

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



**“SUPLEMENTACIÓN DE AMINOÁCIDOS METABOLIZABLES Y
VIRGINIAMICINA SOBRE FUNCIÓN RUMINAL Y DIGESTION EN TRACTO
TOTAL DE BECERROS HOLSTEIN ALIMENTADOS CON UNA DIETA ALTA EN
GRANOS”**

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

**PRESENTA
RUBEN FLORES AVALOS**

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

MEXICALI, B.C. MEXICO

NOVIEMBRE DE 2021

Suplementación de aminoácidos metabolizables y virginiamicina sobre función ruminal y digestión en tracto total de becerros Holstein alimentados con una dieta alta en granos. Tesis presentada por Ruben Flores Avalos, como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias Veterinarias, que ha sido aprobada por el comité particular indicado:

Dr. Martin Francisco Montaña Gómez
Director

Dr. Juan Octavio Chirino Romero
Asesor

Dra. Olga Maritza Manríquez Núñez
Asesora

Dr. César Augusto Flores Dueñas
Asesor

M.C. Miguel Angel Vega Cazares
Asesor

AGRADECIMIENTOS

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

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

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

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

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

A la empresa KOFANOR, situada en Ciudad Obregón, Sonora; por su invaluable apoyo para la realización de la presente tesis.

DEDICATORIA

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

RESUMEN

Se utilizaron cuatro novillos Holstein (189 ± 13 Kg) clínicamente sanos, habilitados con cánulas tipo "T" en rumen y duodeno proximal. Las dietas fueron formuladas (BMS) en base a maíz hojueleado al vapor. Se añadió 0.15% de óxido crómico como un marcador digestivo inerte para el cálculo del flujo a duodeno y de excreción fecal de materia seca (MS). El consumo (BMS) se ajustó al 2.2% del peso vivo, ofreciéndose en forma diaria dividido en dos porciones iguales a las 08:00 y 20:00 hrs. Las dietas se elaboraron en una sola ocasión y se almacenaron en cajas de madera con tapa de capacidad de 1m^3 . Los novillos fueron asignados a corrales individuales de 3.9 m^2 con comedero individuales y bebedero compartido, la superficie del piso fue de concreto, recubierto con tapetes de neopreno para mayor descanso de las unidades experimentales. Los tratamientos fueron los siguientes, TMT1: DDGS (10%) (Control); TMT2: Harina de sangre (3%) + DDGS (7%); TMT3: DDGS (10%) + virginiamicina (0.025%); TMT4: Harina de sangre (3%) + DDGS (7%) + virginiamicina (0.025%). Se analizaron los efectos de los tratamientos sobre las características de digestión en el ganado bovino como un experimento balanceado en un diseño de Cuadrado Latino 4×4 . El experimento consistió en 4 periodo experimentales de 21 días de duración por periodo (17 días de ajuste a los tratamientos y 4 días de recolección de muestras). Durante cada período de recolección de muestras, se tomaron muestras duodenales y fecales de todos los novillos, dos veces al día de la siguiente manera: día 1, 10:50 y 16:50; día 2, 09:00 y 15:00; día 3, 07:50 y 13:50; y día 4, 06:00 y 12:00 hrs. Las muestras individuales consistieron en aproximadamente 500 ml de líquido duodenal, 200 g (base húmeda) de material fecal y 100 ml de líquido ruminal (obtenido de cada novillo a través de la cánula

ruminal). El flujo duodenal de MO incrementó ($P \leq 0.05$) en respuesta a la inclusión de DDGS + virginiamicina en comparación con la dieta control. Al mismo tiempo, se observó un incremento estadísticamente significativo ($P \leq 0.05$) del flujo de N de la dieta al comparar el TMT3 con el Control. La excreción fecal de N incrementó significativamente ($P \leq 0.05$) en respuesta al TMT4 al compararlo con el control. Al comparar el tratamiento Control, vs el resto de los tratamientos, se observó un incremento estadísticamente significativo ($P \leq 0.05$) sobre la digestión de N en tracto total.

Palabras Clave: Virginiamicina, Aminoácidos, Nutrición, Metabolismo, Holstein.

ABSTRACT

Four clinically healthy Holstein steers (189 ± 13 Kg) were used, enabled with "T" type cannulas in rumen and proximal duodenum. The diets were formulated (BMS) based on steamed flaked corn. Chromic oxide (0.15%) was added as an inert digestive marker for the calculation of flow to duodenum and fecal excretion of dry matter (DM). Consumption (DMB) was adjusted to 2.2% of live weight, being offered on a daily basis divided into two equal portions at 08:00 and 20:00 hrs. The diets were made on a single occasion and stored in wooden boxes with a lid of capacity of 1m³. The steers were assigned to individual pens of 3.9 m² with individual feeder and shared drinker, the floor surface was concrete, covered with neoprene mats for greater rest of the experimental units. The treatments were as follows, TMT1: DDGS (10%) (Control); TMT2: Blood meal (3%) + DDGS (7%); TMT3: DDGS (10%) + virginiamycin (0.025%); TMT4: Blood meal (3%) + DDGS (7%) + virginiamycin (0.025%). The effects of the treatments on digestion characteristics in cattle were analyzed as a balanced experiment in a 4 X 4 Latin Square design. The experiment consisted of 4 experimental periods of 21 days per period (17 days of adjustment to treatments and 4 days of sample collection). During each sample collection period, duodenal and fecal samples were taken from all steers, twice a day as follows: day 1, 10:50 and 16:50; day 2, 09:00 and 15:00; day 3, 07:50 and 13:50; and day 4, 06:00 and 12:00 hrs. The individual samples consisted of approximately 500 ml of duodenal fluid, 200 g (wet base) of fecal material and 100 ml of rumen fluid (obtained from each steer through the rumen cannula). The duodenal flow of OM increased (P

≤0.05) in response to the inclusion of DDGS + virginiamycin compared to the control diet. At the same time, a statistically significant increase ($P \leq 0.05$) in dietary N flow was observed when comparing TMT3 with Control. At the same time, a statistically significant increase ($P \leq 0.05$) in dietary N flow was observed when comparing TMT3 with Control. Fecal excretion of N increased significantly ($P \leq 0.05$) in response to TMT4 when compared with control. When comparing the Control treatment vs the rest of the treatments, a statistically significant increase ($P \leq 0.05$) was observed on the digestion of N in the total tract.

Keywords: Virginiamycin, Amino Acids, Nutrition, Metabolism, Holstein.

CONTENIDO

	Página
AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIAS	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
CONTENIDO	v
LISTA DE CUADROS	vi
INTRODUCCIÓN	1
HIPOTESIS	4
OBJETIVOS	5
REVISION DE LITERATURA	6
Importancia del ruminante	6
Microbiología ruminal	6
Digestión ruminal	7
Sangre	8
Harina de sangre	9
Granos secos de destilería mas solubles (DDGS)	10
Proceso de obtención de DDGS	11
Inclusión de DDGS en dietas	12
Virginiamicina	15
Actividad de virginiamicina	16
Acidosis ruminal	16
Virginiamicina en ruminantes	17
Usos de Virginiamicina	18
MATERIALES Y MÉTODOS	19
Localización del área de estudio	19
Unidades experimentales	19
Dietas experimentales	20
Asignación de tratamientos	22
Diseño experimental	22
Duración del experimento	23
Procedimiento de muestreo	23
Análisis de laboratorio	24
Cálculos y análisis de digestión	25
RESULTADOS	27
LITERATURA CITADA	30

LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Ingredientes y composición nutrimental de las dietas experimentales	21
Cuadro 2. Asignación de tratamientos y distribución de acuerdo al diseño experimental	23
Cuadro 3. Efecto de los tratamientos sobre variables de respuesta	28
Cuadro 4. Efecto de los tratamientos sobre pH ruminal, perfil de AGV y producción estimada de metano	29

INTRODUCCION

Harina de sangre

La sangre es un líquido de color rojo escarlata, localizado en el sistema circulatorio del organismo de los animales, que para ser utilizado como materia prima en la elaboración de un concentrado, se somete a un proceso de transformación a harina de sangre y esta se considera de alto valor proteico (Belitz, 1997;Maza, 1998). El subproducto líquido principal que se obtiene del sacrificio de los animales es la sangre, obteniendose aproximadamente por cada 100 kg de peso vivo 60 litros de sangre, de los que, durante el desangrado, se recoge el 50% (Laca et al., 2004).

Acorde con Beltran y Perdomo (2007), la harina de sangre es un producto de la industria cárnica con un alto contenido proteico, se obtiene por la deshidratación o atomización de la sangre del animal sacrificado. La harina de sangre puede ser de baja calidad o de alta calidad dependiendo a las temperaturas a las que fue sometida. Cuando la harina de sangre se obtiene por bajas temperaturas contiene altas cantidades de proteína no degradable en el rumen y buena degradación intestinal (Ricci, 2012).

El valor de la proteína animal esta basado primordialmente en la proteína disponible en intestino. La harina de sangre es alta en proteína (90% proteína, base materia seca) y alta en proteína no degradable en rumen. Una ventaja que tiene la harina de sangre es su alto coeficiente de digestibilidad, 99 %, comparado con la harina

de pescado, 96 a 97 %; el de harina de carne y huesos, 87 a 89 %; y el de harina de plumas, 53 a 55 %, además es rica en uno de los aminoácidos más importantes para el desarrollo humano y animal: la lisina (Fernández y Perdomo, 2007; Caruso, 2002).

DDGS (GSDS)

La Association of American Feed Control Officials (AAFCO) por sus siglas en Inglés, define los granos secos de destilería mas solubles GSDS (DDGS por sus siglas en Inglés), como “El producto obtenido después de remover el alcohol etílico por medio de destilación de la fermentación de grano o de una mezcla de granos con levaduras, condensando y deshidratando al menos tres cuartas partes de los sólidos de todo el destilado resultante a través de métodos de destilación empleados en la industria de la destilería de granos.”

El contenido proteínico de los DDGS es alto, en torno al 25%, pero es pobre en lisina, aunque contienen una cantidad significativa de fibra cruda (7 a 8%), también contienen una cantidad elevada de grasa cruda (9 a 10%, como alimento-base), con un valor de energía que varía de 3.300 a 3.3475 kcal/ kg¹, sobre una base de materia seca (De Blas et al., 2003).

Los DDGS de maíz son una excelente fuente de energía y proteína para ganado de engorda en todas las fases de producción. Se pueden usar de manera eficaz como fuente de energía y alimentarse hasta el 40% del consumo de materia seca de la ración

para ganado en finalización, con excelente desempeño del crecimiento y calidad de la canal y de la carne (USGC, 2012).

Virginiamicina

El uso de aditivos es una de las herramientas más importantes en la alimentación de ganado bovino de engorda. Entre ellos se encuentra la Virginiamicina (VM), una sustancia con capacidad de antibiótico que actúa como promotor del crecimiento al modificar favorablemente las características de la fermentación ruminal. Además, en dietas con altos niveles de carbohidratos fácilmente fermentables, disminuye los riesgos de acidosis.

Virginiamicina es un antibiótico actualmente utilizado en especies como ganado bovino, equinos, porcinos, aves y ovinos con el objetivo 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 (Nieves, 2017).

Al modificarse la población bacteriana por la acción de aditivos antimicrobianos se produce menos acetato, butirato y metano y más propionato. Además, la degradación de proteína y aminoácidos es menor (Nagaraja et al., 1987).

HIPOTESIS

La suplementación de aminoácidos metabolizables en combinación con virginiamicina sobre una dieta a base de maíz rolado a vapor afecta positivamente la función ruminal y digestión de tracto total de becerros Holstein alimentados con dietas altas en grano.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la suplementación de aminoácidos metabolizables y virginiamicina sobre función ruminal y digestión en tracto total de becerros Holstein alimentados con una dieta alta en granos.

Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de los tratamientos sobre función ruminal.
- Evaluar el efecto de los tratamientos sobre digestión en tracto total.

REVISIÓN DE LITERATURA

Importancia del rumiante

Los ruminantes constituyen una importante fuente de alimento y otros productos para los seres humanos a causa de su adaptación, debido a que pueden satisfacer sus necesidades energéticas a través de la utilización de forrajes que el humano no puede digerir y son relativamente abundantes en la superficie de la tierra, por lo cual pone a los ruminantes entre los animales de más alto interés zootécnico. La utilización de estos alimentos fibrosos es posible, gracias a la existencia de un preestómago que constituye una cámara de fermentación continua donde una gran población microbiana vive en simbiosis con el animal, lo que le permite al hombre aprovechar de forma indirecta la energía almacenada en las plantas y convertirlas en alimento (carne, leche, etc) (Diaz et al., 2013).

Microbiología ruminal

La comunidad microbiana, que habita en el rumen, se caracteriza por su alta densidad de población, amplia diversidad y complejidad de interacciones, encontrando, en este órgano representantes de los tres dominios: Bacteria, Archaea y Eucarya, protozoos ciliados, hongos anaerobios y bacteriófagos. Los microorganismos ruminales viven en estrecha relación simbiótica (mutualista) con el animal rumiante. El hospedero les ofrece un nicho ambientalmente favorable, con un suministro continuo de alimentos y remoción de productos finales, mientras que los microorganismos proveen un servicio

digestivo, que proporciona grandes cantidades de energía disponible al animal hospedero (Diaz et al., 2013).

Digestión ruminal

La fermentación ruminal es la actividad metabólica de los microorganismos presentes en el rumen. Tiene aspectos que difieren de la digestión glandular propia de los animales monogástricos (como el cerdo). La digestión propia de la mayoría de los mamíferos ocurre en el estómago y el intestino delgado por enzimas producidas por el animal mismo, a esto se le denomina 'digestión autoenzimática'. En los rumiantes, la degradación de los sustratos moleculares por la acción de bacterias y otros microorganismos. Se realiza por una hidrólisis enzimática igual que en la digestión glandular; la diferencia mayor es que las enzimas digestivas en la fermentación son de origen microbiano, por lo que se le denomina 'digestión aloenzimática'. Esta digestión fermentativa es más lenta y los sustratos son alterados en mayor grado que en la digestión glandular. Además, la fermentación ocurre en un medio anaerobio. La digestión aloenzimática puede ocurrir en solo dos sitios del tracto gastrointestinal. Estos sitios son el ciego y/o colon por un lado y por otro lado en el retículo-rumen. En el primer caso hablamos de fermentación cecocólica (o postgástrica) y en el segundo caso de fermentación pregástrica, la cual corresponde a los rumiantes (Lier y Regueiro, 2008).

En el rumen se modifica el alimento consumido, se degradan la celulosa y los carbohidratos solubles, se altera la secuencia de aminoácidos de las proteínas y se sintetizan algunas vitaminas del complejo B. El hecho más sobresaliente de la digestión

en los rumiantes es su capacidad para utilizar todas las formas de celulosa. La celulolisis falta en el reino animal, ningún mamífero segrega celulasa, que es la enzima que degrada la celulosa, pero las bacterias y los hongos celulolíticos, que conviven simbióticamente en el rumen, producen un complejo enzimático β -1-4 glucosidasas capaz de solubilizar entre 70 y 90 % de la celulosa. Los productos universales de la fermentación microbiana ruminal son los ácidos grasos volátiles (AGV), principalmente los ácidos acético, propiónico y butírico, que constituyen más del 90 % de los ácidos que se producen en el rumen, además de dióxido de carbono (CO₂) y metano (CH₄) (Díaz et al., 2013).

Los microorganismos responsables de la digestión fermentativa incluyen bacterias, protozoos y hongos. Las bacterias representan la fracción de la población ruminal imprescindibles para la vida del rumiante. El neonato adquiere esta flora por el contacto directo con otros bovinos o bien por contacto indirecto a través de elementos contaminados como forrajes o agua de bebida. Si bien existe una amplia variedad de bacterias y alternativas para clasificarlas, resulta útil agruparlas en base a los sustratos que emplean y a los productos finales de su fermentación (Relling y Mattioli, 2003).

Sangre:

La sangre es un líquido viscoso consistente en una suspensión de elementos (leucocitos, hematíes y plaquetas) en un medio coloidal (plasma). La sangre es opaca debido al gran número de células presentes y de color rojo a causa de la hemoglobina que portan los eritrocitos (Farreras, 1992).

La porción de los principales componentes sanguíneos son : Sólidos totales 18-20%, proteína 13 a 15%, grasa <1%, carbohidratos <1%, sales <2% y agua 80-82% (Ockerman, 1994).

Uno de los principales componentes de la sangre son las proteínas, las cuales poseen un elevado valor nutricional así como económico, por lo que es necesario recuperarla, la cual serviría para la industria de la harina la cual en la actualidad no es aprovechada en su totalidad, de esa manera poder generar recursos económicos por este subproducto, la sangre se ha dirigido hacia un mejor entendimiento del uso de desecho, como proteína, alimento balanceado, plasma sanguíneo, que finalmente es utilizado en distintas industrias (Nontol, 2016).

Harina de Sangre:

La harina de sangre es un producto de la industria cárnica con un alto contenido proteico, se obtiene por la deshidratación de la sangre con un rendimiento de 2.8kg /animal sacrificado. La harina de sangre puede ser de baja calidad dependiendo del procesamiento por el cual se obtenga, sobre todo la temperatura. Cuando se obtiene por bajas temperaturas contiene alta cantidad de proteína no degradable en rumen y buena degradación intestinal. De acuerdo con sus características nutricionales, tiene mayor utilización en monogástricos y en rumiantes (Maza, 1998)

El valor de la proteína animal esta basado primordialmente en la proteína disponible en intestino. La harina de sangre es alta en proteína (90% proteína, base materia seca) y alta en proteína no degradable en rumen. La harina de sangre no es muy palatable para el ganado bovino y su uso en dietas de crecimiento y finalización debe de ser limitada de un 3 a 5% de la dieta en base a la materia seca (Perry, 1995).

DDGS:

Los Granos Secos de Destilería con Solubles, DDGS por sus siglas en inglés, Se obtienen mediante el secado de residuos de granos utilizados en el proceso de obtención de etanol como combustible, a partir de diversos ingredientes ricos en almidón. Con mayor frecuencia se utiliza maíz en EEUU, trigo en Canadá Occidental y cebada en los países nórdicos europeos. El proceso en sí consiste en convertir los almidones y azúcares de la materia prima inicial en etanol. En el producto final se reduce drásticamente el contenido de carbohidratos no estructurales y se concentra el porcentaje del resto de nutrientes (De Blas et al., 2007). Los DDGS son un sub-producto que en los años recientes ha sido incrementada su producción por el impulso del gobierno de los EEUU a la sustitución de combustibles fósiles mediante la elaboración en gran escala de etanol a partir de cereales, en donde el más utilizado es el maíz. Se producen anualmente alrededor de 53 mil millones de litros de etanol y 39 millones de toneladas de DDGS (US Grains, 2015).

Proceso de obtención de DDGS:

El proceso industrial consta de 5 fases: I) selección, limpieza y molienda del grano; II) sacarificación o paso de almidón a glucosa mediante la utilización de levaduras apropiadas; III) fermentación de la glucosa para producir etanol (cada molécula de glucosa produce 2 moléculas de etanol y 2 de CO₂); IV) destilación del etanol mediante proceso de vaporización por calentamiento; V) recogida de residuos y secado de los mismos con aire caliente hasta obtener 10 a 12% de humedad, para su posterior comercialización en forma de gránulo (FEDNA, 2012).

Del proceso resultan dos tipos de subproductos: los granos de destilería (DDG) y los llamados solubles (DDS vinazas). Los DDG no tienen residuos sin fermentar de los granos originales; en cambio los DDS contienen levaduras, nutrientes solubles y las partículas de granos más finas. Con frecuencia, los productos se suministran en húmedo, y por separado en engordas de bovinos localizados cerca de las plantas productoras. En la mayoría de los casos una vez secos, ambos productos se comercializan conjuntamente en una mezcla aproximadamente de 75% de DDG y 25% DDS (De Blas et al., 2003). Las características del producto final dependen de la calidad del producto inicial y de las condiciones de procesamiento (temperaturas y tiempo de cocción, destilación, deshidratación y granulado). En general, concentran entre 2.2 y 3 veces el contenido en fibra, proteína, extracto etéreo y cenizas, en relación con el producto original, el contenido proteico es alto, cercano a 25 %, pero es pobre en lisina. El calor aplicado durante el proceso de fermentación, destilación y secado reduce la solubilidad y degradabilidad de la proteína. El contenido de grasa de los residuos de

destilería es de 5-10%, son insaturados de los cuales 56% corresponden a ácido linoléico. El proceso de hidrólisis y secado posterior al que se somete el producto original, aumenta la concentración de ácidos grasos libres. Por ello la acidez oleica es alta, pero no indicativa de deterioro o de enranciamiento (De Blas et al., 2007).

La composición nutricional de los DDGS varía de acuerdo con la fuente y calidad del grano utilizado durante la producción de etanol, además de las variaciones que pueden existir durante el proceso de obtención del biocombustible dentro de una misma planta o en plantas diferentes (Whitney, 2004).

Inclusión de DDGS en dietas

Benchaar et al. (2013), estudiaron el efecto de la inclusión de granos secos de destilería con solubles (DDGS) en dietas a base de maíz y soya sobre el balance de nitrógeno. Para ello utilizaron doce vacas Holstein asignadas bajo un diseño de Cuadro Latino 4 x 4, en un periodo de 35 días y bajo alimentación ad libitum, incluyendo niveles de 0, 10, y 30% DDGS en la dieta. Los niveles de MUN fueron 11.1, 10.0, 9.9, 10.6 respectivamente, sin diferencia significativa ($P > 0.05$). La excreción total de N (urinario y fecal; g/d) aumentó a medida que aumentaba la cantidad de DDGS en la dieta. La eficiencia de la utilización de N (secreción de N de leche como proporción de la ingesta de N) disminuyó linealmente con la creciente inclusión de DDGS en la dieta. Sin embargo, el N productivo aumentó linealmente con proporciones crecientes de DDGS

en la dieta, lo que sugiere una mejor eficiencia del uso de N por el animal. Por lo que recomiendan la utilización de DDGS a un nivel de hasta 30 % de la dieta.

Los DDGS hoy en día representan una fuente de alimentación muy importante para los rumiantes debido a su alto contenido nutricional, su disponibilidad en el mercado y un precio competitivo en comparación con los granos tradicionales, basado en esto durante los últimos años se han realizado investigaciones para confirmar la eficiencia nutricional de los DDGS y su uso en dietas para bovinos y ovinos combinándose además con otros granos (Schingoethe et al., 2004).

Durante varias décadas se han publicado muchos trabajos y resúmenes de investigación los cuales han sido dirigidos al estudio de las características nutrimentales de los co-productos de destilería y su utilización en la alimentación de bovinos, dichos trabajos han mantenido un enfoque en lo que se refiere a engorda de bovinos en finalización. A pesar de que los DDGS en un principio surgieron como un ingrediente energético, debido a que el maíz, principal ingrediente energético en las raciones ha sido utilizado para la producción de etanol, en la actualidad los DDGS son considerados en las raciones por su aporte proteico (Babcock et al., 2008). A pesar de esta situación el cambio en las raciones es evidente a partir del año 2000 cuando la industria del etanol se encontraba en plena expansión, basada sobre todo en el costo del maíz. El uso de los DDGS toma dos funciones según el nivel de inclusión en la dieta. Leupp et al. (2009), reportaron que en niveles de 6 a 15% base MS, su objetivo es servir como fuente de

proteína, por lo cual, cuando son incluidas en niveles superiores los DDGS se convierten en una fuente de energía en sustitución del maíz (Klopfenstein et al., 2008).

Los DDGS son muy palatables y fácilmente consumibles por el ganado de engorda. Además, la alimentación de esta materia prima no cambia la calidad o rendimiento de los canales de las reses y no tiene efectos sobre las características sensoriales de su carne (Erickson et al., 2005). Usualmente los DDGS son utilizados como fuente de energía en dietas de finalización para bovinos (Erickson et al., 2006; May et al., 2010). Al comparar los DDGS con otros granos encontraron que el nivel de energía fue 120 a 150% superior en comparación con el maíz rolado y de 100 a 110% mayor que el gluten de maíz, dependiendo de la calidad de este último (Erickson et al., 2006). Considerando las respuestas observadas en bovinos alimentados con dietas de finalización en corral, cuando se utilizan los DDGS como fuente de energía, Schingoethe et al. (2004), recomiendan niveles de inclusión del 10 al 40% base MS. Estos resultados son comparables con investigaciones realizadas por Klopfenstein et al. (2008), y May et al. (2010), en las que demuestran que la inclusión de hasta 35% de DDGS no es perjudicial para el rendimiento de los animales, sin embargo, observaron que la eficiencia alimenticia se maximiza entre el 20% y 25% de inclusión.

Vander Pol et al. (2005), mostraron que cuando se alimenta el ganado en finalización con dietas que contienen 10 al 20% de DDGS de la materia seca de la dieta, no hubo beneficio de suplementar las dietas con urea, lo que indica que hubo un reciclaje de nitrógeno.

Buckner et al. (2008), llevaron a cabo un estudio en bovinos de engorda, donde compararon la inclusión de 10, 20, 30 y 40 % de DDGS en la dieta comparado con un grupo testigo, el cual contenía maíz como fuente energética. Encontraron un comportamiento cuadrático en la eficiencia alimenticia y en la conversión alimenticia, infieren que el nivel óptimo de inclusión fue del 20 % dónde encontraron las mejores respuestas productivas.

En otro estudio realizado con vaquillas de engorda, Uwituze et al. (2010), observaron una disminución considerable en la concentración amoniacal del rumen y de la digestibilidad de la materia seca, cuando se incluyó 25 % de DDGS en la dieta, comparado con el grupo testigo. La sustitución de grasa por los DDGS, hasta en un 40 % de la dieta total, aumentó significativamente la conversión alimenticia de novillos en engorda, y esto dio lugar a un rendimiento superior de los animales, reduciendo los días en engorda, sin afectar la calidad o el rendimiento de la canal (Walter et al., 2010).

Virginiamicina:

La virginiamicina es un antibiótico que fue aislado por primera vez en Belgica por De Somer y Van Dijck en 1955 (Ugarte, 1979). La virginiamicina es un producto de la fermentación de *Streptomyces virginiae* que puede ayudar a la fermentación estable en el rumen (Roger et al., 1995). El compuesto Virginiamicina está conformado por dos factores denominados: M y S en una proporción de 4:1 respectivamente. El primero es un Polipéptido con un peso molecular de 525 y el segundo es una Lactona Macroclíca

con un peso molecular de 823. Esta característica le confiere al compuesto en su conjunto que no presente absorción en tracto gastrointestinal y su efectividad se produce cuando los dos factores se encuentran unidos.

Actividad de virginiamicina

Esta sustancia 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 -. Dentro del espectro de actividad contra Gram +, presenta una sensibilidad muy notoria contra *Streptococcus* y *Lactobacillus*. Esta sensibilidad es mucho mayor que la reportada para otros compuestos antibióticos como Ionóforos, Tilosina, Tetraciclinas, así como combinaciones de estos (Nagaraja et al., 1987). El modo de acción de Virginiamicina, consiste en penetrar la pared celular de la bacteria Gram + y atacar las subunidades ribosomales; inhibiendo la formación de péptidos durante la síntesis de proteína. Esto ocasiona que se detenga la multiplicación de las bacterias y la muerte de las mismas.

Acidosis Ruminal

La acidosis ruminal sub aguada es uno de los desórdenes nutricionales más frecuentes en los sistemas bajo explotación intensiva ganado de engorda. Los sistemas intensivos de alimentación tienen el riesgo de provocar fermentaciones inestables que conducen a acidosis (Nocek, 1997). La mortalidad y la morbilidad asociadas a las alteraciones digestivas en el ganado bovino en corral de engorda se encuentran en el

segundo lugar en importancia y son sobrepasadas solamente por las enfermedades respiratorias (Nagaraja, 2007).

La acidosis en la engorda es el resultado del consumo de carbohidratos altamente fermentables en cantidades suficientes para tener una acumulación de ácidos orgánicos en el rumen con una reducción concurrente en el pH (Nagaraja, 2007). Todos aquellos alimentos que presenten altas concentraciones de carbohidratos de fácil digestión pueden determinar acidosis. La forma más frecuente es la originada por los granos de cereales, que son muy ricos en almidón. También los alimentos ricos en azúcares producen la alteración, como son la remolacha, la caña de azúcar y la melaza (Sierna, 2009). Esta enfermedad es una consecuencia por la alimentación con dietas que contienen un alto contenido de grano, en rumiantes, los cuales tienen su metabolismo adaptado al consumo de forraje.

Virginiamicina en rumiantes

En el caso de rumiantes, el beneficio más importante encontrado con Virginiamicina, es el de actuar como modulador de los microorganismos ruminales; principalmente cuando la dieta es alta en energía y que la misma se compone de carbohidratos altamente fermentables (cereales, tubérculos, etc). Dietas con alto contenido de carbohidratos fácilmente fermentables, ocasionan un incremento importante en la producción de ácido láctico; el cual presenta una velocidad baja de absorción hacia la vía sistémica para su metabolismo y se acumula a nivel ruminal (Hernandez et al., 2009). De acuerdo con Noceck (1997), los valores de pH en rumen

juegan un papel muy importante en el crecimiento y comportamiento de los microorganismos ruminales; indicando que el pH óptimo para una apropiada producción de ácidos grasos volátiles (los cuales son los precursores de la disponibilidad de la energía para los rumiantes), fluctúan entre 5.8 y 6.2. Cuando se proporcionan dietas con alto contenido energético, inicialmente propician una mayor producción de ácidos grasos volátiles y estos al ser ácidos, ocasionan un ligero descenso en el pH ruminal del rango óptimo, lo cual permite las condiciones para que se incremente la tasa de crecimiento de *Streptococcus bovis* cuyo principal producto de fermentación es ácido láctico y esta condición puede generar que el pH del rumen se encuentre debajo de 5.5 el cual es el límite inferior para que se establezca un buen equilibrio entre las bacterias productoras de lactato y las utilizadoras del mismo. Al romperse este equilibrio, es cuando se genera una situación de acidosis ruminal, porque se presenta acumulación de ácido láctico al no ser utilizado por las bacterias que normalmente lo realizan y porque no es fácilmente absorbido hacia la vía sistémica.

Usos de virginiamicina

Los estudios realizados con virginiamicina en rumiantes, indican que se logra hasta un 93% de disminución en la producción del ácido láctico y que comparativamente con otros compuestos es mucho más efectivo (Nagaraja et al., 1987). El ácido láctico se puede presentar con dos isómeros: L-ácido Láctico y D-ácido Láctico. El que representa mayor riesgo para desencadenar un cuadro de acidosis metabólica es el isómero D. Virginiamicina presenta 83% de reducción en la producción de este isómero, mientras que Monensina solamente el 49% y la combinación de Monensina con Tilosina

(proporción 3:1) el 69%. Para el isómero L, Virginiamicina presenta un 93% de reducción y Monensina un 76%. Esta reducción en la producción de ácido láctico, es consecuencia del control específico de virginiamicina sobre *Streptococcus* y *Lactobacillus* y por consiguiente se menciona al compuesto como un modulador de microflora ruminal; así como un compuesto que permite controlar y prevenir la manifestación de acidosis ruminal (Hernández et al., 2009).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del área de estudio.

El presente experimento se llevó a cabo en la unidad de laboratorio de digestión y metabolismo de rumiantes del Instituto de Investigación en Ciencias Veterinarias (IICV) de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), localizada a un kilómetro del fraccionamiento Campestre en la ciudad de Mexicali, Baja California. La cual tiene un clima que se considera cálido seco con una temperatura promedio de 24° y una precipitación pluvial anual promedio de 77 mm (INEGI, 2017).

Unidades Experimentales

Se utilizaron cuatro novillos Holstein (189 ± 13 Kg) clínicamente sanos, habilitados con cánulas tipo "T" en rumen y duodeno proximal, se elaboraron con el material y el procedimiento descrito por (González y Montaña, 2015b) en rumen y (González y Montaña, 2015) en duodeno. Los novillos fueron adaptados a las dietas experimentales 10 días previos al inicio del experimento e identificados con aretes con numeración progresiva del 1 al 4.

Dietas Experimentales

Las dietas fueron formuladas (BMS) en base a maíz hojueado al vapor (Cuadro 3). Se añadió 0.15% de óxido crómico como un marcador digestivo inerte para el cálculo del flujo a duodeno y de excreción fecal de materia seca (MS). El consumo (BMS) se ajustó al 2.2% del peso vivo, ofreciéndose en forma diaria dividido en dos porciones iguales a las 08:00 y 20:00 hrs.

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, DDGS, premezcla, forrajes, 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.

Cuadro 1. Ingredientes y composición nutrimental de las dietas experimentales

Concepto	Tratamientos			
	1	2	3	4
Ingredientes, % (BMS)				
Maíz Hojueleado	68.09	68.09	68.06	68.06
Heno de sudan	8.00	8.00	8.00	8.00
Heno de alfalfa	4.00	4.00	4.00	4.00
Grasa amarilla	2.50	2.50	2.50	2.50
Melaza	4.00	4.00	4.00	4.00
Óxido de magnesio	0.15	0.15	0.15	0.15
Caliza	1.45	1.45	1.45	1.45
Urea	1.68	1.68	1.68	1.68
Oxido de Cromo ¹	.15	.15	.15	.15
Premezcla mineral ²	.30	.30	.30	.30
DDGS	10.00	7.00	10.00	7.00
Harina de sangre	0.00	3.00	0.00	3.00
Virginiamicina	0.00	0.00	0.025	0.025
Composición de nutrientes³, (BMS)				
MS	87.9	87.9	87.9	87.9
ENm Mcal/kg	2.21	2.19	2.21	2.19
ENg Mcal/kg	1.54	1.52	1.54	1.52
Proteína cruda, %	14.3	16.2	14.3	16.2
Extracto Etéreo, %	6.70	6.40	6.70	6.40
FND, %	17.7	16.3	17.7	16.3
Calcio, %	.80	.81	.80	.81
Fosforo, %	.35	.34	.35	.34
Potasio, %	.77	.75	.77	.75
Magnesio, %	.28	.27	.28	.27
Azufre, %	.18	.19	.18	.19

¹ Oxido Crómico (.15%) fue agregado como marcador digestivo; ² Contenido de la premezcla mineral: CoSO₄, 0.068%; CuSO₄, 1.04%; FeSO₄, 3.57%; ZnO, 0.75%; MnSO₄, 1.07%; KI, .052%; and NaCl, 93.4%; ³ Estimado utilizando los valores tabulados para cada ingrediente (NRC, 1996).

Asignación de tratamientos

Los novillos fueron asignados a corrales individuales de 3.9 m² con comedero individuales y bebedero compartido, la superficie del piso fue de concreto, recubierto con tapetes de neopreno para mayor descanso de las unidades experimentales. Los corrales estaban localizados en una área techada y cerrada.

Los tratamientos fueron los siguientes, TMT1: DDGS (10%) (Control); TMT2: Harina de sangre (3%) + DDGS (7%); TMT3: DDGS (10%) + virginiamicina (0.025%); TMT4: Harina de sangre (3%) + DDGS (7%) + virginiamicina (0.025%).

Diseño experimental

Se analizaron los efectos de los tratamientos sobre las características de digestión en el ganado bovino como un experimento balanceado en un diseño de Cuadrado Latino 4 X 4, de acuerdo al siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + P_j + T_k + E_{ijk}$$

En el cual:

Y_{ijk} : variable de respuesta

μ : Media general.

A_i : Efecto de dirección.

P_j : Efecto del Periodo.

T_k : Efecto del tratamiento.

E_{ijkl} : es el error residual.

Los efectos principales de los tratamientos y su posible interacción fueron probados mediante Contrastes Ortogonales.

Cuadro 2. Asignación de tratamientos y distribución de acuerdo al diseño experimental

	ANIMAL 1	ANIMAL 2	ANIMAL 3	ANIMAL 4
PERIODO 1	TMT 1	TMT 4	TMT 2	TMT 3
PERIODO 2	TMT 2	TMT 1	TMT 3	TMT 4
PERIODO 3	TMT 3	TMT 2	TMT 4	TMT 1
PERIODO 4	TMT 4	TMT 3	TMT 1	TMT 2

Duración del experimento

El experimento consistió en 4 periodo experimentales de 21 días de duración por periodo (17 días de ajuste a los tratamientos y 4 días de recolección de muestras).

Procedimiento de muestreo

Durante cada período de recolección de muestras, se tomaron muestras duodenales y fecales de todos los novillos, dos veces al día de la siguiente manera: día 1, 10:50 y 16:50; día 2, 09:00 y 15:00; día 3, 07:50 y 13:50; y día 4, 06:00 y 12:00 hrs. Las muestras individuales consistieron en aproximadamente 500 ml de líquido duodenal, 200 g (base húmeda) de material fecal y 100 ml de líquido ruminal (obtenido de cada novillo a través de la cánula ruminal). Las muestras duodenales se tomaron utilizando recipientes de plástico con capacidad de 1L (Wide mouth square bottles, Evenflo®). Las heces se recolectaron directamente del piso con una espátula y se almacenaron en bolsas identificadas para cada animal. Al finalizar la recolección de muestras se lavaban las cánulas y el área adyacente con agua tibia.

Análisis de laboratorio

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. El último día de colección de muestra de cada periodo se tomaron muestras de contenido ruminal (± 350 ml) 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.) y se congelaron 10 ml de contenido ruminal para la determinación de ácidos grasos volátiles. El último día, del segundo 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 (Krups 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 (2000), almidón (Zinn, 1990), purinas (Zinn y Owens, 1986), FDA (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) y energía bruta (EB) (utilizando una bomba calorimétrica adiabática, Parr Instruments, Co.).

Cálculos y análisis de digestión

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, N microbiano y N endógeno que fluyeron al duodeno.

La producción de metano se calculó con base en el balance de fermentación teórico para la distribución molar observada de AGV y OM fermentados en el rumen (Wolin, 1960).

El valor esperado de la energía digestible (ED) de las dietas fue estimado de la siguiente forma: Esperado, ED, Mcal/kg= [(Valor de ED observado para cada uno de los tratamientos) / (valor ED observado para la dieta)]/ED calculada, son estimados a partir del valor de ED de cada uno de los ingredientes que componen cada dieta experimental (NRC, 1996).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los efectos de los tratamientos sobre las variables de respuesta se muestran en la Cuadro 3. El flujo duodenal de MO incrementó ($P \leq 0.05$) en respuesta a la inclusión de DDGS + virginiamicina en comparación con la dieta control. Aunque comparado con las otras dos combinaciones (TMT 2 y TMT4), no se observó una diferencia estadísticamente significativa, si se observó una diferencia numérica. Como resultado de la combinación DDGS + HS + V se observó un incremento significativo ($P \leq 0.05$) tanto del flujo duodenal de N como del N no amoniacal (NAN), en comparación con el tratamiento control. Al mismo tiempo, se observó un incremento estadísticamente significativo ($P \leq 0.05$) del flujo de N de la dieta al comparar el TMT3 con el Control. La digestión post-ruminal de N fue mayor ($P \leq 0.05$) en respuesta al TMT 3 al compararlo con los TMT2 y TMT4. No se observó diferencia estadísticamente significativa entre el TMT3 y el Control ($P \geq 0.10$). La excreción fecal de N incrementó significativamente ($P \leq 0.05$) en respuesta al TMT4 al compararlo con el control.

Al comparar el tratamiento Control, vs el resto de los tratamientos, se observó un incremento estadísticamente significativamente ($P \leq 0.05$) sobre la digestión de N en tracto total.

Los efectos de los tratamientos sobre las variables de respuesta se muestran en la Cuadro 4. No se observó efecto de los tratamientos sobre pH ruminal ni producción de metano. Sobre niveles de AGVs, solo se observó un incremento de acetato en respuesta al TMT2, al compararlo con el tratamiento control.

Cuadro 3. Efecto de los tratamientos sobre variables de respuesta

Concepto	Tratamientos				CME	CV
	DDGS ¹	DDGS + HS ²	DDGS + V ³	DDGS + HS + V		
Consumo, g/d						
MS ⁴	2981	2983	2981	2983		
MO	2821	2826	2821	2826		
NDF	662	640	662	640		
N	63	72	63	72		
Flujo duodenal, g/d						
MO	1338 ^a	1450 ^{ab}	1469 ^b	1400 ^{ab}	41.85	0.059
N	66.36 ^a	72.48 ^{ab}	71.81 ^{ab}	76.93 ^b	2.67	0.075
NM	34.15	29.87	36.61	35.78	2.97	0.17
NNA	63.98 ^a	70.09 ^{ab}	69.32 ^{ab}	74.53 ^b	2.60	0.075
N Alimento	22.81 ^a	33.20 ^b	25.68 ^{ab}	31.73 ^{ab}	3.29	0.23
Digestión Ruminal, %						
MO	64.7	59.30	60.90	63.10	0.02	0.07
N Alimento	64.0	53.90	59.50	56.00	0.05	0.17
Eficiencia microbiana ⁵	18.74	17.68	21.31	20.13	1.35	0.14
Eficiencia Proteica ⁶	1.00	0.97	1.09	1.04	0.04	0.08
Digestión post-ruminal, % de flujo duodenal						
MO	55.30	53.60	60.00	54.70	0.02	0.09
N	70.60 ^{ac}	61.20 ^b	71.00 ^c	62.20 ^b	0.02	0.06
Excreción Fecal, g/d						
MS	678	759	671	733	36.97	0.10
MO	596	671	586	630	33.40	0.11
N	18.9 ^a	28.0 ^{ab}	20.6 ^{ab}	28.3 ^b	0.71	0.06
Digestión tracto total, %						
MS	77.24	74.56	77.47	75.42	1.23	0.03
MO	78.90	76.20	79.20	77.70	0.01	0.03
N	70.30 ^a	61.10 ^{bc}	67.60 ^b	60.70 ^c	0.01	0.03

¹DDGS: Granos secos de destilería mas solubles.

²HS: Harina de sangre.

³V: Virginiamicina.

⁴ Los animales fueron alimentados al 2.2% PV (BMS).

⁵ N Microbial, g/kg MO fermentada.

⁶ El flujo de NNA hacia el intestino delgado como una fracción del N consumido.

Cuadro 4. Efecto de los tratamientos sobre pH ruminal, perfil de AGV y producción estimada de metano.

Concepto					CME	CV
pH Ruminal	6.00	5.87	5.87	5.92	0.10	0.04
AGV rumen, mol/100 mol						
Acetato	57.0 ^a	69.5 ^b	61.9 ^{ab}	60.5 ^{ab}	3.81	0.12
Propionato	32.6	29.7	31.9	36.5	3.01	0.18
Isobutirato	0.4	0.8	0.4	0.4	0.13	0.51
Butirato	11.74	12.20	12.10	13.24	1.38	0.22
Isovalerato	1.1 ^a	2.6 ^b	1.9 ^a	2.5 ^{ab}	0.64	0.63
Valerato	1.4	1.8	1.3	1.5	0.23	0.31
Acetato/propionate	1.9	2.5	1.9	1.7	0.29	0.28
Metano ¹	0.26	0.30	0.27	0.25	0.01	0.13

¹La producción de metano (mol/mol glucosa equivalente fermentada) se estimó en base en el balance de fermentación teórica para la distribución molar observada (Wolin, 1960).

LITERATURA CITADA

- Association of American Feed Control Officials (AAFCO). Disponible en: <http://aaafco.org>. Consultado el 8 de febrero del 2011.
- AOAC. 2000. Official methods of analysis (14th ed.). Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C. 155.
- Babcock, B. A., D. J. Hayes and J. D. Lawrence. 2008. Using Distillers Grains in the U.S. and international livestock and poultry industries. Midwest Agribusiness Trade Research and Information Center, Ames, Iowa, USA. http://www.card.iastate.edu/books/distillers_grains/.
- Belitz, H. D. y W. Grosch. 1997. Química de los alimentos. 2ª edición. Zaragoza, España. Acribia.
- Beltrán, C., y Perdomo, W. F. 2007. Aprovechamiento de la sangre de bovino para la obtención de harina de sangre y plasma sanguíneo en el Matadero Santa Cruz de Malambo Atlántico.
- Benchaar, C, Hassanat F, Gervais R, Chouinard PY, Julien C, Petit HV, Massé DI. 2013 Effects of increasing amounts of corn dried distillers grains with solubles in dairy cow diets on methane production, ruminal fermentation, digestion, N balance, and milk production. J Dairy Sci. 96:2413-2427.
- 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.
- Buckner, C. D., T. L. Mader, G. E. Erickson, S. L. Colgan, D. R. Mark, K. K. Karges, M. L. Gibson, and V. R. Bremer. 2008. Evaluation of dry distillers grains plus solubles inclusion on performance and economics of finishing beef steers. The Professional Animal Scientist. 24:404-410.
- Caruso, M. 2002. Industrias Cárnicas, residuos, su tratamiento y prevención de la contaminación: Fuentes de contaminación en la industria cárnica. (En línea). Universidad de Buenos Aires, AR. 41 p. Consultado el 17 de agosto de 2010.
- De Blas, J. C., G. G. Mateos, y P. G. Rebollar. 2003. Cuadros FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la formulación de piensos compuestos. Editado por la Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. 2da Edición. Madrid, España. p. 423.

- De Blas, J. C., Mateos, G.G. y Rebollar P.G. 2007. DDGS de maíz. Universidad Politécnica de Madrid (España).
- Díaz, A. L., R. Galindo, M. Bocourt, M. Laurencio y M. Pérez. 2013. Los microorganismos del rumen y su papel en la fisiología digestiva del rumiante. La Habana. Cuba: Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos.
- Erickson, G. E., T. J. Klopfenstein, D. C. Adams, and R. J. Rasby. 2005. General overview of feeding corn milling co-products to beef cattle. In: Corn processing co-products manual: a review of current research on distillers grains and corn gluten. A joint project of the Nebraska Corn Board and the University of Nebraska-Lincoln
- Erickson, G. E., T. J. Klopfenstein, D. C. Adams, and R. J. Rasby. 2006. Utilization of Corn Co-Products in the Beef Industry. Nebraska Corn Board and the University of Nebraska. www.nebraskacorn.org. 17 pp.
- Farreras, P. 1992. Medicina Interna 1 ed. Editorial Doyma S.A. Madrid, España.
- FEDNA, 2012. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Granos y solubles de maíz (DDGS) calidad media.
- Fernández, C. y W. Perdomo. 2007. Aprovechamiento de la sangre de bovino para la obtención de harina de sangre y plasma sanguíneo en el matadero Santa Cruz de Malambo Atlántico. Tesis para optar al título de Ingeniero de alimentos. Universidad de la Salle Facultad de Ingeniería de los alimentos. Bogotá, Colombia. p 250.
- Goering, H. K., and P. J. Van Soest. 1970. Forage Fiber Analyses (Apparatus, Reagents, Procedures and Some Applications). Agric. Handbook 379. ARS-USDA, Washington, DC.
- González, V. M., y M. F. Montaña. 2015. Instalación de cánulas tipo "T" en duodeno. XXV Reunión Internacional sobre Producción de Carne y Leche en Climas Cálidos. Ensenada, B.C. Disponible en: http://ica.mx/ica.uabc.mx/icaweb_archivos/MEMORIA%20FINAL%20XXV%20RIP%20CLCC.pdf
- 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. Disponible en: http://ica.mx/ica.uabc.mx/icaweb_archivos/MEMORIA%20FINAL%20XXV%20RIP%20CLCC.pdf

- 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.
- Hernandez, J., R. Barraza, y J. Duran. 2009. Efecto de virginiamicina sobre parametros productivos en vacas Holstein Fresian en la comarca lagunera. Universidad Autónoma Chapingo.
- Hill, F. N., and D. L. Anderson. 1958. Comparison of metabolizable energy and productive determinations with growing chicks. J. Nutr. 64:587-603.
- INEGI. 2017. Anuario estadístico y geográfico de Baja California 2017. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 425.
- Klopfenstein, T. J., G. E. Erickson, and V. R. Bremer. 2008. Use of distillers by-products in the beef cattle feeding industry. J. Anim. Sci. 86:1223-1231
- Laca A., M. Diaz y M. Rendueles. Alternativas e implicaciones medioambientales de la gestión de residuos en la industria cárnica. En: Alimentación, Equipos y tecnología. Madrid: 2004; (abr). p. 92-99.
- Leupp, J. L., G. Lardy, K. K. Karges, M. L. Gibson, and J. S. Caton. 2009. Effects of increasing level of corn distillers dried grains with solubles on intake, digestion, and ruminal fermentation in steers fed seventy percent concentrate diets. J. Anim. Sci. 87: 2906-2912.
- Lier, E., y M. Regueiro. Digestión en retículo-rumen. Montevideo (Uruguay): Universidad de la República, 2008.
- May, M. L., M. J. Quinn, B. E. Deppenbusch, C. D. Reinhard, L. Gibson, K. K. Karges, N. A. Cole and J. S. Drouillard. 2010. Dried distiller grain with soluble with reduced corn silage level in beef finishing diets. J. Anim. Sci. 88:2456-2463.
- Maza, L. 1998. Subproductos de Matadero. Buenos Aires, Argentina (en línea). Consultado el 11 de noviembre de 2009. Disponible en <http://azoosubol.galeon.com/cvoitae275734.html>
- Nagaraja, T. G., M. B. Taylor, D. L. Harmon, and J. E. Boyer. 1987. *In vitro* lactic acid inhibition and alterations in volatile fatty acid production by antimicrobial feed additives. J. Anim. Sci. 65:1064-1076.
- Nagaraja, T. G., and E. C. Titgemeyer. 2007 Ruminal acidosis in beef cattle: the current microbiological and nutritional outlook. J. Dairy Sci. 90 Suppl 1:E17-38.

- Nocek, J. E. 1997. Bovine acidosis: implications on laminitis. *J Dairy Sci.* 1997 80:1005-1028.
- Nontol, J. E. 2016. Aprovechamiento de la sangre como subproducto del beneficio de animales de abasto. Tesis. Universidad Nacional de Trujillo, Perú.
- NRC. 1996. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7th ed. National Academy Press, Washington, DC.
- Ockerman, H. 1994. Industrialización de subproductos de origen animal 1 ed. Editorial Acribia S. A. Zaragoza, España.
- Perry, T. W., and M. J. Cecava. 1995. Beef Cattle Feeding and Nutrition. Amsterdam, Netherlands: Amsterdam University Press.
- Relling, A. E., y G. A. Mattioli. 2003. Fisiología Digestiva y Metabólica de los Rumiantes. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de La Plata, Argentina. 72 pp.
- Ricci, O. E. (19 de Junio de 2012). Harina de Sangre. Obtenido de Avicultura: <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/harina-de-sangre-t29408.htm>
- Roger, J. A. E. M. Branine, C. R. Miller, M. I. Wray, S. J. Bartle, and R. L. Preston, R. 1995. Effects of dietary virginiamicin on performance and liver abscess incidence in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 73:9-20.
- Schingoethe, D. J. 2004. Corn Co products for Cattle. Proceedings from 40th Eastern Nutrition Conference, May 11-12, Ottawa, ON, Canada. pp 30-47.
- Ugarte M. A. 1979. Utilización de los antibióticos virginiamicina y bacitracina metileno desalicilato en dietas para pollo de engorda. Tesis. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México.
- USGC. Cuadro de contenidos del Manual de DDGS. https://grains.org/wp-content/uploads/2018/01/DDGS_Handbook-Spanish2012.pdf
- U.S.Grains, 2015. DDGS. <https://www.grains.org/buyingselling/ddgs>
- Uwituze, S., G. L. Parsons, M. K. Shelor, B. E. Depenbusch, K. K. Karges, M. L. Gibson, C. D. Reinhardt, J. J. Higgins, and J. S. Drouillard. 2010. Evaluation of dried distillers grains and roughage source in steam-flaked corn finishing diets. *J. Anim. Sci.* 88:258-274.

- Vander Pol, K. J., G.E. Erickson, and T. J. Klopfenstein. 2005. Degradable intake protein in finishing diets containing dried distillers grains. *J. Anim. Sci.* 83(Suppl. 2):62.
- Nieves, J. 2017. Efecto de virginiamicina sobre la eficiencia nutrimental de dietas de finalización para novillos. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Baja California, México.
- Walter, L. J., J. L. Aalhus, W. M. Robertson, T. A. McAllister, D. J. Gibb, M. E. R. Dugan, N. Aldai, and J. J. McKinnon. 2010. Evaluation of wheat or corn dried distillers' grains with solubles on performance and carcass characteristics of feedlot steers. *Can. J. Anim. Sci.* 90: 259-269.
- Whitney, M.H., and G.C. Shurson. 2004. Growth performance of nursery pigs fed diets containing increasing levels of corn distiller's dried grains with solubles originating from a modern Midwestern ethanol plant. *J. Anim. Sci.* 82:122-128.
- 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.
- Zinn, R. A. 1990. Influence of steaming time on site digestion of flaked corn in steers. *J. Anim. Sci.* 68:776-781.