

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

INSTITUTO EN INVESTIGACIONES EN CIENCIAS VETERINARIAS



**EVALUACIÓN DE LOS DDGS COMO FUENTE DE NITRÓGENO SOLUBLE EN
DIETAS DE FINALIZACIÓN PARA NOVILLOS SUPLEMENTADOS CON
DISTINTOS NIVELES DE UREA**

TESIS

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

PRESENTA

I.A.Z. JORGE LUIS RAMOS MÉNDEZ

DIRECTOR DE TESIS

DR. ALEJANDRO PLASCENCIA JORQUERA

Mexicali, Baja California.

Febrero, 2018

Evaluación de los DDGS como Fuente de Nitrógeno Soluble en Dietas de Finalización para Novillos Suplementados con Distintos Niveles de Urea. Tesis presentada por el I.A.Z. **Jorge Luis Ramos Méndez**, la cual fue revisada bajo la dirección del consejo particular indicado, misma que ha sido aprobada y aceptada como requisito para obtener el grado de: Maestro en Ciencias Veterinarias.

Dr. Alejandro Plascencia Jorquera
Director de Tesis

Dr. Alberto Barreras Serrano
Asesor

Dra. María Alejandra López Soto
Asesor

Dr. Luis Corona Gochi
Asesor

Dr. Víctor Manuel Gonzáles Vizcarra
Asesor

Mexicali, B.C., febrero de 2018.

AGRADECIMIENTOS

A MIS ASESORES:

Dr. Alejandro Plascencia Jorquera

Dr. Alberto Barreras Serrano

Dra. María Alejandra López Soto

Dr. Luis Corona Gochi

Dr. Víctor Manuel Gonzáles Vizcarra

Por su incondicional apoyo y enseñanzas para conmigo, por todas y cada una de las atenciones y experiencias tanto personales como profesionales que me compartieron durante mi desarrollo en la Maestría.

A la plantilla docente de la Maestría en Ciencias Veterinarias, por ser parte de mi formación académica, las experiencias profesionales compartidas y el apoyo constante.

A la Universidad Autónoma de Baja California, por permitirme la conclusión en mi formación profesional.

Al Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias, por darme todas las herramientas y ser parte fundamental de mi formación en la Maestría en Ciencias Veterinarias.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por el apoyo financiero brindado para la realización de mis estudios de posgrado.

DEDECATORIAS

A mi Familia:

Mi Padre Sr. Roberto Ramos y mi Madre Sra. María Méndez, por su apoyo incondicional, por fomentar en mi la dedicación y responsabilidad, todos sus consejos, porque siempre sé que cuento con ustedes y esta meta cumplida en mi vida es por y para ustedes ¡Gracias!

Mis hermanitas, Gabriela y Yaneth. Las mujeres de mi vida por y para quienes siempre estaré. Las amo mucho hermanas.

A mis abuelos Sr. Sixto Ramos y Sra. Obdulia Visoso porque siempre están conmigo apoyándome incondicionalmente y sé que están orgulloso de mí.

A Yesica Arteaga, mi compañera de vida por apoyarme incondicionalmente, iniciamos y ahora concluimos esta meta juntos, por cada momento en que trabajamos día a día y pese a todos los obstáculos que pone la vida seguimos juntos caminando de la mano ¡Te Amo!

CONTENIDO

	Página
LISTA DE CUADROS.....	i
LISTA DE FIGURAS.....	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT.....	iv
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVO E HIPÓTESIS.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Obtención de Granos Secos de Destilería con Solubles (DDGS).....	4
Características Fisicoquímicas de los DDGS.....	7
Físicas.....	7
Químicas.....	9
Factores que Afectan el Contenido de Nutrientes de los DDGS.....	9
Contenido de nutrientes de los granos.....	10
Relación de mezcla solubles añadidos.....	10
Temperatura de secado.....	11
Uso de Co-Productos de Destilería de E.U.A. en Dietas Para Ganado.....	11
Valor Alimenticio de los DDGS en Dietas de Finalización.....	14
Aceptabilidad.....	14
Digestión de los DDGS.....	15
Proteínas.....	15
Lípidos.....	17
Factores Asociativos con Otros Componentes de la Dieta.....	17
Valor Energético.....	17

	Página
LITERATURA CONSULTADA.....	18
Dinámica de utilización de N en novillos consumiendo dietas de finalización conteniendo 15% de granos secos de destilería con solubles (DDGS) suplementadas con diferentes niveles de urea.....	24

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1 Ingredientes y composición de la dieta basal utilizada en la alimentación de novillos.....	33
2 Composición y densidad de granos secos de destilería con solubles (DDGS) de maíz y urea determinados por análisis y valores tabulares correspondientes (NRC, 2000).....	33
3 Influencia del nivel de suplementación de urea en las características de utilización del N de la dieta en novillos Holstein canulados (266 kg PV).....	34
4 Influencia del nivel de suplementación de urea sobre el pH ruminal, N-NH ₃ , la urea y el nitrógeno ureico en sangre.....	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Proceso de producción de etanol.....	4
2	Proceso de la molienda en seco para la producción de etanol y subproductos de destilería. Modificado de Liu y Rosentrater (2012).....	7
3	Diferencias de colores entre distintas muestras de DDGS.....	8

RESUMEN

Cuatro novillos Holstein (266 ± 13 kg) con cánulas en rumen y duodeno, se utilizaron para valorar el efecto de la solubilidad del N de los DDGS incluidos en 15% en una dieta de finalización formulada a base de maíz en hojuela suplementada con diferentes niveles (0, 0.4, 0.8 y 1.2%) de urea sobre la dinámica de la digestión de componentes nitrogenados y MO así como variables plasmáticas y de fermentación ruminal. El aumentar el nivel de urea en la dieta, disminuyó linealmente ($P < 0.04$) el flujo a duodeno de MO e incrementó ($P < 0.01$) el flujo de NNA como resultado de incrementos lineales ($P < 0.01$) en el flujo de NM y $N-NH_3$, sin efectos ($P \geq 0.47$) sobre el flujo de N alimenticio. La inclusión de niveles crecientes de urea aumentó linealmente ($P \leq 0.03$) la digestión ruminal de la MO y del N alimenticio y disminuyó la eficiencia proteica ($P < 0.01$) sin efecto ($P > 0.86$) en la eficiencia microbiana. La digestión post-ruminal no fue afectada por la inclusión de urea. La digestión de N a nivel de tracto total se incrementó linealmente ($P < 0.01$) con la inclusión de urea a la dieta sin efectos sobre la digestión de la MO. El pH ruminal promedió 6.09 ± 0.03 y no se vio afectado ($P \geq 0.97$) por los tratamientos. La concentración de $N-NH_3$ en rumen incrementó a medida que el nivel de urea en la dieta aumento (componente lineal, $P < 0.01$). Este mismo efecto se observó ($P < 0.01$) a nivel plasmático para la concentración de urea presente en sangre y el N ureico. En base al método de sustitución, la solubilidad del N de los DDGS fue de 78%. Este valor es 2.3 veces superior al especificado por el NRC (2016); por tanto, en dietas de finalización con niveles moderados de DDGS (vgr. 15%), el máximo de suplementación de urea no debe exceder el 1%.

ABSTRACT

Four Holstein steers (266 ± 13 kg) with cannulas in rumen and duodenum were used to evaluate the effect of N solubility of DDGS included in 15% in finishing diet corn-based diet supplemented with different levels (0, 0.4, 0.8 and 1.2%) of urea on the digestion dynamics of nitrogen and OM components as well as variables of ruminal fermentation. Increasing the level of urea in the diet decreased linearly ($P < 0.04$) the flow to the duodenum of MO and increased ($P < 0.01$) the flow of children and adolescents as a result of linear increases ($P < 0.01$) in the flow of NM and N -NH₃ without effects ($P \geq 0.47$) on the N food flow. The inclusion of increasing levels of urea linearly increased ($P \leq 0.03$) the ruminal digestion of OM and N food and decreased protein efficiency ($P < 0.01$) without effect on microbial efficiency. Post-ruminal digestion was not affected by the inclusion of urea. The digestion of N at the total tract level increased linearly ($P < 0.01$) with the inclusion of urea in the diet without effects on the digestion of MO. The ruminal pH averaged 6.09 ± 0.03 and was not affected ($P \geq 0.97$) by the treatments. The concentration of N-NH₃ in the rumen increased as the level of urea in the diet increased (linear component, $P < 0.01$). This same effect was observed ($P < 0.01$) at the plasma level for the concentration of urea present in blood and N urea. Based on the substitution method, the solubility of N of DDGS was 78%. This value is 2.3 times higher than that specified by the NRC (2016); therefore, diets of formulated with moderate levels of DDGS (i.e. 15%), the maximum of urea supplementation should not exceed 1%.

INTRODUCCIÓN

Los granos secos de destilería con solubles (DDGS, por sus siglas en inglés) son un ingrediente empelado en las dietas en bovinos en engorda, de gran valor nutricional y quienes son a su vez un co-producto de la producción de etanol con molienda seca a partir de los granos, principalmente el maíz. En la producción de etanol, el almidón se fermenta para obtener alcohol etílico, pero los componentes restantes del grano (endospermo, germen), conservan mucho más del valor nutritivo original del grano, entre lo que se incluye a la energía, proteína, FDN y fósforo (USDA, 2012) pero también en micotoxinas. Huls et al. (2006), reportaron que aproximadamente un tercio de la materia seca es recuperada como co-producto cuando los cereales son fermentados para la obtención de etanol. Por lo tanto, en los co-productos que resultan durante el proceso de destilación reducen drásticamente el contenido en hidratos de carbono no estructurales y se concentran proporcionalmente el porcentaje del resto de nutrientes constituidos principalmente por proteína, lípidos y fibra digestible.

Según el U.S. Grains Council en 2007, combinadas las plantas de etanol estadounidenses poseen la capacidad de producir más de 14 mil millones de galones de etanol y 39 millones de toneladas de DDGS por año.

Las características de los mismos dependen en gran medida de la calidad del cereal y de las condiciones existentes durante el proceso (temperaturas y tiempo de cocción, destilación, deshidratación y granulado). En general, según el National Research Council (NRC) en 2007, menciona que el valor energético de los DDGS es similar al maíz, aunque la fracción de proteína, minerales, grasa y fibra se concentran tres veces en los DDGS conteniendo aproximadamente 30% de PC (73% de proteína no degradable en rumen, PNDR), 40% de FDN y 11% de grasa, actualmente en el mercado existen bajos en extracto etéreo ya que, pasan por un proceso con solventes para quitarles gran parte del aceite, y comúnmente su costo en el mercado es menor al del maíz (USDA, 2012).

La producción creciente de etanol para producción de biocombustibles ha incrementado la disponibilidad de los DDGS a un precio competitivo en el mercado lo que hace que su inclusión, generalmente entre el 20 al 30% de la dieta, en sustitución por el maíz puede disminuir el costo de las mismas, haciéndolo favorable para su uso como fuente de proteína o fuente energética en la producción ganadera. El alto potencial del valor nutricional de los DDGS puede ser utilizado para remplazar a los granos (Klopfenstein et al., 2008) o a los granos más una fuente proteica en dietas de finalización para ganado de engorda (Depenbusch, 2008).

De acuerdo al NRC (2000), la degradabilidad ruminal de la PC de los DDGS es menor (27 vs 48%) a la del maíz, esto supone que cuando los DDGS sustituyen al maíz en la dieta, ésta deba ser suplementada con urea para cubrir los requerimientos de proteína degradable en rumen para una óptima síntesis de proteína microbiana para una mayor eficiencia productiva en la engorda. Sin embargo diversos estudios indican que el valor de degradabilidad ruminal de la PC de los DDGS es inconsistente con lo indicado (40%) por el NRC (2001).

OBJETIVO

Valorar la solubilidad del N de los DDGS y cómo se comporta con diferentes niveles de suplementación de urea sobre parámetros de fermentación ruminal, dinámica de la digestión y síntesis de proteína microbiana.

HIPÓTESIS

Comprobar la dinámica y la solubilidad del N de los DDGS con diferentes niveles de urea, comparándolo con una dieta a base de maíz hojueleado, en aspectos de fermentación ruminal y síntesis de proteína microbiana.

REVISIÓN DE LITERATURA

Obtención de Granos Secos de Destilería con Solubles (DDGS)

De Blas *et al.* 2003, mencionan que los subproductos de destilería se obtienen mediante secado de los residuos del proceso de obtención de alcohol para bebidas o de etanol para su utilización como biocombustible, a partir de ingredientes ricos en almidón, como se describe a continuación (Figura 1).

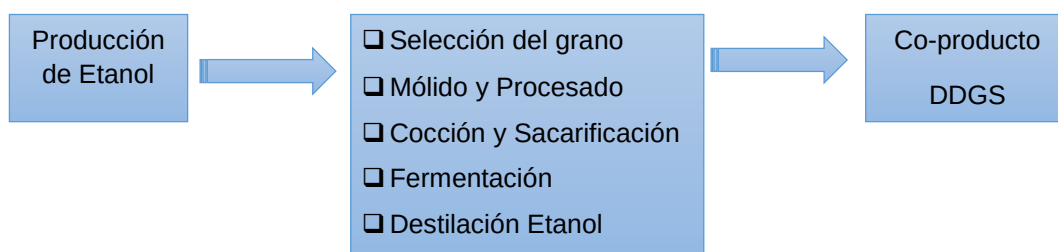


Figura 1. Proceso de producción de Etanol

El proceso industrial por el cual se obtiene el etanol consta de cinco fases principales descritas a continuación:

- a) Selección, limpieza y molienda del grano
- b) Sacarificación (o paso de almidón a glucosa mediante la utilización de levaduras apropiadas)
- c) Fermentación de la glucosa (cada molécula de glucosa produce dos moléculas de etanol y dos de dióxido de carbono)
- d) Destilación del etanol por medio de vaporización
- a) Recolección de los residuos y secado de los mismos con aire caliente (De Blas *et al.*, 2003).

El primer paso industrial relevante es la molienda, ésta se utiliza para reducir el tamaño de partícula del maíz mediante el uso de molinos de martillo para extraer el almidón contenido en el grano. La molienda conveniente por los bajos costos es la seca ya que representa menor inversión inicial así como de operación, comparados con la molienda húmeda (Vergnani, 2006).

La fineza del maíz molido está determinada principalmente por el volumen del rotor, la velocidad de la punta del martillo, el número de martillos y el tamaño de la abertura de la malla (Dupin et al., 1997).

Las mallas que se usan en el martillo normalmente están en un intervalo de 1/8 a 3/16 de pulgada de diámetro. El tamaño de partícula del grano puede afectar el rendimiento de etanol, y por lo tanto, los productores tienden a usar maíz molido muy fino para maximizar el rendimiento del etanol. Es decir se puede producir un extra de 0.85 litros (0.20 galones) de etanol si el maíz se muele para que pase por una malla de 3/16, en comparación con una de 5/16 de pulgada (Kelsall y Lyons, 1999).

Una vez seleccionado y limpio el grano, se muele para formar una harina la cual se mezcla con agua y se genera un mosto. El mosto se ajusta a un pH entre 5 y 7 (Vergnani, 2006). Posteriormente entra a la etapa de licuefacción, durante la cual la temperatura a la que se tiene el mosto es de 82-90°C. A la mezcla se le agrega α -amilasa, ya que esto facilita la hidrólisis del almidón y la temperatura es importante debido a que se evita la proliferación de bacterias productoras de ácido láctico no deseables en el proceso (Davis, 2001).

Dentro de la licuefacción se lleva a cabo la sacarificación, proceso que consiste en que el agua y el destilado reciclado se añaden al maíz molido, los cuales actúan como acondicionadores para empezar la extracción de la proteína soluble, los azúcares y los lípidos ligados no almidonados (Chen et al., 1999).

La mezcla de todos se cocina para hidrolizar el almidón y convertirlo a glucosa junto con las enzimas amilolíticas, para que las levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*) conviertan la glucosa a etanol. Las temperaturas que típicamente se usan durante el proceso de cocción son de 40° a 60°C en el tanque de premezcla, 90° a 165°C para la cocción y 60°C para la licuación (Kelsall y Lyons, 1999), proceso que dura unas 48 horas (Vergnani, 2006), aunque Davis (2001), menciona que puede variar de 40 a 60 horas dependiendo la planta destiladora y que al mosto se le puede llamar cerveza.

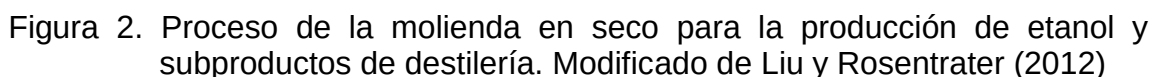
Pasado este tiempo, la cerveza o mosto pasan por una columna de destilación (Davis, 2001). Vergnani (2006), comenta que la cerveza que se manda a destilación contiene 15% de alcohol y 85% de agua, además de sólidos no solubles y las levaduras.

La gelatinización del almidón comienza entre los 50° y 70°C. Un paso crítico en la conversión del almidón a la glucosa involucra la terminación de la gelatinización del almidón (Lin y Tanaka, 2006).

Durante la gelatinización, se extrae casi toda la amilasa en los gránulos de almidón (Han y Hamaker, 2001), lo que incrementa la viscosidad debido a los gránulos hinchados y geles que consisten de amilosa solubilizada (Hermansson y Kidman, 1995).

Posteriormente se lleva a cabo una fermentación, proceso en el que la levadura convierte a los azúcares en etanol, donde, además del etanol, se produce dióxido de carbono (CO_2), el cual puede recolectarse o liberarse en el aire. Después de la fermentación, durante el proceso, el etanol se recolecta con columnas de destilación. El etanol recolectado de los fermentadores se contamina con agua y se purifica con un sistema de tamices moleculares para eliminar el agua y producir etanol puro (Erickson et al., 2005).

Erickson et al., 2005, mencionan que el agua y los sólidos que resultan después de la destilación del etanol se les conocen como destilado completo, que constituye principalmente de agua, fibra, proteína y grasa. Esta mezcla se centrifuga para separar los sólidos gruesos del líquido. Los sólidos gruesos también se les llaman pasta húmeda, la cual contiene alrededor del 35% de materia seca. La pasta húmeda se puede vender a los engordadores de ganado locales sin secarse, o se puede secar para producir los DDGS (Figura 2).



En lo que se refiere a las características físicas y químicas de los granos secos de destilería con solubles (DDGS) varían entre fuentes y pueden influir sobre su valor alimenticio y características de manejo (Liu y Rosentrater, 2012).

Entre estas características se incluye el color, olor, tamaño de partícula, la densidad de masa y la capacidad de flujo (USGC, 2012). El color de los granos de maíz es distinto entre las diferentes variedades, lo que influye sobre el color de los DDGS que se obtienen, el cual puede variar de un color “amarillo dorado” a un “marrón oscuro”, la variabilidad en el color en gran parte se debe al nivel de adición de sólidos gruesos y las condiciones de secado de la planta de etanol, pues las temperaturas de secado varían de 127 a 621°C y en consecuencia el tiempo de secado (Liu y Rosentrater, 2012).

7



Figura 3. Diferencias de colores entre distintas muestras de DDGS

En cuanto al olor, los DDGS de alta calidad tienen un olor dulce, tipo fermentado. Los DDGS que tienen un olor a quemado o a humo están sobrecalentados (Noll et al., 2006).

Para el tamaño medio de partícula es de aproximadamente 700 μm , pero el rango de este parámetro es extremadamente grande: varía de 73 a 1.217 μm , entre diversos orígenes es decir dependiendo de la empresa que estos procedan. El tamaño de partícula es muy importante dado que afecta: la digestibilidad de los nutrientes, la eficiencia en el mezclado, cantidad de segregación, calidad del pellet, palatabilidad, densidad de masa e incidencia de úlceras gástricas (Pederson et al., 2005).

La densidad de masa es un factor importante a considerar cuando se determina el volumen de almacenamiento de los vehículos de transporte, barcos, contenedores, tambores y sacos. La densidad de masa afecta los costos de transporte y de almacenamiento. También afecta la cantidad de segregación del ingrediente que pueda haber durante el manejo de alimentos completos.

Las partículas de densidad de masa mayores se van al fondo de una carga durante el transporte mientras que las partículas de densidad menores suben a la parte superior de la carga (Urriola et al., 2007).

A la capacidad de los sólidos granulares y polvos de fluir durante la descarga del transporte o de los recipientes de almacenamiento, se le denomina capacidad de flujo (USGC, 2012).

Químicas

Entre estas características se incluyen el pH e higroscopicidad (USGC, 2012).

El pH medio es de 4.1; pero puede estar entre 3.6 y 5.0. Estos rangos se dan debido al efecto de variabilidad entre procesos de producción entre empresas o plantas productoras de etanol (Pederson et al., 2005).

Hay poca información con respecto a la higroscopicidad (capacidad de absorber humedad) de los DDGS. Sin embargo, el Consejo Norteamericano de Granos patrocinó una prueba de campo con pollos de engorda en Taiwán, en la que se monitoreó el contenido de humedad de los DDGS durante el almacenamiento en una planta comercial. Se obtuvo una muestra al azar de DDGS a la semana del almacenamiento en la planta de alimentos, en la cual se analizó la humedad en un período de 13 semanas de almacenamiento. El contenido de humedad de los DDGS aumentó de 9.05% al inicio, a 12.26% al final del periodo de almacenamiento de 13 semanas, como era de esperarse, no cambió la concentración de proteína cruda en los DDGS y no hubo aflatoxinas presentes al inicio o al final del periodo de almacenamiento. Por lo tanto, parece que bajo condiciones climáticas húmedas, los DDGS aumentan el contenido de humedad durante el almacenamiento a largo plazo (USGC, 2012).

Factores que Afectan el Contenido de Nutrientes de los DDGS

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). Los tres factores más importantes que afectan la variabilidad en el contenido de nutrientes son:

- 1) El contenido de nutrientes de los granos
- 2) La relación de mezcla solubles añadidos y,
- 3) La temperatura de secado

Contenido de nutrientes de los granos

Los DDGS debido al proceso de obtención del etanol, contienen tres veces más nutrientes que el ingrediente original, que en este caso es el maíz, estas características se muestran a continuación (Cuadro 1).

Cuadro 1. Composición nutricional de los DDGS comparados con la materia prima (maíz).

Nutriente (%)	NRC (2007)	Waldroup <i>et al.</i> (2007)	NRC (2007)	UMN (2009)
	Maíz	-----DDGS-----		
Materia seca	88.0	89.0	91.0	89.2
Proteína cruda	9.0	26.5	29.0	30.8
Extracto etéreo	4.3	10.1	10.5	11.2
FDN	9.0	33.22	42.0	NR
FDA	3.0	11.9	21.0	13.7
Cenizas	2.0	NR	4.0	5.69

Relación de mezcla solubles añadidos

Los DDGS se producen al mezclar solubles condensados con granos húmedos de destilería (CDS + WDG). La definición oficial de los DDGS publicada por la Asociación de Oficiales Americanos de Control de Alimentos (AAFCO) requiere que se mezcle al menos el 75% de los sólidos en el destilado completo con la pasta húmeda. Las plantas de etanol pueden variar la cantidad de solubles en la mezcla por arriba del 75% mínimo, sin embargo la variación de planta a planta en la relación de mezcla de los dos componentes de los DDGS va a afectar la composición de nutrientes (Ergul et al., 2003).

Temperatura de secado

Es probable que mucha de la diferencia en la composición nutricional de los DDGS y su digestibilidad se deba al tiempo y temperatura de secado que se usa para producirlos. Las temperaturas de la secadora pueden estar entre 126.5° - 620.5°C (260° - 1150° F), dependiendo de la planta (Stein et al., 2005).

Uso de Co-Productos de Destilería de E.U.A. en Dietas Para Ganado

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 está 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., 2009). Al comparar los DDGS con otros granos encontraron que el nivel de energía fue 120 a 150% superior en comparación con el maíz roado 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 Gunn et al. (2009), Klopfenstein et al. (2008), y May et al. (2009), 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 (Cuadro 2).

Cuadro 2. Efecto de los co-productos húmedos o secos sobre el comportamiento del ganado en finalización. ¹

Co-productos de destilería y nivel						
Variable	T	WDB	DDGS			SEM
			Bajo	Med	Alto	
GDP ^{3,4}	1.46	1.69	1.66	1.68	1.72	0.12
CMS ^{5,6}	10.9	10.6	11.4	11.4	11.7	0.55
G:F ^{3,4,6}	0.13	0.15	0.14	0.15	0.14	0.004

¹ Adaptado de Ham et al. (1994).

² DDGS = Granos secos de destilería con solubles y WDB = Co-productos húmedos de destilería.

ADIN = Nitrógeno insoluble ácido detergente.

³ Testigo vs. WDB ($P < 0.05$).

⁴ Testigo vs el promedio de los DDGS compuestos ($P < 0.05$).

⁵ Testigo vs el promedio de los DDGS compuestos ($P < 0.10$).

⁶ WDB vs el promedio de los DDGS compuestos ($P < 0.05$).

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.

Cuando se les incluyo en la dieta 0, 15, 30, 45 y 60 % de DDGS a vaquillas en engorda, el consumo, la ganancia diaria de peso y el peso final respondieron cuadráticamente conforme se incrementaba el contenido de

DDGS en la dieta, maximizándose la respuesta productiva cuando se incluyó 15 % de DDGS, y no tuvo efectos negativos en la calidad de la canal de las vaquillas finalizadas; sin embargo, la relación ganancia: alimento disminuyó linealmente (Depenbusch *et al.*, 2009).

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 cebada 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).

Amat *et al.* (2012) indican que con 40 % de DDGS de maíz en la dieta para la engorda de toretes, se mejora la conversión alimenticia debido a que son mayores las ganancias diarias de peso de los animales, comparados con el grupo testigo y con un grupo que recibió DDGS de trigo. Los animales que consumieron DDGS mostraron mayores niveles de sulfato sérico que el grupo testigo, reflejando las diferencias en el consumo de azufre entre grupos pero sin manifestar problemas de salud.

Valor Alimenticio de los DDGS en Dietas de Finalización

El valor alimenticio o nutricional de los alimentos no es más que el potencial nutritivo o la cantidad de nutrientes que el alimento aporta al organismo. Es un valor que depende de diversos factores tales como la aportación energética, la proporción de los macro y micronutrientes que contienen, carbohidratos, proteínas, lípidos, vitaminas, minerales, agua, la capacidad de asimilación de dichos nutrientes.

Aceptabilidad

La producción creciente de etanol para producción de biocombustibles ha incrementado la disponibilidad de los DDGS a un precio competitivo en el mercado lo que hace que su inclusión, generalmente entre el 20 al 30% de la dieta, en sustitución por el maíz puede disminuir el costo de las mismas, haciéndolo favorable para su uso como fuente de proteína o fuente energética en la producción ganadera. El alto potencial del valor nutricional de los DDGS puede ser utilizado para remplazar a los granos o a los granos más una fuente proteica en dietas de finalización para ganado de engorda. De acuerdo al NRC (2000), la degradabilidad ruminal de la PC de los DDGS es menor (27 vs 48%) a la del maíz, esto supone que cuando los DDGS sustituyen al maíz en la dieta ésta deba ser suplementada con urea para cubrir los requerimientos de proteína degradable en rumen para una óptima síntesis de proteína microbiana para una mayor eficiencia productiva en la engorda. Sin embargo diversos estudios indican que el valor de degradabilidad ruminal de la PC de los DDGS es inconsistente con lo indicado por el NRC (1996).

Digestión de los DDGS

Tal vez el desafío más grande de usar los granos secos de destilería con solubles (DDGS) como alimento para animales es conocer el contenido y digestibilidad de los nutrientes, basado en esto se han desarrollado diferentes investigaciones en la búsqueda de resultados que permitan comprender la respuesta fisiológica que implica la utilización de estos subproductos en las dietas para rumiantes.

Proteínas

Parte de la importancia de la inclusión de los DDGS en dietas de finalización para rumiantes es el elevado porcentaje de proteína no degradable en rumen (PNDR), es decir, es una fracción de proteína que es de degradación lenta y debido a su tasa de pasaje, escapa a la degradación de las enzimas proteicas de los microorganismos ruminales, también conocida como proteína bypass o de sobrepaso.

Lardy et al., (2001), mencionan que en los granos secos de destilería de maíz existe una alta proporción de proteína de escape (también conocida como bypass o proteína no degradable en rumen) cerca del 50 a 60 por ciento de la proteína cruda pasa directamente a intestino delgado y es provechado por el animal.

McDonald (1954), determinó que los DDGS contienen un alto porcentaje de proteína no degradable en rumen aproximadamente un 60%, al igual que Little *et al.*, 1968), determinaron una RUP con un valor de escape alta en rumen con un 62%).

Los granos de destilería son típicamente los más fácilmente disponibles y fuente rentable de proteína de escape el NRC (2001), menciona que la tasa de proteína no degradable en rumen por parte de los DDGS puede llegar hasta un 73%.

La inclusión de DDGS en dietas y suplementos para rumiantes ha mejorado la digestibilidad de N en comparación con las dietas testigo. Archibeque *et al.* (2007) al incluir 93.4% de DDGS en un suplemento para ovinos reportaron un aumento en la digestibilidad de 18%, estos resultados guardan relación con Felix et al. (2011), quienes al incluir hasta 60% de DDGS en dietas de crecimiento para ovinos observaron un incremento de 8% en la digestibilidad de N.

Lípidos

En el pasado, la mayoría de las fuentes de DDGS de maíz contenían de 11 a 12% de grasa (aceite de maíz) con base en MS, pero con la implementación amplia de las tecnologías de extracción de aceite de maíz, el contenido de grasa cruda ahora puede estar en un intervalo de 5 al 12%. Sin importar el contenido de grasa cruda, el perfil de ácidos grasos y las características del aceite de maíz no cambian perceptiblemente.

Factores Asociativos con otros componentes de la dieta

Los granos de destilería son altos en fibra, proteína y grasa y gracias a esto se ha podido utilizar como fuente de proteína cuando han sido incluidos en niveles inferiores al 15% base MS o bien como fuente de energía cuando se incluyen a niveles mayores del 20% pudiendo sustituir otro componentes de la dieta considerando los costos de las materias primas.

Valor Energético

En un estudio de Leupp et al. (2009) alimentando con grandes cantidades de DDGS (60% MS) en raciones con 70% de concentrado no observaron efectos sobre la digestibilidad de FDN, pero si una tendencia a disminuir la digestibilidad de la FDA. Walter et al. (2011) incluyeron DDGS en niveles de 20 y 40% en dietas de finalización para vaquillas y observaron un incremento en la digestibilidad de la FDA de 42 y 30%, respectivamente, de igual manera sucedió con la FDN con valores de 23 y 32% a medida que incremento el nivel de DDGS en la dieta.

LITERATURA CITADA

- Amat, S., Hendrick, S., McAllister, A. T., Block, C. H., and J. McKinnon J. 2012. Effects of distillers dried grains with solubles from corn, wheat or 50: 50 corn: wheat blend on performance, carcass characteristics and serum sulphate levels of feedlot steers. *Can. J. Anim. Sci.* 92: 343-351.
- Archibeque, S.L., H.C. Freetly, y C.L. Ferrell. 2007. Feeding distillers grains supplements to improve amino acid nutriture of lambs consuming moderate-quality forages. *J Anim Sci* 2008.86:691-701.
- Babcock A., A., D. Hayes J., and J. Lawrence, D. 2008. Using distiller's grains in the U.S. and International livestock and poultry industries. Ed. The Midwest Agribusiness Trade Research and Information Center at the Center for Agricultural and Rural Development, Iowa State University. Iowa, USA. 259 p.
- Batal, A. B.; Dale, N. M., 2006. True metabolizable energy and amino acid digestibility of distillers dried grains with solubles. *J. Appl. Poult. Res.*, 15 (1): 89-93
- Buckner, C.D., T.L. Mader, G. E. Erickson, S.L. Colgan, K. K. Karges and M. L. Gibson. 2008. Optimum levels of dry distillers grains with solubles for finishing beef steers. *Nebraska Beef Cattle Report*. MP90:36–38.
- Chen, J.J., S. Lu and C.Y. Li. 1999. Effect of milling on physicochemical characteristics of waxy rice in Taiwan. *Cereal Chemistry* 76:796-799.
- Davis K., S. 2001. Corn Milling Processing and Generation of Co-products. Minnesota Nutrition Conference Proceedings. En línea: <http://www.distillersgrains.org/files/grains/K.DavisDry&WetMillProcessing.pdf> Con acceso el 12 de Agosto de 2013.
- De Blas C., G. Mateos G., y G. Rebollar P. 2003. DDGS de maíz (granos de destilería, DDG y solubles DDS). FEDNA. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Valladolid, España.

- Depenbusch, B.E., E.R., Loe, M.J. Quinn, M.E. Corrigan, M.E., Gibson, M.L., Karges, and K.K., Drouillard. 2008. Corn distillers grains with solubles derived from a traditional or partial fractionation process: Growth performance and carcass characteristics of finishing feedlot heifers. *J. Anim. Sci.* 86, 2338-2346.
- Depenbusch B., E., M. Coleman C., J. Higgins J., and S. Drouillard J. 2009. Effects of increasing levels of dried distiller`s grains with solubles on growth performance, carcass characteristics, and meal quality of yearling heifers. *J. Anim. Sci.* as doi.10.252/jas.2008-1496.
- Dupin, I. V. S., B. M. McKinnon, C. Ryan, M. Boulay, A.J. Markides, P. J. Graham, P. Fang, Q., I. Boloni, E. Haque, and C.K. Spillman. 1997. Comparison of energy efficiency between roller mill and a hammer mill. *Appl. Engineering in Agric.*13:631-635.
- Ergul, T., C. Martinez Amezcus, C. M., Parsons, B. Walters, J. Brannon and S. L. Noll. 2003. Amino acid digestibility in corn distillers dried grains with solubles. *Poultry Sci.* 82 (Suppl. 1): 70.
- Erickson G.E., T.J. Klopfenstein, D.C. Adams y R.J. Rasby. 2005. General overview of feeding corn milling coproducts to beef cattle. In: *Corn Processing Co-Products Manual*. University of Nebraska. Lincoln, NE, USA.
- Erickson, G.E., T.J. Klopfenstein, D.C. Adams y 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.
- Felix, T. L., H. N. Zerby, S. J. Moeller and S. C. Loerch. 2011. Effects of increasing dried distillers grains with solubles on performance, carcass characteristics, and digestibility of feedlot lambs. *J. Anim. Sci.* 2011-4373.
- Gunn, P. J., A. D. Weaver, R. P. Lemenager, D. E. Gerrard, M.C. Claeys, and S. L. Lake. 2009. Effects of dietary fat and crude protein on feedlot performance, carcass characteristics and meat quality in finishing steers

- fed differing levels of dried distiller's grains with solubles. *J. Anim. Sci.* 87:2882–2890
- Ham, G. A., R. A. Stock, T. J. Klopfenstein, E. M. Larson, D. H. Shain and R. P. Huffman. 1994. Wet corn distillers byproducts compared with dried corn distillers grains with solubles as a source of protein and energy for ruminant. *J. Anim. Sci.* 72:3246–3257.
- Han, X.Z., and B.R. Hamaker. 2001. Amylopectin fine structure and rice starch paste breakdown. *J. Cereal Sci.* 34:279-284.
- Hermansson, A.M., and S. Kidman. 1995. Starch – A phase-separated biopolymer system. In: S.E. Harding, S.E. Hill and J.R. Mitchell, Editors, *Biopolymer Mixtures*, Nottingham University Press, UK. 225-245.
- <http://www.grains.org/galleries/DDGS%20User%20Handbook/DDGS%20HandbookESP.pdf> Asociación Nacional de Granos de los Estados Unidos de América. Manual de producción de etanol y uso de sus coproductos.
- Huls, T.J., A.J. Bartosh, J.A. Daniel, R.D. Zelinsky, J. Held, and A.E. Wertz-Lutz. 2006. Efficacy of dried distiller's grains with solubles as a replacement for soybean meal and a portion of the corn in a finishing lamb diet. *Sheep & Goat Res. J.* 21:30-34.
- Kelsall, D.R. and T.P. Lyons. 1999. Grain dry milling and cooking for alcohol production: designing for 23% ethanol and maximum yield. Chapter 2. In: *The alcohol textbook*. 3rd ed. K.A. Jacques, T.P. Lyons and D.R. Kelsall Ed. Nottingham University Press. Nottingham, UK.
- 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.
- Lardy, G. P., D. C. Adams, T. J. Klopfenstein, R. T. Clark, and J. Emerson. 2001. Escape protein and weaning effects on calves grazing meadow regrowth. *J. Range Manage.* 54:233. –238.
- Leupp, J.L., G.P. Lardy, K.K. Karges, M. L. Gibson, and J.S. Caton. 2009b. 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.
- Lin, Y., and S. Tanaka. 2006. Ethanol fermentation from biomass resources: current state and prospects. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 69: 627-642.
- Liu K., and K. A. Rosentrater. 2012. Distillers grains production, properties and utilization. CRC Press Taylor & Francis Group. Boca Raton, FL. U.S.A. 556 p.
- May, M. L., M. J. Quinn, C. D. Reinhardt, L. Murray, M. L. Gibson, K. K. Karges, and J. S. Drouillard. 2009. Effects of dry-rolled or steam-flaked corn finishing diets with or without twenty-five percent dried distillers grains on ruminal fermentation and apparent total tract digestion. *J ANIM SCI.* 87:3630-3638.
- McDonald, I, W. 1954. The extent of conversion of food protein to microbial protein in the rumen of the sheep. *Biochem J.* Jan; 56(1):120–125.
- NRC. 1996. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7th ed. Natl. Acad. Sci. Press.
- Noll, S., C. Parsons, and B. Walters. 2006. What's new since September 2005 in feeding distillers co-products to poultry. Proceedings from the 67th Minnesota Nutrition Conference & University of Minnesota Research Update Session: Livestock Production in the New Millenium, St. Paul, MN. 149-154.
- NRC. 2000. Nutrient Requirements of Beef Cattle (7th Ed.). National Academy Press, Washington, DC.
- N.R.C. 2001. Nutrient Requirements of Beef cattle. 6th ed. National Academy Press. Washington, D.C.
- NRC, 2007. Nutrient requirement of small ruminant. In: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids. National Academy Press, Washington, DC.
- Pederson, C., A. Pahm, and H.H. Stein. 2005. Effectiveness of in vitro procedures to estimate CP and amino acid digestibility coefficients in

- dried distillers grain with solubles by growing pigs. J. Anim. Sci. (Suppl. 2) 83:39.
- Schingoethe DJ, Linke KN, Kalscheur KF, Hippen AR, Rennich DR, Yoon I. Feed efficiency of mid-lactation dairy cows fed yeast culture during summer. J Dairy Sci. 2004; 87:4178–4181.
- Stein, H., A. Pahm, and C. Pedersen. 2005. Methods to determine amino acid digestibility in corn byproducts. In: Proceedings of the 66th Minnesota Nutrition Conference. St. Paul. MN. USA. 35-49.
- USDA. 2012. Feed grains: Yearbook tables. United States Department of Agriculture. En línea: <http://www.ers.usda.gov/data-products/feed-grains-database/feedgrainsyearbook-tables.aspx#.UiVtkjZWYSo> Con acceso el 28 de agosto de 2013.
- USGC. U. S. Grain Council. 2007. DDGS User Handbook. En línea: <http://www.grains.org/index.php/buying-selling/ddgs-user-handbook> Con acceso el 20 de septiembre de 2017.
- USGC. U. S. Grain Council. 2012. DDGS User Handbook. En línea: <http://www.grains.org/index.php/buying-selling/ddgs-user-handbook> Con acceso el 20 de septiembre de 2017.
- Urriola, P.E., D. Hoehler, C. Pederson, H.H. Stein, L.J. Johnston, and G.C. Shurson. 2007. Prediction of in vivo amino acid digestibility in dried distillers grains with solubles (DDGS) from crude protein, optical density and fluorescence. J. Anim. Sci. 85:31 (Suppl. 2).
- 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. J. Anim. Sci. 88, 258-274.
- Vander Pol, K. J., M.K. Luebbe, G.I. Crawford, G. E. Erickson and T.J. Klopfenstein. 2005. Digestibility, rumen metabolism and site of digestion

for finishing diets containing wet distillersgrains or corn oil. Nebraska Beef Cattle Report. MP90:39–42.

Vergnani G. 2006. Granos secos de destilería: subproductos del etanol. Asociación Maíz Argentino. En línea: www.maizar.org Con acceso el 15 de Agosto de 2017.

Walter, L.J., T.A. McAllister, W.Z. Yang, K.A. Beauchemin, M.He, and J.J. McKinnon. 2010. Comparison of wheat or corn dried distillers grains with soluble on rumen fermentation and nutrient digestibility by feedlot heifers. *J. Anim. Sci.* 90:1291-1300.

Whitney, M.H. 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.

Título abreviado: DGS y urea suplementaria en finalización de novillos

**Dinámica de utilización de N en novillos consumiendo dietas de finalización
conteniendo 15% de granos secos de destilería con solubles (DDGS)
suplementadas con diferentes niveles de urea**

¹Ramos-Méndez, J.L.; ¹González-Vizcarra, V.M.; ¹Urías-Estrada, J.D.; ¹Aguilar-Hernández, J.A.;
¹López-Valencia, G.; ¹López-Soto, M.A.; ²Corona-Gochi, L.; ³Zinn, R.A.; ¹@Plascencia, A.

¹Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias. Universidad Autónoma de Baja California. Mexicali.
Baja California. México.

²Facultad de Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. CDMX.

³Department of Animal Science. University of California. Davis. EE.UU.

Auto de correspondencia: alejandro.plascencia@uabc.edu.mx

PALABRAS CLAVE ADICIONALES

Digestión.

Solubilidad ruminal de N.

Nitrógeno ureico en plasma.

ADDITIONAL KEYWORDS

Digestion.

Ruminal N solubility.

Plasmatic ureic N.

Artículo en formato de la revista Archivos de Zootecnia. ISSN: 1885-4494 (Indexada JSR)

28 **Resumen**

29 Cuatro novillos Holstein (266 ± 13 kg PV), con cánulas en rumen y duodeno se utilizaron
30 para valorar el efecto de la solubilidad del N de los DDGS incluidos en 15% en una dieta de
31 finalización formulada a base de maíz en hojuela suplementada con diferentes niveles (0, 0.4, 0.8 y
32 1.2%) de urea sobre la dinámica de la digestión de componentes nitrogenados y de MO, así como
33 variables de fermentación ruminal. El aumentar el nivel de urea en la dieta disminuyó linealmente
34 ($P < 0.04$) el flujo a duodeno de MO e incrementó ($P < 0.01$) el flujo de NNA como resultado de
35 incrementos lineales ($P < 0.01$) en el flujo de NM y N-NH sin efectos ($P \geq 0.47$) sobre el flujo de N
36 alimenticio. La inclusión de niveles crecientes de urea aumentó linealmente ($P \leq 0.03$) la digestión
37 ruminal de la MO y del N alimenticio y disminuyó la eficiencia proteica ($P < 0.01$) sin efecto en la
38 eficiencia microbiana. La digestión postruminal no fue afectada por la inclusión de urea. La
39 digestión de N a nivel de tracto total se incrementó linealmente ($P < 0.01$) con la inclusión de urea a la
40 dieta sin efectos sobre la digestión de la MO. El pH ruminal promedió 6.09 ± 0.03 y no se vio
41 afectado ($P \geq 0.97$) por la inclusión de urea. La concentración de N-NH₃ en rumen incrementó a
42 medida que el nivel de urea en la dieta aumentó (componente lineal, $P < 0.01$). Este mismo efecto se
43 observó ($P < 0.01$) a nivel plasmático para la concentración de urea presente en sangre y el N ureico.
44 En base al método de sustitución, la solubilidad del N de los DDGS fue de 78%. Este valor es 2.3
45 veces superior al especificado por el NRC (2016); por tanto, en dietas de finalización con niveles
46 moderados de DDGS (vgr. 15%), el máximo de suplementación de urea no debe exceder el 1%.

47 **Summary**

48 Four Holstein steers (266 ± 13 kg BW) with cannulas in rumen and duodenum were used to
49 evaluate the effect of N solubility of DDGS included at 15% in finishing corn-based diet
50 supplemented with different levels (0, 0.4, 0.8 y 1.2%) of urea on the dynamic digestion of N
51 compounds, OM and ruminal fermentation variables. Increasing urea level linearly decreased
52 ($P < 0.04$) OM duodenal flow and increased ($P < 0.01$) duodenal flow of NAN as a result of linearly
53 increases ($P < 0.01$) of duodenal flows of MN and N-NH without effect ($P \geq 0.47$) on duodenal flow of
54 feed N. The inclusion of increasing levels of urea increased linearly ($P \leq 0.03$) the ruminal digestion
55 of OM and feed N and decreased protein efficiency ($P < 0.01$) without effect on microbial efficiency.
56 Postruminal digestion was not affected by urea inclusion. Total tract digestion of N was linearly
57 increased ($P < 0.01$) as urea level was increased without effect on total tract OM digestion. Ruminal
58 pH averaged 6.09 ± 0.03 and was not affected ($P \geq 0.97$) by urea inclusion. The rumen concentration
59 of N-NH₃ increased as the level of urea in the diet increased (linear component, $P < 0.01$). Same
60 effect was observed ($P < 0.01$) at the plasmatic level for the concentration of urea present in blood
61 and N urea. Based on the substitution method, the solubility of N of DDGS was 78%. This value is
62 3.5 times higher than that specified by the NRC (2000); therefore, diets formulated with moderate
63 levels of DDGS (vgr. 15%), the maximum of urea supplementation should not exceed 1%.

64 **Introducción**

65 La disponibilidad de granos secos de destilería con solubles (DDGS), un coproducto del
66 proceso para la producción de biocombustibles se ha incrementado como resultado del incremento
67 del uso de cereales para la producción de biocombustibles, por lo que su uso en dietas para el ganado
68 se ha popularizado durante el presente siglo (Rosentrater, 2012). Lo anterior obedece al precio
69 competitivo de los DDGS comparado con los cereales y a que su contenido energía es comparable al
70 del maíz. Adicionalmente, como resultado de la remoción de la fracción almidón del grano durante
71 el proceso de destilado, la concentración de PC se triplica (~30%) en los DDGS pudiendo utilizarse
72 como una fuente proteica en la dieta del ganado en finalización (Rosentrater, 2006; Klopfenstein et
73 al., 2008). De acuerdo al NRC (2016), la degradabilidad ruminal de la proteína de los DDGS es de
74 33%, esto representa un 23% menor a la degradabilidad ruminal indicada para la proteína del maíz
75 (43%) de la cual se producen los DDGS. Esta disminución de la degradabilidad ruminal de la
76 proteína se basó de resultados obtenidos en estudios iniciales (Klopfenstein et al., 1978). De tal
77 forma que al formular dietas que incluyan cantidades moderadas (10-20%) a altas de DDGS (hasta
78 30%) se considera la inclusión de urea a las dietas para cumplir con el mínimo requisito de proteína
79 degradable en rumen para una óptima síntesis microbiana y eficiencia de fermentación ruminal (Zinn
80 y Shen, 1998). Sin embargo, en los últimos años los procesos de destilación para obtención de
81 biocombustibles se han venido modificando para hacer más eficiente la extracción de almidón y
82 estos cambios pueden tener un impacto en las características de solubilidad de proteína en el
83 coproducto final (Liu, 2011). Informes más recientes (Carrasco et al., 2013; Castro-Pérez et al.,
84 2013) indican un promedio de degradabilidad ruminal de la proteína de los DDGS de 61 %. Esto
85 representa casi el doble del 33% especificado por el NRC (2016) y reviste importancia cuando se
86 considera esto al momento de formular las dietas ya que una asignación mayor de proteína
87 degradable en rumen en las dietas conllevaría a un posible desperdicio de N que resulta en un mayor
88 requerimiento energético del animal para su eliminación y un impacto en la contaminación del medio
89 ambiente por una mayor acumulación de N en heces. Por anterior, el objetivo del presente
90 experimento fue el de evaluar la dinámica de utilización de N en novillos consumiendo dietas de
91 finalización conteniendo una cantidad moderada (15%) de granos secos de destilería con solubles
92 (DDGS) suplementadas con diferentes niveles de urea (0, 0.4, 0.8 y 1.2%).

93

94 **Materiales y Métodos**

95 El presente trabajo de investigación se desarrolló en la Unidad Experimental de Metabolismo
96 de Rumiantes del Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias de la Universidad Autónoma
97 de Baja California, ubicada a 10 km al sur de la ciudad de Mexicali, en el noroeste de México (32°
98 40' 7" N y 115° 28' 6" W). Aproximadamente a unos 10 m sobre el nivel del mar, y tiene condiciones
99 similares al desierto de Sonora (clasificación BWh según Köppen modificado por García 1973).

100 Todos los procedimientos que involucraron el manejo de los semovientes se llevaron a cabo
101 siguiendo las pautas de las técnicas oficiales locales aprobadas para el cuidado de los animales.
102 (NOM-051-ZOO-1995: Cuidado humanitario de animales durante su movilización; NOM-062-ZOO-

1995. Especificaciones técnicas para el cuidado y uso de animales de laboratorio, Ganaderías, granjas, centros de producción, reproducción y cría, zoológicos y salas de exposiciones, deben cumplir con los principios básicos del bienestar animal; y la NOM-024-ZOO-1995: Estipulaciones y características de la salud animal durante su transporte).

Para evaluar los efectos de alimentar con diferentes niveles de urea sobre los parámetros de fermentación ruminal, dinámica de la digestión y la solubilidad del N de los DDGS en dietas de finalización para ganado de corral se utilizaron cuatro novillos Holstein (266 ± 13 kg peso corporal) habilitados con cánulas tipo “T” en rumen y duodeno (Zinn y Plascencia, 1993). Los animales fueron alojados en corrales individuales (3.9 m^2) en una instalación techada, con un piso de concreto cubierto por una alfombra de neopreno, bebederos automáticos y comederos de alimentación individuales. Se utilizó óxido crómico como un marcador no digerible para estimar el flujo de nutrientes y la digestibilidad. El óxido crómico (3.0 g / kg de base seca) se mezclaron previamente con ingredientes menores (urea y un suplemento mineral compuesto de piedra caliza y sal mineral traza) antes de incorporarlos a la dieta experimental. La tabla I muestra los ingredientes y la composición de nutrientes de la dieta basal. Todos los novillos recibieron acceso *ad libitum* a la dieta basal (control) durante 14 d previos al inicio de la prueba. Para evitar rechazos, el consumo de alimento fue ajustado a un 90% del consumo *ad libitum* de los novillos observado durante el período de adaptación a la dieta basal de 14 d. Los tratamientos consistieron en la dieta basal (tabla I) suplementados diariamente con el equivalente a 0, 0.4, 0.8 y 1.2% de urea de la dieta en base MS. La cantidad de urea suplementada de cada tratamiento se pesó utilizando una balanza de precisión (Ohaus, mod AS612, Pine Brook, NJ) y se agregó en proporciones iguales a la dieta basal como aderezo mezclándose cuidadosamente al momento de servir el alimento. Se ofreció el alimento dos veces por día a las 08:00 y 20:00 h. Los períodos experimentales fueron de 21 d, con 17 d ajustar la dieta y cuatro d para la recolección de muestras. Durante el período de recolección, se tomarán muestras duodenales, fecales y de sangre de todos los novillos, dos veces al día de la siguiente manera: d1, 07:50 y 13:50 h; d2, 09:00 y 15:00 h; d3, 10:50 y 16:50 h; y d4, 12:00 y 18:00 h. Las muestras individuales consistieron en aproximadamente 500 ml de quimo duodenal y 200 g (base húmeda) de material fecal. Se obtuvieron muestras de sangre individuales (10 mL) de cada novillo mediante una venopunción de la vena yugular (Venojet, Terumo Europe, Bélgica), las muestras fueron centrifugadas inmediatamente durante 15 minutos a 3,000 rpm a una temperatura de 5°C , el plasma se almacenó a una temperatura de -20°C hasta que se realizó el análisis de las concentraciones de urea en sangre y el ácido úrico (AOAC, 2000). Para el análisis de las muestras duodenales y fecales, estas fueron preparadas de cada novillo y dentro de cada período de recolección. Durante el último día de cada período, se obtuvo una muestra de contenido ruminal (250 mL) y de sangre (10 mL) de cada novillo tomadas previo al ofrecido de alimento matutino y a las 4 y 8 horas posteriores al consumo matutino. Las muestras de contenido ruminal a través de la cánula ruminal con apoyo de una bomba de vacío (Cole Parmer Instrument, Vernon Hill, IL) usando un tubo de tygon ($\frac{3}{4}$ "; USP Lima, Ohio), se realizó la determinación de pH en las muestras frescas de contenido ruminal (Orion 261S, Fisher Scientific, Pittsburgh, PA). Una parte de las muestras ruminales se filtró a través de cuatro capas de tela “manta de cielo” utilizada en la industria quesera, para medir el N-NH ruminal por el método descrito por Mehrez et al. (1977). Mientras que las

muestras de sangre de cada novillo fueron obtenidas mediante venopunción de la vena yugular (Venojet, Terumo Europe, Bélgica), las muestras fueron centrifugadas inmediatamente durante 15 minutos a 3,000 rpm a una temperatura de 5°C, el plasma se almacenó a una temperatura de -20°C hasta que se realizó el análisis de las concentraciones de urea en sangre y el ácido úrico (AOAC, 2000). Una vez finalizado la fase experimental, se obtuvo una muestra compuesta de contenido ruminal (500 mL/novillo) de todos los novillos para aislar las bacterias ruminales mediante centrifugación diferencial (Bergen et al., 1968). El aislado microbiano sirvió como base purina, es decir, como N de referencia para la estimación de la contribución del N microbiano del quimo que llegó al intestino delgado (Zinn y Owens, 1986). Las muestras de alimento, duodeno y heces fueron sometidos a los siguientes análisis: Materia Seca (MS, secado en estufa a 105°C a peso constante, método 930.15, AOAC 2000); Cenizas (método 942.05, AOAC 2000), Nitrógeno Kjeldahl (método 984.13, AOAC 2000); y óxido crómico (Hill y Anderson, 1958); El N amoniacal (método 941.04; AOAC, 2000) y las purinas (Zinn y Owens, 1986) se determinaron en muestras duodenales. La materia orgánica microbiana (MOM) y el nitrógeno microbiano (NM) que sale del abomaso se calculó usando purinas como marcador microbiano (Zinn y Owens, 1986). La materia orgánica fermentada en el rumen (MOFR) se consideró igual al consumo de MO menos la diferencia entre la cantidad de MO total que llegó a duodeno y la MOM que llega a duodeno. El N de escape de alimento a intestino delgado se consideró igual al N total que abandona el abomaso menos N-NH₃ y NM, por lo tanto, este incluye cualquier contribución endógena. Los efectos de los tratamientos sobre las características de digestión en el ganado se analizaron como un diseño de Cuadrado Latino 4×4 usando el procedimiento MIXED (SAS Inst. Inc., Cary, NC). El efecto fijo se asignó al tratamiento y los efectos aleatorios para el novillo y el período. El modelo estadístico utilizado para este experimento fue el siguiente: $Y_{ijk} = \mu + S_i + P_j + T_k + E_{ijk}$, donde: Y_{ijk} = La variable de respuesta, μ = El efecto experimental común, S_i = El efecto de novillo, P_j = El efecto del período, T_k = El efecto del tratamiento, E_{ijk} = El error residual. Los efectos de los tratamientos se probaron utilizando los siguientes contrastes: 1) efecto lineal del nivel de urea; 2) efecto cuadrático del nivel de urea; y 3) efecto cúbico del nivel de urea. Los coeficientes para los contrastes ortogonales (efectos lineales, cuadráticos y cúbicos del nivel de urea) con incrementos equidistantes (0, 0.4, 0.8 y 1.2% de urea de la dieta en base MS) fueron determinados de acuerdo con el programa estadístico SAS (SAS Inst., Inc., Cary, NC; Versión 9.1).

Resultados y Discusión

La composición fisicoquímica de los DDGS y de la urea utilizada en el presente experimento y sus valores relativos comparados con el NRC (2016) se muestran en la Tabla II. En comparación con los valores asignados a los DDGS de maíz por el NRC (2016), los valores relativos de PC, FDN, lípidos y cenizas fueron de 0.98, 0.96, 0.96 y 1.07, respectivamente. Según el NRC (2016), el constituyente principal es el FDN, seguido por el PC, aunque esta proporción puede modificarse por la cantidad de solubles añadidos durante el proceso (Kim et al., 2008). Como resultado, gran parte de la variación en la composición de los DDGS de maíz se puede atribuir a diferencias de planta a planta en las proporciones de solubles de los destiladores añadidos durante el procesamiento (Spiehs

et al., 2002; Kim et al., 2008). Tal como se esperaba, y dada su composición química, la concentración de PC y humedad en la urea concordó con lo especificado en el NRC (2016).

Los efectos de la inclusión de distintos niveles de urea sobre la digestión de MS, MO y N se muestran en la Tabla III. Como resultado de la adición de urea el consumo de N se aumentó (componente lineal, $P<0.01$) a medida que el nivel de urea adicionado fue mayor.

El aumentar el nivel de urea en la dieta incrementó ($P<0.01$) el flujo de NNA como resultado de incrementos lineales ($P<0.01$) en el flujo de NM y N-NH₃ sin efectos ($P\geq 0.47$) sobre el flujo de N alimenticio. La ausencia de efecto del nivel de urea sobre el flujo a duodeno de N alimenticio se explica por la degradación ruminal de urea la cual es del 100%. Burroughs et al. (1975), tomando en consideración únicamente el consumo de energía, propusieron que el flujo microbiano de N al intestino delgado es equivalente a 0.0166 TND, estimado de la siguiente manera: $0.0166 \times \text{TND} \times \text{consumo MS, kg/d}$. De acuerdo con los valores esperados de TND de 85.90% (NRC, 2000) y el promedio de la ingesta de MS de las dietas experimentales (Tabla III), el flujo predicho de N microbiano al intestino delgado sería de 78 g/d. El flujo observado de NM en el presente experimento fue de 66.3, 71.7, 74.3 y 81.8 g/d. En consecuencia, con el aumento del nivel de urea, el flujo observado de NM al intestino delgado fue del 85, 92, 95 y 105% del flujo previsto para 0, 0.4, 0.8 y 1.2% de urea, respectivamente. Este incremento en la síntesis neta microbiana es consistente con May et al. (2014) quienes observaron que el flujo de NM al intestino delgado disminuye con un contenido de proteína degradable en rumen (PDR) en la dieta por debajo de 100 g/ kg de MO digestible del tracto total. En el presente experimento la PDR promedió 85, 100, 120 y 120 g/kg de MO digerida para la dieta 0, 0.4, 0.8 y 1.2% de urea respectivamente; por lo tanto, es aparente que cuando la ingesta de PDR se encuentra por debajo de 100 g/ kg de MO digestible, no hay suficiente compensación en el reciclado de N ruminal para mantener un óptimo crecimiento microbiano, y a medida que disminuye el crecimiento microbiano, también disminuye la digestión de MO ruminal. Este efecto se corrobora por el incremento ($P>0.01$) observado de la digestión ruminal de MO a medida que se aumentó el nivel de urea a la dieta.

La similitud en el flujo del N alimenticio para la dieta con DDGS y los tratamientos con urea es indicativo de una alta degradabilidad ruminal de la proteína (PDR) contenida en los DDGS. Suponiendo que la proteína de maíz tiene una degradabilidad ruminal del 43% y que la urea tiene una degradabilidad ruminal del 100% (NRC, 2016), entonces la PDR para el DDGS fue del 78%. Esto concuerda con informes recientes (Carrasco et al., 2013; Castro-Pérez et al., 2013) los cuales indican un promedio de PDR de los DDGS de 61 % medido en borregos y novillos canulados consumiendo dietas de finalización con niveles de DDGS en la dieta de 15 a 30%. Usando la técnica *in situ* Corrigan et al. (2009) determinaron una PDR para DDGS de 72%. Sin embargo, Castillo-López et al. (2013) determinaron una PDR de 37% para DDGS suplementados en una dieta a base de forraje y ofrecida a novillos canulados. Los estándares actuales (NRC, 2016) indican una PDR de 33% para DDGS. Gran parte de la variación en la solubilidad de las proteínas de los DDGS de maíz puede atribuirse a las diferencias de planta a planta en las proporciones de solubles de los destiladores añadidos durante el procesamiento (Kim et al., 2008; Cao et al., 2009), al tipo de

223 procesamiento a los cuales son expuestos durante la extracción de almidón (Liu, 2011) y al método
224 de determinación de degradabilidad (NRC, 2016).

225 Se espera una disminución de la eficiencia de N con aumento de la ingesta de urea debido a la
226 disminución proporcional en la contribución de N no amoniacal (NNA) en función del consumo de
227 N debido a que, con el máximo nivel de urea, el consumo de N aumentó en 22%, mientras que, con
228 ese mismo nivel de urea, el flujo de NNA al intestino delgado incrementó a un máximo de sólo
229 9.3%; por lo tanto, su contribución relativa al suministro intestinal disminuyó inversamente.

230 La digestión post-ruminal de MS, MO y N no fue afectada por la inclusión de urea. La ausencia
231 del efecto de elevar los niveles de urea en la ración sobre la digestión postruminal de MS y MO es
232 consistente con estudios previos (Willms et al., 1991; Cameron et al., 1991; Zinn, 1994). Sin
233 embargo, en relación a la digestión postruminal del N los resultados han sido inconsistentes. En
234 algunos informes (Zinn et al., 1994; Kozloski et al., 2000), el elevar la urea influyó incrementando la
235 digestibilidad del N a nivel postruminal, mientras que en otros (Zinn et al., 2003; May et al., 2014),
236 al igual que en el presente experimento, no hubo efecto por aumentar el nivel de urea en la dieta.

237 Consistente con estudios previos el nivel de urea no afectó la digestión en tracto de la MO
238 (Kozloski et al., 2000, May et al. 2014). Como se esperaba, la digestión aparente del N en el tracto
239 total aumentó linealmente ($P < 0.01$) al aumentar el nivel de urea en la dieta. Este aumento se debe en
240 parte a la digestibilidad de urea, y en parte a la creciente concentración de PC en la dieta con un
241 aumento en el nivel de urea (Holter y Reid, 1959). Ajustando la pérdida fecal de proteína metabólica
242 (NRC 1985), la digestión verdadera de la proteína en el presente estudio promedió 87.8%, resultando
243 similar al promedio de las mediciones previas resumidas por la NRC (1985).

244 Los efectos de incrementar el nivel de urea en la dieta sobre el pH ruminal, la concentración
245 de N-NH_3 en rumen así como la concentración de urea y N ureico en sangre tomados 4 horas
246 postconsumo se muestran en la Tabla IV. El pH ruminal promedió 6.09 ± 0.03 y no se vio afectado
247 ($P \geq 0.97$) por los tratamientos. El pH ruminal observado en el presente estudio fue similar de lo
248 previsto en función de la formulación de la dieta (5.90; NRC, 2000, Nivel 1). Es bien conocido el
249 potencial alcalinizante de la urea (Vedhranthinam y Botte, 2014). Este potencial de incrementar el
250 pH ruminal en la primera hora postconsumo ha sido detectado (Zinn et al., 2003), sin embargo a
251 lecturas posteriores (4 horas en adelante) este efecto se diluye (May et al., 2014) posiblemente por la
252 curva de la tasa de degradación de urea y el pasaje ruminal. A mayor nivel de urea en la dieta se
253 incrementó el N-NH_3 a nivel ruminal (componente lineal, $P < 0.01$). El aumento de proteína soluble en
254 rumen, independientemente de la fuente (N proteico o NNP), incrementa la concentración de N-NH_3
255 ruminal. Este aumento lineal ($P < 0.01$) se reflejó en el aumento del flujo de N-NH_3 a duodeno, así
256 como en el incremento de urea y N ureico en sangre. La absorción de N-NH_3 a nivel de epitelio
257 ruminal es regulada por el mecanismo de difusión simple por lo que está supeditada al diferencial de
258 concentración, mientras que la velocidad de absorción está mediada por el pH ruminal (Church,
259 1998; Orskov, 1992), a mayor concentración de N-NH_3 ruminal mayor paso a sangre a través del
260 sistema porta, a mayor pH (vgr > 6.5), mayor la velocidad de absorción de N-NH_3 al sistema
261 sanguíneo. De acuerdo a NRC (1985) la relación existente entre la concentración de N-NH_3 ruminal

y la concentración de urea plasmática se predice a través de la siguiente ecuación: $Y = (79 + 14.5X)/10$, donde Y= urea plasmática (mg/dL) y X= N-NH₃ ruminal expresado en mg/dL. Aplicando la anterior ecuación, la concentración promedio predicha es de 12.27 mg de urea plasmática/dL, lo que representa un valor cercano al promedio de 11.13 mg urea/dL de plasma observado en el presente experimento.

Conclusiones

Bajo las condiciones en que se llevó a cabo el presente experimento, la solubilidad del N de los DDGS fue de 78%. Este valor es 2.3 veces superior al especificado por el NRC (2016); por tanto, en dietas de finalización formuladas en base a maíz en hojuela con niveles moderados de DDGS (vgr. 15%), el máximo de suplementación de urea no debe exceder el 1% para una óptima eficiencia microbiana y de fermentación ruminal y una disminución del riesgo de excreciones altas de N en heces. Este nivel de urea debe reducirse a medida de una mayor participación de DDGS en la dieta.

Bibliografía

- Association of Official Analytical Chemists (AOAC) 2000, *Official Methods of Analysis*, 17th edn, Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD.
- Bergen, W, G, Purser, D, B, & Cline, J, H 1968, 'Effect of ration on the nutritive quality of microbial protein', *Journal Animal Science*, 27: 1497 - 1501.
- Burroughs, W, Nelson D, K, & Mertens, D, R 1975, 'Protein physiology and its applications in the lactating cow: the metabolizable protein feeding standard', *Journal of Animal Science*, 41: 933-944.
- Cao, Z, J, Anderson, J, L, & Kalscheur, K, F 2009, 'Ruminal degradation and intestinal digestibility of dried or wet distillers grains with increasing concentrations of condensed distillers solubles', *Journal Animal Science*, 87: 3013-3019.
- Cameron, M, R, Klusmeyer, T, H, Lynch, G, L, & Nelson, DR 1991, 'Effect of urea and starch on rumen fermentation, nutrient passage to the duodenum, and performance of cows', *Journal Dairy Science*, 74(4):1321-36.
- Carrasco, R, Arrizon, A, A, Plascencia, A, Torrentera, N, G, & Zinn, R, A 2013, 'Comparative feeding value of distillers dried grains plus solubles as a partial replacement for steam-flaked corn in diets for calf-fed Holsteins: characteristics of digestion, growth-performance, and dietary energetic', *Journal Animal Science*, 91, 1801–1810.
- Castillo-Lopez, E, Klopfenstein, T, J, Fernando, S, C, & Kononoff, P, J 2014 'Effect of dried distillers' grains and solubles when replacing corn or soybean meal on rumen microbial growth in vitro as measured using DNA as a microbial marker', *Journal of Animal Science*, 94: 3493-56.
- Castro-Pérez, B, I, Garzón-Proano, J, S, López-Soto, M, A, Barreras, A, González, V, M, Plascencia, A, Estrada-Angulo, A, Dávila-Ramos, H, Ríos-Rincón, F, G, & Zinn, R, A 2013, 'Effects of replacing dry-rolled corn with increasing levels of corn dried distillers grains with solubles

on characteristics of digestion, microbial protein synthesis and digestible energy of diet in hair lambs fed high-concentrate diets`, Australas, *Journal Animal Science*, 26, 1152–1159.

Church, D, C 1992, `Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales`, Ed. Limusa. 438 p.

Corrigan, M, E, Erickson, G, E, Klopfenstein, T, J, Luebke, M, K, Vander Pol, K, J, Meyer, N, F, Buckner, C, D, Vanness, S, J, & Hanford, K, 2009, `Effect of corn processing method and corn wet distiller's grains plus solubles inclusion level in finishing steers`, *Journal of Animal Science* 87, 3351-3362.

García, E 1973, `Modificación al Sistema de Clasificación Climática de Köppen`, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, CDMX, 217 p.

Hill, F, N, & Anderson, D, L 1958 `Comparison of metabolizable energy and productive determinations with growing chicks`. *Journal of Nutrition*, 64:587-603.

Holter, J, A & Reid, J, T 1959, `Relationship between the concentrations of crude protein and apparently digestible protein in forages`, *Journal of Animal Science*, 18:1339-1349.

Kim, Y, Mosier, N, S, Hendrikson, R, Ezeji, T, Blascheck, H, Dienn, B, Cotta, M, Dale, B, & Ladish, M, L 2008, `Composition of corn dry-grind ethanol by-products: DDGS, wet cake, and thin stillage`, *Bioresource Technology*, 99, 5165-5176.

Kozloski, G, V, Ribeiro Filho, H, M, N, & Rocha, J, B, T 2000 `Effect of the substitution of urea for soybean meal on digestion in steers`, *Can, Journal of Animal Science*, 80: 713–719.

Klopfenstein, T, J, Waller, J, Merchen, N, & Petersen, L 1978, `Distillers grains as a naturally protected protein for ruminants`, *Distillers Feed Conference Proceedings* 33:38–46.

Klopfenstein, T, J, Erickson, G, E, & Bremer, V, R 2008, `BOARD-INVITED REVIEW: Use of distillers by-products in the beef cattle feeding industry`, *Journal Animal Science*, 86: 1223–1231.

Liu, K 2011, `Chemical composition of distillers grains, a review`, *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 59:1508-1526.

May, M. L., Quinn, M. J., Reinhardt, C. D., Murray, L., Gibson, M. L., Karges, K. K., Drouillard, J. S. (2014). Effects of dry-rolled or steam-flaked corn finishing diets with or without twenty-five percent dried distillers grains on ruminal fermentation and apparent total tract digestion. *Journal of animal science*, 87: 3630-3638.

Mehrez, A, Z, Orskov, E, R, & McDonald, I 1977, `Rates of rumen fermentation in relation to ammonia concentration`, *British Journal of Nutrition* Vol. 38, Issue 3, pp. 437-443.

National Research Council 1985, `Ruminant Nitrogen Usage`, *National Academy Press*, Washington, DC.

National Research Council 2000, `Nutrient Requirements of Beef Cattle (7th Ed.)`, National Academy Press, Washington, DC.

National Research Council 2016, `Nutrient Requirements of Beef Cattle (16th Ed.)`, National Academy Press, Washington, DC.

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2016. Nutrient Requirements of Beef Cattle: Eighth Revised Edition. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/19014>.

- NOM-024-ZOO-1995 1995, `Estipulaciones de salud animal y características zoosanitarias durante el transporte de animales`, http://198.61.233.93:8080/web/a_paginas/a_pdf/024_zoo.pdf (03.11.2015).
- NOM-051-ZOO-1995 1995, `Trato humanitario en la movilización de animales (03.11.2015)`.
- NOM-062-ZOO-1999 1999, `Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio`, <http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/principal/archivos/062ZOO.PDF> (03.11.2015).
- Orskov, E, R 1992, `Protein nutrition in ruminants`, 2nd Ed, *Academic press*, 24-28 oval Road, London, NW1 7DX, pp. 20- 42.
- Rosentrater, K, A 2006, `Some physical properties of distillers dried grains with solubles (DDGS)`, *Applied Engineering in Agriculture*, 22: 589-595.
- Rosentrater, K, A 2012, `Feeding DDGS in other animals. In: Distiller grain, production properties and utilization (Ed. Lui K. and K. A. Rosentrater)`, *CRC Press*, Boca Raton, Florida, pp. 391-397.
- Statistical Analysis System 2007, `SAS/STAT: user's Guide: Statistics. Release 9.3`, SAS Institute Inc. Cary, NC.
- Spiehs, M, J, Whitney, M, H, & Shuron, G, C 2002, `Nutrient database for distiller's dried grains with solubles produced from new ethanol plants in Minnesota and South Dakota`, *Journal Animal Science*, 80: 2639-2645.
- Willms, C, L, Berger, L, L, Merchen, N, R, & Fahey Jr, G, C 1991, `Effects of supplemental protein source and level of urea on intestinal amino acid supply and feedlot performance of lambs fed diets based on alkaline hydrogen peroxide-treated wheat straw`, *Journal of Animal Science*, 69:4925-4938.
- Zinn, R, A & Owens, F, N 1986, `A rapid procedure for purine measurement and its use for estimating net ruminal protein synthesis Can`, *Journal Animal Science*, 66:157-166.
- Zinn, R, A 1994, `Influence of flake thickness on the feeding value of steam-rolled wheat for feedlot cattle`. *Journal of Animal Science*, 72: 21-28.
- Zinn, R, A & Plascencia, A 1993, `Interaction of whole cottonseed and supplemental fat on digestive function in cattle`, *Journal Animal Science*, 71:11-17.
- Zinn, R, A, & Shen, Y 1998, `An evaluation of ruminally degradable intake protein and metabolizable amino acid requirements of feedlot calves`, *Journal Animal Science*, 76: 1280-1289.
- Zinn, R, A, Barajas, R, Montano, M, & Ware, R, E 2003 `Influence of dietary urea level on digestive function and growth performance of cattle fed steam-flaked barley-based finishing diets`, *Journal of Animal Science*, 81: 2383-2389.

Tabla I. Ingredientes y composición de la dieta basal utilizada en la alimentación de novillos

Composición de la dieta, % BMS ¹	
Ingrediente	
Maíz en hojuela	65.00
Granos secos de destilería con solubles	15.00
Heno de Sudán	12.00
Grasa amarilla	2.80
Melaza	3.50
Suplemento Z2016M1	1.70
Óxido crómico	0.30
Composición química, % MS base ²	
MS, %	87.92
PC,%	11.91
FDN,%	21.57
EE,%	7.23
Cenizas,%	5.42
PDR, %	37.95
Estimación de EN, Mcal/kg ³	
ENm	2.15
ENg	1.47

¹ BMS= Base materia seca

² La proteína de ingesta degradable en rumen (PDR) se calculó sobre la base de valores PDR tabulares para ingredientes individuales (NRC 2000). Se determinó la composición química de la dieta para PC, EE, cenizas y fibra en detergente neutro (FDN) (ensayada con amilasa y expresada en exclusiva de cenizas residuales) analizando submuestras recogidas y compuestas a lo largo del experimento.

³ La energía neta se calculó sobre la base de los valores tabulares de energía neta (EN) para ingredientes individuales (NRC 2007).

Tabla II. Composición y densidad de granos secos de destilería con solubles (DDGS) de maíz y urea determinados por análisis y valores tabulares correspondientes (NRC, 2000)

	DDGS	UREA	DDGS (NRC, 2000)	UREA (NRC,2000)
MS (%) ¹	94.2	99.4	90.0	99.0
PC (%) ²	29.2	281.4	30.4	281
FDN (%) ³	44.2	--	46.0	--
Almidón (%)	3.9	--	--	--
Lípidos (%)	10.3	--	10.7	--
Cenizas (%)	5.6	--	5.2	--

¹MS= Materia seca.

²PC= Proteína cruda.

³FDN= Fibra detergente neutra.

Tabla III. Influencia del nivel de suplementación de urea en las características de utilización del N de la dieta en novillos Holstein canulados (266 kg PV)

	Nivel de suplementación de urea,%					Contraste <i>P</i> - valor		
	0	0.4	0.8	1.2	SEM	Lineal	Cuadrático	Cúbico
Consumo, g/d								
MS	5,772	5,771	5,771	5,772	1.48	0.91	0.21	0.62
MO	5,459	5,443	5,442	5,444	7.08	0.21	0.26	0.71
N	110	121	131	141	0.44	<0.01	0.85	0.94
Flujo a duodeno, g/d								
MS	3,091	3,031	2,955	2,827	85.87	0.06	0.71	0.93
MO Aparente	2,645	2,598	2,524	2,377	77.36	0.04	0.54	0.90
N	119	125	122	133	2.00	<0.01	0.25	0.05
N-NH ₃	2.31	2.56	2.77	3.32	0.14	<0.01	0.33	0.58
NNA	117	122	119	129	2.08	0.01	0.30	0.06
NM	66.29	71.71	74.27	81.21	3.77	0.03	0.85	0.68
N Alimenticio	50.57	50.59	45.00	48.24	4.20	0.53	0.71	0.47
Digestión Ruminal, %								
MS	46.43	47.35	48.68	51.00	0.01	0.07	0.67	0.93
MO	60.17	61.53	63.40	67.18	0.01	<0.01	0.34	0.80
N Alimenticio	54.31	57.81	65.56	65.99	0.03	0.03	0.66	0.47
Eficiencia Microbiana ¹	19.13	20.06	20.38	20.99	1.09	0.27	0.89	0.86
Eficiencia de N ²	1.06	1.01	0.91	0.91	0.02	<0.01	0.24	0.09
Digestión PostRuminal, %								
MS	60.74	59.19	59.19	59.35	0.02	0.71	0.73	0.90
MO	59.34	57.76	57.93	57.93	0.03	0.74	0.77	0.87
N	76.50	77.29	76.02	78.53	0.63	0.14	0.22	0.09
Excreción Fecal, g/d								
MS	1,213	1,238	1,119	1,152	50.13	0.37	0.50	0.81
MO	1,076	1,098	1,058	1,002	49.83	0.29	0.47	0.84
N	27.87	28.20	29.23	28.48	0.92	0.51	0.58	0.57
Digestión de Tracto Total, %								
DM	78.96	78.57	79.26	80.09	0.01	0.32	0.49	0.80
OM	80.27	79.82	80.61	81.62	0.01	0.28	0.45	0.81
N	74.71	76.57	77.65	79.84	0.01	<0.01	0.82	0.59

¹La eficiencia microbiana fue estimada como NM del flujo a duodeno, g kg⁻¹ menos la MO verdadera fermentada en rumen.

²La eficiencia de N fue estimada como la diferencia entre el NNA del flujo a duodeno, menos el N consumido g g⁻¹.

385

Tabla IV. Influencia del nivel de suplementación de urea sobre el pH ruminal, N-NH₃, la urea y el nitrógeno ureico en sangre.

Concepto ¹	Niveles de suplementación de urea,%				SEM	Contraste <i>P</i> -valor		
	0	0.4	0.8	1.2		Lineal	Cuadrático	Cúbico
pH	6.10	6.10	6.05	6.12	0.07	0.97	0.67	0.59
N amoniacal en rumen, mg/dL	2.22	2.53	3.19	4.12	0.23	<0.01	0.22	0.93
Urea en sangre, mg/dL	8.89	10.46	11.53	13.64	0.64	<0.01	0.69	0.61
N ureico en sangre, mg/dL	4.16	4.89	5.37	6.37	0.30	<0.01	0.69	0.61

¹ Promedio de las muestras tomadas previo al ofrecido de alimento matutino y a las 4 y 8 horas posteriores al consumo matutino.

386

387