

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**UTILIZACIÓN DE GRANOS SECOS DE DESTILERÍA OBTENIDOS A PARTIR  
DE SORGO (DDGS) EN RACIONES CONCENTRADAS OFRECIDAS A  
TERNEROS DE DESTETE PRECOZ ALIMENTADOS EN CONFINAMIENTO**

**por**

**Maité ANZOLABEHERE FIGUEROA**

**Nicolás Rodrigo CORTAZZO ARACE**

**TESIS presentada como uno de  
los requisitos para obtener el  
título de Ingeniero Agrónomo.**

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2017**

Tesis aprobada por:

Director:

-----  
Ing. Agr. (MSc.) (PhD.) Álvaro Simeone

-----  
Ing. Agr. (MSc.) (PhD.) Virginia Beretta

-----  
DMV Juan Franco

Fecha: 4 de mayo de 2017

Autores:

-----  
Maité Anzolabehere Figueroa

-----  
Nicolás Rodrigo Cortazzo Arace

## **AGRADECIMIENTOS**

A nuestras familias por el apoyo constante a lo largo de nuestra carrera.

A los directores de tesis Álvaro Simeone y Virginia Beretta, por su ayuda y disposición en la elaboración del presente trabajo.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....	3
2.1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	3
2.2. GRANOS DE DESTILERÍA GENERADOS A PARTIR DE LA PRODUCCIÓN DE ETANOL.....	6
2.2.1 <u>Proceso de producción del etanol</u> .....	6
2.2.2. <u>Subproductos elaborados</u> .....	7
2.3. COMPOSICIÓN, CARACTERÍSTICAS Y FUENTES DE VARIACIÓN DE LOS GRANOS DE DESTILERÍA (GD) .....	9
2.3.2. <u>Características químicas y nutricionales</u> .....	9
2.3.2.1. Degradabilidad ruminal de la materia seca en los GD.....	10
2.3.2.2. Características de la proteína en los GD .....	11
2.3.2.3. Características de los carbohidratos en los GD.....	13
2.3.2.4. Características de los lípidos en los GD .....	14
2.3.2.5. Contenido de minerales en los GD .....	14
2.3.2.6. Contenido de humedad de los GD.....	15
2.3.2.7. Compuestos antinutricionales.....	15
2.3.3. <u>Características físicas</u> .....	16
2.3.4. <u>Fuentes de variación</u> .....	16
2.3.4.1. Tipo de grano utilizado .....	16
2.3.4.2. Molienda .....	17
2.3.4.3. Cocción.....	17
2.3.4.4. Fermentación.....	18
2.3.4.5. Variación en la tasa de solubles añadidos a los granos .....	18

2.3.4.6.	Condiciones de secado .....	18
2.3.5.	<u>Síntesis</u> .....	18
2.4.	EFFECTO DEL USO DE GD SOBRE LA PERFORMANCE ANIMAL ...	19
2.4.1.	<u>Consumo</u> .....	20
2.4.2.	<u>Ganancia</u> .....	22
2.4.3.	<u>Eficiencia de conversión</u> .....	22
2.4.4.	<u>Síntesis</u> .....	23
2.5.	HIPÓTESIS .....	24
3.	<u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	25
3.1.	LOCALIZACIÓN Y PERÍODO EXPERIMENTAL .....	25
3.2.	CLIMA .....	25
3.3.	INFRAESTRUCTURA .....	25
3.4.	ALIMENTOS .....	26
3.5.	ANIMALES .....	27
3.6.	TRATAMIENTOS .....	27
3.7.	PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL .....	27
3.7.1.	<u>Período experimental</u> .....	28
3.7.2.	<u>Manejo sanitario</u> .....	28
3.7.3.	<u>Registros y mediciones</u> .....	29
3.7.3.1.	Altura del anca y peso vivo .....	29
3.7.3.2.	Consumo de materia seca .....	29
3.7.3.3.	Comportamiento animal .....	29
3.7.3.5.	Digestibilidad aparente .....	30
3.7.3.6.	Distribución de partículas .....	30
3.7.4.	<u>Variables calculadas</u> .....	31
3.7.4.2.	Eficiencia de conversión .....	31
3.7.5.	<u>Análisis químicos</u> .....	31
3.7.6.	<u>Análisis estadísticos</u> .....	31
4.	<u>RESULTADOS</u> .....	34

4.1.	REGISTROS CLIMÁTICOS.....	34
4.2.	CARACTERÍSTICAS DE LA DIETA .....	34
4.3.	EFFECTIVIDAD DE LA FIBRA .....	35
4.4.	CRECIMIENTO ANIMAL .....	37
4.5.	CONSUMO Y EFICIENCIA DE CONVERSIÓN.....	39
4.6.	DIGESTIBILIDAD DE LA MS Y CONSUMO DE NUTRIENTES .....	41
4.7.	COMPORTAMIENTO .....	42
4.8.	PATRÓN DE CONSUMO .....	43
5.	<u>DISCUSIÓN</u> .....	46
5.1.	CONDICIONES CLIMÁTICAS .....	46
5.2.	VALOR NUTRITIVO DE LA DIETA .....	46
5.3.	CONSUMO Y DIGESTIBILIDAD .....	49
5.4.	CRECIMIENTO Y EFICIENCIA DE CONVERSIÓN .....	52
5.5.	COMPORTAMIENTO .....	54
5.6.	DISCUSIÓN GENERAL.....	55
6.	<u>CONCLUSIONES</u> .....	57
7.	<u>RESUMEN</u> .....	58
8.	<u>SUMMARY</u> .....	59
9.	<u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	60
10.	<u>ANEXOS</u> .....	70

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Características químicas y nutricionales de los granos de destilería obtenidos a partir del maíz.....	9
2. Degradación ruminal (medida como % de MS desaparecida) de la MS del DDG de maíz según nivel de inclusión de CDS.....	10
3. Degradación ruminal (medida como % de proteína desaparecida) de la proteína de DDG de maíz según nivel de inclusión de CDS.....	11
4. Digestión intestinal y total de la proteína en DDGS y WDGS de maíz.....	12
5. Tamaño de partícula de DDGS (medido en micrones) proveniente de distintas plantas de etanol, en diversos años.....	13
6. Efecto de la alimentación a corral con distintos tipos de granos de destilería en diferentes categorías de bovinos para carne.....	19
7. Temperatura media y precipitaciones acumuladas para el periodo experimental para el departamento de Paysandú.....	25
8. Ingredientes de la RTM según nivel de inclusión de DDGS.....	26
9. Composición química de la dieta según tratamiento.....	26
10. Composición química del DDGS de sorgo utilizado en el experimento.....	27
11. Temperaturas medias, precipitaciones, humedad promedio e ITH de cada mes en la EEMAC, durante el periodo experimental.....	34

12. Concentración de nutrientes en de las RTM experimentales, difiriendo en el nivel de inclusión de DDGS (expresada como % de la MS) según tratamiento.....	34
13. Concentración de nutrientes en del alimento ingerido (expresada como % de la MS) según tratamiento.....	35
14. Efecto de los niveles de inclusión de DDGS sobre la efectividad de la fibra, evaluado en el alimento ofrecido.....	36
15. Efecto de los niveles de inclusión de DDGS sobre la efectividad de la fibra, evaluado en el rechazo.....	37
16. Efecto de los niveles de inclusión de DDGS sobre el crecimiento animal.....	38
17. Efecto del nivel de inclusión de DDGS en la ración sobre el consumo medio diario de materia seca (MS) y eficiencia de conversión del alimento.....	40
18. consumo de cada nutriente según el nivel de inclusión de DDGS expresado como kg/animal/día.....	42
19. Efecto del nivel de inclusión de DDGS en la ración sobre el consumo de materia seca (kg) según horario del día.....	44
20. Efecto del nivel de inclusión de DDGS en la ración sobre el tiempo (minutos) de consumo de materia seca según horario del día.....	44
21. Efecto del nivel de inclusión de DDGS en la ración sobre la tasa de consumo (g/minuto) según horario del día.....	45
22. Valor alimenticio de la dieta según tratamiento.....	53

Figura No.

1. Diagrama del proceso de obtención de etanol y DDGS, a partir de la molienda seca.....	8
2. Evolución de peso vivo en el tiempo según nivel de inclusión de DDGS en la dieta .....	38
3. Evolución del consumo (expresado como % del PV) según los distintos niveles de inclusión de DDGS.....	39
4. Efecto del nivel de inclusión de DDGS sobre la ganancia media diaria, eficiencia de conversión, consumo de materia seca y consumo de materia seca digestible .....	41
5. Efecto de la inclusión de DDGS sobre la probabilidad de encontrar un animal en actividad de consumo, rumia, descanso y consumo de agua durante las horas de luz (7:00 a 19:00 hs).....	43

## 1. INTRODUCCIÓN

La técnica de alimentación del ternero de destete precoz (DP) en confinamiento con raciones más concentradas surge como una alternativa interesante que permite lograr pesos mayores de los que se esperan al pie de la madre a una edad fija así como con relación a la suplementación en pastoreo. Sin embargo el suministro de dietas altamente concentradas genera un incremento en los costos de producción, por lo que la reducción de los mismos tendría un gran peso en nuestras condiciones productivas logrando un aumento de los márgenes.

Las raciones que alimentan a los terneros de destete precoz en confinamiento tienen un 18% de proteína bruta, siendo aconsejable que no exceda el 50% de heno de alfalfa. En dichas raciones el componente energético tradicional es el maíz, conteniendo además alimentos tales como avena, gluten de maíz y harina de soja. Dada la escasa capacidad fermentadora del ternero en esta etapa es conveniente que la carga de amoníaco y urea de la dieta sea mínima. Se debe tener en cuenta que en esta categoría animal es de gran importancia darle un alimento homogéneo, digestible, nutritivo y palatable (Durrieu y Camps, 2002).

Beretta et al. (2016a) estudiaron la posibilidad de sustituir el maíz en la dieta de los terneros de DP por sorgo, donde no existieron diferencias significativas en las ganancias de peso vivo, sin embargo para un nivel de proteína cruda del 19% la eficiencia de conversión empeora evidenciando el mayor valor nutritivo del maíz. Dichos resultados son de gran importancia ya que impactan en los costos de las raciones y por ende afectan el resultado económico de la producción.

Desde hace algunos años está disponible en el mercado el DDGS (dry distillers grains with solubles) de sorgo, producido por ALUR (alcoholes del Uruguay), quien se encarga de la producción de bioetanol a partir del sorgo en respuesta a la creciente demanda de biocombustibles.

El DDGS se caracteriza por su elevado contenido de materia seca, rico en energía (aportada principalmente por grasa y fibra altamente digestible), proteína y minerales, siendo las concentraciones de dichos nutrientes aproximadamente tres veces más elevada que el grano que le dio origen y confiriéndole un gran potencial en la alimentación animal. Son estas características las que brindan la posibilidad de sustituir el sorgo contenido en las raciones de DP por DDGS así como la harina de soja.

Resulta necesario conocer cuáles podrían ser las limitantes que tendría llevar a la práctica dicha sustitución, dentro de las cuales podríamos encontrar un exceso de grasa en la dieta que dificulte la digestión de la fibra, la ineffectividad de esta última como consecuencia del tamaño de partícula, cuadros de acidosis ruminal, modificaciones en la regulación del consumo que se trasladen a cambios en la eficiencia de conversión o modificaciones del alimento por exposición al calor en su elaboración que generen la reacción de Maillard provocando como consecuencia que el animal no pueda aprovechar los nutrientes entre otras.

Para lograr una incorporación exitosa a la dieta de terneros de destete precoz de dicho subproducto y poder obtener el mayor beneficio del mismo, es necesaria su caracterización desde el punto de vista nutricional, generar la información necesaria para poder determinar si existe un nivel de inclusión óptimo para su uso y adquirir el conocimiento de cuáles son los factores que de alguna manera generan restricción en su utilización.

En la actualidad existe un gran volumen de información que registra las evaluaciones de suplementación con DDGS de maíz a otras categorías animales, existiendo menor cantidad de evaluaciones cuando la suplementación se realiza con DDGS de sorgo, sin embargo no hay antecedentes de la suplementación de terneros de destete precoz con DDGS de sorgo.

Si bien es claro que este alimento tendría un gran potencial, la información con la que se cuenta en la actualidad acerca de los granos de destilería (GD) provenientes del grano de sorgo, o de la respuesta de la categoría animal en cuestión es escasa, por lo que este trabajo tiene como objetivo evaluar la respuesta de terneros de destete precoz alimentados en confinamiento frente al uso de niveles crecientes de DDGS de sorgo en la ración, en términos de consumo, ganancia de peso vivo y eficiencia de conversión.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. INTRODUCCIÓN

El destete precoz consiste en realizar la interrupción definitiva de la relación vaca ternero en forma anticipada, entre los 60-90 días post parto, en relación al destete tradicional, con el fin de aumentar el porcentaje de preñez en torno al 85 – 90%, al modificar el estado nutricional de la vaca a través de la reducción de los requerimientos para lactación y por las implicancias que tiene el ternero sobre la fisiología reproductiva de su madre (Simeone y Beretta, 2002). La aplicación de esta técnica genera el desafío de alimentar al ternero de destete precoz.

La dificultad de criar a los terneros destetados precozmente radica en obtener una ingestión de nutrientes que cumpla tanto con el requerimiento de mantenimiento así como también el de crecimiento, el cual varía según sea la ganancia media diaria. El pasaje abrupto de una dieta líquida a sólida, altas exigencias de proteína y energía de esta categoría sumados a una limitación en el consumo de forraje debido al escaso desarrollo ruminal constituyen las principales restricciones (Simeone y Beretta, 2002).

Al nacimiento el abomaso de los terneros está bien desarrollado siendo el rumen pequeño y no funcional (Orskov, 1987). En la medida que el ternero comienza a ingerir alimentos sólidos, la fermentación de los mismos y producción de ácidos estimulan el desarrollo del rumen, aumentando la tasa de crecimiento de las papilas ruminales, de manera que cuanto más fermentable es el alimento más rápido es el desarrollo del rumen (Orskov y Ryle, 1990). Alimentos como granos de cereales y sus subproductos garantizan una alta tasa de fermentación (Orskov, 1992).

Los requerimientos del ternero de DP, para obtener ganancias similares a las que obtendría al pie de la madre (0,600 kg/día) son: 2,60 Mcal EM/Kg MS, 16% proteína cruda/kg MS, 0,64% calcio/kg MS y 0,32% fósforo/Kg MS (Simeone y Beretta, 2002). Estas ganancias medias diarias son viables tanto en pasturas sembradas con suplemento (0,600 kg/día), como en campo nativo con suplementación (0,500 kg/día, Simeone y Beretta, 2012).

La alimentación del ternero de destete precoz a corral (DPC) ofrece la posibilidad de regular a través de la composición de la dieta y nivel de suministro del alimento, el aporte diario de nutrientes y la ganancia de peso vivo de los terneros (1,226 kg/día). Asimismo por tratarse de una categoría altamente eficiente en la conversión del alimento (3,7 kg MS/ kg GP) se

esperará un menor consumo de alimento por unidad de incremento en el peso vivo (PV), si se lo compara con animales de mayor edad.

Esta excelente eficiencia de conversión (EC) de alimento en esta categoría, compensaría un mayor costo de la dieta, como el asociado a raciones con baja relación de voluminoso/concentrado (20/80 o menos), con un nivel de PC del 18% y 80% de digestibilidad.

La concentración proteica de una dieta altamente concentrada en base a maíz y harina de soja que se le ofrece a terneros destetados precozmente alimentados en condiciones de confinamiento, afecta en forma cuadrática a la ganancia diaria, existiendo un óptimo en torno a 17% de PB. La EC si bien no mostró diferencias estadísticamente significativas, mejora al incrementarse la PB hasta alcanzar un valor mínimo en torno a 17% para luego aumentar (Morteiro y Young, 2014).

Pordomingo (2005) destaca que es fundamental en esta categoría controlar el nivel de proteína en la dieta y que la oferta de nitrógeno no proteico no supere un tercio del total del nitrógeno ofrecido. A su vez este mismo autor afirma que en condiciones de alimentación a corral, se pueden generar deficiencias proteicas con el suministro de altos niveles de granos de cereales, y como consecuencia se puede resentir la ganancia de peso de los animales si estos no fuesen suplementados con un alimento proteico de baja degradabilidad ruminal. Los alimentos proteicos más utilizados son la harina de soja o de girasol, el afrechillo de trigo y la harina de pescado, haciendo que la proteína se convierta en un ingrediente costoso en la dieta.

Beretta et al. (2012) concluyen que la fuente de proteína utilizada en dietas de terneros destetados precozmente afectó a la ganancia diaria de peso vivo, donde aquellos terneros que recibían nitrógeno no proteico tuvieron una menor ganancia (0,859 kg/d) con relación a aquellos que recibían harina de soja (0,990 kg/d) o harina de pescado (0,995kg/d), los cuales no diferían entre sí. La respuesta positiva en ganancia de PV ante el aumento en el contenido PND, posiblemente se asocie a un aumento de la absorción intestinal de PM, donde la PND compensaría una menor síntesis de proteína microbiana en una categoría con un rumen en desarrollo.

En estudios posteriores, Beretta et al. (2016b) afirman que al incrementarse la sustitución de proteína verdadera por NNP de lenta liberación por encima de 15% empeora la performance animal. Si bien la eficiencia de conversión no fue afectada, la depresión en el consumo de materia seca determinaría una restricción al logro de altas ganancias de peso vivo, determinando un tope de sustitución, si el objetivo fuera el logro de mayores pesos en los terneros a inicio de otoño.

Si bien en los planteos de alimentación a corral del ternero de DP la principal fuente de energía ha sido aportada por el grano de maíz, existen estudios que indican que al sustituirlo por grano de sorgo no hay diferencias significativas en la ganancia diaria de peso vivo ( $p > 0,10$ ). Sin embargo para un nivel de PC del 19% la EC empeora cuando en dietas a base de maíz este es sustituido por sorgo (3,7 vs. 4,5;  $P < 0,01$ ), evidenciando el mayor valor nutritivo del maíz. No obstante, dichos resultados son auspiciosos en valores absolutos de ganancia y eficiencia de conversión, reflejando la importancia que tiene el grano de sorgo como potencial ingrediente de las raciones totalmente mezcladas para terneros de DP (Beretta et al., 2016a).

La acidosis es el principal problema del engorde a corral con alto contenido de grano. Por su rápida fermentación, el almidón produce acidificación del rumen (Owens et al., 1996). Se incrementa el contenido de ácido láctico en rumen (la producción de ácido aumenta y su transformación a otras formas disminuye) y cae el pH (Pordomingo, 2013).

Los GD son un subproducto de la producción de etanol a partir de cereales, en donde el almidón es extraído en dicho proceso, por lo que cuando se incluyen en la dieta de los animales, la cantidad de almidón es disminuido, mientras que la proteína no degradable en el rumen, fibra y grasas se incrementan. Esto sugiere que la potencial acidosis subaguda podría reducirse (Klopfestein et al., 2008). Por otra parte podría tener restricciones en cuanto a su uso por el elevado contenido de grasa, el cual puede afectar tanto el consumo voluntario como la digestibilidad de la fibra.

Si bien puede ser positivo un aumento en la PNDR, excesos de temperaturas en el proceso de elaboración de los GD podrían generar una disminución de la digestibilidad de la misma como consecuencia de que queda ligada a la fibra, siendo el nitrógeno insoluble en detergente ácido el parámetro que nos puede indicar en qué medida la proteína no estará disponible para el animal.

En la siguiente revisión bibliográfica se presenta información del proceso industrial de producción de etanol y GD, sus propiedades químicas y características nutricionales. Seguidamente se presentaran antecedentes de su uso evaluado en términos de su efecto sobre la performance animal y eficiencia de uso del alimento.

## 2.2. GRANOS DE DESTILERÍA GENERADOS A PARTIR DE LA PRODUCCIÓN DE ETANOL

La producción de biocombustibles surge ante la necesidad de fuentes de energía que reemplacen, al menos en parte, a los combustibles fósiles. En tal sentido, la bioenergía es una opción promisoriosa (Heinimo y Junginer, 2009). Existen tres tipos de biocombustibles, los sólidos (madera y carbón vegetal), los gaseosos (biogás e hidrógeno) y los líquidos como el bioetanol y el biodiesel (FAO. GBEP, 2007).

El maíz es el principal grano que se usa en las plantas de etanol, debido a su alto contenido de almidón fermentable en comparación con otras materias primas, sin embargo algunas plantas de etanol utilizan sorgo, dependiendo de la ubicación geográfica, el costo y la disponibilidad de este en relación al maíz (US Grain Council, 2012).

El principal subproducto derivado de la producción de etanol a base de cereales lo constituyen los residuos sólidos de la fermentación de los carbohidratos de los granos llamado “granos de destilería” (Bruni et al., 2014).

### 2.2.1 Proceso de producción del etanol

Los cereales utilizados como materia prima pueden ser procesados mediante dos tecnologías: molienda en seco o en húmedo (Rausche et al., 2005). En la presente revisión bibliográfica con el fin de explicar cómo se obtienen los granos de destilería se describe el proceso de molienda seca.

El proceso industrial comienza con la recepción y almacenamiento de la materia prima que llega en camiones y según su condición (humedad, origen, limpieza, etc.) se deriva a los silos de almacenamiento (ALUR, citado por Acuña et al., 2015). Seguido a esto se lleva a cabo la selección, limpieza y molienda del grano con el fin de reducir el tamaño de partícula, el cual puede afectar el rendimiento de etanol (Kelsall y Lyons, 1999), por lo tanto, se tiende a generar un molido muy fino para maximizar el rendimiento (US Grain Council, 2012). El objetivo de esta etapa es exponer el almidón contenido en el grano de forma de favorecer la hidrólisis del mismo en las etapas posteriores del proceso (ALUR, citado por Acuña et al., 2015).

En una segunda etapa acondicionadores son agregados al grano molido para empezar la extracción de la proteína soluble, azúcares y lípidos ligados no almidonosos (Chen et al., 1999). La mezcla se cocina para hidrolizar el almidón. La hidrólisis completa del polímero de almidón requiere de una combinación de enzimas, las amilasas son las más ampliamente usadas en la industria del almidón ya que son termoestables (Sarikaya et al., 2000). Éstas

incluyen las  $\alpha$ -amilasas o glucoamilasas (Poonam y Dalel, 1995). Esta mezcla es llevada a una temperatura superior a los 100°C, mediante un cocedor a presión, se mantiene durante varios minutos y luego la masa es trasladada a un tanque de expansión para que la temperatura se reduzca hasta los 80-90°C (US Grain Council, 2012). El resultado de esta etapa es la transformación de almidón a glucosa.

Algunas plantas de etanol utilizan sistemas de cocción por lote, mientras que otras utilizan sistemas de cocción continua (Kelsall y Lyons, 1999). En el sistema de cocción por lotes se mezcla una cantidad conocida del cereal molido con una cantidad conocida de agua y destilado reciclado.

En el proceso de cocción continua, el cereal molido, agua y destilado reciclado se añaden continuamente en un tanque de premezcla. Los sistemas por lote usan menos enzimas en comparación con los continuos y son también más eficientes en energía, siendo la principal desventaja de los mismos la menor productividad o utilización de materias primas por unidad de tiempo (US Grain Council, 2012).

El tercer paso es la fermentación donde se transforma la glucosa a etanol. A la etapa de fermentación llega una masa rica en azúcares fermentables, la cual es enfriada hasta una temperatura de 32°C, para luego poder incorporar las levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*) que llevarán a cabo la fermentación alcohólica, donde cada molécula de glucosa produce dos moléculas de etanol y dos de CO<sub>2</sub>. Los fermentadores se mantienen refrigerados (mediante un sistema de recirculación a través de intercambiadores de calor) durante todo el proceso de forma de asegurar que la temperatura sea la óptima para las levaduras que se empleen. La fermentación puede durar entre 48-72 horas (ALUR, citado por Acuña et al., 2015).

El proceso finaliza con la destilación del etanol producido en la fermentación, mediante la vaporización por calentamiento.

### 2.2.2. Subproductos elaborados

El agua y los sólidos que quedan después de la destilación del etanol se les conocen como destilado completo, que se 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 o torta húmeda (WDG), compuesto por partículas de grano destilado no fermentado. La pasta húmeda puede secarse para producir los granos de destilería secos (DDG). El líquido, que ahora se le llama destilado ligero, compuesto por

levaduras utilizadas en el proceso, nutrientes solubles y las partículas más finas de los granos, pasa a través de un evaporador para eliminar la humedad adicional, cuyo coproducto resultante se le llama condensados de destilería solubles (CDS), y se puede comercializar de esta forma o mezclarse con los sólidos y formar: granos húmedos de destilería con solubles (WDGS), con 25-35% de MS o granos secos de destilería con solubles (DDGS), con 88-90 % de MS (Arroquy et al., 2014). Con el fin de un mejor entendimiento del proceso de producción y obtención se presenta la figura 1.

Mediante el proceso de pelletización se convierte el DDGS procedente del secado de los residuos de sorgo (o del grano a partir del cual es elaborado) en pequeños gránulos cilíndricos (aprox. 8mm de diámetro, ALUR, citado por Acuña et al., 2015).

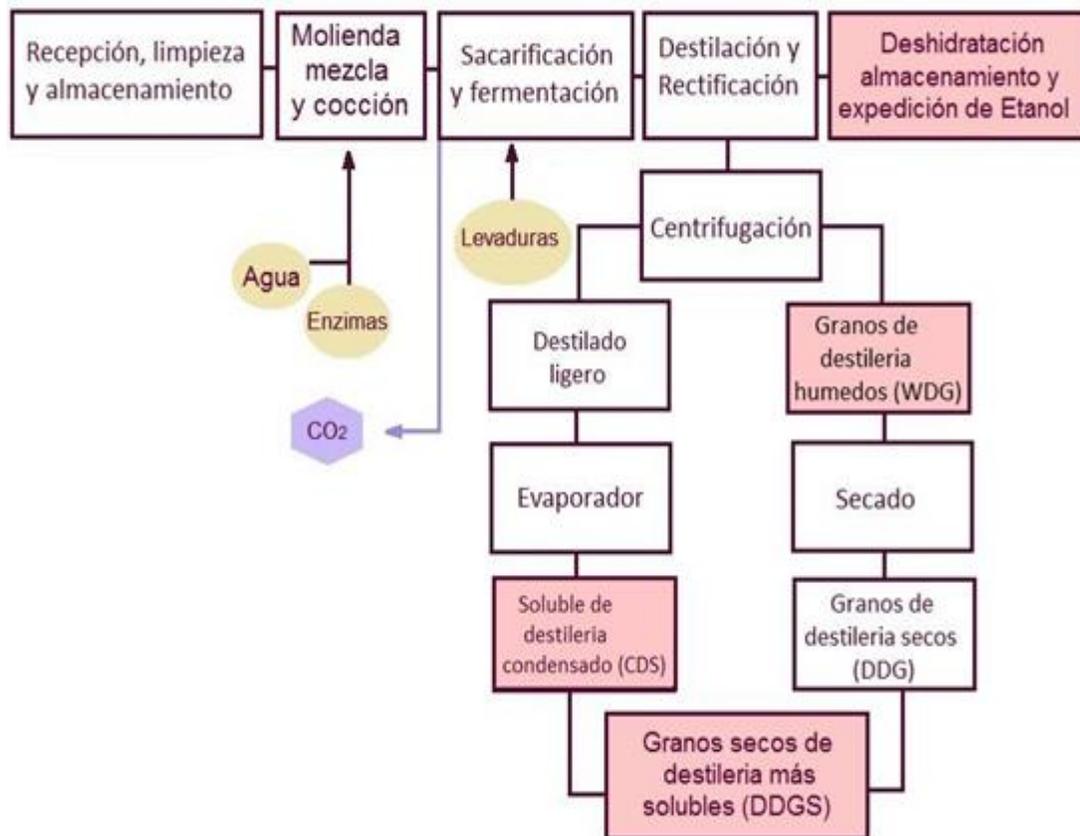


Figura 1. Diagrama del proceso de obtención de etanol y DDGS, a partir de la molienda seca (Fuente: elaborado a partir de US Grain Council, 2012).

### 2.3. COMPOSICIÓN, CARACTERÍSTICAS Y FUENTES DE VARIACIÓN DE LOS GRANOS DE DESTILERÍA (GD)

Los GD tiene ciertas características tanto químicas como nutricionales que dan idea del aporte proteico y energético que se le proporciona al animal cuando estos se incluyen en la dieta. Para el presente estudio es necesario el conocimiento del contenido de carbohidratos, lípidos, proteínas y minerales, así como de otras características que pueden afectar el control y manejo del producto como los compuestos antinutricionales, el contenido de humedad y características físicas.

No solo es necesario entender cuáles son los valores de referencia sino además las posibles fuentes de variación y cómo estas pueden modificar las características del producto.

#### 2.3.2. Características químicas y nutricionales

Los GD se caracterizan por ser alimentos ricos en energía, proteína, grasa y fósforo. La energía es aportada principalmente por los lípidos por tener mayor concentración energética y encontrarse en elevada proporción. Además contribuye al aporte energético la fuente de fibra (FDN), que se caracteriza por ser muy digestible (Beretta et al., 2012).

Se presenta en el cuadro 1 un resumen de las características químicas y nutricionales de los CDS, GD húmedos y secos, con o sin solubles.

Cuadro 1. Características químicas y nutricionales de los GD y solubles condensadas, obtenidas a partir del maíz (rangos de variación expresados en base seca).

Nutriente	CDS <sup>*</sup>	WDG <sup>**</sup>	DDG <sup>***</sup>	DDGS <sup>****</sup>
<b>Materia Seca (% Base fresca)</b>	30-50	25-35	88-90	88-90
<b>Proteína Cruda (%)</b>	20-30	30-35	25-35	25-32
<b>PDR (% de PC)</b>	50	45-53	40-50	43-53
<b>Grasa (%)</b>	9-15	8-12	8-10	8-10
<b>FDN (%)</b>	10-23	30-50	40-44	39-45
<b>ENm (Mcal/kg)</b>	2,21-2,54	1,98-2,43	1,96-2,21	2,16-2,21
<b>ENg (Mcal/kg)</b>	1,76-2,05	1,54-1,76	1,54-1,8	1,50-1,54
<b>Calcio (%)</b>	0,03-0,17	0,02-0,03	0,11-0,20	0,17-0,26
<b>Fósforo (%)</b>	1,30-1,45	0,50-0,80	0,41-0,80	0,78-1,08

\* Solubles de destilería condensados

\*\* Granos húmedos de destilería

\*\*\* Granos secos de destilería

\*\*\*\* Granos secos de destilería con solubles

Fuente: adaptado de Tjardes y Wright (2002).

Las variaciones reflejadas en el cuadro dependerán de la variedad del grano que le dio origen al subproducto, de las características del proceso de producción del GD tales como la molienda, cocción, fermentación y secado, o a la tasa de solubles añadidos para el caso de los DDGS y WDGS. Tales efectos también pueden verse reflejados en anexos 1 donde se presenta un cuadro exponiendo las características químicas del DDGS de sorgo, y a su vez se encuentra un promedio de las mismas características cuando el DDGS proviene del grano de maíz.

### 2.3.2.1. Degradabilidad ruminal de la materia seca en los GD

Una característica muy importante de la MS es la degradación ruminal efectiva. Para los DDG según Cao et al. (2014) la misma es del orden de 43,4% incrementándose dicho valor con el agregado de solubles condensados, como se presenta en el cuadro 2 este valor se compone por la fracción A y B.

Cuadro 2. Degradación ruminal de la MS del DDGS de maíz según nivel de inclusión de condensados solubles.

Inclusión del condensado	A %	B %	C %	Kd (%/h)
0	15,7	76,9	7,35	3,54
13	20,4	78,6	1,04	2,87
27	24,4	73,7	1,88	3,15
40	33,2	61,9	4,94	3,49

A= fracción inmediatamente soluble  
B= fracción potencialmente degradable  
C= fracción no degradable en rumen

Fuente: adaptado de Cao et al. (2014).

El componente A aumenta con el agregado de solubles condensados, y por el contrario el valor de B va disminuyendo al aumentar la proporción de los mismos, mientras que el valor C no mostró grandes diferencias.

Con respecto al Kd (velocidad de degradación), se puede concluir que con el agregado de condensados solubles no varía, por lo que aumentos en la degradación ruminal responden a incrementos de la fracción inmediatamente soluble (A).

### 2.3.2.2. Características de la proteína en los GD

Según el manual de US Grain Council (2012) los granos de destilería con o sin solubles son una fuente muy buena de proteína cruda (PC), y a su vez poseen valores elevados de proteína no degradable en el rumen (PNDR), o proteína de sobrepaso, como se presenta en el cuadro 1 estos valores rondan entre el 47 y 60% de la PB. Sin embargo Erickson et al. (2005), encontraron valores de PNDR del 65%, dicho valor es superior al rango establecido por el NRC, como consecuencia de que fue obtenido de una única planta de producción en Nebraska. La principal variación en los valores de PDR/PNDR se origina en los diferentes procesos llevados a cabo en cada una de las plantas de destilación, en especial en el proceso de molienda y secado (Spiehs et al., 2002).

Si bien incrementos en el nivel y la proporción de PNDR tienen un impacto positivo sobre la productividad animal, particularmente cuando se pretenden conseguir elevados niveles de producción, es posible que elevadas temperaturas en el proceso de elaboración generen la reacción de Maillard, provocando que parte de los carbohidratos y proteínas se ligen en una forma química, transformándose en indigeribles para el animal.

En el cuadro 3 se presenta la degradación ruminal de la proteína del DDG de maíz según el nivel de inclusión de CDS.

Cuadro 3. Degradación ruminal de la proteína de DDG de maíz según nivel de inclusión de condensados solubles.

Inclusión del condensado	A%	B%	C%	Kd (%/h)
0	4,3	88,6	7,19	3,09
13	11,1	88,9	0	2,50
27	12,8	87,2	0	2,61
40	15,8	83,5	0,62	2,76

A= proteína soluble

B= proteína potencialmente degradable

C= proteína no degradable

Fuente: adaptado de Cao et al. (2014).

El valor A del cuadro aumenta a medida que se incrementa el agregado de condensados solubles, mientras que el valor B disminuye. El valor C representa a la fracción de la proteína no degradable, teniendo la misma tendencia que B, disminuyendo y tendiendo a cero.

El promedio de los porcentajes medios de desaparición ruminal de PC (%) por hora (Kd) de las diferentes fuentes de DDGS varia de 1,25 a 3,36%/h dentro de las primeras 12 h de incubación ruminal (Brouk, 1994). Los DDG toman tiempo para hidratar y, en consecuencia, para empezar a degradarse, sin embargo, una vez que comienza la degradación, parecen hacerlo a tasas similares (Kd) que los húmedos (Cao et al., 2014).

El nitrógeno insoluble en detergente ácido (NIDA) se puede utilizar como estimador del porcentaje de la proteína cruda que está ligada a la estructura lignocelulósica de la fibra. Luego de determinar el NIDA en el laboratorio, se multiplica por 6,25 para calcular el valor de proteína cruda que no está disponible. Li et al. (2012) determinaron en el laboratorio el valor NIDA para los GD provenientes de la destilación del maíz, concluyendo que los valores se encuentran entre 9,1 y 34,4% de la PB.

Erickson et al. (2005) indicaron que el alto valor de PNDR de los DDGS es consecuencia de las características intrínsecas de la proteína, más que al secado, ya que la eficiencia de la proteína (kg de ganancia/kg de proteína suplementaria) sería la misma o aumentaría conforme aumenta la cantidad de NIDA en los DDGS. Klopfenstein y Britton, citados por US Grain Council (2012) mostraron que en los DDGS, el NIDA no está bien relacionado con la digestibilidad del nitrógeno ( $r=-0,27$ ), por tal motivo la apreciación del color y olor de dicho subproducto es tomado como buen indicador del daño que ha sufrido la proteína, siendo los colores más oscuros los que presentan mayor daño y por el contrario los olores que son dulces y fermentados son los de mejor estado.

En el cuadro 4 se muestran valores de digestibilidad intestinal y total de la proteína, tanto de los DDGS como de los WDGS producidos a partir de la destilación del grano de maíz.

Cuadro 4. Digestión intestinal y total de la proteína en DDGS y WDGS de maíz.

Alimento	Digestibilidad intestinal (%PB)	Digestibilidad en tracto total (%PB)
<b>DDGS</b>	91,9	95,4
<b>WDGS</b>	93,1	96,9

Fuente: adaptado de Di Lorenzo (2013).

Según Huntington y Archibeque (2000), niveles de proteína en la dieta que superen los requerimientos de crecimiento y desarrollo, podrían provocar una disminución de la productividad como consecuencia del gasto energético que implica eliminar el amoniaco en forma de urea del organismo, lo cual a su vez aumenta la probabilidad de contaminación ambiental.

### 2.3.2.3. Características de los carbohidratos en los GD

Los carbohidratos no estructurales son consumidos durante la fermentación de los granos para la obtención del alcohol, mientras que los estructurales al no ser fermentados se incrementan significativamente en comparación con el material original, como consecuencia la fibra en los GD compone la mayor parte de los hidratos de carbono (Klopfenstein et al., 2008).

Dicha fibra se caracteriza por ser altamente digestible, la digestibilidad de la FDN (medida como % de FDN a las 30 horas) de los GD es del 76,2%, según Hoffman y Combs (2007).

Sin embargo están compuestos por un tamaño de partícula pequeña, por lo que se considera que contribuyen en menos de un 15% a la fibra físicamente efectiva (FDNe) de la dieta (Schroeder, 2010). La FDNe está relacionada tanto con la concentración de fibras, como con el tamaño de partícula y la reducción de tamaño de las mismas. La FDNe influye en la retención selectiva de la fibra en el rumen, la determinación de la dinámica del mismo, la fermentación, el pasaje, y estímulo de la rumia (Mertens 1997, Calsamiglia 1997).

Mertens (1997) define a la FDNe de los alimentos como el producto de la concentración de FDN y su factor de eficacia física (PEF), el cual varía de 0, cuando la FDN no es eficaz en la promoción de la masticación, a 1 cuando la FDN es absolutamente eficaz. Cada alimento dependiendo de su forma física presenta una FDN efectiva diferente, por tal motivo es de interés en el presente trabajo, obtener la caracterización de la distribución del tamaño de partículas y la proporción mayor a 1,18 mm del DDGS proveniente de la planta de ALUR, ya que esta es la que se asocia a la FDN efectiva.

En el cuadro 5 se presentan los tamaños promedios de partículas de DDGS provenientes de distintas plantas de etanol, en los años 2001, 2004 y 2005.

Cuadro 5. Tamaño de partícula de DDGS (medido en micrones) proveniente de distintas plantas de etanol, en diversos años.

Año de medición	Promedio	Intervalo	D.E*	C.V** (%)
2001	1282	612-2125	305	24
2004	665	256-1087	258	39
2005	737	73-1217	283	38

\* Desvío estándar.

\*\* Coeficiente de variación.

Fuente: adaptado de US Grain Council (2012).

Existe una variación considerable en el tamaño de partícula, sin embargo muchos de estos valores suelen ser pequeños. Poppi et al. (1985) sugirieron que partículas de tamaño inferior a 1,18 mm abandonan el rumen a un ritmo más elevado que aquellas de mayor tamaño.

Los valores de FDA de GD de maíz registrados por Spiels et al. (2002) varían entre el 11 y 18% y para el DDGS en particular este valor es del 12% (Di Lorenzo, 2013).

La sustitución de almidón por fibra altamente digestible podría generar como consecuencia una reducción en la acidosis ruminal, y un aumento en el valor alimenticio de los GD (Klopfenstein, 2001).

#### 2.3.2.4. Características de los lípidos en los GD

El elevado contenido de lípidos de los granos de destilería aumenta la concentración de energía de estos alimentos. Ham et al. (1994) sostienen que la grasa adicional que poseen los granos de destilería respecto del grano de maíz (3 veces más) podría explicar un valor alimenticio 9-10% mayor, sin embargo esta característica restringe el nivel de inclusión dietario de estos subproductos, como consecuencia de que los rumiantes tienen una limitada capacidad para metabolizar grasa cuando esta se incluye en niveles superiores al 6% de la ración (Zinn, 1989). Niveles altos de lípidos en la dieta afectan negativamente el consumo voluntario y la digestibilidad de la fibra (Hess et al., 2008).

Los estudios de metabolismo de la grasa de los GD sugieren que puede estar parcialmente protegida de la degradación ruminal, conduciendo a una mayor proporción de ácidos grasos insaturados en el duodeno y mayor digestibilidad total de grasa del tracto (Klopfenstein et al., 2008).

#### 2.3.2.5. Contenido de minerales en los GD

Los granos de destilería tienen alto contenido de fósforo, lo cual dependiendo del nivel de inclusión, viabiliza la eliminación completa de otras fuentes. A su vez si los niveles son muy elevados, se produce una excreción en exceso de dicho mineral en las heces, lo cual debe considerarse cuando se desarrollan los planes de manejo para evitar la contaminación ambiental (US Grain Council, 2012).

Debido al alto nivel de fósforo en la dieta puede resultar que el nivel de calcio de los GD sea bajo y deban añadirse fuentes de calcio suplementario para mantener la relación de calcio/fósforo adecuada, evitando la reducción en el desempeño animal y los cálculos urinarios (Tjardes y Wright, 2002).

Con respecto al contenido de azufre, Arroquy et al. (2014) afirman que puede verse elevado cuando se utiliza ácido sulfúrico para controlar el pH de la fermentación, también se incrementa con el aumento de la inclusión de solubles en el subproducto.

Un elevado porcentaje de azufre en los subproductos incrementa la incidencia de casos de polioencefalomalacia (Uwituze et al., 2011) y disminuye el consumo y la ganancia diaria de peso (Drewnoski y Hansen, 2013). Además, el azufre interfiere con la absorción y metabolismo del cobre, lo cual empeora en presencia del molibdeno (US Grain Council, 2012).

#### 2.3.2.6. Contenido de humedad de los GD

Los DDGS presentan un contenido de humedad que oscila entre el 10-12%. Su alto contenido de materia seca facilita el almacenamiento prolongado y disminuye los costos de transporte (ya que se transporta un menor contenido de agua), respecto al WDGS (Arroquy et al., 2014).

A menos que el contenido de humedad de los DDGS exceda el 12 - 13%, la conservación de la calidad de éstos parece ser de varios meses (US Grain Council, 2012).

#### 2.3.2.7. Compuestos antinutricionales

Las micotoxinas son metabolitos secundarios de hongos que afectan negativamente la salud, crecimiento, y reproducción animal. Las aflatoxinas son las más tóxicas y son producidas generalmente en cultivos que crecen bajo condiciones de estrés hídrico y altas temperaturas, o bajo condiciones de almacenaje de alta humedad de los granos.

En los GD las micotoxinas pueden estar presentes principalmente debido al procesamiento de granos que ya vienen contaminados, y que durante el proceso de fermentación o secado no se metabolizan (Liu, 2011). El nivel de estas puede afectar a las levaduras en la fermentación y disminuir el rendimiento de etanol. De hecho, la concentración de micotoxinas presentes en el grano se triplica en los GD (Arroquy et al., 2014).

### 2.3.3. Características físicas

Aunque la correlación entre color y calidad del producto no es muy elevada, se estima que en general productos oscuros son indicativos de partidas sobrecalentadas, indicando un daño térmico como consecuencia de mayores temperaturas y/o tiempo en el secador (FEDNA, 2012). El color del GD también varía con el color natural del grano que se utiliza como materia prima y con la cantidad de solubles añadidos a la mezcla, oscureciendo el color si se añade en una proporción relativamente alta a la fracción de granos para hacer GD (Noll et al., 2006).

El olor también tiene correlación con la calidad, mientras los GD de alta calidad tienen un olor dulce, a fermentado, aquellos que tienen un olor a quemado o a humo están sobrecalentados (US Grain Council, 2012).

El tamaño de partícula es otra de las características físicas de importancia ya que conforme esta se reduce, se mejora la digestibilidad de nutrientes y conversión alimenticia, como consecuencia de un aumento en la superficie de contacto para que actúen las enzimas digestivas. A su vez el tamaño de partícula puede tener un efecto sobre la palatabilidad y clasificación que realiza el animal, donde un alimento finamente molido en polvo va a reducir el consumo de alimento, molidos extremadamente gruesos pueden también reducir la palatabilidad. Debe aclararse que no solo importa el tamaño de las partículas sino además la uniformidad de las mismas por su efecto sobre la eficiencia del mezclado, partículas más uniformes en una mezcla de ingredientes va a reducir el tiempo de mezclado (US Grain Council, 2012).

### 2.3.4. Fuentes de variación

La composición de los GD podría estar influenciada por varios factores, entre los cuales se destacan el grano utilizado, la molienda, tipo de fermentación, temperatura y duración del secado, así como la relación entre los granos y el soluble añadido (Reese y Lewis 1989, Sharma et al. 2007, Belyea et al. 2010, Elizalde y Riffel 2012).

#### 2.3.4.1. Tipo de grano utilizado

Los GD pueden elaborarse a partir de distinto tipo de cereales como maíz, sorgo, cebada o trigo. En la actualidad la planta de ALUR elabora DDGS a partir de grano de sorgo con bajo contenidos de taninos, el cual presenta similar contenido de almidón respecto al grano de maíz y por lo tanto tiene rendimiento similar, a su vez el sorgo es generalmente más barato que el maíz

por lo que es una materia prima muy atractiva (Klopfestein et al., 2008). El cereal utilizado en el proceso define las características nutricionales del subproducto (Bruni et al., 2014). Los granos de destilería provenientes del maíz poseen en general un mayor contenido de lípidos (Lodge et al., 1997), pero menos proteína que los de sorgo (Urriola et al., 2009).

Asimismo existen variaciones según las variedades o híbridos que sean utilizados, como consecuencia de diferencias en la composición del almidón. Diferencias en la proporción en que se encuentran los polímeros de amilopectina y amilosa pueden afectar la eficiencia de la fermentación; registrándose una reducción en la producción de etanol conforme aumenta la proporción de amilosa (Sharma et al., 2007).

Además de variar la composición del almidón, el contenido de taninos del sorgo varía ampliamente (0,2 a 6,9%) de acuerdo a la variedad. El contenido de taninos está asociado positivamente con varios atributos agronómicos pero está asociado negativamente con la calidad nutricional del grano (Russell y Lolley, 1989).

Las diferencias existentes entre los híbridos de sorgo indican que el aporte nutritivo es altamente dependiente del genotipo. Los taninos condensados, son compuestos que afectan negativamente el valor nutritivo, pues fijan las proteínas del grano reduciendo su disponibilidad e inhiben la acción de la amilasa, enzima importante durante el proceso de digestión de los granos causando una disminución del 10 al 30% y más en la eficiencia alimentaria, en comparación con los sorgos que no poseen estos compuestos (Chessa, 2007).

#### 2.3.4.2. Molienda

Según Belyea et al. (2010) el tamaño de partícula puede afectar a la hidrólisis y fermentación del almidón. Distintos tamaños de partícula, así como particularidades en el proceso de molienda tales como contenido de humedad del grano, condición de las cuchillas o la presencia de materia extraña, son fuente de variación.

#### 2.3.4.3. Cocción

El tipo de cocción, ya sea continua o en tanda es una fuente de variación ya que dependiendo de cuál sea el procedimiento utilizado, variará el contenido de los componentes de la mezcla (cereal molido, agua y destilado reciclado).

#### 2.3.4.4. Fermentación

En la etapa de fermentación puede haber diferencias en la concentración de sólidos, temperatura, tipos y cantidades de aditivos y agua (Rausch y Belyea, 2006). La concentración de minerales varía de acuerdo al ajuste de la fermentación que tienen las distintas plantas de procesamiento (Spiehs et al., 2002).

#### 2.3.4.5. Variación en la tasa de solubles añadidos a los granos

Las plantas de etanol pueden variar la cantidad de solubles condensados que se mezclan a los granos de destilería, lo cual va a afectar la composición de nutrientes del producto final. A medida que aumenta el nivel de incorporación de solubles condensados disminuye la concentración de FDN y PB, mientras que aumenta el contenido de extracto etéreo y energía (Corrigan et al., 2007).

#### 2.3.4.6. Condiciones de secado

Las posibles fuentes de variación son la temperatura y tiempo de secado. Cuando se aplica calor a los ingredientes de alimentos balanceados, sucede la reacción de Maillard, que resulta en la formación de compuestos poliméricos de alto peso molecular (US Grain Council, 2012). Si esto ocurre se reduce la digestibilidad de la proteína y de los aminoácidos, especialmente lisina (Arroquy et al., 2014).

#### 2.3.5. Síntesis

Los GD son un alimento promisorio para el ganado ya que presentan muy buenas características nutricionales, sin embargo sería de gran utilidad contar con mayor información acerca del DDGS proveniente del grano de sorgo en el escenario local.

En este sentido sería necesario para poder emplearlo como ingrediente de las raciones para terneros de DP contar con más información acerca de la respuesta animal a los distintos niveles de inclusión posible, la fibra físicamente efectiva que este aporta, el tamaño de partícula que posee, y como repercute en el comportamiento animal.

## 2.4. EFECTO DEL USO DE GD SOBRE LA PERFORMANCE ANIMAL

En el cuadro 6 se presentan trabajos de distintos autores tanto nacionales como internacionales, de los últimos 25 años, donde se utilizaron granos de destilería de maíz y sorgo, húmedos o secos, con o sin solubles, para la alimentación de distintas categorías de animales para carne (terneros y novillos). Todos los experimentos fueron realizados en encierros a corral, con dietas altamente concentradas (como criterio se utilizaron experimentos con una relación concentrado/voluminoso no mayor a 80/20) suministradas ad libitum y con libre acceso al agua.

Cuadro 6. Efecto de la alimentación a corral con distintos tipos de granos de destilería en diferentes categorías de bovinos para carne.

Autores	Categoría/ Peso(kg)	Alimento	Nivel (%)	Consumo MS (kg/día)	Ganancia (kg/día)	Eficiencia Conversión
<b>Larson et al. (1993)</b>	Terberos/ 275	WDGS Maiz	0	8,42 **	1,30 **	6,48 **
			5	8,74	1,39	6,29
			13	8,44	1,4	6,03
			40	7,91	1,46	5,42
<b>Lodge et al. (1997)</b>	Novillos/ 327		0	12,11	1,86	6,50 a
		WDG Sorgo	40	11,97	1,83	6,54 a
		WDGS Sorgo	40	12,23	1,91	6,40 a
		DDGS Sorgo	40	12,49	1,78	7,02 b
<b>Fanning et al. (1999)</b>	Novillos/ 359		0	10,66	1,65 e	6,48 e
		DG Maiz	30	10,39 b	1,79 f	5,81 f
		DG Sorgo	30	11,50 a	1,86 f	5,97 f
<b>Mateo et al. (2004)</b>	Novillos/ 343		0	9,80	1,64	6,02
		DDGS Maiz	20	10,50 e	1,65	6,36 e
			40	10,62 f	1,68	6,30 f
		WDGS Maiz	20	10,14 g	1,68	6,03 g
			40	9,44 h	1,70	5,57 h
<b>Benson et al. (2005)</b>	Novillos/ 375	DDGS Maiz	0	10,77 b	1,93 b'	5,59
			15	10,94 ab	1,99 a'b'	5,5
			25	11,25 a	2,06 a'	5,46
			35	10,91 ab	2,02 a'b	5,42

Autores	Categoría/ Peso(kg)	Alimento	Nivel (%)	Consumo MS (kg/día)	Ganancia (kg/día)	Eficiencia Conversión
Buckner et al. (2008)	Novillos/ 306	DDGS Maiz	0	9,25	1,50 <sup>***</sup>	6.17
			10	9,47	1,61	5,88
			20	9,52	1,68	5,67
			30	9,71	1,62	5,99
			40	9,47	1,59	5,95
Suarez- Mena et al. (2011)	Terneros/ 70	DDGS Maiz	0	2,24	0,87 a	2,60 a
			39	2,25	0,79 b	2,85 b
	Terneros/ 77	DDGS Maiz	0	2,63	1,05 c	2,50 c
			20	2,64	1,00 d	2,64 d
Acuña et al. (2015)	Terneros/ 92	WDG Sorgo	0	4,45	1,20	3,50
			10	4,54	1,26	3,40
			20	4,86	1,26	3,76
			30	4,97	1,23	3,78
Martínez et al. (2016)	Novillos/ 313	DDGS Sorgo	0	12,00 <sup>*</sup>	1,44	8,80
			10	14,20	1,74	7,80
			20	14,20	1,87	7,90
			30	14,90	1,84	8,40

\* Medias dentro de columna ajustan a un modelo lineal ( $p < 0,01$ )

\*\* Medias dentro de columna ajustan a un modelo lineal ( $p \leq 0,05$ )

\*\*\* Medias dentro de la columna ajustan a un modelo cuadrático ( $p = 0,05$ )

a,b,c,d Medias en la misma columna seguidas por distintas letras difieren ( $p < 0,05$ )

a'b' Medias en la misma columna seguidas por distintas letras difieren ( $p < 0,10$ )

e,f,g,h Medias en la misma columna seguidas por distintas letras difieren ( $p < 0,01$ )

#### 2.4.1. Consumo

Larson et al. (1993) trabajaron en recría de terneros y al incorporar 5, 13 y 40% de WDGs de maíz en la dieta, en sustitución de grano de maíz molido y harina de soja, manteniendo 10% de voluminoso, observaron que el consumo de materia seca tiene una respuesta lineal negativa ( $p < 0,01$ ).

Lodge et al. (1997) comparando granos de destilería de sorgo en sustitución de maíz seco laminado, (0%, 40% WDG, 40% WDGs, 40% DDGS) manteniendo fijo valores de 5% de ensilaje de maíz y 5% de heno de alfalfa, no observaron diferencias ( $p > 0,10$ ) en CMS. Según Fanning et al. (1999) el consumo de materia seca fue mayor ( $p < 0,02$ ) para los novillos alimentados con GD de sorgo que aquellos que consumen GD de maíz; este trabajo sustituía el maíz seco laminado por 30% de GD de maíz o sorgo, manteniendo un 7,5 % de heno de alfalfa

Para los trabajos realizados por Mateo et al. (2004) con novillos se observó interacción en el CMS ( $p < 0,01$ ) entre el tipo de GD de maíz, exhibiéndose un menor consumo cuando se utilizó WDGS en comparación al DDGS. A su vez existe interacción según el nivel de inclusión (20 o 40%), registrándose un deprecio del CMS ( $p < 0,01$ ) cuando las dietas contenían 40% WDGS. Sin embargo cuando se emplea el 40% de DDGS la respuesta es diferente ya que el CMS aumenta. En este experimento los GD sustituían al grano de maíz quebrado manteniéndose el heno de alfalfa constante (10%).

Benson et al. (2005) demostraron que el consumo de materia seca aumentaba de forma cuadrática ( $p < 0,05$ ) a medida que el nivel de DDGS de maíz en la dieta era mayor (0, 15, 25, 35%) cuando se sustituía el maíz rolado en seco, manteniendo el heno de alfalfa en 10% de la dieta, alcanzándose el máximo consumo en el ganado alimentado con 25% de DDGS.

Buckner et al. (2008) trabajaron con novillos de 306 kg de peso vivo, y evaluaron la inclusión de DDGS de maíz (0, 10, 20, 30, 40 % de la dieta en base seca) en sustitución de maíz seco laminado, manteniendo fijas las cantidades de ensilaje de maíz (10% de la dieta) y heno de alfalfa (2,5%). No encontraron ninguna relación significativa (lineal  $p = 0,23$ , cuadrática  $p = 0,30$ ) en el CMS debido al aumento de DDGS. Sin embargo, los novillos alimentados con la dieta base tenían numéricamente el valor más bajo de consumo.

Suarez-Mena et al. (2011) evaluaron la alimentación de terneros de 8 semanas de edad, separándolos en dos experimentos, el primero con terneros de 70 kg alimentados con 0 y 39% de DDGS de maíz y el segundo con terneros de 77 kg alimentados con 0 y 20% de DDGS de maíz, como se desprende de la información reportada en el experimento dichos terneros cumplen con las características que deben de tener los terneros de destete precoz, no obteniéndose diferencias en el consumo de materia seca entre la dieta base y la inclusión de DDGS, en ninguno de los casos. En el primer experimento se sustituía el maíz rolado y la harina de soja por DDGS manteniendo fijo 11,25% de afrechillo de trigo y en el segundo tratamiento se realizaba la misma sustitución de ingredientes manteniendo fijo 8,5% de afrechillo de trigo y 3,25% de almidón de maíz peleteado. En ambos experimentos se incluyó 5% de heno de paja cortada como fuente de fibra.

Acuña et al. (2015) no encontraron diferencias significativas en relación al consumo en materia seca al sustituir harinas de soja y maíz por niveles crecientes de WDG de sorgo (0, 10, 20 y 30%) en terneras de destete precoz alimentadas a corral. El consumo en base fresca muestra una respuesta lineal y creciente ( $p < 0,01$ ). Martínez et al. (2016) encontraron que el consumo

de materia seca aumentaba de forma lineal ( $p < 0,01$ ) al sustituir grano de sorgo y expeller de girasol por niveles crecientes de DDGS de sorgo (0, 10, 20 y 30%) en novillos, utilizando cascara de arroz como fuente de fibra.

#### 2.4.2. Ganancia

Larson et al. (1993) demuestran un aumento en la ganancia de peso diaria en forma lineal ( $p < 0,01$ ). Para Lodge et al. (1997) no se registraron diferencias significativas en la GPD para ningún tratamiento y para Fanning et al. (1999) los novillos alimentados con GD de maíz y sorgo tuvieron una ganancia de peso mayor ( $p < 0,01$ ) que los que tuvieron una dieta base, y con valores similares entre ellos; sin embargo para Mateo et al. (2004) la ganancia de peso no difirió significativamente entre tratamientos

Buckner et al. (2008) observaron una relación cuadrática ( $p = 0,05$ ) para ganancia de peso diaria (GPD) a medida que aumentaba el DDGS de maíz, donde se maximizaba la ganancia en 20 % de inclusión (base seca). Esto concuerda con los datos observados por Benson et al. (2005) donde la GPD tendió ( $p < 0,10$ ) a ser mayor para el ganado alimentado con 25% de DDGS de maíz frente a la dieta base.

Como resultado de los trabajos realizados por Suarez-Mena et al. (2011) la ganancia de peso diaria de los terneros alimentados con la dieta base fue 9 y 4% mayor que los alimentados con DDGS de maíz para los experimentos 1 y 2 respectivamente. Para Acuña et al. (2015), Martínez et al. (2016) no hubo diferencias en las ganancias de los cuatro tratamientos.

#### 2.4.3. Eficiencia de conversión

Para Larson et al. (1993) la eficiencia de conversión alcanza un óptimo cuando el nivel de inclusión de WDGS de maíz en la dieta es del 40% (respuesta lineal) y para Lodge et al. (1997) la eficiencia de conversión del ganado alimentado con WDG, WDGS, o con la dieta control fue similar ( $p > 0,10$ ); sin embargo, novillos alimentados con DDGS fueron menos eficientes ( $p < 0,05$ ) que todos los demás tratamientos, concordando con el trabajo de Mateo et al. (2004) en el que los granos de destilería húmedos eran más eficientes que los secos.

Para Fanning et al. (1999) la EC tuvo valores similares entre GD de maíz y sorgo, tendiendo estos mejores valores que los animales alimentados con la dieta base. Según Mateo et al. (2004) los novillos alimentados con 20% de WDGS no presentaron diferencias significativas respecto a los alimentados

con la dieta base para la EC, los restantes tratamientos si presentaron diferencias significativas respecto al testigo. Los alimentados con WDGS fueron más eficientes en la conversión del alimento ( $p < 0,01$ ) que los que consumieron DDGS y entre estos últimos los alimentados con 40% de DDGS tuvieron mejor EC respecto a los alimentados con 20%. Cabe destacar que la menor EC y por lo tanto mayor eficiencia fueron aquellos terneros que se alimentaron con 40% de WDGS.

Debido a que no se vio afectado el CMS y que la GPD dio lugar a una relación cuadrática significativa, Buckner et al. (2008) observaron que la eficiencia de conversión se acercaba a una significativa tendencia cuadrática ( $p = 0,14$ ) al aumentar los niveles de DDGS. Obtuvieron una EC óptima cuando los novillos fueron alimentados con 20% de DDGS (5,67). Sin embargo Benson et al. (2005) no obtuvieron diferencias significativas para la eficiencia de conversión del alimento.

Suarez-Mena et al. (2011) demostraron que eran más eficientes los terneros alimentados con la dieta base que los alimentados con 39 y 20% de DDGS de maíz (10 y 5% respectivamente). La eficiencia de conversión según Acuña et al. (2015) no se vio modificada al incrementarse las proporciones de WDG de sorgo ofrecidos a las terneras, tampoco se vio modificada para Martínez et al. (2016) al incrementarse las proporciones de DDGS de sorgo.

#### 2.4.4. Síntesis

Si bien no hay una extensa literatura para los granos de destilería de sorgo, el trabajo realizado por Fanning et al. (1999) sugiere que no habrían diferencias entre los GD de maíz o sorgo para la GMD. En dicha variable de respuesta las evaluaciones que se reportan en las revisiones que fueron realizadas con GD provenientes del grano de sorgo reflejan que no hay diferencias significativas entre el testigo y los distintos niveles de inclusión (Lodge et al. 1997, Acuña et al. 2015).

Sin embargo los resultados comienzan a diferir cuando se consideran aquellos que fueron realizados con GD provenientes de maíz o realizados con terneros en vez de novillos. Buckner et al. (2008) cuando trabajan con GD provenientes del maíz logran establecer un óptimo de inclusión donde se maximice la ganancia y eficiencia de conversión en 25%, en cambio Mateo et al. (2004) no encuentra diferencias significativas entre tratamientos para la GMD.

Con respecto a la categoría animal, las evaluaciones realizadas con GD provenientes del grano de maíz demostraron ser menos eficientes en la conversión de alimento cuando son alimentados con GD, pero esta información es escasa lo que abre un panorama para estudiar dicha categoría.

Basándonos en dichos antecedentes donde la información se caracteriza por ser escasa y los resultados son tan diversos, siendo en algunas ocasiones contradictorios resulta necesario el estudio de la respuesta a la inclusión del DDGS proveniente de la destilación del grano de sorgo a dietas suministradas a terneros de destete precoz.

## 2.5. HIPÓTESIS

Existe un nivel óptimo de inclusión de DDGS de sorgo en la dieta de terneros de destete precoz alimentados en confinamiento con ración totalmente mezclada, altamente concentradas formuladas a base de grano de sorgo, que maximiza la ganancia de peso vivo y eficiencia de conversión del alimento. Esta respuesta estaría asociada a cambios en el consumo de MS y aprovechamiento de los nutrientes consumidos, afectando el valor nutritivo de la dieta.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. LOCALIZACIÓN Y PERÍODO EXPERIMENTAL

El experimento se desarrolló en la Estación Experimental “Dr. Mario Alberto Cassinoni”, Facultad de Agronomía, ubicada en el litoral norte del Uruguay en el departamento de Paysandú; a 32°20’9’’ de latitud sur, y 58°2’22’’ de longitud oeste, a 61 metros sobre el nivel del mar. Se realizó en los corrales de encierro de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (UPIC), teniendo una duración de 70 días, comenzando el 26 de enero y finalizando el 5 de abril de 2016.

#### 3.2. CLIMA

Uruguay posee un clima templado, específicamente en el departamento de Paysandú se presenta una temperatura media anual de 19° C, precipitaciones medias anuales de 1218 mm y una humedad relativa entorno al 73% (MDN. DNM, s.f.). Las temperaturas medias y precipitaciones acumuladas históricas (para los meses de enero, febrero y marzo) en el departamento de Paysandú se muestra en el cuadro 7.

Cuadro 7. Temperatura media y precipitaciones acumuladas para el período experimental para el departamento de Paysandú.

Mes	Temperatura (°C)	Precipitaciones (mm)	HR%
enero	25	128,6	64,5
febrero	23,5	200,4	70,9
marzo	21,7	163,7	70,1
abril	18,2	146,9	72,6

Fuente: Facultad de Agronomía. Estación Meteorológica EEMAC<sup>1</sup>

#### 3.3. INFRAESTRUCTURA

El experimento se realizó en 24 corrales individuales semi techados con piso de balasto, en un área de 216 m<sup>2</sup> donde cada corral cuenta con 1.5 m de ancho y 6 m de largo. En el interior de cada uno, sobre un extremo se localizaba un bebedero de plástico y sobre el opuesto un comedero del mismo material, sobre los mismos se contó con la presencia de un techo que brindaba sombra a los animales. Para el registro de altura de anca y peso de los animales se utilizaron las mangas de la E.E.M.A.C, en donde también se realizó el manejo sanitario.

<sup>1</sup> Facultad de Agronomía. EEMAC. Estación Meteorológica. 2016. Normales climatológicas 2002-2014. s.p. (sin publicar).

### 3.4. ALIMENTOS

Se formularon cuatro concentrados, difiriendo en el nivel de inclusión de DDGS de sorgo: 0, 15, 30 y 45% de la materia seca (cuadro 8), en sustitución del grano de sorgo y harina de soja, de forma que las formulaciones fueren isoenergética e isoproteicas, en base a NRC (2000). Los concentrados fueron mezclados con heno de *Medicago sativa* (alfalfa) picado a razón del 15%, dando lugar a 4 raciones totalmente mezcladas. La composición de ingredientes y química del concentrado se presenta en los cuadros 8 y 9, respectivamente.

Cuadro 8. Composición de ingredientes de los concentrados experimentales difiriendo en el nivel de inclusión de DDGS.

Ingredientes	Nivel de DDGS en el concentrado			
	0%	15%	30%	45%
<b>Grano de sorgo</b>	66,5	60,1	53,7	47,4
<b>DDGS</b>	0	15,3	30,6	45,9
<b>Harina de soja</b>	29,6	20,8	11,9	2,9
<b>Urea</b>	0,3	0,3	0,3	0,3
<b>Melaza</b>	1,8	1,8	1,8	1,8
<b>Premezcla*</b>	1,7	1,7	1,7	1,7

\* Premezcla incluyen núcleo vitamínico-mineral, monensina, levaduras, sal y tiamina.

Cuadro 9. Composición química de los concentrados experimentales formulados, difiriendo en el nivel de inclusión del DDGS.

Composición química	Nivel de DDGS en el concentrado			
	0%	15%	30%	45%
<b>Proteína cruda (PC)</b>	19,9	20	20	20,1
<b>PDR, % PC</b>	61,1	58,2	55,4	52,5
<b>FDN, %</b>	11,1	14,4	17,8	21,2
<b>Extracto etéreo, %</b>	2,5	3,9	5,2	6,5
<b>NDT, %</b>	84,5	84	83,6	83,1
<b>Relación Ca/P</b>	1,3	1,2	1,0	0,9
<b>Relación N/S</b>	15,7	18,7	23,0	30,1

PDR: proteína degradable en rumen; NDT: nutrientes digestibles totales  
FDN: fibra detergente neutro

Al momento de ofrecer las RTM a cada animal se mezcló diariamente el heno (15%), el DDGS (nivel de inclusión según tratamiento) y el resto del concentrado. El DDGS fue adquirido en una única partida. Previo al inicio del experimento, la cual se embolsó junto a las instalaciones. Su composición química obtenida a partir de 10 muestras compuestas tomadas durante el periodo experimental se detalla en el cuadro 10.

Cuadro 10. Composición química del DDGS de sorgo utilizado en el experimento.

	<b>Contenido (% base seca)</b>
<b>Materia seca</b>	91,9
<b>Cenizas</b>	7,2
<b>Proteína cruda</b>	29,8
<b>Extracto etéreo</b>	13,9
<b>Fibra detergente neutro</b>	50,5
<b>Fibra detergente ácido</b>	21,5
<b>Nitrógeno insoluble en detergente ácido</b>	14,6

### 3.5. ANIMALES

Se utilizaron 24 terneros machos castrados al nacer, de la raza Hereford pertenecientes al rodeo experimental de la E.E.M.A.C. Los mismos nacieron en la primavera del 2015 y fueron destetados precozmente el 11 de enero del 2016 con una edad promedio de  $61,33 \pm 11,48$  días, y  $80,35 \pm 11,44$  kg de peso vivo en promedio.

### 3.6. TRATAMIENTOS

Los animales fueron asignados al azar, a una de las cuatro raciones totalmente mezcladas experimentales y alimentados en régimen de confinamiento según diseño de parcelas completamente al azar, considerando al animal como unidad experimental. Todas las dietas fueron ofrecidas ad libitum.

### 3.7. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El periodo experimental fue precedido de una fase de acostumbamiento de los terneros, teniendo una duración de 15 días (11/01/2016 al 26/01/2016) donde fueron manejados grupalmente y se les suministró 0,2 kg de la ración del tratamiento DDGS 0% y 1 kg de fardo por animal, aumentando la ración 0,2 kg por animal por día. A partir del quinto día

se les comenzó a disminuir el fardo en 0,1 kg por animal por día hasta llegar a las cantidades formuladas en cada dieta.

Los siguientes 7 días del periodo de acostumbramiento se los trasladó al corral experimental, donde se los comenzó a separar, el primer día estuvieron agrupados de a 6 animales, el segundo día se los separó de a 3 y al tercero se logró tenerlos individualmente.

Una vez que se los separó por tratamiento se les comenzó a sustituir gradualmente el concentrado DDGS 0% por el correspondiente según tratamiento (variando las cantidades gradualmente) y el DDGS, el cual fue aumentando 0,12 kg por animal por día hasta llegar a la cantidad deseada según el nivel de inclusión.

Para llegar al suministro ad libitum, se realizó el aumento progresivo del alimento ofrecido según la lectura del comedero, (rechazos iguales o menores al 5% de la cantidad proporcionada al animal, determinaban el aumento del 5% del ofrecido).

#### 3.7.1. Período experimental

Cuando se estabilizó la dieta en el periodo pre experimental según tratamiento, comenzó el periodo experimental donde se les ofreció el alimento distribuido en 3 comidas diarias, (7hs., 12hs. y 17hs.), la cantidad que se les suministró en cada comida fue  $\frac{1}{3}$  del total de la ración diaria.

La cantidad que se suministró a cada animal fue ajustada diariamente en base a lectura de comederos. Antes de la primer comida, el rechazo del día anterior fue pesado y retirado del comedero.

Se suministró agua a voluntad, reponiendo a diario y limpiando los bebederos semanalmente, descartando posibles efectos sobre la performance animal.

#### 3.7.2. Manejo sanitario

Al siguiente día de ser destetados, los terneros fueron tratados con ivermectina para el control de parásitos, clostrisan para clostridiosis, querato pili ibr para el control de queratoconjuntivitis y por último se vacuno contra carbunco bacteriano.

El 09/02/2016 se realizó una vacunación con endoparasiticida ricobendazol (paraxane) y 14 días más tarde (23/2/2016) se les suministró una

vacuna para controlar aftosa y un segundo inyectable con baytril max (enrofloxacin a 10%), este último es un antibacteriano.

El 22/03/2016 se repitió la vacunaci3n con el endoparasiticida ricobendazol (paraxane).

### 3.7.3. Registros y mediciones

#### 3.7.3.1. Altura del anca y peso vivo

Se registr3 la altura del anca de los animales en los días de comienzo y finalizaci3n del experimento, previo al pesaje de los animales. Para dicha medici3n se utiliz3 una regla milimétrica.

Fue registrado el peso vivo individual al inicio del experimento (26/01/2016) y luego cada 14 días. Las pesadas se realizaron con balanza electr3nica (con capacidad y precisi3n de  $2000 \pm 0,5$  kg) en las instalaciones de la estaci3n experimental, a las 8 de la mañana sin ayuno previo, y antes de la primer comida.

Luego de cada pesada los animales eran distribuidos al azar a los corrales con el objetivo de minimizar un eventual efecto ambiental asociado a la ubicaci3n. En los días en que se realizaron las pesadas, la raci3n total a suministrar fue dividida en solo dos comidas.

#### 3.7.3.2. Consumo de materia seca

El alimento ofrecido y el rechazo fueron pesados para cada animal todos los días, de manera de poder estimar el consumo de materia seca (CMS) a partir de la diferencia entre el alimento ofrecido y el rechazado.

Los ingredientes de la RTM (heno, DDGS, concentrado) y los rechazos fueron muestreados semanalmente para la determinaci3n del contenido de MS. Las muestras fueron secadas en estufa de aire forzado 60°C hasta peso constante (48hs.), y se determin3 el contenido de humedad como la diferencia entre el peso de la muestra fresca y seca. Las muestras fueron conservadas para posterior análisis químico.

#### 3.7.3.3. Comportamiento animal

Se caracteriz3 el comportamiento animal a trav3s de la observaci3n directa durante el periodo de horas luz (7:00 a 19:00hs.), registrando cada 15 minutos la actividad que realizaba cada animal: consumo de alimento (Ca), consumo de agua (Cb), rumia (R) o descanso (D).

La medición se realizó en los 24 animales del experimento, en dos periodos (durante dos días consecutivos cada uno): 29 de febrero y 1 de marzo, 28 y 29 de marzo.

El patrón diurno de consumo de alimento fue caracterizado partir del agrupamiento de las observaciones en intervalos de una hora.

#### 3.7.3.4. Patrón de consumo

El patrón de consumo fue medido en los días de evaluación de comportamiento animal, en los cuales se le ofreció tres comidas diarias (tal y como se realizaba habitualmente) y antes de ofrecerle el alimento se procedió a pesar el que aún se encontraba en el comedero con el fin de saber cuánta MS consumió en los diferentes horarios, quedando establecidos tres turnos (mañana-tarde-noche).

#### 3.7.3.5. Digestibilidad aparente

Durante la semana 7 del periodo experimental (del 10/03/16 al 12/03/16) se realizó la estimación de la digestibilidad en vivo de la dieta mediante la recolección total de heces.

Se realizó un muestreo de cada ingrediente previo a la alimentación durante los días 9, 10 y 11 de marzo, también se muestreo los rechazos correspondientes (10, 11 y 12 de marzo). Las heces fueron recogidas 3 veces por día durante tres días consecutivos, levantando la totalidad de las mismas directamente del suelo del corral. Diariamente se registró el peso total fresco, conservando una submuestra (aproximadamente 0,5 kg cada una). El contenido de materia seca fue determinado sobre una muestra compuesta por animal.

#### 3.7.3.6. Distribución de partículas

Se utilizó un separador de partículas de forraje de Penn State (Heinrichs y Kononoff, 2002) para determinar cuantitativamente la distribución y el tamaño de las partículas del alimento ofrecido y del rechazo correspondiente a los días donde se realizó la estimación de digestibilidad aparente.

La suma del material retirado en las zarandas se pesa y evidencia la proporción de alimento con un tamaño de partícula superior a 1,18 mm (factor de efectividad de la fibra).

Del alimento ofrecido por tratamiento y del rechazo por animal se formuló una muestra compuesta para su posterior análisis químico.

#### 3.7.4. Variables calculadas

##### 3.7.4.1. Concentración de nutrientes en la dieta

Fue calculada realizando la diferencia de los componentes nutricionales del alimento ofrecido y del rechazo, para luego dividirlo por los kg de alimento consumido.

##### 3.7.4.2. Eficiencia de conversión

Se calculó la eficiencia de conversión como el cociente entre el consumo de materia seca y la ganancia de cada animal durante la fase experimental.

#### 3.7.5. Análisis químicos

Una vez concluido el experimento, se realizó una muestra compuesta del alimento ofrecido y del rechazo por tratamiento, con el fin de determinar la composición química (ceniza, materia orgánica, nitrógeno total, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, extracto etéreo y nitrógeno insoluble en detergente ácido).

La ceniza es el residuo inorgánico de una muestra incinerada a 600°C (AOAC, 2012). Para la determinación del nitrógeno total fue utilizado el método Kjeldhal. El principio básico es la conversión del N de las sustancias nitrogenadas en amonio por medio de una digestión en caliente con ácido sulfúrico concentrado. Para convertir el N en proteína en los materiales vegetales se utiliza el factor 6,25 (AOAC, 2012).

Los contenidos de FDN y FDA fueron determinados con tecnología Ankom (Fiber Analyzer 200, Ankom Technology Corporation) de forma secuencial (Van Soest et al., 1991). Para la determinación de EE también fueron utilizadas las normas descritas por AOAC (2012).

#### 3.7.6. Análisis estadísticos

El experimento tuvo un diseño de parcelas al azar considerando al animal como unidad experimental, utilizando un modelo general incluyendo el efecto del tratamiento y de la media general.

El efecto de los tratamientos en la GMD de peso vivo se estudió según un modelo lineal mixto de heterogeneidad de pendientes del peso vivo en función del tiempo, considerando la autocorrelación entre las medidas repetidas en el tiempo.

El procedimiento utilizado dentro del paquete estadístico SAS, fue el MIXED y siguiendo el modelo general:

$$Y_{ijklm} = \beta_0 + \zeta_j + \varepsilon_{jk} + \beta_1 d_1 + \beta_{1j} \zeta_j d_1 + \beta_2 PV_{jk} + \sigma_{ijklm}$$

Dónde,

$Y_{ijklm}$ : peso vivo.

$\beta_0$ : intercepto.

$\zeta_j$ : efecto del j-ésimo nivel de DDGS ( $j = 0\%$ ;  $15\%$ ;  $30\%$  y  $45\%$ ).

$\varepsilon_{jk}$ : error experimental.

$\beta_1$ : pendiente promedio (ganancia diaria) del PV en función de los días ( $d_1$ ).

$\beta_{1j}$ : pendiente del PV en función de los días ( $d_1$ ) para cada nivel de DDGS.

$\beta_2$ : pendiente que afecta a la covariable PV al inicio del experimento ( $PV_{jk}$ ).

$\sigma_{ijklm}$ : error de la medida repetida en el tiempo.

En el análisis de las variables de respuesta que están asociadas al CMS se utilizó el procedimiento MIXED en base al modelo general:

$$Y_{ijklm} = \mu + \zeta_j + \varepsilon_{jk} + S_l + (\zeta_S)_{jl} + \sigma_{ijklm}$$

Dónde,

$Y_{ijklm}$ : consumo de materia seca, rechazo.

$\mu$ : media general.

$\zeta_j$ : efecto del j-ésimo nivel de inclusión de DDGS ( $j = 0\%$ ;  $15\%$ ;  $30\%$  y  $45\%$ ).

$S_l$ : efecto de la l-ésima semana ( $l = 1, \dots$ ).

$\varepsilon_{jk}$ : error experimental.

$\sigma_{ijklm}$ : error de la medida repetida en el tiempo

Las variables como eficiencia de conversión del alimento, altura final y digestibilidad, se analizaron utilizando el procedimiento GLM mediante un modelo lineal general de la forma:

$$Y_{ij} = \mu + \zeta_j + \varepsilon_{ij}$$

Dónde,

$Y_{ij}$ : EC, altura final, digestibilidad.

$\mu$ : media general.

$\zeta_j$ : efecto del j-ésimo nivel de inclusión de DDGS (j= 0%; 15%; 30% y 45%).

$\varepsilon_{ij}$ : error experimental.

Los datos de comportamiento ingestivo fueron analizados a través de un modelo lineal generalizado usando el macro GLIMMIX del paquete estadístico SAS.

$$\ln(P/(1-P)) = b_0 + \zeta_i + P_j + (\zeta P)_{ij} + D_k(P)_j$$

Dónde,

P: probabilidad de consumo, rumia o descanso.

$b_0$ : intercepto

$\zeta_i$ : efecto del i-ésimo nivel de inclusión de DDGS (j= 0%; 15%; 30% y 45%)

$P_j$ : efecto de la semana de observación

$\zeta P_{ij}$ : interacción entre tratamiento y semana

$D_k(P)_j$ : efecto de los días dentro de cada semana

Cuando fue significativo el efecto del tratamiento, se analizó la significancia del efecto lineal y cuadrático asociado al nivel de inclusión de DDGS. Cuando la probabilidad de error de tipo I es menor a 5% se consideró que el efecto es estadísticamente significativo.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. REGISTROS CLIMÁTICOS

En el cuadro 11 se presentan los valores promedios mensuales de temperatura y humedad relativa, precipitaciones e ITH en la estación experimental Dr. Mario A. Cassinoni correspondientes al período experimental.

Cuadro 11. Temperaturas medias, precipitaciones, humedad promedio e ITH de cada mes en la EEMAC, durante el período experimental.

	enero 26 al 31	febrero	marzo	abril 1 al 5
<b>Temperatura promedio (°C)</b>	26	25,2	20,6	20,9
<b>Precipitaciones (mm)</b>	31,2	323,3	107,4	193,5
<b>Humedad promedio (%)</b>	60,2	71,3	74,3	81,6
<b>ITH *</b>	74,2	74,3	67,5	68,4

\* $ITH=0,8*temperatura\ del\ aire + (\% \text{ humedad relativa}/100)*(temperatura\ del\ aire -14,4) + 46,4$  (Rovira, 2012).

Fuente: Facultad de Agronomía. Estación Meteorológica EEMAC<sup>1</sup>

### 4.2. CARACTERÍSTICAS DE LA DIETA

En el cuadro 12 se presentan los resultados del análisis de MO, PC, EE, FDN, FDA, C y NIDA de las raciones ofrecidas durante el período experimental.

Cuadro 12. Concentración de nutrientes en de las RTM experimentales, difiriendo en el nivel de inclusión de DDGS (expresada como % de la MS) según tratamiento.

Nutriente	DDGS 0	DDGS 15	DDGS 30	DDGS 45
<b>MO</b>	94,1	95,2	94,3	93,3
<b>PC</b>	17,7	18,8	18,5	18,9
<b>EE</b>	3,2	4,5	5,4	6,6
<b>FDN</b>	25,5	32,1	33,5	35,5
<b>FDA</b>	12,4	13,9	15,5	17,4
<b>C</b>	5,9	4,8	5,7	6,7
<b>NIDA</b>	3,6	4,7	7,0	7,4

PC= Proteína cruda

EE= Extracto etéreo

FDN= Fibra detergente neutro

FDA= fibra detergente ácido

C= Cenizas

MO= Materia orgánica

NIDA= Nitrógeno insoluble en detergente ácido

La concentración de nutrientes en la dieta ingerida por el animal es una variable de respuesta que está afectada por la selección de alimento que este realiza, esto trae como consecuencia que la concentración de nutrientes de las dietas formuladas no sea idéntica a la que efectivamente consumió. En el cuadro 13 se presenta la concentración de nutrientes en la dieta ingerida por los animales según tratamiento.

Cuadro 13. Concentración de nutrientes en del alimento ingerido (expresada como % de la MS) según tratamiento.

Nutriente	DDGS 0	DDGS 15	DDGS 30	DDGS 45
<b>MO</b>	94,3	95,4	94,4	93,5
<b>PC</b>	18,1	19,6	19,5	20,3
<b>EE</b>	3,4	4,9	6,1	7,5
<b>FDN</b>	23,0	31,3	33,6	37,4
<b>FDA</b>	10,7	13,0	15,1	18,0
<b>C</b>	5,7	4,6	5,6	6,5
<b>NIDA</b>	3,7	5,1	7,7	8,2

PC= Proteína cruda

EE= Extracto etéreo

FDN= Fibra detergente neutro

FDA= fibra detergente ácido

C= Cenizas

MO= Materia orgánica

NIDA= Nitrógeno insoluble en detergente ácido

Se puede observar cómo los valores de fibra y extracto etéreo aumentaron con el nivel de inclusión de DDGS y si bien la PC también se incrementó lo hizo en menor magnitud. En lo que respecta al NIDA claramente existió un incremento del mismo con el aumento de los niveles de inclusión del DDGS, con respuesta lineal ( $p < 0,0001$ ), lo cual resulta lógico ya que el contenido de NIDA que este posee está muy por encima de los valores que presentan los restantes alimentos de este experimento.

#### 4.3. EFECTIVIDAD DE LA FIBRA

Niveles crecientes de inclusión de DDGS en la ración, modificaron la distribución del tamaño de partículas en el alimento ofrecido, no así en el rechazo. En el cuadro 14 se muestra de la efectividad de la fibra del alimento ofrecido a medida que se incrementan los niveles de DDGS en la RTM.

Cuadro 14. Efecto de los niveles de inclusión de DDGS sobre la efectividad de la fibra, evaluado en el alimento ofrecido (RTMs experimentales).

Variable	Tratamiento				Probabilidad	
	DDGS 0	DDGS 15	DDGS 30	DDGS 45	Efecto lineal	Efecto cuadrático
Distribución de tamaño de partículas (% retenido según tamaño de tamiz)						
<b>19mm</b>	0,53	0,83	1,03	1,10	0,1166	0,6420
<b>8mm</b>	0,44	2,36	3,26	4,53	0,0066	0,6915
<b>1,18 mm</b>	50,03	46,86	47,06	48,93	0,8523	0,5048
<b>Bandeja</b>	48,93	49,93	48,63	45,43	0,4464	0,5417
<b>fef</b>	51,1	50,1	51,4	54,6	0,4464	0,5417
<b>FDNfe (%MS)</b>	13	16	17,13	19,23	0,0040	0,6958

RTM= ración totalmente mezclada

FDN= fibra detergente neutro

FDNfe= fibra detergente neutro físicamente efectiva

fef= factor efectividad de la fibra

En la RTM ofrecida a los terneros, la proporción de partículas con un tamaño mayor a 19 mm y entre 1,18 a 8 mm no presentó diferencias significativas entre tratamientos ( $p=0,4004$  y  $p=0,9080$  respectivamente). La proporción de partículas con un tamaño de 8 a 19 mm aumentó lineal positiva ( $p=0,0066$ ), conforme lo hizo el nivel de inclusión de DDGS en la ración.

De los resultados se destaca que la mayor proporción del alimento tuvo un tamaño de 1,18 a 8 mm, siendo en promedio el 48,2% de la RTM, dicho porcentaje tiene similar magnitud para las partículas que tienen menos de 1,18mm.

El nivel de FDNfe aumentó de forma lineal a medida que se incrementaron los niveles de DDGS de sorgo, esto debido a que el factor de efectividad de la fibra no difirió entre tratamientos ( $p=0,7908$ ) mientras que la FDN aumentó conforme aumentaba la inclusión de DDGS.

Si bien el fef no difirió entre tratamientos, si lo hizo la proporción de alimento con un tamaño mayor a 8mm (suma de las dos primeras cribas), teniendo una respuesta lineal ( $p=0,0013$ ).

En el cuadro 15 se muestra de la efectividad de la fibra del rechazo a medida que se incrementan los niveles de DDGS en la RTM.

Cuadro 15. Efecto de los niveles de inclusión de DDGS sobre la efectividad de la fibra, evaluado en el rechazo.

Variable	Tratamiento				Probabilidad	
	DDGS 0	DDGS 15	DDGS 30	DDGS 45	Efecto lineal	Efecto cuadrático
Distribución de tamaño de partículas (% retenido según tamaño de tamiz)						
<b>19mm</b>	29,72	54,60	53,57	37,60	0,6184	0,0611
<b>8mm</b>	11,92	14,42	14,32	14,15	0,6168	0,6487
<b>1,18 mm</b>	34,47	21,10	17,45	28,42	0,4884	0,0995
<b>Bandeja</b>	23,90	9,87	14,70	19,85	0,7977	0,1509
<b>fef</b>	76,1	90,1	85,3	80,2	0,7977	0,1509
<b>FDN (%MS)</b>	46,61	48,77	47,13	43,04	-----	-----
<b>FDNfe (%MS)</b>	35,47	43,95	40,17	34,47	0,6152	0,0326

FDN= fibra detergente neutro

FDNe= fibra detergente neutro efectiva

fef= factor efectividad de la fibra

La distribución de las partículas de los rechazos, no difirió entre tratamientos para tamaños de partículas mayores a 19, de 19 a 8 y de 8 a 1,18 mm, con  $p=0,2571$ ;  $p=0,9121$  y  $p=0,3379$  respectivamente. Se evidencia para tamaños de partículas mayores a 19 mm y aquellos comprendidos entre 1,18 y 8 mm una tendencia cuadrática con  $p=0,0611$  y  $p=0,0995$  respectivamente. Para la proporción de alimento con más de 19 mm la tendencia es cuadrática con incrementos crecientes y para los que tienen entre 1,18 a 8 mm la tendencia es cuadrática con decrementos decrecientes. En promedio el 44% del alimento rechazado tuvo un tamaño superior a 19 mm.

Si bien factor de efectividad de la fibra no difirió significativamente entre tratamientos con un  $p=0,4456$ , el nivel de FDNfe mostró una relación cuadrática, siendo el tratamiento DDGS 15 el que obtuvo el mayor valor (43,95%).

#### 4.4. CRECIMIENTO ANIMAL

El peso vivo de los animales se incrementó con los días como se observa en la figura 2 y estuvo afectado por el peso inicial de los terneros ( $p < 0,0001$ ), sin embargo no se observó un efecto del tratamiento sobre la GMD ( $p=0,9985$ ), la cual tiene un valor promedio de 1,18 kg/día. Tampoco se observó un efecto del tratamiento en la relación PV/altura final ( $p=0,1297$ ).

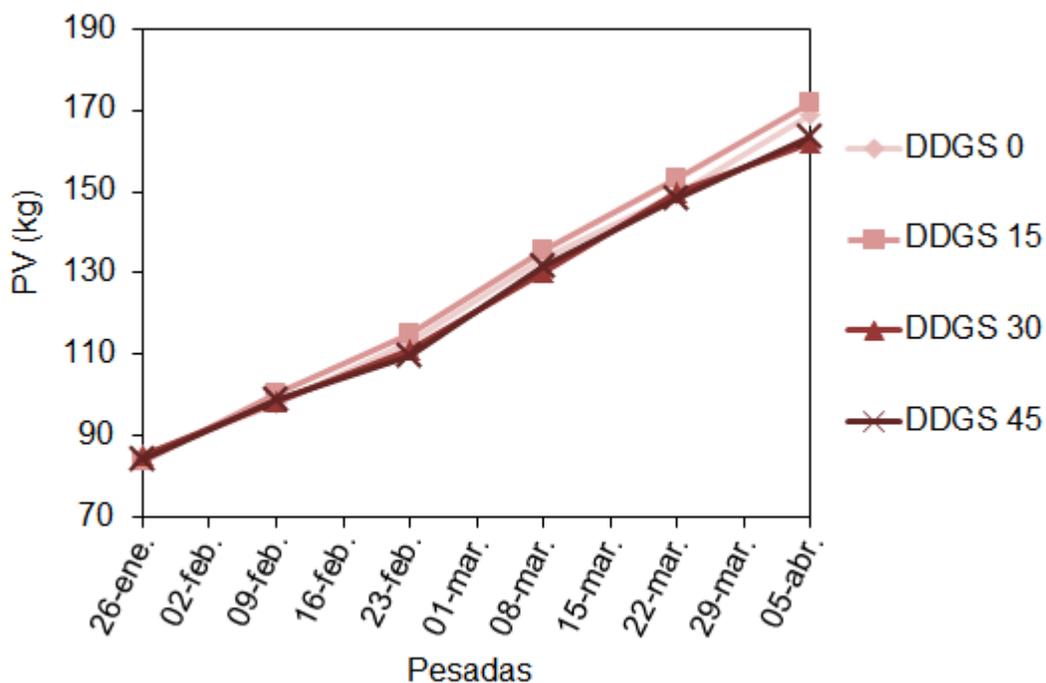


Figura 2. Evolución de peso vivo en el tiempo según nivel de inclusión de DDGS en la dieta (expresado como % de MS)

En el cuadro 16 se presenta un resumen del efecto de los niveles de inclusión de DDGS sobre las variables de respuesta que describen el crecimiento animal.

Cuadro 16. Efecto de los niveles de inclusión de DDGS sobre el crecimiento animal

Variable	Tratamiento				Probabilidad	
	DDGS 0	DDGS 15	DDGS 30	DDGS 45	Efecto lineal	Efecto cuadrático
<b>Edad inicial (días)</b>	59	63	69	59	-----	-----
<b>Edad final (días)</b>	144	148	154	144	-----	-----
<b>PV Inicial (kg)</b>	85,3	83,7	85,4	84,0	0,9150	0,9864
<b>PV Final (kg)</b>	168,7	171,7	161,8	163,3	0,2372	0,8743
<b>GMD (kg/día)</b>	1,21	1,24	1,11	1,12	0,1137	0,8598
<b>PV/Altura final</b>	1,66	1,73	1,61	1,65	0,3324	0,7881

PV= peso vivo  
GMD= ganancia media diaria

#### 4.5. CONSUMO Y EFICIENCIA DE CONVERSIÓN

La dieta se ofreció ad libitum a todos los animales, representando los rechazos en promedio 8,43% del alimento ofrecido. No obstante esto, se observaron diferencias entre tratamientos ( $p=0,0261$ ) variando entre 7,63% (DDGS45) y 9,84% (DDGS0) como máximo.

Los consumos medios diarios, expresados en kg MS/animal/día, no presentaron diferencias significativas entre tratamientos ( $p= 0,6474$ ). Sin embargo expresados cada 100 kg de peso vivo, sí presentaron diferencias significativas ( $p=0,0097$ ), teniendo una respuesta lineal positiva, registrándose un aumento de 0,011% más de consumo por cada 1% de incremento en el nivel de DDGS del concentrado.

Al evaluarse el consumo de MS (expresado como % del PV) se comprobó que había no solo un efecto de la semana en dicho consumo sino además un efecto de la interacción semana por tratamiento ( $p<0,0001$  en ambos casos), en la figura 3 se muestra la evolución del consumo en el tiempo para todos los tratamientos.

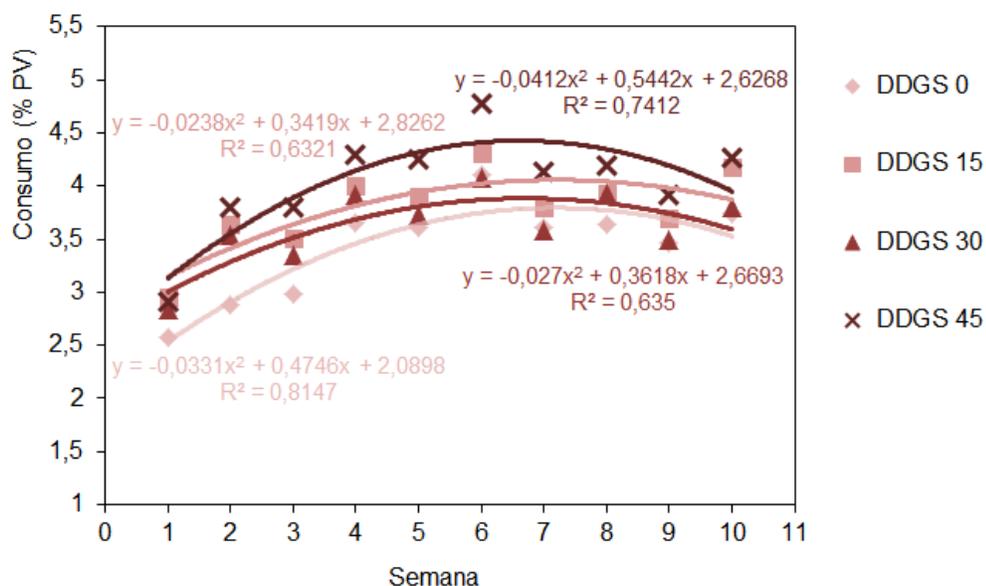


Figura 3. Evolución del consumo (expresado como % del PV) según los distintos niveles de inclusión de DDGS.

En la figura 3 se observa como a medida que pasan las semanas se comienza a incrementar el consumo de MS expresado como %PV, hasta alcanzar un máximo aproximadamente en la mitad del experimento,

disminuyendo posteriormente. Dicho efecto de la semana en el consumo resulta lógico ya que al iniciar el experimento los terneros son pequeños, teniendo un escaso desarrollo ruminal, incrementándose el consumo semana a semana a medida que logran desarrollar su tracto digestivo, luego de un tiempo el peso de cada uno y la ganancia que registran alcanzan niveles más elevados, por lo que se dejan de percibir incrementos en el consumo de MS expresado como % del PV. A su vez se visualiza un efecto de la semana en interacción con los tratamientos ya que si bien todas presentan la misma tendencia, no lo hacen de igual manera para el periodo analizado.

La eficiencia de conversión, expresada como kg de alimento consumido por cada kg de ganancia de peso, mostró diferencias entre tratamientos ( $p=0,0100$ ) observándose una respuesta lineal positiva ( $p= 0,0011$ , figura 4), indicando que por cada 1% de DDGS incorporado en el concentrado se registró un incremento del alimento consumido de 15,17 gramos para ganar 1 kg de PV.

Cuadro 17. Efecto del nivel de inclusión de DDGS en el concentrado sobre el consumo medio diario de materia seca (MS) y eficiencia de conversión del alimento.

Variable	Tratamiento				Probabilidad	
	DDGS 0	DDGS 15	DDGS 30	DDGS 45	Efecto lineal	Efecto cuadrático
<b>Consumo kg MS/día</b>	4,38	4,79	4,54	4,94	0,3523	0,9927
<b>Consumo (% PV)</b>	3,43	3,79	3,62	4,04	0,0046	0,8392
<b>Eficiencia de conversión</b>	3,52	3,83	3,97	4,28	0,0011	0,9920

En la figura 4 se presentan las variables analizadas en este experimento.

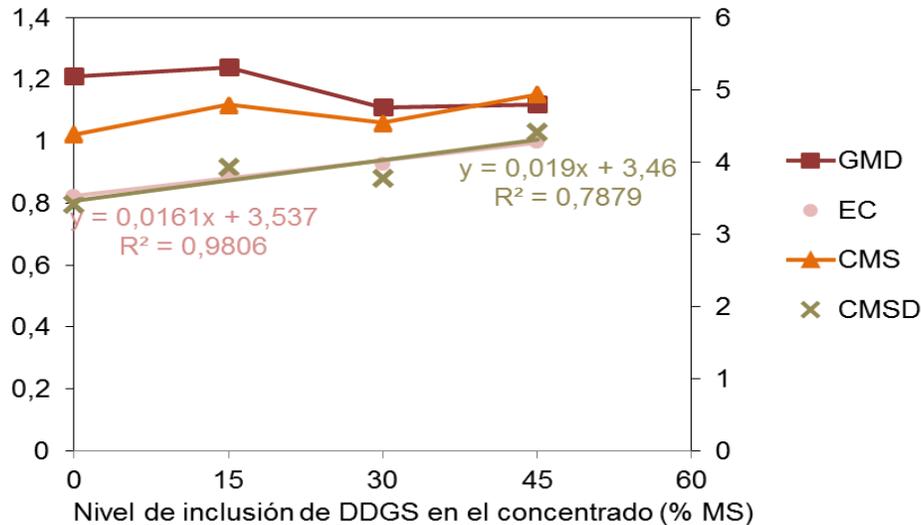


Figura 4. Efecto del nivel de inclusión de DDGS sobre la ganancia media diaria, eficiencia de conversión, consumo de materia seca y consumo de materia seca digestible.

#### 4.6. DIGESTIBILIDAD DE LA MS Y CONSUMO DE NUTRIENTES

La digestibilidad de la materia seca (DMS) consumida no difirió entre tratamientos ( $p=0,9883$ ), teniendo un valor promedio de 85,3%. El consumo de MS digestible aumentó conforme lo hizo el consumo de MS, mostrando una tendencia lineal positiva ( $p=0,0585$ ), alcanzando un valor promedio de 3,89 kg.

El consumo de extracto etéreo, fibra detergente neutro y fibra detergente acida tuvieron efectos significativos según los tratamientos, donde se registró una respuesta lineal positiva ( $p<0,0001$  en los tres nutrientes). En el consumo de proteína cruda si bien no se registraron diferencias significativas según tratamientos ( $p=0,1517$ ), se observó una tendencia lineal positiva ( $p=0,0588$ ).

Para el consumo de cenizas el efecto de los tratamientos fue cuadrático ( $p=0,018$ ), y para el consumo de materia orgánica no hubieron diferencias significativas entre tratamientos.

En el cuadro 18 se presenta el consumo de cada nutriente según el nivel de inclusión de DDGS.

Cuadro 18. Consumo de cada nutriente según el nivel de inclusión de DDGS expresado como kg/animal/día.

Nutriente	Tratamiento				Probabilidad	
	DDGS 0	DDGS 15	DDGS 30	DDGS 45	Efecto lineal	Efecto cuadrático
<b>PC</b>	0,78	0,93	0,87	0,99	0,0588	0,8215
<b>EE</b>	0,14	0,23	0,27	0,37	<0,0001	0,7863
<b>FDN</b>	1,00	1,48	1,50	1,82	<0,0001	0,4357
<b>FDA</b>	0,46	0,61	0,67	0,87	<0,0001	0,6177
<b>Ceniza</b>	0,25	0,22	0,25	0,32	0,0094	0,0180
<b>MO</b>	4,08	4,51	4,22	4,54	0,4339	0,8636

PC= Proteína cruda

EE=Extracto etéreo

FDN= Fibra detergente neutro

FDA= Fibra detergente ácida

MO= Materia orgánica

#### 4.7. COMPORTAMIENTO

El nivel de inclusión de DDGS no originó diferencias significativas en la actividad de consumo de materia seca ( $p=0,2238$ ), rumia ( $p=0,8527$ ) y descanso ( $p=0,6757$ ). Se observaron diferencias en consumo de agua ( $p=0,0034$ ) siendo más probable encontrar un ternero consumiendo agua en los tratamientos de 0 y 30% DDGS. En la figura 5 se detalla el comportamiento animal para las diferentes variables.

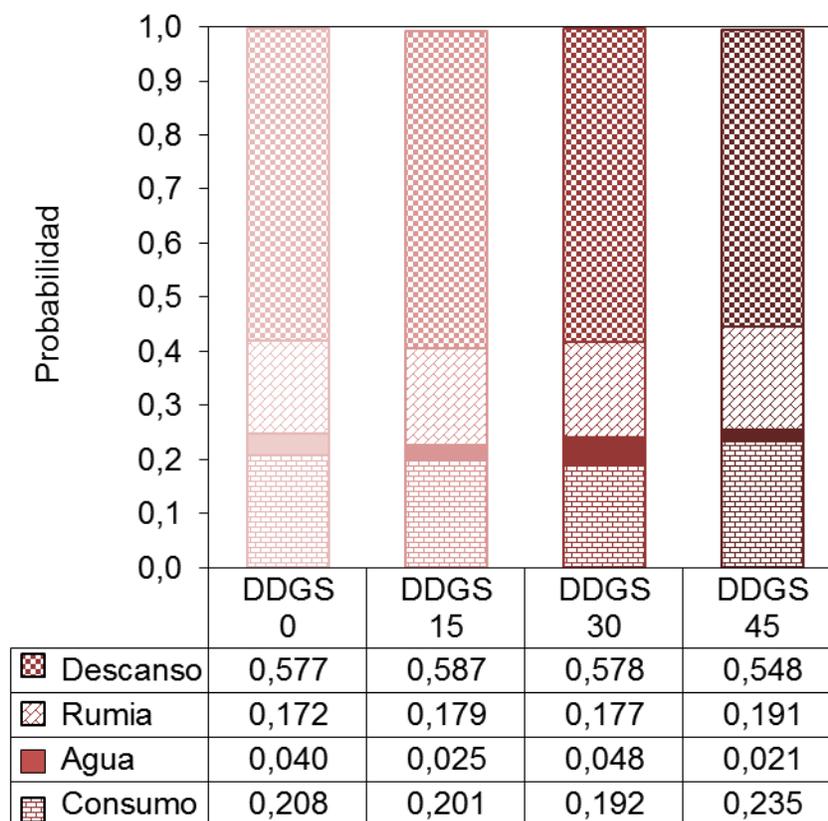


Figura 5. Efecto de la inclusión de DDGS sobre la probabilidad de encontrar un animal en actividad de consumo, rumia, descanso y consumo de agua durante las horas de luz (7:00 a 19:00 hs.).

Hubo efecto significativo en las semanas de observación para las actividades de consumo ( $p=0,0007$ ), descanso ( $p=0,0045$ ) y consumo de agua ( $p<0,0001$ ) y no hay efecto de la semana sobre la actividad de rumia ( $p=0,0624$ ).

#### 4.8. PATRÓN DE CONSUMO

El consumo de materia seca (kg MS), como se observa en el cuadro 19 no se vio afectado por el nivel de inclusión de DDGS en ningún turno del día, lo que sí se evidencia es un aumento de la cantidad consumida dentro de cada tratamiento a medida que pasaron las horas.

Cuadro 19. Efecto del nivel de inclusión de DDGS en la ración sobre el consumo de materia seca (kg) según horario del día.

Turnos	Tratamiento				Probabilidad	
	DDGS 0	DDGS 15	DDGS 30	DDGS 45	Efecto lineal	Efecto cuadrático
<b>1 (7:00-12:30)</b>	1,33	1,62	1,39	1,62	0,329	0,835
<b>2 (12:30-17:00)</b>	1,56	1,73	1,57	1,68	0,783	0,815
<b>3 (17:00-7:00)</b>	2,61	2,38	2,36	2,62	0,994	0,334

Nota: El primer, segundo y tercer suministro de alimento se realizó a las 7:00, 12:30 y 17:00 hs. respectivamente, ofreciendo 1/3 del alimento en cada uno.

En el turno de 17:00 a 7:00 hs. fue cuando los terneros consumieron la mayor proporción de alimento, tomando valores promedios del 44% del total de MS consumida por día, esto resulta lógico ya que dicho turno es el más extenso (tiene más del doble de horas que los restantes). En el turno de 7:00 a 12:30 y de 12:30 a 17:00 hs. consumieron los restantes 26 y 29% respectivamente.

El tiempo dedicado al consumo de MS en cada turno (cuadro 20), no fue afectado por el nivel de inclusión de DDGS.

Cuadro 20. Efecto del nivel de inclusión de DDGS en la ración sobre el tiempo (minutos) de consumo de materia seca según horario del día.

Turno	Tratamiento				Probabilidad	
	DDGS 0	DDGS 15	DDGS 30	DDGS 45	Efecto lineal	Efecto cuadrático
<b>1 (7:00-12:30)</b>	144	140	146	138	0,6648	0,7529
<b>2 (12:30-17:00)</b>	94	100	88	104	0,5271	0,4869
<b>3 (17:00-20:00)</b>	39	37	42	35	0,7082	0,5650

Analizando el cuadro 20 se ve como el tiempo dedicado a comer disminuye a medida que avanza el día.

De lo analizado anteriormente se evidencia en el cuadro 21 que la tasa de consumo, medida como los gramos de materia seca consumidos por minuto, tampoco mostró diferencias significativas para ninguno de los dos turnos: turno 1 ( $p=0,147$ ) y turno 2 ( $p=0,7348$ ).

Cuadro 21. Efecto del nivel de inclusión de DDGS en la ración sobre la tasa de consumo (g/minuto) según horario del día.

Turno	Tratamiento				Probabilidad	
	DDGS 0	DDGS 15	DDGS 30	DDGS 45	Efecto lineal	Efecto cuadrático
<b>1 (7:00-12:30)</b>	9	12	10	12	0,2400	0,7917
<b>2 (12:30-17:00)</b>	17,4	19	21,7	17,5	0,8216	0,3570

Como el consumo se midió hasta las 7:00 hs. del día siguiente pero no se observó comportamiento ingestivo en los horarios nocturnos, no sería real la estimación de la tasa de consumo con la observación de tan solo 2 hs. correspondientes al tercer turno.

## 5. DISCUSIÓN

### 5.1. CONDICIONES CLIMÁTICAS

Durante el periodo en el cual se desarrolló el experimento se registraron temperaturas muy similares a las medias históricas de la región (2002-2014). En lo que respecta a las precipitaciones acumuladas durante todo el periodo experimental también fueron similares al valor de referencia del periodo histórico (655 y 639 mm respectivamente).

El ITH promedio de cada mes para el periodo experimental se encontró para los meses de marzo y abril, por debajo del riesgo de estrés calórico ( $ITH \leq 74$ , Rovira, 2012) por lo que la performance animal no se habría visto afectada durante esos meses. Sin embargo para los meses de enero y febrero el ITH toma valores de 74,2 y 74,3 respectivamente (considerando valores promedios de temperatura, siendo probable que durante parte del día se hayan dado condiciones de estrés térmico si se toman en cuenta las temperaturas máximas), lo cual es levemente superior al límite (estado de alerta), pudiendo generar estrés en los animales y un posible descenso en el productividad.

No obstante esto, el resultado productivo del tratamiento testigo coincide con datos obtenidos por Simeone y Beretta (2011, 2012) para terneros de destete precoz alimentados con dietas altamente concentradas, por lo que se considera que la performance animal no habría sido afectada por un “efecto año”.

### 5.2. VALOR NUTRITIVO DE LA DIETA

La proteína cruda del DDGS de sorgo utilizado en el experimento (PC=29,8%), presento el mismo valor que la reportada por manuales del US Grains Council (2012). En anexos 1 se colocó un cuadro resumen modificado de dichos manuales, de la composición química del DDGS de sorgo, construido a partir de 15 experimentos realizados desde 1998 hasta el 2009. Se puede concluir además que dichos resultados son muy similares a los reportados por Tjardes y Wright (2002), para DDGS de maíz, los cuales reportaron un rango de valores que van del 25 al 32% de PC, coincidiendo con lo expresado en la revisión bibliográfica acerca de lo similar que resulta el DDGS obtenido a partir del grano de maíz y de sorgo.

Tanto el EE como la FDN mostraron valores superiores a los reportados por dichos autores, en el caso del EE supera un 3,91% el valor máximo de

referencia citado en la bibliografía (10%) y la FDN es 5,55% más elevada del valor máximo de referencia (45%).

El contenido de FDA es otro valor que se muestra elevado con respecto a los reportados por Spiehs et al. (2002) para el DDGS de maíz, donde estos autores afirman que se encuentra entre 11 y 18%, resultando ser de 21,51% en el DDGS de sorgo en este experimento.

Las diferencias encontradas en la composición química del DDGS descrito en la revisión bibliográfica y el utilizado en el experimento, podrían ser generadas por el grano que le dio origen, ya que muchos reportes eran de DDGS proveniente del grano de maíz, y en el experimento se utilizó DDGS proveniente del grano de sorgo. A su vez pueden existir diferencias en la composición química del subproducto obtenido de distintas plantas de procesamiento.

Los análisis químicos de la concentración de nutrientes en la dieta (entendiendo por dieta lo efectivamente consumido por el animal), reflejaron un contenido similar de FDN y EE con respecto al ofrecido, donde en el nivel más alto de inclusión de DDGS (45%) la FDN pasó de 35,5 a 37,4% para el ofrecido y la que consumió el animal respectivamente.

La concentración de EE en la dieta y el consumo del mismo por parte del animal aumentaron a medida que se incrementaron los niveles de inclusión de DDGS. Según Hess et al. (2008) el límite máximo de inclusión de grasa es 6%, siendo superado este valor en los tratamientos DDGS30 y DDGS45 (6,1 y 7,5 % de EE respectivamente), pudiendo representar un efecto limitante en el consumo voluntario y la digestibilidad de la fibra. Sin embargo la digestibilidad no mostro diferencias significativas entre tratamientos, al igual que el consumo de MS (expresado como kg de alimento), mientras que el consumo de MS expresado como % de PV aumentó a medida que se incrementaron los niveles de inclusión del DDGS, por lo que se descartan tanto las limitaciones del consumo voluntario como la disminución de la digestibilidad de la fibra.

En lo que respecta a la PC se observó un aumento de aproximadamente 1 punto porcentual en cada tratamiento entre la RTM ofrecida y la consumida, esto hace pensar en una selección por parte de los terneros hacia alimentos con mayor contenido de proteína como la ración y el DDGS, en detrimento del heno, esto es apoyado también en el mayor nivel de FDNe del rechazo respecto al ofrecido.

A medida que aumenta el nivel de inclusión de DDGS, la composición química de las dietas cambia, la principal variación se observa en la fibra y grasa, ocasionando cambios en los parámetros nutricionales ya que en el

tratamiento testigo la energía es aportada principalmente por el almidón, sin embargo a medida que aumenta el nivel de inclusión de DDGS su contenido disminuye, incrementándose el contenido de grasa y fibra, los que sustituyen al almidón en cuanto al aporte de energía. Esto coincide con lo reportado por Klopfenstein et al. (2008), quienes atribuyen el aporte de energía en los granos de destilería principalmente a la grasa y fibra altamente digestible, pudiendo esto generar reducciones de acidosis subagudas.

El aumento en la cantidad de FDN a medida que aumenta la inclusión de DDGS, origina cambios en el contenido de FDNfe de la dieta aunque el factor de corrección de efectividad sea muy similar, pasando de niveles de 13% para el tratamiento DDGS0 a 16, 17,13 y 19,23% para DDGS15, DDGS30 y DDGS45 respectivamente. A partir de dicha información se puede afirmar que todos los tratamientos resultaron tener un contenido mayor al mínimo recomendado para animales alimentados a corral de 7-10% de la MS de la dieta, aunque recomendaciones más generales se encuentran en el entorno del 15% de FDNfe (Acosta y La Manna, 2015).

El factor de efectividad de la fibra reportado en el experimento no presentó diferencias significativas según el nivel de inclusión de DDGS de sorgo, siendo en promedio 51,8. En la información de la revisión bibliográfica se presentaron plantas de etanol donde el valor máximo de tamaño de partícula del DDGS no supero 1,18 mm o que en promedio estaban muy por debajo de dicho tamaño, permitiendo afirmar que en el experimento el factor de efectividad resulto tener un valor más elevado que el esperado en base a la información presentada con anterioridad para dietas que tuvieran niveles elevados de DDGS, pudiendo establecerse el rol fundamental del fardo en la dieta, dado que este permite incrementar el factor de efectividad al mezclarse con ingredientes de menor tamaño de partícula como los granos secos de destilería.

La estimación de PNDR a partir de valores tabulados indica que ésta aumenta a medida que se incrementan los niveles de DDGS, si bien esto podría estar asociado a un efecto favorable en la ingestión de PM de los terneros de destete precoz por tener un escaso desarrollo ruminal (Simeone y Beretta, 2011), al no haber efecto en la ganancia de peso se puede concluir que el nivel de PM consumido por los terneros del tratamiento testigo fue suficiente para cumplir con el crecimiento y desarrollo de los mismos. La PM adicional en los restantes tratamientos podría disminuir la productividad animal como consecuencia de un aumento en los requerimientos energéticos, ya que se destinaría energía para eliminar el exceso de amoniaco en el organismo, aumentando la probabilidad de contaminación ambiental por incrementos en la excreción de N (Huntington y Archibeque 2000, Luke 2012).

De lo expuesto con anterioridad se particulariza el hecho de que se parte de la base de estimaciones de PNDR a partir de valores tabulados, en los cuales se tomó la degradabilidad potencial, es decir cuando se produce una incubación en rumen por un tiempo más que suficiente para que se degrade, pudiendo ser en la práctica la degradabilidad efectiva menor como consecuencia de que está afectada por la tasa de pasaje y ésta por el consumo. En el presente experimento si bien no hubieron diferencias significativas en los kg de MS consumidos, si se reportaron diferencias cuando se expresó como % de PV, con una respuesta lineal positiva a medida que se incrementaba el nivel de inclusión de DDGS, por lo que se podrían generar aumentos en la tasa de pasaje, y como consecuencia se verían disminuciones en la degradabilidad efectiva, generando aumentos en los valores de PNDR para aquellos tratamientos en los cuales se registraron mayores consumos.

Otra posibilidad podría ser una disminución de la digestibilidad duodenal de la PNDR por efecto del NIDA en el DDGS, ya que el mismo indica la fracción de proteínas insolubilizadas ligadas a la estructura lignocelulósica de la fibra. Para el presente experimento la respuesta en el consumo de NIDA fue lineal ( $p < 0,0001$ ).

Los valores de NIDA pueden incrementarse por efectos térmicos en la elaboración del alimento aumentando la indisponibilidad de proteína cruda para el animal, esto podría explicar las peores EC.

Tanto la EM como la PM resultaron satisfacer las necesidades de los terneros para cumplir con los requerimientos de mantenimiento y crecimiento, los tratamientos fueron isoenergéticos e isoproteicos, por lo que resulta lógico que no se hayan obtenido diferencias en la GMD.

Se observó que a medida que aumentó el nivel de inclusión de DDGS, se incrementó el consumo de NIDA, el cual se considera indegradable ya que contiene proteínas asociadas con lignina y taninos, y los productos de la reacción de Maillard (Sniffen et al., 1992). Esto significa que en la medida que aumentó el nivel de inclusión de DDGS, se incrementó el nivel de proteína que no puede ser aprovechada por el animal, pudiendo ser la explicación de porqué las GMD de todos los animales no presentara diferencias significativas, a pesar de que se viera incrementado el CMS en los animales pertenecientes a los tratamientos con mayor inclusión de DDGS.

### 5.3. CONSUMO Y DIGESTIBILIDAD

El nivel de consumo observado promedio en el tratamiento DDGS0 es muy similar al reportado por Simeone y Beretta (2012) donde terneros destetados precozmente a corral con dietas ofrecidas ad libitum por 70 días de

80/20 de relación concentrado/voluminoso, tienen un consumo promedio de 4,5 ± 0,9 kg MS.

Con respecto a los restantes tratamientos se observó una respuesta lineal y positiva en el consumo expresado como %PV a medida que aumentaba la inclusión de DDGS, esto puede estar asociado a un aumento en el consumo de FDN que pasó de 0,99 a 1,82 kg/animal/día promedio en DDGS0 y DDGS45 respectivamente.

Los resultados obtenidos concuerdan a los reportados por Fanning et al. (1999), donde alimentando novillos de 359 kg con GD de sorgo (0 y 30 % de inclusión) en sustitución de maíz seco laminado, aquellos animales a los cuales se les suministró GD tuvieron un mayor consumo respecto a los testigos. En un trabajo más reciente Acuña et al. (2015) le suministraron a terneras de destete precoz WDG de sorgo (0, 12, 24 y 36%) en sustitución de harina de soja y maíz, y vieron que el consumo en base fresca muestra la misma tendencia (lineal y creciente) que el consumo en base seca, donde el primero presenta diferencias significativas ( $p < 0.01$ ), no así el expresado en base seca.

A diferencia de los resultados obtenidos en este trabajo, Benson et al. (2005) utilizando novillos de 375 kg de PV, alimentados con diferentes niveles de DDGS de maíz (0, 15, 25 y 35%) en sustitución de maíz rolado en seco, obtuvieron una respuesta en CMS de tipo cuadrática con un máximo en 30% de inclusión de DDGS, sin embargo en el presente trabajo no se observó una caída en el consumo cuando los niveles de inclusión son más elevados, pudiendo estar dado por las diferencias en las características del DDGS de maíz respecto al que posee el DDGS de sorgo que produce la planta de ALUR o a la categoría animal utilizada en el presente trabajo.

Según Arelovich et al. (2008), en dietas altamente concentradas podría existir un aumento del CMS al sustituir el almidón como fuente de energía por FDN altamente digestible, y esto sería explicado por una posible reducción de la acidosis, sin embargo no fue esperable que se encontraran cuadros de acidosis debido a que los terneros fueron alimentados tres veces diarias, con dietas que contenían 15% de heno y un elevado nivel de fibra efectiva. En este experimento podría ser otro el mecanismo por el cual fue regulado el consumo, siendo formulada la teoría de que para los terneros donde no fue sustituido el almidón por otras fuentes de energía, la producción de propionato pudo ser más elevada Ishler et al. (s.f.). En tal caso se puede afirmar según Allen et al. (2006) que el propionato actúa en el control de la saciedad, donde los efectos de la disminución del consumo de alimento se han observado al realizar infusiones de propionato (en rumen o vena) aun sin incrementos de concentración de insulina.

En lo que respecta a la digestibilidad de la materia seca, podría esperarse que ésta disminuyera cuando se incrementa el nivel de inclusión de DDGS, ya que según Kamande (2006) al aumentar el CMS, se aumentaría también la tasa de pasaje, y consecuentemente existiría una reducción de la digestibilidad del alimento. Sin embargo, los resultados de este experimento demuestran que no existen diferencias significativas en la DMS entre tratamientos, siendo en promedio de 85,3%.

Esto responde una de las interrogantes que surgen en la revisión bibliográfica donde se plantea que la cantidad de EE ingerido tendría implicancias negativas en la digestibilidad de la FDN (componente importante del DDGS) debido a una disminución en la relación acetato: propionato en el rumen (Hess et al., 2008). Clariget y La Manna (2016) afirman que el exceso de extracto etéreo, tiene un efecto negativo sobre el crecimiento de las bacterias ruminales, siendo las bacterias celulolíticas más afectadas que las amilolíticas. La fibra entra al rumen y se “empapa” en este aceite, siendo menos atacada por los microorganismos (disminuyendo la degradabilidad de la fibra). A su vez Palmquist y Jenkins (1980) sugieren que en la lipólisis los ácidos grasos liberados, podrían ejercer en el rumen efectos antimicrobianos y como consecuencia disminuir la digestibilidad. Los ácidos grasos insaturados no esterificados son muy tóxicos para las bacterias gram-positivas (celulolíticas), las bacterias metanogénicas y los protozoos (Broudiscou et al., 1994). En el presente experimento se descartan dichas afirmaciones ya que no fue afectada la digestibilidad, a pesar de que aumentos de la inclusión de DDGS generan incrementos en el contenido de EE (superando los límites de referencia; 6%). Esto pudo ser consecuencia de que si bien se superó el límite de referencia, dichos valores no llegan a ser excesivamente mayores teniendo un máximo de 7,5% en el tratamiento DDGS45, a su vez el DDGS tiene un alto contenido de fibra altamente digestible.

El consumo de nutrientes expresado en kg MS/día presentó diferencias significativas entre tratamientos, mostrando una respuesta lineal positiva para EE ( $p < 0,0001$ ) y FDN ( $p = 0,0002$ ). Para PC si bien las diferencias no fueron significativas ( $p = 0,15$ ), se observó una tendencia lineal positiva ( $p = 0,058$ ). Estos resultados son esperables ya que el DDGS posee un elevado contenido de estos nutrientes lo cual provoca un aumento de los mismos en las dietas. Con respecto a los niveles de NIDA, los mismos aumentan conforme lo hace el nivel de inclusión de DDGS, incrementándose también la PNDR, estos resultados son consecuencia de que aumentos en la temperatura durante el proceso de producción del DDGS conllevan a que el nivel de NIDA en dicho alimento se incremente y aumenten los valores en la dieta a medida que aumente el nivel de inclusión.

#### 5.4. CRECIMIENTO Y EFICIENCIA DE CONVERSIÓN

La GMD y por lo tanto la evolución de peso vivo de los terneros en el tratamiento testigo DDGS0 (1,22 kg/día) fue la esperada en función del consumo y la composición dieta, a su vez la respuesta fue consistente con los datos obtenidos por Simeone y Beretta (2012) en ensayos con terneros destetados precozmente a corral, donde trabajaron con dietas de similares características y las GMD fueron de 1,23 kg/día  $\pm$  0,26.

En lo que respecta a la EC para el tratamiento DDGS0, se obtuvieron valores promedios de 3,53  $\pm$  0,51 kg MS/ kg PV ganado, esto es posible ya que los requerimientos de mantenimiento para esta categoría son bajos, permitiendo que una mayor cantidad de energía sea destinada a las funciones de crecimiento y deposición de grasa. A su vez si los comparamos con animales adultos que presentan una mayor deposición de grasa, en los terneros la ganancia está explicada en mayor proporción por músculo, hueso y agua, lo cual implica que la ganancia diaria sea energéticamente menos cara (Di Marco, citado por Pordomingo, 2013).

Los resultados mencionados son similares a los reportados por Simeone y Beretta (2011, 2012) estando estos en torno a 3,2 y 3,7 kg MS/ kg PV ganado. La repetitividad de los resultados entre años hace posible predecir el comportamiento productivo al implementar dicha tecnología.

Cuando la fuente de energía es grasa y fibra altamente digestible en sustitución parcial del almidón se pueden generar aumentos en la productividad animal como consecuencia de un aumento en el valor energético del alimento y reducciones de acidosis subagudas (Akayezu et al. 1998, Klopfenstein 2001). Sin embargo en este experimento la GMD no fue afectada por el nivel de inclusión de DDGS de sorgo. Esto, si bien podría deberse a que los niveles de FDNfe no fueron suficientes para evitar los efectos que pueda causar la acidosis, dicha hipótesis se descartó debido a que el % de FDNfe mínimo corresponde al tratamiento DDGS0 siendo de 11,78%, aumentando con la inclusión de DDGS hasta llegar a un máximo de 20,42% en el tratamiento DDGS45. Todos los tratamientos resultaron tener un contenido mayor al mínimo establecido para animales alimentados a corral según las recomendaciones dadas por el NRC (1996) en las cuales los valores mínimos de FDNfe en la dieta para mantener el pH ruminal encima de 5,6-5,7 deberían ser del 8% de la MS total. A su vez la inclusión de grasas disminuye la fermentación ruminal y producción de ácidos, incrementando así la eficacia de la FDNfe y reduciendo la potencial acidosis (Acosta y La Manna, 2015).

Dado que la dieta de los animales pertenecientes a los distintos tratamientos fue isoenergética, resultaría lógico que a igual consumo de

alimento la GMD no fuera afectada, sin embargo la misma depende de un balance de energía donde la ingesta de alimentos afecta de manera directa. En este sentido si bien la GMD no tuvo diferencias significativas entre tratamientos, el CMS presentó aumentos lineales, incrementando la EC. Lo expuesto con anterioridad nos permitiría pensar que dichas diferencias entre tratamientos podrían estar explicadas por una disminución del valor alimenticio del alimento al aumentar la inclusión de DDGS.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Lodge et al. (1997), Mateo et al. (2004), Acuña et al. (2015). Estos autores, el primero de ellos experimentando con novillos y los restantes con terneros, evaluaron la respuesta a la inclusión de los GD de sorgo en sustitución del grano de maíz y ninguno observó diferencias significativas entre tratamientos en GMD. Según estos autores esto podría ser explicado porque los GD de sorgo tuvieron un valor alimenticio similar al grano de maíz (96% del valor alimenticio del grano de maíz), no mostrando diferencias en ENg entre tratamientos.

Si bien la GMD del presente experimento no tuvo diferencias significativas entre tratamientos, numéricamente fue superior para el DDGS15, pudiendo mostrar cierta relación con los resultados obtenidos por Benson et al. (2005), Bucker et al. (2008), donde ambos trabajaron con novillos y obtuvieron una respuesta cuadrática al incorporar DDGS de maíz a la dieta, maximizando la GMD en 20 y 25% de inclusión respectivamente. Las diferencias encontradas entre los experimentos pueden estar explicadas tanto por la categoría animal en cuestión, como por las diferencias en el origen del DDGS.

Al analizar la EC de todos los tratamientos se observó una respuesta lineal positiva ( $p= 0,0011$ ), donde se registró un incremento del alimento consumido de 15,17 gramos por cada 1% de DDGS incorporado en el concentrado para ganar 1 Kg de PV. Esto se explicaría fundamentalmente por una similar respuesta del consumo al incorporar DDGS (respuesta lineal positiva) evidenciando aumentos en el consumo de 0,011% del peso vivo por cada 1% de incremento en el nivel de DDGS del concentrado, no existiendo diferencias significativas en las GMD. Se podría decir en base a esto que el valor alimenticio de DDGS de sorgo es inferior al sorgo y harina de soja. En el cuadro 22 se presenta el valor alimenticio de cada tratamiento, calculado como el cociente entre la diferencia del inverso de EC y el nivel de inclusión de DDGS.

Cuadro 22. Valor alimenticio de la dieta según tratamiento.

Tratamiento	DDGS 0	DDGS 15	DDGS 30	DDGS 45
<b>Valor Alimenticio*</b>	100	92	88	80

\* Expresado en relación al testigo el cual se le adjudico un 100 % de VA.

Los resultados obtenidos concuerdan con los expuestos por Lodge et al. (1997) donde novillos alimentados con DDGS, con un 40% de inclusión, eran menos eficientes ( $p < 0,05$ ) que aquellos a los que no se les suministro. A su vez coincide con Suarez-Mena et al. (2011) ya que ellos demostraron que eran más eficientes los terneros alimentados con la dieta base que los alimentados con 20 y 39% de DDGS de maíz.

Si bien numéricamente las GMD fueron mayores para los terneros del tratamiento DDGS15, los resultados anteriormente expuestos no confirman la hipótesis planteada de que existe un nivel óptimo de inclusión de DDGS, ya que no se observaron mejoras estadísticamente significativas en la GMD ni en la EC de los terneros.

## 5.5. COMPORTAMIENTO

La actividad que posee valores de probabilidad más elevados es la de descanso, coincidiendo con trabajos de Ray y Roubicek (1971) donde indican que los animales a corral permanecen la mayor parte del tiempo echados descansando, mientras no consumen ni agua ni alimento.

Si bien se encontró una respuesta lineal positiva en el CMS a medida que se incrementaron los niveles de inclusión de DDGS, no se encontró que un mayor consumo (expresado como %PV) aumentara el tiempo dedicado a consumir, ya que las probabilidades de encontrar a una animal consumiendo no difirieron entre tratamientos, por lo menos durante el horario de observación (07:00 – 20:00 hs.), no pudiendo afirmar que dicho comportamiento sea idéntico durante el horario nocturno, siendo este el turno cuando los terneros consumieron la mayor proporción de alimento (tomando valores promedios del 44% del total de la MS consumida por día). Sin embargo el turno de 17:00 - 07:00 hs., no es el que presentó mayores diferencias en el CMS (kg) entre tratamientos, sino que fue el turno de la mañana (07:00 – 12:30 hs.).

No se encontraron diferencias significativas en la probabilidad de encontrar un animal consumiendo agua o rumiando. Si bien no hubieron diferencias significativas en la efectividad de la fibra evaluada en el alimento ofrecido de cada tratamiento, a medida que aumento el nivel de inclusión de DDGS, aumento el consumo de FDN y con esta la FDNfe, por lo que sería esperable que aumente el tiempo destinado a rumiar, sin embargo no fue así para el periodo de observación, por lo que podría suponerse que los animales aumentarían el tiempo destinado a la rumia en el horario nocturno. Por otra parte si bien se estimó un mayor contenido de FDNfe en el alimento ofrecido, los animales pudieron haber realizado selección en el comedero en contra del DDGS, y de esta manera no haber registrado diferencias en la actividad de rumia.

El aumento en el contenido de FDN (lineal positivo) a medida que aumenta el nivel de inclusión de DDGS en el concentrado no provocó cambios en la tasa de consumo, esto se relaciona con la alta digestibilidad de dicha fibra (Hoffman y Combs, 2007), no actuando de forma mecánica ni afectando negativamente el tiempo dedicado al consumo, como sí sucedería en los caso de que se utilizará “fibra larga” o efectiva (Church, citado por Pordomingo, 2013).

En lo que refiere al patrón de consumo, no se observaron diferencias significativas en los kg de MS ingeridos en cada turno entre tratamientos, ni en el tiempo dedicado a comer, por lo que no se espera que aumentos en el nivel de inclusión de DDGS genere cambios en el comportamiento ingestivo que puedan ocasionar modificaciones en las condiciones de fermentación ruminal.

En lo que refiere al comportamiento ingestivo relevado en la observación de los animales, se visualizó que la entrega del alimento funcionó como estímulo, notándose en dicho momento una mayor actividad de consumo, este comportamiento coincide con estudios realizados por Ayçaguer et al. (2011) quienes suministraron el alimento cuatro veces en el día y reportaron que la mayor actividad de consumo coincide con los horarios de entrega del mismo.

Según Santini y Elizalde (1994) la frecuencia con que el animal se alimenta puede afectar el pH ruminal por modificaciones en la concentración de ácidos grasos volátiles. En el presente experimento se les suministró el alimento 3 veces al día con el fin de evitar posibles efectos de acidosis que pueden surgir si la frecuencia de alimentación es menor, ya que si esto ocurre pueden verse disminuidas la digestibilidad de la celulosa y la degradabilidad de la proteína, afectando por lo tanto el aprovechamiento de los nutrientes (Loerch et al. 1983, Pordomingo 2007).

Tanto los distintos niveles de inclusión de DDGS, como la frecuencia con que se les suministró el alimento a los animales, no generaron efectos en el patrón de consumo que pudieran indicar que se hayan alterado negativamente las condiciones de fermentación ruminal.

## 5.6. DISCUSIÓN GENERAL

El suministro de dietas isoenergéticas e isoproteicas de manera ad libitum aumentando el nivel de inclusión de DDGS, originó incrementos en el consumo de FDN y EE, sustituyendo al almidón como fuente de energía. A su vez se incrementaron las cantidades de PNDR, pudiendo aumentar las cantidades de PM, sin embargo esto no reflejo mejoras en la performance animal.

La digestibilidad de la MS del alimento no mostro diferencias significativas, por lo que aumentos en el CMS (%PV), sugieren incrementos en el consumo de materia seca digestible, no habiendo diferencias significativas en las GMD, la anterior se traduce en un aumento lineal de la EC, donde cada 1% de DDGS incorporado en el concentrado se necesitó 15,2 g más de alimento para ganar 1 Kg de PV.

Esto permite inferir que el DDGS de sorgo tiene menor valor alimenticio que el grano de sorgo y harina de soja.

## 6. CONCLUSIONES

La inclusión de granos secos de destilería obtenidos a partir de sorgo (DDGS) hasta un nivel de 45% de la materia seca del concentrado, en raciones, con una relación concentrado/voluminoso de 85/15, ofrecidas a terneros de destete precoz alimentados en confinamiento no afectaría de forma negativa el crecimiento animal, pudiendo sustituir fuentes de energía y proteína como lo son el grano de sorgo y la harina de soja.

No se encontró un nivel óptimo de inclusión que maximice la ganancia media diaria, registrándose aumentos en el consumo de materia seca y eficiencia de conversión, permitiendo concluir que las dietas formuladas con DDGS tienen menor valor nutritivo.

## 7. RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el nivel de inclusión de DDGS de sorgo en terneros de destete precoz alimentados en confinamiento con dietas altamente concentradas (relación concentrado: voluminoso 80:20) ofrecidas ad libitum. El efecto fue evaluado sobre ganancia de peso, consumo, eficiencia de conversión, comportamiento, desarrollo corporal (altura del anca) y digestibilidad. Fueron formuladas 4 dietas, procurando que sean isoprotéicas e isoenergéticas, variando en el nivel de inclusión de DDGS (0%, 15%, 30% y 45%). El experimento fue realizado en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni, departamento de Paysandú, República Oriental del Uruguay, el cual se inició el 26/01/16 y finalizó el 05/04/16. Se utilizaron 24 terneros ( $80,35 \pm 11,44$  kg) de la raza Hereford. Los terneros eran nacidos en la primavera del 2015, provenientes del rodeo de cría de la EEMAC, que habían sido destetados precozmente el 11 de enero de 2016 con una edad promedio de  $61,33 \pm 11,48$  días. La ganancia diaria no fue afectada por el tratamiento ( $p=0,9985$ ), donde se observó un promedio de 1,18 kg/día. Los consumos medios diarios, expresados en kg MS/animal/día, no presentaron diferencias significativas entre tratamientos ( $p=0,6474$ ), sin embargo expresados cada 100 kg de peso vivo, sí presentaron diferencias significativas ( $p=0,0097$ ), teniendo una respuesta lineal positiva, registrándose un aumento de 0,011% más de consumo por cada 1% de incremento en el nivel de DDGS del concentrado. La eficiencia de conversión, expresada como kg de alimento consumido por cada kg de ganancia de peso, mostró diferencias entre tratamientos ( $p=0,0100$ ) observándose una respuesta lineal positiva ( $p=0,0011$ ), indicando que por cada 1% de DDGS incorporado en el concentrado se registró un incremento del alimento consumido de 15,17 gramos para ganar 1 kg de PV. La digestibilidad de la materia seca consumida no difirió entre tratamientos ( $p=0,9883$ ), teniendo un valor promedio de 85,3%. El consumo de MS digestible aumentó conforme lo hizo el consumo de MS, mostrando una tendencia lineal positiva ( $p=0,0585$ ), alcanzando un valor promedio de 3,89 kg. El nivel de inclusión de DDGS no originó diferencias significativas en la actividad de consumo de materia seca ( $p=0,2238$ ), rumia ( $p=0,8527$ ) y descanso ( $p=0,6757$ ). Se observaron diferencias en consumo de agua ( $p=0,0034$ ) siendo más probable encontrar un ternero consumiendo agua en los tratamientos de 0 y 30% DDGS. Los resultados obtenidos demuestran que es posible sustituir fuentes tradicionales de concentrado por DDGS de sorgo hasta un 45% de inclusión sin afectar negativamente la ganancia animal, y hasta en un 30% sin afectar la eficiencia de conversión del alimento en terneros de destete precoz, alimentados a corral.

Palabras clave: Destete precoz; Corral; Granos de destilería; DDGS de sorgo; Terneros.

## 8. SUMMARY

The aim of this study was to evaluate the inclusion level of sorghum DDGS in early weaning calves confined feeding with highly concentrated diets (concentrate: voluminous ratio 80:20) offered ad libitum. The effect was evaluated on weight gain, consumption, conversion efficiency, behavior, physical development (height of the haunch) and digestibility. For each treatment, four diets were formulated, sure that they were isoproteic and isoenergetic, varying the inclusion level of DDGS (0%, 15%, 30% and 45%). The experiment was conducted at the Experimental Station Mario A. Cassinoni, department of Paysandú, Oriental Republic of Uruguay, which began on 26/01/16 and ended 05/04/16. There were used 24 males calves ( $80,35 \pm 11,44$  kg) Hereford breed. Calves were born in the Spring of 2015, from the breeding herd of EEMAC, which had been early weaned on January 11, 2016, with an average age of  $61,33 \pm 11,48$  days. The daily gain was not affected by treatment ( $p=0,9985$ ), where it is observed an average of 1,18 kg/día. At the mean daily intakes, expressed in kilograms of dry matter per animal per day, no significant differences were observed ( $p=0,6474$ ), however expressed per hundred kilograms of live weight, did present significant differences ( $p = 0,0097$ ), having a positive linear response, registering an increase of 0.011% more consumption per 1% increase in the DDGS level of the concentrate. Conversion efficiency, expressed as kg of feed consumed per kilogram of weight gain, showed significant differences ( $p = 0,0100$ ) with a positive linear response ( $p = 0,0011$ ), indicating that for every 1% of DDGS Incorporated in the concentrate was recorded an increase of the consumed food of 15,17 grams to gain 1 kilogram of PV. The digestibility of the dry matter consumed did not differ for the different treatments ( $p = 0,9883$ ), having an average value of 85,3%. The dry matter consumption increased as the dry matter consumption increased, showing a positive linear trend ( $p = 0,0585$ ), reaching an average value of 3,89 kg. The inclusion level of DDGS did not cause significant differences in dry matter intake ( $p = 0,2238$ ), rumination ( $p = 0,8527$ ) and rest ( $p = 0,6757$ ). Differences were observed in water consumption ( $p = 0,0034$ ), being more likely to find a calf consuming water in treatments of 0 and 30% DDGS. The results obtained show that it is possible to replace traditional sources of concentrate by DDGS of sorghum up to 45% inclusion without negatively affecting animal performance, and up to 30% without affecting feed conversion efficiency in fed weaning calves the corral.

Keywords: Early weaning; Corral; Distillery grains; Sorghum DDGS; Calves.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

1. Acosta, Y.; La Manna, A. 2015. Durante una sequía o luego de esta puede faltar fibra en la dieta; cuidemos que esta sea realmente físicamente efectiva (en línea). Montevideo, INIA. s.p. Consultado nov. 2016. Disponible en [http://www.inia.uy/Documentos/Privados/UCTT/Sequ%C3%ADa/Selecci%C3%B3n%20RG%202015/Lecher%C3%ADa/Fibra%20efectiva%20web%20INIA\\_2015.pdf](http://www.inia.uy/Documentos/Privados/UCTT/Sequ%C3%ADa/Selecci%C3%B3n%20RG%202015/Lecher%C3%ADa/Fibra%20efectiva%20web%20INIA_2015.pdf)
2. Acuña, J.; Loustau, M.; Suárez, A. 2015. Efecto de la inclusión de burlanda húmeda de sorgo en la dieta de terneras de destete precoz alimentados en confinamiento. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 84 p.
3. Akayezu, J. M.; Linn, J. G.; Harty, S. R.; Cassady, J. M. 1998. Use of distillers grains and co-products in ruminant diets. (en línea). In: Minnesota Nutrition Conference (59th., 1998, Bloomington, MN). Proceedings. Minnesota, Cargill Animal Nutrition Center. pp. 1-11. Consultado feb. 2016. Disponible en <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.226.4287&rep=rep1&type=pdf>
4. Allen, M. S.; Bradford, B. J. 2006. Phlorizin administration does not attenuate hypophagia induced by intraruminal propionate infusion in lactating dairy cattle. *Journal Nutritionally*. 137: 326-330.
5. Arelovich, H. M.; Abney, C. S.; Vizcarra, J. A.; Galyean, M. L. 2008. Effects of dietary neutral detergent fiber on intakes of dry matter and net energy by dairy and beef cattle; analysis of published data. *The Professional Animal Scientist*. 24 (5): 375-383.
6. Arroquy, J.; Berruhet, F.; Brunetti, M.; Martinez Ferrer, J.; Pasinato, A. 2014. Uso de subproductos del destilado de granos en bovinos para carne. In: Jornada Nacional de Forrajes Conservados (1a., 2014, Manfredi). Recopilación de presentaciones técnicas. Córdoba, INTA. pp. 1-43.
7. Belyea, R. L.; Rausch, K. D.; Tumbleson, M. E.; Clevengerc, T. E.; Johnstond, D. B.; Singhb, V. 2010. Sources of variation in composition of DDGS. *Animal Feed Science and Technology*. 159: 122-130.

8. Benson, C. S.; Wright, C. L.; Tjardes, K. E.; Nicolai, R. E.; Rops, B. D. 2005. Effects of feeding varying concentrations of dry distiller's grains with solubles to finishing steers on feedlot performance, nutrient management and odor emissions. (en línea). *In*: Perry, G. A. ed. 2005 South Dakota beef report. Brookings, South Dakota State University. pp. 59-67. Consultado jul. 2016. Disponible en [https://www.sdstate.edu/sites/default/files/ars/species/beef/beef-reports/upload/Complete\\_2005\\_SD\\_Beef\\_Report.pdf](https://www.sdstate.edu/sites/default/files/ars/species/beef/beef-reports/upload/Complete_2005_SD_Beef_Report.pdf)
9. Beretta, V.; Simeone, A.; Elizalde, J.; Gamba, D.; Terzián, A. 2012. Effect of protein source on feedlot performance of early weaned beef calves. *In*: Meeting of the European Federation of Animal Science (63<sup>rd</sup>, 2012, Bratislava). Book of abstracts. Bratislava, The Netherlands, Wageningen Academic Publishers. p. 118.
10. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; Pérez, F.; Risso, S. 2016a. Response of early-weaned beef calves in feedlots to protein level and grain source in the diet. *In*: Annual Meeting of the European Federation of Animal Science (67<sup>th</sup>, 2016, Belfast). Book of abstracts. Belfast, UK, EAAP Scientific Committee. p. 214.
11. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; Clerc, J.; Fonseca, M.; Rocco, J. 2016b. Response of lot-fed early-weaned beef calves to nonprotein nitrogen level in the diet. *In*: Annual Meeting of the European Federation of Animal Science (67<sup>th</sup>, 2016, Belfast). Book of abstracts. Belfast, UK, EAAP Scientific Committee. p. 146.
12. Brouk, M. J. 1994. Net energy for lactation and ruminal degradability of wet corn distillers grains. PhD. Diss. Beresford, USA. South Dakota State University. p. 490.
13. Bruni, M.; Trujillo, A. I.; Facchin, L.; Saragó, L.; Chilibroste, P. 2014. Evaluación nutricional para rumiantes de la burlanda de sorgo húmeda obtenida de la producción de etanol de ALUR Paysandú. *Cangüé*. no. 35: 28-38.
14. Buckner, C. D.; Mader, T. L.; Erickson, G. E.; Colgan, S. L.; Mark, D. R. ; Bremer, V. R.; Karges, K. K.; Gibson, M. L. 2008. Evaluation of dry distillers grains plus solubles inclusion on performance and economics of finishing beef steers. *The Professional Animal Scientist*. 24: 404-410.
15. Cao, Z. J.; Anderson, J. L.; Kalscheur K. F. 2014. Ruminal degradation and intestinal digestibility of dried or wet distillers grains with increasing concentrations of condensed distillers solubles. *Journal of Animal Science*. 87: 3013-3019.

16. Chen, J.J.; Lu, S.; Lii, C.Y. 1999. Effect of milling on physicochemical characteristics of waxy rice in Taiwan. *Cereal Chemistry*. 76: 796-799.
17. Chessa, A. 2007. La calidad del sorgo como alimento animal. (en línea). *Marca Liquida Agropecuaria*. 17(169): 65-68. Consultado nov. 2016. Disponible en [http://www.produccionanimal.com.ar/informacion\\_tecnica/suplementacion/82-sorgo\\_taninos.pdf](http://www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion/82-sorgo_taninos.pdf)
18. Clariget, J.; La Manna, A. 2016. Consideraciones para no excederse de grasa en dieta de bovinos. (en línea). Montevideo, UY, INIA. s.p. Consultado nov. 2016. Disponible en <http://www.inia.uy/Documentos/Privados/UCTT/Segu%C3%ADa/Consideraciones%20para%20no%20excederse%20de%20grasa%20en%20dieta%20de%20bovinos.pdf>
19. Corrigan, M.; Erickson, G.; Klopfenstein, T.; Vander Pol, K.; Greenquist, M.; Luebbe, M. K. 2007. Effect of corn processing method and wet distillers grains inclusion level in finishing diets. *Journal of Animal Science*. 85 (Suppl. 2) 33: 130.
20. Di Lorenzo, N.; Galyean, M. 2010. Applying technology with newer feed ingredients- Do the paradigms apply?. *Journal of Animal Science*. 88 (E. Suppl) 123: 132.
21. \_\_\_\_\_. 2013. Uso de subproductos de la producción de etanol en nutrición animal. *In: Jornada Nacional de Forrajes Conservados (4a., 2013, Córdoba)*. Recopilación de presentaciones técnicas. Córdoba, INTA. pp. 1-74.
22. Drewnoski, E.; Richter, E. L.; Hansen, S. L. 2012. Dietary sulfur concentration affects rumen hydrogen sulfide concentrations in feedlot steers during transition and finishing. *Journal of Animal Science*. 90: 4478-4486.
23. Durrieu, M.; Camps, D. 2002. Destete precoz; técnica y evaluación económica dentro del sistema. (en línea). Buenos Aires, Argentina, UBA. 12 p. Consultado jul. 2016. Disponible en [http://www.produccionbovina.com/informacion\\_tecnica/destete/16-destete\\_precoz.pdf](http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/destete/16-destete_precoz.pdf)

24. Erickson, G. E.; Klopfenstein, T. J.; Adams, D. C.; Rasby, R. J. 2005. General overview of feeding corn milling co-products to beef cattle. (en línea). In: Corn processing co-products manual; a review of current research on distillers grains and corn gluten. Lincoln, Nebraska, University of Nebraska. pp. 3-12. Consultado nov. 2016. Disponible en [https://www.extension.umn.edu/agriculture/beef/components/docs/utilization\\_of\\_corn\\_byproducts\\_for\\_beef\\_cattle\\_unl.pdf](https://www.extension.umn.edu/agriculture/beef/components/docs/utilization_of_corn_byproducts_for_beef_cattle_unl.pdf)
  
25. Fanning, K.; Milton, T.; Klopfenstein, T. J.; Klemesrud, M. 1999. Corn and sorghum distillers grains for finishing cattle. (en línea). In: Nebraska beef reports. Lincoln, Nebraska, University of Nebraska. pp. 32-33 (Paper no. 403). Consultado nov. 2016. Disponible en <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1402&context=animalscinbcr>
  
26. Feoli, C.; Hancock, J. D.; Monge, C.; Gugle, T. L.; Carter, S. D.; Cole, N. A. 2007a. Digestible energy content of corn- vs sorghum-based distillers dried grains with solubles in finishing pigs. Journal of Animal Science. 85 (Suppl. 2): 95 (Abstr.).
  
27. \_\_\_\_\_; Issa, S.; Hancock, J. D.; Gugle, T. L.; Carter, S. D.; Cole, N. A. 2007b. Effects of adding saturated fat to diets with sorghum-based distillers dried grains with solubles on growth performance and carcass characteristics in finishing pigs. Journal of Animal Science. 85 (Suppl. 1): 148. (Abstr.).
  
28. \_\_\_\_\_; Hancock, J. D.; Gugle, T. L.; Carter, S. D.; Cole, N. A. 2008. Effects of enzyme additions to diets with corn- and sorghum-based distillers dried grains with solubles on growth performance and nutrient digestibility in nursery and finishing pigs. Journal of Animal Science. 86 (Suppl. 2): 572 (Abstr.).
  
29. FAO. GBEP (Food and Agriculture Organization of the United Nations. Global Bioenergy Partnership, IT). 2007. A review of the current state of bioenergy development in G8 + 5 countries. Rome. pp. 22-53.
  
30. Ham, G. A.; Stock, R. A.; Klopfenstein, T. J.; Larson, E. M.; Shain, D. H.; Huffman, R. P. 1994. Wet corn distillers byproducts compared with dried corn distillers grains with soluble as a source of protein and energy for ruminants. Journal of Animal Science. 72: 3246-3257.
  
31. Heinimo, J.; Junginer, M. 2009. Production and trading of biomass for energy; an overview of the global status. Biomass and Bioenergy. 33: 1310-1320.

32. Hess, B. W.; Moss, G. E.; Rule, D. C. 2008. A decade of developments in the area of fat supplementation research with beef cattle and sheep. *Journal of Animal Science*. 86: E188-E204.
33. Hoffman P.; Combs D. 2007. Uso de la digestibilidad del FDN en a formulación de raciones. *Focus on Forage*. 6 (3): 32-41.
34. Huntington, G. B.; Archibeque, S. L. 2000. Practical aspects of urea and ammoniametabolism in ruminants. *Journal of Animal Science*. 77: 1-11.
35. Ishler, M. S.; Heinrichs, J.; Varga, G. s.f. De la alimentación a la leche; comprendiendo la función del rumen. (en línea). s.n.t. 43 p. Consultado ago. 2016. Disponible en <http://extension.psu.edu/animals/dairy/nutrition/nutrition-and-feeding/rumen-function/de-la-alimentacion-a-la-leche-comprendiendo-la-funcion-del-rumen>
36. Jenkins, S. K. 2003. Effects of corn or sorghum distillers dried grains with solubles on apparent nutrient digestibility of growing pigs. MSc. Thesis. Stillwater, United States. Oklahoma State University. 19 p.
37. Jones, C. K.; Bergstrom, J. R. ; Tokach, M. D.; DeRouchey, J. M.; Goodband, R. D.; Nelssen, J. L.; Dritz, S. S. 2009. Efficacy of commercial enzymes in diets containing various concentrations and sources of dried distillers grains with soluble for nursery pigs. *Journal of Animal Science*. 88: 2084-2091.
38. Kelsall, D. R.; Lyons, T. P. 1999. Grain dry milling and cooking for alcohol production; designing for 23% ethanol and maximum yield. In: Jacques K.; Lyons, T. P.; Kelsall, D. R. eds. *The alcohol textbook*. 3rd. ed. Nottingham, UK, Nottingham University Press. pp. 7-24.
39. Klopfenstein, T. 2001. Distillers grains for beef cattle. (en línea). In: *Distillers grains feeding recommendations*. Ames, Iowa, Iowa State University. p. irr. Consultado nov. 2016. Disponible en <http://www.cie.us/documents/111005DGFRBeef.pdf>
40. \_\_\_\_\_; Erickson, G. E.; Bremer, V. R. 2008. Board-invited review; use of distillers by-products in the beef cattle feeding industry. *Journal of Animal Science*. 86(5): 1223-1231. Consultado nov. 2016. Disponible en <https://www.animalsciencepublications.org/publications/jas/pdfs/86/5/0861223?search-result=1>

41. Koger, T. J.; Wulf, D. M.; Weaver, A. D.; Wright, C. L.; Tjardes, K. E.; Mateo, K. S.; Engle, T. E.; Maddock, R. J.; Smart, A. J. 2010. Influence of feeding various quantities of wet and dry distillers grains to finishing steers on carcass characteristics, meat quality, retail-case life of ground beef, and fatty acid profile of longissimus muscle. *Journal of Animal Science*. 88: 3399-3408.
42. Larson, E. M.; Stock, R. A.; Klopfenstein, T. J.; Sindt, M. H.; Huffman, R. P. 1993. Feeding value of wet distillers byproducts for finishing ruminants. *Journal of Animal Science*. 71: 2228-2236.
43. Li, C.; Li, J.; Yang, W.; Beauchemin, K. 2012. Ruminant and intestinal amino acid digestion of distiller's grain vary with grain source and milling process. *Animal Feed Science and Technology*. 175: 121-130.
44. Liu, C.; Schingoethe, D. J.; Stegeman, G. A. 2000. Corn distillers grains versus a blend of protein supplements with or without ruminally protected amino acids for lactating cows. *Journal Dairy Science*. 83: 2075-2084.
45. Lodge, S. L.; Stock, R. A.; Klopfenstein, T. J.; Shain, D. H.; Herold, D. W. 1997. Evaluation of corn and sorghum distillers byproducts. *Journal of Animal Science*. 75: 37-43.
46. Martínez, E.; Zanetti, F. 2016. Efecto del nivel de sustitución de sorgo grano por DDGS de sorgo en la dieta sobre la performance a corral y a la faena de novillos alimentados en confinamiento. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 79 p.
47. Mateo, K. S.; Tjardes, K. E.; Wright, C. L.; Koger, T. J.; Rops, B. D. 2004. Evaluation of feeding varying levels of wet distillers grains with solubles as compared to dry distillers grains with solubles to finishing steers. (en línea). In: 2004 South Dakota beef cattle report. Brookings, South Dakota State University. pp. 14-19. Consultado jul. 2016. Disponible en [https://www.sdstate.edu/sites/default/files/ars/species/beef/beef-reports/upload/Complete\\_2004\\_SD\\_Beef\\_Report.pdf](https://www.sdstate.edu/sites/default/files/ars/species/beef/beef-reports/upload/Complete_2004_SD_Beef_Report.pdf)
48. Morteiro, I.; Young, I. 2014. Evaluación del efecto del nivel de proteína en la dieta de terneros de destete precoz alimentados en confinamiento. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 86 p.
49. NRC (National Research Council, US). 1996. Nutrient requirements of beef cattle. 7th. ed. Washington, D. C., National Academy Press. 248 p.

50. Orskov, E. R. 1987. The feeding of ruminants principles and practice. Madison, Buckinghamshire, Marlow Chalcombe. 90 p.
51. \_\_\_\_\_.; Ryle, M. 1990. Energy nutrition in ruminants. Essex, Elsevier. 149 p.
52. \_\_\_\_\_. 1992. Protein nutrition in ruminants. San Diego, Academic Press. 175 p.
53. Owens, F. N.; Secrist, D.; Hill, W. J.; Gill, D. 1998. A new look at acidosis. Journal of Animal Science. 76: 275-286.
54. Poonam, N.; Dalel, S. 1995. Enzyme and microbial systems involved in starch processing. In: May, S. W. ed. Enzyme and microbial technology; biotechnology research and review. Amsterdam, Elsevier. pp. 770-778.
55. Poppi, D. P.; Hendrickson, R. E.; Minson, D. J. 1985. The relative resistance to escape of leaf and stem particles from the rumen of cattle. Journal of Agricultural Science. 105: 9-14.
56. Pordomingo, A. J. 2013. Feedlot; alimentación, diseño y manejo. (en línea). Anguil, INTA. 170 p. Consultado may. 2016. Disponible en [http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_feedlot\\_2013.pdf](http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_feedlot_2013.pdf)
57. Rausch, K. D.; Belyea, R. L.; Ellersieck, M. R.; Singh, V.; Johnston, D. B.; Tumbleson, M. E. 2005. Particle size distributions of ground corn and DDGS from dry grind processing. American Society of Agricultural Engineers. 48: 273–277.
58. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 2006. The future of coproducts from corn processing. Applied Biochemistry Biotechnology. 12: 47–86.
59. Ray, D. E.; Roubicek, C. B. Behaviour of feedlot cattle during two seasons. Journal of Animal Science. 33: 72-76.
60. Reese, D. E.; Lewis, A. J. 1989. Nutrient content of Nebraska corn. (en línea). In: Ahlschwede, W. T. comp. Nebraska swine report. Lincoln, Nebraska, University of Nebraska. pp. 89-219. Consultado jul. 2016. Disponible en <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3056&context=extensionhist>
61. Reinhardt, C.; DiCostanzo, A.; Milliken, G. 2007. Distiller's by-products alter carcass fat distribution of feedlot cattle. Journal of Animal Science. 85 (Suppl. 2): 132. (Abstr.)

62. Roeber, D. L.; Gill, R. K.; Di Costanzo, A. 2005. Meat quality responses to feeding distiller's grains to finishing Holstein steers. *Journal of Animal Science*. 83: 2455-2460.
63. Rovira, P. 2012. Uso de sombra en la recría de novillos en sistemas pastoriles de la región este del Uruguay. Montevideo, INIA. 83 p. (Serie Técnica no. 202).
64. Russell, R. W.; Lolley, R. J. 1989. Desactivation of tannin in high tannin milo by treatment with urea. *Journal of Dairy Science* 72:2427-2430.
65. Sarikaya, E.; Higassa, T.; Adachi, M.; Mikami, B. 2000. Comparison of degradation abilities of  $\alpha$ - and  $\beta$ -amylases on raw starch granules. *Process Biochemistry*. 711-715.
66. Schroeder, J. W. 2010. Granos de destilería; suplemento energético y proteico para el ganado lechero. (en línea). Fargo, North Dakota State University Extensión Service. 10 p. Consultado dic. 2016. Disponible en [http://www.produccionanimal.com.ar/tablas\\_composicion\\_alimentos/70-Granos\\_Destileria.pdf](http://www.produccionanimal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/70-Granos_Destileria.pdf)
67. Senne, B. W.; Hancock, J. D.; Hines, R. H.; Dean, D. W.; Mavromichalis, I.; Froetschner, J. R. 1998. Effects of whole grain and distillers dried grains with solubles from normal and heterowaxy endosperm sorghums on growth performance, nutrient digestibility, and carcass characteristics of finishing pigs. (en línea). In: Goodband, B.; Tokach, M.; Dritz, S. eds. Swine day 1998; report of progress. Manhattan, Kansas State University. Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service. pp. 148-152. Consultado nov. 2016. Disponible en <https://www.asi.k-state.edu/doc/swine-day-1998/srp819.pdf>
68. Sharma, V.; Rausch, K. D.; Tumbleson, M. E.; Singh, V. 2007. Comparison between granular starch hydrolyzing enzyme and conventional enzymes for ethanol production from maize starch with different amylase; amylopectin ratios. *Starch/Staerke*. 59 (11): 549-556.
69. Simeone, A.; Beretta, V. 2002. Destete precoz en ganado de carne. Montevideo, Hemisferio Sur. 118 p.
70. \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. 2012. Una nueva cría. Un nuevo engorde. Una nueva ganadería. In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (14<sup>a</sup>, 2012, Paysandú). Memorias. Paysandú, Facultad de Agronomía. pp. 15-27.

71. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 2015. Tecnología, precio y resultado económico en el negocio ganadero; ese difícil equilibrio. In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (17<sup>a</sup>., 2015, Paysandú). Memorias. Paysandú, Facultad de Agronomía. pp. 27-29.
72. Sniffen, C. J.; O'Connor, J. D.; Van Soest, P. J.; Fox, D. G.; Russell, J. B. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: 11. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*. 70: 3562.
73. Spiels, M. J.; Whitney, M. H.; Shurson, G. C. 2002. Nutrient database for distillers dried grains with solubles produced from new ethanol plants in Minnesota and South Dakota. *Journal of Animal Science*. 80: 2639–2645.
74. Suarez-Mena, F. X.; Hill, T. M.; Heinrichs, A. J.; Bateman, H. G.; Aldrich, J. M.; Schlotterbeck, R. L. 2011. Effects of including corn distillers dried grains with solubles in dairy calf feeds. *Journal Dairy Science*. 94: 3037–3044.
75. Tjardes, J.; Wright, C. 2002. Feeding corn distiller's co-products to beef cattle. (en línea). Brookings, South Dakota State University. College of Agriculture and Biological Sciences. 5 p. Consultado nov. 2016. Disponible en [https://www.extension.umn.edu/agriculture/beef/components/docs/feeding\\_corn\\_distillers\\_grains\\_to\\_beef\\_cattle\\_sdsu.pdf](https://www.extension.umn.edu/agriculture/beef/components/docs/feeding_corn_distillers_grains_to_beef_cattle_sdsu.pdf)
76. Urriola P. E.; Shurson, G. C.; Stein, H. H. 2009. Digestibility of dietary fiber in distillers coproducts fed to growing pigs. *Journal of Animal Science*. 88: 2373-2381.
77. USGC (United States Grains Council, US). 2012. A guide to distiller's dried grains with solubles. 3<sup>rd</sup>. ed. Washington, D. C. 406 p.
78. Uwituzze, S.; Parsons, G.; Karges, K.; Gibson, M.; Hollis, L.; Higgins, J.; Drouillard, J. 2011. Effects of distillers grains with high sulfur concentration on ruminal fermentation and digestibility of finishing diets. *Journal of Animal Science*. 89: 2817-2828.
79. Vasconcelos, J.T.; Sawyer, J.E.; Tedeschi, L.O.; McCollum, F.T.; Greene, L.W. 2009. Effects of different growing diets on performance, carcass characteristics, insulin sensitivity, and accretion of intramuscular and subcutaneous adipose tissue of feedlot cattle. *Journal of Animal Science*. 87: 1540-1547.

80. Zinn, R. A. 1989. Influence of level and source of dietary fat on its comparative feeding value in finishing diets for feedlot; feedlot cattle growth and performance. *Journal of Animal Science*. 67: 1029-1037.

## 10. ANEXOS

### Anexo 1. Composición química del DDGS de sorgo.

Estudio	DM	CP	FDN	FDA	Grasa Cruda	Ceniza	P	Ca
1	90,0	28,1	-	-	10,4	4,4	-	-
2	90,9	28,6	-	-	10,2	5,2	-	-
3	89,3	25,4	-	-	9,7,	4,4	0,81	0,10
4	89,8	30,2	-	-	8,9	3,5	0,66	0,04
5	88,1	30,2	-	-	8,5	3,7	0,69	0,07
6	88,5	29,8	-	-	7,9	3,6	0,62	-
7	88,1	30,5	-	-	7,3	3,7	0,66	-
8	89,2	30,4	29,1	10,1	7,0	3,6	0,65	0,08
9	89,6	30,5	29,6	10,4	6,8	3,7	0,65	0,09
10	90,0	29,5	29,1	10,1	7,0	3,6	-	-
11	90,8	31,1	29,7	10,5	8,3	3,7	-	-
12	90,4	28	26,9	9,6	8,6	3,5	-	-
13	88,3	30,7	29,6	19,2	10,2	4,1	0,72	0,04
14	88,4	29,7	28,2	20,3	8,9	3,9	0,69	0,07
15	91,2	32,7	34,7	25,3	8,0	11,9	-	-
n	15	15	8	8	15	15	9	7
<b>Promedio*</b>	89,5	29,8	29,2	13,4	8,5	3,9	0,67	0,07
<b>DDGS de maíz</b>	87,6	29,8	25,3	13,4	10,1	3,8	0,61	0,07

\* Los valores promedio se calcularon con la media de los valores, excluyendo el valor más alto y el más bajo.

#### Referencias:

- |   |                                       |
|---|---------------------------------------|
| 1 Senne et al. (1998) Endosperma normal       | 9 Feoli et al. (2007b) Russell Exp. 2 |
| 2 Senne et al. (1998) Endosperma heteroceroso | 10 Feoli et al. (2008) Russell Exp.1  |
| 3 Jenkins (2003) Fuente 1                     | 11 Feoli et al. (2008) Russell Exp.2  |
| 4 Jenkins (2003) Fuente 2                     | 12 Feoli et al. (2008) Russell Exp.3  |
| 5 Jenkins (2003) Fuente 3                     | 13 Jones et al. (2009) Fuente 1       |
| 6 Feoli et al. (2007a) Oakley                 | 14 Jones et al. (2009) Fuente 2       |
| 7 Feoli et al. (2007a) Russell                | 15 Urriola et al. (2009)              |
| 8 Feoli et al. (2007b) Russell Exp. 1         |                                       |

Anexo 2. Análisis de varianza para consumo de materia seca (kg/a/día)

Effect	Núm. DF	Den DF	F-Value	Pr > F
TRAT	3	20	0,56	0,6474
SEMANA	9	1308	635,96	<,0001
TRAT*SEMANA	27	1308	2,16	0,0005
Día_dentrosem	6	1308	18,95	<,0001
TRAT*Día_dentrosem	18	1308	0,53	0,9475

Anexo 3. Análisis de varianza para consumo materia seca (%PV)

Effect	Núm. DF	Den DF	F-Value	Pr > F
TRAT	3	20,1	4,97	0,0097
SEMANA	9	1308	142,67	<,0001
TRAT*SEMANA	27	1308	2,69	<,0001
Día_dentrosem	6	1308	23,73	<,0001
TRAT*Día_dentrosem	18	1308	0,76	0.7448

Anexo 4. Análisis de varianza para el rechazo de la ración (% ofrecido)

Effect	Núm. DF	Den DF	F-Value	Pr > F
TRAT	3	22,5	3,72	0,0261
SEMANA	9	1308	15,55	<,0001
TRAT*SEMANA	27	1308	2,34	0,0001
Día_dentrosem	6	1308	3,33	0,0029
TRAT*Día_dentrosem	18	1308	0,79	0,7157

Anexo 5. Análisis de varianza para eficiencia de conversión

Source	DF	Type IV SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	3	1,8099936	0,6033312	5,01	0,01
PVINI	1	0,4598118	0,4598118	3,82	0,0567

Anexo 6. Análisis de varianza para relación peso vivo/altura final

Source	DF	Type IV SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	3	0,0438293	0,0146098	2,13	0,1297
PVINI	1	0,4700552	0,4700552	68,63	<,0001

Anexo 7. Análisis de varianza para digestibilidad de la materia seca

Source	DF	Type IV SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	3	3,2445336	1,0815112	0,04	0,9883
PVINI	1	144,16625	144,16625	5,46	0,0394

Anexo 8. Análisis de varianza para consumo de PC

Source	DF	Type IV SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	3	0,1390782	0,0463594	1,97	0,1517

Anexo 9. Análisis de varianza para consumo de EE

Source	DF	Type IV SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	3	0,15108133	0,05036044	25,35	<,0001

Anexo 10. Análisis de varianza para consumo de FDN

Source	DF	Type IV SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	3	2,06196146	0,68732049	10,5	0,0002

Anexo 11. Análisis de varianza para el consumo de MO

Source	DF	Type IV SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	3	0,92790113	0,30930038	0,53	0,6666

Anexo 12. Análisis de varianza para actividad de consumo

Effect	Núm. DF	Den DF	F-Value	Pr > F
TRAT	3	20	1,59	0,2238
SEMANA	3	60	6,54	0,0007
TRAT*SEMANA	9	60	1,47	0,1813

Anexo 13. Análisis de varianza para actividad de rumia

Effect	Núm. DF	Den DF	F-Value	Pr > F
TRAT	3	20	0,26	0,8527
SEMANA	3	60	2,57	0,0624
TRAT*SEMANA	9	60	0,46	0,8953

Anexo 14. Análisis de varianza para actividad de descanso

Effect	Núm. DF	Den DF	F-Value	Pr > F
TRAT	3	20	0,52	0,6757
SEMANA	3	60	4,82	0,0045
TRAT*SEMANA	9	60	1,03	0,4239

Anexo 15. Análisis de varianza para consumo de agua

Effect	Núm. DF	Den DF	F-Value	Pr > F
TRAT	3	20	6,33	0,0034
SEMANA	3	60	9,72	<,0001
TRAT*SEMANA	9	60	1,9	0,0689

Anexo 16. Análisis de varianza para GMD

Effect	Núm. DF	Den DF	F-Value	Pr > F
TRAT	3	19	0,01	0,9985
Dias	1	116	1836,31	<,0001
Dias*TRAT	3	116	1,34	0,2653
PVINI	1	19	96,45	<,0001