

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



**“EFECTO DE VIRGINIAMICINA SOBRE LA EFICIENCIA NUTRIMENTAL DE
DIETAS DE FINALIZACIÓN PARA NOVILLOS”**

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

**PRESENTA:
JESUS NIEVES VELAZQUEZ**

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

MEXICALI, B. C. MÉXICO

SEPTIEMBRE DE 2017

Efecto de virginiamicina sobre la eficiencia nutrimental de dietas de finalización para novillos. Tesis presentada por Jesús Nieves Velázquez, como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias Veterinarias, que ha sido aprobada por el comité particular indicado:

Dr. Martín Francisco Montaña Gómez
Director de Tesis

M.C. Miguel Ángel Vega Cázares
Secretario

M.C. José Melendrez Lozano
Asesor

Dr. Juan Octavio Chirino Romero
Asesor

Dra. Olga Maritza Manríquez Núñez
Asesor

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	1
DEDICATORIA.....	3
RESUMEN	4
INTRODUCCIÓN	6
JUSTIFICACIÓN	7
OBJETIVO GENERAL	8
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
HIPÓTESIS	9
REVISIÓN DE LITERATURA.....	10
Acidosis en ganado bovino en corral de engorda.....	10
Marcadores biológicos.....	11
Uso de aditivos en la alimentación del ganado.....	11
Ionóforos antibióticos.....	12
Virginiamicina	13
Consumo de alimento	14
Consumo de materia seca.....	15
Consumo de energía	15
Eficiencia alimenticia	16
Ganancia de peso.....	16
Digestibilidad del almidón	17
Características de la canal.....	17
MATERIALES Y MÉTODOS	19
Descripción del área de estudio.....	19
Materiales	19
Asignación de tratamientos.....	21
Diseño experimental	21
Duración del experimento	22
Alimentación	22
Procedimientos de muestreo y análisis de laboratorio.....	22
Cálculos y análisis estadístico	24
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25

CONCLUSIONES.....	27
LITERATURA CITADA.....	28

Índice de tablas

Tabla.-1 Dietas experimentales.....	20
Tabla 2.- Tratamientos experimentales.....	21
Tabla 3.-Tratamientos y su distribución.....	22
Tabla 4.- Efecto de los tratamientos sobre las variables de respuesta.....	26

AGRADECIMIENTOS

A mi director de tesis, Dr. Martín Francisco Montaña Gómez, por su valiosa ayuda y orientación brindada durante el proyecto y durante toda la Maestría, agradezco por depositar su confianza en mí ayudando con esto a hacer esta etapa una experiencia agradable de aprendizaje.

A la Dra. Olga Maritza Manríquez Núñez, por su confianza y apoyo durante mi paso por la maestría y durante el periodo experimental.

A mi comité de tesis: M.C. Miguel Ángel Vega Cázares, M.C. José Melendrez Lozano, Dr. Juan Octavio Chirino Romero.

Agradezco a la Universidad Autónoma de Baja California, que por medio del Instituto de Investigaciones de Ciencias Veterinarias en conjunto con la Coordinación de Posgrado de dicho Instituto me apoyaron en mi formación profesional.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por haberme apoyado con la beca económica para realizar la Maestría en Ciencias Veterinarias y el apoyo para la estancia de movilidad internacional en la Universidad de California Davis, U.S.A.

Al Dr. Richard A. Zinn por su apoyo en mi estancia de movilidad internacional en la Universidad de California Davis, U.S.A.

A la hermosa ciudad de Mexicali por ser una de las tantas ciudades de prosperidad profesional y por brindarme el calor de hogar y calor de un rico verano.

A mis profesores y compañeros de Maestría y Doctorado por compartir sus valiosos conocimientos y a todas aquellas personas que contribuyeron en las diferentes fases de este proyecto y durante la maestría, haciendo que mi estancia en este lugar fuera placentera y una experiencia inolvidable.

A todos, infinitas gracias.

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico en primer lugar a Dios, por haberme dado la sabiduría, salud y fortaleza para culminar con éxito este proceso de aprendizaje.

A mi esposa, amiga y compañera por su paciencia, apoyo infinito y confianza depositada en mi persona en este hermoso proyecto de vida y preparación profesional.

A mis padres y hermanos por brindarme todo su apoyo incondicional y por darme valiosos consejos que me ayudaron a superar cada uno de los obstáculos para mi formación profesional.

A mis familiares, amigos y compañeros, sin olvidar a todas aquellas personas que directa e indirectamente contribuyeron en mi desarrollo personal y profesional en el transcurso de la maestría e hicieron que la culminación de estos estudios fuera posible.

RESUMEN

Se utilizaron cuatro novillos de la raza Holstein (350 kg PV) con cánulas en rumen y duodeno proximal en un diseño cuadrado latino 4 x 4 replicado para evaluar efecto de virginiamicina sobre la eficiencia nutrimental de dietas de finalización para novillos. El flujo a duodeno de MO, FDN, almidón, N, NH-N, NNA, N Microbial, y N alimenticio no fue afectado por los tratamientos ($P>0.05$), así como no se observó efecto lineal ni cuadrático ($P>0.05$). El incremento virginiamicina no disminuyó el flujo de almidón y de N a duodeno de manera lineal ($P>0.05$), de acuerdo con los valores observados en duodeno, la digestibilidad ruminal de MO, FDN, almidón, N alimenticio y eficiencia microbiana no fueron afectados por los tratamientos ($P>0.05$). De igual manera, no se afectó de manera lineal (0.05). En cuanto a eficiencia de la proteína no hubo efecto entre los tratamientos, así como tampoco se observó efecto lineal y cuadrático. En excreción fecal no se observó efecto de los tratamientos para MO y FDN, aunque en flujo a duodeno y digestibilidad ruminal no hubo efecto lineal para almidón, en excreción fecal si hay efecto significativo para almidón ($P\leq 0.05$). En el caso de digestibilidad total, se observó un efecto lineal significativo para almidón ($P<0.05$), no existiendo efecto entre los tratamientos para MO, FDN. Los niveles de virginiamicina utilizados en el presente experimento no fueron capaces de afectar la eficiencia nutrimental de los componentes de las dietas, salvo un leve efecto sobre la digestión de almidón.

Palabras clave: Virginiamicina, Holstein, digestión, comportamiento, ionóforo.

ABSTRACT

Four Holstein steers (350 kg BW) with rumen and proximal duodenum cannulas were used in a 4 x 4 replicate latin square design to evaluate the effect of virginiamycin on the nutritional efficiency of finishing diets for steers. The flow to the duodenum of OM, NDF, starch, N, NH-N, NNA, N Microbial, and N food was not affected by treatments ($P > 0.05$), as well as no linear and quadratic effect ($P > 0.05$). The virginiamycin increase did not decrease the flow of starch and N to duodenum linearly ($P > 0.05$), according to the values observed in duodenum, rumen digestibility of OM, NDF, starch, N foodstuff and microbial efficiency were not affected by treatments ($P > 0.05$), similarly was not affected linearly ($P > 0.05$). As for protein efficiency, there was no effect among treatments, nor was linear and quadratic affection observed. In fecal excretion there was no effect of treatments for OM and NDF, although in flow to duodenum and ruminal digestibility there was no linear effect for starch in fecal excretion if there was a significant effect for starch ($P \leq 0.05$). In the case of total digestibility, a significant linear effect was observed for starch ($P < 0.05$), and there was no effect between treatments for OM, NDF. The levels of virginiamycin used in this experiment were not capable of affecting the nutritional efficiency of components of the diet, except for a slight effect on the digestion of starch.

Key words: Virginiamycin, Holstein, digestion, performance, ionophore.

INTRODUCCIÓN

La producción de carne de bovino tiene como meta principal primeramente maximizar la eficiencia fisiológica, y con ello lograr la eficiencia económica. En general, esto abarca los esfuerzos para optimar la producción y los costos de producción. Es importante señalar que la eficiencia máxima a menudo no se presenta en la producción máxima y, a la inversa, la eficiencia máxima con frecuencia no se presenta cuando los costos son mínimos. El gasto más importante en la producción de ganado para carne se hace al proporcionar el alimento o nutrientes a los animales (Church et al., 2013).

La finalización de ganado bovino en corrales de engorda agrega valor a la canal producida, siendo los sistemas intensivos una estrategia de producción, misma que requiere dietas balanceadas altas en grano, fundamentalmente carbohidratos que se fermenten en el rumen.

Debido al uso de dietas altas en grano en sistemas intensivos para la engorda de ganado bovino, con frecuencia se presentan trastornos digestivos los cuales reflejan un desequilibrio entre la producción microbiana y la absorción ruminal de ácidos orgánicos, como la acidosis principalmente, así como también, abscesos hepáticos y laminitis que impactan de manera significativa en el comportamiento y rendimiento del animal.

Una herramienta para la producción de ganado bovino en forma intensiva es el uso de aditivos alimenticios que minimizan los trastornos producidos por la alta inclusión de granos en dietas de finalización, con porcentajes que van desde un 50% o más.

Virginiamicina es un antibiótico actualmente utilizado en especies como ganado bovino, equinos, porcinos, aves y ovinos con el objeto de mejorar algunos parámetros productivos como conversión alimenticia, problemas metabólicos, como la acidosis, permitiendo así, un incremento en la eficiencia alimenticia, calidad del producto final y una producción rentable.

JUSTIFICACIÓN

Las dietas con altos niveles de concentrado son comúnmente usadas en la alimentación de bovinos en finalización, debido a que pueden mejorar el rendimiento animal e incrementar la rentabilidad.

Debido a la utilización de dietas con una alta concentración de carbohidratos fácilmente fermentables, la incidencia de trastornos metabólicos como la acidosis se presenta de manera frecuente. Los aditivos alimenticios son una alternativa para minimizar este tipo de trastornos.

El uso de aditivos en sistemas intensivos para la engorda de ganado bovino tiene suma importancia, debido a sus características pueden contribuir a incrementar el rendimiento de los animales en el crecimiento y finalización, ellos actúan mediante diferentes mecanismos, incluyendo la modificación de la fermentación ruminal (por aumento de la formación de ácido propiónico, disminuyendo la formación de metano y la reducción de la proteólisis y desaminación de proteínas de la dieta en el rumen), la estabilización del ambiente ruminal y la protección contra patógenos en tracto gastrointestinal.

Virginiamicina (**VIM**) es un antibiótico producido por una cepa mutante de *Streptomyces virginiae* y su actividad es exclusiva contra microorganismos Gram+ ya que no puede penetrar la membrana celular de los microorganismos Gram – (Nagaraja et al., 1987).

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de virginiamicina sobre la eficiencia nutrimental de dietas de finalización para novillos

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el efecto del nivel de virginiamicina sobre la función ruminal.
- Evaluar el efecto del nivel de virginiamicina sobre la función digestiva en tracto total.

HIPÓTESIS

La adición de Virginiamicina en dietas para novillos en finalización mejora la función digestiva y eficiencia de la dieta de finalización para novillos.

REVISIÓN DE LITERATURA

Acidosis en ganado bovino en corral de engorda

La mortalidad y morbilidad asociadas a las alteraciones digestivas en el ganado bovino en corral de engorda se encuentran en segundo lugar en importancia y son sobrepasadas solamente por las enfermedades respiratorias. Entre los desórdenes digestivos del ganado bovino en corral de engorda, la acidosis es una de las más comunes y se ha reconocido su importancia desde que el uso de los granos en el alimento se volvió una práctica ampliamente utilizada. Los sistemas intensivos de alimentación tienen el riesgo de provocar fermentaciones inestables que conducen a acidosis (Nocek, 1997).

Esta enfermedad es una consecuencia por la alimentación con dietas con alto contenido de grano, en rumiantes, los cuales tienen su metabolismo adaptado al consumo de forraje (Krause, 2006).

Nagaraja y Titgemeyer (2007), mencionan que la acidosis ruminal sigue siendo un trastorno digestivo ruminal común en el ganado vacuno y puede conducir a reducciones notables en el rendimiento del ganado. La severidad de la acidosis, generalmente está relacionada con la cantidad, frecuencia y duración de la alimentación con grano. Cambios microbianos asociados con la acidosis ruminal son un reflejo de una mayor disponibilidad de sustratos fermentables y la posterior acumulación de ácidos orgánicos.

Marcadores biológicos

Olukosi et al. (2012), señalan que el uso de marcadores no digeribles como Cr_2O_3 , Fe_2O_3 y TiO_2 se usan comúnmente en estudios en animales para evaluar la tasa de pasaje y la digestibilidad de nutrientes. En el mismo sentido informan que en general, los datos indican que la inclusión de Cr_2O_3 , Fe_2O_3 o TiO_2 como marcadores de digestibilidad tienen poco o ningún impacto en la ecología microbiana, las concentraciones de amoníaco fecal o ácidos grasos volátiles, la digestibilidad de nutrientes o el rendimiento de crecimiento del cerdo indicando que son adecuados para uso en estudios de digestión.

Uso de aditivos en la alimentación del ganado

Un aditivo alimentario se refiere a un producto incluido en la formulación a un nivel bajo de inclusión cuyo propósito es incrementar la calidad nutricional del alimento, el bienestar o la salud del animal. los aditivos como sustancias, microorganismos o preparados distintos de las materias primas y pre mezclas que se añaden intencionalmente al alimento o a el agua para influir favorablemente en: las características de los alimentos o de los productos de origen animal, las consecuencias ambientales de la producción animal, los rendimientos productivos, el bienestar, la salud, mediante su influencia en el perfil de la flora microbiana intestinal o la digestibilidad de los alimentos, o por su efecto coccidiostático o histomonostático (Ravidran, 2010).

Hay alternativas disponibles para modular la fermentación ruminal tales como los aditivos que estimulan el crecimiento de grupos bacterianos específicos (aditivos microbianos y los ácidos orgánicos) y Los aditivos que inhiben el crecimiento de grupos bacterianos específicos (como los extractos de plantas) (Carro et al., 1999).

Nagaraja et al. (1995), señalan que se puede estabilizar la fermentación ruminal con el uso de aditivos en la alimentación, debido a los cambios en las poblaciones microbianas y su actividad en el rumen, reduciendo la incidencia de trastornos metabólicos, mejorando la eficiencia y crecimiento.

Ionóforos antibióticos

En este grupo de antibióticos se encuentra sustancias tales como Virginiamicina, Monensina sódica y Lasolocida sódica. Estos antibióticos modifican de forma selectiva la flora ruminal mejorando la eficiencia digestiva (Acedo y Rico, 1998).

Wallace et al. (1995), mencionan que el nombre es debido a su propiedad de portar iones, son miembros de un grupo grande y creciente de compuestos que tienen la capacidad de formar complejos lípidos-solubles con cationes y mediar su transporte a través de las barreras.

Estos mismos autores señalan que la inclusión de ionóforos en la dieta ha mejorado la eficiencia alimenticia, pero los efectos sobre la ganancia de peso y consumo de alimento han sido variables. También señalan que en los animales alimentados con granos los ionóforos en general disminuyen el consumo de alimento, pero la ganancia de peso se incrementa y la eficiencia alimenticia se mejora. En animales en pastoreo, los ionóforos no reducen la ingesta y el aumento de peso corporal se incrementa. Las reducciones en el consumo de alimento pueden ser debido al sabor de componentes de los ionóforos.

Entre los efectos encontrados a su suplementación se pueden encontrar:

- Aumento en la producción de propionato
- Reducción *in vivo* e *in vitro* de la producción de metano
- Aumento de la digestibilidad de la materia orgánica y almidón
- Reducción de producción de proteína microbiana
- Aumento de retención de nitrógeno
- Reducción de la movilización de grasa corporal

Virginiamicina

Autores tales como Nagaraja y Taylor, (1987) y Nagaraja et al. (1987), señalan que virginiamicina tiene potencial para mejorar la fermentación ruminal debido a sus efectos selectivos sobre los microorganismos del rumen. En general, virginiamicina actúa contra las bacterias Gram-positivas, que son responsables de la producción de compuestos no deseables, tales como el hidrógeno (precursor de metano) y lactato. La acumulación de lactato en el rumen puede dar como resultado la incidencia de acidosis en animales rumiantes, reduciendo la eficiencia de utilización de la energía.

Coe et al. (1999), observaron que virginiamicina es eficiente en el control de la producción de lactato. Estos autores observaron también que los recuentos medios de *Lactobacillus* y *Streptococcus bovis*, la principal productora de ácido láctico, fueron menores para los novillos que recibieron virginiamicina que para aquellos suplementados con otros ionóforos. Virginiamicina es un aditivo alimenticio antimicrobiano aprobado para el uso en el ganado bovino para mejorar el rendimiento. Se cree que altera la fermentación ruminal principalmente cambiando las poblaciones ruminales (Hedde et al., 1982).

Hedde et al. (1980) y Nagaraja et al. (1987), observaron que virginiamicina puede aumentar las concentraciones *in vitro* de propionato. En este mismo sentido Chalupa et al. (1977), señalan que la fermentación propiónica es energéticamente más eficiente que las fermentaciones acéticas o butíricas debido a las diferencias en la incorporación de hidrógeno metabólico. Por lo tanto, el aumento de la producción de propionato puede aumentar la energía recuperada en los productos finales de fermentación (Nuñez, 2013). Además, Wolin (1960) menciona que el aumento del ácido propiónico y la reducción de las proporciones de ácido acético tienden a disminuir la producción de metano. Resulta evidente que la virginiamicina cambia los patrones de fermentación ruminal, aumentando la eficiencia de la utilización de la energía dietética. Así mismo, Van Nevel et al. (1984) mencionan que se ha demostrado que virginiamicina reduce la desaminación *in vitro*.

Según Van Nevel et al. (1984) este antibiótico redujo las concentraciones de ácido láctico ruminal en novillos cuyas raciones se cambiaron de un forraje a una dieta alta en granos.

Consumo de alimento

Salinas et al. (2009) no observó efecto sobre consumo de alimento en un estudio realizado con 144 becerros Holstein (119 kg peso vivo inicial) con una duración de 340 días, incluyeron en la dieta virginiamicina a niveles de 0, 16 22.5 y 28 mg/kg BMS.

Smith et al. (1989), no observaron diferencias significativas en la ganancia diaria de peso o el consumo de alimento en novillos al usar virginiamicina a niveles de 0, 10, 17.5 y 25 gramos/Ton.

Consumo de materia seca

Núñez et al. (2013), mencionan que la interacción no fue significativa ($P > 0.05$) en un diseño completamente al azar por peso, al utilizar animales (72 novillos Nellore) alimentados con dos niveles de concentrado (73% y 91%) suplementados con dos niveles de virginiamicina (0 y 15 mg/kg) y salinomicina en todas las dietas (13 mg/kg), en ese sentido informa que los animales tienen menor ($P \leq 0.05$) consumo de materia seca (**CMS**) cuando se adicionó virginiamicina.

Salinas et al. (2009) en un estudio realizado con 144 becerros Holstein (119 kg peso vivo inicial) con una duración de 340 días, incluyeron en la dieta virginiamicina a niveles de 0, 16 22.5 y 28 mg/kg BMS. Alimentados con dieta de finalización a base de maíz rolo hasta su sacrificio, en este sentido señala que no se encontraron efectos significativos en el **CMS**.

Por otro lado, Van Soest (1994), observó un mayor consumo cuando el TND en la dieta es de alrededor del 67% y el DMI disminuye cuando el TND está por debajo o por encima de este valor óptimo.

Consumo de energía

Salinas et al. (2009) informa que la suplementación de virginiamicina incremento en forma lineal ($P = 0.04$) la EN_m y la EN_g dietaria estimada en un estudio realizado con 144 becerros Holstein (119 kg peso vivo inicial) con una duración de 340 días, incluyeron en la dieta virginiamicina a niveles de 0, 16 22.5 y 28 mg/kg BMS.

Núñez et al. (2013), observaron que el consumo de EN_m EN_g fue mayor ($P < 0.05$) para los animales que recibieron virginiamicina (15 mg/kg), en este sentido explica que esto se debe por un mayor consumo de materia seca y una mayor concentración de energía en la dieta. Novillos alimentados con dietas de alto contenido energético que contienen menos de 6% de FDN a partir del forraje pueden presentar depresiones marcadas en la ingesta de energía y ganancia diaria de peso según Álvarez et al. (2004).

Eficiencia alimenticia

Smith et al. (1989), señalan que la eficiencia alimenticia mejora ($P < 0.05$) con el aumento de nivel de la virginiamicina (25 gr/Ton) en alimento para ganado de engorda comparado con los otros tratamientos (0, 10, 17.5 gr/Ton).

Salinas et al. (2009) Informa que virginiamicina incremento (componente lineal; $P = 0.02$) la eficiencia de la dieta G:C. Numéricamente el incremento en G:C fue de 2.3 y 4 % para los niveles de suplementación de 16 y 22.5 mg/kg de virginiamicina, respectivamente, al realizar un estudio con 144 becerros Holstein (119 kg peso vivo inicial) con una duración de 340 días, incluyeron en la dieta virginiamicina a niveles de 0, 16 22.5 y 28 mg/kg BMS. Alimentados con dieta de finalización a base de maíz roloado hasta su sacrificio.

Ganancia de peso

Smith et al. (1989), no observaron diferencias significativas en la ganancia diaria de peso entre los diferentes tratamientos (Nivel de virginiamicina 0, 10, 17.5 y 25 gramos/Ton).

Salinas-Chavira et al. (2009) no observaron diferencias en ganancia diaria de peso o consumo de materia seca para terneros Holstein en confinamiento suplementados con tres niveles virginiamicina (0, 16, o 22,5 mg kg⁻¹).

Digestibilidad del almidón

Núñez et al. (2013), reportaron que el contenido de almidón en la dieta fue mayor ($P \leq 0.05$) para los animales (novillos Nellore) que recibieron la ración 91% de concentrado y que esto se esperaba debido a la mayor proporción de maíz en que la dieta (52 y 73 para el 70% y 91% de concentrado, respectivamente) al usar dos niveles de virginiamicina (0 y 15 mg/Ton) en combinación con salinomicina (13 gr/Ton). También señala que el almidón consumido fue mayor ($P \leq 0.05$) para los animales el 91% de concentrado, que pueden explicarse por el aumento de los DSC (contenido de almidón en la dieta).

En el mismo sentido Núñez et al. (2013), señala que los animales que recibieron la dieta 91% de concentrado también mostraron mayor FSC (Contenido de almidón en heces) ($P \leq 0.05$), lo que indica una menor eficiencia de almidón de la dieta y la utilización de energía, también agrega que el ganado Cebú es conocido por presentar reducida digestibilidad en dietas altas en granos en comparación con razas *Bos taurus*.

Características de la canal

Smith et al. (1989), reportaron que las características de la canal en general, no fueron alteradas por virginiamicina (0, 10, 17.5 y 25 gramos/Ton).

En el mismo sentido, Salinas-Chavira et al. (2009) no encontraron diferencias en las características de la canal de novillos de engorda suplementadas con

diferentes niveles (0, 16, o 22,5 mg kg⁻¹) de virginiamicina, a excepción de una tendencia de aumento del área de LM (*musculo lingisimus*).

Rogers et al. (1995), señalan que la suplementación con virginiamicina por lo general no tiene efectos adversos sobre la calidad de la canal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

El presente trabajo de investigación se realizó en la Unidad de Metabolismo Digestivo del Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias de la Universidad Autónoma de Baja California. El clima se considera como cálido a muy seco, con una temperatura media anual de 22°C, con oscilaciones de la media mensual mayores a 14° C, con lluvias en invierno (SAGARPA, 2007).

Materiales

Se utilizaron cuatro novillos Holstein con un peso 350 Kg de PV, clínicamente sanos y habilitados con cánulas en duodeno proximal (González y Montaña, 2015a) y rumen (González y Montaña, 2015b). Las cánulas instaladas en rumen (80 mm de diámetro) y duodeno (25 mm de diámetro interno) fueron cánulas tipo “T” y se elaboraron con material de tygon inerte (*USP, Lima, Ohio). Los novillos fueron adaptados a las dietas experimentales 7 días previo al inicio del experimento.

La dieta basal (DB) fue formulada en base materia seca (BMS) en base a maíz amarillo hojueado. Como marcador inerte para el cálculo del flujo a duodeno y de excreción fecal de materia seca (MS) se añadió 0.31 % de óxido de cromo como marcador indigestible para estimar los flujos de nutrientes y digestibilidad. El consumo (BMS) se ajustó al 2.2% del peso vivo, ofreciéndose durante la prueba alimento fresco en forma diaria en dos porciones iguales a las 08:00 y 20:00 h.

Las raciones fueron elaboradas en la planta de alimentos del IICV-UABC. Las dietas se elaboraron en una sola ocasión y se almacenaron en cajas de madera con tapa de capacidad de 1m³; esto se realizó para disminuir la variación del contenido

nutrimental y concentración final de cromo en las dietas experimentales. La adición de cromo fue a través del uso de una premezcla la cual fue elaborada en la planta de alimentos del Desert Research and Extension Center, campo experimental de la Universidad de California, Davis, EUA. Los ingredientes fueron agregados al mezclador en el siguiente orden: maíz, forrajes, DDGS, premezcla, grasa y melaza. El tiempo de mezclado fue de 15 minutos utilizando un mezclador horizontal (Modelo HD-20; HC Davis Sons Manufactory Co., Bonner Spring, KS) de capacidad de 2.5 m³.

Tabla 1.- Dietas experimentales

	Tratamientos			
	1	2	3	4
Ingredientes (%)				
Granos de destilería	9.73	9.73	9.73	9.73
Maíz grano	65.73	65.73	65.73	65.73
Sebo	2.65	2.65	2.65	2.65
Melaza	7.07	7.07	7.07	7.07
Oxido de cromo	0.31	0.31	0.31	0.31
Pasto Sudán (Heno)	11.55	11.55	11.55	11.55
Virginiamicina gr ton ⁻¹	0	0.306	0.612	0.918
Caliza	1.46	1.46	1.46	1.46
Urea	1.11	1.11	1.11	1.11
Magnesio	0.13	0.13	0.13	0.13
MT Sal ¹	0.26	0.35	0.35	0.35

¹ Minerales traza Contenido de sal CoSO₄, 0.068%; CuSO₄, 1.04%; FeSO₄, 3.57%; ZnO, 1.24%; MnSO₄, 1.07%; KI, 0.52% y NaCl, 92.96%.

Asignación de tratamientos

Los novillos fueron adaptados a las dietas experimentales 7 días previo al inicio del experimento, alojados en corrales individuales (4 m²) con piso de concreto cubierto por tapetes de neopreno (1.25 cm de espesor) para descanso, comedero individual y bebedero automático compartido.

Los tratamientos fueron los siguientes:

Tabla 2.- Tratamientos experimentales

Tratamiento	Virginiamicina Mg/Kg
TMT 1	0
TMT 2	82
TMT 3	164
TMT 4	264

Diseño experimental

Los datos fueron analizados en un diseño de Cuadrado Latino 4 X 4, con 4 observaciones por tratamiento de acuerdo al siguiente modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + B_i + A_j + P_k + \zeta_{lk} + E_{ijkl}$$

Dónde:

μ : Media general.

B_i : Efecto del tratamiento i.

A_j : Efecto del periodo j.

P_k : Efecto de la repetición k.

ζ_{lk} : Efecto del animal en la repetición.

E_{ijkl} : Efecto del Error residual i, j.

Tabla.- 3 Tratamientos y su distribución de acuerdo al diseño experimental:

	Distribución de los tratamientos			
	PERIODO 1	PERIODO 2	PERIODO 3	PERIODO 4
ANIMAL 1	TMT1	TMT2	TMT3	TMT4
ANIMAL 2	TMT2	TMT3	TMT4	TMT1
ANIMAL 3	TMT3	TMT4	TMT1	TMT2
ANIMAL 4	TMT4	TMT1	TMT2	TMT3

Duración del experimento

El experimento se realizó en los meses de septiembre a diciembre de 2016, el cual consistió en cuatro periodos experimentales de 14 días (10 para la adaptación a la dieta y 4 para la recolección de muestras). Entre cada periodo experimental, a los novillos se les permitió un periodo de 7-d de recuperación, esto con la finalidad de evitar el efecto de arrastre del tratamiento anterior, durante el cual todos los novillos fueron alimentados con la dieta basal sin la adición de virginiamicina, (Tabla 1).

Alimentación

El consumo (BMS) se ajustó al 2.2% del peso vivo vacío, ofreciéndose durante la prueba alimento fresco en forma diaria en dos porciones iguales a las 08:00 y 20:00 h. El consumo de agua fue *ad libitum*.

Procedimientos de muestreo y análisis de laboratorio

En cada periodo se recolectaron muestras de duodeno, heces y líquido ruminal. Las muestras duodenales (700 ml), fecales (200 gr) y contenido ruminal (100 ml) se tomaron de cada novillo dos veces al día durante los cuatro días de muestreo de cada periodo en los siguientes horarios: Día 1, 10:30 y 16:30 h; día 2, 09:00 y 15:00 h; día 3, 07:30 y 13:30 h y día 4, 06:00 y las 12:00 h. Las muestras duodenales se tomaron utilizando recipientes de plástico de capacidad de 1L (Wide

mouth square bottles, Evenflo[®]), al finalizar la recolección de muestras se lavaron las cánulas y el área adyacente con agua corriente a presión. Las heces se recolectaron directamente del piso mediante espátula y se almacenaron en bolsas identificadas para cada animal. Las muestras de cada novillo recolectadas en cada periodo de colección se identificaron y mezclaron con el propósito de formar muestras homogéneas compuestas las que se congelaron a -20° C (Kelvinator, KSGW200, 19.4 cf) para análisis posteriores. Las muestras de contenido ruminal se tomaron mediante el uso de una bomba de vacío (Cole Parmer Instrument, Vernon Hill, IL.), donde se determinó el pH del rumen (Orion 261S, Fisher Scientific, Pittsburgh, PA.). Las muestras de contenido ruminal se filtraron a través de 4 capas de gasa y se congelaron 40 ml en una bolsa de plástico para posteriormente analizar N amoniacal (Fawcett & Scott, 1960). El último día, del tercer periodo experimental, se obtuvieron muestras de contenido ruminal de cada novillo para aislamiento de bacterias ruminales por centrifugación diferencial (Bergen et al., 1968). Las muestras de duodeno y heces fueron descongeladas, homogenizadas y secadas a 70°C durante 48 h en estufa de aire forzado (EPS, C3F-2, Orange, CA), posteriormente se molieron en molino para café (Krupps Gx4100), se depositaron en platillos de aluminio, y se sometieron a temperatura de 105°C hasta peso constante. Las muestras desecadas se colocaron en frascos de vidrio de 120 ml cerrados herméticamente (Qorpak Jars, Fisher Sci.). Las muestras generadas se sujetaron a todos o parte de los siguientes análisis: Materia seca (MS, estufa desecando a 105°C hasta peso constante), ceniza, N kjeldhal y N amoniacal de acuerdo con lo estipulado por la AOAC (1986), almidón (Zinn, 1990), purinas (Zinn y Owens, 1986), FDN (Goering y Van Soest, 1970), óxido crómico (Hill y Anderson, 1958), MO microbiana (MOM) y N (MN), dejando el abomaso se calcularon usando purinas como marcador microbiano (Zinn y Owens, 1986). La MO fermentada en rumen (MOF) es considerada igual al consumo de MO menos la diferencia entre la cantidad de MO y MOM y que llega a duodeno. En N de la alimentación de escape a intestino delgado es considerado igual al total de N que pasa el abomaso menos el M-amoniacal, NM y N endógeno ($0.195 \times PV^{0.75}$; Ørskov et al., 1986).

Cálculos y análisis estadístico

La cantidad de MS que fluyó a duodeno y la excreción fecal se calcularon a partir de la cantidad de Cr_2O_3 ingerido dividido entre la concentración (g/g MS) de Cr_2O_3 que apareció en duodeno y heces respectivamente. La cantidad de materia orgánica microbiana (MOM), así como el nitrógeno microbiano (NM) que fluyen al duodeno se calculó con base en los análisis de las bacterias aisladas en el fluido ruminal, así como en las muestras obtenidas de duodeno, usando purinas como marcadores (Zinn y Owens, 1986). La materia orgánica fermentada (MOF) en rumen se calculó mediante la resta a la materia orgánica consumida (MOC) menos la diferencia cuantitativa observada a nivel duodenal de la cantidad total de la MO, menos la MOM que ingresó a duodeno [$\text{MOF} = \text{MOC} - (\text{MO} - \text{MOM})$]. El N consumido que escapa de la digestión ruminal (proteína de escape) se consideró como el equivalente al total de N que ingresa al duodeno menos la suma de las cantidades de N amoniacal y N microbiano que fluyeron al duodeno.

La información generada se analizó según un modelo lineal para un diseño en cuadro latino 4 x 4 replicado. Los tratamientos fueron T1 = dieta basal + 0 de VM, T2 = dieta basal + 0.82 de VM, T3 = dieta basal + 0.164 de VM, T4 = dieta basal + 0.264 de VM.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los efectos de tratamiento sobre la eficiencia nutrimental de dietas de finalización para novillos se muestran en la Tabla 4.

El flujo a duodeno de MO, FDN, almidón, N, NH-N, NNA, N Microbial, y N alimenticio no fue afectado por los tratamientos ($P>0.05$), así como no hubo efecto lineal ni cuadrático ($P>0.05$). El incremento virginiamicina no disminuyó el flujo de almidón y de N a duodeno de manera lineal ($P>0.05$), este resultado es similar a trabajos previos (Montaño et al., 2014).

Acorde a los valores observados en duodeno, la digestibilidad ruminal de MO, FDN, almidón, N alimenticio y eficiencia microbiana no fueron afectados por los tratamientos ($P>0.05$), de igual manera no se afectó de manera lineal ($P>0.05$) efectos similares fueron reportados por Salinas Chavira et al. (2009).

En cuanto a eficiencia de la proteína no hubo efecto entre los tratamientos, así como tampoco se observó efecto lineal y cuadrático, resultados similares por Salinas Chavira et al. (2016).

En excreción fecal no hubo efecto de los tratamientos para MO y FDN, aunque en flujo a duodeno y digestibilidad ruminal no hubo efecto lineal para almidón, en excreción fecal se observó efecto significativo para almidón ($P\leq 0.05$).

En el caso de digestibilidad total, se observó un efecto lineal significativo para almidón ($P<0.05$), no existiendo efecto entre los tratamientos para MO, FDN.

Tabla 4.- Efecto de los tratamientos sobre las variables de respuesta

Concepto	Niveles de virginiamicina				TMT	Valor P		
	T1	T2	T3	T4		Lineal	Cuadrático	CME
	0	0.82	0.164	0.246				
Consumo g/d								
Materia seca ¹	2,947	2,947	2,947	2,947				
Materia orgánica	2,749	2,749	2,749	2,749				
Fibra detergente neutro	434	434	434	434				
Almidón	1,492	1,492	1,492	1,492				
Nitrógeno	59	59	59	59				
Flujo a duodeno g/d								
Materia orgánica	1,508	1,387	1,410	1,474	0.35	0.73	0.11	48.3
Fibra detergente neutro	194	188	181	207	0.38	0.48	0.17	9.71
Almidón	333	261	274	291	0.27	0.32	0.11	23.62
Nitrógeno	64	62	63	63	0.62	0.91	0.38	1.22
N amoniacal	2	2	2	2	0.68	0.52	0.82	0.10
N no amoniacal	62	60	61	61	0.60	0.86	0.35	1.15
N microbiano	38	37	40	37	0.12	0.78	0.18	0.91
N alimenticio	17	15	13	17	0.31	0.74	0.11	1.34
Digestión ruminal, %								
Materia orgánica	0.59	0.63	0.63	0.60	0.25	0.69	0.06	0.02
Fibra detergente neutro	0.55	0.57	0.58	0.52	0.38	0.48	0.17	0.02
Almidón	0.78	0.82	0.81	0.81	0.25	0.32	0.11	0.02
N alimenticio	0.71	0.74	0.77	0.72	0.31	0.74	0.11	0.02
Eficiencia microbiana ²	23.70	21.43	23.19	22.52	0.35	0.66	0.38	0.85
Eficiencia de proteína ³	1.05	1.1	1.04	1.04	0.60	0.86	0.35	0.02
Excreción fecal, g/d								
Materia seca	719.86	712.03	709.46	691.56	0.65	0.26	0.76	15.70
Materia orgánica	626.09	615.52	613.74	598.93	0.56	0.20	0.86	12.90
Fibra detergente neutro	251.48	255.91	262.82	251.79	0.75	0.84	0.39	8.26
Almidón	52.04	49.66	38.79	370.62	0.19	0.05	0.91	4.94
Nitrógeno	21.12	20.10	20.27	20.16	0.51	0.28	0.41	0.52
Digestión total, %								
Materia seca	75.58	75.84	75.93	76.54	0.65	0.26	0.76	0.53
Materia orgánica	0.77	0.78	0.78	0.78	0.56	0.20	0.88	0.005
Fibra detergente neutro	0.42	0.41	0.39	0.42	0.75	0.84	0.39	0.02
Almidón	0.97	0.97	0.97	0.98	0.18	0.05	0.91	0.003
Nitrógeno	0.64	0.66	0.66	0.66	0.51	0.28	0.41	0.009

¹CMS fue restringido a 2.2% de PVV/día.

²N microbial, g/kg de MO fermentada.

³N no amoniacal llegando a intestino delgado como una fracción del N consumido.

CONCLUSIONES

Los niveles de virginiamicina utilizados en el presente experimento no fueron capaces de afectar la eficiencia nutrimental de los componentes de las dietas, salvo un leve efecto sobre la digestión de almidón.

LITERATURA CITADA

- Acedo J. y G. Rico. 1998. Utilización de aditivos en piensos para rumiantes: Minerales forma organica, levaduras, enzimas, ionóforos y otros. XIV curso de especialización. Avances de nutrición y alimentación animal. FEDNA, 47-66.
- Alvarez, E. G., J. F. Calderon, M. F. Montano, R. A. Ware, and R. A. Zinn. 2004. Influence of dietary forage level on digestive function and growth performance in cattle fed steam-flaked corn-based growing-finishing diets. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 3:506-512.
- Bergen, W. G., D. B. Purser, and J. H. Cline. 1968. Effect of ration on the nutritive quality of microbial protein. *J. Anim. Sci.* 27:1497-1501.
- Carro, M., C. Lopez., C. Valdes y F. Ovejero. 1999. *Anim. Feed Sci. Technol.* 79:279-288.
- Chalupa, W. 1997. Manipulating rumen fermentation. *Journal animal science* 45: 585-599.
- Church D. C., W. G. Pond y K. R. Pond. 2013. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Editorial Limusa Wiley. 2da. Edición. México. Pp. 409.
- Coe, M. L., T. G. Nagaraja, Y. D. Sun, N. Wallace, E. G. Towne, K. E. Kemp, and J. P. Hutchenson. 1999. Effect of virginiamycin on ruminal fermentation in cattle during adaptation to a high concentrate diet and during an induced acidosis. *J Anim Sci.* 77:2259-2268.

- González, V. M., y M. F. Montaña. 2015a. Instalación de cánulas tipo “T”, en duodeno. XXV Reunión Internacional sobre Producción de Carne y Leche en Climas Cálidos. Ensenada, B.C.
- González, V. M., y M. F. Montaña. 2015b. Instalación de cánulas tipo “T”, en rumen. XXV Reunión Internacional sobre Producción de Carne y Leche en Climas Cálidos. Ensenada, B.C.
- Hedde, R. D., D. G. Armstrong, R. C. Parish, and R. Quach. 1980. Virginiamycin effect on rumen fermentation in cattle. *J Anim Sci.* 51:366-367.
- Hedde, R. D., L. Shor, R. Quach, S. M. Free, R. C. Parish, and C. J. Di Cuollo. 1982. Virginiamycin activity and safety in ruminants. *Proc. 2nd European Congress for Veterinary Pharmacology and Toxicology*, Toulouse, France.
- Ives, S. E., E. C. Titgemeyer, T. G. Nagaraja, A. Del Barrio, D. J. Bindel, and L. C. Hollis. 2002. Effects of virginiamycin and monensin plus tylosin on ruminal protein metabolism in steers fed corn-based finishing diets with or without wet corn gluten feed. *J. Anim. Sci.* 80:3005-3015.
- Montaña, M. F, Manriquez, O.M, Salinas Chavira J., Torrentera N., Zinn R. A. 2014. Effects of monensin and virginiamycin supplementation in finishing diets with distiller dried grains plus solubles on growth performance and digestive function of steers. *Journal of Applied Animal Research*.

- Nagaraja, T.G., and M. B. Taylor. 1987. Susceptibility and resistance of ruminal bacteria to antimicrobial feed additives. *Appl. Environ. Microbiol.* 53:1620-1625.
- Nagaraja, T. G. 1995. Ionophores and antibiotics in ruminants. In: R. J. Wallace and A. Chesson. *Biotechnology in animal feeds and animal feeding*. VCH. Weinheim, Germany.
- Nagaraja, T.G., and E. C. Titgemeyer. 2007. Acidosis in beef cattle. *J. Dairy Sci.*
- Nocek, J. E. 1997. Bovine acidosis: Implications on Laminitis. *J. Dairy Sci.*80:1005–1028.
- Núñez, J. C. A., Caetano, M. Berndt A., Assumpção de Abreu Demarchi J. J., Leme R.P., and L. D. P. Duarte. 2013. Combined use of ionophore and virginiamycin for finishing Nellore steers fed high concentrate diets. *Sci. Agric.*70:229-236.
- Wallace, R. J. and A. Chesson. 1995. *Biotechnology in animal feeds and animal feeding*. Pp 174. VCH. Weinheim, Germany.
- Ravidran, V. 2010. *Aditivos en alimentación animal: presente y futuro*, Massey university, Palmerston North 4442, New Zealand.
- Rogers, J. A. M. E. Branine, C. R. Miller, M. I. Wray, S. J. Bartle, R. L. Preston, D. R. Gill, R. H. Pritchard, R. P. Stilborn, and D. T. Bechtol. 1995. Effects of dietary virginiamycin on performance and liver abscess incidence in feedlot cattle. *J Anim Sci.* 73:9-20.

- SAGARPA. INIA-CIANO. 2007. Guía para la asistencia técnica agrícola: área de influencia del CAEMEXI.ED.CAEMEXI, 2^{da} ed. Mexicali, B.C. México.
- Salinas Chavira J. Barreras A., Plascencia A. Montañó M.F. Navarrete J.D. Torrentera N. and Zinn R.A. 2016. Influence of protein nutrition and virginiamycin supplementation on feedlot growth performance and digestive function of calf-fed Holstein steers. Journal Animal Science. 10.2527/jas.2016-0576.
- Salinas-Chavira, J., J. Lenin, E. Ponce, U. Sanchez, N. Torrentera, and R. A. Zinn. 2009. Comparative effects of virginiamycin supplementation on characteristics of growth-performance, dietary energetics, and digestion of calf-fed Holstein steers. J Anim Sci. 87:4101-4108.
- Smith, M. T., D. R. Gill, J. W. Oltjen, H. G. Dolezal, C. A. Strasia, C.J. J. Martin, and J. A. Rogers. 1989. The effect of virginiamycin on performance of feedlot cattle. Animal Science Research Report 137.
- Olukosi, O. A., A. J. Bolarinwa, O. Cowieson and O. Adeola. 2012. Marker type but not concentration influenced apparent ileal amino acid digestibility in phytase-supplemented diets for broiler chickens and pigs. J. Anim. Sci. 90:4414–4420.
- Van Nevel, C. J., D. I. Demeyer, and H. K. Henderickx. 1984. Effect of virginiamycin on carbohydrate and protein metabolism in the rumen in vitro. Arch. Tierernaehr. 34:149-155.

Van Soest, P. J. 1994. Nutritional ecology of ruminant. 2ed. Cornell University Press, Ithaca, NY, USA.

Wolin, M. J. 1960. A theoretical rumen fermentation balance. Journal of dairy Science 43: 1452-1459.

Zinn, R. A. and F. N. Owens. 1986. A rapid procedure for purine measurement and its use for estimating net ruminal protein synthesis. Can. J. Anim. Sci. 66:157-166.