

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

EFFECTO 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

por

Emilio MARTÍNEZ CANNELLA  
Federico ZANETTI BALPARDA

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

MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2016

Tesis aprobada por:

Director:

-----  
Ing. Agr. Álvaro Simeone

-----  
Ing. Agr. Virginia Berreta

-----  
Dr. Juan Franco

Fecha: 26 de octubre de 2016

Autores:

-----  
Emilio Martínez Cannella

: -----  
Federico Zanetti Balparda

## AGRADECIMIENTOS

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

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

A Juan Franco, Javier Caorsi y Stefania Pancini por su apoyo en las tareas de campo y laboratorio.

A Diego Mosqueira por su gran aporte en las tareas de campo.

A los funcionarios de la Estación Experimental Mario A. Cassinoni por su gran ayuda durante toda la fase experimental.

A nuestros amigos Alejandro Canén, Roy Cooper y Pablo Oliveira por su compañerismo y colaboración con el trabajo de campo.

## 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. INTRODUCCIÓN .....	3
2.2. GRANOS DE DESTILERÍA .....	4
2.2.1. <u>Industrialización</u> .....	4
2.2.2. <u>Fuentes de variación</u> .....	5
2.2.3. <u>Características químicas y nutricionales de los granos de destilería</u> .....	7
2.2.4. <u>Composición química y aportes nutricionales de los granos de destilería a partir de sorgo</u> .....	9
2.3. USO DE GRANOS DE DESTILERÍA EN GANADO DE CARNE .....	10
2.3.1. <u>Consumo</u> .....	10
2.3.2. <u>Digestión y metabolismo de los granos de destilería</u> .....	12
2.4. EFECTO DEL USO DE LOS GD EN DIETAS DE TERMINACIÓN SOBRE LA PERFORMANCE A CORRAL .....	15
2.4.1. <u>Eficiencia de conversión y ganancia de peso</u> .....	15
2.5. EFECTO DEL USO DE LOS GD EN DIETAS DE TERMINACIÓN SOBRE LA PERFORMANCE A LA FAENA Y CALIDAD DE CARNE .....	17
2.6. HIPÓTESIS .....	21
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	22
3.1. LOCALIZACIÓN Y PERÍODO EXPERIMENTAL .....	22
3.2. CLIMA .....	22

3.3. INFRAESTRUCTURA.....	22
3.4. ALIMENTOS .....	22
3.5. ANIMALES Y TRATAMIENTOS.....	23
3.6. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL .....	23
3.6.1. <u>Período de acostumbramiento (8/6/2015 al 13/7/2015)</u> .....	24
3.6.2. <u>Período de transición hacia la dieta experimental (14/7/2015 al 23/7/2015)</u> .....	24
3.6.3. <u>Período experimental de aplicación de los tratamientos (24/7/2015 al 1/10/2015)</u> .....	25
3.6.4. <u>Faena (2/10/2015)</u> .....	25
3.7. MANEJO SANITARIO .....	25
3.8. DETERMINACIONES .....	26
3.8.1. <u>Altura al anca</u> .....	26
3.8.2. <u>Peso vivo</u> .....	26
3.8.3. <u>Consumo</u> .....	26
3.8.4. <u>Comportamiento animal</u> .....	26
3.8.5. <u>Digestibilidad in vivo</u> .....	27
3.8.6. <u>Pre faena y post faena</u> .....	27
3.8.7. <u>Registros climáticos</u> .....	28
3.9. MUESTREO Y ANÁLISIS QUÍMICO.....	28
3.10. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	29
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....	32
4.1. REGISTROS CLIMÁTICOS .....	32
4.2. CARACTERÍSTICAS DE LA DIETA.....	33
4.3. PERFORMANCE ANIMAL.....	35
4.3.1. <u>Peso vivo y ganancia diaria</u> .....	35
4.3.2. <u>Consumo y eficiencia de conversión</u> .....	37
4.3.3. <u>Digestibilidad y consumo de nutrientes</u> .....	40
4.3.4. <u>Comportamiento ingestivo</u> .....	45

4.4. CALIDAD DE LA CANAL Y DE LA CARNE .....	48
4.5. DISCUSIÓN GENERAL .....	50
5. <u>CONCLUSIONES</u> .....	52
6. <u>RESUMEN</u> .....	53
7. <u>SUMMARY</u> .....	55
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	56
9. <u>ANEXOS</u> .....	65

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Medias mensuales históricas de temperatura, precipitaciones y humedad relativa de los meses del período experimental.....	22
2. Composición de las raciones experimentales (valores expresados como porcentaje de la materia seca).....	23
3. Proceso genérico de transición hacia la ración experimental (valores expresados en kgBF/animal/día). ....	25
4. Temperaturas medias, máximas y mínimas, precipitaciones y humedad relativa promedio durante el período experimental.....	32
5. Composición química (en base seca) de las raciones experimentales, difiriendo en el contenido de DDGS.....	33
6. Efecto del nivel de sustitución de DDGS sobre el peso vivo inicial, GMD, peso final, altura final y relación peso vivo/altura de los novillos en confinamiento .....	36
7. Efecto del nivel sustitución de DDGS sobre el consumo diario de materia seca y la eficiencia de conversión de los novillos en evaluación.....	37
8. Efecto del nivel de sustitución de DDGS sobre la digestibilidad (%) y el consumo (kg/día) de los distintos componentes del alimento.....	42
9. Efecto del nivel de sustitución del DDGS sobre las características de la canal y de la carne en novillos alimentados en confinamiento .....	49

## Figura No.

1. Etapas del proceso de elaboración de los granos de destilería a partir de la producción de etanol.....	4
2. Evolución del peso vivo (kg) para los distintos niveles de inclusión de DDGS durante el período experimental. ....	35
3. Interacción entre el nivel de sustitución del DDGS por semana experimental en el CMS (%PV). ....	38
4. Efecto del nivel de inclusión de DDGS sobre CMS, EC y GMD para novillos en terminación. ....	39
5. Efecto del nivel de sustitución de DDGS sobre la digestibilidad de la MS y MO (%) comparado con el CMS (kg/día) y CMSD para los animales del experimento. ....	41
6. Efecto del nivel de sustitución de DDGS en la distribución de las actividades de comportamiento de novillos en confinamiento durante las horas de luz (de 8.30 a 18.30 hs). ....	45
7. Efecto del nivel de inclusión de DDGS sobre el patrón de consumo de alimento durante los días de observación del comportamiento animal.....	47

## 1. INTRODUCCIÓN

Históricamente, la ganadería ha sido la actividad productiva dominante en la economía uruguaya. Durante la década del 00', el Uruguay ha sufrido cambios en la estructura de sus campos, producto de la expansión agrícola provocada por los buenos precios de los granos y oleaginosas. Estos cambios tuvieron un alcance muy amplio, ya que no solo afectaron el área destinada a los distintos rubros, sino que también afectaron a la estructura social y a las tecnologías de producción. El incremento de la competitividad y, especialmente, la competencia por los recursos naturales, o competencia intrasectorial son las principales razones que dan origen a estos cambios.

La ganadería se vio obligada a desplazarse de las zonas de buena aptitud agrícola hacia zonas más marginales. En los predios ganaderos se utilizan actualmente cada vez más los verdes, las reservas con silo de grano húmedo y la suplementación con granos y otros concentrados, sustituyendo parcialmente los mejoramientos de pasturas. Esto demuestra que la intensificación en el rubro, promueve a los productores a realizar cambios tecnológicos e inversiones que hagan a la ganadería más competitiva.

Los corrales de engorde o feedlots en Uruguay, se establecieron durante este período, con el objetivo de liberar potreros, eliminar cultivos forrajeros anuales de las rotaciones, incrementar la carga animal del campo, pero sobre todas las cosas asegurar la terminación de los animales a la edad deseada para cumplir con las exigencias de calidad del mercado internacional. Para que esto ocurra, se deben suministrar dietas altamente concentradas, que permitan lograr altas ganancias de peso vivo y buenas eficiencias de conversión en el proceso. Esto permite mantener los niveles de producción de carne, logrando mejorar la eficiencia productiva de un stock vacuno en aumento.

Debido al bajo costo de producción y a su alta participación en las rotaciones agrícolas aportando grandes cantidades de carbono orgánico al suelo, el grano de sorgo, a través del almidón como fuente energética, es el concentrado que más se utiliza en el país en la alimentación de vacunos.

Por otra parte, la planta de ALUR (Alcoholes del Uruguay) en Paysandú, produce bioetanol a partir del procesamiento de los granos de sorgo, generando además de etanol, subproductos que son destinados a la producción animal. Uno de estos subproductos que se generan son los granos de destilería secos con solubles (DDGS por su sigla en inglés, "dry distillers grains plus solubles"), el cual se caracteriza por ser un alimento concentrado altamente palatable, con valor energético igual o mayor al grano de origen (aportado

principalmente por grasa y fibra altamente digestible, ya que el almidón del grano se extrae en el proceso), con alto contenido de proteína (mayor a 28%), siendo una excelente fuente de proteína no degradable en el rumen y alto contenido de nutrientes como el fósforo (mayor a 7%).

Estas características que presenta el DDGS de sorgo, destacan la importancia de evaluar este subproducto en nuestras condiciones de producción, para lograr identificar las posibles ventajas y/o restricciones que puede presentar en la performance animal, variando el nivel de inclusión en la dieta.

La investigación referida a los granos de destilería (GD), provenientes del grano de sorgo es escasa. Por otra parte no existe información referida a la utilización de los DDGS de sorgo sustituyendo al grano de sorgo, dado que la mayoría de los trabajos internacionales evalúan el impacto de incluir GD de sorgo, GD de maíz o mezclas de maíz y sorgo, sustituyendo al grano de maíz como principal ingrediente de las raciones. Por lo que caracterizar la curva de respuesta contribuiría al desarrollo de una base objetiva para la toma de decisiones.

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar la respuesta animal a corral y a la faena, asociada a la inclusión de niveles crecientes de sustitución de grano de sorgo por DDGS de sorgo en raciones totalmente mezcladas, altamente concentradas ofrecidas a novillos en terminación.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. INTRODUCCIÓN

La industria del etanol se está expandiendo rápidamente. Esta expansión en la producción de energía renovable también aumenta la producción de subproductos. En Uruguay se producen anualmente 24 millones de litros de bioetanol a partir de biomasa vegetal y un volumen aproximado de 30.000 toneladas de subproductos para alimentación animal (ALUR, 2016).

Tradicionalmente los GD se usaron como fuente proteica por su alto contenido de proteína cruda (PC). Recientemente y debido a su elevado aporte energético comenzaron a ser utilizados en dietas de terminación, sustituyendo al grano, principal componente de éstas. A su vez, el elevado contenido de taninos y azufre son factores restrictivos, por lo que determinar el nivel de inclusión de estos subproductos que optimice la respuesta en la performance animal resulta relevante.

La calidad de los subproductos del bioetanol depende fundamentalmente del grano que le dio origen, del proceso tecnológico de elaboración y del tipo de subproducto (seco o húmedo) de la planta productora.

En la siguiente revisión se presentarán los antecedentes con relación al proceso industrial para la obtención de los GD, sus características nutricionales y principales fuentes de variación, con especial énfasis en el grano de sorgo, por ser ésta la fuente de mayor relevancia a nivel nacional. Seguidamente se analiza el efecto de los subproductos generados y su uso en la alimentación de ganado de carne, de forma de comprender la incidencia en las características metabólicas y digestivas, y cómo estos influyen en la performance animal, la eficiencia de uso del alimento y calidad de la canal de novillos en confinamiento.

## 2.2. GRANOS DE DESTILERÍA

### 2.2.1. Industrialización

A continuación se presenta en la figura No. 1 un esquema representativo de los procesos involucrados en la producción de etanol y la obtención de los subproductos de destilería para la alimentación animal.

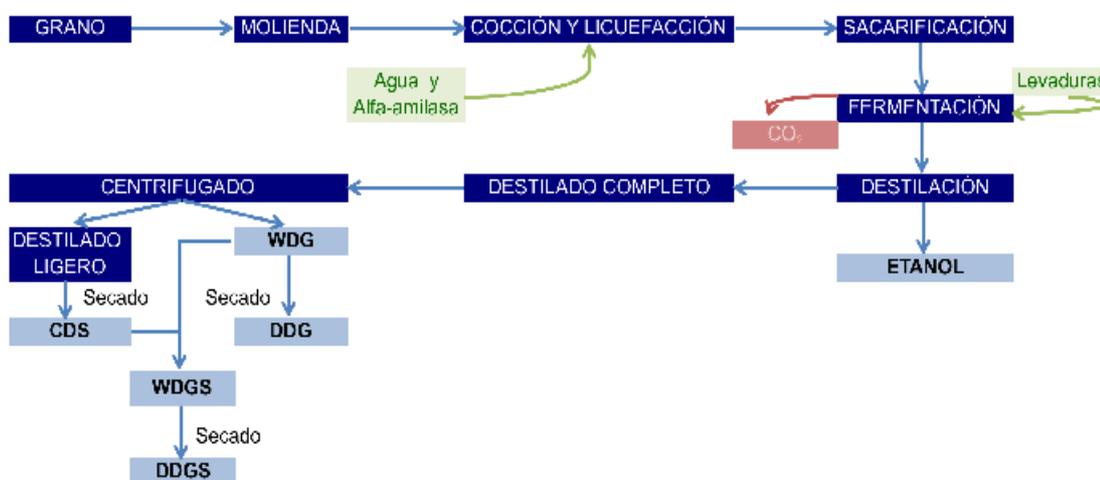


Figura 1. Etapas del proceso de elaboración de los granos de destilería a partir de la producción de etanol

El primer paso en el proceso de producción de etanol es la molienda del grano con molinos de martillo. Debido a que el tamaño de partícula del grano puede afectar el rendimiento de etanol (Kelsall y Lyons, 1999), las plantas tienden a utilizar el grano molido muy fino para maximizar la producción. La molienda expone el almidón del grano para favorecer la hidrólisis necesaria en las etapas posteriores del proceso.

En segunda instancia, la harina se mezcla con vinazas claras recirculadas y enzimas. Durante la cocción con vapor (adicionando agua) y posterior licuefacción con el agregado de enzimas amilolíticas se hidroliza el almidón del grano, convirtiéndolo posteriormente en glucosa (sacarificación), para que luego las levaduras la transformen en etanol en el proceso de fermentación. Durante éste proceso alrededor de 95% del azúcar se convierte en etanol y dióxido de carbono, 1% en materia celular de las levaduras y 4% en otros productos como el glicerol (Boulton et al., 1996).

Luego de la formación de etanol, éste es recolectado con columnas de destilación y se purifica con un sistema de tamices moleculares para eliminar el agua y producir etanol puro. El agua y los sólidos que quedan después de la

destilación se les conocen como destilado completo, que constituye principalmente agua, fibra, proteína y grasa. Esta mezcla se centrifuga para separar los sólidos gruesos del líquido.

Los sólidos gruesos, también conocidos como pasta húmeda o granos de destilería húmedos (WDG por sus siglas en inglés “wet distillers grains”) contienen alrededor del 35% de materia seca. Este subproducto puede ser comercializado de ésta manera o puede secarse para producir los granos de destilería secos (DDG, “dry distillers grains”). El líquido, también denominado destilado ligero, pasa a través de un evaporador para eliminar la humedad adicional, obteniendo como co-producto los solubles de destilería condensados (CDS, “condensed distillers solubles”) que contiene aproximadamente 30% de materia seca. El WDG puede mezclarse con los solubles condensados de destilería (WDGS, “wet distillers grains plus solubles”) y secarse para producir los granos secos de destilería con solubles (DDGS, “dry distillers grains plus solubles”).

Una dificultad, es que el secado de los GD es caro debido al costo del combustible y la inversión de capital en equipo. El etanol combustible es una fuente de energía diseñada para sustituir a los combustibles fósiles (Cassman et al., 2006). El uso de combustibles fósiles para el secado es contraproducente y aunque muchos corrales de engorde se encuentran próximos a las plantas de producción, muchos están demasiado lejos de las plantas para permitir el transporte de WDGS a corrales de engorde. En esos casos, puede ser lógico y más económico utilizar DDGS para facilitar el transporte (Klopfestein et al., 2008).

Shurson (2004) y luego Karges (2005), han cuantificado este proceso, obteniendo como resultado que el procesamiento de 1 tonelada seca de grano de maíz produce 400 litros de etanol, 330 kilos de grano seco de destilería (base seca) y 330 kilos de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

### 2.2.2. Fuentes de variación

El valor nutritivo del alimento es una medida de sus principales componentes nutricionales. A continuación, se desarrollan los factores más importantes que pueden afectar el valor nutritivo de los GD según la planta procesadora.

El factor principal es el grano original que se utiliza, pudiendo ser sorgo, maíz, trigo o cebada. Los dos primeros tienen cantidades similares de almidón y por lo tanto tienen rendimientos de etanol equivalentes. El sorgo es generalmente menos costoso que el maíz por lo que es una materia prima

atractiva para las plantas productoras. Lodge et al. (1997) sugieren que el subproducto proveniente del sorgo tiene menor valor nutritivo que el de maíz. A su vez, afirman que los subproductos de destilería del sorgo contienen mayor PC y almidón que los subproductos de destilería del maíz, y que los WDG de maíz contienen más lípidos en comparación con cualquier otro subproducto. El tipo de grano (McCollough et al. 1972, Perry 1976) y el procesado o la presentación (Rooney y Pflugfelder 1986, Stock et al. 1987) definen el grado de aprovechamiento.

Para cada grano, la variedad de la especie utilizada también puede tener efecto en el valor nutritivo de la dieta. Por ejemplo, en el caso de ALUR se utiliza preferentemente sorgo BT (variedad genéticamente modificada que contiene bajas concentraciones de taninos), para evitar posibles problemas a la hora de definir el nivel de inclusión en la dieta. Las condiciones de manejo y ambientales del cultivo, también pueden alterar las características del subproducto.

Los cambios en las metas de producción para las plantas y la eficiencia de la producción también tienen un impacto significativo en el valor nutritivo de los subproductos producidos (Erickson et al., 2007). Se pueden encontrar diferencias en el tipo de molienda, en la temperatura utilizada en los distintos procesos, en el grado de extracción del almidón, en los aditivos utilizados en la fermentación tanto para acelerar el proceso como para finalizarlo y en las características del proceso de destilación, entre otros. Todos estos factores pueden generar variaciones que pueden definir la calidad de la dieta. Tomando como ejemplo a la temperatura, es importante destacar que un sobrecalentamiento durante el proceso de secado, la digestibilidad total de la proteína del alimento se podría reducir en forma significativa (Trenkle, 2008).

Por otra parte, el tipo de subproducto resultante de la planta es otro factor relevante que determina el valor nutritivo de la dieta de los animales. Como se mencionó anteriormente, se puede producir GD húmedos o secos. De las investigaciones realizadas a nivel internacional sobre ganado en terminación, surge que alimentar con WDGS se traduce en un mejor rendimiento que con los GD secos (Erickson et al., 2007). Sin embargo, debido al bajo contenido de humedad que presenta el DDGS, éste subproducto es económicamente viable, debido a que tiene mayores facilidades en el traslado desde la planta al predio, y las formas de conservación y almacenaje son más prácticas que los WDGS. A diferencia del DDGS, el WDGS se presenta como un material inestable, no pudiéndose utilizar luego de los 5 días de estoqueado. Debido a esto se recomienda conservar este subproducto bajo forma de ensilado (Bruni et al., 2014).

### 2.2.3. Características químicas y nutricionales de los granos de destilería

La información internacional es abundante y consistente en definir en general a los GD húmedos o secos como subproductos que presentan altos contenidos de PC y altos valores de energía metabolizable (EM) para rumiantes, así como es coincidente en caracterizar a estos subproductos con alta variabilidad en su composición química, fundamentalmente asociada al proceso industrial propio de cada planta productora de etanol (FEDNA, 2012). Sin embargo, a nivel nacional, es muy escasa la información de las características nutricionales de estos subproductos.

Dado que el almidón que se transforma en etanol y CO<sub>2</sub> representa más del 70% del peso del grano, los nutrientes restantes (proteína, extracto etéreo EE y fibra detergente neutro FDN) aparecen concentrados en alrededor de 3 veces respecto de su participación en el grano original (Erickson et al., 2007). La proteína aumenta aproximadamente de 10 a 30%, la grasa pasa de 4 a 12 % y la FDN se incrementa de 12 a 36 % de la materia seca. Lo que demuestra que los subproductos tienen mayor valor nutritivo que el grano original.

Los GD (húmedos o secos) son una excelente fuente de proteína no degradable (PND) y fósforo. Granos húmedos se compararon con granos secos y el valor de la proteína fue similar. Esto sugiere que el alto valor de proteína de sobrepeso de los GD es debido a las características intrínsecas de la proteína y no al secado o el contenido de humedad, y no parece ser influenciado por la proteína insoluble en detergente ácido (NIDA) que es una medida común de la proteína dañada por calor. Los GD secos contienen aproximadamente el 65% de PND (% de PC), en consecuencia, las dietas a base de forraje que incluyen alimentos de GD secos como fuente de energía son comúnmente deficientes en proteína degradable (PDeg) pero contienen exceso de proteína metabolizable (PM). El ganado convierte el exceso de PM en urea que es potencialmente reciclada al rumen y puede servir como una fuente de PDeg. Es importante destacar que el suplemento con GD es menos costoso debido al alto valor de escape de la proteína (Erickson et al., 2007).

Gran parte de la proteína en destilados solubles son células de levadura que se han calentado durante la destilación y concentración (Klopfenstein et al., 2008). En cambio, Herold (1999) mostró que sólo el 20% de la proteína de los destilados solubles degradada en el rumen contenían células de levadura, provenientes de la industria de la molienda húmeda. A su vez Weiss et al. (1989), Chase (1991), reportaron que los contenidos de proteína cruda insoluble en detergente ácido (PCIDA) de los alimentos son muy variables y pueden llegar a valores de 40% de la PC en los subproductos que fueron sometidos a temperatura, particularmente los GD.

A pesar de que en el proceso industrial se elimina el almidón, principal componente de aporte energético del grano, los subproductos de destilería resultantes presentan mayor cantidad de energía por kilogramo de materia seca (MS) que el grano que sustituye (Klopfestein et al., 2008).

Estudios metabólicos realizados por Vander Pol et al. (2007) sugieren que la grasa en los granos de destilería con solubles (GDS) puede estar parcialmente protegida a la degradación ruminal conduciendo una mayor proporción de ácidos grasos insaturados al duodeno, y mayor digestibilidad total de grasa en el tracto.

Las características del proceso de obtención de etanol también le confieren al subproducto un menor contenido de MS (preferentemente en los húmedos), menor pH, mayor acidez total y similar capacidad buffer respecto al grano que le dio origen. Posiblemente la mayor acidez total y el menor pH sean debido al agregado de ácido durante el proceso industrial (Lodge et al., 1997).

Por otra parte, al igual que otros nutrientes, la concentración de fósforo (P) aumenta de 0,3% en el grano original a 0,9% de la MS en el subproducto (Klopfestein et al., 2008). Este elevado contenido de P que presentan los DDGS es aportado fundamentalmente por los solubles condensados. Esto puede ser una ventaja ya que permite reducir el nivel de P que se suplementa en la dieta. Sin embargo, puede representar una desventaja desde el punto de vista ambiental (en caso de aparecer una elevada concentración en heces) si no se puede reducir el nivel de inclusión mediante los otros componentes de la ración (Schingoethe, 2004).

En lo que refiere al azufre, Uwituze et al. (2011) concluyen que la alimentación con dietas que presenten grandes cantidades como el DDGS, va a contribuir al incremento del consumo de S en la dieta y va a disminuir el consumo de alimento y la eficiencia de energía de la dieta al producir gases indeseables como  $H_2S$  y  $CH_4$ . En general, esto puede comprometer la performance en crecimiento de los novillos de feedlot así como su salud. Así mismo, Klopfestein et al. (2008) sugieren que la reducida ingestión realizada por los novillos que consumieron grandes cantidades de WDG de maíz (60% de la MS) podría estar asociado a la concentración de grasa en la dieta o azufre, disminuyendo el rendimiento e inhibiendo la deposición de marmoleado (Ferrell et al. 2008, Depenbusch et al. 2009, Gunn et al. 2009).

#### 2.2.4. Composición química y aportes nutricionales de los granos de destilería a partir de sorgo

A continuación se detallan algunos datos internacionales de la composición química de los granos de destilería de sorgo:

Nutriente	DDGS	WDGS	CDS
Materia seca, %	88-90	25-35	30-50
Proteína, % MS	28-33	28-35	20-30
Grasa, % MS	8-12	8-12	9-15
FDN, % MS	40-70	30-50	10-23

Fuente: USGC (2012)

Van Soest (1994) afirma que la concentración de nutrientes de la burlanda de sorgo húmeda (BSH) - con excepción de los carbohidratos fermentables que disminuyen - se multiplicó por 3,5 a 8 veces con respecto al grano de sorgo que le dio origen. Uno de los factores que explica parte de este comportamiento es el consumo de los carbohidratos no fibrosos durante el proceso de fermentación. Los mismos representan el 77,8% de la materia seca del grano, mientras que en la burlanda sólo alcanzan el 5,4%.

El elevado contenido de FDN de la burlanda se encuentra en los límites superiores reportados por la bibliografía internacional. Los valores de FDN observados en la burlanda húmeda incluyen altos valores de PC asociada a la pared celular (19,25% PCIDN), siendo la totalidad de la pared celular y los componentes de ésta (fibra detergente ácido -FDA-, lignina y taninos) las fracciones que más se incrementaron comparándolos con el grano original. La mayor concentración de compuestos secundarios -lignina y taninos- podría provocar interferencias con el aprovechamiento de otras fracciones como la fibra y la proteína (Van Soest, 1994).

La BSH es un subproducto con alto contenido de PC pero con un potencial moderado de proteína disponible a ser absorbida a nivel del tracto gastrointestinal.

La proteína del DDGS es menos degradable a nivel ruminal respecto de otras fuentes proteicas tales como el gluten feed o el pellet de soja, lo cual se transforma en una ventaja desde el punto de vista nutricional (Trenkle, 2008). Sin embargo se podría esperar que la proteína en destilados solubles fuese completamente degradable en rumen, cuando éstos son producidos por centrifugación, ya que eliminaría la mayoría de las partículas del grano (Klopfestein et al., 2008).

Por último, la gran variabilidad encontrada en la carga microbiana de la burlanda, hace que sea necesaria la valoración de la presencia de micotoxinas antes de incluir este subproducto en la alimentación de los animales (Belyea et al., 2004).

A nivel nacional, las características nutricionales del subproducto que se obtiene a partir de la producción de etanol en la planta de ALUR, parecen ser homogéneas, definiendo así al proceso industrial como estable y controlado.

### 2.3. USO DE GRANOS DE DESTILERÍA EN GANADO DE CARNE

A lo largo de éste capítulo de la revisión bibliográfica, se analizarán los resultados obtenidos de diferentes evaluaciones sobre el uso de estos subproductos en animales en confinamiento, haciendo énfasis en el efecto que estas dietas concentradas provocan en los distintos componentes que se estudiaron.

Los GD secos o húmedos se utilizan principalmente como fuente de energía en el engorde de vacunos. Sin embargo, cuando estos se incluyen en proporciones superiores al 30% de la ración, también cubren perfectamente los requerimientos de proteína y fósforo de los vacunos en terminación (Shurson y Noll, 2005).

#### 2.3.1. Consumo

Los GDS son una excelente fuente de proteína para el feedlot, pero a medida que aumentan los suministros, una mayor cantidad se está utilizando como fuente de energía en sustitución del grano (principalmente maíz). Los experimentos con GDS demuestran que los mismos tienen mayor valor nutritivo que el grano de maíz.

Según Klopffestein et al. (2008), el WDGS de maíz tiene mayor valor nutritivo que el DDGS de maíz. A su vez señalan que el valor nutritivo depende del nivel de inclusión, y que hay una interacción biológica entre DDGS y WDGS a distintos niveles de inclusión. En el nivel de 20% de inclusión, los 2 tipos de GD difieren en los valores nutritivos en un 19%, pero ésta diferencia aumenta hasta aproximadamente 31% para un nivel de 40% de inclusión en la dieta.

Dentro de las dietas que contienen GD, el consumo de materia seca (CMS) de novillos alimentados con WDG de sorgo fue mayor ( $p < 0,02$ ) que el de novillos alimentados con WDG de maíz cuando ambos GD sustituyeron al maíz rolado en la dieta control. Informes previos coinciden en que los niveles de inclusión entre 25 y 50% de WDG de maíz, presentan un CMS similar entre la

dieta control a base de maíz y las dietas que contienen WDG (Firkins et al. 1985, Ham et al. 1994).

Sin embargo Luebbe et al. (2012), en un experimento con novillos encerrados a corral, en el que la dieta control era a base de steam-flake de maíz, determinaron que el CMS respondió de forma cuadrática ( $P < 0,01$ ) al aumento en la concentración de granos húmedos de destilería de maíz y sorgo mezclados. Estos autores observaron que el máximo CMS se produjo en las concentraciones de 15% WDG y 30% WDG. Según Klopfenstein et al. (2008), la reducida ingestión observada por los novillos que consumen 60% WDG de maíz puede estar asociada con la concentración de grasa en la dieta o azufre.

Deppenbusch et al. (2009), utilizando como dieta base al steam-flake de maíz, observaron una reducción del 5,7% en el CMS de vaquillonas cuando la grasa contenida en las dietas con DDG de maíz aumentó del 7,1 al 8,0%. Esta observación es similar al experimento realizado por Luebbe et al. (2012), donde un aumento de la grasa de la dieta 7,05 a 8,25% para 45% WDG y 60% WDG, respectivamente, resultó en una reducción del 7,9% en CMS.

La alimentación de novillos con dietas que contienen más de 50% de DDGS en general, disminuye el rendimiento (Ferrell et al. 2008, Deppenbusch et al. 2009, Gunn et al. 2009). Debido a que estos contienen altas concentraciones de PC, aceite y S, en concentraciones mayores a 50% de MS de la dieta, estos nutrientes pueden llegar a ser excesivos (Shoonmaker, 2013).

En cuanto al consumo energético, es sabido que el ganado trata de comer a un nivel de energía constante (Baile y Della-Fera 1981, Miner 1992). Debido a que el WDG y WDGS de sorgo presentan similar valor energético que el maíz (96 y 102% respectivamente), se esperaría que el consumo sea similar. Sin embargo, los DDGS de sorgo son más bajos en energía neta de ganancia (ENg), con sólo el 80% del valor energético del maíz, por lo que el CMS aumenta ligeramente (Lodge et al., 1997). El mayor contenido de lignina de la FDN del grano de sorgo que el grano de maíz, puede explicar por qué la ENg del residuo que queda después de la eliminación del almidón es menor.

Los resultados obtenidos por Luebbe et al. (2012), en el experimento donde evaluaron el efecto de la concentración de WDGS en dietas control de steam-flake de maíz, sobre la performance a corral, características de carcasa, fermentación ruminal y digestibilidad de la dieta, que se presentó anteriormente, establecen que el consumo de N aumenta linealmente ( $p < 0,01$ ) al incrementar la concentración de WDGS de maíz y sorgo mezclados, reflejado por la concentración de proteína de la dieta.

Es ventajoso que el mismo producto se pueda utilizar para la energía suplementaria, así como para el aporte de proteína. Como se mencionó anteriormente, los GD tienen el 120% del valor energético del grano de maíz. Las ventajas adicionales para los GD son que contienen muy poco almidón y por lo tanto no debería bajar la digestión de la fibra (Erickson et al., 2007).

A partir de lo revisado previamente, se puede esperar que el valor nutritivo del DDGS de sorgo sea mayor que el del grano de sorgo, aumentando su valor a medida que se incluye más DDGS en la dieta. También, es esperable que el CMS de la dieta aumente a medida que se incluye el DDGS hasta un nivel óptimo, disminuyendo el consumo a partir del mismo.

### 2.3.2. Digestión y metabolismo de los granos de destilería

Como se estableció previamente, los subproductos de destilería producidos a partir de la fermentación del sorgo parecen tener un valor de energía más bajo que los subproductos de destilería del maíz. Esta reducción del valor nutritivo podría ser debido a que la materia orgánica (MO) de los granos de destilería húmedos de sorgo es menos digerible que los granos de destilería húmedos de maíz (Lodge et al., 1997).

Independientemente del peso vivo, el límite máximo de suplementación con grasa en la dieta parece ser de 8%. Plascencia et al. (2003) aseguran que la digestión de la grasa se reduce con la hidrogenación. Vander Pol et al. (2007) demostraron una hidrogenación reducida y un aumento en la digestibilidad de los lípidos en el duodeno cuando utilizaron WDGS de maíz en comparación con aceite de maíz. Las dietas que ofrecen contenidos de grasa mayores a 8%, presentan menor digestibilidad de MO y FDN (Zinn, 1994), sin embargo este autor en 1989 establece que los rumiantes tienen una limitada capacidad para metabolizar grasa cuando ésta se incluye en niveles superiores a 6% de la ración.

La FDN de la burlanda de sorgo tiene un muy buen potencial de utilización a nivel ruminal, a pesar de haberse incrementado las fracciones más refractarias que la componen (Lignina y FDA). La utilización de ácidos y enzimas en el proceso de obtención de etanol, seguramente hayan solubilizado y/o modificado la estructura de la pared celular dejándola con mayor facilidad de ataque por la población microbiana que habita en el rumen (Bruni et al., 2014).

Luebbe et al. (2012), observaron que el consumo de FDN aumentó linealmente ( $p < 0,01$ ) con el incremento en la inclusión de WDG de maíz y sorgo mezclados, lo que refleja las diferencias relativas en la concentración de FDN de maíz y los granos húmedos de destilería. La digestibilidad ruminal de la FDN

también aumentó linealmente ( $p < 0,01$ ) al incrementar la concentración de WDG, al igual que la cantidad de FDN que fluye hacia el duodeno. En lo que refiere a la digestibilidad total de FDN, aumentó linealmente ( $p < 0,01$ ) al incrementar la concentración de granos húmedos de destilería. Según estos autores, esta información se contradice con los resultados de Corrigan et al. (2009), May et al. (2009), Uwituze et al. (2010), donde la digestibilidad de la FDN no fue diferente cuando se utilizó DDG o WDG en la dieta. Continuando con lo estudiado por Luebbe et al. (2012), el aumento de la digestibilidad ruminal y total de FDN para las dietas que contienen WDG de maíz y sorgo mezclados puede ser el resultado de un efecto de dilución. Al aumentar la concentración de WDG en la dieta, la cantidad de almidón digerido en el rumen disminuye, lo que puede favorecer un aumento de la digestión ruminal de la FDN.

Una de las ventajas que presenta la alimentación con subproductos de la molienda de maíz en las dietas de engorde intensivo, es que reduce los problemas relacionados con la acidosis debido al almidón. El WDGS de maíz tiene poco almidón restante después del proceso de molienda. Por lo tanto, alimentar con este subproducto, favorece la dilución del almidón que se consume y puede influir en el metabolismo ruminal (Erickson et al., 2007).

Cuando los GD de maíz fueron incluidos en las dietas evaluadas por May et al. (2009, 2010) utilizando DDG y Corrigan et al. (2009) utilizando WDG, la ingesta de almidón disminuyó. Estos resultados fueron similares a los del experimento de Luebbe et al. (2012), quienes además determinaron que la digestibilidad ruminal aparente del almidón no fue diferente ( $p \geq 0,60$ ) entre las tasas de inclusión de WDG de maíz y sorgo mezclados.

Por otra parte, Vander Pol et al. (2009), observaron un aumento en la digestibilidad ruminal del almidón cuando se alimentó con WDG de maíz. El aumento de la digestibilidad del almidón posruminal para 15% WDG y 30% WDG observada, puede ser debido al aumento en la cantidad de proteína que llega al duodeno. Cuando esto sucede, se incrementa el suministro de glucosa a partir de las vísceras portal-drenado (Taniguchi et al., 1995) y la secreción de  $\alpha$ -amilasa pancreática también se incrementa (Richards et al., 2002).

Salim et al. (2010) establecen que la alimentación con DDG y WDG de maíz aumenta la concentración de la actividad  $\alpha$ -amilasa pancreática, lo que puede explicar por qué la digestibilidad del almidón mejora en 15% de WDG y 30% de WDG. Al aumentar la concentración de WDG de maíz en la dieta, los gramos de MO que desembocan en el duodeno se incrementaron y los gramos de almidón disminuyeron. Por lo tanto, en una mayor inclusión de WDG de maíz

(45% WDG y 60% WDG), el aumento en la proporción de materia orgánica-almidón que fluye hacia el duodeno puede ser lo suficientemente grande para limitar de manera efectiva la interacción de almidón-amilasa y reducir la digestión del almidón intestinal en las dietas que contienen niveles de inclusión mayores que 30% WDG. Del mismo modo, en la mayor concentración de granos húmedos de destilería, la cantidad total de almidón en llegar al duodeno sería menor porque la digestibilidad ruminal del almidón se incrementó ( $p < 0,01$ ) por la concentración de granos húmedos de destilería.

Como se mencionó anteriormente, los GD presentan un alto valor de proteína de sobrepaso. Esto se ve reflejado en el experimento realizado por Luebbe et al. (2012), donde la digestibilidad ruminal de N verdadero disminuye linealmente ( $p < 0,01$ ) con el aumento de la concentración de WDGS de maíz y sorgo mezclados, mientras que el flujo de N al duodeno aumenta linealmente ( $p < 0,01$ ) al incrementar la concentración de los GD. Estos autores establecen que el incremento en la eficiencia de N puede ser debido tanto al aumento en el flujo duodenal de N bacteriano como a la disminución de la fermentación de la MO en el rumen con el aumento de la concentración de WDGS.

Por otro lado, Burrin y Britton (1986) y también Stock et al. (1990), sugieren que un alto consumo de almidón conduce a una mayor producción de ácidos orgánicos ruminales que pueden resultar en acidosis subaguda, lo que resulta en una reducción de la ganancia y eficiencia.

Según Luebbe et al. (2012), las concentraciones de AGV totales disminuyeron linealmente ( $p < 0,01$ ) con una concentración creciente de WDG de maíz y sorgo mezclados. Las proporciones de acetato y butirato aumentaron linealmente ( $p < 0,01$ ) y las proporciones de propionato disminuyeron de la misma manera ( $p < 0,01$ ). Por lo tanto, la relación  $C_2/C_3$  aumentó linealmente ( $p < 0,01$ ) con el incremento en la concentración de WDG. El efecto de los granos húmedos de destilería en las características de fermentación ruminal no ha sido consistente entre los experimentos publicados. Corrigan et al. (2009) informaron que no hubo diferencia en la concentración total de AGV en dietas a base de steam-flake de maíz con 40% WDG de maíz. Leupp et al. (2009) observaron una disminución lineal de la concentración total de AGV con el aumento de la concentración de los DDGS de maíz en el 70% de concentrado de dietas (0, 15, 30, 45, 60% de DDGS en sustitución de rolado seco de maíz, en base seca). Al cambiar la fuente de energía de FDN a almidón, la relación  $C_2/C_3$  generalmente disminuye (Lana et al. 1998, Coe et al. 1999).

Siguiendo con esta línea, Corrigan et al. (2009), Vander Pol et al. (2009), informaron que el pH medio es similar para las dietas que contienen

granos húmedos de destilería en comparación con las dietas a base de maíz cuando se utiliza un sistema de monitoreo continuo de pH. Firkins et al. (1985) sugieren que la eliminación del almidón, durante el proceso de destilación, puede dar lugar a un producto de alimentación que permita reducir el pH ruminal menos que el maíz. El pH ruminal más alto puede permitir una mayor digestibilidad de la fibra.

La revisión indica que niveles altos de inclusión de DDGS podría provocar una disminución en la digestibilidad de la MO, FDN y de los ácidos grasos debido al alto contenido de grasa en la dieta. Por otra parte, a medida que se aumenta el nivel de inclusión de DDGS en la dieta, la cantidad de almidón digerido en el rumen disminuye, favoreciendo un aumento de la digestión ruminal de la FDN y una disminución de la digestibilidad ruminal de N verdadero (mayor valor de proteína de sobrepaso). Es importante entonces, determinar un nivel de inclusión de DDGS que mantenga un ambiente ruminal estable, que permita realizar los procesos metabólicos y digestivos adecuadamente.

#### 2.4. EFECTO DEL USO DE LOS GD EN DIETAS DE TERMINACIÓN SOBRE LA PERFORMANCE A CORRAL

Los DDGS de maíz son frecuentemente más atractivos con respecto a otros productos básicos debido al precio. Se han utilizado con éxito en las dietas de crecimiento de animales de carne para aumentar la ganancia diaria y la eficiencia alimenticia (Klopfenstein et al., 2008).

##### 2.4.1. Eficiencia de conversión y ganancia de peso

Ham et al. (1994), compararon los valores nutritivos de DDGS de maíz con WDGS de maíz en las dietas con sustitución de grano de maíz. Ganado alimentado con ambos (WDGS y DDGS) fueron más eficientes que el testigo (ganado alimentado con grano de maíz). Ganado alimentado con WDGS fue más eficiente que el ganado alimentado con DDGS. El WDGS contenía 47% más de valor nutritivo que el grano de maíz, mientras que el DDGS contenía un 24% más de valor.

Galyean y Vasconcelos (2007), reportaron respuestas estadísticamente similares en eficiencia de conversión para el DGS de sorgo y maíz (0,169 y 0,176, respectivamente), pero el valor nutritivo de los DGS de maíz fue 40% mayor que los DGS de sorgo. Depenbusch et al. (2005), no observaron una diferencia en eficiencia de conversión entre los DGS de sorgo y maíz (0,148 y 0,153, respectivamente), pero el valor nutritivo del DGS de maíz era un 25% mayor que el DGS de sorgo. El DGS de maíz fue superior numéricamente al

DGS de sorgo, en todos los experimentos, llegando a la conclusión de que no se puede afirmar que los dos son equivalentes en su valor nutricional (Klopfestein et al., 2008).

Vander Pol et al. (2006), alimentaron con 0, 10, 20, 30, 40, y 50% de WDGS de maíz en sustitución de grano de maíz. Ellos encontraron respuestas cuadráticas en GMD y EC, y una respuesta cúbica en el valor alimenticio a nivel de WDGS. La eficiencia alimenticia en niveles absolutos de WDGS fue mayor que con la dieta control de maíz. Buckner et al. (2007), llevaron a cabo un estudio de corrales de engorde comparando los niveles 10, 20, 30, y 40 % de DDGS de maíz con un control de grano de maíz. Se observó una tendencia a una respuesta cuadrática en EC que era similar a la encontrada para WDGS de maíz por Vander Pol et al. (2006), pero la respuesta fue algo menor y la inclusión óptima fue 20% de la dieta (en base seca).

Por otro lado, el meta-análisis realizado por Klopfenstein et al. (2008), mostró una respuesta cuadrática en GMD y una respuesta cúbica en EC así como el nivel de DDGS de maíz en el dieta aumentó de 0 a 40%. La máxima GMD fue entre 20 a 30% de DDGS y la máxima EC fue entre 10 a 20% de DDGS. En comparación con la investigación para WDGS de maíz, los niveles de inclusión para la máxima respuesta fueron más bajos para los DDGS de maíz, tanto para GMD y EC. Además, el valor alimenticio se redujo del 20% de inclusión (123%) al nivel de inclusión del 40% (100%). Por el contrario, el valor alimenticio de WDGS de maíz en el 20% de inclusión fue de 142 y sólo se redujo a 131% en el nivel de inclusión del 40%.

También Klopfenstein et al. (2008) encontraron respuestas cuadráticas a GMD y CMS con GMD y CMS maximizados en acerca 30% de WDGS de maíz. La EC de la dieta se maximiza en 30 a 50% de la misma, y la relación tendía a ser cuadrática ( $p < 0,09$ ). Los valores alimenticios calculados a partir de la EC mostraron respuestas decrecientes a medida que el nivel de WDGS de maíz en la dieta se incrementó. El ganado aumentó más rápidamente de peso cuando se alimentó con WDGS de maíz comparado con grano de maíz.

Sin embargo, Shoonmaker et al. (2013) en el experimento donde evaluaron el efecto del aumento de los niveles de inclusión de GD en la performance y características de carcasa de novillos, establecen que la concentración de DDGS de maíz en la dieta no afectó la ganancia diaria, CMS, o EC durante la fase de crecimiento ( $p > 0,41$ ), no produjo ningún efecto de arrastre sobre la GMD, CMS, o EC durante la fase de terminación ( $p > 0,26$ ), y dio como resultado un rendimiento global similar ( $p > 0,52$ ).

En comparación con los novillos alimentados con la dieta control de rolado seco de maíz, Al-Suwaiegh et al. (2002) determinaron que novillos alimentados con dietas que contienen WDG ganaron un 10,1% más rápido ( $p < 0,01$ ) y fueron 8,5% más eficientes ( $p < 0,01$ ). Los novillos alimentados con WDG de sorgo no ganaron más ( $p = 0,19$ ), pero tampoco fueron ( $p = 0,25$ ) menos eficientes que los alimentados con WDG de maíz. Diferencias numéricas en la GMD y en la EC fueron similares a los reportados previamente en la literatura. Firkins et al. (1985), informaron una mejora lineal en la GMD de peso y la EC cuando el WDG de maíz se suministró en cantidades de hasta 50% de la MS en la dieta.

Ganado alimentado con dietas que contienen WDG de sorgo, WDGS de sorgo, o rolado seco de maíz fueron similares en eficiencia de ganancia ( $p > 0,10$ ); sin embargo, novillos alimentados con DDGS de sorgo fueron menos eficientes ( $p < 0,05$ ) (Lodge et al., 1997).

May (2008), informó que a medida que el nivel de WDGS de sorgo aumentó, la EC aumentó en las dietas basadas en rolado seco de maíz, pero disminuyó en las dietas a base de steam-flake de maíz. Cuando no se agregó WDGS en la dieta, la EC fue mayor en novillos alimentados con steam-flake de maíz en comparación con los novillos alimentados con rolado seco de maíz, pero la EC fue similar entre los dos métodos de procesamiento de maíz cuando se incluyen en las dietas el 10 a 30% WDGS de sorgo.

Debido al mayor valor nutritivo que presentan los GD tanto de maíz como de sorgo, en comparación al grano original, se esperaría una mayor eficiencia en el ganado alimentado con DDGS de sorgo en relación al ganado alimentado con la dieta base de grano. Debería de observarse un nivel de inclusión óptimo de DDGS en la dieta entre 10 y 20%, obteniendo una respuesta cuadrática tanto para la GMD, así como también para la EC. A partir de los datos revisados, es necesario cuestionarse porque a medida que aumenta el nivel de inclusión de DDGS en la dieta, el valor nutritivo disminuye.

## 2.5. EFECTO DEL USO DE LOS GD EN DIETAS DE TERMINACIÓN SOBRE LA PERFORMANCE A LA FAENA Y CALIDAD DE CARNE

Los atributos de calidad se relacionan con la apariencia visual y el impacto de la experiencia de comer carne fresca, en las decisiones de compra de los consumidores (Killinger et al., 2004).

En el experimento realizado por Schoonmaker et al. (2013), con novillos que fueron alimentados con DDGS de maíz, se observó que aumentando las

concentraciones de DDGS hasta 60% MS de la dieta, hubo una partición de los componentes de carcasa hacia los componentes de no carcasa, indicado por una disminución en el peso de la canal, el porcentaje de dressing, y el espesor de grasa. Los autores mencionan que las altas concentraciones de grasa en la dieta, la utilización de la energía para eliminar los excesos de N, así como la deposición de la grasa subcutánea, pueden ser los principales responsables de que esto suceda.

A su vez, el veteado de la carne tendió a disminuir linealmente mientras que el DDGS de maíz se incluyó en la dieta hasta un 40% MS de la dieta (Ferrell et al. 2008, Schoonmaker et al. 2010).

Las bajas concentraciones de almidón y las altas concentraciones de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA por sus siglas en inglés "polyunsaturated fatty acids") de los DDGS de maíz parecen tener un impacto negativo en el marmoleado cuando se ofrece durante todo el período de alimentación (Gunn et al. 2009, Schoonmaker et al. 2010).

La grasa aumenta la digestión ruminal del almidón (Plascencia et al., 2003), y aunque el DDGS de maíz disminuye el contenido de almidón de la dieta, aumenta la digestibilidad del almidón posruminal (Vander Pol et al., 2009). Por otra parte, se piensa que la glucosa es el precursor primario para la deposición del marmoleado (Smith y Crouse, 1984), que se deriva de la digestión ruminal (Schoonmaker et al., 2003) y posruminal (Huntington et al., 2006) del almidón. Es posible un aumento de la digestibilidad posruminal del almidón compensado por una disminución de la disponibilidad de almidón, por lo tanto el grado de marmoleo no disminuye.

Bedwell et al. (2008), Gunn et al. (2011) demostraron que la adición de DDGS de maíz hasta 30% o 40% de MS de la dieta no compromete el grado de marmoleo. El grado de marmoleo no se afectó ( $p > 0,46$ ) por la inclusión de DDGS, pero hubo una tendencia ( $p = 0,08$ ), para la relación entre el espesor de grasa subcutánea (SC) y la grasa intramuscular (IM) a ser alterado por la inclusión de DDGS. La relación entre la grasa IM y la grasa SC disminuyó de 0 a 30% de inclusión de DDGS y aumentó de 30 a 60% de inclusión de DDGS.

El aumento de las concentraciones de DDGS de maíz no afectó negativamente la deposición de la grasa IM. La utilización de la energía para la eliminación del exceso de N puede ser responsable de los cambios de peso de la canal y la deposición de grasa subcutánea (Schoonmaker et al., 2003).

Se ha reportado que la grasa suplementaria aumenta la grasa subcutánea, incluyendo vetas de grasa, y disminuyendo el rendimiento magro (Zinn, 1989). El aumento de los GD por encima de 30% puede tener efectos perjudiciales sobre vetas de grasa sin ningún beneficio para el rendimiento o la canal magra (Schoonmaker et al., 2001, 2002). Aumentando el DDGS de maíz en la dieta, parece aumentar la canal magra en madurez fisiológica, lo que resulta en un mayor peso de las canales (Schoonmaker et al., 2003).

El área del músculo longissimus (LM por sus siglas en inglés "longissimus muscle") y el espesor de la grasa demostraron una disminución cuando se añadió WDGS de maíz al 25,5% MS de la dieta (Depenbusch et al., 2008). Por el contrario, según Al-Suawaugh et al. (2002), Vander Pol et al. (2009) los mismos no cambiaron cuando se añadió WDGS de maíz en 30% o 40% MS de la dieta.

Al igual que en el experimento de Depenbusch et al. (2009) y luego Luebbe et al. (2012), observaron una disminución lineal en el espesor de grasa de la 12ª costilla con el aumento de la concentración de DDG de maíz.

Klopfenstein et al. (2008) determinaron que la alimentación con DDGS de maíz en ganado, con concentraciones que van de 0 a 40% de MS de la dieta, no tuvieron efecto sobre el espesor de grasa en la 12ª costilla. Otros investigadores no han encontrado diferencias en el grosor de la grasa o en rendimiento de novillos (Ham et al. 1994, Lodge et al. 1997, Vander Pol et al. 2004) o de vaquillonas (Vander Pol et al., 2004) cuando los granos de destilería se incluyeron en las dietas. La razón de las respuestas diferenciales en el espesor de grasa de la 12ª de costilla con concentraciones variables de GDS en la dieta, ya sea húmedo o seco, aún no se ha dilucidado.

Por otra parte, la disminución del pH muscular postmortem es el resultado de la producción de ácido láctico a partir del glucógeno (Lawrie, 1998); por lo tanto, el pH muscular depende de la cantidad de glucógeno presente en el músculo en el momento de la faena. Debido a esto, el aumento de glucógeno contenido produciría una disminución de los valores de pH muscular. En el estudio realizado por Koger et al. (2010), los valores de pH muscular de LM fueron mayores ( $p < 0,035$ ) para los novillos alimentados con DDGS de maíz en comparación con los alimentados con WDGS de maíz, lo que indica que el contenido de glucógeno debería haber sido menor cuando los novillos fueron alimentados con DDGS de maíz.

Immonen et al. (2000) informaron que dietas altas en energía aumentaron las reservas de glucógeno y disminuyeron el pH muscular en

comparación con dietas bajas en energía a base de forraje. La hipótesis es que los GDS podrían reducir el potencial glicolítico debido a la eliminación del almidón de los GDS durante la fermentación. El pH muscular puede afectar el color magro y la ternura (Dutson, 1983), dado que el color del músculo postmortem se asocia directamente con el contenido de glucógeno muscular y el pH muscular (Lawrie, 1998). El color es uno de los más importantes aspectos de la calidad de la carne (Gordon et al., 2002), y, de acuerdo con Kropf (2003), el color de la carne se ve afectado por numerosos factores previos a la muerte, incluyendo la nutrición. Estos datos sugieren que la inclusión de GDS hasta 40% de la MS en dietas de terminación a base de maíz rolado seco proporciona suficientes carbohidratos para proporcionar un pH normal en la carne.

En el estudio realizado por Vasconcelos et al. (2007), observaron que filetes de novillos alimentados con GD de sorgo tuvieron menor  $L^*$ , pero mayor  $a^*$ , ( $p < 0,05$ ) que los valores de novillos alimentados con GD de maíz. La alimentación con GD aumentó ( $p < 0,05$ ) las concentraciones de ácidos grasos en carne en comparación con steam-flaked de maíz. La alimentación con dietas de GD de maíz aumentó ( $p < 0,05$ ) de ácido linoleico en carne en comparación con las dietas de GD de sorgo.

La alimentación con GD de maíz o sorgo, ya sea subproducto húmedo o seco, no tuvo efecto sobre los atributos sensoriales de carne (Vasconcelos et al., 2007).

Estudios sobre la alimentación del ganado han demostrado que el rendimiento no se ve comprometido cuando los alimentos convencionales como el maíz o el sorgo se sustituyen con moderados niveles de inclusión (20 a 40%) de subproductos de la molienda de maíz seco (Lodge et al., 1997).

Los datos de rendimiento en el uso de GD en dietas de feedlot son un esfuerzo de investigación en curso, pero pocos datos existen sobre el impacto de la alimentación con GD en las características de calidad de la carne y rasgos sensoriales. Los granos de destilería contienen tocoferoles (agente antioxidante) (Gordon et al., 2002) y el pigmento amarillo xantofila (Roberson et al., 2005), que pueden mejorar o preservar ciertos atributos de color. Trabajos previos con GD (Roeber et al., 2005) o con CDS (Dahlen et al., 2005) revelaron que alimentar novillos con cualquiera de los productos, determinaron filetes que eran más rojos (mayores valores de  $a^*$ ) durante la venta al consumidor, en comparación con los de los novillos alimentados con la dieta control a base de maíz.

Una explicación probable que dan Koger et al. (2010) para el aumento de la rancidez podría ser el hecho de que los novillos alimentados con 40% de GDS tenían una proporción mayor ( $p < 0,057$ ) de PUFA, los cuales son más susceptibles a la oxidación de lípidos. Debido a esto, cuando los novillos fueron alimentados con 40% de GDS, LM tenía menos ( $p < 0,05$ ) ácidos grasos monoinsaturados y una mayor proporción de PUFA total que LM de novillos alimentados con 20% de GDS.

A pesar de esto, Roeber et al. (2005), Jenschke et al. (2007) mostraron que la alimentación de DDGS de maíz y WDGS de maíz no tuvo un impacto significativo sobre la palatabilidad de la carne.

## 2.6. HIPÓTESIS

Existe un nivel óptimo de sustitución de grano de sorgo por DDGS de sorgo en la dieta de novillos en terminación alimentados con una RTM altamente concentrada previo a la faena, que maximiza la ganancia de peso vivo y minimiza la 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.

Cambios en las características nutricionales de la dieta afectarían la composición de la canal y carne.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. LOCALIZACIÓN Y PERÍODO EXPERIMENTAL

El experimento se realizó entre el 8 de junio y el 2 de octubre, en la Unidad de Producción Intensiva de Carne (UPIC) de la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” (EEMAC), Facultad de Agronomía (UDELAR). Se ubica en el km 363 de la Ruta 3 en el departamento de Paysandú, litoral norte del Uruguay, a 32°23'15" de latitud sur, y 58°2'35" de longitud oeste.

#### 3.2. CLIMA

El departamento de Paysandú cuenta con un régimen hídrico de precipitaciones de 1.495 milímetros anuales, humedad relativa de 70% y una temperatura media anual de 18,1°C, variando entre un máximo promedio de 23,9°C y un mínimo promedio de 12,6°C (MDN. DNM, s. f.).

Cuadro 1. Medias mensuales históricas de temperatura, precipitaciones y humedad relativa de los meses del período experimental

	junio	julio	agosto	setiembre	octubre
Temperatura (°C)	11.7	11.8	12.9	14.6	17.5
Temperatura mínima (°C)	6.9	7.1	7.5	8.8	11.6
Temperatura máxima (°C)	16.8	16.9	18.5	20.5	23.5
Precipitaciones (mm)	70	71	73	91	122
Humedad relativa (%)	80	79	75	73	72

Fuente: MDN. DNM (s.f.).

#### 3.3. INFRAESTRUCTURA

Se utilizaron 24 corrales, de 5 metros de largo por 2 metros de ancho, delimitados perimetralmente por cintas eléctricas. Los mismos se encontraban parcialmente bajo techo (aproximadamente 50%) y sobre una superficie de tosca, cada corral contando con un comedero de aproximadamente 1m de frente de ataque y un bebedero que suministró agua limpia a voluntad. Un diagrama de las instalaciones se presenta en el anexo 1.

#### 3.4. ALIMENTOS

Fueron formuladas cuatro raciones de terminación totalmente mezcladas difiriendo en el nivel de inclusión de granos secos de destilería más solubles (DDGS) obtenido a partir de sorgo: 0, 10, 20 y 30% de la materia seca

(MS). La composición de las raciones experimentales se presenta en el cuadro No. 2.

Cuadro 2. Composición de las raciones experimentales (valores expresados como porcentaje de la materia seca)

INGREDIENTE	Raciones experimentales (contenido de DDGS*)			
	0%	10%	20%	30%
DDGS	0	10	20	30
Grano de sorgo	66,4	56,9	47,1	37
Afrechillo de trigo	12,3	15,9	19,0	21,1
Cascara de arroz	8,17	8,17	8,08	8,26
Expeler de girasol	8,36	5,60	2,84	0
Urea	0,89	0,67	0,45	0,22
Melaza	1,84	1,84	1,84	1,84
Carbonato de calcio	0,92	0,92	0,92	0,92
Sal común (NaCl)	0,33	0,33	0,33	0,33
Zoodry feedlot	0,07	0,07	0,07	0,08
Levadura beef-sacc	0,04	0,04	0,04	0,04
Rumensin**	0,01	0,01	0,01	0,01
Tiamina	0,01	0,01	0,01	0,01
Total	100	100	100	100

\* DDGS: dry distillers grains plus solubles.

\*\* (20% monensina).

Es importante destacar que las raciones ofrecidas fueron formuladas para el nivel mínimo de requerimientos en el tratamiento de 0% DDGS.

### 3.5. ANIMALES Y TRATAMIENTOS

Veinticuatro novillos Hereford ( $312,8 \pm 27,1$  kg) provenientes del rodeo experimental de la EEMAC, nacidos en primavera del año 2013, fueron asignados al azar a cada una de las cuatro dietas experimentales. Los animales se alojaron en corrales individuales, constituyendo cada animal una unidad experimental ( $n= 6/\text{tratamiento}$ ).

### 3.6. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El período de encierre de animales en régimen de confinamiento durante el cual se realizó la evaluación abarcó un período de 116 días. Se

pueden diferenciar cuatro etapas bien marcadas dentro del procedimiento experimental:

- Período de acostumbramiento.
- Período de transición hacia la dieta experimental.
- Período experimental de aplicación de los tratamientos.
- Faena.

### 3.6.1. Período de acostumbramiento (8/6/2015 al 13/7/2015)

Debido a que los animales estuvieron previamente en pastoreo durante verano-otoño, se les ofreció ración junto con fardo de alfalfa, aumentando gradualmente el concentrado. Durante este período se suministró agua *ad libitum* y ración comercial (13% PC). Todos los animales fueron alimentados en forma grupal.

El primer día de acostumbramiento se ofreció 0,500 kg/animal de ración comercial y fardo de alfalfa a razón del 1% del peso vivo. Durante los primeros 18 días, se mantuvo la oferta de fardo al 1% del peso vivo, mientras que la ración comercial se fue incrementando diariamente a razón de 0,500kg/animal, hasta alcanzarse un consumo *ad libitum* en por lo menos el 80% de los animales. A partir del día 19 comienza a suministrarse fardo a razón del 1,2% del peso vivo, manteniendo los niveles diarios de ración comercial en 6 kg/animal, dado que los animales ya se encontraban consumiendo *ad libitum*. A partir del día 29 de acostumbramiento, producto de la falta de fardo de alfalfa, se pasó a ofrecer fardo de moha en las mismas cantidades.

Cabe destacar que en este período la rutina de alimentación fue en primera instancia a las 8:00hs, pasando luego a dos comidas diarias distribuidas equitativamente temprano en la mañana (8:00hs) y al mediodía (12:00hs).

### 3.6.2. Período de transición hacia la dieta experimental (14/7/2015 al 23/7/2015)

En esta etapa se suministró agua *ad libitum* y se mantuvo la rutina de alimentación con dos comidas diarias (8:00hs y 12:00hs). En el siguiente cuadro se presenta el proceso de transición.

Cuadro 3. Proceso genérico de transición hacia la ración experimental (valores expresados en kgBF/animal/día)

Alimento	Día										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Heno	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	3.25	2.25	1.25	0.00
P13	6.00	5.00	4.00	3.00	2.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
EXP	0.00	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.0

Nota: EXP: ración experimental; P13: ración comercial (13% PC); heno de moha.

### 3.6.3. Período experimental de aplicación de los tratamientos (24/7/2015 al 1/10/2015)

En este período se suministró agua *ad libitum* y la dieta también fue ofrecida *ad libitum*. Se definió que la oferta era *ad libitum* cuando el rechazo diario de alimento fue de por lo menos 10% de lo ofrecido. Diariamente, se realizó "lectura de comedero". Si los animales rechazaban menos del 10%, la oferta se les aumentaba un 5%, sí en el comedero había un rechazo entre 10% y 15% se suministraba la misma cantidad que el día anterior, mientras que si el rechazo era superior a 15% se disminuía lo ofrecido un 5%. Diariamente el DDGS (almacenado en bolsa-silo) se mezclaba con la ración comercial conformando así la ración totalmente mezclada (RTM). Para esta etapa, se pasó de dos a tres comidas diarias (8:00hs; 12:00hs y 16:00hs).

### 3.6.4. Faena (2/10/2015)

Todos los novillos fueron faenados a fecha fija en Frigorífico Casa Blanca, próximo a las inmediaciones de la EEMAC (aproximadamente 20km).

## 3.7. MANEJO SANITARIO

Previo al inicio del período de acostumbramiento, los animales fueron tratados para control de parásitos internos y externos. A los 25 días de acostumbramiento se realizó otra vacunación contra parásitos internos (Paraxane), debido a que se observaron irregularidades en el comportamiento digestivo.

Se realizaron limpiezas periódicas a los bebederos, con el fin de eliminar posibles efectos en la performance animal, debido a la calidad del agua.

Diariamente los animales eran observados a fin de identificar posibles irregularidades en el comportamiento, como ser problemas de patas o algún trastorno digestivo, entre otros.

### 3.8. DETERMINACIONES

#### 3.8.1. Altura al anca

La altura al anca fue medida con regla centimetrada al comienzo y al final del período experimental, previo a la pesada de cada animal.

#### 3.8.2. Peso vivo

Los animales fueron pesados en forma individual a inicio del experimento y cada 14 días, a primera hora de la mañana, sin orden de ingreso predeterminado y previo a la primer comida. Se utilizó una balanza electrónica con capacidad y precisión de  $2000 \pm 0,5$  kg. La ganancia diaria fue estimada por regresión.

Una vez pesados los animales eran devueltos a los corrales de encierro, con distribución al azar (dentro del tratamiento), de forma de eliminar todo efecto que pueda causar el ambiente en la performance animal.

#### 3.8.3. Consumo

El consumo diario de MS de los animales fue estimado para cada animal como la diferencia entre la MS ofrecida y rechazada. Diariamente, previo a la primer comida se realizaba la recolección del rechazo, registrándose el peso fresco y corrigiendo este valor por el contenido de MS. La eficiencia de conversión se estimó a partir del consumo medio diario y la ganancia media ajustada.

El ofrecido y el rechazo de cada animal fueron muestreados una vez por semana durante el período experimental y secados en estufa de aire forzado a  $60^{\circ}\text{C}$  hasta peso constante para la determinación del contenido de materia seca. Las muestras secas fueron molidas y conservadas para posterior análisis químico.

#### 3.8.4. Comportamiento animal

En dos momentos del período experimental, durante dos días consecutivos (19 y 20 de agosto, y 26 y 27 de setiembre respectivamente), se tomaron registros del comportamiento de todos los animales, mediante observación visual directa de cada animal, registrando cada 15 minutos durante el período diurno (8:30hs a 18:30hs), la actividad realizada por el animal: consumo de alimento, consumo de agua, descanso o rumia.

### 3.8.5. Digestibilidad in vivo

La digestibilidad aparente de la dieta fue estimada in vivo, utilizando la concentración de cenizas insolubles en detergente ácido como marcador interno (Van Keulen y Young, 1977).

Durante 3 días consecutivos en la semana previa a la finalización del experimento (del 23/9/2015 al 25/9/2015) fueron tomadas muestras de alimento rechazado y de heces en 4 animales por tratamiento. Las muestras de heces fueron recolectadas en la mañana y en la tarde, directamente del suelo o del animal a partir de la observación directa. Las muestras del alimento ofrecido se tomaron el día previo a cada colecta de heces. Todas las muestras fueron secadas en la estufa de aire forzado a 60°C hasta peso constante y conservadas para posteriores análisis químicos.

### 3.8.6. Pre faena y post faena

Los animales fueron pesados individualmente en planta previo a la faena, luego de 24 hs de ayuno.

Los datos registrados consistieron en:

Peso de canal caliente: se obtuvo una vez faenados los animales, con su desangrado, desollado y eviscerado. Posteriormente, dividida en dos medias, derecha e izquierda respectivamente, dio origen a los pesos en 3era balanza de cada media res.

Tipificación de canales: previo a la determinación de peso canal, el técnico del MGAP asignó un puntaje a las canales utilizando las escalas de INAC: conformación (INACUR), en donde la letra I corresponde a las canales mejor conformadas y la letra R las de peor conformación, y la escala de engrasamiento de 5 puntos (0 canal desprovista de grasa y 4 canal con exceso de grasa).

Rendimiento: surge de la relación entre el peso de la canal caliente y el peso vivo a la faena, expresado como porcentaje.

pH: se midió a nivel de la 10-11a costilla, accediendo al músculo *longissimus dorsi* de forma perpendicular y en dirección caudo craneal con PHmetro portátil marca Hanna, previamente calibrado con buffers 4 y 7 a temperatura de cámara.

Espesor de grasa subcutánea: consiste en el trazado de una bisectriz a nivel de la 10-11a costilla, a lo largo del área de ojo de bife. Se traza la perpendicular, y a esa altura se obtiene el resultado del espesor con regla milimetrada.

Área de ojo de bife: fue calculada a partir de la medición del largo y ancho del músculo *longissimus dorsi* a nivel de la 10a y 11a mediante la técnica de calco.

Color de músculo: fue determinado sobre el músculo *longissimus dorsi* a nivel de la 10a y 11a costilla mediante un colorímetro portátil Minolta CR-10, con un período mínimo de una hora de exposición al oxígeno (blooming). Se tomaron tres lecturas promediándose posteriormente. Cada medida se compone por tres parámetros,  $L^*a^*b^*$ . El valor  $L^*$  corresponde a la luminosidad y es directamente proporcional a la reflectancia de la luz reflejada, variando entre 0 (negro) y 100 (blanco);  $a^*$  (índice de rojo) refiere a diversas tonalidades de rojo, con valores positivos indicando rojo y valores negativos verde;  $b^*$  (índice de amarillo), siendo amarillo con valor positivo y azul con valores negativos.

#### 3.8.7. Registros climáticos

Se recogieron registros climáticos en cuanto a temperatura, humedad relativa y precipitaciones, para los meses correspondientes al período experimental, tomados de la estación meteorológica de la EEMAC.

### 3.9. MUESTREO Y ANÁLISIS QUÍMICO

Alimento ofrecido: una vez por semana durante el período experimental se tomó una muestra representativa de la ración comercial de cada tratamiento y una muestra de DDGS ofrecidos a los animales.

Alimento rechazado: el rechazo de alimento correspondiente al ofrecido del día anterior de cada animal, se muestreó luego de haber sido pesado. Al finalizar, se realizaron muestras compuestas del rechazo por tratamiento para el período experimental.

Las muestras de heces, ofrecido y rechazos tomadas, fueron agrupadas en una muestra compuesta por animal, para realizar el análisis de digestibilidad in vivo. Las mismas fueron reservadas para posterior análisis químico en el laboratorio de la Facultad de Agronomía, para la determinación de cenizas (C); PC; FDN; FDA; NIDA y EE.

Los análisis químicos se realizaron sobre muestras de los ingredientes de la ración ofrecida (1 muestra compuesta por alimento de todo el período experimental) y de los rechazos (1 muestra compuesta por tratamiento).

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 descriptas por AOAC (2012).

### 3.10. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El experimento fue analizado mediante modelos lineales correspondientes a un diseño de parcelas al azar, considerando a cada animal como una unidad experimental, utilizando un modelo general, incluyendo el efecto de la media general y el efecto de tratamiento, del tipo:

$$Y_{ij}: \mu + T_i + \beta_1 x_1 + \varepsilon_{ij},$$

donde,

$Y_{ijk}$ : variable de respuesta (peso vivo, eficiencia de conversión, etc.)

$T_i$ : efecto del  $i$ -ésimo nivel de sustitución de sorgo grano por DDGS ( $i=0\%$ ;  $10\%$ ;  $20\%$  y  $30\%$ )

$\beta_1 x_1$  coeficiente de regresión asociado a la covariable peso de inicio

$\varepsilon_{ij}$ : error experimental

El efecto de los tratamientos sobre la ganancia media diaria de peso vivo fue analizado según un modelo lineal mixto de heterogeneidad de pendientes del peso vivo en función del tiempo, considerando la autocorrelación entre las medidas repetidas de peso vivo.

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

$$Y_{ijklm} = \beta_0 + \zeta_j + \varepsilon_{jk} + \beta_1 d1 + \beta_{1j} \zeta_j d1 + \beta_2 PV_{jk} + \sigma_{ijklm}$$

donde:

$Y_{ijklm}$ : peso vivo

$\beta_0$ : intercepto

$\zeta_j$ : efecto del j-ésimo nivel de DDGS (j= 0%; 10%; 20% y 30%)

$\varepsilon_{jk}$ : error experimental

$\beta_1$ : es la pendiente promedio (ganancia diaria) del peso vivo (PV) en función de los días (d1)

$\beta_{1j}$ : es la pendiente del peso vivo (PV) en función de los días (d1) para cada nivel de DDGS

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

$\sigma_{ijklm}$ : es el error de la medida repetida en el tiempo (dentro de animales)

Para analizar las variables de respuesta que están asociadas al consumo de alimento se utilizó el procedimiento MIXED en base al modelo general:

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

donde:

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

$\mu$ : media general

$\zeta_j$ : efecto del j-ésimo nivel de inclusión de DDGS (j= 0%; 10%; 20% y 30%)

S: efecto de la S-ésima semana (l= 1,...).

$\varepsilon_{jk}$ : error experimental

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

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

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

donde:

P es la probabilidad de consumo, rumia o descanso.

b<sub>0</sub> es el intercepto

ζ<sub>i</sub> es el efecto de los tratamientos

P<sub>j</sub> es el efecto de la semana de observación

ζP<sub>ij</sub> es la interacción entre tratamiento y semana

D<sub>k</sub>(P)<sub>j</sub> es el efecto de los días dentro de cada semana

Las variables como eficiencia de conversión del alimento (EC), digestibilidad, altura final, peso a la faena y características de la canal y carne fueron analizadas utilizando el procedimiento GLM de SAS de acuerdo al modelo lineal general de la forma  $Y_{ij} = \mu + \zeta_j + \varepsilon_{ij}$ .

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

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. REGISTROS CLIMÁTICOS

En el cuadro No.4 se detallan las temperaturas medias, máximas y mínimas mensuales así como las precipitaciones y humedad relativa promedio registradas durante el período experimental en la estación experimental Dr. Mario A. Cassinoni.

Cuadro 4. Temperaturas medias, máximas y mínimas, precipitaciones y humedad relativa promedio durante el período experimental

	junio 8-30	Julio	Agosto	setiembre	octubre 1-2
Temperatura media (°C)	12,1	12,3	15,9	14,1	16,2
Temperatura máxima (°C)	25,1	27,2	32,3	29,3	26,4
Temperatura mínima (°C)	-1,7	-0,1	3,0	1,2	9,7
Precipitaciones (mm)	37	22	255	82	33
Humedad relativa (%)	71	77	80	70	77

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

Tanto la temperatura media (14,1°C) como las precipitaciones acumuladas (430mm) en el período experimental, no variaron con respecto a los registros históricos, ya que el promedio histórico del período junio – octubre es de 13,7°C ( $\pm 2,4$ °C) y 427mm ( $\pm 22$ mm) respectivamente (MDN. DNM, s.f.), por lo que podría afirmarse que, con respecto a estas variables climáticas no hubo “efecto año” en la performance de los animales.

Asociado a la distribución de las precipitaciones, el nivel de barro en el corral fue aumentando a medida que avanzó el período experimental, acentuándose en los últimos 2 meses. No obstante esto, se realizaban remociones periódicas del barro acumulado, coincidiendo con el momento en que los animales eran llevados a las mangas para pesarse. De esta forma se buscó disminuir el estrés en los animales que pudiera generar pérdidas en la productividad y en la calidad de la carne, así como eventuales aumentos en el costo de mantenimiento (Grandin, 1998).

<sup>1</sup> Facultad de Agronomía. Estación Experimental Mario A. Cassinoni. Normales climatológicas en el período del 8 de junio al 2 de octubre de 2015. Paysandú. s.p. (sin publicar).

#### 4.2. CARACTERÍSTICAS DE LA DIETA

La composición química del DDGS de sorgo (Anexo 2) coincide con la información internacional de US Grains Council presentada en el capítulo de revisión bibliográfica, haciendo referencia a que este subproducto presenta altos contenidos de PC (29,6%) y altos valores de EE (10,1%) para rumiantes, pudiendo tener variabilidad en su composición química, asociada al proceso industrial de cada planta de etanol (FEDNA, 2012).

En el cuadro No. 5 se presentan los resultados del análisis de MS, MO, PC, NIDA, FDN, FDA y EE de las raciones ofrecidas durante el período experimental.

Cuadro 5. Composición química (en base seca) de las raciones experimentales, difiriendo en el contenido de DDGS

	Contenido de DDGS* en la ración			
	0%	10%	20%	30%
MO (%)	94	93,97	93,94	93,91
PC (%)	12,41	14,13	15,84	17,56
NIDA (%)	1,13	1,99	2,85	3,70
FDN (%)	32,36	33,46	34,56	35,66
FDA (%)	14,08	14,42	14,76	15,10
EE (%)	2,91	3,63	4,35	5,07

\*DDGS: dry distillers grains plus solubles; MS: materia seca; MO: materia orgánica; PC: proteína cruda; NIDA: nitrógeno indigestible en detergente ácido x 6,25; FDN: fibra detergente neutro; FDA: fibra detergente ácido; EE: extracto etéreo.

El contenido de grano de sorgo y las variaciones químicas de los diferentes subproductos de la ración como el afrechillo de trigo y expeler de girasol hacen que ésta no sea isoproteica. A medida que aumentó la concentración de DDGS en la dieta, el porcentaje de PC fue incrementando. Para Erickson et al. (2007), es una ventaja que el mismo producto pueda ser utilizado para la energía suplementaria así como para el aporte de proteína.

El oferente proteico participa en las dietas de feedlot en el mínimo necesario para lograr el aporte de proteína que la categoría animal requiere, siendo los novillos en terminación poco exigentes en requerimientos de proteína bruta, admitiendo un nivel de 12 a 13% (Pordomingo, 2002). Como refleja el cuadro No. 5, los valores proteicos que presentan los tratamientos con DDGS exceden los valores previamente citados.

La composición química de las dietas cambió a medida que aumentó el nivel de inclusión de DDGS. En el tratamiento testigo, la energía la aporta principalmente el almidón del grano de sorgo, mientras que en los tratamientos con DDGS, el contenido de almidón disminuye progresivamente, aumentando el contenido de grasa y fibra, que sustituyen al almidón en el aporte de energía. Comparando el tratamiento testigo con el tratamiento con mayor nivel de inclusión (30% DDGS), la PC aumentó aproximadamente 40%, el NIDA 230%, la FDN 10%, mientras que la grasa aumentó 75%. Esto coincide con lo reportado por Elizalde y Riffel (2012), quienes indican que los granos de destilería se caracterizan por ser ricos en energía y fósforo, siendo la energía principalmente aportada por los lípidos (que se encuentran en elevada proporción), y una fuente de fibra (FDN) muy digestible.

Según USGC (2012), el nitrógeno insoluble en detergente ácido se puede usar para determinar el grado de daño de la proteína en los DDGS. Al multiplicar el valor del NIDA \* 6,25 se calcula el valor de la proteína, el cual representa la cantidad de PC en los DDGS que no está disponible y que se puede comparar con el contenido de proteína cruda real para determinar el grado de daño. Erickson et al. (2005) en el estudio sobre la utilización de subproductos de maíz en la industria cárnica, indicaron que el alto valor de PNDR de los DDGS se debe a las características intrínsecas de la proteína del grano que le dio origen, más que al secado o al contenido de humedad, y no parece estar influenciado por el NIDA.

Otro componente de gran aporte por parte del DDGS es la FDN. Como se observa, el contenido de FDN en las raciones experimentales pasó de 32,36% en la dieta testigo a 35,66% en DDGS 30%. Bruni et al. (2014), establecen que la FDN de la burlanda de sorgo presenta una pequeña proporción soluble "a" (5,6%), similar fracción potencialmente degradable "b" y mayor tasa de degradación "c" (6,3%/h) que el grano de sorgo (Anexo 41), dándole un muy buen potencial de utilización a nivel ruminal, a pesar de que incrementen las fracciones refractarias que la componen (Lignina y FDA). Sin embargo, Van Soest (1994) sostiene que, la mayor concentración de los compuestos secundarios como la lignina y taninos podrían provocar interferencias con el aprovechamiento de otras fracciones como la fibra y la proteína.

Los valores de FDA obtenidos concuerdan con lo mencionado por Pordomingo (2002), en cuanto a que para sostener una actividad fermentativa adecuada es necesario que los elementos fibrosos aseguren un mínimo de 10% de FDA.

En cuanto a la proporción de EE, el tratamiento DDGS 30% no supera los niveles recomendados por Zinn (1989), quien establece que los rumiantes tienen una limitada capacidad para metabolizar grasa cuando ésta se incluye en niveles superiores al 6% de la ración, limitando la digestión de otros componentes de la dieta, como la fibra. Esto podría deberse a que la grasa en los GDS puede estar parcialmente protegida a la degradación ruminal conduciendo una mayor proporción de PUFA al duodeno.

### 4.3. PERFORMANCE ANIMAL

#### 4.3.1. Peso vivo y ganancia diaria

En la figura No. 2 se pueden observar las curvas de evolución de peso vivo de los animales de cada tratamiento.

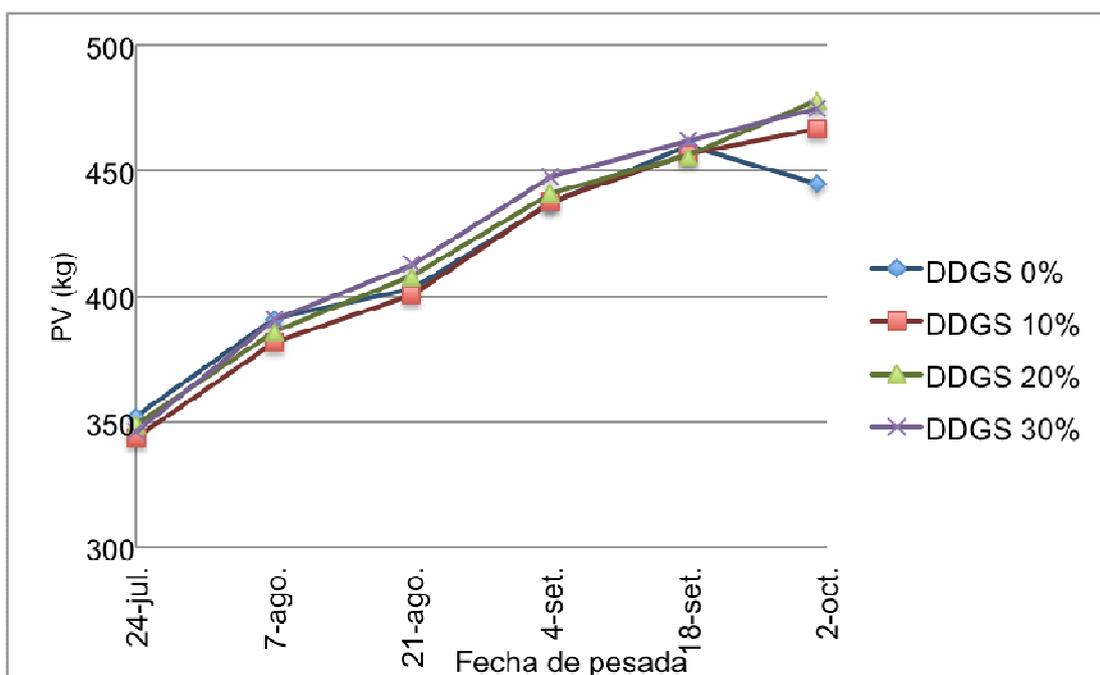


Figura 2. Evolución del peso vivo (kg) para los distintos niveles de inclusión de DDGS durante el período experimental

Durante el período experimental, los animales de los distintos tratamientos presentaron comportamientos similares con respuesta lineal para la evolución del peso vivo.

En el cuadro No. 6 se presentan el peso inicial, la GMD, peso final, altura y la relación peso vivo/altura para los distintos tratamientos.

Cuadro 6. Efecto del nivel de sustitución de DDGS sobre el peso vivo inicial, GMD, peso final, altura final y relación peso vivo/altura de los novillos en confinamiento

	Nivel de inclusión de DDGS*				Efecto		
	0%	10%	20%	30%	"b"	L	C
Peso inicio (kg)	352	344	349	346	-	-	-
GMD (kg/día)	1,442	1,742	1,866	1,836	-	ns	ns
Peso final (kg)	445	467	478	475	1,01	+	ns
Altura final (cm)	130	129	129	131	-	ns	ns
Peso vivo/altura	3,4	3,6	3,7	3,6	-	ns	ns

\*DDGS: dry distillers grains plus solubles; L: lineal; C: cuadrático; GMD: ganancia media diaria; "b": coeficiente de regresión asociado al efecto lineal.

Los novillos iniciaron el experimento con pesos similares. El nivel de inclusión de DDGS no afectó la GMD ( $p > 0,10$ ) ni la relación de peso vivo/altura, sin embargo el peso final aumentó con el incremento del nivel de inclusión de DDGS. Los animales con 0% de inclusión de DDGS presentaron una GMD de 1,4 kg/día de acuerdo a lo esperado, en función de la formulación.

Los novillos consumiendo la dieta de 0% de inclusión de DDGS obtuvieron 300 gramos menos que el tratamiento DDGS 10%. Si bien las diferencias no fueron significativas, los valores medios de respuesta coinciden con los resultados de varios experimentos sintetizados por Klopfenstein et al. (2008), donde el tratamiento de 20% de inclusión de DDGS de maíz presentó mayor GMD, seguido por el tratamiento de 30%. Sin embargo Lodge et al. (1997) no observaron diferencias en GMD, cuando sustituyeron DDGS de sorgo por rolado seco de maíz en novillos en terminación. En la misma línea, Shoonmaker et al. (2013) alimentando novillos durante tres meses, reportaron que la concentración de DDGS de maíz en la dieta no afectó la GMD durante la fase de terminación. A su vez, Al-Suwaiegh et al. (2002) afirman que tanto el GD de sorgo como de maíz afectan de forma similar la GMD. En contra parte, Vasconcelos et al. (2007) sustituyendo WDGS de sorgo por steam-flaked de maíz observaron que la GMD disminuyó linealmente a medida que el nivel de WDGS aumentó.

Por otro lado, en el peso final sí se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,10$ ), resultando que por cada punto porcentual que aumentó el DDGS en la dieta, el peso vivo final del animal aumentó 1,01 kg, lo que está directamente relacionado con lo mencionado anteriormente respecto a la GMD.

#### 4.3.2. Consumo y eficiencia de conversión

Para asegurar que todos los animales fueron alimentados *ad libitum* se realizó la medición de rechazo diaria, la cual no presentó diferencias significativas ( $p=0,0655$ ) entre los tratamientos. A continuación se presenta el cuadro No. 7 detallando el CMS y la EC.

Cuadro 7. Efecto del nivel sustitución de DDGS sobre el consumo diario de materia seca y la eficiencia de conversión de los novillos en evaluación

	Nivel de inclusión de DDGS*				"b"	Efecto	
	0%	10%	20%	30%		Lineal	Cuadrático
CMS (kg)	12,0	14,2	14,2	14,9	0,08	**	ns
CMS (%PV)	2,9	3,2	3,3	3,5	0,02	**	ns
EC	8,81	7,82	7,87	8,43	-	ns	ns

\*DDGS: dry distillers grains plus solubles; CMS: consumo de materia seca. EC: eficiencia de conversión; "b": coeficiente de regresión asociado al efecto lineal.

El consumo diario expresado tanto en kilos de materia seca como en porcentaje de peso vivo, fue afectado por los tratamientos ( $p<0,01$ ), observándose que por cada un punto porcentual de aumento en el contenido de DDGS en la dieta, el CMS aumentó 0,08 kg/día o 0,02 kg/100kg de peso vivo. Por otra parte, también se encontró efecto significativo de la semana experimental ( $p<0,0001$ ) y de la interacción tratamiento por semana ( $p<0,0001$ ), observándose un aumento en el CMS tanto en kg como en %PV a medida que avanzó el experimento, a excepción del tratamiento testigo que a partir de la cuarta semana tendió a disminuir el CMS (%PV), como se observa en la figura No. 3. Para el efecto tratamiento por día dentro de la semana no se registraron diferencias significativas ( $p=0,5376$ ).

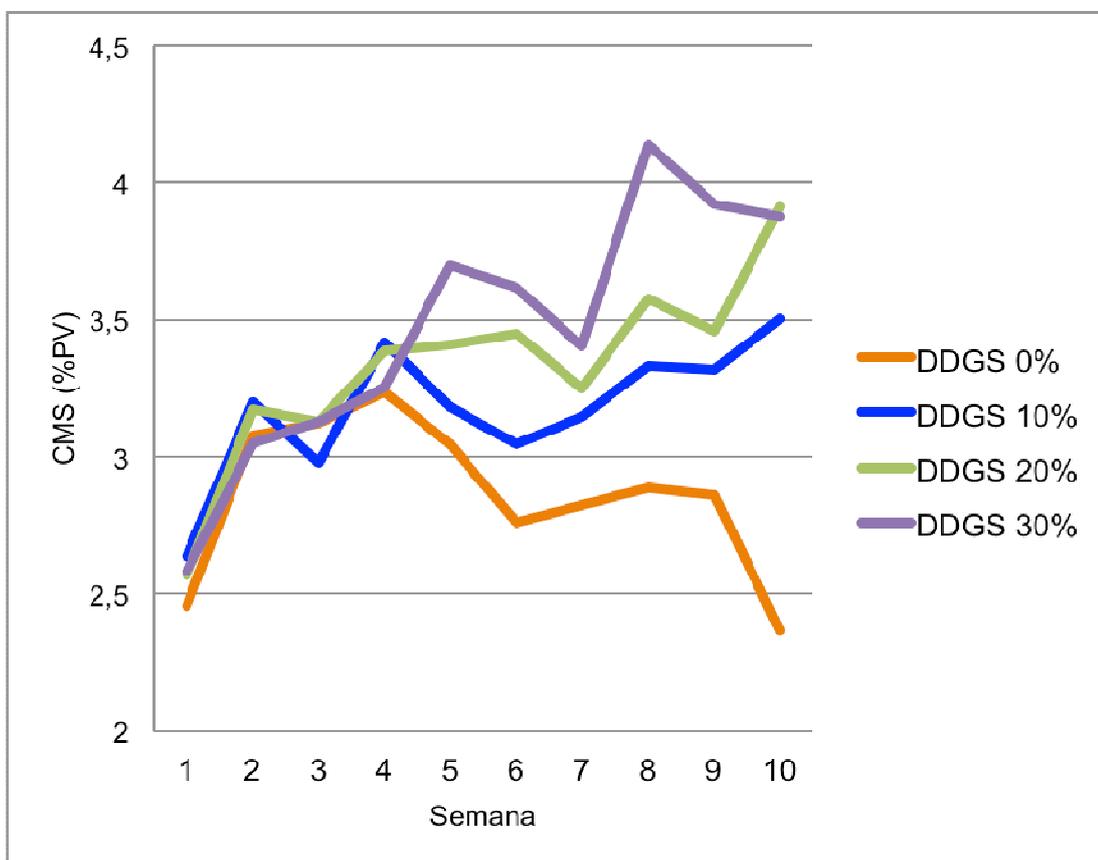


Figura 3. Interacción entre el nivel de sustitución del DDGS por semana experimental en el CMS (%PV)

La interacción presentada muestra como los distintos tratamientos comenzaron el experimento con CMS similares, alterando el mismo a medida que transcurren las semanas. Al finalizar el período de evaluación, se aprecia claramente las diferencias significativas encontradas entre los distintos tratamientos.

Para lograr un completo análisis, se presenta a continuación en la figura No. 4, el efecto de inclusión de DDGS sobre CMS, EC y GMD para los novillos en terminación.

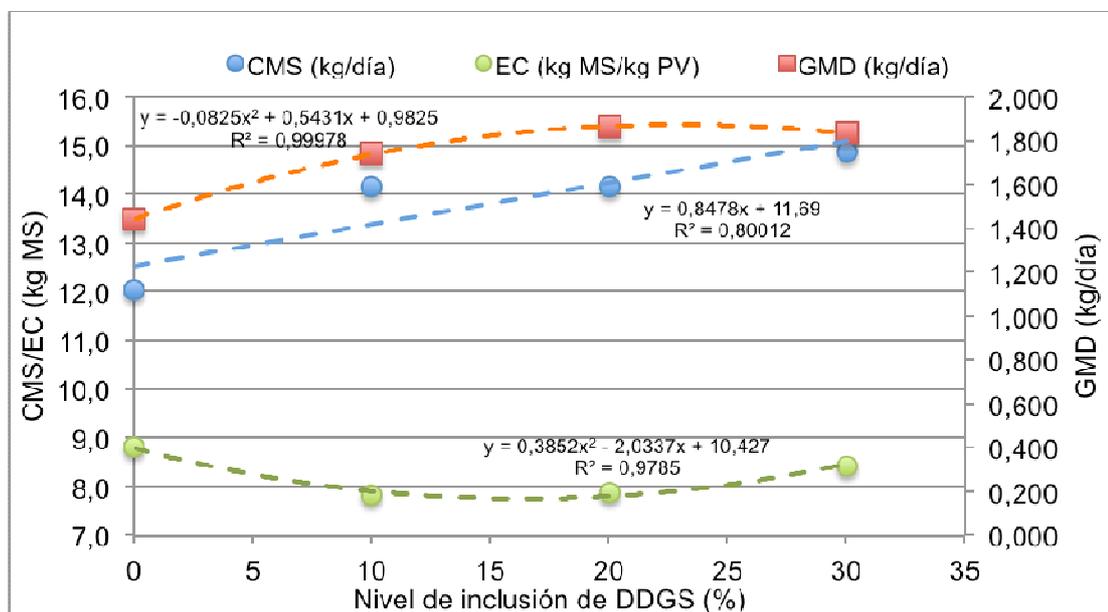


Figura 4. Efecto del nivel de inclusión de DDGS sobre el consumo de materia seca (CMS), eficiencia de conversión (EC) y ganancia media diaria (GMD) para novillos en terminación

A pesar de no encontrarse diferencias significativas tanto para la GMD como para la EC, la tendencia que marcan ambas variables son similares, donde el óptimo se ubica alrededor de 20% de inclusión de DDGS. Se aprecia, que los mayores consumos se presentan en el tratamiento que contiene mayores niveles de DDGS, mientras que en el tratamiento control el CMS es significativamente menor.

Baile y Della-Fera (1981) y luego Miner (1992), establecieron que el ganado trata de comer a un nivel constante de energía. Esta información concuerda con los datos observados por Lodge et al. (1997), quienes compararon distintos subproductos de destilería con grano de maíz, determinando que el CMS aumentó ligeramente en el tratamiento con DDGS de sorgo, ya que éste contenía sólo el 80% del valor energético del maíz. Con respecto a estos antecedentes, y teniendo en cuenta que en nuestro experimento el grano de origen fue de sorgo, se demuestra que el CMS también aumentó a medida que se incrementó el nivel de DDGS. USGC (2012), afirma que el aumento en el consumo puede deberse a la palatabilidad de los DDGS.

Según USGC (2012), en muchos estudios, la alimentación con DDGS de maíz a niveles del 15-20% de la MS de la dieta mejoró la tasa de crecimiento

y la conversión alimenticia del ganado de engorde en terminación, comparado con la utilización de dietas que contienen grano de maíz. Esta mejora en el desempeño, dice ser el resultado de una reducción de la acidosis subaguda, aspecto que se discutirá en el capítulo de consumo de nutrientes.

En la misma línea, Klopfenstein et al. (2008), encontraron que el CMS respondió de forma cuadrática al aumentar la concentración de granos húmedos de destilería de maíz. El máximo consumo se produjo en las concentraciones 15% WDG y 30% WDG. La reducida ingestión de los novillos que consumieron 60% WDG puede estar asociada a la concentración de grasa o azufre en la dieta. Esto se relaciona con lo reportado por Depenbusch et al. (2009), quienes observaron una reducción del 5,7% en el CMS cuando la grasa contenida en las dietas con DDGS de maíz aumentó del 7,1 al 8,0%. Estos valores son superiores a los que presenta el tratamiento de 30% DDGS en nuestro experimento.

En cuanto a la EC no se obtuvieron diferencias significativas a nivel experimental ( $p=0,7025$ ), pero vale remarcar que las diferencias presentadas en el cuadro serían relevantes en un predio comercial, ya que hay variaciones de aproximadamente 1 kg por día entre los tratamientos de menor y mayor eficiencia, DDGS 0% y DDGS 10% respectivamente. Estos resultados no coinciden con los antecedentes revisados, dado que en los mismos se reportaron diferencias estadísticas para la EC utilizando como dieta base el maíz. Los datos del meta-análisis realizado por Klopfenstein et al. (2008), muestran que la mejor eficiencia se registró entre 10 y 20% de DDGS de maíz. A su vez, Galyean y Vasconcelos (2007) reportaron respuestas estadísticamente similares en EC para el DGS de sorgo y maíz, mientras que Ham et al. (1994), determinaron que los novillos alimentados con DDGS de maíz fueron más eficientes que los alimentados con la dieta testigo a base de grano de maíz. A partir de estos antecedentes, se podría afirmar que los resultados estadísticos obtenidos en nuestro experimento no fueron los esperables, debido al mayor valor energético que presentan los DGS con respecto al grano original (Stock et al., 1999), sería esperable que la EC mejore a medida que se incrementa el nivel de DDGS.

#### 4.3.3. Digestibilidad y consumo de nutrientes

Para facilitar el análisis de digestibilidad y consumo de nutrientes se presenta la figura No. 5, la cual detalla la respuesta observada en los distintos tratamientos para las variables estudiadas.

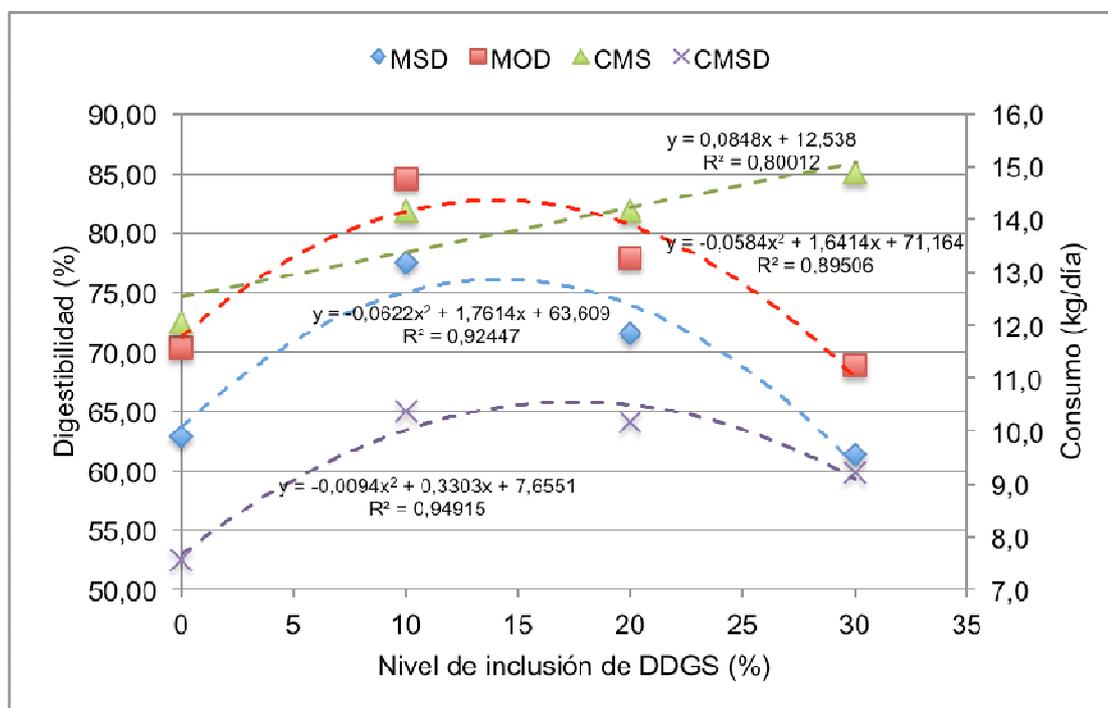


Figura 5. Efecto del nivel de sustitución de DDGS sobre la materia seca digestible (MSD) y la materia orgánica digestible (MOD) comparado con el consumo de materia seca (CMS) y el consumo de materia seca digestible (CMSD) para los animales del experimento.

La digestibilidad de la materia seca mostró diferencias significativas ( $p=0,0047$ ) con respuesta cuadrática, donde el óptimo nivel de inclusión de DDGS se ubica en torno a 14%, obteniendo 76,06% de digestibilidad. El nivel de inclusión óptimo para la materia orgánica fue similar, con un valor de digestibilidad de 82,69%, reportando también diferencias significativas ( $p=0,0212$ ). En ambos casos el máximo porcentaje de digestibilidad, se ubicó en el tratamiento DDGS 10% y el mínimo en 30% de inclusión.

La respuesta cuadrática en el CMSD, indica que el tratamiento 30% DDGS obtuvo los menores valores dentro de los tratamientos con DDGS. Sin embargo, el menor contenido de almidón en la dieta impactaría positivamente en el metabolismo ruminal ya que hay una menor producción de AGV, disminuyendo la probabilidad de ocasionar posibles problemas de acidosis. La alta proporción de FDN que presenta este tratamiento, también influiría en el mayor CMS, ya que las dietas presentan bajo contenido de fibra ( $FDN < 35\%$ ) altamente digestible (Klopfenstein et al., citados por Arroquy et al., 2014).

La baja digestibilidad en el tratamiento con mayor contenido de DDGS, se puede atribuir al elevado CMS provocando un incremento en la tasa de pasaje a lo largo del tracto digestivo (Galyean et al., Mc Neill et al., Theurer, Huck et al., Brown et al., citados por Pordomingo, 2002). El elevado contenido de NIDA puede ser otro factor incidente, a pesar de que Ham et al. (1994) afirman que no afecta la performance animal. A su vez, el contenido de grasa también podría afectar, ya que los consumos de EE son significativamente mayores como se aprecia en el cuadro No. 8.

Si bien no hubo diferencias estadísticamente significativas en la EC, la relación entre la GMD y el CMOD, en cierta forma explicarían los valores de EC observados en cada tratamiento. Otro componente que podría afectar esta variable, es el elevado contenido de PC que contiene la dieta, provocando una disminución en la EC debido al gasto energético destinado al reciclaje del exceso proteico (Ham et al., 1994).

En el cuadro No. 8 se presenta la digestibilidad, el consumo de MS y MO digestibles, así como de los diferentes nutrientes según los distintos tratamientos.

Cuadro 8. Efecto del nivel de sustitución de DDGS sobre la digestibilidad (%) y el consumo (kg/día) de los distintos componentes del alimento

	Niveles de inclusión de DDGS*				Efecto		
	0%	10%	20%	30%	"b"	L	C
MSD (%)	62,80	77,43	71,53	61,28	-	ns	**
MOD (%)	70,25	84,48	77,90	68,78	-	ns	*
CMSD (kg/d)	7,54	10,35	10,16	9,20	-	*	**
CMOD (kg/d)	7,92	10,65	10,39	9,73	-	*	**
MO (kg/d)	11,28	12,62	13,33	14,15	0,09	**	ns
PC (kg/d)	1,49	1,80	2,08	2,49	0,03	**	ns
NIDA (kg/d)	0,14	0,22	0,40	0,53	0,01	**	ns
FDN (kg/d)	4,04	4,10	4,86	4,91	0,03	**	ns
EE (kg/d)	0,34	0,54	0,57	0,71	0,01	**	ns

\*DDGS: dry distillers grains plus solubles; L: lineal; C: cuadrático; MSD: materia seca digestible; MOD: materia orgánica digestible; CMSD: consumo de materia seca digestible; CMOD: consumo de materia orgánica digestible; MO: materia orgánica; PC: proteína cruda; NIDA: nitrógeno insoluble en detergente ácido; FDN: fibra detergente neutro; EE: extracto etéreo; "b": coeficiente de regresión asociado al efecto lineal.

Los consumos de materia seca y orgánica digestibles presentaron una respuesta cuadrática muy significativa ( $p=0,0015$  y  $p=0,0047$ , respectivamente), indicando que el óptimo para ambos consumos se ubicó en 18% de inclusión de

DDGS, resultando en 10,55 kg/día y 10,79 kg/día respectivamente. Esto probablemente pueda deberse a que, a partir de 18% de inclusión, la tasa de pasaje fue mayor que la tasa de degradabilidad ruminal a causa del menor tiempo empleado en el tracto digestivo (Lodge et al., 1997).

Con el aumento del nivel de sustitución de DDGS en la dieta, aumentó significativamente ( $p < 0,01$ ) el consumo de MO, PC, NIDA, FDN y EE. Klopffestein et al. (2008), afirman que el valor nutritivo del DDGS de maíz depende del nivel de inclusión. Una combinación de factores puede contribuir a las diferencias en el valor de la energía entre los subproductos de destilería del sorgo. El almidón se elimina durante la fermentación y los nutrientes restantes se concentran (lípidos, proteína y fibra) (Lodge et al., 1997), debido a que durante el proceso de fermentación para la obtención de etanol se consumen carbohidratos no fibrosos (Bruni et al., 2014).

Firkins et al. (1985), sugieren que la eliminación del almidón, durante el proceso de destilación, puede dar lugar a un producto de alimentación que permita reducir el pH ruminal. Haciendo referencia a lo previamente citado, Erickson et al. (2007), señalan que alimentar con estos subproductos influye en el metabolismo ruminal, dado que el menor contenido de almidón que éstos presentan, reduce los problemas relacionados con la acidosis. La información al respecto es consistente ya que Burrin y Britton (1986) y luego Stock et al. (1990), sugieren que un alto consumo de almidón conduce a una mayor producción de ácidos orgánicos ruminales que pueden resultar en acidosis subaguda, lo que resulta en una reducción de la ganancia y eficiencia.

Nuestros resultados muestran diferencias con respecto a lo previamente reportado, ya que, como se mencionó anteriormente, a pesar de que la dieta del tratamiento testigo contiene mayor proporción de almidón, los animales no presentan diferencias en GMD ni en EC. Independientemente de estos resultados, es importante destacar que a pesar de que los novillos no presentaron problemas de acidosis subaguda, la dieta testigo podría haber afectado el metabolismo ruminal, aumentando los niveles de AGV y disminuyendo el pH ruminal. Siguiendo esta línea, a medida que aumenta el nivel de DDGS en la dieta, como lo establecen Luebbe et al. (2012) alimentando novillos en terminación con WDG de sorgo y maíz mezclados, la concentración de AGV totales disminuye. Según estos autores, las proporciones de acetato ( $C_2$ ) y butirato ( $C_4$ ) aumentan y las de propionato ( $C_3$ ) disminuyen, haciendo que la relación  $C_2/C_3$  aumente con el agregado de WDG. Estos datos son consistentes, ya que Leupp et al. (2009) observaron una disminución lineal de la concentración de AGV con el aumento de DDGS de maíz en la dieta sustituyendo rolado seco de maíz.

Debido a que los AGV son el producto final de la digestión de los carbohidratos, se pueden relacionar con el consumo de FDN. Los datos obtenidos se asemejan a los encontrados en estudios realizados por Luebbe et al. (2012), donde observaron que la ingesta de FDN aumentó linealmente con el aumento de la inclusión de WDG de sorgo y maíz mezclados. En el cuadro No. 9 se observa que por cada punto porcentual que aumenta el DDGS en la dieta, el consumo de FDN aumenta 0,03 kg/día, lo que está directamente relacionado al mayor contenido de fibra en la ración (cuadro No. 5) y a la alta digestibilidad de ésta, como se mencionó anteriormente.

Se obtuvo una respuesta lineal entre tratamientos ( $p < 0,0001$ ) tanto para el consumo de PC como para el de NIDA. Según Arroquy et al. (2014) los subproductos derivados de la molienda seca de la producción de etanol presentan elevado contenido de PNDR y bajo de PDR. Por lo que a medida que aumenta el nivel de inclusión de DDGS en la dieta, aumentaría la proporción de PNDR. Sin embargo, Carvalho et al. (2005) en estudios con GD secos, sugieren que si bien representan una buena fuente de PNDR, en ciertos casos pueden ser de baja digestibilidad intestinal. Gutiérrez Ornela y Klopfenstein (1991), y también NRC (1996), indican que incrementos en la proporción de PNDR impacta positivamente sobre la productividad animal, y en particular cuando se desean alcanzar niveles elevados de producción. Esta información permite reafirmar lo reportado por Ham et al. (1994) en un experimento con novillos en terminación, donde el nivel de NIDA en el DDGS de maíz no afectó la performance de los novillos en cuanto a GMD, CMS y EC. Aquí es importante destacar que si bien los microorganismos ruminales sintetizan proteína microbiana con un perfil de aminoácidos apropiado para mantener niveles moderados de producción (Santos y Santos, 1998), en los sistemas intensivos de producción la baja disponibilidad y digestibilidad de los aminoácidos dietarios puede limitar la productividad. Debido a que la concentración de aminoácidos en los granos de destilería se incrementa con respecto al grano original, permite una mejor eficiencia en el metabolismo de los animales.

En lo que refiera al consumo de EE también se observó una respuesta lineal entre tratamientos ( $p < 0,01$ ), donde se obtuvo que por cada punto porcentual que aumenta el DDGS en la dieta, éste aumenta 0,01 kg/día. Hess et al. (2008) establecen que si bien el elevado contenido de lípidos en los GD aumenta la concentración de energía, debe considerarse que en rumiantes niveles elevados de éstos afectan negativamente el consumo voluntario y la digestibilidad de la fibra. Esta afirmación no concuerda con nuestros datos, ya que el mayor CMS se observa en el tratamiento que consume mayor cantidad de EE.

#### 4.3.4. Comportamiento ingestivo

Hubo diferencias significativas para el efecto tratamiento en las actividades de descanso ( $p=0,0211$ ) y consumo ( $p=0,0018$ ), mientras que las actividades de rumia y consumo de agua, no presentaron diferencias significativas entre tratamientos ( $p=0,0722$  y  $p=0,3971$  respectivamente).

En la figura No. 6 se detalla el comportamiento animal para las distintas variables observadas.

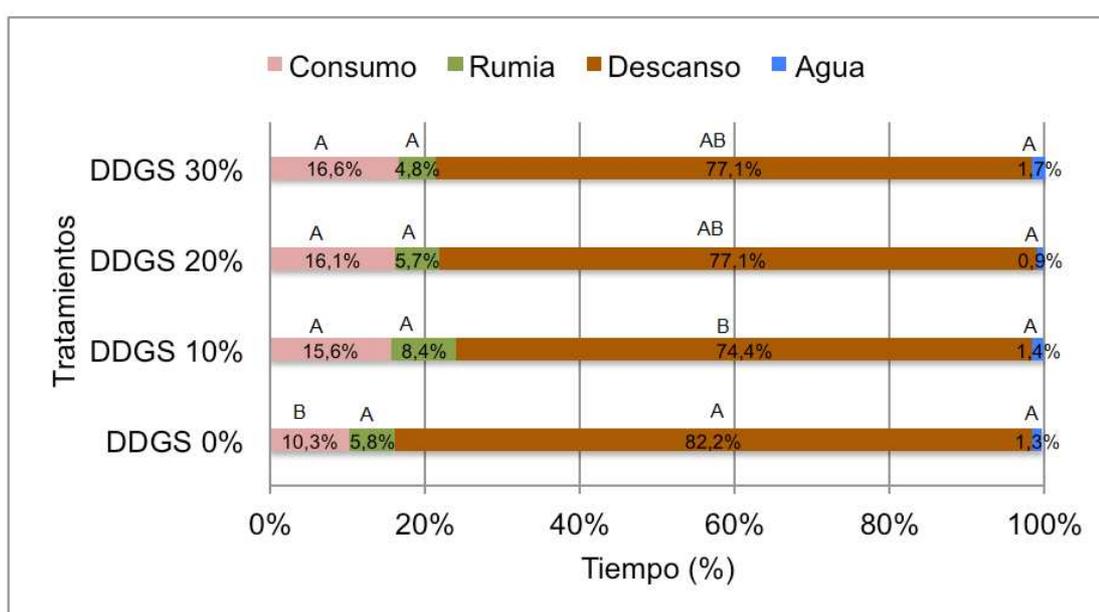


Figura 6. Efecto del nivel de sustitución de DDGS en la distribución de las actividades de comportamiento de novillos en confinamiento durante las horas de luz (de 8.30 a 18.30 hs)

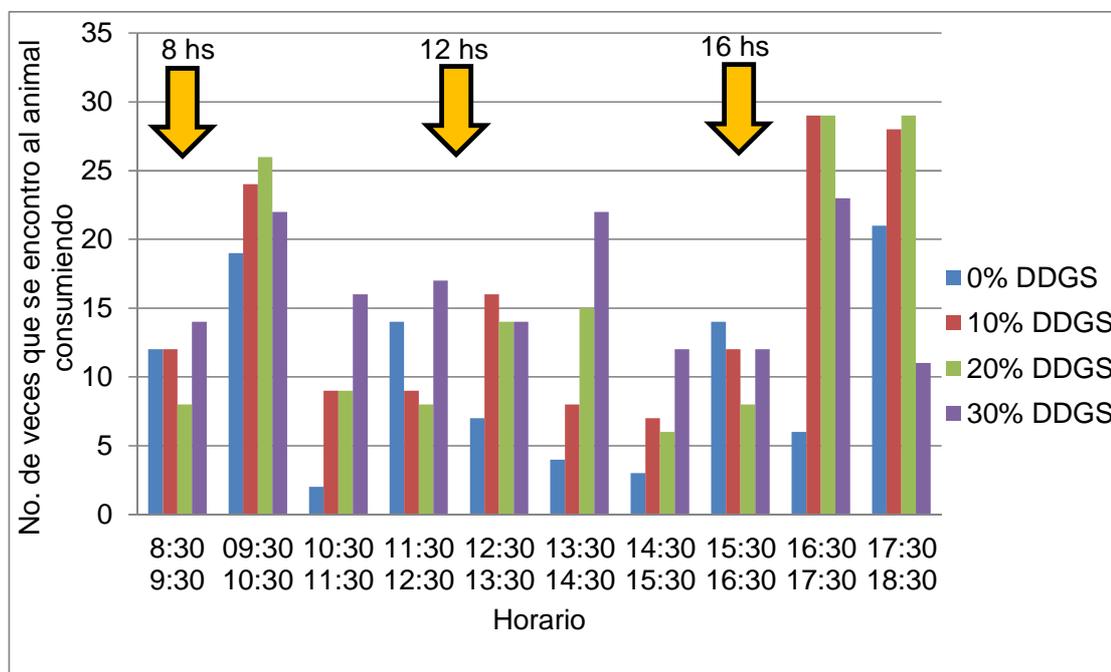
Se puede apreciar que el mayor tiempo es destinado a descansar, seguido por la actividad de consumo. El tiempo restante es dedicado en menor medida a la rumia y al consumo de agua.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Stricklin et al., citados por Piñeyrua et al. (2013), quienes estudiaron los patrones de comportamiento en animales en engorde a corral, siendo la actividad de descanso la predominante. Estos autores encontraron que la ganancia diaria tiene una correlación positiva con el descanso y negativa con el patrón de estar parado. Por otro lado el tiempo dedicado al consumo no afectaría esta performance.

El tratamiento testigo registró una actividad de consumo menor ( $p < 0,05$ ) que la observada en los tratamientos con DDGS, que no difirieron entre sí. La mayor actividad de consumo por parte de los animales alimentados con dietas conteniendo DDGS, podría deberse al mayor CMS y a la palatabilidad del mismo. Esto explica por qué los animales del 0% DDGS son los que presentan mayor actividad de descanso con respecto a los demás tratamientos.

El hecho de que no se presenten diferencias significativas en la actividad de la rumia, hace pensar que la fibra que contiene el DDGS no estimula a los animales a rumiar. Al respecto, Di Lorenzo y Galyean (2010) en un experimento donde modificaron las fuentes y la cantidad de fibra en dietas de feedlot, demostraron que la fibra presente en los granos de destilería no debe ser considerada como fibra efectiva ya que no estimula los procesos de salivación y rumia. La cáscara de arroz en las dietas sería la responsable del aporte de fibra efectiva, permitiendo un buen desempeño ruminal.

En la figura No. 7 se presentan los patrones de consumo que indican la distribución de las visitas al comedero a lo largo del día. En la misma se observa una tendencia que a primer hora de la mañana y última hora de la tarde hay mayor probabilidad de encontrar a los animales consumiendo en todos los tratamientos. A pesar de esto el patrón de consumo no es claro dado que se observan variaciones a lo largo del día para los distintos tratamientos.



\* Las flechas amarillas indican la hora de suministro de ración.

Figura 7. Efecto del nivel de inclusión de DDGS sobre el patrón de consumo de alimento durante los días de observación del comportamiento animal

Durante el comportamiento, se observó que los animales se veían estimulados a consumir luego del suministro de la ración. La información es consistente con lo reportado por Ayçaguer et al. (2011), quienes suministrando el alimento cuatro veces al día, observaron que la mayor actividad de consumo coincide con los horarios de entrega del mismo.

Santini y Elizalde (1994), señalan que la frecuencia de alimentación es uno de los factores que regulan la fermentación ruminal, influyendo sobre el pH del mismo. Este es un factor importante dado que en animales estabulados, se generan ambientes ruminales con variaciones diarias importantes en los parámetros ruminales, pese a tener disponible la misma dieta a lo largo del día.

En estos casos es importante mantener a los animales *ad libitum* ya que en condiciones de restricción los animales entran más fácilmente en acidosis debido al impulso a consumir que genera la misma. El hecho de suministrar el alimento 3 veces al día, permite controlar la bajada del pH en el rumen, es decir que el mismo se mantenga más estable.

#### 4.4. CALIDAD DE LA CANAL Y DE LA CARNE

En la tipificación de las canales realizada previo a la determinación del peso de las mismas, el técnico del MGAP asignó para la conformación, la letra "A" a toda la tropa, lo que la caracteriza con una distribución de masa muscular en la carcasa "Buena". En lo que refiere a la terminación, asignó para la mayoría de la tropa (a excepción de un animal del tratamiento 10% que fue un punto superior al resto) el número 2, por lo que el grado de cobertura y distribución de grasa en la carcasa de los animales fue óptima.

En el cuadro No. 9 se presentan las medias ajustadas de peso a la faena y de todas las variables registradas post faena que determinan las características que hacen a la calidad de la canal y de la carne, según los niveles de inclusión de DDGS.

Cuadro 9. Efecto del nivel de sustitución del DDGS sobre las características de la canal y de la carne en novillos alimentados en confinamiento

	Nivel de inclusión de DDGS*				Efecto		
	0%	10%	20%	30%	"b"	L	C
Peso faena (kg)	435	449	460	455	-	ns	ns
Peso canal 3 <sup>a</sup> (kg)	257	266	273	272	-	ns	ns
Peso canal 4 <sup>a</sup> (kg)	236	243	251	250	0,5	+	ns
Rendimiento (%)	54	54	55	55	-	ns	ns
Dressing (%)	8	8,6	8	8,1	-	ns	ns
Peso pistola (kg)	50,7	50,9	53,7	53,7	0,12	+	ns
Peso cola (kg)	0,968	0,857	0,969	1,078	-	+	*
Peso tapa (kg)	1,122	1,069	1,186	1,264	0,005	+	ns
Peso cuadril (kg)	2,229	2,087	2,369	2,235	-	ns	ns
PBA (kg)	4,245	4,413	4,372	4,645	-	ns	ns
Peso lomo (kg)	1,626	1,596	1,624	1,694	-	ns	ns
pH	5,44	5,48	5,59	5,61		ns	ns
AOB (cm <sup>2</sup> )	44,82	49,01	47,83	53,17	0,24	*	ns
EGS (mm)	4,7	5,9	5,6	6,3	-	ns	ns
Color (L)	38,7	37,4	39,1	38,5	-	ns	ns
Color (a)	28,3	27,5	24,3	26,7	-	ns	ns
Color (b)	14,8	13,9	12,8	13,9	-	ns	ns

\*DDGS: dry distillers grains plus solubles; L: lineal; C: cuadrático; PBA: peso bife angosto; AOB: área de ojo de bife; EGS: espesor de grasa subcutánea; "b": coeficiente de regresión asociado al efecto lineal.

Si bien no se encontraron diferencias significativas de peso a la faena, el peso de canal en 4<sup>a</sup>. balanza tendió a aumentar linealmente con el nivel de DDGS.

Similar respuesta se obtuvo en algunos cortes valiosos como el peso pistola, peso cola de cuadril y peso tapa de cuadril.

Según USGC (2012), la alimentación con DDGS no cambia la calidad o rendimiento de las canales de las reses y no tiene efectos sobre las características sensoriales de la carne de la res. A su vez, Gordon et al. (2002), alimentaron con dietas que contenían 0, 15, 30, 45, 60 o 75% de DDGS a

novillas en terminación durante 153 días de estudio y observaron que hubo un pequeño mejoramiento lineal en la terneza de la carne del ganado alimentado con cantidades crecientes de DDGS. Estos autores establecen que el efecto sobre los rasgos sensoriales era demasiado pequeño como para justificar la alimentación con DDGS, dado que los panelistas utilizados en el experimento fueron entrenados para detectar diferencias que los consumidores promedio no serían capaces de detectar.

Para el resto de las características de canal evaluadas, los resultados demostraron diferencias significativas en el área de ojo de bife, pero no así para el espesor de grasa subcutánea, pH y para los distintos grados de color ( $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ).

Estos datos se contradicen con los reportados por Depenbusch et al. (2009), Luebbe et al. (2012), quienes indican una disminución lineal en el espesor de grasa de la 12<sup>a</sup>. costilla a medida que aumenta la concentración de DDGS, pero coinciden con los datos de Klopfestein et al. (2008), donde determinaron que la alimentación de ganado con concentraciones de DDGS en la dieta que van de 0 a 40% de MS de la dieta, no tuvieron efecto sobre el espesor de grasa en la 12<sup>a</sup>. costilla y con los resultados de otros investigadores que no han encontrado diferencias en el grosor de la grasa o en el rendimiento de novillos (Ham et al. 1994, Lodge et al. 1997, Vander Pol et al. 2004) o novillas (Vander Pol et al., 2004) cuando los granos de destilería se incluyeron en las dietas.

En cuanto a los datos de pH, a pesar de no haber diferencias significativas entre tratamientos ( $p > 0,10$ ), los resultados conciben con lo reportado por Koger et al. (2008), respecto a que los novillos que fueron alimentados con mayores niveles de inclusión de DDGS presentaron un mayor valor de pH, debido al menor contenido de glucógeno presente en el músculo en el momento de la faena.

Al igual que los resultados evaluados por Koger et al. (2008), no se observaron diferencias ( $p > 0,10$ ) en los valores de  $a^*$  en la carne de novillos alimentados con DGS.

#### 4.5. DISCUSIÓN GENERAL

La composición química de las dietas de los distintos tratamientos fue variando a medida que se incrementó el nivel de inclusión de DDGS, aumentando así el porcentaje de PC, NIDA, FDN y EE. Esto refleja como éste subproducto participa tanto en el aporte de proteína como de energía en la

dieta. Mientras que la fuente principal de energía en el tratamiento testigo es el almidón del grano de sorgo, en los tratamientos con DDGS el aporte de fibra altamente digestible y los lípidos son los responsables del mismo, aumentando a medida que se incrementa el nivel de inclusión.

Los animales de los distintos tratamientos presentaron comportamientos similares con respuesta lineal para la evolución del peso vivo. El nivel de inclusión de DDGS no afectó la GMD, a pesar de esto se observó una tendencia a aumentar la misma a media que se incrementó el nivel de inclusión, reflejándose en el aumento significativo del peso final.

El CMS expresado tanto en kg/día como en %PV fue afectado por los tratamientos, mostrando un aumento lineal con la inclusión de DDGS. Estas diferencias pueden ser explicadas por la mayor proporción de fibra altamente digestible y/o por el menor contenido de almidón que provoca menor concentración de AGV generando un ambiente ruminal más estable.

En cuanto a la EC, no se observaron diferencias significativas, sin embargo se observó una tendencia cuadrática donde el óptimo se ubicó entre los tratamientos de 10% y 20% de inclusión. En niveles superiores la MOD disminuye significativamente, debido al aumento en la tasa de pasaje, provocada por el mayor CMS. Las respuestas cuadráticas observadas en la MOD y la MSD, reflejan el comportamiento previamente explicado.

El consumo de nutrientes (MO, PC, NIDA, FDN y EE) aumentó significativamente debido al mayor contenido de éstos en la RTM y al mayor CMS registrado a medida que se incrementó el nivel de DDGS.

Con respecto al comportamiento ingestivo se observaron diferencias significativas tanto para la actividad de consumo como de descanso entre el tratamiento testigo y los tratamientos con DDGS. Esta respuesta está asociada al mayor CMS y a la palatabilidad del mismo. Para las actividades de rumia y consumo de agua no se observaron diferencias significativas, debido a que la fibra que aporta este subproducto no se considera efectiva.

Por último, en lo que refiere a la calidad de la canal y de la carne, se encontró un aumento significativo en el peso de 4ª. balanza, así como en algunos cortes valiosos (peso pistola, peso cola y peso tapa de cuadril) y en el AOB, a medida que se aumentó la concentración de DDGS en la dieta. Esto demuestra que al incluir este subproducto, no solo no se afecta la calidad del producto final, sino que se mejoran algunos indicadores.

## 5. CONCLUSIONES

En novillos en terminación, alimentados a corral con dietas altamente concentradas, es posible sustituir hasta el 30% de MS de sorgo por DDGS sin afectar la EC. El CMS, expresado en kg/día o en %PV, aumenta a medida que se incrementa la concentración de DDGS. Similar tendencia mostraron los valores de GMD, pero más investigación es necesaria a efectos de profundizar la cuantificación de estas relaciones. Cabe destacar que entre 10% y 20% de inclusión de DDGS las medias de EC fueron inferiores, debido a una mejora en la GMD provocada por el significativo aumento del CMS y la alta digestibilidad de la misma, encontrando el óptimo en 18%.

En cuanto a la calidad de la canal y de la carne, el incremento de DDGS afecta positivamente el peso de canal en 4ª. balanza y algunos cortes valiosos como peso pistola, peso cola y peso tapa de cuadril, así como también el AOB, sin afectar las demás características como EGS, pH o color.

## 6. RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto del nivel de sustitución de grano de sorgo por granos de destilería secos con solubles (DDGS) de sorgo en la dieta sobre la performance a corral y a la faena de novillos alimentados en confinamiento. Los niveles de inclusión de DDGS evaluados fueron de 0, 10, 20 y 30% de la dieta. Dicho trabajo fue realizado en la Unidad de Producción Intensiva de Carne (UPIC) de la Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni", Facultad de Agronomía, ubicada en el departamento de Paysandú en el km 363 de la Ruta 3. El mismo tuvo una duración de 116 días, iniciando el período de encierre de animales el 8/6/2015, finalizando el 2/10/2015 con la faena de los mismos. Se utilizaron 24 novillos Hereford ( $312,8 \pm 27,1$  kg) provenientes del rodeo experimental de la EEMAC, nacidos en primavera del año 2013. Las variables de performance a corral sobre las que se trabajó fueron ganancia de peso, consumo de materia seca, eficiencia de conversión, altura del anca, comportamiento ingestivo y digestibilidad. Por otra parte, en el frigorífico se evaluaron variables relacionadas a calidad de canal y carne como el peso de canal caliente, rendimiento, pH, espesor de grasa subcutánea, área de ojo de bife y color de músculo. No existieron diferencias significativas entre tratamientos para ganancia de peso ( $p=0,3509$ ) a pesar de que el consumo de materia seca se vio afectado por los niveles de inclusión tanto en kg como en %PV ( $p<0,01$ ), siendo mayor en el nivel de 30% de inclusión y menor en el nivel de 0% para ambos casos. En cuanto a la eficiencia de conversión, no se obtuvieron diferencias significativas a nivel experimental ( $p=0,7025$ ), pero se observa una tendencia a una menor eficiencia en los tratamientos de 10 y 20 % de inclusión de DDGS. Durante el comportamiento se observó que la actividad de consumo presentó diferencias ( $p=0,0018$ ) entre el tratamiento testigo y los tratamientos con DDGS, arrojando una mayor actividad de consumo por parte de los animales alimentados con DDGS. Este patrón de comportamiento explica por qué los animales del tratamiento de 0% son los que presentan mayor actividad de descanso con respecto a los demás tratamientos ( $p<0,05$ ). Las actividades de rumia y consumo de agua no presentaron diferencias significativas entre tratamientos ( $p=0,0722$  y  $p=0,3971$  respectivamente). En las características que hacen a la calidad de canal no hubo diferencias entre tratamientos, pero sí las hubo en algunas de las características de calidad de carne. Se observaron diferencias significativas ( $p<0,10$ ) en cortes valiosos como peso pistola, peso cola de cuadril y peso tapa de cuadril y en el área de ojo de bife. Para el resto de las características evaluadas, los resultados no arrojaron diferencias significativas. A partir de este experimento, se puede deducir que el grano de sorgo procesado como DDGS mejora la utilización del almidón contenido en el grano, mejorando la performance animal en dietas que contienen este subproducto.

Palabras clave: Grano de destilería con solubles; Grano de sorgo;  
Confinamiento; Novillos.

## 7. SUMMARY

The present study aims to evaluate the effect of substitution level of sorghum grain with sorghum dry distillers grains plus solubles (DDGS) diets on cattle performance and slaughter on steers fed in feedlot. Inclusion levels of DDGS evaluated were 0, 10, 20 and 30% of the diet. The experiment was performed at the Intensive Beef Production Unit (UPIC), Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni ", de Facultad de Agronomía, located in Paysandu at km 363 of Route 3. It lasted 116 days, beginning the animal enclosing period the 06/08/2015, ending the 02/10/2015 with the animal slaughter. To realize the experiment, it were used 24 Hereford steers ( $312.8 \pm 27.1$  kg) from the experimental rodeo of the EEMAC, born in spring 2013. The performance variables analyzed were daily gain, dry matter intake, conversion efficiency, rump height, feeding behavior and digestibility. Moreover, at slaughterhouse, carcass and meat quality was assessed. In particular, hot carcass weight, yield, pH, subcutaneous fat thickness, ribeye area and muscle color were evaluated. There were no significant differences between treatments for daily gain ( $p = 0.3509$ ) despite the dry matter intake was affected by the inclusion levels both in kg and in% PV ( $p < 0.01$ ), being higher in the 30% level inclusion and lower in the level of 0% for both cases. Regarding the conversion efficiency, no significant differences at experimental level ( $p = 0.7025$ ) were obtained, but there is a tendency to lower efficiency in treatments of 10 and 20% DDGS inclusion. During the animal behavior it was observed that intake activity showed significant differences ( $p = 0.0018$ ) between the control and treated groups, showing an increased intake activity by the animals fed DDGS. This pattern explains why animals from treatment 0% are those with higher rest activity respect to other treatments ( $p < 0.05$ ). The activities of rumination and water intake were not significantly different between treatments ( $p = 0.0722$  and  $p = 0.3971$ , respectively). In the carcass quality characteristics there was no difference between treatments. However, some differences in meat quality were found. Significant differences ( $p < 0.10$ ) in valuable cuts as pistola weight, Tri-Tip weight and rump cover weight and also in the ribeye area were observed. For the rest of the evaluated characteristics, the results did not show significant differences. These results showed that grain sorghum processed as DDGS improves the utilization of starch contained in the grain, improving also the animal performance of those fed with diets containing this by-product.

Key words: Dry distillers grains plus soluble; Sorghum grain; Feedlot; Steers.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Al-Suwaiegh, S.; Fanning, K. C.; Grant, R. J.; Milton, C. T.; Klopfenstein, T. J. 2002. Utilization of distillers grains from the fermentation of sorghum and corn in diets for finishing beef and lactating dairy cattle. *Journal of Animal Science*. 80: 1105–1111.
2. ALUR (Alcoholes del Uruguay, UY). 2016. Agroindustrias. (en línea). Paysandú. s.p. Consultado 16 jun. 2016. Disponible en <http://www.alur.com.uy/agroindustrias/paysandu/>
3. Arroquy, J.; Berruhet, F.; Brunetti, M.; Martínez 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. 157-188.
4. AOAC (Association Of Official Agricultural Chemists, US). 2012. Official methods of analysis. 19th. ed. Gaithersburg, Maryland, George W. Latimer. p.irr.
5. Ayçaguer, S.; Iriñiz, J.; Martínez, V. 2011. Evaluación de fuentes alternativas de fibra en dietas altamente concentradas para novillos y terneros alimentados a corral. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 66 p.
6. Baile, C.; Della-Fera, M. 1981. Nature of hunger and satiety control systems in ruminants. *Journal of Dairy Science*. 64: 1140-1152.
7. Belyea, R. L.; Rausch, K. D.; Tumbleson, M. E. 2004. Composition of corn and distillers dried grains with solubles from dry grind ethanol processing. *Bioresource Technology*. 94: 293–298.
8. Boulton, B.; Singleton, V. L.; Bisson, L. F.; Kunkee, R.E. 1996. Yeast and biochemistry of ethanol fermentation. *In: Boulton, B.; Singleton, V. L.; Bisson, L. F.; Kunkee, R. E. eds. Principles and practices of winemaking*. New York, NY, Chapman and Hall. pp. 139-172.
9. 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.

10. Buckner, C. D.; Mader, T. L.; Erickson, G. E.; Colgan, S. L.; Karges, K. K.; Gibson, M. L. 2007. Optimum levels of dry distillers grains with soluble for finishing beef steers. Nebraska Beef Cattle Report. MP90:36-38.
11. Burrin, D. G.; Britton, R. A. 1986. Response to monensin in cattle during subacute acidosis. Journal of Animal Science. 63:888-893.
12. Cassman, K.; Eidman, V.; Simpson, E. 2006. Convergence of agriculture and energy; implications for research and policy. (en línea). Ames, Iowa, USA, CAST (The Council for Agricultural Science and Technology). 12 p. (QTA no. 3). Consultado 16 de jun. 2016. Disponible en <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1291&context=usdaarsfacpub>
13. Coe, M. L.; Nagaraja, T. G.; Sun, Y. D.; Wallace, N.; Towne, E. G.; Kemp, K. E.; Hutcheson, J. P. 1999. Effect of virginiamycin on ruminal fermentation in cattle during adaptation to a high concentrate diet and during an induced acidosis. Journal of Animal Science. 77:2259-2268.
14. Cole, N. A.; Mc Couston, K.; Greene, L. W.; Mc Collum, F. T. 2011. Effects of concentration and source of wet distillers grains on digestibility of steam-flaked corn-based diets fed to finishing steers. The Professional Animal Scientist. 27:302-311.
15. Corrigan, M. E.; Erickson, G. E.; Klopfenstein, T. J.; Luebke, M. K.; Vander Pol, K. J.; Meyer, N. F.; Buckner, C. D.; Vanness, S. J.; Hanford, K. J. 2009. Effect of corn processing method and corn wet distillers grains plus soluble inclusion level in finishing steers. Journal Animal of Science. 87: 3351-3362.
16. Deppenbusch, B. E.; Drouillard, J. S.; Loe, E. R.; Higgins, J. J.; Corrigan, M. E.; Quinn, M. J. 2008. Efficacy of monensin and tylosin in finishing diets based on steam-flaked corn with and without corn wet distillers grains with solubles. Journal of Animal Science. 86:2270-2276.
17. \_\_\_\_\_.; Coleman, C. M.; Higgins, J. J.; Drouillard, J. S. 2009. Effects of increasing levels of dried corn distillers grains with soluble on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of yearling heifers. Journal of Animal Science. 87: 2653-2663.
18. Di Lorenzo, N.; Galyean, M. 2010. Applying technology with newer feed ingredients- Do the paradigms apply? Journal Animal of Science. 88 (13): E123 - E132.

19. 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 Animal of Science*. 90: 4478-4486.
20. Elizalde, J. C.; Riffel, S. L. 2012. Una nueva cría. Un nuevo engorde. Una nueva ganadería. *In*: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (14ª., 2012, Paysandú). Memorias. Paysandú, Facultad de Agronomía. pp. 52-65.
21. 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*: Nebraska Corn Board. Corn processing co-products manual. Lincoln, NE, USA. University of Nebraska. pp. 3-12. Consultado 29 jul. 2016. Disponible en <http://www.sochipa.cl/uploads/media/coproducts.pdf>
22. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 2007. Utilization of corn coproducts in the beef industry; feeding of corn milling co-products to beef cattle. 2<sup>nd</sup>. ed. Lincoln, University of Nebraska. 507 p.
23. Firkins, J. L.; Berger, L. L.; Fahey, G. C. Jr. 1985. Evaluation of wet and dry distillers grains and wet and dry corn gluten feeds for ruminants. *Journal of Animal Science*. 60: 847-860.
24. Gill, R. K.; Van Overbeke, D. L.; Depenbusch, B.; Drouillard, J. S.; Di Costanzo, A. 2008. Impact of beef cattle diets containing corn or sorghum distillers grains on beef color, fatty acid profiles, and sensory attributes. *Journal of Animal Science*. 86:923-935.
25. Gordon, C. M.; Drouillard, J. S.; Phebus, R. K.; Hachmeister, K. A.; Dikeman, M. E.; Higgins, J. J.; Reicks, A. L. 2002. The effect of Dakota Gold - brand dried distiller's grains with soluble of varying levels on sensory and color characteristics of ribeye steaks. (en línea). *In*: Cattlemen's Day (2002, Manhattan, KS). Report of progress 890. Manhattan, KS, Kansas State University. Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service. pp. 72-74. Consultado 20 jul. 2016. Disponible en [http://www.biofuelscoproducts.umn.edu/sites/biodieselfeeds.cfans.umn.edu/files/cfans\\_asset\\_413555.pdf](http://www.biofuelscoproducts.umn.edu/sites/biodieselfeeds.cfans.umn.edu/files/cfans_asset_413555.pdf)
26. Grandin, T. 1998. La reducción del estrés del manejo mejora la productividad y el bienestar animal. (en línea). *The Professional Animal Scientist*. 14: s.p. Consultado 14 jul. 2016. Disponible en <http://www.grandin.com/spanish/reduccion.estres.manejo.html>

27. Gunn, P. J.; Weaver, A. D.; Lemenager, R. P.; Gerrard, D. E.; Claeys, M. C.; Lake, S. L. 2009. Effects of dietary fat and crude protein on feedlot performance, carcass characteristics, and meat quality in finishing steers fed differing levels of dried distillers grains with soluble. *Journal of Animal Science*. 87:2882-2890.
28. 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 solubles as a source of protein and energy for ruminants. *Journal Animal of Science*. 72: 3246-3257.
29. 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: 188-204.
30. Huntington, G. B.; Harmon, D. L.; Richards, C. J. 2006. Sites, rates, and limits of starch digestion and glucose metabolism in growing cattle. *Journal of Animal Science*. 84:E14-E24.
31. 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. A.; Lyons, T. P.; Kelsall, D. R. eds. *The alcohol textbook*. 3<sup>rd</sup> ed. Nottingham, UK, Nottingham University Press. cap. 2, pp. 7-23.
32. Killinger, K. M.; Calkins, C. R.; Umberger, W. J.; Feuz, D. M.; Eskridge, K. M. 2004. Consumer visual preference and value for beef steaks differing in marbling level and color. *Journal of Animal Science*. 82:3288-3293.
33. Klopfenstein, T. J.; Erickson, G. E.; Bremer, V. R. 2008. Board-invited review; use of distillers by-products in the beef cattle feeding industry. *Journal of Animal Science*. 86: 1223-1231.
34. 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.
35. Lana, R. P.; Russell, J. B.; Van Amburgh, M. E. 1998. The role of ph in regulating ruminal methane and ammonia production. *Journal of Animal Science*. 76:2190-2196.
36. Leupp, J. L.; Lardy, G. P.; Karges, K. K.; Gibson, M. L.; Caton, J. S. 2009. Effects of increasing level of corn distillers dried grains with soluble on

- intake, digestion, and ruminal fermentation in steers fed seventy percent concentrate diets. *Journal of Animal Science*. 87:2906-2912.
37. Lodge, S. L.; Stock, R. A.; Klopfenstein, T. J.; Shain, D. H.; Herold, D.W. 1997. Evaluation of corn and sorghum distillers byproducts. *Journal Animal of Science*. 75: 37-43.
  38. Luebbe, M. K.; Patterson, J. M.; Jenkins, K. H.; Buttrey, E. K.; Davis, T. C.; Clark, B. E.; McCollum, F. T.; Cole, N. A.; MacDonald, J. C. 2012. Wet distillers grains plus soluble concentration in steam-flaked corn based diets; effects on feedlot cattle performance, carcass characteristics, nutrient digestibility, and ruminal fermentation characteristics. *Journal Animal of Science*. 90: 1589-1602.
  39. May, M. L. 2008. The effects of grain processing method, wet and dry distiller's grains with solubles and roughage level on performance and carcass characteristics of finishing cattle. Thesis MSc. Kansas, USA. Kansas State University. 112 p.
  40. \_\_\_\_\_.; De Clerck, J. C.; Quinn, M. J.; Di Lorenzo, N.; Leibovich, J.; Smith, D. R.; Hales, K. E.; Galyean, M. L. 2010. Corn or sorghum wet distillers grains with soluble in combination with steam-flaked corn; feedlot cattle performance, carcass characteristics, and apparent total tract digestibility. *Journal of Animal Science*. 88: 2433-2443.
  41. MDN. DNM (Ministerio de Defensa Nacional. Dirección Nacional de Meteorología, UY). s.f. Estadísticas climatológicas. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 29 jun. 2016. Disponible en <http://meteorologia.gub.uy/index.php/estadisticas-climaticas>.
  42. NRC (National Research Council, US). 1996. Nutrient requirements of beef cattle. 7<sup>th</sup>. ed. Washington, D. C., National Academy Press. 248 p.
  43. \_\_\_\_\_. 2000. Nutrient requirements of beef cattle. 7<sup>th</sup>. ed. update. Washington, D. C., National Academy Press. 248 p.
  44. Piñeyrúa, D.; Pisón, A.; Preve, R. 2013. Evaluación de alternativas de procesamiento del grano de sorgo para la terminación de novillos en confinamiento. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. pp. 64-65.
  45. Plascencia, A.; Mendoza, G. D.; Vásquez, C.; Zinn, R. A. 2003. Relationship between body weight and level of fat supplementation on fatty acid digestion in feedlot cattle. *Journal of Animal Science*. 81: 2653–2659.

46. Pordomingo, A. J. 2002. El feedlot en Argentina. In: La Fibra (1º, 2002, Buenos Aires). Memorias. s.n.t. pp. 8-29.
47. 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.
48. Salim, H.; Wood, K. M.; Mc Ewen, P. L.; Mandell, I. B.; Miller, S. P.; Swanson, K. C. 2010. Influence of feeding increasing levels of dry or modified wet corn distillers grains plus soluble in whole corn grain-based finishing diets on pancreatic mass, and  $\alpha$ -amylase and trypsin activity in feedlot cattle. (en línea). *Journal of Animal Science*. 88(E-Suppl. 2): 574. (Abstr.) Consultado 30 jun. 2016. Disponible en <http://www.jtmtg.org/JAM/2010/abstracts/0571.pdf>
49. Santini, F. J.; Elizalde, I. C. 1994. Digestión ruminal aspectos conceptuales e implicancias prácticas. (en línea). CREA. Suplementación de Vacunos Cuaderno de Actualización Técnica. no. 53: 10-16. Consultado 28 jul. 2016. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/manejo\\_del\\_alimento/90-digestion\\_ruminal.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/90-digestion_ruminal.pdf)
50. Schingoethe, D. J. 2004. Distillers grains for dairy cattle. (en línea). In: Annual Symposium of Distillers Grains Technology Council (5<sup>th</sup>, 2001, Louisville, KY). Proceedings. Ames, Iowa State University. pp. 1-7. Consultado 15 jun. 2016. Disponible en [http://www.biofuelscoproducts.umn.edu/sites/biodieselfeeds.cfans.umn.edu/files/cfans\\_asset\\_411727.pdf](http://www.biofuelscoproducts.umn.edu/sites/biodieselfeeds.cfans.umn.edu/files/cfans_asset_411727.pdf)
51. Schoonmaker, J. P.; Flauharty, F. L.; Loerch, S. C.; Turner, T. B.; Moeller, S. J.; Wulf, D. M. 2001. Effect of weaning status and implant regimen on growth, performance, and carcass characteristics of steers. *Journal of Animal Science*. 79:1074-1084.
52. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; Zerby, H. N. 2002. Effect of age at feedlot entry on performance and carcass characteristics of bulls and steers. *Journal of Animal Science*. 80:2247-2254.
53. \_\_\_\_\_.; Cecava, M. J.; Faulkner, D. B.; Fluharty, F. L.; Zerby, H. N.; Loerch, S. C. 2003. Effect of source of energy and rate of growth on performance, carcass characteristics, ruminal fermentation, and serum glucose and insulin of early-weaned steers. *Journal of Animal Science*. 81:843-855.

54. \_\_\_\_\_.; Trenkle, A. H.; Beitz D. C. 2010. Effect of feeding wet distillers grains on performance, marbling deposition, and fatty acid content of beef from steers fed low- or high-forage diets. *Journal of Animal Science*. 88:3657-3665.
55. \_\_\_\_\_.; Claeys, M. C.; Lemenager, R. P. 2013. Effect of increasing distillers grains inclusion on performance and carcass characteristics of early-weaned steers. *Journal of Animal Science*. 91: 1784-1790.
56. Shurson, J.; Noll, S. 2005. Feed and alternative uses for DDGS. (en línea). *In: Energy from Agriculture; New Technologies, Innovative Programs and Successes Stories Conference (2005, St. Louis, MO). Proceedings. Oak Brook, IL, Farm Foundation. pp. 1-11. Consultado 20 jul. 2012. Disponible en [http://www.biofuelscoproducts.umn.edu/sites/biodieselfeeds.cfans.umn.edu/files/cfans\\_asset\\_413800.pdf](http://www.biofuelscoproducts.umn.edu/sites/biodieselfeeds.cfans.umn.edu/files/cfans_asset_413800.pdf)*
57. Simeone, A.; Beretta, V. 2011. Alimentación a corral en sistemas ganaderos, ¿cuándo y cómo? *In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (13ª., 2011, Paysandú). Memorias. Paysandú, Facultad de Agronomía. pp. 10-11.*
58. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 2012. Una nueva cría. Un nuevo engorde. Una nueva ganadería. *In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (14ª., 2012, Paysandú). Memorias. Paysandú, Facultad de Agronomía. pp. 53-65.*
59. Smith, S. B.; Crouse, J. D. 1984. Relative contributions of acetate, lactate and glucose to lipogenesis in bovine intramuscular and subcutaneous adipose tissue. *The Journal of Nutrition*. 114:792.
60. Stock, R. A.; Sindt, M. H.; Parrott, J. C. Goedeken, F. K. 1990. Effects of grain type, roughage level and monensin level on finishing cattle performance. *Journal of Animal Science*. 68:3441-3455.
61. \_\_\_\_\_.; Lewis, J. M.; Klopfenstein, T. J.; Milton, C. T. 1999. Review of new information in the use of wet and dry milling food byproducts in feedlot diets. *Journal of Animal Science*. 77 (Suppl. 1): 247(Abstr.).
62. 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 soluble in dairy calf feeds. *Journal of Dairy Science*. 94:3037-3044.

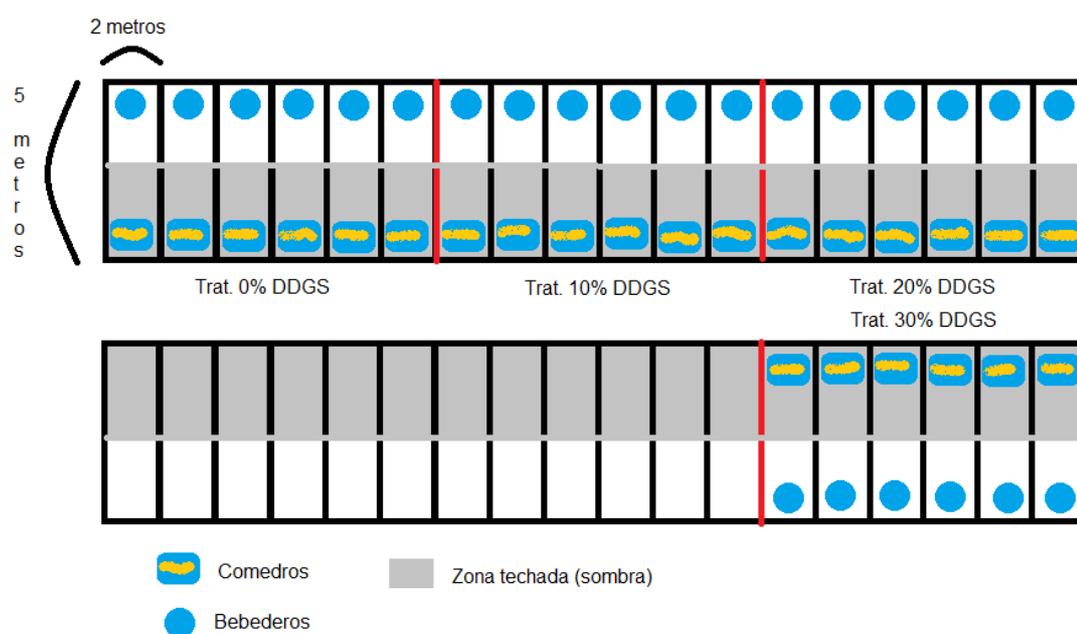
63. USGC (United States Grains Council, US). 2012. A guide to distiller's dried grains with solubles. 3<sup>rd</sup>. ed. Washington, D. C. 406 p.
64. Uwituze, S.; Parsons, G. L.; Schneider, C. J.; Krges, K. K.; Gibson, M. L.; Hollis, L. C.; Higgins, J. J.; Drouillard, J. S. 2011. Evaluation of sulfur content of dried distillers grains with soluble in finishing diets based on steam-flaked corn or dry-rolled corn. *Journal of Animal Science*. 89: 2582-2591.
65. Van Keulen, J.; Young, B. A. 1977. Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *Journal of Animal Science*. 44: 282-287.
66. Van Soest, P. J.; Robertson, J. B.; Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74 (10): 3583-3597.
67. Vander Pol, K. J.; Erickson, G.; Klopfenstein, T. J.; Macken, C. N. 2004. Effect of wet and dry distillers grains plus soluble and supplemental fat level on performance of yearling finishing cattle. (en línea). *Nebraska Beef Cattle Reports*. Paper no. 210: 45-48. Consultado 24 jun. 2016. Disponible en <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1209&context=animalscinbcr>
68. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; Greenquist, M; Robb, T. 2006. Effect of dietary inclusion of wet distillers grains on feedlot performance of finishing cattle and energy value relative to corn. (en línea). *Nebraska Beef Cattle Reports*. Paper no. 120: 51-53. Consultado 24 jun. 2016. Disponible en <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1119&context=animalscinbcr>
69. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; Luebbe, M. K.; Crawford, G. I. 2007. Digestibility, rumen metabolism and site of digestion for finishing diets containing wet distiller's grains or corn oil. (en línea). *Nebraska Beef Cattle Report*. Paper no. 69: 39-42. Consultado 24 jun. 2016. Disponible en <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1068&context=animalscinbcr>
70. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 2009. Performance and digestibility characteristics of finishing diets

containing distillers grains, composites of corn processing coproducts, or supplemental corn oil. *Journal of Animal Science*. 87:639-652.

71. Vasconcelos, J. T.; Shaw, L. M.; Lemon, K. A.; Cole, N. A.; Galyean, M. L. 2007. Effects of graded levels of sorghum wet distiller's grains and degraded intake protein supply on performance and carcass characteristics of feedlot cattle fed steam-flaked corn-based diets. *The Professional Animal Scientist*. 23:467-475.
72. Zinn, R. A. 1989. Influence of level and source of dietary fat on its comparative feeding value in finishing diets for steers; metabolism. *Journal of Animal Science*. 67:1038-1049.

## 9. ANEXOS

### Anexo 1. Diagrama de la infraestructura de los corrales por tratamiento



### Anexo 2. Composición química del DDGS

Nutriente	DDGS
MO (%)	93,71
PC (%)	29,56
NIDA (%)	9,71
FND (%)	43,35
FDA (%)	17,47
EE (%)	10,11

MO: materia orgánica; PC: proteína cruda; NIDA: nitrógeno insoluble en detergente ácido; FND: fibra detergente neutro; FDA: fibra detergente ácida; EE: extracto etéreo.

### Anexo 3. Análisis de varianza para peso vivo

Efecto	No. DF	Den. DF	F Value	Pr > F
Tratamiento	3	19	0,11	0,9521
Días	1	115	345,56	< 0,0001
Días * trat.	3	115	1,1	0,3509
PV Inicial	1	19	<0,0001	< 0,0001

Anexo 4. Análisis de varianza para peso vivo final

Efecto	DF	Type IV SS	Mean Square	F value	Pr > F
Tratamiento	3	3888,702678	1296,234226	1,54	0,2378
PV inicial	1	6179,359356	6179,359356	7,36	0,0143

Anexo 5. Análisis de varianza para altura final

Efecto	DF	Type IV SS	Mean Square	F value	Pr > F
Tratamiento	3	18,53230338	6,17743446	0,68	0,5737
Altura inicial	1	32,66063024	32,66063024	3,61	0,0728

Anexo 6. Análisis de varianza para peso vivo por altura final

Efecto	DF	Type IV SS	Mean Square	F value	Pr > F
Tratamiento	3	0,26126794	0,08708931	1,45	0,2612
Altura inicial	1	0,01042554	0,01042554	0,17	0,6818

Anexo 7. Análisis de varianza para consumo de materia seca (kg/d)

Efecto	No. DF	Den DF	F Value	Pr > F
Tratamiento	3	20,1	2,87	0,0621
Semana	9	1414	77,55	< 0,0001
Trat. * sem.	27	1423	6,87	< 0,0001
Día dentro de sem.	6	1379	6,12	< 0,0001
Trat. * día dentro de sem.	18	1400	0,93	< 0,0001

Anexo 8. Análisis de varianza para consumo de materia seca (% PV)

Efecto	No. DF	Den DF	F Value	Pr > F
Tratamiento	3	20,1	4,02	0,0216
Semana	9	1420	26,19	< 0,0001
Trat. * sem.	27	1427	5,79	< 0,0001
Día dentro de sem.	6	1392	6,47	< 0,0001
Trat. * día dentro de sem.	18	1408	1	0,461

Anexo 9. Análisis de varianza para eficiencia de conversión

Efecto	DF	Type IV SS	Mean Square	F value	Pr > F
Tratamiento	3	3,94959119	1,3165304	0,48	0,7025
PV inicial	1	2,84231177	2,84231177	1,03	0,3233

Anexo 10. Análisis de varianza para consumo de materia seca digestible

Efecto	DF	Type IV SS	Mean Square	F value	Pr > F
Tratamiento	3	29,23426009	9,74475336	6,34	0,0037
PV inicial	1	1,07446794	1,07446794	0,7	0,4136

Anexo 11. Análisis de varianza para consumo de materia orgánica digestible

Efecto	DF	Type IV SS	Mean Square	F value	Pr > F
Tratamiento	3	26,77429506	8,92476502	5,35	0,0077
PV inicial	1	1,17347146	1,17347146	0,7	0,4122

Anexo 12. Análisis de varianza para consumo de proteína cruda

Efecto	DF	Type IV SS	Mean Square	F value	Pr > F
Tratamiento	3	3,25984117	1,08661372	13,07	< 0,0001
PV inicial	1	0,06922314	0,06922314	0,83	0,373

Anexo 13. Análisis de varianza para consumo de NIDA

Efecto	DF	Type IV SS	Mean Square	F value	Pr > F
Tratamiento	3	0,54286228	0,18095409	57,06	< 0,0001
PV inicial	1	0,0026586	0,0026586	0,84	0,3714

Anexo 14. Análisis de varianza para consumo de fibra detergente neutro

Efecto	DF	Type IV SS	Mean Square	F value	Pr > F
Tratamiento	3	4,00859767	1,33619922	3,56	0,0337
PV inicial	1	0,27573537	0,27573537	0,74	0,4018

Anexo 15. Análisis de varianza para consumo de extracto etéreo

Efecto	DF	Type IV SS	Mean Square	F value	Pr > F
Tratamiento	3	0,40661813	0,13553938	20,53	< 0,0001
PV inicial	1	0,00584904	0,00584904	0,89	0,3584

Anexo 16. Análisis de varianza para digestibilidad de la materia seca

Efecto	DF	Type IV SS	Mean Square	F value	Pr > F
Tratamiento	3	693,036875	231,0122917	4,47	0,0252

Anexo 17. Análisis de varianza para digestibilidad de la materia orgánica

Efecto	DF	Type IV SS	Mean Square	F value	Pr > F
Tratamiento	3	636,035	212,0116667	2,73	0,0903

Anexo 18. Análisis de varianza para consumo de materia orgánica

Efecto	DF	Type IV SS	Mean Square	F value	Pr > F
Tratamiento	3	26,46158074	8,82052691	2,87	0,0638
PV inicial	1	2,23412588	2,23412588	0,73	0,4049

Anexo 19. Análisis de varianza para la actividad de consumo

Efecto	DF	Mean Square	F value	Pr > F
Tratamiento	3	20	7,21	0,0018
Día dentro de sem.	1	20	1,27	0,2736
Trat. * día dentro de sem.	3	20	0,33	0,8014

Anexo 20. Análisis de varianza para la actividad de rumia

Efecto	DF	Mean Square	F value	Pr > F
Tratamiento	3	20	2,71	0,0722
Día dentro de sem	1	20	0,56	0,4619
Trat. * día dentro de sem.	3	20	1,19	0,3396

Anexo 21. Análisis de varianza para la actividad de descanso

Efecto	DF	Mean Square	F value	Pr > F
Tratamiento	3	20	4,05	0,0211
Día dentro de sem.	1	20	0,62	0,4414
Trat. * día dentro de sem.	3	20	1,26	0,315

Anexo 22. Análisis de varianza para la actividad de consumo de agua

Efecto	DF	Mean Square	F value	Pr > F
Tratamiento	3	20	1,04	0,3971
Día dentro de sem.	1	20	3,11	0,0933
Trat. * día dentro de sem.	3	20	0,69	0,5712

Anexo 23. Análisis de varianza para rechazo de alimento (kg/a/d)

Efecto	No. DF	Den DF	F Value	Pr > F
Tratamiento	3	20,6	2,8	0,0655
Semana	9	1422	27,6	< 0,0001
Trat. * sem.	27	1427	2,29	0,0002
Día dentro de sem.	6	1399	2,51	0,0205
Trat. * día dentro de sem.	18	1411	1,12	0,3279

Anexo 24. Análisis de varianza para peso vivo a la faena

Efecto	DF	Type IV SS	Mean Square	F value	Pr > F
Tratamiento	3	2082,019476	694,006492	0,84	0,4866
PV inicial	1	5275,997324	5275,997324	6,42	0,0203

Anexo 25. Análisis de varianza para peso de la canal en 3ª balanza

Efecto	DF	Type IV SS	Mean Square	F value	Pr > F
Tratamiento	3	983,775397	327,925132	1,16	0,3507
PV inicial	1	2598,281401	2598,281401	9,2	0,0069

Anexo 26. Análisis de varianza para peso de la canal en 4ª balanza

Efecto	DF	Type IV SS	Mean Square	F value	Pr > F
Tratamiento	3	873,32859	291,10953	1,28	0,311
PV inicial	1	2259,541265	2259,541265	9,9	0,0053

Anexo 27. Análisis de varianza para rendimiento

Efecto	DF	Type IV SS	Mean Square	F value	Pr > F
Tratamiento	3	1,47328838	0,49109613	0,21	0,8907
PV inicial	1	3,25370676	3,25370676	1,37	0,2568

Anexo 28. Análisis de varianza para dressing

Efecto	DF	Type IV SS	Mean Square	F value	Pr > F
Tratamiento	3	1,51746189	0,50582063	0,75	0,5368
PV inicial	1	0,13962578	0,13962578	0,21	0,6547

Anexo 29. Análisis de varianza para peso pistola

Efecto	DF	Type IV SS	Mean Square	F value	Pr > F
Tratamiento	3	52,7100163	17,5700054	1,46	0,2568
PV inicial	1	110,637217	110,637217	9,2	0,0068

Anexo 30. Análisis de varianza para peso cola

Efecto	DF	Type IV SS	Mean Square	F value	Pr > F
Tratamiento	3	0,14630542	0,04876847	3,37	0,04
PV inicial	1	0,00051086	0,00051086	0,04	0,8529

Anexo 31. Análisis de varianza para peso tapa de cuadril

Efecto	DF	Type IV SS	Mean Square	F value	Pr > F
Tratamiento	3	0,12754731	0,04251577	1,65	0,2116
PV inicial	1	0,12857158	0,12857158	4,99	0,0378

Anexo 32. Análisis de varianza para peso de cuadril

Efecto	DF	Type IV SS	Mean Square	F value	Pr > F
Tratamiento	3	0,23506837	0,07835612	1,28	0,3104
PV inicial	1	0,13073772	0,13073772	2,13	0,1605

Anexo 33. Análisis de varianza para peso de bife angosto

Efecto	DF	Type IV SS	Mean Square	F value	Pr > F
Tratamiento	3	0,49609541	0,16536514	0,89	0,4654
PV inicial	1	0,11875667	0,11875667	0,64	0,4345

Anexo 34. Análisis de varianza para peso de lomo

Efecto	DF	Type IV SS	Mean Square	F value	Pr > F
Tratamiento	3	0,02441281	0,0081376	0,62	0,6113
PV inicial	1	0,0791096	0,0791096	6,02	0,024

Anexo 35. Análisis de varianza para pH

Efecto	DF	Type IV SS	Mean Square	F value	Pr > F
Tratamiento	3	0,12816544	0,04272181	0,79	0,516
PV inicial	1	0,0068776	0,0068776	0,13	0,725

Anexo 36. Análisis de varianza para área de ojo de bife

Efecto	DF	Type IV SS	Mean Square	F value	Pr >
Tratamiento	3	212,6158673	70,8719558	4,45	0,0157
PV inicial	1	0,0726191	0,0726191	0	0,9469

Anexo 37. Análisis de varianza para EGS

Efecto	DF	Type IV SS	Mean Square	F value	Pr > F
Tratamiento	3	12583,24986	4194,41662	0,42	0,7429
PV inicial	1	16,18624	16,18624	0	0,9684

Anexo 38. Análisis de varianza para color L

Efecto	DF	Type IV SS	Mean Square	F value	Pr > F
Tratamiento	3	9,75625956	3,25208652	0,32	0,8074
PV inicial	1	1,27799563	1,27799563	0,13	0,7248

Anexo 39. Análisis de varianza para color a

Efecto	DF	Type IV SS	Mean Square	F value	Pr > F
Tratamiento	3	53,19863777	17,73287926	1,16	0,3509
PV inicial	1	27,43221405	27,43221405	1,79	0,1962

Anexo 40. Análisis de varianza para color b

Efecto	DF	Type IV SS	Mean Square	F value	Pr > F
Tratamiento	3	12,44440116	4,14813372	1,2	0,3353
PV inicial	1	0,27933449	0,27933449	0,08	0,779

Anexo 41. Cinética de degradación de la fibra (FDN) de grano de sorgo (GS) y de la burlanda de sorgo húmeda (BSH) (Bruni et al., 2014).

