

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



**“EFECTO DE NUTRAGEN® COMO PROMOTOR DE CRECIMIENTO EN
NOVILLOS HOLSTEIN ALIMENTADOS CON DIETAS DE FINALIZACIÓN”**

TESIS

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

**PRESENTA:
GERSON MAURICIO SÁNCHEZ CRUZ**

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

MEXICALI, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO.

MAYO DE 2022

“Efecto de Nutragen® como promotor de crecimiento en novillos Holstein alimentados con dietas de finalización”. Tesis presentada por Gerson Mauricio Sánchez Cruz, 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 Vega Cazares
Sinodal

Dr. Juan Octavio Chirino Romero
Sinodal

Dra. Olga Maritza Manríquez Núñez
Sinodal

Dr. Martín Luis Arango Pérez
Sinodal

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios todo poderoso por acompañarme en todo este proceso de formación académica por su misericordia y su oportuno sustento en este proyecto de vida.

A mi asesor y Director de tesis Dr. Martin Francisco Montaña Gómez por la oportunidad, apoyo, paciencia y enseñanza. Por su objetividad y profesionalismo mostrado a lo largo del periodo oficial de esta maestría

A mi esposa Sintia Carolina Breve Tejeda por su apoyo incondicional tanto moral y económico en pro del logro de mis metas académicas.

A mis hermanos Gelin Judith Sanchez Cruz; Jarlin José Sanchez Cruz, Casto Alberto Sánchez Cruz y Alex Gerardo Sánchez por su apoyo moral y económico en éste proceso.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por su apoyo económico.

Al Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias de la UABC.

A los integrantes del comité de tesis, por su enseñanza y apoyo.

A mis compañeros de practica Guillermo López, Daniel Onan Martínez Cabrera, Rubén Flores Avalos, David Paredes Díaz y Francisco Cota Almaraz por su amistad y apoyo en el proceso.

A mi amigo Luis Alfredo Erazo por todo su apoyo.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación para mis hijos Jessel Mauricio Sánchez Brevé y Eithan Mateo Sánchez Brevé. Y a mi esposa Sintia Carolina Breve Tejeda

Para mis padres Casto Dejesus Sánchez y Azucena María Cruz y mis hermanos Juan Carlos Sanchez Cruz, Jarlin José Sanchez Cruz, Gelin Judith Sanchez Cruz, Casto Alberto Sanchez Cruz, Alex Gerardo Sanchez Cruz y Eduan Daniel Sánchez Cruz.

Para el M.C. Orlando José Castillo Rosa por impulsarme y promoverme para poder cursar el posgrado.

Para mi hermano Eduan Daniel Lobo por impulsarme a continuar con mis estudios.

Para todos mis amigos que me apoyaron en la culminación de mi posgrado a nivel de Maestría

RESUMEN

Se realizó una prueba de metabolismo digestivo en la cual se utilizaron cuatro novillos Holstein (170 ± 6 kg) con cánulas en rumen y duodeno proximal (González-Vizcarra y Montaña-Gómez, 2015) en un diseño de cuadrado latino 4 X 4 con la finalidad de evaluar los efectos de tratamiento sobre función ruminal y digestión total. Los novillos fueron alojados (instalaciones interiores) en corrales individuales (4 m^2) con piso de concreto cubierto con alfombra de neopreno, bebederos automáticos y comederos de alimentación individual. Los tratamientos consistieron en el nivel de Nutragen® (0, 0.2, 0.4, y 0.6% de la dieta BMS). Las dietas experimentales contaron con la inclusión de 0.3% de óxido crómico como marcador indigestible para estimar flujos de nutrientes y digestibilidad. Los novillos se alimentaron diariamente con las dietas experimentales en porciones iguales a las 8:00 y 20:00 h. El consumo de materia seca se limitó al 2.2% del peso corporal. Los períodos experimentales consistieron en 10 días para adaptación a la dieta y 4 días para la toma de muestras. No se observó efecto estadísticamente significativo de los tratamientos sobre las variables de respuesta ($P > 0.05$). La inclusión de 0, 0.2, 0.4 y 0.6 % de la dieta basal con Nutragen® no modificó significativamente las variables de digestibilidad ruminal y en tracto total, solo parcialmente el perfil de ácidos grasos volátiles.

Palabras Clave: Nutragen®, Metabolismo, Bovinos, Finalización, Holstein.

ABSTRACT

A digestive metabolism test was performed in which four Holstein steers (170 ± 6 kg) with rumen and proximal duodenum cannulas were used (González-Vizcarra and Montaña-Gómez, 2015) in a Latin Square design 4 X 4 in order to evaluate the effects of treatment on rumen function and total digestion. The steers were housed (indoor facilities) in individual pens (4 m^2) with concrete floor covered with neoprene carpet, automatic drinkers and individual feeding feeders. Treatments consisted of the Nutragen[®] level (0, 0.2, 0.4, and 0.6% of the BMS diet). The experimental diets included 0.3% chromic oxide as an indigestible marker to estimate nutrient flows and digestibility. The steers were fed daily with the experimental diets in equal portions at 8:00 and 20:00 h. Dry matter consumption was limited to 2.2% of body weight. The experimental periods consisted of 10 days for adaptation to the diet and 4 days for sampling. No statistically significant effect of treatments on response variables was observed ($P > 0.05$). The inclusion of 0, 0.2, 0.4 and 0.6% of the baseline diet with Nutragen[®] did not significantly modify the variables of rumen and total tract digestibility, only partially the volatile fatty acid profile.

Key words: Nutragen[®], Metabolism, Cattle, Feedlot, Holstein.

CONTENIDO

	Pág.
LISTA DE CUADROS.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
OBJETIVOS.....	5
JUSTIFICACIÓN.....	6
HIPÓTESIS.....	7
ANTECEDENTES.....	8
Nutrigen® (OmniGen-AF).....	8
Onmigen-AF® en la inmunidad y el metabolismo.....	13
REVISIÓN DE LITERATURA.....	18
MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
Función de los promotores de crecimiento en la producción ganadera...	18
Clasificación de los promotores de crecimiento.....	19
Antibióticos.....	19
<i>Alternativas para el uso de antibióticos.....</i>	20
<i>Probióticos.....</i>	22
<i>Prebiótico.....</i>	22
<i>Aceites esenciales.....</i>	23
<i>Enzimas.....</i>	24
Ionóforos.....	24
<i>Mecanismo de Acción de los Ionóforos.....</i>	25
<i>Virginamicina (Vmax).....</i>	25
Agentes anabólicos.....	26
<i>Hormonas naturales.....</i>	27
<i>Andrógenos.....</i>	28
<i>Estrógenos.....</i>	28
<i>Los anabólicos esteroideos sintético.....</i>	28
<i>Somatotropina (bST) y Estradiol.....</i>	29
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
CONCLUSIONES.....	37

LITERATURA CITADA..... 38

LISTA DE CUADROS

Cuadro		Pág.
1.	Concentración de L-selectina e interleusina-1 β en neutrófilos aislados de los cinco grupos de tratamiento en experimento.....	10
2.	Clasificación de los promotores de crecimiento según sus modos de acción.....	19
3.	Clasificación de los antibióticos promotores del crecimiento.....	21
4.	Como se subdividen los promotores de crecimiento.....	27
5.	Composición de la dieta basal.....	31
6.	Efecto de los tratamientos sobre digestión ruminal y tracto total.....	34
7.	Efecto de los tratamientos sobre pH ruminal y porcentajes de AGV.	36

INTRODUCCIÓN

En la producción pecuaria con fines comerciales es frecuente el uso de aditivos para aumentar la efectividad de los nutrientes presentes en el alimento, su disponibilidad y absorción en el tracto gastrointestinal, además de modular la flora intestinal de los animales y promover su crecimiento y productividad. Diversas sustancias con capacidades antibióticas han sido utilizadas en las últimas décadas en producción animal en el mundo. El nivel de aditivos que normalmente deben ser adicionados a los alimentos para animales, en función de aumentar el crecimiento y una mayor productividad, es bajo (Molina, 2019).

Se define como promotor de crecimiento cualquier compuesto o mezcla de compuestos que afectan la función metabólica del animal para incrementar la cantidad de proteína corporal (Valenzuela, 2008).

Los aditivos son usados rutinariamente en la alimentación animal con tres fines fundamentales: mejorar el sabor u otras características de las materias primas, piensos o productos animales, prevenir ciertas enfermedades, así como aumentar la eficiencia de producción de los animales. Entre los agentes promotores del crecimiento podemos encontrar: antibióticos, probióticos, prebióticos y enzimas. Dentro del grupo de los aditivos antibióticos están aquellos que se utilizan como promotores del crecimiento de los animales y que también son denominados "modificadores digestivos" (Carro y Ranilla, 2002).

Los ionóforos son una clase de sustancias con propiedades antibióticas, mismas que tienen la capacidad de alterar las características de la fermentación ruminal, dando por resultado una mejora en la eficiencia de conversión o en la ganancia de peso comparado con dietas en las cuáles no se utilizan ionóforos. Tanto Rumensin® (Monensina) como Bovatec® (Lasalocida) son probablemente los dos más conocidos por los productores ya que han estado en el mercado por un tiempo relativamente largo. Algunos otros que han sido recientemente aprobados son Cattlyst® (Aureomicina) y Vmax® (Virginiamicina) mostrando también actividad sobre el control de abscesos hepáticos (Loerch, 1998).

Nutrigen® es un ingrediente alimenticio no antibiótico con propiedades de inmunomodulador asociadas con la función leucocitaria mejorada, la concentración de L-selectina en la superficie y la fagocitosis de patógenos extracelulares en ganado lechero (Ryman et al., 2013). Es un suplemento nutricional que reduce la inflamación y apoya la salud inmunológica, su nombre comercial es Omnigen-AF® (Snider et al., 2019).

La investigación ha sugerido el papel interconectado del sistema inmune y el metabolismo en la regulación cruzada de la función inmune y metabólica. El ganado de engorda experimenta una serie de factores estresantes desde la recepción hasta la cosecha que pueden ejercer presión sobre el eje inmunometabólico. Ejemplos específicos de estos estresores incluyen el estrés por calor, cambios en la alimentación y los desafíos de los patógenos. Para introducir más control sobre las respuestas a estos estresores, agregar aditivos comerciales para piensos a la ración basal es una opción viable (Armstrong et al., 2018).

La suplementación con Nutragen® ha sido estudiada principalmente en ratas y ovejas (Wang et al., 2007), así como en ganado lechero (Ryman et al., 2013). La información detallada sobre el efecto de la suplementación de Nutragen® en el mantenimiento de las características de producción (incluida la eficiencia del alimento, las predicciones de la canal, la salud animal y la seguridad alimentaria) del ganado vacuno en escenarios de producción estresantes, incluida una fase de acabado de alto concentrado, sigue siendo sumamente limitada.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de NUTRAGEN® como promotor del crecimiento en novillos Holstein alimentados con dietas de finalización.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Evaluar el efecto del NUTRAGEN® sobre digestión y metabolismo ruminal.

| Evaluar el efecto del NUTRAGEN® sobre digestión en tracto total.

JUSTIFICACIÓN

NUTRAGEN® es un suplemento nutricional que reduce la inflamación y apoya la salud inmunológica, (Snider et al., 2019). Es utilizado como suplemento alimenticio, aditivo promotor del crecimiento en raciones de finalización en novillos Holstein (Odegaard y Shawla, 2013).

Actualmente no hay datos sobre la combinación de complementar OmniGen-AF® durante la fase final de la producción de corrales de engorde junto con el uso de Ractocpamina® (RAC) (Sudbeck et al., 2016). Y muy pocos estudios con novillos en corral se ha documentado literatura más en ganado lechero que en ganado de engorda.

Miranda y Páiz (2011), definen como promotor del crecimiento a todo aquel aditivo no esencial para la función biológica del animal. Según (Cancho-Grande et al., 2000). Pueden ser de tres tipos: a) antibióticos y quimioterapéuticos de actuación sobre la microflora bacteriana del tubo digestivo b) sustancias ionóforas de actuación sobre el metabolismo en rumen y c) anabolizantes, generalmente sustancias de tipo hormonal. Un producto que ha demostrado que mejora la salud del ganado lechero durante escenarios de producción estresantes es OmniGen-AF® (OG) (Ryman et al., 2013). El empleo de aditivos en la producción animal es una práctica que acumula varias décadas (Castro, 2005). Por todo lo antes mencionado creemos que el uso de NUTRAGEN® como promotor de crecimiento puede generar resultados óptimos en los objetivos que se pretenden logra

HIPOTESIS

La adición de NUTRAGEN® como promotor del crecimiento mejora la digestión ruminal y de tracto total de novillos Holstein alimentados con una dieta de finalización.

ANTECEDENTES

Nutragen® (OmniGen-AF)®

Es un ingrediente alimenticio no antibiótico con propiedades inmunomoduladoras asociadas con la función leucocitaria mejorada, la concentración de L-selectina en la superficie y la fagocitosis de patógenos extracelulares en ganado lechero (Ryman et al., 2013).

Es un suplemento nutricional que reduce la inflamación y apoya la salud inmunológica, su nombre comercial es Omnigen-AF® (Snider et al., 2019).

Las alternativas nutricionales para fortalecer la inmunocompetencia animal son críticas para el bienestar y la productividad en los sistemas ganaderos, como las operaciones de ganado vacuno (Brandão et al., 2019).

La investigación ha sugerido el papel interconectado del sistema inmune y el metabolismo en la regulación cruzada de la función inmune y metabólica. El ganado de engorda experimenta una serie de factores estresantes desde la recepción hasta la cosecha que pueden ejercer presión sobre el eje inmunometabólico. Ejemplos específicos de estos estresores incluyen el estrés por calor, cambios en la alimentación y los desafíos de los patógenos. Para introducir más control sobre las respuestas a estos estresores, agregar aditivos comerciales para piensos a la ración basal es una opción viable (Armstrong et al., 2018).

Un producto que ha demostrado que mejora la salud del ganado lechero durante escenarios de producción estresantes es OmniGen-AF® (OG) Sin embargo, la información detallada sobre el efecto de la suplementación con OG en el mantenimiento de las características de producción (incluida la eficiencia del alimento, las predicciones de la canal, la salud animal y la seguridad alimentaria) del ganado vacuno en escenarios de producción estresantes, incluida una fase de acabado de alto concentrado, sigue siendo desconocida. La suplementación con OG ha impactado los marcadores de la función inmune (IL8R, CXCR1 / CXCR2 y L-Selectin CD62L) en ratas, ovejas (Wang et al., 2007), y ganado lechero (Ryman et al., 2013).

Al respecto, Wang et al., (2007) evaluaron los efectos de Omnigen-AF® en la mejora de la inmunidad en ovejas. Cuando las ovejas fueron desafiadas con el inmunosupresor dexametasona, los niveles de L-selectina de leucocitos en sangre fueron restaurados de animales suplementados con OmniGen-AF® en comparación con los controles no suplementados.

Se probó la capacidad de un aditivo alimentario comercial (OmniGen-AF)® para afectar los marcadores de inmunidad innata en ovejas inmunosuprimidas y la capacidad de un desafío de patógeno (moho) para afectar la respuesta inmune al aditivo. Los tratamientos consistieron en (1) control, (2) inmunosuprimidos con dexametasona (DEX), (3) inmunosuprimidos más el aditivo alimenticio, (4) inmunosuprimidos más *Aspergillus fumigatus* e (5) inmunosuprimidos, *A. fumigatus* y el aditivo. Se monitoreó la salud animal y se recolectaron índices de inmunidad innata (L-selectina de neutrófilos e interleucina-1 β (IL-1 β)). DEX causó inmunosupresión (es decir, reducción de la abundancia de neutrófilos L-selectina e IL-1 β). Este efecto

inmunosupresor fue contrarrestado por la provisión del aditivo en la ración. La provisión de moho en la ración aumentó la capacidad del aditivo para regular los marcadores de la función inmune innata. Se concluyó que el producto tiene el potencial para alterar la función inmune innata y que los efectos se manifiestan en el neutrófilo (Cuadro 1) (Wang et al., 2007).

Cuadro 1. Concentración de L-selectina e Interleusina-1 β en neutrófilos aislados de los cinco grupos de tratamiento en experimento

	Control	Inmunosuprimidos	Inmunosuprimidos. + Omnigen-AF	Inmunosuprimidos. + (Moho)	Inmunosuprimidos. + (Moho) y Omn-AF
L-selectina	127 ^a \pm 24	48 ^b \pm 17	206 ^c \pm 59	54 ^b \pm 27	295 \pm 92 ^c
Interleucina-1 β	133 ^a \pm 21	1.3 ^b \pm 1	14 ^b \pm 12	23 ^b \pm 23	273 \pm 101 ^c

(Wang et al., 2007).

a.b.c. Los valores dentro de una fila que no comparten un superíndice común difieren significativamente. Las unidades de densitómetro arbitrarias por miligramo de proteína de neutrófilos total.

En otro estudio se evaluó los efectos de inmunidad fisiológica e innata de la suplementación de un ingrediente de alimentación inmunomodulador (Omnigen-AF)[®]. A las vaquillas de carne de vacuno administradas con lipopolisacárido bacteriano (LPS) Colectivamente, la suplementación con OMN no moduló las respuestas inmunitarias fisiológicas e innatas de las vaquillas de carne a la administración de LPS bacteriano (Brandão et al., 2019).

Por otro lado, se evaluó la alimentación de OmniGen-AF[®] (OG), en la respuesta super ovulatoria y las concentraciones séricas de progesterona y cortisol en donantes

de embriones tratados con dos dosis diferentes de Folltropin®-V (FSH). Vacas Angus ($n = 24$) fueron asignadas a cuatro grupos, alimentados con OG a 0 o 56 g/animal/día durante 49 días y fueron tratados con 200 o 400 mg de FSH para inducir la superovulación. Se recuperaron más embriones transferibles ($P < 0.05$) de vacas alimentadas con 56 g de OG y tratadas con 400 mg en comparación con 200 mg de FSH. El porcentaje de embriones no viables recuperados de vacas tratadas con la dosis de 400 mg de FSH fue tres veces mayor ($P < 0.05$) cuando no se alimentó con OG en comparación con 56 g de OG. En resumen, la mejora en la calidad del embrión con la alimentación con OG puede estar relacionada con una mayor concentración de progesterona sérica (Snider et al., 2019).

Se investigó el impacto de la alimentación de OmniGen-AF® desde el secado hasta la semana 4 de lactancia a dos dosis en el rendimiento de producción y la adaptación metabólica de vacas Holstein multíparas. Cuarenta y ocho vacas fueron bloqueadas y asignadas aleatoriamente a tres tratamientos: OG fue alimentado a 0 g/cabeza/día (CON), 60 g/cabeza/día (OG60), o 90 g/cabeza/día (OG90). No se observó diferencia en la ingesta de materia seca (DMI) durante todo el experimento, mientras que la alimentación con OG tendió a disminuir el porcentaje de cambio de peso corporal (PWC) en la semana 2. La suplementación con OG tendió a aumentar la proteína sérica total, la globulina y el contenido de calcio después del parto. Además, se observó una menor incidencia de mastitis y edema de ubre. En conclusión, la suplementación de vacas con OG durante el período de secado reduce o modula las respuestas de inflamación asociadas con el parto, lo que puede resultar en una mejor

salud posparto, mientras que la alimentación de OG más de 60g/cabeza/día no garantiza beneficios adicionales (Zhaohai, 2018).

Ryman et al. (2013) al evaluar el efecto de un suplemento de alimentación inmunoestimulante (OmniGen-AF[®]) sobre las propiedades antimicrobianas de los leucocitos sanguíneos en vacas lecheras en un intento por prevenir la mastitis observaron que la expresión de ARNm de L-selectina se incrementó en vaquillas suplementadas frente a controles; sin embargo, la expresión de ARNm de IL-8R no fue diferente. Los resultados respaldan el estudio continuo de la suplementación dietética como una herramienta de gestión adicional para mejorar la salud de las ubres en las vaquillas lecheras.

Se utilizaron 30 terneros (machos y hembras) de la raza Holstein clínicamente sanas con un rango de peso al nacimiento de 34 a 46 kilogramos. Los animales se asignaron aleatoriamente a cada tratamiento, el cual el tratamiento por animal fue de 56 días. Los tratamientos fueron: (a) Testigo (TES) (n = 15), (b) Virginiamicina[®] (VIM) (n = 15) y (c) una combinación de Virginiamicina[®] + Omnigen-AF[®] (VIM+OMG) (n = 15). Se evaluaron las siguientes variables: peso (kg), ganancia de peso (kg) y consumo de alimento (gr). La comparación de los tratamientos VIM con TES para el caso de peso se encontró una diferencia significativa ($P < 0.01$), para la ganancia de peso se tiene que hay una diferencia significativa ($P < 0.002$), para el consumo de alimento se encontró una diferencia significativa ($P < 0.01$). La comparación de los tratamientos VIM+OMG con TES para el caso de peso no se encontró una diferencia significativa ($P > 0.09$), para la ganancia de peso se tiene que hay una diferencia significativa ($P < 0.04$), para el consumo de alimento no se encontró una diferencia significativa ($P >$

0.96). En comparación de los tratamientos VIM con VIM+OMG para el caso de peso no se encontró una diferencia significativa ($P > 0.41$), para la ganancia de peso se tiene que no hay una diferencia significativa ($P > 0.32$), para el consumo de alimento se encontró una diferencia significativa ($P < 0.01$) (Valdez y Jaimes, 2011).

Onmigen-AF[®] en la Inmunidad y el metabolismo

El metabolismo y la inmunidad han evolucionado para compartir una arquitectura modular común que permite una amplia comunicación y coordinación bidireccional. De hecho, observaciones recientes han resaltado numerosos módulos reguladores inmunes funcionalmente críticos ubicados dentro de diversos circuitos metabólicos, estos dos sistemas primordialmente dispares aprovechan ejes reguladores compartidos para coordinar la fisiología metabólica en condiciones de normalidad y sobre nutrición crónica (Odegaard y Shawla, 2013),

Investigaciones previas con el producto OmniGen-AF[®] demostraron cambios en aspectos de la respuesta de fase aguda a un desafío de lipopolisacárido (LPS). Sin embargo, el sistema inmunitario no realiza sus acciones sin la ayuda de la energía, en forma de metabolitos como glucosa, ácidos grasos y proteínas. Ha habido un aumento en la literatura reciente asociada con el estudio de las interacciones entre la inmunidad y el metabolismo, y el papel de la disponibilidad de energía en la respuesta inmune (Kvidera et al., 2017).

El ganado experimenta diferentes formas de estimulación del sistema inmunitario (ISS) durante su ciclo de producción, incluida la infección microbiana, la

vacunación y el trauma tisular. La liberación de citocinas proinflamatorias durante la ISS activa el eje hipotalámico-pituitario-adrenal (HPA) o "eje de estrés", que regula el metabolismo y la respuesta inmune durante la ISS para restaurar la homeostasis fisiológica (Karrow et al., 2017).

Actualmente no hay datos sobre la combinación de complementar OmniGen-AF® durante la fase final de la producción de corrales de engorde junto con el uso de Ractocpamina® (RAC) por tal razón se evaluaron los efectos de alimentar OmniGen-AF® durante el 0, 28 o 56 días finales de la fase de finalización del lote de alimentación con o sin suplemento (Optafl exx®). No se observaron diferencias en el rendimiento de la dirección o las características de la canal cuando OmniGen-AF® se alimentó solo ($P \geq 0.18$) o en combinación con Optafl exx®. No se observaron interacciones OG por RAC en este estudio para el rendimiento de los animales, las características de la canal o las variables de ultrasonido ($P \geq 0.22$). Además, no se observaron diferencias en ninguna de las medidas de rendimiento del lote de alimentación debido a la alimentación de OG ($P \geq 0.18$). La suplementación de RAC a 300 mg/Novillo diariamente durante 28 días aumentó el peso corporal final en 23 lb, ganancia diaria de peso (GDP) en 0.11 lb/d y mejoró F:G ($P < 0.05$). No se observaron diferencias sobre consumo de materia seca (CMS) entre tratamientos ($P > 0.67$), y un aumento en GDP, complementando RAC mejoró F:G ($P = 0.05$). Estos datos ilustran el reparto de nutrientes entre los tejidos magros y grasos cuando se alimenta Optafl exx® (Sudbeck et al., 2016).

Burdick et al. (2019) evaluaron la utilización como suplemento inmunomodulador OmnoGen-AF® sobre los perfiles metabólicos, a una prueba de

tolerancia a la glucosa. Se asignaron vaquillas (n= 32; 217 ± 2 kg) en dos dietas de tratamiento: 1) Control, alimentado con una ración receptora estándar, y 2) OmniGen[®], alimentado con la dieta Control suplementada con OmniGen[®] a 4.54 g/45 kg peso corporal (PV)/d. Se les administró 0.5 ml/kg de peso corporal de una solución de dextrosa al 50%. Las concentraciones de glucosa en sangre aumentaron después de la aplicación de dextrosa (P <0.01) y se redujo en aquellas suplementadas con OmniGen[®] en comparación con las Control a los 10, 45 y 90 minutos después de la exposición a la solución. Del mismo modo, hubo una interacción tratamiento por tiempo para las concentraciones de insulina a la aplicación de la solución de dextrosa (P= 0.04), la insulina fue mayor en vaquillas alimentadas con OmniGen[®] que en vaquillas Control de 10 a 30 min. Las concentraciones séricas de N ureico fueron mayores en las vaquillas control a los 150 minutos en comparación con las vaquillas alimentadas con OmniGen[®] (P<0.01). Estos datos sugieren que las vaquillas alimentadas con OmniGen[®] respondían mejor a los cambios en la glucosa, tal vez afectando el almacenamiento y/o la redistribución de los depósitos de energía y proporcionan evidencia adicional de un metabolismo alterado en ganado suplementado con OmniGen[®]. Las diferencias observadas pueden explicar las variaciones en la respuesta inmune en vaquillas suplementados con OmniGen[®].

Para determinar el efecto del aditivo comercial OmniGen-AF[®] en las variables de ultrasonido inmunológico, fisiológico y de canal en novillos durante las fases de fondo, transición y finalización, se asignaron aleatoriamente nueve novillos de medios hermanos de raza Angus pura a uno de dos grupos de tratamiento: Control (n = 4) y OmniGen-AF[®] (OG; n = 5). A los bovinos se les ofreció 0 (Control) o 56 g diarios de

OG. La suplementación con OG aumentó las concentraciones de cloruro sérico ($P = 0.02$) y haptoglobina ($P = 0.03$) y disminuyó el NEFA sérico ($P = 0.001$). La suplementación con OG *versus* control atenuó la disminución de la paraoxonasa sérica y el aumento de las concentraciones de AST, un marcador de necrosis de células hepáticas. Las mediciones de predicción de la canal, recolectadas en intervalos de 30 días durante la fase de acabado, indicaron calificaciones de rendimiento numérico pronosticadas más bajas ($P = 0.03$) debido a un área del ojo de la costilla (REA) más alta ($P = 0.06$) en control frente a novillos OG. El aumento de peso, el consumo de alimento, la eficiencia del alimento y los grados de calidad pronosticados no difirieron entre los tratamientos. En conclusión, OG puede actuar en el eje inmunometabólico a través de las tres fases de dieta basal estudiadas para apoyar hígados más saludables y mejores grados de rendimiento predichos en novillos Angus al disminuir la deposición de grasa y aumentar la REA (Armstrong et al., 2018).

La formulación de las dietas receptoras debe tener en cuenta la disminución de la ingesta de alimento por ganado vacuno altamente estresado, recién recibido y deficiencias conocidas de nutrientes, pero la fortificación de tales dietas con minerales traza más allá de los niveles necesarios para compensar estos efectos es difícil de justificar a partir de los datos actuales (Galyean et al., 1999).

Se utilizaron ciento ocho novillos Angus x Hereford con el fin de mejorar el rendimiento de la recepción y mitigar la incidencia de enfermedades respiratorias (BRD) En d 0, los novillos fueron clasificados por peso corporal (PV) ajustado y asignados a 1 de 18 corrales (6 novillos/corral). Los tratamientos se asignaron a: 1) ningún suplemento de ingredientes inmunomoduladores durante la recepción de la

alimentación (CON), 2) suplemento con OmniGen-AF[®] (OMN; 22 g / novillo diariamente 3) 2 cápsulas orales de Stocker Immune Primer en d 0 + 15 g / novillo diariamente (IPF). Se registró el consumo de materia Seca (CMS) de alimentación de cada corral, y se evaluaron los novillos diariamente para detectar signos de enfermedad respiratoria bovina (BRD). La ganancia diaria de peso (GDP) y peso corporal final (PF) fue mayor ($P = 0.05$) en novillos del tratamiento control que en OMN y novillos IPF (1.23, 0.76 y 1.06 kg / d). Las concentraciones plasmáticas de IGF-I, los títulos de anticuerpos séricos contra los agentes patógenos BRD no fueron diferentes ($P = 0.21$) entre los tratamientos. Colectivamente, los ingredientes de alimentación inmunomoduladores evaluados afectaron las respuestas inmunes adrenocorticales e innatas, pero no pudieron mitigar la incidencia de BRD y mejorar el rendimiento de la recepción de ganado (Sudbeck et al., 2016).

REVISIÓN DE LITERATURA

Los promotores de crecimiento son sustancias naturales o sintéticas con actividad farmacológica que se administran a los animales sanos a través de los piensos para acelerar la ganancia de peso y mejorar los índices de transformación de los alimentos (Cancho-Grande et al., 2000).

Se define un promotor del crecimiento todo aquel aditivo no esencial para la función biológica del animal pero que tienen un efecto positivo como es la de mejorar el crecimiento del animal y la eficiente conversión del alimento. Esto último significa que, de una cantidad determinada de alimento, el metabolismo del animal puede obtener más energía y por consiguiente producir más carne y menos deposición de grasa. Entre los promotores de crecimiento para alterar o modificar el metabolismo de los animales se encuentran: hormonas esteroidales, anabólicos sintéticos, hormonas del crecimiento, beta-antagonistas, y el uso de respuestas inmunitarias (Miranda y Páiz, 2011).

Función de los promotores de crecimiento en la producción ganadera

En primer lugar, éstos pueden utilizarse con fines terapéuticos siendo el alimento una de las vías más usadas para administrar el fármaco. En segundo lugar, pueden emplearse como promotores de crecimiento animal favoreciendo el control de la flora bacteriana, lo que conlleva un mayor aprovechamiento de los nutrientes y un aumento considerable de peso, esto en el caso de los antibióticos (Cancho-Grande et al., 2000).

Clasificación de los promotores de crecimiento

Los promotores de crecimiento pueden ser de tres tipos: a) antibióticos y quimioterapéuticos de actuación sobre la microflora bacteriana del tubo digestivo, en concentraciones entre 30 y 100 mg/L, administrados sistemáticamente durante periodos largos. b) sustancias ionóforas de actuación sobre el metabolismo en rumen c) anabolizantes, generalmente sustancias de tipo hormonal, los cuales actúan como promotores de crecimiento mediante una acción sobre el metabolismo (Cuadro 1) (Cancho-Grande et al., 2000).

Cuadro 2. Clasificación de los promotores de crecimiento según sus modos de acción

Sistema Principal Afectado	Sustancia Química
Microflora del tracto gastrointestinal	Antibióticos y Quimioterapéuticos
Fermentación del rumen	Ionóforos
Metabolismo	Agentes anabólicos
Inmunológico	Nutrigen® (OmniGen-AF)®

(Valenzuela, 2008).

Antibióticos

Los antibióticos como promotores de crecimiento se han empleado a dosis sub terapéuticas durante largos períodos de la vida del animal, produciendo un incremento en la ganancia de peso estimada alrededor del 5%. El mecanismo por el cual los antibióticos favorecen el crecimiento no se conoce con exactitud, aunque básicamente actúan modificando cuantitativa y cualitativamente la flora microbiana intestinal, provocando una disminución de los microorganismos causantes de enfermedades

subclínicas. Actúan también reduciendo la flora normal que compite con el huésped por los nutrientes. Todo ello conduce a una mejora en la productividad y reduce la mortalidad de los animales (Torres y Zarazaga, 2002).

La situación en EE.UU. respecto de los promotores del crecimiento ha sido, y es, muy diferente. Históricamente han sido autorizados como promotores del crecimiento clortetraciclina, eritromicina, estreptomycin, bacitracina y espectinomycin (todos estos antibióticos son de uso en humanos), tilosina y virginiamicina (antibióticos con estructuras similares a otros usados en humanos) (Torrez y Zarazaga, 2002).

El empleo de aditivos en la producción animal es una práctica que acumula varias décadas y sus beneficios esperados se relacionan con su efecto mejorador en cuanto a eficiencia y costos. En estos momentos la tendencia en cuanto a su utilización está dirigida al uso de sustancias naturales, en contraposición con algunos que pudieran producir resistencia en los microorganismos o residualidad en la canal (Castro, 2005).

Alternativas para el uso de antibióticos

A fin de disminuir el uso de antibióticos en la producción animal, se han explorado diversas alternativas entre las que se encuentran probióticos, prebióticos y simbióticos, los cuales representan un avance terapéutico potencialmente significativo y seguro (Castro y Rodríguez, 2005).

Como promotores alternativos destacan las enzimas, los acidificantes orgánicos, los micro minerales, las vitaminas (principalmente las relacionadas con la

Cuadro 3. Clasificación de los antibióticos promotores del crecimiento

Sustancia farmacológicamente activa	Derivados antibióticos
Cefalosporinas	Cefalexina, Cefazolina, Cefquinoma. y Ceftiofur
Quinolonas	Danafloxacina, Difloxacina, Enrofloxacina, Flumequina, y Sarafloxacina, Tiamulima.
Macrólidos	Espiramicina, Tilmicosina, Tilosina
Florfenicol y compuestos asociados	Florfenicol, Tianfenicol
Tetraciclina	Clortetraciclina, Doxiclina, Oxitetraciclina Y Tetraciclina.
Ansamicina con anillo de naftaleno	Rifaximina
Pleuromutilinas	Valnemulina
Lincosamidas	Lincomicina
Aminoglucósidos	Apramicina
Otros antibióticos	Novobiocina

(Cancho-Grande et al., 2000).

prevención de procesos oxidativos y de protección tisular), los cultivos y los probióticos (mejoran los procesos digestivos, bien a nivel de rumen o del sistema digestivo general mediante microorganismos), los oligosacáridos (azúcares complejos no desdoblados por el sistema enzimático animal), los aceites esenciales y los extractos vegetales (con

marcado carácter antimicrobiano) Dentro de este extenso grupo de aditivos destacan por su importancia inmediata los acidificantes orgánicos, el óxido de zinc y los complejos enzimáticos (Cancho-Grande et al., 2000).

Probióticos: Según Castro y Rodríguez, (2005), son microorganismos vivos que, al agregarse como suplemento en la dieta, favorecen la digestión y ayudan al mantenimiento del equilibrio de la flora microbiana en el intestino.

Los probióticos son organismos vivos que cuando son administrados en cantidades adecuadas confieren un beneficio para la salud del hospedero, Los microorganismos usados como probióticos en nutrición animal no deben ser patógenos para los animales. Se ha reportado que el beneficio de los probióticos en animales productivos se debe principalmente a que estos fomentan el balance microbiano en el tubo digestivo y la modulación del sistema inmune, resultando en un aumento en la digestión y absorción de nutrientes, al mismo tiempo que disminuyen la incidencia de enfermedades infecciosas (Molina, 2019).

Prebióticos: Son ingredientes no digeribles de la dieta que estimulan el crecimiento o la actividad de uno o más tipos de bacterias benéficas en el colon. Los simbióticos combinan en sus formulaciones principios prebióticos y probióticos que actúan sinérgicamente (Castro y Rodríguez, 2005).

Por otro lado, los prebióticos son ingredientes no digeribles de la dieta que estimulan el estado sanitario debido a que estimulan del crecimiento y/o la actividad de determinados microorganismos beneficiosos del tracto digestivo, y que además

pueden impedir la adhesión de microorganismos patógenos. Los prebióticos constituyen el sustrato fundamental (el “alimento”) de las bacterias probióticas. Las sustancias más utilizadas son los oligosacáridos (Castillo, 2016).

Aceites esenciales: Los aceites esenciales extraídos de plantas específicas como el orégano pueden exhibir propiedades antimicrobianas que los convierten en posibles alternativas antibióticas. Los antibióticos han existido por más de 60 años y han beneficiado sustancialmente la salud pública y la producción ganadera. Sin embargo, muchos países han prohibido el uso de antibióticos en la alimentación como promotores del crecimiento. Por ejemplo, el Ministerio de Agricultura de China prohibió ciertos antibióticos; por lo tanto, se necesita investigación que identifique alternativas antibióticas eficaces y económicas (Liu et al., 2020).

En un trabajo realizado por Liu et al. (2020) el objetivo fue evaluar una combinación de aceites esenciales y prebióticos (EOC) sobre el crecimiento, el desarrollo y el estado de salud de las crías neonatales en crecimiento. Los terneros alimentados con EOC demostraron una mayor ingesta de materia seca (1.63 y 1.74 kg/d) en comparación con los terneros alimentados con el control que no recibieron el tratamiento. El índice de conversión alimenticia (0.62 y 0.65 kg de ganancia/kg de ingesta de materia seca) fue mayor para los terneros alimentados con EOC en comparación con los terneros alimentados con el control.

Enzimas: Las enzimas son proteínas que producen todos los organismos vivos, desde unicelulares al hombre, y están presentes en prácticamente todos los procesos

naturales. Actúan como biocatalizadores que aceleran y aumentan la eficacia de los compuestos que intervienen en las reacciones químicas, independientemente del estado energético en que se encuentren. Las propiedades catalíticas de las enzimas se deben a la forma tridimensional y la posición de los aminoácidos reactivos dentro de su molécula de proteína. Sin las enzimas los alimentos no podrían ser digeridos. Se han descubierto más de 3.000 enzimas hasta la fecha (Caja, 2003).

Ionóforos

Los ionóforos son sustancias con propiedades de antibióticos: El más empleado es monensina (Rumensin)[®], un derivado del *Streptomyces cinamonensis*, cuya acción cambia la digestión natural del rumen, seleccionando comunidades de microbios que producen proporcionalmente más ácido propiónico que otro ácido graso volátil; esta mayor producción de ácido graso propiónico recupera la energía utilizable por el animal al reducir la formación de gases de desecho, ya que para su síntesis se utilizan más cofactores reducidos que los otros ácidos grasos volátiles (Bavera, 2002).

Además, ayuda a inhibir la producción de ácido láctico reduciendo significativamente los casos de acidosis. Como consecuencia del control de la acidosis, previene los casos de laminitis (inflamación de las pezuñas). Controla la coccidiosis, evitando así diarreas y atrasos en el engorde debidos a esta parasitosis. Es importante mencionar que no deja residuos en carne ni leche (Bavera, 2002).

La manipulación del rumen se puede hacer mediante sustancias que alteren el ambiente del rumen (buffers o tampones), modifiquen la actividad metabólica y

proporción de ciertos microorganismos (ionóforos), mejoren el ambiente ruminal (cultivos microbianos), o incrementen la utilización de los alimentos (enzimas). El uso de ionóforos en la alimentación de rumiantes ha sido uno de los avances biotecnológicos más importantes debido a que mejoran la eficiencia productiva en forma consistente y efectiva (cuadro 3) (Rodríguez y Muñoz, 2000).

Mecanismo de Acción de los Ionóforos: Los ionóforos son compuestos lipolíticos capaces de transportar y ligar iones y cationes como K^+ , Na^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} a través de la membrana celular de organismos procariotas y eucariotas. Existen diversos ionóforos, pero los carboxílicos (monensina y lasalocida) son los que se han utilizado con mayor frecuencia en la alimentación de rumiantes. Estos compuestos antibióticos tienen una estructura lineal, con varios grupos funcionales de oxígeno, grupos carboxilo, hidroxilo y amino. Los ionóforos y los iones que transportan, se unen a través de interacciones dipolo, enlaces de H y fuerzas de Van der Waal. Monensina se une preferentemente a cationes monovalentes, mientras que lasalocida se une a iones monovalentes y bivalentes (Rodríguez y Muñoz, 2000).

Virginamicina (Vmax)[®]: Virginamicina (VIM) es un producto de fermentación de *Streptomyces virginiae* que puede ayudar a la fermentación estable en el rumen. VIM está compuesta por dos factores denominados M y S que funcionan de manera sinérgica en proporción de 4:1 respectivamente (Valdez y Jaimes, 2011).

Salinas-Chavira et al. (2016) llevaron a cabo dos experimentos para examinar la influencia de la suplementación de proteínas y virginamicina (VM) en el rendimiento

del crecimiento. El rendimiento de crecimiento y la energía dietética se evaluaron en 120 novillos Holstein (127 ± 9 kg). Durante el período inicial de alimentación de 112 días. Las dietas se complementaron con o sin 22,5 mg/ g VM en una disposición factorial 2 x 2. Posteriormente (d 112 a 308). Virginiamicina disminuyó ($P = 0.04$) el flujo de N no amoniacal hacia el intestino delgado y no afectó ($P > 0.10$) la digestión total de N del tracto. Virginiamicina mejoró la eficiencia de la utilización de energía durante todo el período de crecimiento-finalización del lote de alimentación

Agentes anabólicos

Se define como anabólico esteroide cualquier compuesto o mezcla de compuestos que afectan la función metabólica del animal para incrementar la cantidad de proteína corporal. Como se observa en el cuadro 3 los anabólicos pueden ser de origen endógeno (naturales) o sintéticos (Bavera et al., 2002).

La denominación de anabólico desde el punto de vista fisiológico-terapéutico es un esteroide derivado de la testosterona, con gran capacidad androgénica, es aquella sustancia que retenga nitrógeno y estimule el aumento de peso (Miranda y Páiz, 2011).

Cuadro 4. Promotores de crecimiento

Antibióticos	Ionóforos	Agentes anabólicos
		Hormonas naturales:
		Andrógenos Estrógenos, (bST) y Estradiol
Clortetraciclina	Antibióticos:	Sintéticos:
	(tilosina y	
Eritromicina	virginiamicina)	Estilbénicos:(dietilestilbestrol y dienestrol).
Estreptomicina		
	Carboxílicos:	No estilbénicos: (menengestrol, zeranol y
Bacitracina y	(monensina y	trenbolona)
	lasalocida)	
Espectinomomicina		Betadrenérgicos (clembuterol, cimaterol y
		fenoterol)

(Bavera et al., 2002)

Hormonas naturales: Incluyen estradiol (17- α y 17- β), testosterona, progesterona, somatotropina y factores liberadores de esta última. En este mismo grupo se encuentran los agonistas β -adrenérgicos, como la epinefrina y norepinefrina, secretadas por la médula adrenal y las terminaciones nerviosas simpáticas. Como resultado de su utilización se han observado incrementos en ganancia de peso y la retención de nitrógeno (Bavera et al., 2002).

Andrógenos: Son principalmente miotróficos (actúan directamente sobre células musculares). La hormona penetra en la célula, se fija a un receptor del citoplasma y va al núcleo. Se estimula la producción de un RNA mensajero, que elabora una enzima que actúa en el proceso de síntesis proteica. Se produce una

hipertrofia muscular con disminución de los aminoácidos plasmáticos y de la urea plasmática con un balance nitrogenado positivo, con disminución en la excreción de orina y aumento de la somatotropina STH. Los andrógenos son mucho más potentes como promotores del crecimiento con respecto a los estrógenos (Bavera et al., 2002

Engloba a las hormonas sexuales del macho, que son las sustancias que inducen y mantienen las características sexuales secundarias en ellos. Los principales andrógenos son la testosterona y la androsterona (Miranda y Páiz, 2011).

Estrógenos: Tienen una acción más indirecta. Actuarían a nivel de la hipófisis, estimulando la producción de somatotrofina (STH), tirotofina y adrenocorticotrofina (ACTH) (Bavera et al., 2002).

Los anabólicos esteroides sintéticos: Abarcan el grupo de los estilbénicos (dietilestilbestrol y dienestrol) y los no estilbénicos (menengestrol, zeranol y trenbolona) y los betadrenérgicos (clembuterol, cimaterol y fenoterol), Agonistas beta-adrenérgicos de naturaleza sintética. Actúan incrementando las masas musculares, especialmente en animales de carne. Producen un cambio en el balance energético que cambia la relación carne/grasa. El clembuterol fue el primer agonista sintético, otros son cimaterol y fenoterol (Bavera et al., 2002).

Somatotropina (bST) y Estradiol: La somatotropina bovina es una hormona polipeptídica proveniente de la hipófisis, específicamente de las células acidófilas o somatotropinas de dicha glándula y está formada por 191 aminoácidos. Tiene como

efectos principales una influencia anabolizante con aumento de la capacidad fijadora de nitrógeno y repartición de nutrientes para el crecimiento, es obtenida biotecnológicamente por fermentación y expresión directa del gen recombinante ADN para la hormona del crecimiento insertado en la bacteria E coli (Molina y Hernández, 2005).

MATERIALES Y METODOS

Se realizó una prueba de metabolismo digestivo en la cual se utilizaron cuatro novillos Holstein (170 ± 6 kg) con cánulas en rumen y duodeno proximal (González-Vizcarra y Montaña-Gómez, 2015) en un diseño de cuadrado latino 4 X 4 con la finalidad de evaluar los efectos de tratamiento sobre función ruminal y digestión total. Los novillos fueron alojados (instalaciones interiores) en corrales individuales (4 m^2) con piso de concreto cubierto con alfombra de neopreno, bebederos automáticos y comederos de alimentación individual. Los tratamientos consistieron en el nivel de Nutragen (0, 0.2, 0.4, y 0.6% de la dieta BMS).

Las dietas experimentales se muestran en la Cuadro 5, mismas que contaron con la inclusión de 0.3% de óxido crómico como marcador indigestible para estimar flujos de nutrientes y digestibilidad. El óxido crómico fue premezclado con los ingredientes menores (urea, piedra caliza y sales minerales traza) antes de ser incorporado en la mezcla de la dieta completa.

Los novillos se alimentaron diariamente con las dietas experimentales en porciones iguales a las 8:00 y 20:00 h. El consumo de materia seca se limitó al 2.2% del peso corporal. Los períodos experimentales consistieron en 10 días para adaptación a la dieta y 4 días para la toma de muestras.

Cuadro 5. Composición de la dieta basal.

	%
Maíz rolado a vapor	67.70
DDG`S	9.97
^a Premezcla mineral	3.33
Grasa amarilla	2.27
Melaza de caña	4.83
Alfalfa, heno	3.90
Sudan, heno	8.00

^aSal mineral traza: CoSO₄, 0.068%; CuSO₄, 1.04%; FeSO₄, 3.57%; ZnO, 0.75%; MnSO₄, 1.07%; KI, .052%; y NaCl, 93.4%.

Entre cada período experimental, a los novillos se les permitirá un período de 7-d de recuperación, con la finalidad de evitar el efecto de arrastre de los tratamientos. Durante los periodos de recolección de muestras duodenales y de heces, se tomarán muestras dos veces al día en el siguiente horario: día 1, 10:30 y 16:30; d 2, 9:00 y 15:00; D3, 7:30 y 15:00; y d 4, 6:00 y 12:00. Las muestras individuales consistirán en aproximadamente 700 mL de quimo duodenal y 200 g (base húmeda) de heces. Las muestras para cada novillo dentro de cada periodo de recolección serán compuestas para su posterior análisis.

Durante el último día de cada periodo de recolección, se obtendrán muestras de cada novillo a través de la cánula ruminal a 4 h después de la alimentación matutina. El pH de líquido ruminal se determinará en muestras recién colectadas. Las muestras serán luego filtradas a través de cuatro capas de gasa y se tomarán 8 ml de líquido ruminal filtrada añadiéndole dos mililitros de ácido meta-fosfórico al 25% (peso/vol) recién preparado.

Las muestras serán posteriormente centrifugadas (17000 x g por 10 minutos), y el líquido sobrenadante almacenado a -20 °C para el análisis de ácidos grasos volátiles. Durante el tercer período del experimento, se obtendrá líquido ruminal de todos los novillos y se preparará el compuesto para el aislamiento de bacterias ruminales mediante centrifugación diferencial (Bergen et al., 1968). Muestras fecales, líquidos duodenales, y de las dietas serán sometidas a los siguientes análisis: MS (horno de secado a 105 °C hasta no perder peso); cenizas (método 942.05, AOAC, 1986), N Kjeldahl (método 984.13, AOAC, 2000); FDN (Van Soest et al., 1991), corregido para cenizas de la FDN insoluble, incorporando α -amilasa a calor estable (Ankom FAA, Ankom Technology, Macedonia, New York) en 1 mL por cada 100 mL de solución FDN); óxido crómico (Hill y Anderson, 1958) y almidón (Zinn, 1990). Se analizarán muestras duodenales para N amoniacal (método de 941.04, AOAC, 2000) y purinas (Zinn y Owens, 1986).

La MS de flujo duodenal y la excreción fecal se calcularán basándose en el cociente del marcador, usando óxido crómico. Materia orgánica microbiana (MOM) y N microbiano (NM) que abandona el abomaso se calculará con purinas como marcador microbiano (Zinn y Owens, 1986). La materia orgánica fermentada (MOF) en el rumen se considerará igual a la toma de MO menos la diferencia entre la cantidad de MO total que alcanza el duodeno y MOM que alcanza el duodeno. El escape de N del alimento al intestino será considerado igual a N total que abandona el abomaso menos N amoniacal, NM y N endógeno ($0.195 \times BW^{0.75}$; Ørskov et al., 1986).

El experimento se analizó como un cuadrado latino balanceado 4 X 4 acorde con el siguiente modelo: $Y_{ijk} = \mu + A_i + P_j + T_k + E_{ijk}$, donde Y_{ijk} es la variable de respuesta, μ es el efecto común del experimento, A_i es efecto del animal, P_j es el efecto de periodo, T_k es el efecto de tratamiento y E_{ijk} es el error residual. Los efectos de los tratamientos fueron evaluados utilizando contrastes ortogonales para comparar el testigo vs suplementados con Nutragen, así como efecto lineal y cuadrático mediante polinomios ortogonales, considerando un nivel de $P \leq 0.05$ como significativo, Utilizando el programa Stastix 10, Analytical Software, Tallahassee, FL.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El efecto de los tratamientos sobre variables de digestión ruminal y de tracto total se muestra en el Cuadro 6. No se encontraron diferencias significativas ($P = 0.05$)

Cuadro 6. Efecto de los tratamientos sobre digestión ruminal y tracto total.

Item	Nutragen (%)				CME	Valor P		
	0	0.2	0.4	0.6		L	Q	0 vs. TMT
Replicaciones	4	4	4	4				
Consumo, g/d								
MS	3672	3672	3672	3672				
MO	3464	3464	3464	3464				
FND	554.2	554.2	554.2	554.2				
N	80.4	80.4	80.4	80.4				
Almidón	1706	1706	1706	1706				
Flujo a duodeno, g/d								
MO	1737	1711	1708	1680	40.4	0.38	0.98	0.46
FND	269.0	238.6	283.3	255.9	22.6	0.96	0.94	0.72
Almidón	268.7	272.6	265.6	216.0	30.5	0.27	0.41	0.64
N Microbial	45.0	45.6	44.0	49.1	3.3	0.49	0.52	0.76
N No amoniacal	84.6	84.7	83.9	85.4	1.1	0.73	0.56	0.94
N de la dieta	30.4	29.9	30.7	27.1	2.7	0.48	0.58	0.73
Digestión Ruminal								
MO	0.63	0.64	0.63	0.66	0.02	0.34	0.71	0.50
FND	0.52	0.57	0.49	0.54	0.04	0.96	0.94	0.72
Almidón	0.84	0.84	0.84	0.87	0.02	0.27	0.41	0.64
N de la dieta	0.62	0.63	0.62	0.66	0.03	0.48	0.58	0.73
Eficiencia microbial	20.7	20.5	20.0	21.6	1.2	0.69	0.48	0.99
Eficiencia proteica	1.05	1.05	1.04	1.06	0.01	0.73	0.56	0.94
Excreción fecal, g/d								
MS	803.2	784.6	796.9	805.7	22.4	0.85	0.57	0.78
MO	672.1	656.4	655.3	662.1	23.9	0.78	0.65	0.63
FND	275.5	265.2	254.7	263.0	14.2	0.50	0.52	0.42
Almidón	10.6	10.5	8.49	8.46	1.8	0.34	0.99	0.51
N	23.4	22.8	23.2	23.5	0.61	0.82	0.51	0.74
Digestión en tracto total, %								
MS	78.1	78.6	78.3	78.1	0.61	0.85	0.57	0.78
MO	80.6	81.1	81.1	80.9	0.01	0.78	0.65	0.62
FND	50.3	52.2	54.0	54.2	0.03	0.50	0.52	0.42
Almidón	99.4	99.4	99.5	99.5	0.001	0.34	0.99	0.51
N	70.9	71.7	71.1	70.8	0.01	0.82	0.51	0.74

para consumo de MS; este resultado es consistente con lo reportado por (Zhaohai, 2018), quienes no se observaron diferencias en la ingesta de materia seca (CMS) durante todo el experimento, mientras que la alimentación con OG tendió a disminuir el porcentaje de cambio de peso corporal en la semana 2, en un experimento en el cual se investigó el impacto de la alimentación de OmniGen-AF desde el secado hasta la semana 4 de lactancia a dos dosis en el rendimiento de producción y la adaptación metabólica de vacas Holstein multíparas.

En el caso de MO y FND, no se observaron diferencias significativas en respuesta a los tratamientos, resultado que concuerda con lo observado por (Valdez y Jaimes, 2011) cuando se evaluaron la combinación de Virginiamicina + Omnigen-AF (VIM+OMG) en 30 terneros (machos y hembras) de la raza Holstein clínicamente sanos con un rango de peso al nacimiento de 34 a 46 kilogramos.

Tampoco se observaron diferencias estadísticas significativas ($P = 0.05$) para Almidón, Nitrógeno microbial y amoniacal y nitrógeno en la dieta en el flujo a duodeno. Tampoco para, MO, FND, y Nitrógeno en excreción fecal y digestión en tracto total, así como sobre eficiencia de proteína y síntesis de proteína microbiana.

El efecto de los tratamientos sobre variables de degestión ruminal y de tracto total se muestra en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Efecto de los tratamientos sobre pH ruminal y porcentajes de AGV.

Item	Nutragen (%)				CME	Valor P		
	0	0.2	0.4	0.6		L	Q	0 vs. TMT
pH Ruminal	5.91	5.95	6.06	6.10	0.12	0.26	0.98	0.41
AGV, total mM	72.1	74.4	71.9	75.9	8.6	0.82	0.92	0.85
AGV ruminales, mol/100 mol								
Acetato	49.4	48.9	51.3	52.3	2.0	0.26	0.72	0.55
Propionato	32.5	28.1	27.2	26.1	1.9	0.06	0.43	0.05
Isobutirato	0.69	0.38	0.45	1.01	0.11	0.08	<0.01	0.54
Butirato	11.9	13.9	14.3	14.9	1.2	0.13	0.58	0.12
Isovalerato	1.62	2.10	2.32	1.95	0.32	0.42	0.23	0.22
Valerato	3.90	6.56	4.39	3.63	1.9	0.75	0.42	0.69
Acetato/propionato	1.59	1.88	1.98	2.04	0.16	0.09	0.52	0.09
Metano/glucosa	0.43	0.46	0.48	0.50	0.02	0.05	0.71	0.07

Se observaron diferencias estadísticas significativas ($P=0.05$) para el propionato en el perfil de ácidos grasos volátiles con una tendencia lineal negativa para los niveles de suplementación, y un comportamiento lineal del aumento metano. El isobutirato presentó un comportamiento cuadrático ($P=0.01$).

CONCLUSIONES

La inclusión de 0, 0.2, 0.4 y 0.6 % de la dieta basal con Omnigen AF no modificó significativamente las variables de digestibilidad ruminal y en tracto total, solo parcialmente el perfil de ácidos grasos volátiles.

LITERATURA CITADA

- AOAC. 1986. Official Methods of Analysis. 14th ed. Assoc. Off. Anal. Chem., Arlington, VA.
- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC International. 17th ed. Assoc. Off. Anal. Chem., Gaithersburg, MD.
- Armstrong, S. A., D. J. McLean, and G. Bobe. 2018. The effect of a commercial feed additive on the immune-metabolic axis, liver function and predicted carcass quality in purebred Angus steers. *Livestock Science*. 210: 39-46.
- Bavera, G., O. Bocco, H. Beguet, and A. Petryna. 2002. Promotores del crecimiento y modificadores del metabolismo. Sitio Argentino de Producción Animal. Disponible en: www.produccion-animal.com.ar.
- 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.
- Brandão, A, R. F., K. M. Cooke, A. Schubach, and R. S. Marques. 2019. Physiologic and innate immunity responses to bacterial lipopolysaccharide administration in beef heifers supplemented with OmniGen-AF. *The Animal Consortium*. 13:153-160.
- Burdick, N. C. S., J. A. Carroll, P. R. Broadway, T. H Schell, S. B Puntenney, and D. J McLean. 2019. Supplementation of Omnigen-AF alters the metabolic response to a glucose tolerance test in beef heifers *Translational Animal Science*. 34:1521–1529.
- Caja, G. E., González, C. Flores, M. D. Carro y E. Albanell. 2003. Alternativas a los antibióticos de uso alimentario en rumiantes: probióticos, enzimas y ácidos orgánicos *ITEA Producción Animal*. 193:2-8.
- Cancho Grande, B., M. García-Falcón and S. J Gándara. 2000. El uso de los antibióticos en la alimentación animal: perspectiva actual. *Journal of Food*, 3: 39-47.
- Carro, M. y J. Ranilla. 2002. Los aditivos antibióticos promotores del crecimiento de los animales: situación actual y posibles alternativa Sitio Argentino de Producción Animal.1-6. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_promotores_crecimiento/01_aditivos_antibioticos_promotores.pdf.
- Castillo, B. L. V. 2016. Probióticos y prebióticos como alimentos funcionales en nutrición animal. *Revista Zoociencia*. 3:15-21

- Castro, M. 2005. Uso de aditivos en la alimentación de animales monogástricos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 39: 451-458.
- Castro, M. y F.D. Rodríguez. 2005. Levaduras, probióticos y prebióticos que mejoran la producción animal. *Dialnet plus*. 6: 26-38.
- Galyean, M. L., L. J. Perino, and G. C. Duff. 1999. Interaction of cattle health/immunity and nutrition. *Journal of Animal Science*. 77: 1120–1134.
- Hill F. N. and D. L. Anderson. 1958. Comparison of metabolizable energy and productive determinations with growing chicks. *J. Nutr.* 64:587-603.
- Karrow, N. A., S. Y. Oh, A. Lee, Z. Li, and L. Usted, R. E. Fisher, and C. F. M. de Lange. 2017. Pre-programming of the immune system to enhance immunological capacity of offspring. *Journal of Animal Science*. 95:68-98.
- Kvidera, S. K., E. A. Horst, M. Abuajamieh, E. J. Mayorga, M. V. Sanz Fernández, and L. H. Baumgard. 2017. Requerimientos de glucosa de un sistema inmune activado en vacas Holstein lactantes. *Journal of Dairy Science*. 100:2360-2374.
- Lippolis, K. D., R. F. Cooke, T. Schumacher, A. P. Brandão, K. M. Silva, and L. G. T. Schubach, R. S. Marques and D. W. Bohnert. 2017. Physiological, health and performance responses of beef steers supplemented with an immunomodulating feed ingredient during feeding batch reception. *Journal of Animal Science*. 95: 4945-4957.
- Liu, T., C. Hao, B. Yan, W. Jianping, C. Shuru, H. Bing and P. D. Casper. 2020. Calf starter containing a blend of essential oils and prebiotics affects the growth performance of Holstein calves. *Journal of Dairy Science*. 103:2315-2323.
- Loerch, S. 1998. Ionóforos, antibióticos, probióticos y supresores del celo. *Sitio Argentino de Producción Animal*. 1-4. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_promotores_crecimiento/10ionoforos_antibioticos_probioticos_supresores_celo.pdf.
- Molina, C. A. 2019. Probióticos y su mecanismo de acción en alimentación animal. *Universidad de Costa Rica, Escuela de Zootecnia y Centro de Investigación en Nutrición Animal, sCIELO, Agron. Mesoam*. 30:601-611. (abstr.).
- Miranda M. D y I. M. Páiz. 2011. Utilización de Bago pell (Zeranol) en ovejas de pelo como promotor de crecimiento y desarrollo en la finca La Fortunata del departamento de León. *Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua Unan-León Escuela de Medicina Veterinaria*. p. 21-56.

- Molina, C. A., J.R. Hernández Salgado y J. Ramón. 2005. Efecto de la somatotropina bovina sobre el crecimiento en cabritos saanen Revista Chapingo Serie Zonas Áridas. vol. 4(1): 85-91.
- Ørskov, E. R., N. A. MacLeod, and D. J. Kyle. 1986. Flow of nitrogen from the rumen and abomasum in cattle and sheep given protein-free nutrients by intragastric infusion. *Br. J. Nutr.* 56:241-248.
- Salinas-Chavira, J., A. Barreras, A. Plascencia, M. F. Montano, J. D. Navarrete , N. Torrentera and R. A. Zinn 2016. Influence of protein nutrition and virginiamycin supplementation on the growth performance of the feeding lot and the digestive function of Holstein ste fed calves. *Journal of Animal Science.* 94: 4276-4286 (Abstr.).
- Shawla, A and J. I. Odegaard. 2013. The immune system as a sensor of the metabolic state. *immunity.* 38:644-654.
- Snider, A. P., D. M. cLean, and J. R. Menino. 2019. Effects of feeding OmniGen-AF® on superovulatory response in donor beef cows: I. Serum progesterone and cortisol, embryo recovery and quality. *Ciencia de reproducción animal.* 210. (Absr).
- Spingler, M., R. Stadler, and H. Tanner. 1984. Amino acid analyses of foodstuffs: Determination of methionine and cystine after oxidation with performic acid and hydrolysis. *J. Agric. Food Chem.* 32:1366-1371.
- Sudbeck, K. M., R.G. Bondurant, T.J. Wistuba, K.C. DeHaan, J.C. MacDonald, G.E. Erickson and M.K. Luebbe. 2016. Effects of Supplementing OmniGen- AF® with or without Ractopamine Hydrochloride on Performance and Carcass Characteristics of Feedlot Steers. *Nebraska beef cattle reports.* Animal science department. available in: <http://digitalcommons.unl.edu/animalscinbcr>.
- Rodríguez, J., M. Pinos y S. Muñoz. 2000. Efectos biológicos y productivos de los ionóforos en rumiantes *Interciencia.* Caracas Venezuela. 25: 379-385.
- Ryman, V. E., S. C. Nickerson, F. M. Kautz, D. J. Hurley, L. O. Ely, Y. Q. Wang and N. E. Forsberg. 2013. Effect of dietary supplementation on the antimicrobial activity of blood leukocytes isolated from Holstein heifers. *Research in Veterinary Science.* 95: 969-974.
- Torres, C y M. Zarazaga. 2002. Antibióticos como promotores del crecimiento en animales. Departamento de Agricultura y Alimentación. Universidad de La Rioja. Logroño. Editoriales Gac Sanit. 16:109-12.

- Valdez, L. E y J. Jaimes. 2011. Evaluación del desarrollo de becerras lactantes de reemplazo Holstein utilizando virginiamicina y omnigen-af ® revista Chapingo serie zonas áridas. 10: 79-84.
- Valenzuela, M. A., 2008. Promotores de crecimiento en bovinos de engorda. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” unidad laguna torreón, Coahuila, México p. 1-4.
- Van Soest P. J., B. Robertson, and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583-3597
- Wang Y., S. B. Puntenney, J. L. Burton and N. E. Forsberg. 2007. Ability of a commercial feed additive to modulate expression of innate immunity in sheep immunosuppressed with dexamethasone. *J. Animal.* 1:945-951.
- Zarazaga, M y C Torres. 2002. Antibióticos como promotores del crecimiento en animales. *Gaceta Sanitaria. SciELO.* 16(2):109-12.
- Zhaohai, Wu., M. Gibson, A. Jianxin Xiao, J. Li, Yan Yu, Yuanxiao, Y. Wang, Shengli Li and Zhijun. 2018. Effects of an immunomodulatory feed additive on body weight, production parameters, blood metabolites, and health in multiparous transition Holstein cows. *J. Anim. Sci.* 90:167–177.
- 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.
- Zinn, R. A. 1990. Influence of flake density on the comparative feeding value of steam-flaked corn for feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 68:767-775.