



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO EN RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
GANADERÍA

***CALIDAD DE LA CARNE Y COMPORTAMIENTO
PRODUCTIVO DE CORDEROS ALIMENTADOS CON
GRANOS SECOS DE DESTILERÍA EN LA DIETA***

KARYM ROBERTO CURZAYNZ LEYVA

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2013

La presente tesis titulada: **Calidad de la carne y comportamiento productivo de corderos alimentados con granos secos de destilería en la dieta** realizada por el alumno: **Karym Roberto Curzaynz Leyva**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
GANADERÍA
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



Dr. José Ricardo Bárcena Gama

ASESOR



MC. Carlos Sánchez del Real

ASESOR



Dr. David Hernández Sánchez

ASESOR



Dr. Marcos Meneses Mayo

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Noviembre de 2013

CALIDAD DE LA CARNE Y COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE CORDEROS ALIMENTADOS CON GRANOS SECOS DE DESTILERÍA EN LA DIETA

Karym Roberto Curzaynz Leyva, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2013

El uso de maíz para la producción de etanol genera grandes volúmenes de granos secos de destilería (DDGS: siglas en inglés), subproducto con destacado valor nutricional para la alimentación animal. Por ello, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de incluir DDGS en la dieta de corderos en crecimiento sobre el comportamiento productivo, variables ruminales (pH, AGV y N-NH₃), degradabilidad *in vitro* de la MS (DIVMS), digestibilidad total aparente de la MS (DIAMS), FDN (DAFDN) y FDA (DAFDA), características de la canal y calidad de la carne. El diseño experimental fue completamente al azar usando 27 corderos criollos encastados con Rambouillet (PVI=24±2.41 kg), y los tratamientos fueron: 1) dieta testigo, sin DDGS; 2) con 20 % de DDGS y 3) con 40 % de DDGS de la MS. Los datos se analizaron con el procedimiento GLM de SAS, y las medias de tratamientos se compararon con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Los tratamientos no afectaron ($p > 0.05$) el consumo de alimento, la ganancia diaria de peso y la conversión alimenticia, ni las variables ruminales. La DIAMS fue menor ($p < 0.05$) en la dieta con 40 % de DDGS, pero fue similar entre las dietas testigo y 20 % de DDGS. La DAFDN y DAFDA fue mayor ($p \leq 0.05$) en la dieta con 20 % de DDGS respecto al testigo solamente. No hubo diferencias ($p > 0.05$) en la DIVMS, a las 3, 6, 24 y 48 h, pero a las 9 y 12 h, fue mayor ($p < 0.05$) en la dieta con 20 % de DDGS sólo respecto al testigo. Los tratamientos no afectaron ($p > 0.05$) las características de la canal, ni las variables de calidad medidas en la carne. Se concluye que la inclusión de DDGS hasta en 40 % en la dieta de corderos no afecta el comportamiento productivo ni la calidad de la carne de corderos, con la ventaja de disminuir el costo de las dietas.

Palabras clave: corderos, DDGS, comportamiento productivo, calidad de la carne.

MEAT QUALITY AND ANIMAL PERFORMANCE OF LAMBS FED DRIED DISTILLERS GRAIN IN THE DIET

Karym Roberto Curzaynz Leyva, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2013

The corn use for ethanol production generates large volumes of dried distillers grains (DDGS), by-product with outstanding nutritional value for animal feed. Therefore, the aim of this study was to evaluate the effect of inclusion of DDGS in the lamb diets, on growing lamb performance; ruminal fermentation; DM, NDF and ADF digestibility (DIADM, DANDF, DAADF); in vitro ruminal fermentation (DIVDM); carcass characteristics and meat quality. The experimental design was completely randomized using 27 lambs crossbreed with Rambouillet (initial BW = 24 ± 2.41 kg), and treatments were 1) control diet without DDGS, 2) diet with 20 % DDGS and 3) diet with 40 % DDGS. Data were analyzed with GLM procedure of SAS, and means were compared using Tukey test ($p \leq 0.05$). Inclusion of DDGS in the diets did not affect ($p < 0.05$) feed intake, daily weight gain, feed conversion, and ruminal fermentation. DIADM was lower ($p > 0.05$) in the diet with 40 % DDGS, but was similar between control and diet with 20 % DDGS. DANDF and DAADF was higher ($p < 0.05$) in the diet with 20 % DDGS compared with the control only. There was not difference ($p < 0.05$) in DIVDM at 3, 6, 24 and 48 h, but at 9 and 12 h was higher ($p < 0.05$) in the diet with 20 % DDGS only relative to the control. The inclusion of DDGS in the diets did not affect ($p < 0.05$) carcass characteristics and meat quality. In conclusion, DDGS can be used up 40 % of the diet of lambs without affecting growth performance, carcass characteristics and meat quality, with the advantage of reducing the cost of diets.

Keywords: lamb, DDGS, performance, meat quality

DEDICATORIAS

Dedico la conclusión de esta meta:

A mi padre Roberto Curzaynz, mi tía Semy, mi tío Rudy y mi abuela Mirnon que a pesar de que no están físicamente, cada día su recuerdo es un motor constante que me guía para lograr mis metas, como cuando ellos estaban aquí.

A mi madre Rocío Leyva que con las palabras exactas sabe cómo motivarme a perseguir mis sueños, por ser mi sustento cuando la necesito y ni más ni menos que por darme la vida.

A Emma Santillán por alentarme siempre a conseguir mis metas, por ser la compañera que me acompaña en este lindo camino y por darme la razón más hermosa para seguir adelante Yulitza Curzaynz quien es mi vida, mi todo, mi hija.

A mi hermano Barush por estar conmigo en cualquier momento.

A mi familia Leyva Carmona, tías, tíos, primas, primos porque la unión que se tiene me fortalece cada día y hace sentirme orgulloso de tenerlos.

“Luchar por una meta y conseguirla, es tener tiempo de plantear otra y seguir luchando”

Kalua13

SINCERAMENTE

Karym Roberto Curzaynz Leyva

AGRADECIMIENTOS

Agradezco:

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología** por otorgarme la beca que coadyuvó a la conclusión de mis estudios de maestría.

Al **Colegio de Postgraduados** por aceptarme como alumno de su matrícula para realizar mis estudios de maestría, así como a la **Línea Prioritaria de Investigación 11 "Sistemas de producción agrícola, pecuaria, forestal, acuícola y pesquera"** por el financiamiento otorgado para la realización de la presente investigación.

Al **Dr. J. Ricardo Bárcena Gama** que confió en mí en los momentos más difíciles de mi estancia, me dirigió en la presente investigación y compartió sus conocimientos conmigo, por su sincera amistad.

A los miembros de mi consejo particular, **Dr. David Hernández Sánchez, MC. Carlos Sánchez del Real, Dr. Marcos Meneses Mayo** por el tiempo destinado a la presente investigación, por sus atinadas sugerencias pero sobre todo por su valiosa amistad.

A los académicos, **Dr. José G. Herrera Haro, Dra. María M. Crosby Galván, Dr. Mario A. Cobos Peralta, Dr. Sergio S. González Muñoz** por el apoyo otorgado en la realización de la presente investigación y su valiosa amistad.

Al **Dr. Jaime Gallegos Sánchez** que me alentó a ponerme metas cada vez más grandes y me orientó durante mi estancia en la maestría, pero sobre todo por su amistad.

A los académicos y personal administrativo del Postgrado en Ganadería por el apoyo otorgado durante mi estancia.

Al personal de los Laboratorios de Nutrición Animal y Microbiología Ruminal por el apoyo brindado en la realización de la presente investigación.

A mis compañeros y amigos que si bien no los menciono uno por uno, al leer estas líneas se identificarán y sabrán la importancia de cada una de sus palabras de aliento y orientación para mi persona que llevo en la obtención de esta meta.

"Durante este largo camino hay muchas personas con las que convives, pero sólo unas cuantas tocan tu vida de tal forma que se vuelven una imagen permanente en tus recuerdos"

Kalua13

Karym Roberto Curzaynz Leyva

Contenido	Página
ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1. Situación del mercado del maíz.....	2
2.2. Concepto sobre granos secos de destilería	3
2.3. Proceso de obtención de los granos secos de destilería.....	4
2.4. Características físicas y químicas de los granos secos de destilería.....	6
2.5. Cualidades de los granos secos de destilería	7
2.6. Utilización de los DDGS en ganado bovino de engorda.....	8
2.7. Utilización de los DDGS en ovinos.....	10
3. OBJETIVOS.....	12
3.1. Objetivo general	12
3.2. Objetivos específicos.....	12
4. HIPÓTESIS	12
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
5.1. Localización.....	13
5.2. Periodo experimental y corderos	13
5.3. Tratamientos experimentales.....	14
5.4. Variables evaluadas	15
5.4.1. Prueba de comportamiento	15
5.4.2. Análisis de laboratorio.....	16
5.4.3. Variables determinadas en la carne	19
5.4.4. Variables económicas	20
5.5. Diseño experimental	20

6. RESULTADOS	21
6.1. Comportamiento productivo.....	21
6.2. Variables ruminales, degradabilidad <i>in vitro</i> de la MS y digestibilidad total aparente de la MS, FDN y FDA.....	21
6.3. Características de la canal.....	23
6.4. Variables determinadas en la carne	24
6.5. Análisis económico.....	25
7. DISCUSIÓN.....	26
7.1. Comportamiento productivo, variables ruminales, degradabilidad <i>in vitro</i> de la MS y digestibilidad total de la MS, FDN y FDA.....	26
7.2. Características de la canal.....	30
7.3. Variables determinadas en la carne	31
7.4. Análisis económico.....	33
8. CONCLUSIONES.....	34
9. LITERATURA CITADA.....	35

ÍNDICE DE CUADROS

Página

Cuadro 1. Rendimiento de etanol con diferentes materias primas	3
Cuadro 2. Composición nutricional de los DDGS comparados con la materia prima (maíz)	8
Cuadro 3. Cambios de ingredientes (sobre el porcentaje de materia seca) en la composición de las dietas de un típico corral de ganado de carne en las décadas antes y después del año 2000.	9
Cuadro 4. Periodo de adaptación a las dietas experimentales	13
Cuadro 5. Composición de las dietas experimentales	14
Cuadro 6. Composición química determinada de las dietas experimentales y los DDGS ...	15
Cuadro 7. Efecto de la inclusión de los DDGS en la dieta de corderos en engorda en el comportamiento productivo.....	21
Cuadro 8. Efecto de la inclusión de los DDGS en la dieta de corderos en el pH, concentración de ácidos grasos volátiles y nitrógeno amoniacal.	21
Cuadro 9. Efecto de la inclusión de DDGS en la dieta de corderos en la digestibilidad total aparente de la MS, FDN y FDA.	22
Cuadro 10. Efecto de la inclusión de DDGS en la dieta de corderos en la degradabilidad <i>in vitro</i> (%) de la MS	22
Cuadro 11. Efecto de la inclusión de los DDGS en la dieta de corderos en las características de la canal.	23
Cuadro 12. Efecto de la inclusión de DDGS en la dieta de corderos en la composición y características físico-químicas de la carne.....	24
Cuadro 13. Análisis económico de la inclusión de los DDGS en la dieta de corderos	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

Figura 1. Proceso de la molienda en seco para la producción de etanol y subproductos de destilería..	5
Figura 2. Diferencias en color entre muestras de DDGS	6
Figura 3. Degradabilidad <i>in vitro</i> (DIVMS) y digestibilidad aparente de la materia seca (DIAMS) de las dietas experimentales	23

1. INTRODUCCIÓN

La ovinocultura nacional registró un incremento en más de dos millones de cabezas entre los años 2001 y 2010 (SIAP, 2010), cuya mayor demanda se encuentra en el centro del país, donde se consume básicamente en forma de barbacoa. A pesar de este incremento, la producción de carne es de apenas 53, 462 ton⁻¹, de las 76, 300 ton⁻¹ demandadas. Este panorama sugiere un aumento en la producción nacional para disminuir la importación de carne que en el 2010 fue de 13, 807 ton⁻¹ (SIAP, 2010). A esta problemática se le adhieren los altos costos de producción, provocados principalmente por el incremento en el uso de concentrados en la alimentación animal, donde el grano es el principal ingrediente. A nivel mundial, los granos han tenido un alza en los precios y una fuerte promoción en su utilización para la producción de etanol (INTA, 2008), factor que lo hace competir con el consumo humano y pecuario, especialmente cuando a maíz se refiere, afectando el mercado nacional.

Esta situación hace necesaria la búsqueda de alternativas viables económicamente, donde se impulse el incremento en la cantidad y calidad del producto. Ante esto, surgen opciones como el uso de subproductos agroindustriales, como es el caso de los granos secos de destilería (DDGS por sus siglas en inglés), el cual es un producto derivado de la producción de etanol. El DDG es un subproducto que aporta importantes contenidos de energía (3.3 Mcal EM kg⁻¹ MS) y proteína cruda (28%) (Tjardes y Wright, 2002; Wang *et al.*, 2007), y que puede ser utilizado como ingrediente base en la alimentación de animales rumiantes. El costo de los DDGS ha incrementado de \$ 5.43 kg⁻¹ en agosto de 2012, a \$5.92 kg⁻¹ en agosto de 2013, pero se mantiene por debajo de insumos como la pasta de soya (\$7.95 kg⁻¹ en agosto de 2013) o pasta de canola (\$6.43 kg⁻¹ en agosto de 2013) (SNIIM, 2013); esto permite tener alternativas de uso de los DDGS respecto a estos insumos. Además, si a esto se le agrega el valor de usar subproductos agroindustriales o insumos no convencionales, se enmarca en el contexto de sustentabilidad (Lowell, 1997) que hoy en día es una necesidad, y por lo tanto, una alternativa por explorar con el objetivo de obtener valor agregado al convertirlo en un producto de calidad en la producción animal sustentable.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Situación del mercado del maíz

Los cereales secundarios constituyen una categoría comercial común que incluye el maíz, el sorgo, la cebada, la avena y el centeno. El maíz es el mayor componente del comercio mundial de granos secundarios y la mayoría del maíz que se comercializa se utiliza para la alimentación animal y cantidades más pequeñas se comercializan para usos industriales y alimenticios (USDA, 2012).

Los precios del maíz se han venido incrementando por diversos factores, principalmente las recientes sequías. Sin embargo, un factor que alcanzó gran relevancia fue el incremento en la producción de biocombustibles a base de maíz en Estados Unidos, lo que ha generado una demanda adicional para este grano en el principal productor y exportador del mundo. Carter *et al.* (2012) estimaron que los precios del maíz en 2010 fueron 50% más altos de lo que hubieran sido si la producción de maíz se hubiese mantenido en Estados Unidos, así como estimaron que en el periodo de 2006 a 2010 el precio del maíz habría sido 30% más bajo si no se hubiera dado un incremento en la producción de etanol.

El país con la mayor superficie cultivada de maíz fue Estados Unidos con 32.9 millones de hectáreas, seguido de China con 32.5 millones, Brasil con 12 millones, India 7.18 millones y México con 7.14 millones (FAO, 2012a).

Sin embargo, México es el segundo país importador de maíz con 11.2 millones de toneladas, sólo después de Japón que importa 14.8 millones de toneladas (USDA, 2012). En México existe un déficit de 43% en la producción de maíz, a pesar de ser el grano más importante en la cadena alimentaria de los mexicanos, el país importa la tercera parte de su consumo aparente (ASERCA, 2012).

Esta situación aunada a que la producción de biocombustibles y su consumo, ha alcanzado dimensiones globales, negocios millonarios subsidiados por los gobiernos y que ha pasado de ser una cuestión económica a una cuestión política nacional y mundial (Auld, 2012) nos lleva a tener en la actualidad grandes volúmenes de etanol y en consecuencia grandes cantidades de DDGS y subproductos de destilería.

2.2. Concepto sobre granos secos de destilería

En las dietas de producción animal se buscan ingredientes que contribuyan con los requerimientos nutricionales de las diferentes especies de interés zootécnico. En los últimos años, los DDGS, han sido evaluados para saber qué nivel de inclusión es el adecuado en las dietas, y haga expresar el máximo potencial de los animales que las consuman.

Los DDGS son el producto que se obtiene después de extraer el alcohol etílico a través de la fermentación que producen levaduras sobre un grano o mezcla de granos (ricos en almidón), condensando y secando un mínimo de tres cuartos de los residuos sólidos enteros que resultan a través de métodos utilizados en la industria destiladora de granos (Moreno, 2006).

En la mayor parte de los procesos de obtención de etanol se utilizan cereales: maíz en USA, trigo y triticale en Canadá y cebada en los países nórdicos europeos (De Blas *et al.*, 2003). Con la excepción de la caña de azúcar, el maíz proporciona el rendimiento de etanol más alto en comparación con otras materias primas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Rendimiento de etanol con diferentes materias primas

Materia prima	Humedad (%)	Almidón (%)	Rendimiento de etanol (L ton ⁻¹)
Almidón	--	100	720
Caña de azúcar	--	--	654
Maíz	13.8	71.8	408
Cebada	9.7	67.1	399
Avena	10.9	44.7	262
Trigo	10.9	63.8	375

FUENTE: (USGC, 2012).

El proceso básicamente consiste en convertir el almidón contenido en los granos y azúcares a etanol, usando enzimas y levaduras. Una vez que se quita el etanol, los solubles residuales del grano se concentran y se secan junto a la porción insoluble, dando como resultado una concentración de tres veces más proteína, grasa y fibra a la del grano entero utilizado inicialmente (Kononoff y Janicek, 2005).

2.3. Proceso de obtención de los granos secos de destilería

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

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

El primer paso industrial relevante es la molienda, ésta se utiliza 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).

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).

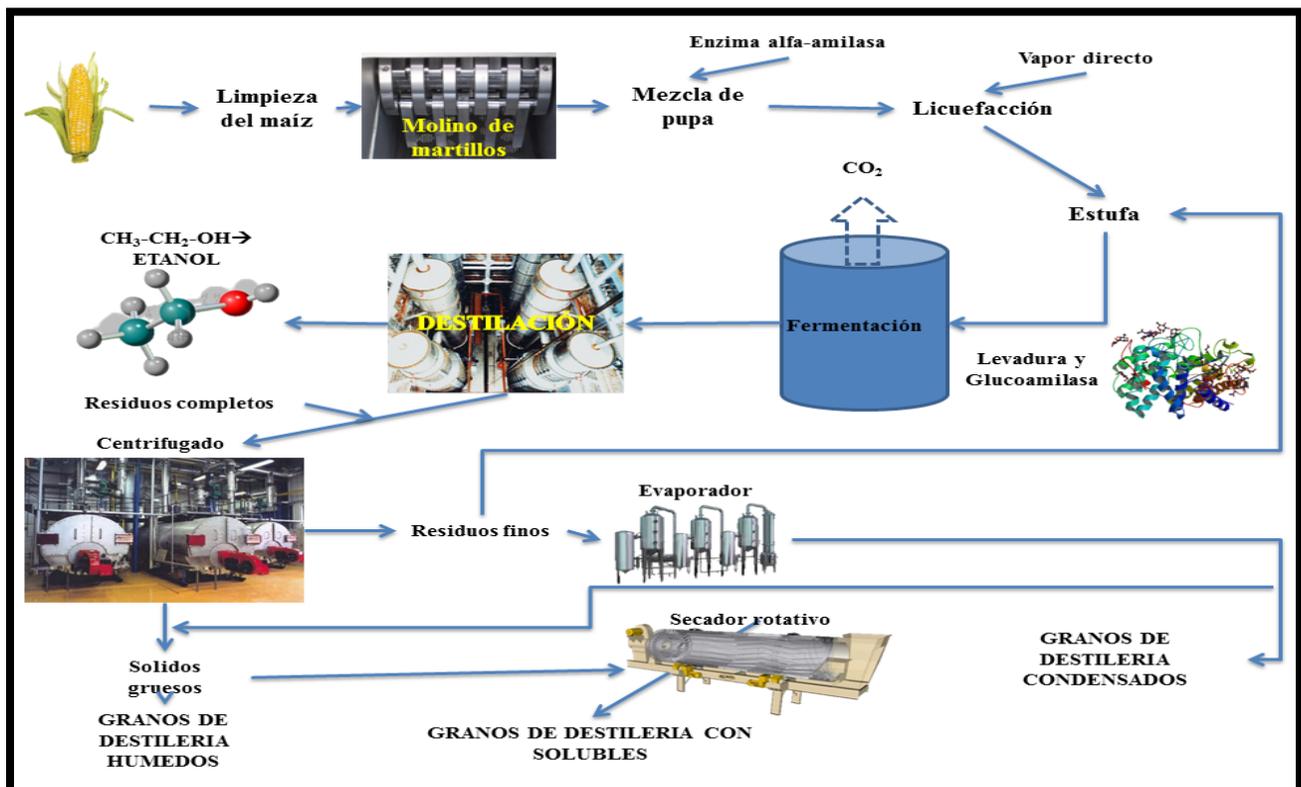
Dentro de la licuefacción, en una segunda parte se baja la temperatura a 35°C y ya que alcanza dicha temperatura se transporta hacia tanques de fermentación en los cuales se le adiciona la enzima glucoamilasa, a esta parte del proceso se le conoce como fase de sacarificación (Vergnani, 2006). Una vez que pasa la fase de sacarificación el mosto se pasa a un proceso de fermentación continua con *Saccharomyces cerevisiae*, 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.

Ya que se obtiene el etanol, la porción que sobra de la destilación se le conoce como jarabe entero, el cual se centrifuga y se obtienen dos fracciones, una sólida compuesta por los llamados granos húmedos de destilería o granos húmedos destilados y por otro lado una fracción líquida, la cual se puede reciclar para procesar otro cargamento de grano o puede pasar por un evaporador en donde se condensa y se tienen los solubles condensados de maíz (Davis, 2001).

Los granos húmedos destilados mezclados con los solubles condensados de maíz y deshidratar la mezcla con un desecador rotativo, forma el producto final que son los granos secos de destilería con solubles (Figura 1).

Figura 1. Proceso de la molienda en seco para la producción de etanol y subproductos de destilería. Modificado de Liu y Rosentrater (2012).



2.4. Características físicas y químicas de los granos secos de destilería

Las características físicas y químicas de los granos secos de destilería con solubles (DDGS) varían y pueden influir sobre su valor alimenticio (Liu y Rosentrater, 2012). Entre estas características se incluye el color, olor, tamaño de partícula, densidad de masa, capacidad de flujo, estabilidad en la vida de anaquel e higroscopicidad (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” (Figura 2); 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). Se ha demostrado que el color es un indicador de la calidad nutricional de los DDGS y puede estar relacionado con la digestibilidad de los aminoácidos (Batal y Dale, 2006).

Figura 2. Diferencias en color entre muestras de DDGS



FUENTE: (USGC, 2012).

El tamaño de partícula de los DDGS y otros ingredientes, es importante para los nutriólogos de ganado y avícolas cuando los seleccionan, ya que determinan la necesidad de mayor procesamiento de los ingredientes a utilizar para buscar mayor uniformidad de las raciones (USGC, 2012).

Dentro de las consideraciones que se deben de tomar respecto al tamaño de partícula de los ingredientes de las raciones incluyendo los DDGS son:

1. Digestibilidad de nutrientes: Conforme se reduce el tamaño de partícula es mejor la digestibilidad de nutrientes, debido a la mayor superficie de contacto.
2. Eficiencia del mezclado: teniendo un tamaño de partícula uniforme, se puede reducir el tiempo de mezclado de las raciones
3. Segregación de ingredientes durante el transporte y el manejo del alimento: esta separación se da por la diferencia que pueda haber entre los tamaños de partícula y densidad de masa de los ingredientes en una ración (USGC, 2012).

La densidad de masa, definida como la masa de material granular que puede ocupar un volumen específico, es un factor de importancia al momento de transportar un ingrediente debido a que cuando es baja tiene un mayor costo por unidad de peso transportado (Liu y Rosentrater, 2012).

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), y ha tomado importancia en la industria del etanol ya que al momento de transportar los DDGS largas distancias y querer descargar, se han encontrado con la problemática de que el producto se aglomera y endurece; mejorando la capacidad de flujo se pueden mejorar las ventas, distribución, comercialización y utilización de los DDGS (Liu y Rosentrater, 2012).

2.5. Cualidades de los granos secos de destilería

Los DDGS tienen alta variabilidad en cuanto a su contenido nutricional debido a que este se afecta cuando el proceso de obtención de etanol es modificado e incluso dentro de la misma planta destiladora hay variación (Spiehs *et al.*, 2002).

La USGC (2012), menciona que hay tres factores principales que afectan el contenido nutritivo de los DDGS:

1. Variación del contenido nutricional del maíz que llega a la planta destiladora
2. Variación en la tasa de mezclado de los componentes de los DDGS
3. Diferencias en temperatura y tiempo de secado de los DDGS

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 en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Composición nutricional de los DDGS comparados con la materia prima (maíz)

Nutriente	NRC (2007)	Waldroup <i>et al.</i>	NRC (2007)	UMN (2009)
	Maíz	(2007)	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	32.22	42.0	NR
FDA, %	3.0	11.9	21.0	13.7
Cenizas, %	2.0	NR	4.0	5.69

2.6. Utilización de los DDGS en ganado bovino de engorda

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 como se muestra en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Cambios de ingredientes (sobre el porcentaje de materia seca) en la composición de las dietas de un típico corral de ganado de carne en las décadas antes y después del año 2000.

Ingrediente	Antes del año 2000	Hoy en día con precio de maíz moderado	Hoy en día con precio de maíz elevado
Maíz quebrado y/o de alta humedad	75	52	44
Ensilaje de maíz	15	15	-
Granos de destilería	-	25	45
Heno de alfalfa	5	-	-
Heno de pasto	-	5	5
Rastrojo de maíz	-	-	3
Pasta de soya	3	-	-
Urea	0.5	-	-
Mezcla de vitaminas y minerales	1.5	3	3
Total	100	100	100

FUENTE: (FAO, 2012b)

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 (Deppenbusch *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).

En un estudio realizado por Uwituze *et al.* (2011) mencionan que usando una porción de azufre en la dieta (0.65 %) y 30 % de DDGS, disminuyó significativamente la concentración de ácidos grasos volátiles y el lactato tendió a disminuir también, aunque la concentración de amoníaco aumentó.

La inclusión de 16 % DDGS en la dieta de novillos en engorda, aumentó la cantidad de ácidos grasos insaturados en tejido adiposo, pero no de la fracción triacilglicerida del *Longissimus dorsi* (Lancaster *et al.*, 2007).

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.

2.7. Utilización de los DDGS en ovinos

Schauer *et al.* (2008) evaluaron niveles crecientes de DDGS en la dieta de finalización de corderos, las dietas se formularon para satisfacer las necesidades de proteína y los requerimientos de cobre, pero no fueron isoenergéticas ni isoproteicas debido a los niveles de DDGS utilizados (0, 20, 40 y 60 %). Los resultados mostraron un incremento lineal del consumo de alimento conforme se incrementó el nivel de DDGS en la dieta, sin embargo, en el resto de las variables productivas y las características de la canal fue similar la respuesta entre los tratamientos.

McKeown *et al.* (2009) indican que usando 20 % de DDGS del total de la MS en la dieta de corderos en crecimiento, pueden sustituir el total de la pasta de canola y el 18 % de la mezcla de cebada que se usa comúnmente, sin afectar el consumo, la ganancia diaria de peso o el rendimiento y las características de la canal.

En una investigación realizada con corderos castrados y corderas, Félix *et al.* (2012) encontraron que con tres niveles de inclusión de DDGS (20, 40 y 60 %), incluyendo un grupo testigo, el consumo de alimento no se vio afectado; sin embargo, la conversión alimenticia disminuyó linealmente a la inclusión de los DDGS, esto debido a que la ganancia diaria de peso tuvo un efecto cuadrático mostrando el mejor comportamiento con la inclusión de 20 %. Dentro de la misma investigación, observaron que el azufre contenido en el hígado de los animales que consumían DDGS aumentó linealmente respecto al testigo, caso contrario al contenido de cobre el cual disminuyó linealmente. Los autores sugieren la inclusión de 20 % de DDGS en la dieta de ovinos en crecimiento, dado que la digestibilidad de la materia seca y de la grasa, disminuye con las inclusiones de 40 y 60 % de DDGS.

Huls *et al.* (2006), no encontraron diferencias en las variables productivas cuando sustituyeron la pasta de soya y una porción de grano de maíz en la dieta de engorda de corderos castrados por 23 % de DDGS, y mencionan que los corderos no manifestaron síntomas de acidosis, timpanismo o cálculos urinarios. En otro estudio realizado por Neville *et al.* (2011), mencionan que el consumo de DDGS hasta en 60 % de la dieta no resulta en incidencia de poliencfalomalacia, aunque la retención de azufre y la concentración de ácido sulfúrico en rumen aumentan linealmente a la inclusión de DDGS en la dieta.

El sustituir la harina de semilla de algodón como fuente de proteína por DDGS en la dieta de corderos de engorda, no afecta las características de la canal e incrementa cuadráticamente los isómeros de ácido linoleico conjugado, CLA *cis-9* y *trans-11* en el músculo *Longissimus dorsi* (Whitney y Braden, 2010). McEachern *et al.* (2009) indican que no se afecta la calidad de la lana con la sustitución total de la harina de semilla de algodón por DDGS en la dieta de corderos en crecimiento y que se mantienen los parámetros productivos con el beneficio de reducir los costos por concepto de alimentación.

De acuerdo a la revisión de literatura realizada, es importante destacar que el tipo y los niveles de inclusión de los DDGS pueden influir en la respuesta productiva de los ovinos así como en la calidad de la carne.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

- Evaluar el efecto de la inclusión de granos secos de destilería en la dieta de corderos en crecimiento, en la digestibilidad del alimento, respuesta productiva, calidad de la carne e indicadores económicos.

3.2. Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de la inclusión de granos secos de destilería en la dieta de corderos en crecimiento, en el consumo de alimento, ganancia diaria de peso y conversión alimenticia.
- Determinar el efecto de la inclusión de granos secos de destilería en la dieta de corderos en crecimiento, en la digestibilidad *in vitro* de la MS, digestibilidad total aparente de MS, FDN y FDA, y en las variables ruminales (pH, AGV y N-NH₃).
- Determinar el efecto de la inclusión de los granos secos de destilería en la dieta de corderos en crecimiento, en el color, textura y capacidad de retención de agua de la carne.
- Determinar el efecto de la inclusión de granos secos de destilería en la dieta de corderos en crecimiento y su relación con los costos de producción.

4. HIPÓTESIS

La inclusión de granos secos de destilería en la dieta de corderos en crecimiento mejora el comportamiento productivo, la calidad de la carne y los costos de producción.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Localización

El estudio se realizó en las instalaciones de la granja experimental del Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo, localizado en Montecillo, Estado de México, a una altitud de 2250 msnm y latitud N de 19° 23' 40'', latitud O 98° 53' 42.18''. El clima corresponde al más seco de los climas templados; la precipitación media anual es de 636.5 mm, con régimen de lluvias en verano y temperatura media anual de 15.2°C (García, 2004).

5.2. Periodo experimental y corderos

El experimento se realizó durante 56 días, previo al periodo experimental se adaptaron los corderos a las dietas experimentales durante 12 días.

Se utilizaron 27 corderos criollos enteros encastados con Rambouillet de 24 ± 2.41 kg PV inicial, los cuales fueron desparasitados con Ivermectina (Ivomec F[®]) al inicio del experimento a una dosis de 1 mL 50 kg⁻¹ PV vía subcutánea, se les aplicó vitaminas Vigantol ADE Fuerte[®] a una dosis de 2 mL animal⁻¹ vía intramuscular y fueron vacunados con la Bacterina Bovac 8[®] a una dosis de 2.5 mL animal⁻¹ vía intramuscular. Los animales fueron distribuidos aleatoriamente en jaulas metabólicas individuales. Se ofreció el alimento dos veces al día (9:00 y 16:00 h) en una proporción 60 y 40% respectivamente, así como agua a libre acceso. Antes de iniciar el experimento, los corderos se alimentaron con heno de avena por tres días, posteriormente se llevó a cabo una fase de adaptación ofreciendo la dieta experimental de manera gradual según se muestra en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Periodo de adaptación a las dietas experimentales

Día	Forraje	Dieta experimental
	----- % -----	-----
1-4	100	0
4-5	80	20
6-7	60	40
8-9	40	60
10-11	20	80
+12	0	100

A partir del día 12 se ofreció la dieta experimental a los corderos con el tratamiento específico.

5.3. Tratamientos experimentales

Se formularon las dietas experimentales (isoenergéticas e isoproteicas), de acuerdo a los requerimientos nutricionales para ovinos (NRC, 2007), con 15 % de forraje, en este caso rastrojo de maíz molido con criba de 4 cm, y 85 % de concentrado, el cual contenía 0, 20 y 40 % de granos secos de destilería (DDGS). Las dietas experimentales se muestran en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Composición de las dietas experimentales

Ingredientes	Tratamientos (BS)		
	Testigo	20 % DDGS	40 % DDGS
----- % -----			
DDGS	0	20	40
Maíz molido	47.3	39.6	30
Melaza	6	6	6
Pasta de soya	12.8	6.8	0
Salvado	7	5	5
Rastrojo de maíz	15	15	15
Gluten de maíz	7	4	1.5
Grasa de sobrepaso	2.4	1.1	0
Carbonato de calcio	1	1	1
Sal	0.5	0.5	0.5
Minerales*	1	1	1

*Ca, 24%; Cl, 12%; Mg, 2%; P, 3%; K, 0.50%; Na, 8%; S, 0.50%; Cr, 5 mg kg MS⁻¹; Co, 60 mg kg MS⁻¹; I, 100 mg kg MS⁻¹; Fe, 2000 mg kg MS⁻¹; Mn, 4000 mg kg MS⁻¹; Se, 30 mg kg MS⁻¹; Zn, 5000 mg kg MS⁻¹; Lasolacida, 2000 mg kg MS⁻¹; Vitamina A, 500 000 UI kg⁻¹; Vitamina D, 150 000 UI kg⁻¹; Vitamina E, 1000 UI kg⁻¹.

La composición química de las dietas y los DDGS se muestran en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Composición química determinada de las dietas experimentales y los DDGS

	Testigo	20 % DDGS	40% DDGS	DDGS
MS, %	94.39	95.21	94.25	92.42
PC, %	18.52	18.09	18.75	30.09
EE, %	3.20	3.78	4.48	6.93
FDN, %	22.04	29.41	31.70	39.95
FDA, %	13.80	16.05	16.32	18.84
Cenizas, %	6.28	6.56	6.38	5.04
EM, Mcal kg ⁻¹ *	2.92	2.92	2.92	3.3
Ca *	0.97	1.01	1.04	0.15
P *	0.61	0.62	0.64	0.78

*Calculado con base a las tablas del NRC (2007)

5.4. Variables evaluadas

5.4.1. Prueba de comportamiento

Consumo de materia seca (kg día⁻¹). Se determinó mediante la diferencia entre el alimento ofrecido y el alimento rechazado diariamente durante el periodo experimental.

Ganancia diaria de peso (kg día⁻¹). Se obtuvo de pesar los animales al inicio del experimento y posteriormente cada 14 días (previo ayuno).

Conversión alimenticia. Se calculó como la relación entre la cantidad de alimento consumido por día y la ganancia diaria de peso.

Características de la canal

Grasa dorsal y área del ojo de la costilla. Se midieron en cada animal utilizando un ultrasonido Sonovet 600 (Universal Medical System, Inc.) con transductor de 7.5 Mhz, entre la 12^{va} y 13^{va} costilla dos días antes del sacrificio (Delfa *et al.*, 1995).

Peso al sacrificio (PS). Los corderos se pesaron de forma individual después de 12 h de ayuno para ser conducidos a la sala de matanza. Al momento del sacrificio se pesó la sangre, piel, patas, cabeza, vísceras rojas y vísceras verdes.

Peso vivo vacío (PVV). Para su determinación, se pesaron las vísceras verdes llenas y posteriormente fueron lavadas con agua corriente para ser pesadas vacías.

Peso de la canal caliente (PCC) y fría (PCF). Una vez que se obtuvo la canal después del proceso de matanza, se pesó y metió en una cámara frigorífica a 5°C, para que 24 h *post mortem* se volviera a pesar.

El rendimiento de la canal se calculó en base a las siguientes fórmulas (Hernández *et al.*, 2009):

$$\begin{aligned}\text{Rendimiento de la canal caliente} &= \text{PCC/PS} \times 100 \\ \text{Rendimiento de la canal fría} &= \text{PCF/PS} \times 100 \\ \text{Rendimiento biológico en caliente} &= \text{PCC/PVV} \times 100 \\ \text{Rendimiento biológico en frío} &= \text{PCF/PVV} \times 100\end{aligned}$$

El pH y temperatura de las canales. Se midieron siguiendo el método propuesto por Guerrero *et al.* (2002), utilizando un potenciómetro portátil (HANNA, Mod. HI99163), equipado con un electrodo de penetración en el músculo *Longissimus dorsi* en el espacio intercostal entre la 12^{va} y 13^{va} costilla, directamente en la canal.

5.4.2. Análisis de laboratorio

El análisis químico bromatológico de las dietas se realizó en el Laboratorio de Nutrición Animal del Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Ganadería del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Estado de México.

La toma de muestra de las dietas experimentales fue 3 días posteriores a la preparación de las mismas y una vez iniciada la fase de engorda de los corderos, las muestras se tomaron de los sacos que contenían las dietas experimentales, en tres diferentes alturas para posteriormente mezclarlas y obtener una muestra representativa de cada dieta experimental. Las muestras se molieron en un molino marca Thomas Wiley (Model 4, Arthur H. Thomas Company, Philadelphia P.A., U.S.A.), con malla de 2 mm para que enseguida se determinará la materia seca, cenizas, proteína cruda y extracto etéreo (AOAC, 2005), fibra detergente neutro y fibra detergente ácido (Van Soest *et al.*, 1991).

Prueba de digestibilidad in vitro

La degradabilidad de la materia seca de las dietas se realizó *in vitro* (DIVMS), utilizándose la incubadora Daisy II[®] ANKOM[®] modelo D200. Se utilizaron 0.5 g de muestra por dieta experimental, colocadas en bolsas ANKOM[®] F57 de 5 x 4 cm, tamaño de poro de 25 µm y fabricadas de poliéster/polietileno con filamentos extruidos en una matriz de tres dimensiones (ANKOM Technologies, Macedon, NY, USA). Las horas de incubación fueron 3, 6, 9, 12, 24 y 48 h. Para esta prueba se utilizaron 3 ovinos machos Suffolk con cánula ruminal permanente los cuales se pesaron, y se les aplicó vitaminas y desparasitante al inicio del experimento. Tuvieron un periodo de adaptación de 12 días, cada uno asignado a una dieta experimental, durante este periodo se estimó el consumo para establecer la cantidad de alimento a ofrecer el siguiente día. La toma de líquido ruminal se realizó 5 días posteriores a que los borregos consumían sólo las dietas experimentales.

Digestibilidad total aparente de la materia seca, fibra detergente neutra y ácida, en base a la técnica cenizas insolubles en ácido (CIA).

La digestibilidad total aparente de la materia seca, se determinó utilizando la metodología propuesta por Keulen y Young (1977), se utilizaron 5 g de muestra por duplicado, tanto de heces por animal como de alimento, se colocaron en un crisol para secarlas a 100 °C, para determinar materia seca y posteriormente meter a la mufla a 450 °C durante 5 h. Las cenizas se colocaron en un vaso de 600 mL y se les agregó 100 mL de HCl 2 N, se hirvieron durante 5 min para posteriormente filtrar con papel Whatman 541. El papel filtro con los residuos se colocaron dentro de su respectivo crisol para meter nuevamente a la mufla a 450 °C durante 5 h y transcurrido este tiempo se metió a la estufa para volver a secar y pesar.

La fórmula que se utilizó para determinar el porcentaje de cenizas insoluble en ácido se describe a continuación:

$$\% \text{ CIA} = \frac{(\text{peso del crisol} + \text{cenizas}) - \text{peso del crisol}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

Para el cálculo de la digestibilidad total aparente de la materia seca se usó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ DIAMS} = 100 - 100 \frac{-(\% \text{ CIA en alimento})}{(\% \text{ CIA en heces})}$$

Para el cálculo de la digestibilidad total aparente de la fibra detergente neutra y ácida se usó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ DAFDN o FDA} = 100 - \frac{(\% \text{ marcador en el alimento})}{(\% \text{ marcador en heces})} * \frac{(\% \text{ nutrientes en heces})}{(\% \text{ nutrientes en alimento})} * 100$$

pH, nitrógeno amoniacal (N-NH₃) y ácidos grasos volátiles (AGV)

Para la determinación de estas variables se colectó líquido ruminal al momento del sacrificio de los corderos, al finalizar el experimento. El líquido ruminal se filtró usando una capa triple de manta cielo, y el pH se midió con un potenciómetro portátil (ORION, modelo SA 210). Posteriormente se colocaron 4 mL de líquido ruminal en un tubo de ensaye con 1 mL de ácido metafosfórico al 25% (v/v), para lograr una concentración de 4:1; las muestras se congelaron hasta su análisis.

Para determinar la concentración de AGV, las muestras se descongelaron y una alícuota de 1.5 mL se centrifugó a 12 000 rpm durante 10 minutos, se tomó el sobrenadante con una jeringa y se pasó por acrodiscos marca Waters (GHP ACRODISC 13) con un tamaño de poro de 0.45µm, para filtrar la muestra, esto debido a que contenían una capa de grasa, y una vez filtrado se colocaron en viales de vidrio de 1 mL para proceder a medir la concentración de AGV de acuerdo a lo propuesto por Erwin *et al.* (1961), utilizando 1 µL inyectado a un cromatógrafo de gases Perkin Elmer, modelo Claurus 500, con auto muestreador y equipado con una columna capilar FFAP con longitud de 15 m, temperatura del inyector de 240° C, detector de ionización de flama (FID) de 250° C y de horno 140° C con flujo de gases (H₂ y aire) de 40 mL min⁻¹ para el aire y 400 mL min⁻¹ para el hidrógeno.

La determinación de la concentración de N-NH₃ se realizó de acuerdo a McCollough (1967). Una muestra del líquido ruminal descongelada de 2 mL se centrifugó

a 3,000 rpm por 10 min, del sobrenadante se colectaron 20 µL y se depositaron en tubos de ensayo de 10 mL adicionando 1 mL de fenol y 1 mL de hipoclorito de sodio. Las muestras se incubaron en baño maría a 37° C por 30 min y se adicionaron 5 mL de agua destilada para diluir las muestras, se agitaron en un vortex (Genie 2, modelo G-560) y se realizó la lectura en un espectrofotómetro de luz ultravioleta visible CARY 1-E VARIAN a una DO de 630 nm.

5.4.3. Variables determinadas en la carne

El análisis fisicoquímico de la carne se realizó en el Laboratorio de Nutrición Animal del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Estado de México.

A las 24 horas *post mortem* se colectaron las muestras del músculo *Longissimus dorsi* provenientes de los 27 corderos de la prueba de comportamiento, se colocaron en bolsas de polietileno con cierre hermético y se conservaron en congelación a 4°C para su posterior análisis.

Se determinó el contenido de humedad, proteína cruda, cenizas y extracto etéreo (AOAC, 2005). El color se midió utilizando un colorímetro Minolta (Chroma Meter CR-200, Tokio, Japón), 3 días después del sacrificio, para ello se realizaron cortes de 1 cm de grosor y 7 cm de diámetro, libres de grasa, burbujas y sangre. Se tomó la lecturas de cada muestra, para registrar los valores de *L, *a y *b, que representan luminosidad, índice de rojo e índice de amarillo, respectivamente.

La resistencia al corte se realizó 7 días después del sacrificio, con una navaja Warner-Bratzler en un analizador de textura TA-XT2 (Texture Technologies Corp., Scarsdale, NY), la resistencia al corte se midió en carne cruda, se cortaron cubos de 1 cm², las muestras se colocaron en el analizador de textura con las fibras del músculo transversalmente al filo de la navaja y se reporta la fuerza máxima para cortar la muestra al aplicarse una fuerza conocida (Guerrero *et al.*, 2002).

La capacidad de Retención de agua se realizó utilizando la metodología modificada propuesta por Guerrero *et al.* (2002). Se usaron 2 g de carne, los cuales se molieron en un mortero, se colocaron en un tubo de centrifuga añadiéndoles 8 mL de solución de cloruro de sodio al 0.6 molar y se agitó con una varilla de vidrio durante 1 min, se dejó reposar en

baño de hielo por 30 min y se agitó de nuevo 1 min. Posteriormente se agitó 1 min para meterlos a centrifugar por 15 minutos a 10 mil revoluciones por minuto. Se decantó el sobrenadante y se midió el volumen, el cual se reportará como la cantidad de agua retenida.

5.4.4. Variables económicas

Se determinaron los ingresos tomando en cuenta el precio de venta de los corderos y el peso vivo final promedio, para los egresos se consideraron los costos por concepto de corderos flacos y su peso vivo inicial, manejo (vacuna, desparasitante y vitaminas) y alimentación sólo durante la fase experimental de 56 d. Se calculó la utilidad por cordero, la utilidad por kg de peso ganado y la relación beneficio:costo.

5.5. Diseño experimental

Los datos se analizaron de acuerdo a un diseño completamente al azar con tres tratamientos y nueve repeticiones, utilizando el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS (SAS, 2002), y para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1992).

6. RESULTADOS

6.1. Comportamiento productivo

Los tratamientos no afectaron ($P>0.05$) ninguna de las variables evaluadas en el comportamiento productivo (Cuadro 7).

Cuadro 7. Efecto de la inclusión de los DDGS en la dieta de corderos en engorda en el comportamiento productivo.

Variable	Testigo	20% DDGS	40% DDGS	EEM	P>F
Peso vivo inicial, kg	23.78	24.17	24.06	0.833	0.94
Peso vivo final, kg	38.48	38.12	39.11	1.004	0.78
CMS, kg	1.337	1.261	1.281	0.036	0.32
GDP, kg	0.263	0.249	0.269	0.015	0.65
CMS/GDP	5.569	5.389	5.111	0.281	0.52

CMS, Consumo de Materia Seca; GDP, Ganancia diaria de peso; CMS/GDP, Conversión alimenticia; EEM, Error estándar de la media; P>F, Nivel de significancia.

6.2. Variables ruminales, degradabilidad *in vitro* de la MS y digestibilidad total aparente de la MS, FDN y FDA

Las variables ruminales no fueron diferentes ($P>0.05$) entre tratamientos (Cuadro 8).

Cuadro 8. Efecto de la inclusión de los DDGS en la dieta de corderos en el pH, concentración de ácidos grasos volátiles y nitrógeno amoniacal.

Variable	Testigo	20% DDGS	40% DDGS	EEM	P>F
pH líquido ruminal	6.41	6.83	6.65	0.124	0.07
AGV totales mmol L ⁻¹	52.51	41.18	47.46	3.633	0.11
Acetato, %	59.19	59.81	60.58	1.335	0.76
Propionato, %	30.38	27.52	27.44	1.543	0.32
Butirato, %	10.43	12.67	11.98	0.965	0.26
A/P	2.01	2.22	2.29	0.154	0.39
N-NH ₃ , mg dL ⁻¹	37.63	41.61	37.43	1.237	0.67

EEM, Error estándar de la media; P>F, Nivel de significancia.

La digestibilidad total aparente de la MS fue menor ($P<0.05$) en la dieta con 40% de DDGS, no siendo diferente entre las dietas testigo y 20 % de DDGS. La digestibilidad total aparente de FDN (DAFDN) y de FDA (DAFDA) fue mayor ($P<0.05$) en la dieta con 20 % de DDGS que en el testigo, pero no diferente con la dieta con 40 % de DDGS (Cuadro 9).

Cuadro 9. Efecto de la inclusión de DDGS en la dieta de corderos en la digestibilidad total aparente de la MS, FDN y FDA.

Variable	Testigo	20% DDGS	40% DDGS	EEM	P>F
DIAMS	73.810 ^a	76.288 ^a	70.141 ^b	0.819	<0.0001
DAFDN	43.338 ^b	49.470 ^a	45.144 ^{ab}	1.641	0.04
DAFDA	37.225 ^b	44.844 ^a	40.414 ^{ab}	1.672	0.01

^{a,b} Medias con literales distintas en la misma hilera son diferentes (P<0.05); DIAMS, Digestibilidad total aparente de la materia seca; DAFDN, Digestibilidad de la fibra detergente neutro; DAFDA, Digestibilidad de la fibra detergente ácida; EEM, Error estándar de la media; P>F, Nivel de significancia.

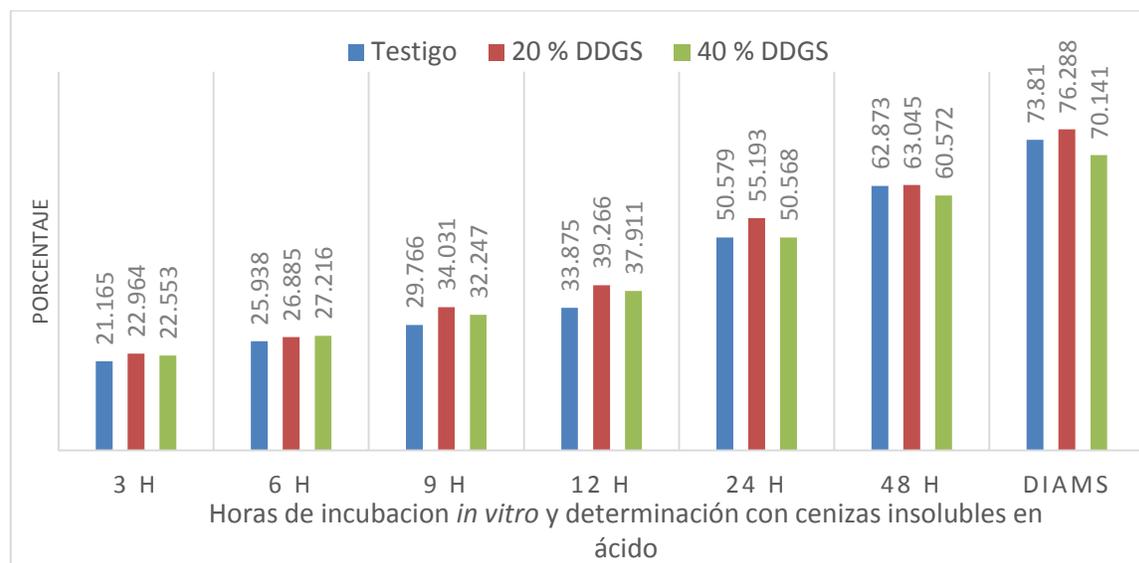
No hubo diferencias (P>0.05) en la degradabilidad *in vitro* de la MS (DIVMS), a las 3, 6, 24 y 48 h, pero a las 9 y 12 h, fue mayor (P<0.05) en la dieta con 20 % de DDGS respecto al testigo, no siendo diferente con la dieta con 40 % de DDGS (Cuadro 10).

Cuadro 10. Efecto de la inclusión de DDGS en la dieta de corderos en la degradabilidad *in vitro* (%) de la MS

Incubación H	Testigo	20 % DDGS	40 % DDGS	EEM	P>F
3	21.165	22.964	22.553	0.7087	0.204
6	25.938	26.885	27.216	0.8641	0.567
9	29.766 ^b	34.031 ^a	32.247 ^{ab}	0.8204	0.007
12	33.875 ^b	39.266 ^a	37.911 ^a	1.0708	0.007
24	50.579	55.193	50.568	1.4000	0.051
48	62.873	63.045	60.572	1.2270	0.310
Kd	11.66	15.98	13.28		

^{a,b} Medias con literales distintas en la misma hilera son diferentes (P<0.05); EEM, Error estándar de la media; P>F, Nivel de significancia.

Figura 3. Degradabilidad *in vitro* (DIVMS) y digestibilidad aparente de la materia seca (DIAMS) de las dietas experimentales



6.3. Características de la canal

En las características de la canal no se observaron diferencias ($P>0.05$) entre tratamientos (Cuadro 11).

Cuadro 11. Efecto de la inclusión de los DDGS en la dieta de corderos en las características de la canal.

Variable	Testigo	20% DDGS	40% DDGS	EEM	P>F
PS, kg	34.64	34.61	35.48	1.028	0.79
PV, kg	31.15	30.94	31.21	0.857	0.97
PCC, kg	18.26	18.14	18.34	0.408	0.91
PCF, kg	17.82	17.79	17.60	0.429	0.87
RCC, %	52.78	52.52	51.81	0.648	0.56
RBCC, %	58.67	58.68	58.88	0.703	0.97
RCF, %	51.51	50.91	50.26	0.605	0.36
RBCF, %	57.26	56.89	57.12	0.641	0.92
GD, mm	2.78	2.56	2.67	0.164	0.64
AOC, mm ²	919.89	862.22	956.11	42.045	0.29
pH sacrificio	6.78	6.77	6.81	0.098	0.97
pH 24 h <i>post mortem</i>	6.22	6.12	6.27	0.132	0.71

PS, Peso al sacrificio; PV, Peso vacío; PCC, Peso de la canal caliente; PCF, Peso de la canal fría; RCC, Rendimiento de la canal caliente; RBCC, Rendimiento biológico de la canal caliente; RCF, Rendimiento de la canal fría; RBCF, Rendimiento biológico de la canal fría; GD, Grasa dorsal; AOC, Área del ojo de la costilla; EEM, Error estándar de la media; P>F, Nivel de significancia.

6.4. Variables determinadas en la carne

No hubo diferencias ($P>0.05$) entre tratamientos en la composición y características físico-químicas de la carne de los corderos (Cuadro 12).

Cuadro 12. Efecto de la inclusión de DDGS en la dieta de corderos en la composición y características físico-químicas de la carne.

Variable	Testigo	20% DDGS	40% DDGS	EEM	P>F
Humedad, %	78.20	78.90	77.37	0.663	0.28
Proteína, %	21.59	22.03	22.09	0.188	0.13
Extracto Etéreo, %	12.87	12.24	14.15	1.058	0.43
Cenizas, %	3.97	4.10	3.91	0.173	0.72
Color					
L *	38.37	40.82	39.96	0.707	0.06
a *	18.29	18.88	18.70	0.223	0.17
b *	3.94	4.90	4.44	0.357	0.18
Resistencia al corte					
Carne cruda $\text{kg (cm}^2\text{)}^{-1}$	1.68	1.73	1.78	0.063	0.49
CRA, $\text{mL } 100 \text{ g}^{-1}$ carne	20.00	20.00	20.15	1.205	0.99

L*, Luminosidad: de 0= negro a 100= blanco; a*, índice rojo de la carne: de 0= verde a 100= rojo; b*, índice amarillo de la carne: de 0= azul a 100= amarillo; CRA, Capacidad de retención de agua; EEM, Error estándar de la media; P>F, Nivel de significancia.

6.5. Análisis económico

En el Cuadro 13 se presenta el análisis económico de la inclusión de los DDGS en la dieta de corderos. El precio de los corderos flacos fue de \$ 37.00 por kg PV, mientras que el de venta fue de \$38.00. La utilidad por cordero se calculó restando los egresos al total de ingresos; la utilidad por kilogramo ganado se calculó dividiendo la utilidad por cordero entre la diferencia del peso vivo inicial y el peso vivo final; la relación beneficio-coste, se calculó dividiendo los ingresos entre el total de egresos.

Cuadro 13. Análisis económico de la inclusión de los DDGS en la dieta de corderos

Concepto	Testigo	20% DDGS	40% DDGS
Egresos			
Alimentación			
Días en engorda	56.00	56.00	56.00
Costo dieta Kg ⁻¹ , \$	5.94	5.45	4.97
CMS*	1.42	1.31	1.35
Costo total, \$	472.35	399.81	375.73
Manejo			
Desparasitante, \$	1.48	1.48	1.48
Vitamina, \$	5.40	5.40	5.40
Bacterina, \$	14.88	14.88	14.88
Animales			
Corderos flacos, \$	879.86	894.29	890.22
Total de Egresos	1373.97	1315.86	1287.71
Ingresos			
Corderos finalizados	1462.24	1448.56	1486.18
Utilidades			
Utilidad cordero ⁻¹ , \$	88.27	132.70	198.47
Utilidad kg ganado, \$	6.00	9.51	13.19
Beneficio:costo, \$	1.06	1.10	1.15

*CMS=Consumo de materia seca

7. DISCUSIÓN

7.1. Comportamiento productivo, variables ruminales, degradabilidad *in vitro* de la MS y digestibilidad total de la MS, FDN y FDA

El promedio de consumo de materia seca (CMS) reportado en esta investigación fue similar al observado por Félix *et al.* (2012), quienes no encontraron diferencias ($P>0.05$) entre tratamientos en el CMS cuando incluyeron 0, 20, 40 y 60 % de DDGS en la dieta de corderos castrados y corderas en crecimiento. En el presente estudio, se tuvo 1.36 kg CMS en promedio, el cuál difiere del 1.8 kg reportado por Schauer *et al.* (2008), y quienes observaron un incremento lineal del CMS a la inclusión de DDGS en la dieta. Esta diferencia puede ser debido a la diferencia en el peso vivo inicial de los corderos en ambos experimentos, mientras que en este estudio el PVI fue de 24 kg, Schauer *et al.* (2008) utilizaron corderos con un PVI de 32 kg.

Los resultados muestran que no se afectó la ganancia diaria de peso (GDP), ni la conversión alimenticia (CA) de los corderos, a pesar de que la digestibilidad total aparente de la MS fue menor en el tratamiento con 40 % de DDGS respecto al de 20 % y testigo; sin embargo, las variables ruminales (pH, AGV y N-NH₃) no se afectaron entre tratamientos, aunque la concentración total de AGV tendió a disminuir con 20 % de DDGS.

La tendencia de aumento en la proporción de ácido acético en los tratamientos que incluían DDGS respecto al testigo, indica que la fibra proveniente de los mismos es más digestible que la del maíz (testigo), lo cual se observó en la mayor digestibilidad de la FDN y FDA de las dietas conteniendo DDGS con un pH ruminal similar. Es probable que esto haya permitido que los corderos tuvieran una aportación constante de energía a nivel de rumen para la síntesis de proteína microbiana, conjuntamente con la aportación de nitrógeno de la dieta, pues la concentración de N-NH₃ no fue diferente entre tratamientos, lo que, posiblemente, permitió que el aporte de nutrimentos al tracto digestivo posterior fuera similar y, por lo tanto, no se hayan detectado diferencias en las ganancias de peso.

Es importante destacar que tanto la fuente como el nivel de inclusión de DDGS pueden influir en la respuesta productiva de los corderos.

En este estudio se utilizaron DDGS de maíz con niveles de inclusión del 20 y 40 %. Respecto al nivel de inclusión, Van Emon *et al.* (2012) reportaron que al aumentar del 25 al 50 % de DDGS, el CMS y GDP de corderos disminuyeron; sin embargo, la eficiencia alimenticia no se afectó. Estos resultados coinciden con los de la presente investigación, pues los niveles de inclusión de DDGS fueron inferiores al 50 % en las dietas, no observándose diferencias en el CMS, GDP y CA.

Respecto al tipo de DDGS, McKeown *et al.* (2009), mencionaron que el CMS y la GDP, no son afectadas cuando se utiliza el 20 % de DDGS de diferentes materias primas (maíz, trigo y triticale) en dietas para corderos en crecimiento. Estos resultados coinciden con los del presente estudio en el cual se utilizaron DDGS de maíz.

Sin embargo, Ávila-Stagno *et al.* (2013), incluyeron DDGS de trigo en la dieta de corderos en crecimiento y observaron una disminución lineal en el CMS y GDP de los corderos, pero contrastan con los reportados por Schauer *et al.* (2008), quienes no encontraron diferencias en GDP y eficiencia alimenticia en corderos castrados y corderas, cuando se sustituyó la pasta de soya y parte del grano de cebada con niveles crecientes de DDGS en la dieta de crecimiento para corderos. Huls *et al.* (2006) no observaron diferencias en GDP y eficiencia alimenticia cuando sustituyeron la pasta de soya por DDGS en la dieta de crecimiento de corderos, mientras que Félix *et al.* (2012) observaron un efecto cuadrático en la GDP a la inclusión de DDGS, mostrando el mejor valor (0.358 kg) cuando se incluyó el 20 % de DDGS comparado con el testigo (0.318 kg) y la inclusión de 40 % de DDGS (0.305 kg), estas GDP influyeron en el peso final que tuvo efecto cuadrático también y dónde los corderos alimentados con la dieta que incluía 20 % de DDGS tuvieron 4.9 kg más de peso final en promedio.

Las diferencias de resultados reportados indican que la degradabilidad en el rumen de la MS, así como de la fibra de las dietas puede ser afectada por el nivel de inclusión y tipo de DDGS, y por lo tanto, las concentraciones de metabolitos como AGV y N-NH₃ en el rumen pueden ser diferentes repercutiendo esto en el comportamiento productivo de los corderos.

En cuanto a la concentración de AGV, Ávila-Stagno *et al.* (2013), reportaron que la concentración total de AGV se redujo conforme se incrementaron en la dieta los DDGS de trigo, mientras que el propionato tuvo un comportamiento cuadrático, y deducen que este comportamiento se pudo deber a la disminución del consumo de MS en los corderos a los que se les incluyó mayor cantidad de DDGS de trigo en la dieta. La concentración total de AGV, no se afectó cuando se incluyó 20 % de DDGS en la dieta de corderos, pero si aumentó la concentración de propionato, respecto a la dieta testigo (McKeown *et al.*, 2009). Contrario a este reporte, en el presente estudio no se encontró ese aumento en la concentración de propionato con el tratamiento de 20 % de DDGS.

La concentración de nitrógeno amoniacal (N-NH₃) en el medio ruminal es variable y está influenciada por factores como el contenido de proteína en la dieta y la eficiencia de degradación de la misma por los microorganismos ruminales, así como la absorción de N-NH₃ a través de la pared ruminal y su incorporación a proteína microbiana (Abdoun *et al.*, 2007). La inclusión de DDGS en la dieta de corderos en crecimiento no produjo cambios significativos en los niveles de N-NH₃ (P>0.05). Estos resultados son similares a lo reportado por McKeown *et al.* (2009) quienes no encontraron diferencias cuando incluyeron 20 % de DDGS en la dieta de corderos en crecimiento, en pruebas de fermentación ruminal *in vitro*.

El no encontrar diferencias en la concentración de N-NH₃ puede explicarse debido a que el pH ruminal entre tratamientos tampoco fue diferente (P>0.05), ya que éste afecta la tasa de absorción de N-NH₃ pues a pH 6.5 o superior, la absorción es rápida y por el contrario con pH bajo 5.5-4.5 se torna drásticamente lenta; además a medida que el pH ruminal es estable y mientras se mantenga dentro de un intervalo de 6.5-7.0 la fermentación proteica de los microorganismos ruminales es eficiente (Martineau *et al.*, 2011).

Montalbetti (2009) mencionó que con dietas bajas en fibra, los animales tienden a masticar y salivar menos, así como producir más AGV provocando variaciones de pH el cual puede descender a niveles de 5.5, siendo más evidente esta situación 3 horas post alimentación. Además, se reporta que la depresión de pH puede ser mayor y más rápida en granos procesados, por la presencia de carbohidratos altamente fermentables (Beauchemin y Yang, 2005).

El pH de líquido ruminal reportado, concuerda con lo observado por Neville *et al.* (2011), quienes no encontraron diferencias entre tratamientos utilizando 0, 20, 40 y 60 % de DDGS en la dieta de corderos en crecimiento. Yahaghi *et al.* (2013) utilizando diferentes fuentes de almidón en dietas altas en concentrado, reportan valores de pH de líquido ruminal similares a los del presente estudio (6.63 promedio); valor que entra dentro del rango al que generalmente se encuentra el pH en líquido ruminal, que es de 6-7 (Yokoyama y Johnson, 1988).

Estos valores de pH difieren a los que se supondría se obtendrían en este estudio, dada la alimentación que se les proporcionaba a los corderos, con una dieta alta en concentrado y con los DDGS un producto procesado, lo cual hacía suponer que se obtendrían valores de pH ruminal menores a los encontrados.

Este panorama se pudiera explicar dado el momento en el que se dio el muestreo de líquido ruminal, el cual fue al momento del sacrificio de los corderos y es probable que dado el ayuno que tuvieron, propició que no se tuviera el suficiente sustrato para que los microorganismos ruminales lo fermentaran y el pH del líquido ruminal descendiera. McKeown *et al.* (2009) en un estudio de degradabilidad *in vitro* no encontraron diferencias en pH, cuando incluyeron 20 % de DDGS de diferentes materias primas

Getachew *et al.*, (2004) mencionan que a pesar del alto contenido de aceite en DDGS de maíz no se afecta la fermentación microbiana. Sin embargo, en este estudio se encontraron diferencias en la digestibilidad total aparente de la materia seca (DIAMS), siendo mayor en la dieta con 20 % de DDGS (76.28 %) que en la dieta testigo (73.81 %), y disminuyó con la inclusión de 40% (70.141%).

La disminución en la DIAMS en el tratamiento con 40 % de DDGS coincide con lo mencionado por Félix *et al.* (2012), quienes reportaron que con 40 % de DDGS, la digestibilidad disminuyó del 79.64 al 75.18 %, lo que equivale al 5.6 % de disminución respecto al testigo, teniendo un efecto lineal a la inclusión de DDGS, ya que con 60 % de DDGS en la dieta (máxima inclusión) determinaron 72.72 % de digestibilidad de la MS. Los mismos autores reportan no haber encontrado diferencias entre tratamientos en la digestibilidad de FDN y FDA, diferente a lo reportado en el presente estudio, dónde la dieta

con 20 % de DDGS tuvo mayor DAFDN y DAFDA respecto al testigo pero similar al 40 % de DDGS. La mayor DIAMS en la dieta con 20 % de DDGS fue debido a que la FDN y FDA contenida en el alimento fue más digestible, esto puede explicar por qué las GDP fueron similares entre tratamientos a pesar de que en el tratamiento con 20 % de DDGS tendió a disminuir el CMS y CA.

La diferencia encontrada en la DIAMS, se correlaciona con la degradabilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS), debido a que la dieta que incluía 20 % de DDGS tuvo mayor degradabilidad en los horarios donde se encontraron diferencias ($P < 0.05$) que fueron a las 9 y 12 h de incubación, y a que la menor degradabilidad a las 48 h de incubación fue para la dieta con 40 % de DDGS, la cual también tuvo la menor DIAMS, explicado también por el mayor valor de tasa de digestión de la MS (Kd) en la dieta con 20 % de DDGS.

La DIVMS disminuye conforme se incluyen más DDGS de trigo en la dieta para corderos en crecimiento, esto con un tiempo de incubación de 48 h, teniendo en promedio 64.5 % de DIVMS entre tratamientos (Ávila-Stagno *et al.*, 2013). McKeown *et al.* (2009), reportan que no encontraron diferencias en la DIVMS, cuando incluyeron 20 % de DDGS en la dieta de corderos en crecimiento, el tiempo de incubación que utilizaron fue de 24 h, obteniendo en promedio 76.4 % DIVMS.

7.2. Características de la canal

Zea *et al.* (2007), reportaron que uno de los factores que puede afectar las características de la canal es el manejo nutricional, ya que con dietas altas en concentrado la ingestión de energía aumenta, la carne y hueso en la canal disminuyen y la grasa tiende a incrementarse.

Dadas las condiciones y las dietas experimentales en este estudio, las cuales tenían un aporte nutricional similar, no se encontraron diferencias en las características de la canal. Sin embargo, Huls *et al.* (2006) mencionan que sustituyendo la pasta de soya de la dieta por DDGS se disminuye la grasa dorsal de los corderos.

Félix *et al.* (2012), concluyeron que se pueden utilizar hasta el 60 % de DDGS en la dieta de corderos en crecimiento, sin afectar el CMS pero disminuyendo la GDP y afectando el grado de marmoleo de la canal e incluso disminuyendo el peso de la canal

caliente, esta disminución también es reportada por Ávila-Stagno *et al.* (2013) cuando incluyeron DDGS de trigo en la dieta de corderos en crecimiento.

No obstante, las diferencias en los resultados reportados en los estudios antes mencionados, otros reportan que las características de la canal no se afectan cuando se incluyen DDGS en la dieta de corderos en crecimiento (Schauer *et al.*, 2008; Van Emon *et al.*, 2012) o cuando los DDGS sustituyen la pasta de semilla de algodón en la dieta (Whitney y Braden, 2010). Jenkins *et al.* (2011) incluyeron en la dieta de novillos 20 % de DDGS, y no encontraron diferencias en las características de la canal.

El pH (6.7) de las canales a pesar de que fue similar entre tratamientos en este estudio, se observó un descenso del mismo a las 24 h *post mortem*, lo cual se explica por la transformación del glucógeno en ácido láctico vía glucólisis anaerobia (Prändl *et al.*, 1994) y que el valor promedio de pH obtenido de 6.2 entra dentro de un rango intermedio, descrito por Guerrero *et al.* (2002). Jacob *et al.* (2005) señalan que los tres rangos de pH final en carne son: normal (<5.8), intermedio (5.8-6.2) y alto (>6.2), las carnes con pH entre 5.4 y 5.6 son las más deseables y Prändl *et al.* (1994), concluyen que con un pH de 6.4 o superior el peligro de alteración bacteriana es alto.

Cabe mencionar que la explicación probable por la cual no descendió el pH en las canales como se esperaba en este estudio, fue debido a que los corderos al estar en jaulas metabólicas y llevarlos al rastro donde se reunieron en un corral previo al sacrificio, propició la competencia entre ellos por el espacio y agua, causando mayor estrés del esperado. Félix *et al.* (2012) reportaron un pH promedio *post mortem* a las 24 h de 5.55 utilizando niveles crecientes de DDGS en la dieta de corderos en crecimiento. Resultado que no coincide con lo reportado en esta investigación.

7.3. Variables determinadas en la carne

La humedad y el contenido de proteína de la carne reportados en el presente estudio, son similares a los que señalan Faria *et al.* (2012), 77.5 y 20.85 % respectivamente, en donde utilizaron cruza de corderos de lana pastoreando trébol. En otros estudios utilizando corderos de pelo han reportado valores similares (77 % de humedad y 21.9 % de proteína)

(Priolo *et al.*, 1998; Reséndiz, 2011; Ayala, 2013), lo que hace inferir que el valor nutrimental de la carne es difícil de modificar con la alimentación.

El contenido de extracto etéreo de la carne de corderos alimentados a base de concentrados es alrededor de 11.3 % (Cano *et al.*, 2003); valor inferior a lo obtenido en este estudio que en promedio fue de 13.08, quizá este contenido de extracto etéreo, entendido como la concentración de grasa o lípidos en el tejido animal (Martínez *et al.*, 2010), influenciado por el contenido de grasa en los DDGS, ya que numéricamente la carne con mayor contenido de grasa fue la de los corderos alimentados con 40 % de DDGS, teniendo un contenido de 14.15 % el cual fue 1.28 puntos porcentuales mayor al testigo.

El contenido de cenizas de la carne en este estudio, es similar a lo reportado por Ayala (2013) y Hernández (2011) pero en ovinos de pelo, mientras que difiere de lo reportado por Faria *et al.* (2012) quienes reportan 1.11 % en cruces de corderos de lana.

Los valores de los índices de color, son similares a los reportados por Ekiz *et al.* (2012) en corderos de la raza Kivircik cuando compararon sistemas de explotación, obteniendo en el sistema intensivo valores para $L^*=40.12$, $a^*=13.52$ y $b^*=2.49$.

A pesar de que el color no tuvo diferencias significativas, la carne de los corderos alimentados con 20 % de DDGS tuvo el valor más alto en luminosidad (L^*) con 40.82, seguido de la inclusión de 40 % de DDGS en la dieta con 39.96, similar a lo reportado por Félix *et al.* (2012) quienes encontraron un efecto lineal en la luminosidad a la inclusión de DDGS en la dieta de corderos en crecimiento, obteniendo el valor más alto con 60% de DDGS ($L^*=41.14$) y para el testigo el valor más bajo ($L^*=39.92$); aunque estas diferencias las detectaron sólo con el colorímetro, pues en el panel sensorial que realizaron no hubo diferencias en la percepción de los consumidores. El color de la carne de novillos alimentados con 15 % de DDGS en la dieta fue similar en todos los índices del color (Gill *et al.*, 2008).

Teixeira *et al.* (2012), reportan datos similares para resistencia al corte (1.62 kg cm^2), a los reportados en el presente estudio, ellos probando diferentes proporciones de paja en la dieta de corderos en crecimiento, sobre la calidad de la carne y bienestar animal. Reséndiz (2011) encontró valores para resistencia al corte en promedio de 1.4 kg cm^2

cuando incluyó diferentes niveles de alfalfa en dietas para corderos de pelo en finalización; resultados diferentes muestran los trabajos de Cano *et al.* (2003) y Garibotto *et al.* (2003) quienes encontraron valores de 3.87 y 5.25 kg cm² en carne de corderos de lana. Las diferencias se pueden deber al tiempo en el que se determinó la resistencia al corte, ya que estos autores lo hicieron 24 horas después del sacrificio y en el presente estudio el día 7 posterior al mismo. Los DDGS al sustituir la pasta de semilla de algodón en la dieta de corderos, mejora la jugosidad de la carne en un panel sensorial (Whitney and Braden, 2010).

La capacidad de retención de agua (CRA) no fue diferente entre tratamientos con un promedio de 20.05 mL, similar a la reportado por Reséndiz (2011) de 18.5 mL en corderos de pelo, el no encontrar diferencias se le atribuye a que el pH en la carne tampoco varió, dado que este interfiere de manera directa con la CRA pues a pH alto (>6) o por debajo del punto isoeléctrico de la actimiosina (aproximadamente 5) la CRA será mayor, en cambio si se aproxima a este punto isoeléctrico la CRA será menor (Félix *et al.*, 2001).

7.4. Análisis económico

El costo del manejo se estimó de acuerdo a los precios de los productos utilizados y las dosis requeridas por animal, obteniendo que el costo por aplicación para el desparasitante fue de \$1.48, para las vitaminas ADE fue de \$5.4 y para la bacterina fue de \$14.88 (Cuadro 13). La inclusión de DDGS en la dieta de corderos en crecimiento disminuyó el costo por concepto de alimentación en la prueba de comportamiento, debido a que el costo de la dieta disminuyó \$0.49 kg⁻¹ y \$0.97 kg⁻¹ incluyendo 20 % de DDGS y 40 % de DDGS respectivamente. Esta situación derivó en una mayor utilidad por cordero en la dieta con 40 % de DDGS obteniéndose \$198.47, que comparada con la dieta testigo que generó \$88.27 es una diferencia importante, reflejada también en la utilidad por kilogramo de peso ganado, lo que permite justificar el uso de los DDGS para disminuir los costos de alimentación y hacer más redituable una engorda de corderos.

Huls *et al.* (2006) concluyen que la sustitución de pasta de soya y maíz por DDGS es una buena alternativa para disminuir los costos por concepto de alimentación sin afectar el comportamiento productivo ni las características de la canal de los corderos en crecimiento.

8. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones experimentales que se realizó el presente estudio se concluye que:

La inclusión de 20 o 40 % de DDGS en la dieta de corderos en crecimiento, no afectó el consumo de alimento, la ganancia diaria de peso ni la CMS/GDP.

La inclusión de 40 % de DDGS en la dieta de corderos en crecimiento, disminuyó la digestibilidad total aparente de la MS.

La inclusión de DDGS en la dieta de corderos en crecimiento aumentó la digestibilidad aparente de la FDN y FDA.

La inclusión de 20 % o 40 % de DDGS no afectó la concentración total de AGV, ni las proporciones de los mismos.

La inclusión de 20 o 40 % de DDGS en la dieta de corderos en crecimiento, no afectó la concentración de N-NH₃, ni el pH ruminal.

Las características de la canal y la calidad de la carne no se afectaron por la inclusión de 20 o 40 % de DDGS en la dieta de corderos en crecimiento.

La inclusión de 20 o 40 % de DDGS disminuyó el costo de alimentación, y aumentó la utilidad por cordero y la utilidad por kilogramo de peso vivo incrementado.

9. LITERATURA CITADA

- Abdoun K., F. Stumpff, and H. Martens. 2007. Ammonia and urea transport across the rumen epithelium: a review. *Anim. Health Res. Rev.* 7:1-17.
- 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.
- AOAC. 2005. Official Methods of Analysis. Edition 18. Association of Official Analytical Chemists. Washington, 29 DC, EE.UU. 1928 p.
- ASERCA, 2012. Síntesis informativa nacional sobre los principales cultivos. Dirección de Estudios y Análisis de Mercados. Dirección General de Operaciones Financieras. México. Disponible en: <http://www.infoaserca.gob.mx/boletineszip/SintesisNal.asp>
Con acceso el 28 de agosto de 2013.
- Auld D. 2012. The Economics of Ethanol, Agriculture and Food. *Journal of Sustainable Development.* Doi:10.5539/jsd.v5n8p136.
- Ávila-Stagno J., A. Chaves V., M. He L., and T. McAllister A. 2013. Increasing concentrations of wheat dry distillers grains with solubles in iso-nitrogenous finishing diets reduce lamb performance. *Small Ruminant Research* 114:10-19.
- Ayala M. M. A. 2013. Inclusión de taninos en la dieta de ovinos en finalización: respuesta en calidad de la carne. Tesis de Maestría. Postgrado en Ganadería. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de Méx. 55 p.
- Babcock A., A., D. Hayes J., and J. Lawrence, D. 2008. Using distillers 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., and N. M. Dale. 2006. True metabolizable energy and amino acid digestibility of distillers dried grains with solubles. *Journal of Applied Poultry Research*. 15:89-93.
- Beauchemin K. A., and Z. Yang W. 2005. Effects of physically effective fiber on intake, chewing activity, and ruminal acidosis for dairy cows fed diets based on corn silage. *J. Dairy Sci.* 88:2117-2129.
- Buckner C., D., L. Mader T., E. Erickson G., L. Colgan S., R. Mark D., R. Bremer V., K. Karges K., and L. Gibson M. 2008. Evaluation of dry distillers grains plus solubles inclusion on performance and economics of finishing beef steers. *Prof. Anim. Scientist* 20 (2008):404-410.
- Carter C., G. Rausser, and A. Smith. 2012. The effect of the U. S. ethanol mandate on corn prices. Department of Agricultural and Resource Economics, UC Davis. U. S. Wn línea: http://agecon.ucdavis.edu/people/faculty/aaron-smith/docs/Carter_Rausser_Smith_Ethanol_Paper_submit.pdf Con acceso el 29 de agosto de 2013.
- Cano E. T., F. Peña B., I. Martos P., V. Domenech G., M. J. Alcalde A., A. García M., M. Herrera G., E. Rodero S., y R. Acero C. 2003. Calidad de la canal y de la carne en corderos ligeros de raza Segureña. *Arch. Zootec.* 52:315-326.
- 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.Davis--Dry&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., 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 meat quality of yearling heifers. *J. Anim. Sci.* as doi.10.252/jas.2008-1496.
- Delfa R., A. Texeira, C. González, and I. Blasco. 1995. Ultrasonic estimates fat thickness and *Longissimus dorsi* muscle depth for predicting carcass composition of live Aragon lambs. *Small Ruminant Res.* 16:159-164.
- Ekiz B., A. Yilmaz, M. Oscan, and O. Kocak. 2012. Effect of production system on carcass measurements and meat quality of Kivircik lambs. *Meat Science.* 90:465-471.
- Erwin E. S., J. Marco G., and E. Emery. 1961. Volatile fatty acid analysis of blood and rumen fluid by gas chromatography. *J. Dairy Sci.* 44: 1768-1771.
- FAO. 2012a. Statistical data base. Food Agriculture Organization of the United Nations. En línea: <http://faostat.fao.org/site/406/default.aspx> Con acceso el 28 de agosto de 2013.
- FAO. 2012b. Biofuel co-products as livestock feed – Opportunities and challenges, Edited by Harinder P. S. Makkar. Rome. 554 p.
- Faria B. P., M. Bressan C., J. Vieira O., J. Vicente-Neto, S. P. Ferrão B., F. Rosa C., M. Monteiro, M. Cardoso G., and L. Gama T. 2012. Meat quality and lipid profiles in crossbred lambs finished on clover-rich pastures. *Meat Science.* 90:733-738.
- Félix U. L., D. Félix U., M. S. Rubio L., R. D. Méndez M., A. M. Trujillo G. 2001. Análisis comparativo de carne y productos cárnicos de cabrito Alpino Fránces y Alpino Fránces (3/4) con Boer (1/4). *Tec. Pec. Méx.* 39(3):237-244.
- Félix L., T., H. Zerby N., S. Moeller J., and S. Loerch C. 2012. Effects of increasing dried distillers grains with solubles on performance, carcass characteristics, and digestibility of feedlot lambs. *J. Anim. Sci.* 90: 1356-1363.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geografía. México. 91 p.

- Garibotto G., G. Bianchi, I. Franco, O. Betancur, J. Perrier, y J. González. 2003. Efecto del sexo y del largo de lactancia sobre el crecimiento, características de la canal y textura de la carne de corderos Corriedale sacrificados a los 5 meses de edad. *Agrociencia*. 7(1):19-29.
- Getachew G., H. Robinson P., J. DePeters E., and J. Taylor S. 2004. Relationships between chemical composition, dry matter degradation and *in vitro* gas production of several ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Technol.* 111:57-71.
- Gill K. R., D. Van Overbuke L., B. Deppenbusch, J. Drouillard S., and A. Di Costanzo. 2008. Impact of beef cattle diets containing corn or sorghum distillers grains on beef color, fatty acid profiles, and sensory attributes. *J. Anim. Sci.* 86:923-935.
- Guerrero L., I., E. Ponce A., y L. Pérez M. 2002. Curso práctico de tecnología de carnes y pescado. Universidad Metropolitana, Unidad Iztapalapa. DistritoFederal, México. 171 p.
- Hernández C., L., J. E. Ramírez B., M. I. Guerrero L., O. Hernández M., M. M. Crosby G., y L. M. Hernández C. 2009. Effects of crossbreeding on carcass and meat quality of Mexican lambs. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia*. 61 (2):475-483.
- Hernández C. L. 2011. Calidad de la canal y carne de corderos complementados con aceites y rastrojo de maíz. Tesis Maestría. Postgrado en Ganadería. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de Méx. 67 p.
- Huls J., T., A. Bartosh J., J. Daniel A., R. Zelinsky D., J. Held, and A. Wertz-Lutz E. 2006. Efficacy of dried distillers grains with solubles as a replacement for soybean meal and a portion of the corn in a finishing lamb diet. *Sheep & Goat Research Journal*. 21: 30-34.
- INTA. 2008. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Integración de la Producción Agrícola, Pecuaria y Bioenergética. Argentina.

- Jacob R. H., W. Pethick D., and M. Chapman H. 2005. Muscle glycogen concentrations in commercial consignments of Australian lamb measured on farm and post-weaning after three different lairage periods. *Aust. J. Exp. Agric.* 45:543-552.
- Jenkins H. K., K. Vander Pol J., J. Vasconcelos T., S. Furman A., C. Milton T., G. Erickson E., and T. Klopfenstein J. 2011. Effect of degradable intake protein supplementation in finishing diets containing dried distillers grains or wet distillers grains plus solubles on performance and carcass characteristics. *The Professional Animal Scientist.* 27:312-318.
- Keulen J., V., and B. Young A. 1977. Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *J. Anim. Sci.* 44:282-287.
- Kononoff P., J., and B. Janicek. 2005 *Understanding Milling Feed Byproducts for Dairy Cattle.* Neb Guide G1586. University of Nebraska – Lincoln. Nebraska, USA.
- Lancaster A., P., J. Corvers B., L. Thompson N., K. Fritsche L., and J. Williams E. 2007. Distiller's dried grains with solubles affects fatty acid composition of beef. *The Professional Animal Scientist.* 23: 715-720.
- 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.
- Lowell L., W. 1997. Sustainability as applied to farm animal systems. *The Professional Animal Scientist.* 13:55-60.
- Martineau R., D. Sauvant, R. Oullet D., C. Cortes, J. Vernet, I. Ortigues M., and H. Lapiere. 2011. Relation of net portal flux of nitrogen compounds with dietary characteristics in ruminants: A meta-analysis approach. *J. Dairy Sci.* 94:2986-3001.
- Martínez M. A. L., M. Oéerez H., L. Pérez A., G. Gómez C., y D. Carrión P. 2010. Metabolismo de los lípidos en los rumiantes. *REDVET Revista electrónica de veterinaria.* 11(8):01-21.
- McCullough H. 1967. The determination of ammonia in whole blood by a direct colorimetric method. *Clin.Chem.* 17: 297-304.

- McEachern K., J., T. Whitney R., C. Scott B., C. Lupton J., and M. Salisbury W. 2009. Substituting distillers dried grains for cottonseed meal in lamb-finishing diets: growth, wool characteristics, and serum NEFA, urea N, and IGF-1 concentrations. *Sheep & Goat Research Journal*. 24: 32-40.
- McKeown E., L., A. Chaves V., M. Oba, E. Dugan R., E. Okine, and T. McAllister A. 2009. Effects of corn, wheat or triticale dry distiller's grains with solubles on *in vitro* fermentation, growth performance and carcass traits of lambs. *Can. J. Anim. Sci.* 90:99-108.
- Montalbetti A. 2009. *Microbiología del rumen*. Ed. El Cid. Santa Fe, Argentina. pp. 19.
- Moreno F., S., A. 2006. Los granos secos de destilería de maíz (*Zea mays*) desecados con solubles (DDGS); una opción en la nutrición animal. Tesis profesional. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacan. 43 p.
- Neville W., B., G. Lard P., K. Karges K., L. Kirschten A., and C. Schauer S. 2011. Sulfur intake, excretion and ruminal hydrogen sulfide concentrations in lambs fed increasing concentrations of distillers dried grains with solubles. *Sheep & Goat Research Journal*. Volume 26: 13-19.
- NRC. National Research Council. 2007. *Nutrient Requirements of Small Ruminants*. The National Academies Press. Washington, DC.
- Prändl O., A. Fischer, T. Schmidhofer, and H. J. Sinell. 1994. *Tecnología e higiene de la carne*. Ed. Acribia. Zaragoza, España. pp. 108-140.
- Priolo A., M. Lanza, L. Biondi, P. Pappalardob, and A. Young O. 1998. Effect of partially replacing dietary barley with 20 % carob pulp on post-weaning growth and carcass and meat characteristics of Comisana lambs. *Meat Sci.* 50 (3):355-363.
- Reséndiz C. V. 2011. Finalización de borregos Pelibuey utilizando dietas con diferentes niveles de alfalfa: respuesta en producción y calidad de la carne. Tesis de Maestría. Postgrado en Ganadería. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de Méx. 68 p.

- SAS (Statistical Analysis System). 2002. SAS Proceeding Guide, Versión 9.0 SAS Institute. Cary NC. USA.
- Schauer S., C., M. Stamm M., T. Maddock D., and P. Berg B. 2008. Feeding of DDGS in lamb rations. *Sheep & Goat Research Journal*. 23: 15-19.
- SIAP. 2010. Sistema integral de Información Agroalimentaria y Pesquera. Resumen Nacional Producción Pecuaria. SAGARPA.
- SNIIIM. 2013. Sistema de Información e integración de mercados. En línea: <http://www.secofi-sniim.gob.mx/nuevo/> con acceso el 29 de agosto de 2013.
- Spiehs M., J., H. Whitney M., and C. Shurson G. 2002. Nutrient database for Distiller's Dried Grains with Solubles produced from new ethanol plants in Minnesota and South Dakota. *J. Anim. Sci.* 80:2639-2645.
- Steel G., D. R., and J. Torrie H. 1992. *Bioestadística: Principios y Procedimientos*. Primera edición en español. Editorial Mc Graw-Hill/Interamericana de México, S.A. de C.V. 622p.
- Teixeira L. D., G. C. Miranda-de la Lama, M. Villarroel, S. García-Belenguer, C. Sañudo, and G. María A. 2012. Effect of Straw on lamb welfare, production performance and meat quality during the finishing phase of fattening. *Meat Science*. 92:829-836.
- Tjardes J., and C. Wright. 2002. Feeding corn distiller's co-products for beef cattle. South Dakota State University Extra Extension. Publication ExEx-2036. Department of Animal and Range Sciences.
- UMN. 2009. Distillers grains By-products in livestock and poultry feeds. University of Minnesota. U. S. average compared to DDGS produced in Canada, China, Spain. Disponible: [http:// www.ddgs.umn.edu/profiles.htm](http://www.ddgs.umn.edu/profiles.htm) Con acceso: 20 de agosto de 2013.
- USDA. 2012. Feed grains: Yearbook tables. United States Department of Agriculture. En línea: <http://www.ers.usda.gov/data-products/feed-grains-database/feed-grains-yearbook-tables.aspx#.UiVtkjZWYSo> Con acceso el 28 de agosto de 2013.

- 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 2013.
- Uwituze S., G. Parsons L., M. Shelor K., E. Depenbusch B., K. Karges K., M. Gibson L., D. Reinhardt, J. Higgins J., and J. Drouillard S. 2010. Evaluation of dried distillers grains and roughage source in steam-flaked corn finishing diets. *J. Anim. Sci.* 88:258-274.
- Uwituze S., L. Parsons G., K. Karges K., M. Gibson L., L. Hollins C., J. Higgins J., and J. Drouillard S. 2011. Effects of distillers grains with high sulfur concentration on ruminal fermentation and digestibility of finishing diets. *J. Anim. Sci.* 89: 2817-2828.
- Van Emon L. M., P. Gunn J., M. Neary K., R. Lemenager P., A. Schultz F., and S. Lake L. 2012. Effects of added protein and dietary fat on lamb performance and carcass characteristics when fed differing levels of dried distillers grains with solubles. *Small Ruminant Research.* 103:164-168.
- Van Soest J. P., B. Robertson J., and A. Lewis B. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583-3597.
- 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 2013.
- Waldroup P., W., Z. Wang, C. Coto, S. Cerrate, and F. Yan. 2007. Development of a standardized nutrient matrix for corn distillers dried grains with solubles. *Int. J. Poult. Sci.* 6(7):478-483.
- Walter J., L., J. Aalhus L., W. Robertson M., T. McAllister A., D. Gibb J., M. E. Dugan R., N. Aldai, and J. McKinnon J. 2010. Evaluation of wheat or corn dried distillers grain with solubles on performance and carcass characteristics of feedlot steers. *Can. J. Anim. Sci.* 90: 259-269.

- Wang Z., S. Cerrate, C. Coto, F. Yan, and P. W. Waldroup. 2007. Use of constant or increasing levels of distillers dried grains with soluble (DDGS) in broiler diets. *Int. J. Poult. Sci.* 6(7):501-507.
- Whitney R., T., and K. Braden W. 2010. Substituting corn dried distillers grains for cottonseed meal in lamb finishing diets: carcass characteristics, meat fatty acid profiles, and sensory panel traits. *Sheep & Goat Research Journal.* 25: 49-56.
- Yahaghi M., J. Liang B., J. Balcells, R. Valizadeh, A. Seradj R., R. Alimon, and Y. Ho W. 2013. Effect of substituting barley with sorghum on starch digestion, rumen microbial yield and growth in Iranian Baluchi lambs fed high concentrate diets. *Animal Feed Science and Technology.* 183:96-105.
- Yokoyama M. T., y K. A. Johnson. 1988. Microbiología del rumen e intestino. En: *El rumiante fisiología digestiva y nutrición.* D. C. Church. Ed. Acribia. Zaragoza, España. pp. 137-158.
- Zea J., M. D. Díaz, y J. A. Carballo. 2007. Efecto de la raza, sexo y alimentación en la calidad de la canal de vacuno. *Arch. Zootec.* 56 (sup. 1): 745-751.