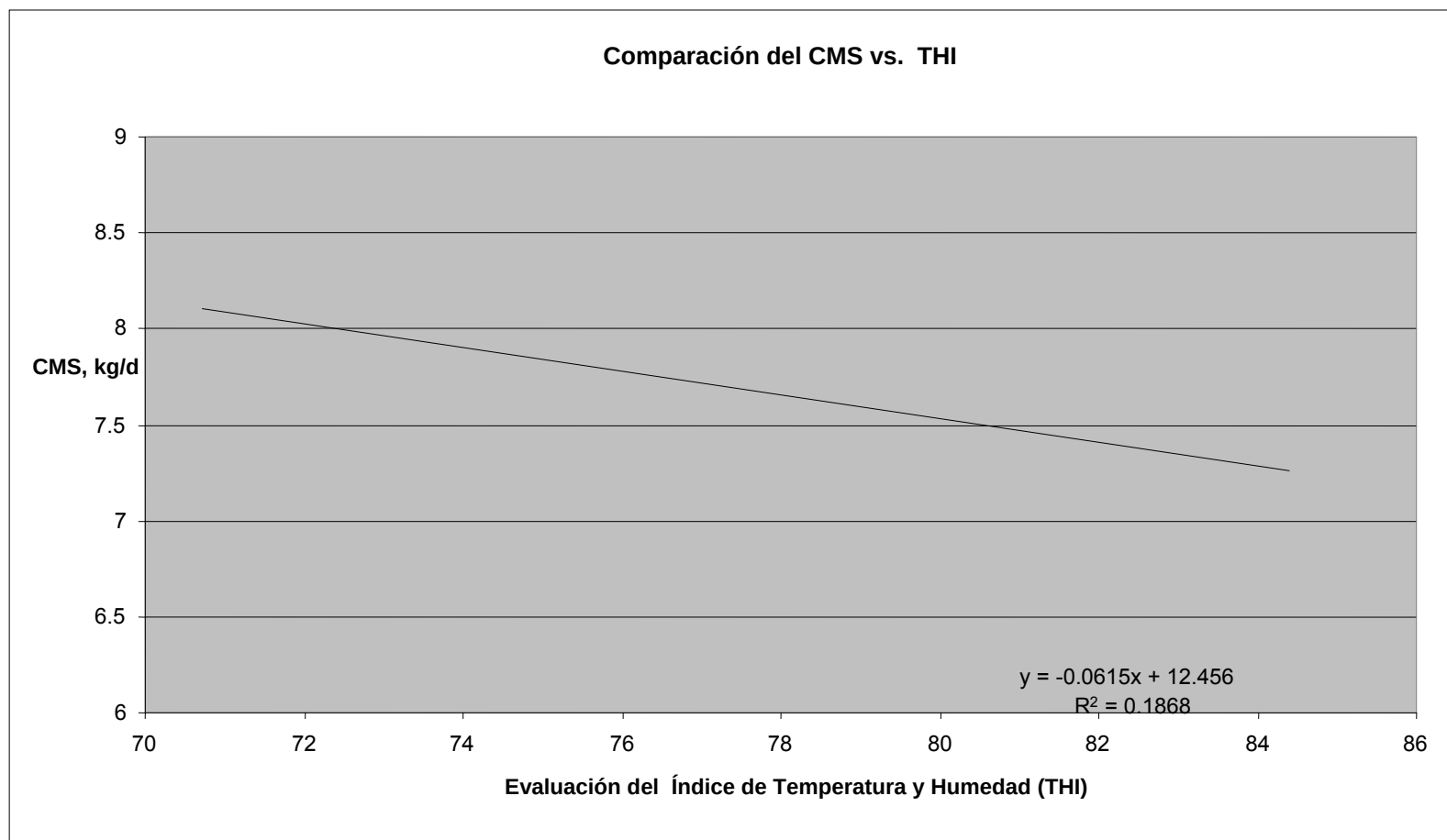


Figura 4. Consumo de material seca vs. THI

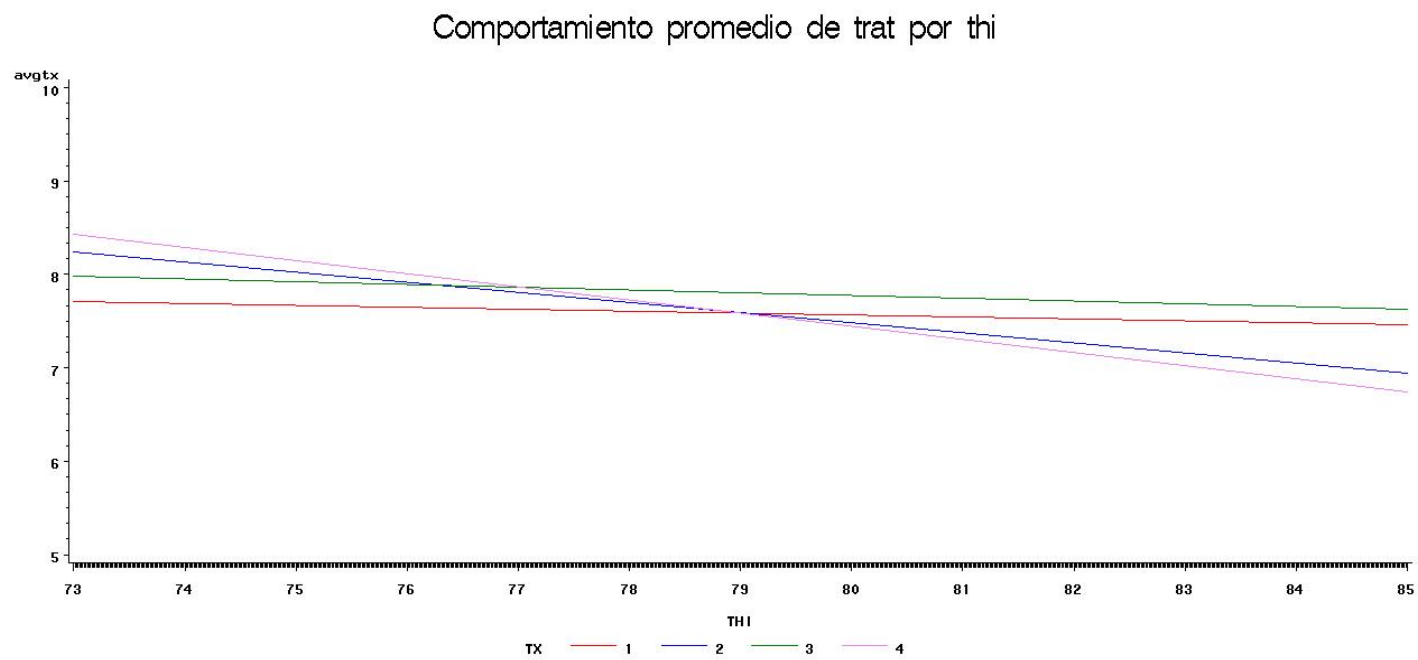


Figura 5. Efecto del THI en el CMS (kg/d) por tratamiento

Literatura Citada

- AOAC. 1984. Official methods of analysis (12th ed.). Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.
- Armstrong, D.V., M.E. Wise, M.T. Torabi, F.M.E Wiersma, R. Hunter, and E. Kopel. 1988. Effect of different cooling systems on milk production of late lactation Holstein cows during high ambient temperature. J Dairy Sci. Vol. 71(suppl.1):212.
- Austic, R. E. and J. B. Smith. 1980. Interaction of ionophores with nutrients. Proc. Georgia Nutr. Conf., Univ. of Georgia, Athens, p. 2.
- Bartley E. E., E. L. Herod, R. M. Bechtel, D. A. Sapienza, and B. E. Brent. 1979. Effect of monensin or lasalocid, with and without niacin or ampicillin, on rumen fermentation and feed efficiency. J. Anim. Sci. 49:1066-1075.
- Bauer, M.L., D.W. Herold, R.A. Britton, R.A. Stock, T.J. Klopfenstein, and D.A. Yates. 1995. Efficacy of laidlomycin propionate to reduce ruminal acidosis in cattle. J. Anim. Sci. 73:3445-3454.
- Beede, D.K. and R.J. Collier. 1986. Potential nutritional strategies for intensively managed cattle during thermal stress. J. Anim. Sci. 62:543-554.
- Bergen, W.G., and D.B. Bates. 1984. Ionophores: Their effect of production efficiency and mode of action. J. Anim. Sci. 58:1465-1483.
- Berger, L.L., S.C. Ricke, and G.C. Fahey, Jr. 1981. Comparisons of two forms and two levels of lasalocid with monensin on feedlot cattle performance.

J. Anim. Sci. 53:1440-1445.

Boling, J. A., N. W. Bradley and L. D. Campbell. 1977. Monensin levels for growing and finishing steers. J. Anim. Sci. 44:867-871.

Brandt, R.T. T. G. Nagaraja, and J.K. Elliot. 1991. Influence of supplemental fat and monensin plus tylosin on performance and carcass traits of finishing steers. Kansas State Univ. Rep. Prog. 623. pp 96-97 Manhattan.

Brown, H., L. H. Carroll, N. G. Elliston, H. P. Grueter, J. W. McAskili, R. D. Olson and R. P. Rathmacher. 1974. Field evaluation of monensin for improving feed efficiency in feedlot cattle. Proc. Western Sec. Amer. Soc. Anim. Sci. 25: 300-303.

Burrin, D. G., R. A. Stock, and R. A. Britton. 1988. Monensin level during grain adaptation and finishing performance in cattle. J. Anim. Sci. 66: 513-521.

Cann I.K.O., Y. Kobayashi, A. Onada, M. Wakita and S. Hoshino. 1993. Effect of some ionophore antibiotics and polyoxins on the growth of anaerobic rumen fungi. J. Appl. Bacteriol. 74: 127-133.

Chen M. and M.J. Wolin. 1979. Effect of monensin and lasalocid-sodium on the growth of methanogenic and rumen saccharolytic bacteria. Appl. Environ. Microbiol. 38: 72-77.

Chow J.M. and J.B. Russell 1992. Effect of pH and monensin on glucose transport by fibrobacter succinogenes, a cellulolytic ruminal bacterium. App. Microbiol. 58:1115-1120.

Clary, E.M., R.T. Brandt, Jr., D.L. Harmon, and T.G. Nagaraja. 1993.

Supplemental fat and ionophores in finishing diets: Feedlot performance and ruminal digesta kinetics in steers. J. Anim. Sci. 71: 3115-3123.

Da Silva R.G. 2006. Weather and climate and animal production. In: *Update of the guide to agricultural meteorological practices*. WMO-No.134 published in 1982.

Davis, G. V., and A. B. Erhart. 1976. Effect of monensin and urea in finishing steer rations. J. Anim. Sci. 43:1-8.

Davis M.S., T.L. Mader, S.M. Holt, A.M. Parkhurst. 2003. Strategies to reduce feedlot cattle heat stress: Effects on tympanic temperature. J. Anim. Sci. 81: 649-661.

De Dios O.O., and G.L. Hahn. 1993. Thermoregulation on growing bovines during fall transitional environments. Pages 289-297 in Proc. 4th Int. Lives. Environ. Symp., Coventry, UK. E. Collins and C. Boon, ed. Am. Soc. Agric. Eng., St Joseph, MI.

Delfino, J., G. W. Mathison, and M. W. Smith. 1988. Effect of lasalocid on feedlot performance and energy partitioning in cattle. J. Anim. Sci. 66:136-150.

Delfino, J., J. W. Mathison, and M.W. Smith. 1988. Effect of lasalocid on feedlot performance and energy partitioning in cattle. J. Anim. Sci. 66:136-150.

Dennis, S.M., T.G. Naranja and E.E. Bartley. 1981. Effects of lasalocid or monensin on lactate-producing or – using rumen bacteria. J. Anim. Sci. 52: 418-426.

Depenbusch, D.E., J.S. Drouillard, E.R. Loe, J.J. Higgins, M.E. Corrigan, and

- M.J. Quinn. 2008. Efficacy of monenesin and tylosin in finishing diets based on steam-flaked corn with and without corn wet distiller's grains with solubles. *J. Anim. Sci.* 86: 2270-2276.
- Dinius, D. A., M. E. Simpson and P. B. Marsh. 1976. Effect of monensin fed with forage on digestion and the ruminal ecosystem of steers. *J. Anim.* 42: 229-234.
- Duff, G.C., M.L. Galyean. 2007. Board-invited review: Recent advances in management of highly stressed, newly received feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 85:823-840.
- Duff G.C, M.L. Galyean, M.E Branine and D.M Hallford 1994. Effect of lasalocid and monensin on serum metabolic hormones and clinical chemistry profiles of beef steers fed a 90% concentrate diet. *J. Anim. Sci.* 72: 1049-1058.
- Elsasser T.H. 1984. Potential interactions of ionophore drugs with divalent cation and their function in the animal body. *J. Anim. Sci.* 59:845-853.
- Erickson, P.S., M.L. Davis, C.S. Murdock, K.E. Pastir, M.R. Murphy, G.C. Schwab, and J.I. Mardens. 2004. Ionophore taste preferences of dairy heifers. *J. Anim. Sci.* 82:3314-3320.
- Galyean, M.L., K. J. Malcolm, and G. C. Duff. 1992. Performance of feedlot steers fed diets containing laidlomycin propionate or monensin plus tylosin, and effects of laidlomycin propionate concentration on intake patterns and ruminal fermentation in beef steers during adaptation to a high-concentrate diet. *J. Anim. Sci.* 70: 2950-2958.
- Gaughan JB, TL Mader, SM Holt, A Lisle. 2007. A new heat load index for

- feedlot cattle. J. Anim. Sci. 2007., jas. 2007-0305v1
- Gaughan, J.B., and T.L. Mader. 2009. Effect of sodium chloride and fat supplementation on finishing steers exposed to hot and cold conditions. J. Anim. Sci.87: 612-621.
- Goodrich, R. D., J. E. Garret, D. R. Gast, M. A. Kirick, D. A. Larson, and J. C. Meiske. 1984. Influence of monensin on the performance of cattle. J. Anim. Sci. 58:1484.
- Hahn G.L. 1995. Environmental influences on feed intake and performance of feedlot cattle. In: Owens FN (ed). Proc Symp Intake by Feedlot Cattle. Oklahoma Stat Univ, Stillwater. Pp 207-225.
- Haney, M. E., Jr. and M. M. Hoehn. 1967. Monensin, a new biologically active compound. Antimicrob. Agents and Chemothe. p. 349-352.
- Henderson P.J.F, Mc Glvan J.D, Chappell J.B. 1969. The action of certain antibiotics on mitochondrial erythrocyte and artificial phospholipid membranes. Biochem. J. 11:521-530.
- Hubbard, K. G., D. E. Stookesbury, G. L. Hahn, and T. L. Mader. 1999. A climatological perspective on feedlot cattle performance and mortality to the THI. J. Prod. Agric. 12:650–653.
- Khalifa H.H. 2003. Bioclimatology and adaptation of farm animals in a changing climate. In: Interactions between climate and animal production. Proc Symp. EAAP Technical series N° 7. pp 15-29.
- Loerch. S.C. and Fluharty.1999. Physiological changes and digestive capabilities of newly received feedlot cattle. J. Anim. Sci.77:1113-1119.

- Lofgreen, G. P., and W. N. Garrett. 1968. A system for expressing the energy requirements and feed values for growing and finishing beef cattle. *J. Anim. Sci.* 27:793-806.
- Mader T.L., J.M. Dahlquist, G.L. Hahn, J.B. Gaughan. 1999b. Shade and wind barrier effects on summer-time feedlot cattle performance. *J. Anim. Sci.* 77, 2065-2072.
- Mader T.L., L.R. Fell, M.J. McPhee. 1997a. Behavior response of non-Brahman cattle to shade in commercial feedlots. In: *Proc 5th Int Livest Envir Symp*, ASAE, St. Joseph, MI, USA, Pp 795-802.
- Mader, T. L., J. M. Dahlquist, G. L. Hahn, and J. B. Gaughan. 1999a. Shade and wind barrier effects on summer-time feedlot cattle performance. *J. Anim. Sci.* 77:2065–2072.
- Mader, T.L., S.M. Holt, G. L. Hahn, M. S. Davis, and D. E. Spiers. 2002. Feeding strategies for managing heat load in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 80: 2373-2382.
- Mitlohner, F.M., J. L. Morrow, J. W. Dailey, S. C. Wilson, M. L. Galyean, M. F. Miller, and J. J. McGlone. 2001. Shade and water misting effects on behavior, physiology, performance, and carcass traits of heat-stressed feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 79:2327-2335.
- Montgomery, J.L., C. R. Krehbiel, J. J. Cranston, D. A. Yates, J. P. Hutcheson, W. T. Nichols, M. N. Streeter, R. S. Swingle, and T. H. Montgomery. 2009. Effects of dietary zilpaterol hydrochloride on feedlot performance and carcass characteristics of beef steers fed with and without monensin and tylosin. *J. Anim.*

Sci. 87: 1013-1023.

Morehead M.C. and K.A. Dawson.1992. Some growth and metabolic characteristics of monensin-resistant strain of *Prevotella* (*Bacteroides*) *ruminicola*. *Appl. Environ. Microbiol.* 58: 1617-1623.

Morrison, S.R. R. L. Givens, and G. P. Lofgreen. 1973. Sprinkling Cattle for Relief from Heat Stress. *J..Anim. Sci.* 36: 428-431.

Newbold C.J., N. McKain and R.J. Wallace. 1993a. Combined effect of *Aspergillus oryzae* fermentation extract and monensin on fermentation in the rumen simulation technique. *J. Agric. Sci.* 121: 241-248.

NRC, 1987. *Predicting feed intake of food-producing animals*. Board on Agriculture, National Academy Press, Washington DC, USA.

NRC, 1981. Effect of environment on nutrient requirements of domestic animals. National Academy Press, Washington, D.C.

NRC, 1984. Nutrient requirement of beef cattle. (6th Rev. Ed.). National Academy Press, Washington, D.C.

NRC, 1996. Nutrient requirements of beef cattle (7th Rev. Ed). National Academy of Press. Washington D.C.

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

Owens, F. N. 1980. Ionophore effect on utilization and metabolism of nutrients - Ruminants. *Proc. Georgia Nutr. Conf., Univ. of Georgia, Athens*, p. 17.

Perry, T. W., W. M. Beeson and M. T. Mohler. 1976. Effect of monensin on beef

cattle performance. J. Anim. Sci. 42:761.

Plascencia A. and R.A. Zinn. 2002. Evaluation of a forage-fat blend as an isocaloric substitute for steam-flaked wheat in finishing diets for feedlot cattle: growth-performance and digestive function. Prof. Anim.Sci.18:247-253.

Plascencia, A., N. Torrentera, and R.A. Zinn. 2008. Influence of the B-agonist, zilpaterol, on growth performance and carcass characteristics. J. Anim. Vet. Adv. 10:1257-1260.

Potter, E. L., C. O. Cooley, A. P. Raun, L. F. Richardson and R. P. Rathmacher. 1974. Effect of monensin on daily gain of cattle on pasture. J. Anim. Sci. 38:1344 (Abstr.).

Pressman B.C. 1976. Biological applications of ionophores. Ann. Rev. Biochem. 45: 501-529.

Raun, A. P., C. O. Cooley, E. L. Potter, R. P. Rathmacher, and L. F. Richardson. 1976. Effect of monensin on feed efficiency of feedlot cattle. J. Anim. Sci. 43:670-677.

Ray, D.E. 1989. Interrelations among water quality, climate and diet on feedlot performance on steer calves, J. Animal. Sc. 67:357-363.

Richards S.A. 1973. Temperature regulation. Wykeham Publications, London, Great Britain. Pp. 212.

Robles-Estrada, J.C., A. Arrizon, J.F. Calderon-Cortés, F. Figueroa-Saavedra, N. Torrentera, A. Plascencia, R. A. Zinn. 2009. Effects of pre-harvest

withdrawal period on response of feedlot heifers to zilpaterol hydrochloride supplementation: growth performance and carcass characteristics. J. Anim. Sci. 87:1759-1763.

Rumpler, W.V., D. E. Johnson, and D. B. Bates. 1986. The Effect of High Dietary Cation Concentration on Methanogenesis by Steers Fed Diets with and without Ionophores. J. Anim. Sci. 62: 1737-1741.

Russell J.B. 1987. Proposed mechanism of monensin action in inhibiting ruminal bacterial growth: effects on ion flux and protonmotive force. J. Anim. Sci. 64: 1519-1525.

Russell, J.B., and H.J. Strobel. 1988. Effects of additives on In vitro ruminal fermentation: A comparison of monensin and bacitracin, other gram-positive antibiotic. J. Anim. Sci. 66:552-558.

Russell J.B. and H.J. Strobel .1989. Effect of ionophoros on ruminal fermentation. Appl. Environ. Microbiol. 55: 1-6.

Schelling G.T. 1984. Monensin mode of action in the rumen. J. Anim, Sci. 58:1518-1527.

Schwingel W.R., D.B. Bates, S.C. Denham and D.K. Beede. 1989. Lasalocid-catalyzed proton conductance in Streptococcus bovis as affected by extracellular potassium. Appl. Environ. Microbiol. 55:259-260.

Shultz, T. A. 1984. Weather and shade effects on cow cattle activities. J. Dairy. Sci. 67:868-873.

Sissom, E.K., C. D. Reinhardt, J. P. Hutcheson, W. T. Nichols, D. A. Yates, R.

- S. Swingle, and B. J. Johnson.2007. Response to ractopamine-HCl in heifers is altered by implant strategy across days on feed. J. Anim. Sci. 85:2125-2132.
- Spires H. R, A. Olmsted, L. L. Berger, J. P. Fontenot, D. R. Gill, J. G. Riley, M. I. Wray and R. A. Zinn. 1990. Efficacy of laidlomycin propionate for increasing rate and efficiency of gain by feedlot cattle. J. Anim. Sci. 68:3382-3391.
- Stott G.H. 1981. What is animal stress and how is it measured? J. Anim. Sci. 52: 150-153.
- Suzuki, S., Isono, K., Nagatsu, J., Kawashima, Y. and Mizuno,T. (1965) A new antibiotic, polyoxin A. Journal of Antibiotics. 18: 131-138.
- Thompson, W. R., and J. G. Riley. 1980. Protein levels with and without monensin for finishing steers. J. Anim. Sci. 50:563-571.
- Utley, P. R., G. L. Newton, R. J. Ritter, III and W. C. McCormick. 1976. Effects of feeding monensin in combination with zeranol and testosterone-estradiol implants for growing and finishing heifers. J. Anim. Sci. 42:754-760.
- Walker, D.K., E. C. Titgemeyer, J. S. Drouillard, E. R. Loe, B. E. Depenbusch, and A. S. Webb. 2006. Effects of ractopamine and protein source on growth performance and carcass characteristics of feedlot heifers. J. Anim.Sci. 84:2795-2800.
- Yousef MK. 1985. Stress Physiology: Definition and terminology. In: Yousef MK

(ed). *Stress physiology in Livestock Volume I Basic Principles*. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, Pp. 3-8.

Zinn R. A, A. Plascencia and R. Barajas. 1994. Interaction of forage level and monensin in diets for feedlot cattle on growth performance and digestive function. *J. Anim. Sci.* 1994. 72:2209-2215.

Zinn, R. A. 1986. Influence of forage level on response of feedlot steers to salinomycin supplementation. *J. Anim. Sci.* 63:1996-2004.

Zinn, R. A. 1987. Influence of lasalocid and monensin plus tylosin on comparative feeding value of steam-flaked versus dry-rolled corn in diets for feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 65:256-266.

Zinn, R. A. 1988. Comparative feeding value of supplemental fat in finishing diets for feedlot steers supplemented with and without monensin. *J. Anim. Sci.* 66:213-227.

Zinn, R. A., and J. L. Borques. 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.