

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

EVALUACIÓN DEL DDGS DE SORGO EN EL ENGORDE A CORRAL DE
NOVILLOS

por

Richard Matías NOVAC ROSSIN
Valentín PANIZZA ARIETA
María Victoria RODRÍGUEZ MORALES

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

MONTEVIDEO
URUGUAY
2018

Tesis aprobada por:

Directores: -----
Ing. Agr. Álvaro Simeone

Ing. Agr. Virginia Beretta

DMV. Juan Franco

Fecha: 12 de noviembre de 2018

Autores: -----
Richard Matías Novac Rossin

Valentín Panizza Arieta

María Victoria Rodríguez Morales

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias y amigos por el continuo gran apoyo, cariño y motivación a lo largo de la carrera.

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

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

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

A nuestros compañeros Santiago Calero, Santiago Taruselli, Juan Pablo Barrios, Laura Larrauri, Ignacio Da Silva, Noel Banhero y Virginia Martínez por su colaboración durante 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 GRANOS DE DESTILERÍA	3
2.1.1 <u>Producción de bioetanol y sus subproductos</u>	3
2.1.2 <u>Características químicas y nutricionales de los granos de destilería</u>	5
2.1.3 <u>Fuentes de variación</u>	8
2.2 USO DE GRANOS DE DESTILERÍA EN GANADO DE CARNE	9
2.3 HIPÓTESIS	12
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	14
3.1 LOCALIZACIÓN Y PERÍODO EXPERIMENTAL	14
3.2 CLIMA	14
3.3 INFRAESTRUCTURA.....	14
3.4 ALIMENTOS	14
3.5 ANIMALES	15
3.6 TRATAMIENTOS	16
3.7 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....	16
3.7.1 <u>Fase de acostumbramiento a la dieta e instalaciones</u>	16
3.7.2 <u>Fase experimental de alimentación a corral</u>	16
3.7.3 <u>Fase faena y mediciones post faena</u>	17
3.7.4 <u>Registros y mediciones</u>	17
3.7.4.1 Peso vivo.....	17
3.7.4.2 Altura de anca	17

3.7.4.3	Espesor de grasa subcutánea (EGS).....	17
3.7.4.4	Consumo de materia seca	17
3.7.4.5	Digestibilidad aparente in vivo	17
3.7.4.6	Comportamiento animal	18
3.7.4.7	Aporte de fibra efectiva de la dieta	18
3.7.4.8	Registros climáticos	18
3.7.5	<u>Mediciones en faena y post faena</u>	18
3.7.5.1	Peso de la canal	18
3.7.5.2	Peso de principales cortes	19
3.7.5.3	Área de ojo de bife.....	19
3.7.5.4	Espesor de grasa subcutánea.....	19
3.7.5.5	pH.....	19
3.7.5.6	Color del músculo.....	19
3.7.5.7	Fuerza de corte.....	19
3.7.6	<u>Variables calculadas</u>	19
3.7.6.1	Ganancia media diaria	19
3.7.6.2	Eficiencia de conversión.....	20
3.7.6.3	Consumo de materia seca digestible y materia orgánica digestible.....	20
3.7.6.4	Consumo de proteína cruda, FDN y FDN efectiva.....	20
3.7.6.5	Factor de efectividad y % de FDN efectiva.....	20
3.7.6.6	Rendimiento.....	20
3.8	ANÁLISIS QUÍMICO	20
3.9	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	21
4.	<u>RESULTADOS</u>	23
4.1	REGISTROS CLIMÁTICOS	23
4.2	CARACTERÍSTICAS DE LA DIETA.....	23

4.2.1 <u>Aporte de fibra físicamente efectiva</u>	24
4.3 CRECIMIENTO ANIMAL.....	24
4.4 CONSUMO Y DIGESTIBILIDAD DE LA MS, CONSUMO DE NUTRIENTES Y EFICIENCIA DE CONVERSIÓN	25
4.5 COMPORTAMIENTO	28
4.5.1 <u>Patrón de consumo</u>	29
4.6 CALIDAD DE LA CANAL Y DE LA CARNE.....	29
5. <u>DISCUSIÓN</u>	31
5.1 CONDICIONES CLIMÁTICAS	31
5.2 CARACTERÍSTICAS DE LA DIETA.....	31
5.3 PERFORMANCE ANIMAL	32
5.3.1 <u>Peso vivo y ganancia diaria</u>	32
5.3.2 <u>Consumo y digestibilidad de la MS, consumo de nutrientes y eficiencia de conversión</u>	33
5.3.3 <u>Comportamiento ingestivo</u>	35
5.4 CALIDAD DE LA CANAL Y DE LA CARNE.....	36
6. <u>CONCLUSIONES</u>	38
7. <u>RESUMEN</u>	39
8. <u>SUMMARY</u>	40
9. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	41
10. <u>ANEXOS</u>	49

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Composición química de sorgo grano y DDGS de sorgo	6
2. Medias mensuales históricas de temperatura, precipitaciones y humedad relativa de los meses del período experimental.....	14
3. Composición de ingredientes de las RTMs.....	15
4. Composición química de los ingredientes	15
5. Temperatura promedio, máxima y mínima, humedad promedio y precipitaciones de cada mes en EEMAC, durante el período experimental	23
6. Concentración de nutrientes de la RTM según tratamiento	23
7. Efecto de los niveles de inclusión de DDGS sobre el aporte de efectividad de la fibra en las RTMs.....	24
8. Efecto de los niveles de inclusión de DDGS sobre el crecimiento animal	25
9. Efecto del nivel de inclusión de DDGS en la dieta sobre el consumo medio diario de materia seca, eficiencia de conversión del alimento, digestibilidad aparente de la MS y MO y consumo diario de nutrientes	26
10. Efecto del nivel de inclusión de DDGS en la dieta sobre la probabilidad de consumo, descanso o rumia.....	29
11. Efecto del nivel de inclusión de DDGS en la ración sobre el consumo de materia seca.....	29
12. Efecto del nivel de sustitución del DDGS sobre la calidad de la canal y de la carne en novillos alimentados a corral ajustado por peso de faena.....	30
Figura No.	
1. Diagrama del proceso de obtención de etanol y DDGS, a partir de la molienda seca.....	4
2. Evolución de peso vivo en el tiempo según nivel de inclusión de DDGS en la dieta.....	25
3. Evolución del consumo según los distintos niveles de inclusión de DDGS	26
4. Efecto del nivel de inclusión de DDGS sobre el consumo de proteína cruda, fibra en detergente neutro y fibra en detergente neutro efectiva.....	27

5. Efecto del nivel de inclusión de DDGS sobre la ganancia media diaria, eficiencia de conversión, consumo de materia seca y consumo de materia seca digestible	28
---	----

1. INTRODUCCIÓN

La ganadería en Uruguay es un rubro que desde sus inicios en el siglo XVII se desarrolla básicamente a campo natural y en grandes extensiones, ocupando la mayor parte del territorio nacional, lo que ha llevado a dominar en producción y economía. Se ha concentrado la cría en zonas de menor aptitud y la recría e internada en zonas de mayor aptitud pastoril. Durante los últimos diez años, el área agrícola se expandió por todo el territorio nacional, colonizando y desplazando a la ganadería a zonas más marginales, lo que ha llevado a adoptar nuevas tecnologías que le permitan aumentar su rentabilidad (por ejemplo, un incremento del pastoreo de verdes, praderas y el uso de granos y otros concentrados como suplemento).

Estos factores demuestran que la ganadería se ha ido intensificando y sustituyendo cada vez más el sistema de alimentación inicial (campo natural).

En esta última década han aumentado los sistemas de corrales de engorde o feedlots, lo cual demuestra que los productores buscan intensificar sus sistemas y liberar áreas para la producción de granos, y reservas para estos sistemas de alimentación a corral, con el objetivo de terminar los animales y cumplir con las exigencias del mercado internacional. Dentro de las exigencias para este mercado, se debe cumplir con dietas altamente concentradas, de manera que permita lograr buena eficiencia de conversión y ganar el mayor peso vivo en el menor tiempo posible.

La planta ALUR (Alcoholes del Uruguay) ubicada en el departamento de Paysandú, actualmente produce bioetanol a partir del procesamiento del grano de sorgo, generando subproductos que son destinados a la alimentación animal. Anualmente se producen aproximadamente 30 mil toneladas de subproductos, dentro de los cuales se encuentra el DDGS (grano de destilería deshidratado más solubles), el cual se caracteriza por ser muy palatable, con alto valor energético (proveniente de la fibra altamente digestible y del extracto etéreo) y proteico, con valores en torno a 30 % de PC y a su vez alto contenido de minerales por ejemplo fósforo (entorno al 7%).

La investigación generada internacionalmente se basa en los granos de destilería de maíz o mezclas de maíz y sorgo, sustituyendo al grano de maíz como principal ingrediente de las raciones. En Uruguay la aptitud agrícola es mayor para el cultivo de sorgo en comparación con el cultivo de maíz, esto sumado al menor precio del sorgo lo hacen uno de los ingredientes más usados en las raciones. Es escasa la información internacional y nacional evaluando el valor nutritivo del DDGS en cuanto a la sustitución de grano de sorgo en raciones de engorde, y sobre los niveles de DDGS que se podrían alcanzar en la dieta, en función de los niveles de extracto etéreo, azufre, micotoxinas y proteína en el subproducto, que puedan afectar la performance animal.

El presente trabajo tiene como objetivo general caracterizar el valor nutricional del DDGS de sorgo como ingrediente en raciones de engorde a través de su efecto sobre la performance a corral y a la faena de novillos Hereford.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Los granos de destilería, subproducto de la industria del bioetanol se caracterizan por su alto contenido de proteína cruda, esto lleva a que sean utilizados en dietas para animales, sustituyendo granos de cereales. Sin embargo es necesario establecer el nivel de inclusión de estos subproductos que resulten en un nivel óptimo de respuesta sobre la performance animal.

La calidad de los subproductos del bioetanol varía en función del grano que le da origen, el proceso tecnológico de elaboración y del tipo de subproducto (seco o húmedo) de la planta productora.

A continuación se presenta el procesamiento del grano de sorgo, enfatizando sobre la obtención de los granos de destilería, su composición química, fuentes de variación, su efecto sobre la performance animal (consumo, ganancia de peso y eficiencia de conversión) y algunos parámetros de calidad de la canal y de la carne.

2.1 GRANOS DE DESTILERÍA

La producción de sorgo granífero a nivel nacional, ocupa una superficie aproximada de 70 mil hectáreas, su rendimiento por hectárea oscila los 4000 kg, por lo que anualmente se producen unas 280 mil toneladas (MGAP. DIEA, 2016).

La industria de etanol se ha expandido en la producción de energía renovable, lo que lleva a un aumento en la producción de subproductos. En Uruguay la planta de ALUR tiene una capacidad para producir 70 millones de litros de bioetanol por año, esto genera una demanda de 200 mil toneladas de sorgo anual. Actualmente se producen 24 millones de litros de bioetanol a partir de biomasa vegetal y 30 mil toneladas de subproductos con destino a alimentación animal (ALUR, 2016).

2.1.1 Producción de bioetanol y sus subproductos

La producción de biocombustibles surge ante la necesidad de fuentes de energía que reemplacen, al menos en parte, a los combustibles fósiles. En tal sentido, la bioenergía es una opción promisoría (Heinimo y Jungner, 2009). Los biocombustibles son una fuente renovable de energía y se originan de la biomasa, así denominada ya que proviene de material de origen orgánico luego de sufrir diferentes procesos biológicos. Existen tres tipos de biocombustibles, los sólidos (madera y carbón vegetal), los gaseosos (biogás e hidrógeno) y los líquidos como el bioetanol y el biodiesel (GBEP, 2008).

El bioetanol es el biocombustible que más se produce a nivel mundial (85% del total de biocombustibles), alcanzando en el 2011 53 billones de litros (RFA, 2012), lo que representa el triple de la producción del año 2000.

El etanol se obtiene a través de la fermentación y destilación de materiales que contienen alto contenido de azúcares libres como caña de azúcar, sorgo dulce o

remolacha azucarera; o a partir de una sacarificación previa de polisacáridos como el almidón contenido en el grano de distintos tipos de cereales (cebada, trigo, maíz o sorgo) o como la celulosa contenida en materias primas lignocelulósicas (Molina, citado por Arroquy et al., 2014). El proceso con materiales ricos en almidón o celulosa es más complejo, dado que requiere en su instancia inicial una hidrólisis o sacarificación mediante la cual se desdoblán los polímeros a su monómero constituyente, la glucosa. Este proceso se puede realizar utilizando enzimas amilolíticas o bien mediante el uso de ácidos y bases (Balat et al., 2008).

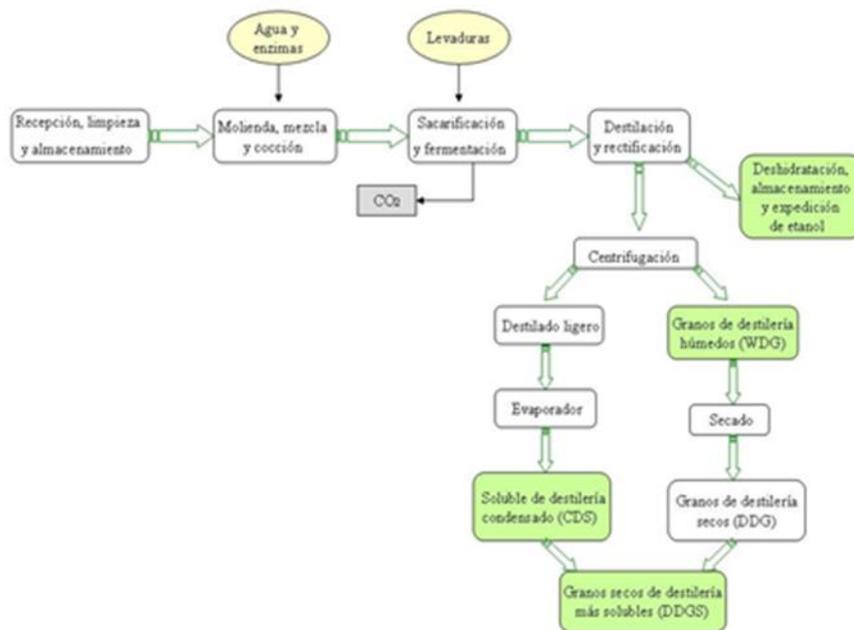


Figura 1. Diagrama del proceso de obtención de etanol y DDGS, a partir de la molienda seca.

Fuente: elaborado con base en USGC (2012).

El procesamiento comienza con la recepción y almacenamiento del grano, con la humedad previamente corregida y acondicionado (limpieza). Luego de la limpieza, se

muele el grano con el fin de reducir el tamaño de la partícula, el cual afecta el rendimiento de etanol. Para un mayor aprovechamiento del mismo, se muele lo más fino posible con el objetivo de exponer el almidón del grano, favoreciendo así la hidrólisis del mismo durante el proceso (ALUR, 2016). Para comenzar la extracción de la proteína soluble, azúcares y lípidos ligados no almidonosos se debe agregar acondicionadores al grano molido, esa mezcla debe ser posteriormente cocida para hidrolizar el almidón (Chen et al., 1999). Las amilasas son las enzimas más utilizadas en la industria del almidón, ya que para lograr la hidrólisis completa del polímero se requiere una combinación de enzimas y la amilasa tiene como ventaja la termoestabilidad (Sarikaya et al., 2000). Dentro de las amilasas utilizadas se encuentran las α -amilasas o las glucoamilasas (Poonam y Dalel, 1995). La mezcla de amilasas se lleva a 100°C mediante cocción a presión durante varios minutos. Posteriormente debe realizarse la reducción de la temperatura hasta llegar a los 80-90 °C, lo que se logra colocando la masa en un tanque de expansión (USGC, 2012), logrando como resultado final la transformación de almidón a glucosa.

Existen dos sistemas de cocción principales utilizados en las plantas de etanol. Uno es el sistema de cocción por lotes, en el cual se mezcla una cantidad conocida de cereal molido con una cantidad conocida de agua y destilado reciclado; mientras que el otro es el proceso de cocción continua, en el cual se añaden continuamente cereal molido, agua y destilado reciclado en un tanque de premezcla. En comparación, los sistemas por lotes son más eficientes, ya que se utiliza una menor cantidad de enzimas y son más eficientes en energía, siendo la principal desventaja una menor productividad o utilización de materias primas por unidad de tiempo (USGC, 2012).

Por último se realiza la transformación de glucosa a etanol mediante fermentación, a la misma llega una masa rica en azúcares fermentables enfriada a 32°C, a la cual se le incorporan las levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*), responsables de la fermentación alcohólica. En esta fermentación cada molécula de glucosa va a producir dos moléculas de etanol y dos moléculas de CO₂. Para asegurarse que las levaduras puedan trabajar en una temperatura óptima, los fermentadores deben mantenerse refrigerados mediante un proceso de recirculación utilizando intercambiadores de calor. Este proceso de fermentación tiene una duración de 48-72 horas (ALUR, 2016). Luego se realiza la destilación del etanol mediante vaporización por calentamiento.

2.1.2 Características químicas y nutricionales de los granos de destilería

La valoración nutricional de cualquier alimento se basa en dos factores principales, la composición nutricional y su variabilidad. La composición nutricional de estos productos está influenciada por varios factores entre los que se destacan: el tipo de grano y su calidad, el proceso de molienda, la extensión de la fermentación, las condiciones de secado, la extracción o no de aceite, y la cantidad de solubles generados en la fermentación que son incorporados al subproducto (Singh y Graeber 2005, Sharma et al. 2007, Belyea et al. 2010). En los subproductos la concentración de nutrientes

presentes en la materia prima (granos) que no se consumen durante la producción de etanol (ejemplo: materia grasa total o extracto etéreo, proteína bruta, fibra, minerales) se triplican (Klopfenstein et al., 2008) aunque estos valores oscilan de acuerdo al porcentaje de almidón en el grano. La FDN se incrementa de 12 a 36% de la materia seca, la proteína aumenta aproximadamente de 10 a 30% y el extracto etéreo pasa de 4 a 12% (FEDNA, 2012). En el cuadro 1 se presenta la composición química de sorgo grano y DDGS de sorgo.

Cuadro 1. Composición química (expresado en % del total) de sorgo grano y DDGS de sorgo.

	Grano de sorgo	DDGS de sorgo
Humedad	13,0	9,4
Proteína bruta	8,9	30,2
Extracto etéreo	2,7	9,4
FDN	8,0	27,0
Almidón	64,8	9,0
Fósforo	0,2	0,3
Energía metabolizable (kcal/kg)	2815	2880
Proteína bruta digestible	6,4	23,3
PIDA	5,5	12,6

FDN: fibra en detergente neutro.

PIDA: proteína insoluble en detergente ácido.

Fuente: elaborado con base en FEDNA (2012).

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 (Klopfenstein et al., 2008). El contenido de energía de los subproductos depende del tipo de molienda. En los subproductos de la molienda húmeda (ejemplo: “gluten feed”) el contenido de energía es similar o inferior al de los granos (NRC, 1996), mientras que los GD con o sin solubles de la molienda seca tienen un contenido de energía generalmente superior al de los granos. Resultados experimentales han demostrado que pueden incluirse reemplazando granos en raciones de terminación, y actuando como fuente primaria de energía. Ham et al. (1994) en un experimento de terminación observaron que los GD con solubles proveían 21% más de energía neta (ENG) que el maíz partido. Stock et al. (2000) concluyeron en su revisión que los GD tienen en promedio 9% más de energía que el grano, con valores que pueden superar hasta el 24% en maíz.

La FDN remanente del proceso de destilación de alcohol es altamente digestible, lo cual permite su uso en dietas ricas en almidón o forrajes (Kleinschmit et al., 2007). El

proceso de fermentación para la producción de etanol mejora la digestibilidad de la fibra. No obstante se debe tener en cuenta que esta fibra no es considerada fibra efectiva ya que no estimula la salivación ni la rumia (DiLorenzo y Galyean, 2010).

Cuando se midió la FDN en los granos de destilería se pudo obtener valores entre 32 y 49% (Spiehs et al. 2002, Anderson et al. 2006), pudiendo llegar a 72% (Ojowi et al. 1997, Mustafa et al. 2000), y 11-18% de FDA (Spiehs et al., 2002). Estos valores son similares para el caso de los destilados de sorgo, cebada y trigo, así como el valor de la FDA. El problema de acidosis que comúnmente ocurre con este tipo de dietas podría verse reducido al reemplazar el almidón por fibra digestible (Klopfestein et al., 2008).

El contenido de lípidos de los GD permite un aumento de la concentración energética, ya que es entre tres y cinco veces superior en los productos de molienda seca (cuando comparado con los subproductos de molienda húmeda), pero también afecta el consumo voluntario y la digestibilidad de la fibra de manera negativa (Hess et al., 2008), lo que restringe el nivel de inclusión dietario para rumiantes. Este perfil lipídico puede verse alterado debido al secado (GD secos), por oxidación durante el proceso, además de la extracción de aceites del subproducto que se realiza en algunos casos, dejando un contenido mínimo de lípidos.

En cuanto al EE, se puede tener valores variables entre el 7 y 14% para los GD (Spiehs et al. 2002, MacDonald et al. 2007, Walter et al. 2010), existiendo variabilidad dentro de plantas y entre las mismas, dentro de un rango de 1,8 a 19,1% (Belyea et al. 2010, Buckner et al. 2011).

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). Weiss et al. (1989), 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. Los GD secos contienen aproximadamente el 65% de PND (% de PC), gran parte de la proteína en destilados solubles son células de levadura que se han calentado durante la destilación y concentración (Klopfestein et al., 2008).

Por otra parte, al igual que otros nutrientes, la concentración de fósforo 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.

2.1.3 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.

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 (Martínez y Zanetti, 2016). 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 y el procesado o la presentación (Stock et al., 1990) 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).

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

En los GD las micotoxinas están presentes principalmente debido al procesamiento de granos que ya vienen contaminados, y que durante el proceso de fermentación o secado no se metabolizan (Liu et al., 2000). El nivel de estas puede afectar a las levaduras en la fermentación y disminuir el rendimiento de etanol, por lo

que alteraría aún más la concentración de cada nutriente. De hecho, la concentración de micotoxinas presentes en el grano se triplica en los GD. Este es un punto importante, ya que si el nivel de micotoxinas presentes en la burlanda es alta, el grado de consumo sería restringido y se debería mezclar con otros ingredientes en la dieta que diluyan su concentración (Anderson et al., 2009).

2.2 USO DE GRANOS DE DESTILERÍA EN GANADO DE CARNE

En este ítem, se revisan distintos materiales internacionales evaluando el uso de granos de destilerías en la terminación de vacunos en confinamiento. Entre los parámetros de rendimiento animal se analizaron los efectos de estos subproductos en el consumo animal, ganancia diaria, peso final, eficiencia de conversión y algunos parámetros de calidad de la canal y de la carne evaluados post mortem.

2.2.1 Consumo de materia seca

En lo que refiere al efecto de la inclusión de DDGS o WDGS sobre el consumo se han observado variadas respuestas.

Autores como Martínez y Zanetti (2016) evaluando el uso de DDGS de sorgo en novillos bajo confinamiento alimentados *ad libitum* con una dieta a base de grano molido de sorgo, con niveles de inclusión de DDGS de 0%, 10%, 20% y 30% de la dieta, encontraron una respuesta lineal y positiva ($p < 0,01$) para los distintos tratamientos.

Por otra parte May (2008) trabajando con novillos en confinamiento, alimentados *ad libitum* con una dieta base de grano seco molido de maíz o “steamflakes” de maíz, evaluaron el efecto de distintos niveles de inclusión de WDG de sorgo en la dieta (0%, 10%, 20% y 30%). La respuesta en el consumo fue distinta en función de cuál era la dieta base. Los animales alimentados con grano molido de maíz tuvieron una respuesta cuadrática positiva en consumo ($p = 0,01$), mientras que en aquellos animales alimentados con “steamflakes” el consumo tuvo una respuesta negativa ($p < 0,05$).

En un trabajo elaborado por Wood et al. (2011), en el cual se evaluó el efecto de incluir DDGS de sorgo y maíz en la dieta de novillos en etapa de terminación a razón de 20%, alimentados con una dieta base de grano húmedo de maíz, no encontraron diferencias en el consumo entre los distintos tratamientos ($p > 0,55$).

Mateo et al. (2004), trabajando con novillos alimentados *ad libitum* donde se utilizaron subproducto de destilería WDGS y DDGS de maíz (0, 20 y 40% de la dieta), observaron una interacción sobre el consumo, entre tipo de ganancia diaria y nivel de suministro, observándose que cuando el nivel de inclusión de WDGS era de 40% el consumo animal disminuía, mientras que para el mismo nivel de inclusión (40%) utilizando DDGS el consumo animal se veía en aumento. Similar respuesta es reportada por Ham et al. (1994), quienes evaluando el efecto del uso de WDGS y DDGS de maíz en novillos alimentados *ad libitum*, incluido a razón del 40% base seca en sustitución de

maíz molido, observaron que los animales que consumieron WDGS presentaron un menor consumo que aquellos alimentados con DDGS ($p < 0,10$).

Gibb et al. (2008), trabajando con vaquillonas en terminación alimentadas con una dieta a base de grano molido de cebada con una oferta *ad libitum*, evaluaron el efecto del nivel de inclusión de DDGS de trigo en la dieta (0%, 20%, 40% y 60%), observando una respuesta lineal ($p = 0,001$) en el consumo con valores crecientes a medida que se aumentaba el nivel de inclusión de DDGS en la dieta ($p = 0,02$).

2.2.2 Ganancia diaria de peso vivo

Al igual que con el consumo, el efecto de la inclusión de GD sobre la ganancia diaria ha mostrado resultados muy variables. Algunos trabajos, como el de May (2008) reportan una respuesta en ganancia diaria dependiente de la dieta base ($p = 0,07$) similar a lo observado para consumo: aquellos animales que consumían grano molido de maíz como dieta base registraron una respuesta positiva en ganancia de peso, mientras que en aquellos que tenían como dieta base “steamflake” de maíz, la ganancia diaria disminuía a medida que aumentaban los niveles de inclusión de WDGS.

Por otra parte Ham et al. (1994) evaluando el uso de WDGS y DDGS de maíz (0 y 40% de la dieta) en animales que consumían granos de maíz molido, observaron que aquellos animales que fueron suplementados tanto con WDGS como con DDGS presentaron mayores ganancias diarias ($p < 0,05$) que aquellos animales que no consumieron productos de destilería.

Watson et al. (2014), trabajando con novillos alimentados con una dieta base de maíz, evaluaron el efecto de la inclusión de WDGS de maíz a niveles de 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, y 50% de la dieta. En este trabajo observaron una respuesta de tipo cuadrática ($p < 0,01$) para la ganancia diaria. Contrariamente a estos resultados, Martínez y Zanetti (2016) utilizando DDGS de sorgo con niveles de inclusión de 0%, 10%, 20% y 30%, no encontraron un efecto de los tratamientos ($p > 0,10$) sobre la ganancia diaria. Siendo similar la respuesta para Gibb et al. (2008), donde tampoco encontraron un efecto ($p = 0,20$) de los niveles de inclusión de DDGS de trigo 0%, 20%, 40% y 60% sobre la ganancia diaria de vaquillonas alimentadas *ad libitum* con “steam-rolled” de cebada. También se han vistos trabajos como el realizado por Luebbe et al. (2012), donde obtuvieron una respuesta lineal negativa en la ganancia diaria ($p < 0,01$), a medida que aumentaba el nivel de inclusión de WDG de maíz o de sorgo (0, 15, 30, 45 y 60% de la dieta) en novillos que consumían como dieta base “steamflake” o grano molido de maíz, alimentados *ad libitum*.

2.2.3 Eficiencia de conversión

Con respecto a la eficiencia de conversión se pueden observar variadas respuestas en función del tipo de grano de destilería, o la dieta base que consumían los animales, la cual en parte era sustituida por los granos de destilerías. Un ejemplo de este

caso es el experimento llevado a cabo por May (2008), donde un grupo de novillos consumían como dieta base grano molido de maíz o “steamflake”, el cual era sustituido por WDG de sorgo (0,10, 20 y 30% de la dieta). En el mismo se pudo observar que existía una diferencia en eficiencias, donde los animales que consumían grano molido eran menos eficientes que aquellos que consumían “steamflake”, los cuales fueron 13% superiores en eficiencia ($p < 0,05$), pero cuando estos eran sustituidos por WDG de sorgo las eficiencias se igualaban. Esto significa que la eficiencia de aquellos que consumieron maíz molido aumentó, mientras que para el otro tratamiento la eficiencia de conversión fue disminuyendo, obteniéndose así que para el tratamiento con grano molido de maíz, el nivel de inclusión que ofrecía mejor eficiencia era de 17,1%, mientras que para los que consumieron “steamflake” la mayor eficiencia se dio con 0% nivel de inclusión de WDG.

Por otro lado Watson et al. (2014), observaron que para el uso de granos de destilerías húmedos (WDGS) y medios deshidratados (MDGS) a razón de 0%, 10%, 20%, 30%, 40% y 50%, encontraron una respuesta cuadrática ($p < 0,01$) para la eficiencia de conversión en el uso de WDGS, donde el nivel óptimo de inclusión fue de 40% de la dieta, mientras que para el caso de MDGS se observó una respuesta lineal ($p < 0,01$) en la eficiencia de conversión.

Un trabajo realizado por Ham et al. (1994), en novillos a los cuales se adicionó WDGS o DDGS (40% de la dieta), se pudo observar que aquellos animales que consumieron granos de destilería tuvieron mayores eficiencias ($p < 0,05$), que aquellos que consumieron como dieta base grano de maíz molido, e incluso se observó que dentro de los animales que consumieron granos de destilería, aquellos que consumieron WDGS fueron los que tuvieron mejores eficiencia en comparación con los que consumieron DDGS ($p < 0,05$). Mientras que un trabajo llevado a cabo por Vasconcelos et al. (2007), en el que también utilizaron novillos que consumieron como dieta base “steamflake” de maíz ofrecida *ad libitum*, evaluando niveles de inclusión de 0%, 5%, 10% y 15% de WDGS de sorgo, la eficiencia de conversión de esos animales presentó una respuesta lineal negativa ($p = 0,01$) a medida que aumentaban los niveles de WDGS. Mientras que para Martínez y Zanetti (2016), en novillos alimentados *ad libitum* con una dieta a base de grano de sorgo molido y niveles de inclusión de DDGS de sorgo de 0%, 10%, 20% y 30%, no encontraron un efecto significativo ($p = 0,7025$) en los distintos tratamientos para la eficiencia de conversión.

En resumen, se puede decir según varios trabajos, que cuando los animales tenían como dieta base alimentos como grano molido de maíz, el consumo se veía en aumento según lo reportado por Ham et al. (1994), May (2008), o tenía una respuesta positiva de tipo cuadrática según Watson et al. (2014), obteniendo también para las variables de eficiencia de conversión y ganancia diaria una respuesta similar a la del consumo para los mismos autores mencionados anteriormente. Cabe destacar también que cuando a los animales se les ofrecía “steamflake” de maíz, la performance de los mismos disminuía, viéndose afectado de forma negativa, no solo el consumo, sino también la ganancia

diaria y la eficiencia de conversión, tal como reportan Vasconcelos et al. (2007), May (2008), Luebbe et al. (2012). Sin embargo en dietas a base de grano de sorgo y con inclusión de DDGS de sorgo como lo reportado por Martínez y Zanetti (2016) se observa que si bien el consumo de los animales aumentó, no se afecta significativamente la eficiencia de conversión ni la ganancia diaria.

2.2.4 Calidad de la canal y de la carne

Con respecto a parámetros de calidad de la canal y de la carne, en varios de los trabajos revisados se analizó el efecto de los granos de destilería en color del músculo, área de ojo de bife, espesor de grasa subcutánea, terneza, peso de carcasa caliente, etc. Se observó que para el caso de los parámetros medidos post mortem, la variabilidad de los resultados fue menor.

En el trabajo realizado por Aldai et al. (2010) usando novillos alimentados con una dieta base de grano de cebada la cual se sustituyó con DDGS de trigo a razón del 20% y 40% de la dieta, no se reportó ninguna diferencia en calidad de la canal y de la carne en comparación con los testigos que no consumieron DDGS. Resultados similares se observaron en un experimento llevado a cabo por Yang et al. (2012), con similar dieta a base de cebada y sustituyendo con DDGS de trigo (25, 30 y 35% de la dieta), y tampoco encontraron diferencias.

Otro trabajo llevado a cabo por Vasconcelos et al. (2007), utilizando novillos consumiendo “steamflake” de maíz e incluyendo WDGS de sorgo a razón de 0%, 5%, 10% y 15% de la dieta, se observó que dentro de los parámetros de calidad de la canal y de la carne que se afectaron estaba el peso de carcasa caliente con una respuesta lineal negativa ($p < 0,01$), y una menor área de ojo de bife ($p < 0,01$), mientras que los otros parámetros como color del músculo, terneza o espesor de grasa no se vieron afectados.

También se ha visto en trabajos como el realizado por Luebbe et al. (2012), en el cual se utilizaron novillos consumiendo “steamflake” de maíz y se evaluó el efecto de inclusión de WDGS de maíz o sorgo (0, 15, 30, 45 y 60% de la dieta), donde los resultados que se obtuvieron muestran que tanto los pesos de carcasas, como el espesor de grasa presentaron una respuesta lineal negativa ($p < 0,01$), mientras que en los otros parámetros como terneza, color del músculo o área de ojo de bife no hubo diferencias significativas.

2.3 HIPÓTESIS

Existe un nivel óptimo de sustitución de grano de sorgo por DDGS de sorgo en la dieta de novillos en terminación alimentados con RTMs altamente concentradas previo a la faena que maximiza la ganancia de peso vivo y eficiencia de conversión del alimento.

Esta respuesta estaría asociada a cambios en el consumo de MS y aprovechamiento de los nutrientes consumidos, afectando el valor nutritivo de la dieta.

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

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LOCALIZACIÓN Y PERÍODO EXPERIMENTAL

El experimento se llevó a cabo en la Facultad de Agronomía, Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” (EEMAC), en el área de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (UPIC), ubicada en el litoral norte del Uruguay en el departamento de Paysandú; a 32°20'9" de latitud sur, y 58°2'22" de longitud oeste, a 61 metros sobre el nivel del mar. Tuvo una duración de 102 días, desde el 6 de junio hasta el 15 de septiembre del año 2017.

3.2 CLIMA

Uruguay cuenta con un clima templado, para el departamento de Paysandú el régimen de precipitaciones promedio anual es de 1218 mm, con una temperatura media anual de 17,9 °C (con máximos promedio de 23,8 °C y mínimos promedios de 12,2 °C), y una humedad relativa promedio anual de 73% (INUMET, s.f.). En el cuadro 2 se presentan las medias mensuales de temperatura, precipitaciones y humedad relativa para los meses del período experimental.

Cuadro 2. Medias mensuales históricas de temperatura, precipitaciones y humedad relativa de los meses del período experimental.

	junio	julio	agosto	septiembre
Temperatura máxima (°C)	17,3	17,3	19,0	20,8
Temperatura promedio (°C)	12,8	12,4	14,0	15,8
Temperatura mínima (°C)	8,3	7,5	9,0	10,8
Precipitaciones (mm)	62	54	60	81

Fuente: elaborado con base en Weather spark (s.f.)

3.3 INFRAESTRUCTURA

Para este experimento se utilizó un corral de 1809 m² (67m de largo y 27m de ancho), de piso de tierra y a cielo abierto, con alambrado periférico de 3 hilos de acero y subdivididos con hilos eléctricos en 32 corrales, para mantener a los animales en estabulación individual, quedando así una dimensión de 56 m² por animal (2,09m de ancho aproximadamente por 27m de largo).

3.4 ALIMENTOS

Fueron formuladas cuatro raciones totalmente mezcladas (RTM, 20% voluminoso/ 80% concentrado) elaboradas diariamente en base a grano de sorgo molido, difiriendo en el nivel de sustitución de grano de sorgo por DDGS de sorgo: 0%, 15%, 30%, y 45%. Como voluminoso se utilizó heno de moha picado (20% de la dieta), también se utilizó núcleo vitamínico mineral (Insalmix) y expeler de girasol como fuente

de proteína para los animales del tratamiento 0% (T0). En el cuadro 3 se presenta la composición de ingredientes las RTMs experimentales.

Cuadro 3. Composición de ingredientes (expresado como % del total) de las RTMs experimentales.

	DDGS 0	DDGS 15	DDGS 30	DDGS 45
Sorgo molido	65	60	45	30
DDGS de sorgo	0	15	30	45
Heno de moha	20	20	20	20
Expeler de girasol	10	0	0	0
Núcleo	5	5	5	5

En el cuadro 4 se muestra la composición química de los ingredientes que componen las RTMs.

Cuadro 4. Composición química de los ingredientes (expresado como % de la materia seca).

	Heno de moha	Sorgo molido	DDGS de sorgo	Expeler de girasol
Materia orgánica	88,5	98,1	93,6	91,8
Proteína cruda	8,5	7,5	30,7	33,7
Extracto etéreo	2,2	3,7	9,9	0,3
FDN	62,7	15,8	51,8	40,7
FDA	33,9	8,0	22,4	24,2
Cenizas	11,5	1,9	6,5	8,2
NIDA	1,7	1,9	13,5	2,9

FDN: fibra en detergente neutro.

FDA: fibra en detergente ácido.

NIDA: nitrógeno insoluble en detergente ácido x 6,25.

Es importante mencionar que el DDGS proveniente de Alcoholes del Uruguay (ALUR) fue adquirido en abril de 2017, en una única partida y conservado en silo bolsa.

3.5 ANIMALES

Fueron utilizados 32 novillos Hereford nacidos en la primavera 2015 (peso promedio al inicio del experimento $331 \pm 33,54$ kg), pertenecientes al rodeo de la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” (EEMAC) de la Facultad de Agronomía (Paysandú). Todos los animales provenían de campo natural, habiendo recibido el mismo manejo en primavera, verano y otoño.

3.6 TRATAMIENTOS

Los animales fueron asignados al azar a cada una de las cuatro RTMs. Cada animal fue alojado en un corral individual, constituyendo una unidad experimental, quedando así 8 repeticiones por tratamiento.

3.7 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El experimento constó de tres fases: fase de acostumbramiento a la dieta e instalaciones; fase de alimentación a corral; y fase de faena y mediciones post faena.

3.7.1 Fase de acostumbramiento a la dieta e instalaciones

El período de acostumbramiento de los animales tuvo una duración de 15 días (06/06/2017 hasta 21/06/2017), durante el cual los animales se adaptaron a las instalaciones y fueron gradualmente introducidos a las RTMs experimentales (en el anexo 1 se presenta los detalles de la alimentación durante ese período).

Antes de la entrada al confinamiento, todos los animales fueron vacunados con “Neumosan” contra enfermedades respiratorias y diarrea; fueron desparasitados con “Ricovertm” y recibieron una aplicación de pour-on para control de ectoparásitos.

El 21/06/2017 se procedió a pesar los animales, considerando este registro el peso inicial a efectos estadístico.

3.7.2 Fase experimental de alimentación a corral

La fase experimental comenzó inmediatamente luego del acostumbramiento y tuvo una duración de 85 días (desde el 22/06/2017 hasta 13/09/2017).

Al finalizar la fase de acostumbramiento, los animales estaban consumiendo *ad libitum*. Durante el período experimental, la oferta de alimento se fijó en 88% de la oferta *ad libitum*, representando dicho valor el 2.8% del peso vivo. Esta oferta se ajustó a lo largo del período experimental en función de la evolución de peso de los animales. El alimento fue suministrado en 3 comidas diarias (8:00 hs, 12:00 hs y 16:00 hs) ofreciendo el 33% de la oferta diaria en cada una.

Antes de suministrar la primera comida del día se revisaban los comederos y se pesaba el rechazo del día anterior en caso de que hubiera y se descartaba.

El agua fue suministrada *ad libitum* diariamente a todos los animales y semanalmente se limpiaban los bebederos a los efectos de evitar problemas en los animales por la calidad del agua.

En la mitad de esta fase se realizó una remoción de barro del corral, con el objetivo de mejorar las condiciones experimentales de los animales y facilitar la recolección de muestras de heces que se realizaron posteriormente.

3.7.3 Fase faena y mediciones post faena

Los animales se faenaron a fecha fija. Fueron embarcados (con ayuno previo) el día 15/09/2017 y transportados hasta un frigorífico comercial de la zona (a 21 km de distancia), donde los animales fueron faenados al día siguiente. Las mediciones post faena se realizaron el día 19/09/2017.

3.7.4 Registros y mediciones

3.7.4.1 Peso vivo

Los registros de pesos de los animales se efectuaron cada 14 días, correspondiendo la última pesada al día de embarque de los animales.

Todos los registros de peso vivo se realizaron temprano en la mañana (8:00 am), sin ayuno previo y antes de suministrada la primera comida del día. Las mediciones se realizaron en balanza electrónica de las instalaciones de la estación experimental.

3.7.4.2 Altura de anca

El registro de altura de anca de los animales se realizó en dos instancias, la primera medición se llevó a cabo el 21/06/2017 previo al comienzo de la fase experimental, y la última medición fue el 13/09/2017 previo al embarque de los animales a frigorífico.

3.7.4.3 Espesor de grasa subcutánea (EGS)

El espesor de grasa subcutánea se midió el 21/06/2017 mediante ultrasonografía (Brito et al., 2001).

3.7.4.4 Consumo de materia seca

El consumo de materia seca de los animales se calculaba mediante la diferencia entre el alimento ofrecido en el día menos el rechazo, este último se obtenía mediante el peso del alimento rechazado en el comedero antes de suministrar la primera comida del siguiente día.

Semanalmente se tomaban muestras de los ingredientes que componían las distintas dietas y del rechazo para determinar porcentaje de materia seca (%MS) mediante el secado en estufas de aire forzado hasta peso constante. Las muestras secas fueron conservadas y combinadas luego en muestras compuestas por ingrediente o animal, para la determinación de su composición química.

3.7.4.5 Digestibilidad aparente in vivo

En las semanas 5 y 11 del período experimental la digestibilidad aparente de la materia seca fue estimada utilizando la concentración de cenizas insolubles en ácido como marcador interno (Van Keulen y Young, 1977). El muestreo de alimento y de

heces para cada animal se realizó durante tres días consecutivos. En el caso de las heces las muestras fueron recolectadas previo al suministro de cada comida, observando al animal y recogiendo la muestra del suelo. Las muestras fueron congeladas y conservada hasta su posterior procesamiento.

3.7.4.6 Comportamiento animal

Durante las semanas 5 y 11 del período experimental, en dos días consecutivos (distintos a los días en los cuales se recolectaba alimentos y heces), se realizaba durante las horas de luz (8:00 am hasta 6:00 pm) registro de actividad de los animales, donde mediante observación visual directa, cada 10 minutos, se tomaba nota de la actividad que cada animal estuviese realizando (descanso, rumia, consumo de alimento o consumo de agua). Al mismo tiempo mientras se registraba la actividad de los animales, se determinaba el patrón diario de consumo mediante el pesaje del alimento residual antes de suministrar cada comida y se devolvía el mismo al comedero.

3.7.4.7 Aporte de fibra efectiva de la dieta

Dentro de las semanas anteriormente mencionadas se tomaban muestras de los alimentos ofrecidos de cada tratamiento para cuantificar el aporte de fibra efectiva de cada ingrediente y de las RTMs, mediante el uso de separador de partículas Penn State.

3.7.4.8 Registros climáticos

Se obtuvieron registros climáticos en cuanto a temperatura, precipitaciones y humedad relativa, para los meses correspondientes al período experimental, tomados de la estación meteorológica de la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” (EEMAC) de la Facultad de Agronomía (Paysandú).

3.7.5 Mediciones en faena y post faena

Los animales fueron faenados el día 16/09/2017 a primera hora de la mañana luego de 40 horas de ayuno, donde antes de ingresar a planta de faena fueron pesados individualmente en primera balanza, siendo tomado estos valores como peso a la faena.

Todas las mediciones y obtenciones de muestras fueron realizadas en la media res izquierda de cada animal.

3.7.5.1 Peso de la canal

Posterior al proceso de degüello, desangrado y eviscerado, los animales fueron divididos en dos mitades (media res), en donde fueron pesados en cuarta balanza y al mismo tiempo fueron clasificados según la escala de conformación de INAC (escala INACUR), con los correspondientes grados de terminación (escala de 0 a 4, INAC, s.f.).

3.7.5.2 Peso de principales cortes

Luego de que la canal hubiese pasado por la cámara de frío y fuese confeccionado el corte pistola, fueron extraídos algunos cortes como bife angosto, lomo, cuadril, tapa de cuadril y colita de cuadril, los cuales fueron pesados y de esta manera se obtuvieron los pesos de los principales cortes.

3.7.5.3 Área de ojo de bife

El área de ojo de bife de cada animal fue medido por recuento de área, fue calcado el contorno en hoja de acetato de la porción inferior del corte pistola a nivel de *longissimus dorsi*, para luego con hojas centimetrada calcular el área.

3.7.5.4 Espesor de grasa subcutánea

El espesor de grasa subcutánea se midió con regla milimetrada en el punto p8 a nivel de la décima costilla.

3.7.5.5 pH

El pH fue medido por operarios de planta luego de transcurridas 18 horas como mínimo desde la faena de los animales.

3.7.5.6 Color del músculo

El color de músculo fue determinado mediante un colorímetro portátil Minolta CR300, a nivel del *longissimus dorsi*, luego de que el músculo estuviera expuesto al oxígeno por un período mayor a 45 minutos. Se tomaron tres medidas en el músculo las cuales fueron promediadas, y se obtuvieron tres parámetros, el primer parámetro "L" (luminosidad) corresponde al brillo el cual es proporcional a la refracción de la luz, donde los valores varían de 0 (negro) a 100 (blanco). El segundo parámetro es el "a", el cual refiere a las tonalidades de rojo, donde los valores positivos indican color rojo y los valores negativos el color verde. El último parámetro es el "b", que indica el grado de amarillamiento, siendo amarillo con valor positivo, y azul con valores negativos.

3.7.5.7 Fuerza de corte

Se midió a través del uso de una cizalla o célula Warner-Braztler, utilizando cilindros de músculo de 1,27 cm de diámetro obtenidos mediante un sacabocado respetando las fibras musculares paralelas a lo largo del mismo, luego de que la muestras del músculo *longissimus dorsi* haya sido cocinada en baño maría durante 45 minutos.

3.7.6 Variables calculadas

3.7.6.1 Ganancia media diaria

La variable ganancia media diaria se estimó mediante el cálculo de la regresión de los pesos vivos de los animales a lo largo del tiempo.

3.7.6.2 Eficiencia de conversión

La eficiencia de conversión se calculó como el cociente entre el consumo de materia seca y la ganancia media diaria durante el período experimental.

3.7.6.3 Consumo de materia seca digestible y materia orgánica digestible

Con respecto al consumo de materia seca digestible y materia orgánica digestible, el primero se obtuvo a través de la multiplicación del consumo de materia seca y la digestibilidad de la misma, y el segundo mediante la multiplicación del consumo de materia seca, porcentaje de materia orgánica y su digestibilidad.

3.7.6.4 Consumo de proteína cruda, FDN y FDN efectiva

El consumo de proteína cruda, FDN y FDN efectiva se calculó a través de la multiplicación del consumo de materia seca y el % PC, % FDN y % FDN efectiva de la RTM consumida respectivamente.

3.7.6.5 Factor de efectividad y % de FDN efectiva

El factor de efectividad corresponde a la suma de los pesos del alimento que queda retenido en la criba 1 (>19mm), criba 2 (19-8 mm) y criba 3 (8-1,18 mm) del separador de partículas de forraje Penn State sobre el total del alimento. Mientras que el porcentaje de FDN efectiva se obtiene multiplicando el % FDN (del alimento o de la dieta) por el factor de efectividad (del alimento o de la dieta).

3.7.6.6 Rendimiento

Se obtiene de la relación entre el peso de canal caliente y el peso vivo a la faena, y se expresa como porcentaje.

3.8 ANÁLISIS QUÍMICO

Sobre una muestra compuesta para el período experimental de cada uno de los ingredientes que conformaban las RTMs experimentales, se determinó el contenido de ceniza, materia orgánica, nitrógeno total, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, extracto etéreo y nitrógeno insoluble en detergente ácido. Y sobre una muestra compuesta de heces por animal para el período experimental, se midió el contenido de ceniza.

La determinación del nivel de cenizas se estimó mediante el residuo obtenido de la incineración de la muestra a 600°C (AOAC, 1990).

El nitrógeno total fue determinado mediante el método Kjeldhal, el cual se basa en la conversión del nitrógeno de las sustancias nitrogenadas en amonio, mediante una digestión caliente en ácido sulfúrico concentrado. Obteniéndose el nivel de proteína en los vegetales multiplicando el nitrógeno por el factor 6,25 (AOAC, 1990).

Los contenidos de FDN y FDA fueron determinados con tecnología Ankom (FiberAnalyzer 200, AnkomTechnologyCorporation) de forma secuencial (Van Soest et al., 1991), y el del EE según las normas descriptas por AOAC (1990).

3.9 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El experimento fue analizado según un diseño de parcelas al azar considerando al animal como unidad experimental.

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

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

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

Donde:

Y_{ijklm} = peso vivo.

β_0 = intercepto.

ζ_j = efecto del j-ésimo nivel de DDGS (j= 0%; 15%; 30% y 45%).

ε_{jk} = error experimental.

β_1 = pendiente promedio (ganancia diaria) del PV en función de los días (d1).

β_{1j} = pendiente del PV en función de los días (d1) para cada nivel de DDGS.

β_2 = pendiente que afecta a la covariable PV al inicio del experimento (PV_{jk}).

σ_{ijklm} = error de la medida repetida en el tiempo.

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

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

Donde:

Y_{ijklm} = consumo de materia seca, rechazo.

μ = media general.

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

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

ε_{jk} = error experimental.

σ_{ijkl} = error de la medida repetida en el tiempo

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

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

Donde:

Y_{ij} = EC, altura final, digestibilidad.

μ = media general.

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

ε_{ij} = error experimental.

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

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

Donde:

P es la probabilidad de consumo, rumia o descanso.

b_0 es el intercepto

ζ_i es el efecto de los tratamientos

P_j es el efecto de la semana de observación

ζP_{ij} es la interacción entre tratamiento y semana

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

Cuando el efecto de 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 fue menor al 5%.

4. RESULTADOS

4.1 REGISTROS CLIMÁTICOS

En el cuadro 5 se presentan los valores promedios mensuales de temperatura, humedad relativa y precipitaciones en la estación experimental Dr. Mario A. Cassinoni correspondientes al período experimental.

Cuadro 5. Temperatura promedio, máxima y mínima, humedad promedio y precipitaciones de cada mes en EEMAC, durante el período experimental.

	junio	julio	agosto	septiembre
Temperatura promedio (°C)	13,5	14,3	14,6	16,3
Temperatura máxima (°C)	18,2	19,4	19,6	21,0
Temperatura mínima (°C)	9,0	10,1	9,8	11,8
Humedad promedio (%)	80	79	82	83
Precipitaciones (mm)	20	55	326	203

Fuente: elaborado con base en Facultad de Agronomía. EEMAC¹

4.2 CARACTERÍSTICAS DE LA DIETA

En el cuadro 6 se presenta la composición química de las RTMs ofrecidas durante el período experimental.

Cuadro 6. Concentración de nutrientes de la RTM (expresada como % de la MS) según tratamiento.

	Tratamiento			
	DDGS 0	DDGS 15	DDGS 30	DDGS 45
Materia orgánica	95,6	95,6	94,9	94,2
Proteína cruda	12,3	13,1	16,6	20,1
Extracto etéreo	2,8	4,1	5,0	6,0
FDN	27,8	30,7	36,1	41,4
FDA	14,9	15,4	17,5	19,6
Cenizas	4,4	4,4	5,1	5,8
NIDA	1,9	3,5	5,2	7,0

FDN: fibra en detergente neutro.

FDA: fibra en detergente ácido.

NIDA: nitrógeno insoluble en detergente ácido x 6,25.

¹ Cairus, E. 2017. Com. personal.

Los niveles de proteína cruda, extracto etéreo, FDN y NIDA aumentaron en función del nivel de inclusión de DDGS en la dieta, lo cual era de esperarse ya que en los análisis de cada ingrediente, el DDGS de sorgo presentaba niveles superiores en comparación con los otros componentes de la dieta.

4.2.1 Aporte de fibra físicamente efectiva

Si bien el factor de efectividad presentó un ajuste lineal, como se observa en el cuadro 7, este no fue significativo para los distintos tratamientos ($p=0,1686$). El porcentaje de FDN efectiva tampoco difirió significativamente ($p=0,2595$).

En cuanto al tamaño de distribución de las partículas, la primera ($>19\text{mm}$) y la última ($<1,18\text{ mm}$) criba, no presentaron diferencias significativas ($p=0,3118$ y $p=0,1783$) respectivamente; la segunda criba ($19-8\text{ mm}$) tuvo una tendencia a disminuir linealmente ($p= 0,0657$) y la tercer criba ($8-1,18\text{mm}$) presentó un efecto significativo ($p=0,0003$) y un ajuste cuadrático.

Cuadro 7. Efecto del nivel de inclusión de DDGS sobre la distribución de tamaño de partículas, el factor de efectividad de la fibra y el aporte de fibra efectiva en las RTMs.

Tamaño de partícula (%)	Tratamiento				Contraste (valor de P)	
	DDGS 0	DDGS 15	DDGS 30	DDGS 45	Lineal	Cuadrático
>19 mm	10,97	10,31	11,72	13,79	0,0907	0,4726
19-8 mm	8,58	3,68	4,01	4,07	0,0001	0,0105
8-1,18 mm	40,08	37,85	35,87	29,80	0,0165	0,3518
<1,18 mm	40,37	48,16	48,39	52,34	0,0440	0,8452
Factor de efectividad	0,63	0,54	0,54	0,47	0,0419	0,8015
% FDN efectiva	18,1	17,1	20,4	20,8	0,1040	0,6420

FDN efectiva: fibra en detergente neutro efectiva.

4.3 CRECIMIENTO ANIMAL

En el cuadro 8 se presenta un resumen del efecto del nivel de inclusión de DDGS sobre las variables de respuesta que describen el crecimiento animal, y en la figura 2 se observa la evolución del peso vivo durante la fase de alimentación a corral.

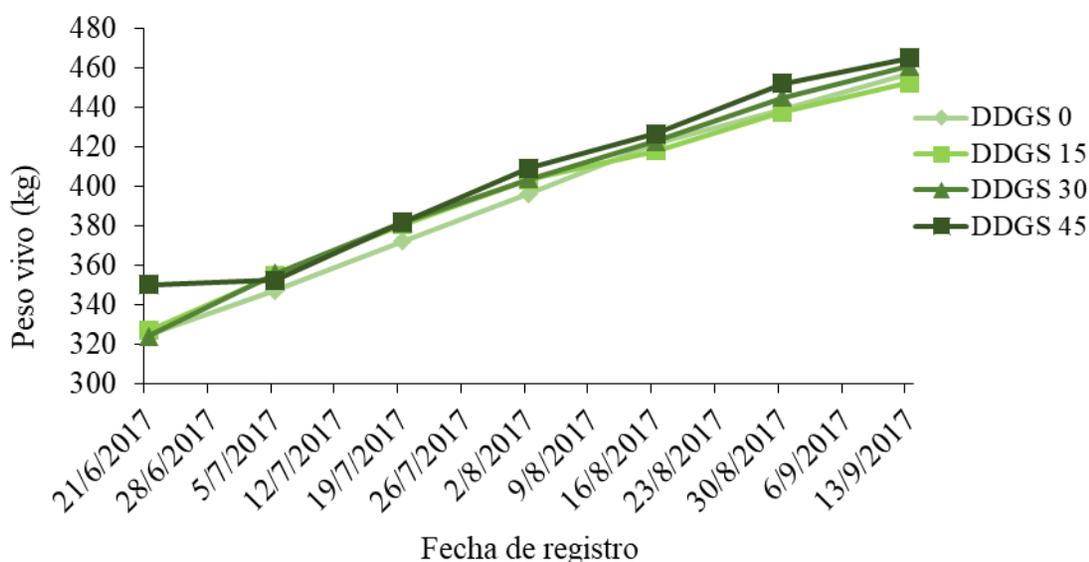


Figura 2. Evolución de peso vivo en el tiempo según nivel de inclusión de DDGS en la dieta (medias ajustadas por tratamiento).

Cuadro 8. Efecto del nivel de inclusión de DDGS sobre el crecimiento animal.

Variable	Tratamiento				Contraste (valor de P)	
	DDGS 0	DDGS 15	DDGS 30	DDGS 45	Lineal	Cuadrático
Peso vivo inicial (kg)	324,6	326,7	324,1	349,7	0,1792	0,3282
GMD (kg/día)	1,5	1,4	1,5	1,6	0,1163	0,2641
Peso vivo final (kg)	457,4	452,6	460,9	465,0	0,2795	0,4813
Altura final (cm)	127,7	127,2	128,8	129,7	0,0913	0,4981

GMD: ganancia media diaria.

La ganancia diaria promedio durante el período experimental fue de 1,525 kg/animal/día, no observándose diferencias debidas a tratamientos ($p=0,9848$).

A la salida del corral los novillos de los diferentes tratamientos no registraron diferencias significativas en peso vivo ni en la altura al anca.

4.4 CONSUMO Y DIGESTIBILIDAD DE LA MS, CONSUMO DE NUTRIENTES Y EFICIENCIA DE CONVERSIÓN

En el cuadro 9 se presentan las medias ajustada por tratamiento para las variables CMS, EC, digestibilidad aparente de la MS y MO, así como el consumo diario de los diferentes nutrientes.

Cuadro 9. Efecto del nivel de inclusión de DDGS en la dieta sobre el consumo medio diario de materia seca (MS), eficiencia de conversión del alimento, digestibilidad aparente de la MS y MO y consumo diario de nutrientes (kgMS).

Variable	Tratamiento				Contraste (valor de P)	
	DDGS 0	DDGS 15	DDGS 30	DDGS 45	Lineal	Cuadrático
Digestibilidad MS	80,1	80,6	75,6	76,5	0,1638	0,9330
Digestibilidad MO	82,5	82,9	77,6	78,7	0,1582	0,8813
Consumo MS (kgMS)	10,3	10,6	10,6	11,3	0,0479	0,4382
Consumo MS (%PV)	2,7	2,7	2,8	2,7	0,1452	0,2169
Proteína cruda	1,3	1,4	1,8	2,3	<,0001	0,0009
FDN	3,0	3,4	4,0	5,0	<,0001	0,0298
FDN efectiva	1,9	1,8	2,2	2,4	<,0001	0,0566
Eficiencia de Conversión	6,8	7,6	7,0	6,8	0,6168	0,1479

MS: materia seca.

FDN: fibra en detergente neutro.

FDN efectiva: fibra en detergente neutro efectiva.

El consumo de materia seca expresado como % de PV no difirió estadísticamente entre tratamientos ($p=0,2863$), al igual que el consumo expresado como kgMS/animal/día ($p=0,1720$), a pesar de que este último presentara un ajuste lineal. Esta respuesta fue independiente de la semana ($T \times S, p=0,5718$) como se observa en la figura 3, y del día dentro de la semana ($p=0,9973$).

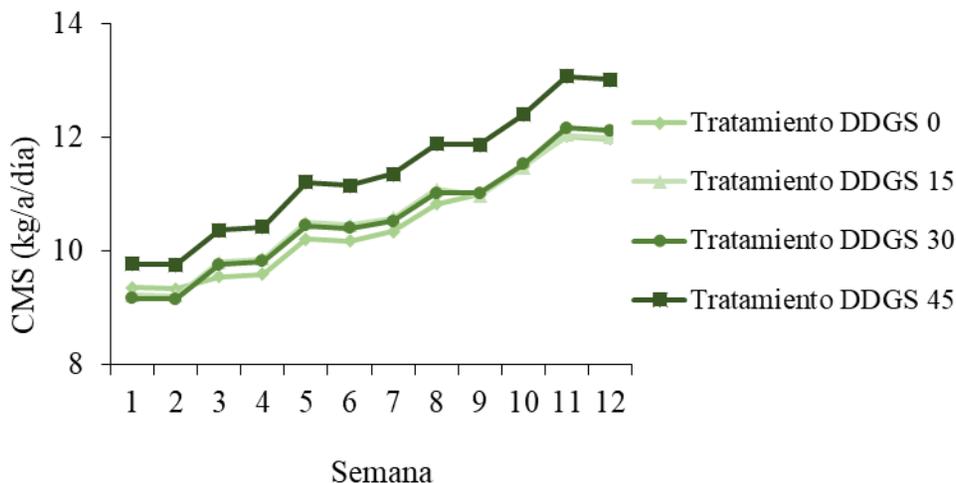


Figura 3. Evolución del consumo de materia seca (kg/animal/día) según los distintos niveles de inclusión de DDGS.

La digestibilidad de la MS y MO no difirió estadísticamente ($p=0,40$ y $p=0,37$ respectivamente) entre tratamientos.

Se constató que no hubo efecto significativo de los tratamientos para el consumo en materia seca y materia orgánica digestible, mientras que sí se vieron diferencias significativas ($p < 0,0001$) para el consumo de proteína cruda, FDN y FDN efectiva, presentando un ajuste de tipo cuadrático (figura 4).

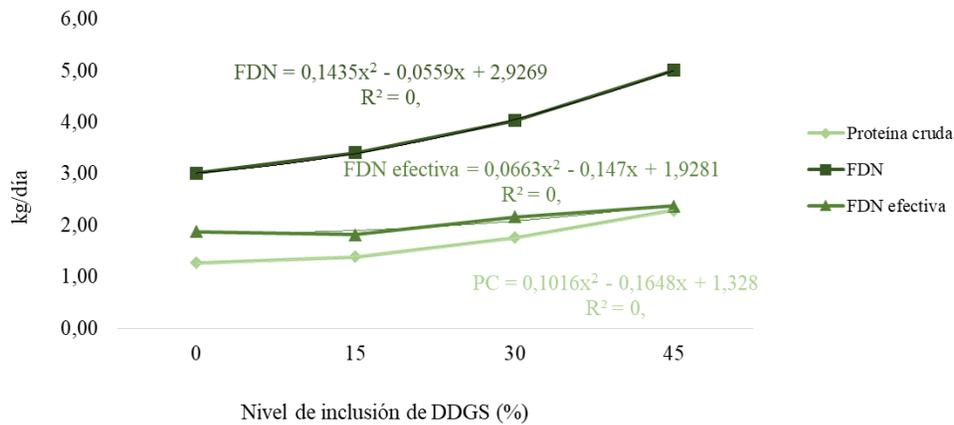


Figura 4. Efecto del nivel de inclusión de DDGS sobre el consumo de proteína cruda, fibra en detergente neutro (FDN) y FDN efectiva.

La eficiencia de conversión no difirió estadísticamente entre tratamientos ($p=0,2881$).

En la figura 5 se presenta el efecto de la inclusión del DDGS sobre CMS, CMSD, EC y GMD.

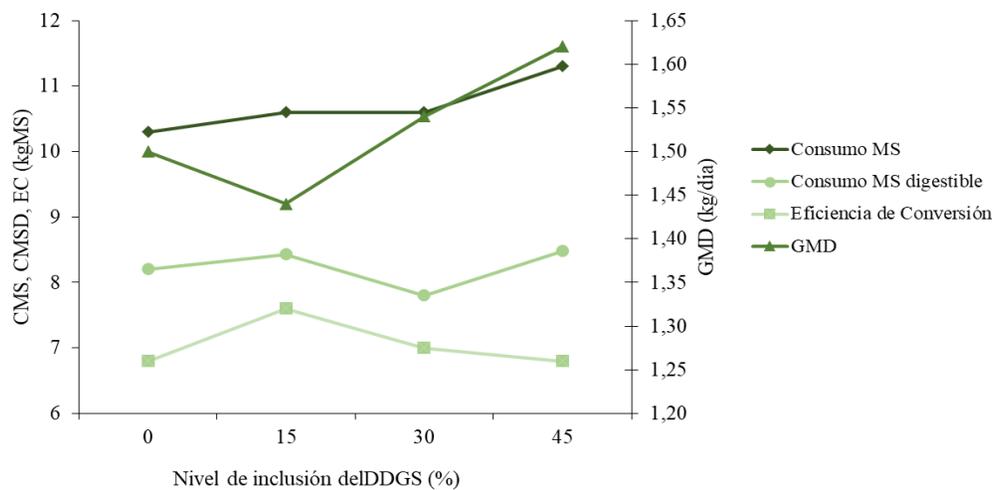


Figura 5. Efecto del nivel de inclusión de DDGS sobre la ganancia media diaria, eficiencia de conversión, consumo de materia seca y consumo de materia seca digestible.

4.5 COMPORTAMIENTO

Las actividades de comportamiento animal fueron caracterizadas a partir de la estimación de la probabilidad de encontrar a los animales destinando tiempo a las distintas actividades como consumo de alimento, descanso, rumia y consumo de agua (cuadro 10). Incrementos en el contenido de DDGS en la dieta solamente afectó la actividad de consumo ($p=0,0041$), donde los animales del tratamiento 0% tuvieron una mayor probabilidad de encontrarse consumiendo que los animales de los tratamientos 15%, 30% y 45%, siendo esta respuesta independiente de la semana de medición y del día dentro de la semana ($p<0,0001$ y $p=0,0387$).

Para las actividades de rumia y descanso no se encontraron diferencias significativas para los distintos tratamientos, y para el caso de la actividad de consumo de agua debido al bajo número de observaciones registradas no fue posible analizarla estadísticamente.

Cuadro 10. Efecto del nivel de inclusión de DDGS en la dieta sobre la probabilidad de consumo, descanso o rumia.

Variable	Tratamiento				Efecto				
	DDGS 0	DDGS 15	DDGS 30	DDGS 45	T	S	D (S)	TxS	TxD (S)
Consumo	0,27	0,22	0,22	0,22	0,0041	<,0001	0,0387	0,7366	0,5558
Descanso	0,60	0,61	0,61	0,61	0,9487	0,5522	0,0280	0,8491	0,5209
Rumia	0,08	0,10	0,10	0,10	0,1391	0,0672	0,2138	0,5793	0,7158

T: tratamiento.

S: semana.

D (S): día dentro de la semana.

TxS: tratamiento por semana.

TxD (S): tratamiento por día dentro de la semana.

4.5.1 Patrón de consumo

En el cuadro 11 se puede observar el efecto de la inclusión del DDGS sobre el consumo de materia seca por turnos.

Cuadro 11. Efecto del nivel de inclusión de DDGS en la ración sobre el consumo de materia seca (kgMS/animal).

Turno	Tratamiento				Contraste (valor de P)	
	DDGS 0	DDGS 15	DDGS 30	DDGS 45	Lineal	Cuadrático
1 (08:00-12:00)	3,47	3,75	3,77	4,03	0,0114	0,9442
2 (12:00-16:00)	3,53	3,70	3,77	3,95	0,0395	0,9542
3 (16:00-08:00)	4,18	3,81	3,77	4,17	0,9169	0,0346

El nivel de inclusión de DDGS solo afectó la distribución del consumo de materia seca (kg/animal/día, $p=0,0663$) para el turno 1. Mientras que para los turnos 2 y 3, si bien no presentaron un efecto significativo entre tratamientos, se observó un ajuste lineal y cuadrático respectivamente. A su vez se puede observar que para el tratamiento 0 el consumo iba en aumento en el transcurso del día, mientras que para los otros tratamientos el consumo fue similar durante el día.

4.6 CALIDAD DE LA CANAL Y DE LA CARNE

En el cuadro 12 se puede observar el efecto del nivel de inclusión de DDGS en la dieta sobre parámetros de calidad de la canal y de la carne ajustados por peso de faena.

Cuadro 12. Efecto del nivel de sustitución del DDGS sobre la calidad de la canal y de la carne en novillos alimentados a corral ajustado por peso de faena.

Variable	Tratamiento				Contraste (valor de P)	
	DDGS 0	DDGS 15	DDGS 30	DDGS 45	Lineal	Cuadrático
Peso canal (kg)	240,9	240,1	238,6	240,2	0,7049	0,5926
Rendimiento (%)	54,4	54,2	53,9	54,3	0,6909	0,554
Peso pistola (kg)	52,0	50,6	49,9	50,7	0,2659	0,2432
Peso lomo (kg)	1,9	1,9	2,0	1,9	0,9156	0,8084
Peso bife angosto (kg)	4,2	4,0	4,0	4,1	0,3963	0,2137
Peso cuadril (kg)	3,0	3,0	3,0	3,0	0,978	0,6342
Peso tapa de cuadril (kg)	1,3	1,2	1,2	1,3	0,8611	0,5093
Peso colita de cuadril (kg)	1,0	1,0	0,9	1,0	0,4509	0,271
AOB (cm ²)	49,7	50,0	48,0	48,7	0,5045	0,9286
EGS (mm)	10,2	8,6	7,7	7,3	0,0963	0,6214
Color del músculo L	33,3	34,6	36,8	33,7	0,4657	0,044
Color del músculo a	23,3	23,2	25,4	21,7	0,6483	0,1187
Color del músculo b	12,3	12,2	13,8	11,9	0,883	0,1748
pH	5,8	5,7	5,6	6,0	0,4147	0,0636
Fuerza de corte (kg/cm ²)	4,2	3,3	2,8	3,0	0,0182	0,6849

AOB: área de ojo de bife.

EGS: espesor de grasa subcutánea.

Para los parámetros de calidad de la canal como peso a la faena, peso de la canal, peso de cortes valiosos (pistola, lomo, bife angosto, cuadril, tapa de cuadril y colita de cuadril) y rendimiento, no se encontraron diferencias significativas.

El AOB tampoco mostró diferencias entre los distintos tratamientos, aunque sí se observa una tendencia lineal a la disminución del EGS al aumentar el nivel de inclusión de DDGS en la dieta.

En cuanto a los parámetros de calidad de la carne como pH, color del músculo L, a y b no se registraron diferencias significativas, encontrándose una tendencia al ajuste cuadrático únicamente para color L. Para la fuerza de corte se obtuvo una respuesta lineal negativa ($p=0,0182$).

5. DISCUSIÓN

5.1 CONDICIONES CLIMÁTICAS

Durante el período en el que se desarrolló el experimento las temperaturas no variaron con respecto al promedio de la serie histórica (1980-2016). En cuanto a las precipitaciones registradas durante la primera mitad del período, estas fueron similares a la serie histórica, en cambio durante la segunda mitad las mismas fueron por encima de la media histórica, esto ocasionó un incremento en el nivel de barro en el corral hacia el final del experimento, la acumulación de barro en el corral podría determinar incrementos en los costos de mantenimiento, Ferrari (2012), por lo que se hizo una remoción de barro del corral a modo de disminuir el estrés de los animales para evitar pérdidas de productividad y mantener la performance animal, pudiendo asumir que no hubo un efecto año que afecte las variables registradas.

5.2 CARACTERÍSTICAS DE LA DIETA

En lo que refiere a características químicas, el DDGS de sorgo coincide con los datos de FEDNA (2012). En lo que respecta a este subproducto, presenta altos contenidos de PC, EE y FDN (30.7, 9.9 y 51.8% respectivamente para este experimento), lo que coincide con los datos reportados por Martínez y Zanetti (2016), Anzolabehere y Cortazzo (2017), aunque estos pueden variar en función del tipo de grano, su calidad y los procesos industriales en la planta de producción de etanol (Singh y Graeber 2005, Sharma et al. 2007, Belyea et al. 2010).

Al realizar una comparación entre el tratamiento testigo y el tratamiento con mayor inclusión de DDGS (45%), se constata que el contenido de materia orgánica no presenta variaciones considerables, la PC aumentó 7.8, el EE 3.2, la FDN 13.6 y el NIDA 5.1 puntos porcentuales respectivamente. Al comparar los valores obtenidos luego de la realización del análisis de valores nutricionales para el sorgo y el DDGS con los valores del cuadro 1 elaborado con base en FEDNA (2012), se observó una importante diferencia en los valores de FDN, siendo de 8% para el sorgo y 27% para el DDGS de sorgo según FEDNA (2012), contra 15,8% y 51,8% respectivamente, obtenidos en los análisis del presente trabajo. Esta diferencia se debe a características propias del grano de sorgo utilizado en cada estudio y de los procesos industriales realizados para la obtención del DDGS.

Como era de esperarse, la composición química de la dieta cambió en la medida que aumentó el nivel de inclusión de DDGS en la misma. Se observó un aumento en el porcentaje de PC respecto al tratamiento testigo (dieta compuesta por heno de moha, grano de sorgo molido y expeler de girasol), ocasionando que la dieta no fuera isoproteica. Este aumento en el contenido de proteína cruda no es un punto relevante ya que, según Pordomingo (2002), esta categoría requiere un aporte proteico de 12 a 13% de proteína bruta, siendo más exigente en cuanto al aporte energético.

La PNDR aumenta (valores tabulados) a medida que se incrementan los niveles de DDGS, al no haber efecto en la ganancia de peso se puede concluir que el nivel de PM consumido fue suficiente para cumplir con los requerimientos para el crecimiento de los mismos. La PM adicional en los restantes tratamientos podría disminuir la productividad animal como consecuencia de un aumento en los requerimientos energéticos, ya que se destinaría energía para eliminar el exceso de amoníaco en el organismo, aumentando la probabilidad de contaminación ambiental por incrementos en la excreción de N (Huntington y Archibeque, 2000), aunque esto no ocurrió en este experimento.

La fracción de proteínas insolubilizadas ligadas a la estructura lignocelulósica se ve determinada por el NIDA presente en el DDGS, el cual podría disminuir la digestibilidad duodenal de la PNDR.

En lo que refiere al aporte energético, en el tratamiento testigo la energía es aportada principalmente por el grano de sorgo molido, mientras que en los demás tratamientos con el aumento del nivel de inclusión de DDGS en la dieta toma importancia el EE y la fibra altamente digestible del DDGS (Kleinschmit et al., 2007) y en menor medida el almidón del grano de sorgo.

En cuanto al EE en la dieta y lo consumido por el animal, aumenta conforme al incremento de inclusión de DDGS, el cual no llega a superar el límite máximo de capacidad metabólica de los rumiantes para las grasas (6%), según Zinn (1989).

En lo que refiere al factor de efectividad de la fibra y el porcentaje de fibra detergente neutro efectiva, los mismos disminuyeron a medida que aumentó el nivel de inclusión de DDGS (0.16 puntos para el factor de efectividad y 2.7 puntos porcentuales para el caso de la fibra detergente neutro efectiva), a pesar de que no presentan diferencias significativas.

5.3 PERFORMANCE ANIMAL

5.3.1 Peso vivo y ganancia diaria

Con respecto a la ganancia media diaria de los animales, se observa que para el tratamiento testigo, ésta fue la esperada (1,5 kg/animal/día), lo cual coincide con lo reportado por Martínez y Zanetti (2016), trabajando con novillos alimentados *ad libitum* con una dieta similar (65% de grano molido de sorgo y 8% de cáscara de arroz en la dieta para el tratamiento testigo) con niveles de inclusión de 0%, 10%, 20% y 30% de DDGS de sorgo.

En lo que refiere a la respuesta de la ganancia media diaria, los resultados que se obtuvieron en este experimento no concuerdan con los planteados en hipótesis, ya que esta no difirió estadísticamente para los distintos tratamientos.

En variables de performance animal como lo son la ganancia diaria y el peso vivo de los animales, se reportan diferentes repuestas entre los distintos experimentos consultados. Coincidiendo con lo observado en el presente trabajo, tanto en el experimento de Anzolabehere y Cortazzo (2017), donde utilizaron DDGS de sorgo en terneras alimentadas *ad libitum*, evaluando niveles de inclusión de 0%, 15%, 30% y 45% de la dieta en sustitución de sorgo molido, como en el de Martínez y Zanetti (2016), evaluando el DDGS de sorgo en novillos alimentados *ad libitum* con niveles de inclusión de 0%, 10%, 20% y 30% sustituyendo sorgo molido; como en este experimento, no se vio un efecto del nivel de DDGS sobre la ganancia diaria ($p=0,9985$; $p>0,10$ y $p=0,9848$ respectivamente).

Por otra parte May (2008), utilizando WDGS de sorgo en novillos alimentados *ad libitum* con niveles de inclusión de 0%, 10%, 20% y 30% sustituyendo maíz molido, encontró una respuesta cuadrática en la ganancia diaria ($p=0,01$); diferente de lo reportado por Vasconcelos et al. (2007), quienes también utilizaron WDGS de sorgo con niveles de inclusión de 0%, 5%, 10% y 15% en sustitución de “steamflake” de maíz, quienes hallaron una respuesta lineal negativa ($p\leq 0,03$). Por otra parte Luebbe et al. (2012), también reportan una respuesta lineal negativa ($p<0,01$), utilizando WDGS de maíz y sorgo (0, 15, 30, 45 y 60% de la dieta), sustituyendo “steamflake” o grano molido de maíz.

Watson et al. (2014), evaluando el WDGS de maíz con niveles de 0%, 10%, 20%, 30%, 40, y 50% de la dieta en sustitución de maíz, obtuvieron una respuesta cuadrática en la ganancia diaria ($p<0,01$). También se vio una respuesta positiva ($p<0,05$) en la ganancia diaria en un trabajo realizado por Ham et al. (1994), donde utilizaron WDGS y DDGS de maíz con niveles de inclusión de 0 y 40% de la dieta sustituyendo grano de maíz molido.

5.3.2 Consumo y digestibilidad de la MS, consumo de nutrientes y eficiencia de conversión

No se encontraron diferencias significativas entre los consumos de materia seca (expresados en % de peso vivo) de los distintos tratamientos, lo cual era de esperarse ya que para este experimento el consumo estuvo ajustado al 2,8% del peso vivo, y a su vez al no haber diferencias significativas entre los pesos de los distintos animales, el consumo en kg MS/animal/día tampoco difirió estadísticamente.

La digestibilidad de la materia seca y de la materia orgánica de las RTMs no fue afectada por el nivel de inclusión de DDGS. Contrariamente a los resultados obtenidos por Martínez y Zanetti (2016), quienes evaluando niveles de inclusión de DDGS de sorgo en la dieta (0%, 10%, 20% y 30%) sustituyendo sorgo molido, observaron una respuesta cuadrática con un nivel óptimo de inclusión de DDGS en torno a 14% para una DMS de 76,06% y DMO de 82,69%. Esta diferencia en la respuesta entre ambos experimentos podría estar dada por el hecho de que en este trabajo la oferta se restringió

al 2,8% del peso vivo, a diferencia de Martínez y Zanetti (2016) en el cual la oferta fue *ad libitum*, siendo mayor la tasa de pasaje afectando la digestibilidad (Kamande, citado por Anzolabehere y Cortazzo, 2017).

Como resultado de la respuesta en consumo y los cambios en la concentración de nutrientes de las RTMs, el aumento del nivel de DDGS no afectó el consumo de MSD y MOD pero sí se observaron diferencias en el consumo de PC, FDN y FDN efectiva. Contrario a estos resultados, Martínez y Zanetti (2016), observaron que tanto el consumo de MSD como el de MOD presentaron una respuesta de tipo cuadrática ($p=0,0015$ y $p=0,0047$, respectivamente), ubicando el óptimo para ambas variables en un 18% de nivel de inclusión de DDGS. Estos autores también observaron un aumento en el consumo de PC y FDN ($p<0,01$).

En cuanto a los productos que se obtienen luego de la digestión, autores como Luebbe et al. (2012), reportando sobre el uso de WDG de sorgo y maíz, establecen que al aumentar los niveles de inclusión de subproducto de destilería en la dieta, la concentración de AGV totales producidos disminuye, y que varían las relaciones de los distintos AGV, en donde el acetato (C2) y butirato (C4) aumentan, mientras que el propionato (C3) disminuye, provocando que la relación C2/C3 aumente con el agregado de WDG. Por otro lado Leupp et al. (2009) observaron una respuesta lineal y negativa sobre la concentración de AGV con el aumento de DDGS de maíz en la dieta, sustituyendo rolado seco de maíz. En base a los datos reportados por estos autores, es posible que estas relaciones entre los distintos AGV, no ocurrieran de igual forma para este experimento, ya que al observarse que no difirieron las ganancias diarias entre los distintos tratamientos, y tanto los consumos en materia seca y materia orgánica, como las digestibilidades fueron similares, se podría suponer que tanto los perfiles como las cantidades de los distintos AGV no presentaron grandes variaciones, provocando que no se genere un impacto sobre la performance animal.

Con respecto a la eficiencia de conversión, no se encontraron diferencias significativas entre los distintos tratamientos, lo cual es explicado por el hecho de que los animales presentaron no solo similar consumo de MSD, sino que tampoco tuvieron diferencias estadísticas para la variable ganancia diaria, dando como resultado una eficiencia de conversión que no fue diferente significativamente entre los tratamientos. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Martínez y Zanetti (2016), donde evaluaron el efecto de distintos niveles de sustitución (0%, 10%, 20% y 30% de la dieta) de grano molido de sorgo por DDGS de sorgo en novillos alimentados *ad libitum*, donde si bien presentaron un efecto sobre el consumo siendo este lineal y positivo ($p<0,01$), no encontraron un efecto de los tratamientos sobre la eficiencia de conversión ($p=0,7025$), ni en la ganancia media diaria ($p>0,10$). Siendo esto similar para Wood et al. (2011), quienes evaluando el efecto del nivel de inclusión de DDGS de maíz y sorgo (20% de la dieta) sustituyendo grano húmedo de maíz, tampoco hallaron diferencias en el consumo en materia seca ni en la eficiencia de conversión. A diferencias de estos datos, se encontraron resultados de un trabajo realizado por Watson et al. (2014), donde novillos

que fueron alimentados con una dieta a base de grano molido e inclusión de WDGS con niveles de 0, 10, 20, 30, 40 y 50% de la dieta, observaron una respuesta cuadrática en el consumo ($p < 0,01$) y la eficiencia de conversión ($p < 0,01$), registrándose un máximo para la última cuando el nivel de inclusión fue de 40%.

5.3.3 Comportamiento ingestivo

En lo que respecta a las variables de comportamiento animal, se observa que los animales que tenían 0% de inclusión de DDGS en la dieta presentaban mayor probabilidad de ser encontrados consumiendo que los tratamientos con 15%, 30% y 45% de inclusión, pero no se encontraron efectos de la dieta para aquellos parámetros como probabilidad de encontrarlos en actividad de descanso y rumia. Estos últimos resultados concuerdan con lo obtenido por Beliveau et al. (2009), quienes no encontraron efecto de la dieta sobre ningún parámetro de comportamiento animal (descanso, consumo de alimento, rumia y consumo de agua), pero difieren de los obtenidos por Martínez y Zanetti (2016), donde sí se encontraron diferencias entre los distintos tratamientos para consumo de alimento y descanso (sin efecto significativo para consumo de agua y rumia).

Cabe destacar que según Stricklin et al. (1979), la ganancia media diaria tiene una correlación positiva con el descanso y negativa con estar de pie, y a su vez el tiempo dedicado al consumo no afecta la performance animal, lo cual coincide con lo observado en este experimento ya que no solo no se encontraron diferencias significativas en la performance animal, sino que tampoco difirió estadísticamente la actividad de descanso durante el período de horas luz.

Con respecto a la actividad de rumia de los animales, se observó que no se encontraron diferencias significativas en la probabilidad de encontrar animales rumiando para los distintos tratamientos, a pesar de que el consumo de FDN efectiva iba en aumento a medida que se incrementaba el nivel de inclusión de DDGS en la dieta. Cabe destacar que todos los tratamientos presentaron niveles de FDN efectiva superiores al nivel mínimo recomendado para dietas de feedlot, el cual sería de 7 a 10% de la materia seca de la dieta (Fox y Tedeschi, 2002), por lo cual se podría asumir que los animales presentaron un buen ambiente ruminal, evitando así algún problema de acidosis el cual podría llegar a repercutir de forma negativa en la performance animal.

Otro aspecto a mencionar sobre la actividad de consumo es que durante la fase experimental se podía observar que la propia acción de brindar el alimento en los comederos estimulaba a los animales a consumir la ración que les era ofrecida en ese momento, provocando que las mayores actividades de consumo en el día fueran registradas posteriormente a la entrega del alimento, lo cual concuerda con lo reportado por Ayçaguer et al. (2011), quienes afirman que la mayor actividad de consumo coincide con los horarios de entrega del alimento.

5.4 CALIDAD DE LA CANAL Y DE LA CARNE

Los resultados obtenidos en el experimento, no mostraron una respuesta a los tratamientos para los parámetros medidos como peso de faena ($p=0,2715$), peso de la canal ($p=0,8850$) y peso de cortes valiosos ($p>0,10$). La respuesta obtenida en peso de faena y peso de la canal coinciden con algunos trabajos como los realizados por Vasconcelos et al. (2007), Gibb et al. (2008), Aldai et al. (2010), donde tampoco se encontraron efectos de los tratamientos, aunque según el trabajo realizado por Fanning et al. (1999), si se observó una respuesta significativa, donde aquellos animales que consumieron DDGS de maíz y sorgo, fueron más pesados que aquellos que consumieron DRC (dry-rolled corn).

En concordancia con los resultados que obtuvieron los investigadores Vasconcelos et al. (2007), Gibb et al. (2008), en este experimento no se observaron respuestas de los distintos niveles de inclusión de DDGS de sorgo, en rendimiento en planta. En contraposición con el trabajo realizado por Aldai et al. (2010), en el cual observaron una tendencia a un menor rendimiento, al igual que los autores Wierenga et al. (2010), quienes también encontraron una tendencia a un menor rendimiento utilizando DDGS de triticale. Mientras que Fanning et al. (1999), encontraron una respuesta en el uso de DDGS de maíz y sorgo, donde los animales que consumieron estos alimentos presentaron mayores rendimientos a faena.

Para la variable área de ojo de bife no se encontró una respuesta significativa entre los distintos tratamientos, al igual que Vasconcelos et al. (2007), que utilizaron WDGS de sorgo y Gibb et al. (2008), que utilizaron DDGS de trigo y tampoco encontraron un efecto en el área de ojo de bife, a diferencia de Wierenga et al. (2010), utilizando DDGS de triticale si encontraron una tendencia a una menor AOB.

Varios autores como Lodge et al. (1997), utilizando DDGS de sorgo húmedo y seco, Vasconcelos et al. (2007), con WDGS de sorgo, Klopffestein et al. (2008), Aldai et al. (2010), utilizando DDGS de trigo y maíz, encontraron un efecto de los tratamientos para la variable espesor de grasa, esto concuerda con los resultados que se obtuvo en este experimento donde no se encontraron diferencias significativas, pero si se observó una tendencia al ajuste lineal. Por otra parte se han observado algunos trabajos como Gibb et al. (2008), donde el EGS aumentó con un nivel de inclusión de 20% de DDGS de trigo, al igual que Fanning et al. (1999), encontraron un aumento en el EGS utilizando DDGS de maíz y sorgo y Wierenga et al. (2010), encontraron una tendencia a mayor espesor de grasa. Mientras que según datos obtenidos por Depenbusch et al. (2009), Luebbe et al. (2012), el EGS disminuye linealmente con el aumento del nivel de inclusión de DDGS.

En cuanto a las variables color del músculo, no se encontraron diferencias significativas para índice de rojo (color a), índice de amarillo (color b), pero si una tendencia al aumento cuadrático para la variable de luminosidad (color L), lo cual coincide parcialmente con el trabajo realizado por Depenbusch et al. (2009) alimentando

terneras *ad libitum* con “steamflaked” de maíz y sustituyendo este por DGS de maíz (niveles de inclusión de 0, 15, 30, 45, 60 y 70% de la dieta), donde no encontraron efecto significativo para los parámetros a y b ($p \geq 0,07$), pero si para la variable L, la cual disminuye linealmente ($p=0,04$).

Para la variable fuerza de corte se encontró un efecto lineal negativo ($p=0,0449$), lo cual no se esperaba ya que de acuerdo a Depenbusch et al. (2009) no observaron un efecto de los distintos tratamientos ($p=0,11$) para la fuerza de corte.

6. CONCLUSIONES

En novillos en terminación alimentados con RTMs altamente concentradas y ofrecidas al 2,8% del peso vivo durante 100 días previo a la faena, la sustitución de grano de sorgo por DDGS de sorgo en un rango de inclusión de 0 a 45% de DDGS, no afecta a la ganancia de peso vivo ni a la eficiencia de conversión del alimento.

Los niveles de inclusión de DDGS hasta 45% de la materia seca de la ración y la oferta de alimento controlada al 88% de la oferta *ad libitum*, no afecta la digestibilidad de la MS y MO, ni la GMD pudiendo concluirse que el valor nutritivo del DDGS de sorgo es similar al del grano de sorgo.

El incremento de DDGS en la dieta no afecta los pesos de la canal, pistola, lomo, bife angosto, cuadril, tapa de cuadril y colita de cuadril, rendimiento, AOB, color a y b del músculo y pH. Sin embargo en el color L del músculo se observa una tendencia cuadrática al aumento, mientras que la fuerza de corte y EGS presentan diferencia significativa y tendencia (respectivamente) a la disminución lineal.

7. RESUMEN

El presente 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 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, 15, 30 y 45% de la dieta la cual se ajustaba al 2,8% del peso vivo. Tuvo una duración de 102 días, iniciando el período de encierre de animales el 06/06/2017, finalizando el 16/09/2017 con la faena de los mismos. Se utilizaron 32 novillos Hereford ($331 \pm 33,54$ kg) provenientes del rodeo experimental de la EEMAC. 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 la canal y de la carne como el peso de canal caliente, peso de cortes valiosos (pistola, lomo, bife angosto, cuadril, tapa de cuadril y colita de cuadril), rendimiento, pH, espesor de grasa subcutánea, área de ojo de bife, color del músculo y fuerza de corte. No existieron diferencias significativas entre tratamientos para ganancia de peso ($p=0,9848$), consumo de materia seca ($p=0,23$) y eficiencia de conversión ($p=0,2881$). Durante el comportamiento se observó que la actividad de consumo presentó diferencias ($p=0,0041$) entre el tratamiento testigo y los tratamientos con DDGS, arrojando una menor actividad de consumo por parte de los animales alimentados con DDGS. Las actividades de descanso y rumia no presentaron diferencias significativas entre tratamientos ($p=0,9487$ y $p=0,1391$ respectivamente). En las características que hacen a la calidad de la canal no hubo diferencias entre tratamientos, en cuanto a las características de la carne, hubo tendencia al ajuste lineal en el espesor de grasa subcutánea, una disminución lineal significativa para fuerza de corte y una tendencia cuadrática en el color L del músculo, 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 y el sorgo grano cuando es suministrado en dietas altamente concentradas y restringidas al 2,8% del peso vivo no tienen efecto sobre la performance del animal en confinamiento.

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

8. SUMMARY

The present study was conducted at the Intensive Beef Production Unit (UPIC) of the Experimental Station Mario A. Cassinoni, department of Paysandú at km 363, Route 3, Oriental Republic of Uruguay. The aim was to evaluate the effect of substituting sorghum grains with sorghum dry distillers grains plus solubles (DDGS) in the diet on the performance at farmyard and slaughter level of steers fed in confinement. The inclusion levels of DDGS evaluated in the diet were 0, 15, 30 and 45%, adjusted to 2,8% of live weight. It lasted 102 days, beginning the animal enclosing period the 06/06/2017, ending the 16/09/2017 with the animal slaughter. For this study 32 Hereford steers were used (331 + 33,54 kg) from the experimental rodeo of the EEMAC. The performance variable at farmyard level were worked on were daily gain, dry matter intake, conversion efficiency, rump height, feeding behavior and digestibility. Moreover, at slaughterhouse level, the variables evaluated were related to carcass and meat quality, hot carcass weight, weight of valuable cuts (“pistol”, “lomo”, “bife angosto”, “cuadril”, “tapa de cuadril” and “colita de cuadril”), yield, pH, subcutaneous fat thickness, ribeye area, muscle color and shear force. There were no significant differences between treatments for daily gain ($p = 0,9848$), dry matter intake ($p = 0,23$) and conversion efficiency ($p = 0,2881$). During the animal behavior it was observed that the intake activity showed differences ($p = 0,0041$) between the control and DDGS treated groups, showing lower intake activity by the animals fed with DDGS. Resting and rumination activities were not significantly different between treatments ($p = 0,9487$ y $p = 0,1391$, respectively). In the carcass quality characteristics there was no difference between treatments. However, regarding the characteristics of the meat, there was a tendency to linear adjustment in the thickness of subcutaneous fat, a significant linear decrease for shear force and a quadratic trend in muscle color L. As for the other characteristics evaluated, the results did not show significant differences. From this experiment it can be deduced that sorghum grain processed as DDGS and sorghum grain supplied in highly concentrated diets and restricted to 2,8% of live weight have no effect on the performance of the animal in confinement.

Key words: Dried Distillers Grains plus Solubles; Sorghum grain; Feedlot; Steers.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Aldai, N.; Aalhus, J. L.; Dugan, M. E. R.; Robertson, W. M.; McAllister, T. A.; Walter, L. J.; McKinnon, J. J. 2010. Comparison of wheat-versus corn-based dried distillers' grains with solubles on meat quality of feedlot cattle. *Meat Science*. 84(3): 569-577.
2. ALUR (Alcoholes del Uruguay, UY). 2018. Planta bioetanol. (en línea). Paysandú. s.p. Consultado 22 may. 2018. Disponible en <http://www.alur.com.uy/agroindustrias/paysandu/>
3. Anderson, J. L.; Schingoethe, D. J.; Kalscheur, K. F.; Hippen, A. R. 2006. Evaluation of dried and wet distillers grains included at two concentrations in the diets of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 89(8): 3133-3142.
4. _____.; Kalscheur, K.; García, A.; Schingoethe, D.; Hippen, A. 2009. Ensiling characteristics of wet distillers grains mixed with soybean hulls and evaluation of the feeding value for growing Holstein heifers. *Journal of Animal Science*. 87(6): 2113-2123.
5. Anzolabehere, M.; Cortazzo, N. R. 2017. Utilización de granos secos de destilería obtenidos a partir de sorgo (DDGS) en raciones concentradas ofrecidas a terneros de destete precoz alimentados en confinamiento. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 75 p.
6. AOAC (Association of Official Analytical Chemists, US). 1990. Official methods of analysis. Washington, D. C. s.p.
7. Arroquy, J.; Berruhet, F.; Martínez Ferrer, J.; Pasinato, A.; Brunetti, M.; Pasinato, A.; Pordomingo, A. 2014. Uso de subproductos del destilado de granos en bovinos para carne. (en línea). Córdoba, Sitio Argentino de Producción Animal. s.p. Consultado 13 may. 2018. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/114-RevisionGranos_Destileria.pdf
8. 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. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 66 p.
9. Balat, M.; Balat, H.; Öz, C. 2008. Progress in bioethanol processing. *Progress in Energy and Combustion Science*. 34(5): 551-573.

10. Beliveau, R. M.; McKinnon, J. J. 2008. Effect of graded levels of wheat-based dried distillers' grains with solubles on performance and carcass characteristics of feedlot steers. *Canadian Journal of Animal Science*. 88(4): 677-684.
11. _____.; _____. 2009. Effect of graded levels of wheat-based dried distillers' grains with solubles on rumen fermentation in finishing cattle. *Canadian Journal of Animal Science*. 89(4): 513-520.
12. Belyea, R. L.; Rausch, K. D.; Clevenger, T. E.; Singh, V.; Johnston, D. B.; Tumbleson, M. E. 2010. Sources of variation in composition of DDGS. *Animal Feed Science and Technology*. 159(3-4): 122-130.
13. Brito, G.; Pringle, D. de los Campos, G.; de Mattos, D.; Pigurina, G.; Calistro, S. 2001. Utilización de ultrasonografía para la predicción de la composición y calidad de la canal. Montevideo, INIA. 88 p. (Actividades de Difusión no. 261).
14. Buckner C. D.; Wilken M. F.; Benton J. R.; Vanness S. J.; Bremer V. R.; Klopfenstein T. J.; Kononoff P. J.; Erickson, G. E. 2011. Nutrient variability for distillers grains plus solubles and dry matter determination of ethanol by-products. *The Professional Animal Scientist*. 27: 57-64.
15. Chen, J. J.; Lu, S.; Lii, C. Y. 1999. Effect of milling on physicochemical characteristics of waxy rice in Taiwan. *Cereal Chemistry*. 76(5): 796-799.
16. Corrigan, M.; Erickson, G.; Klopfenstein, T.; Vander Pol, K.; Greenquist, M.; Luebbe, M. K. 2007. Effect of corn processing method and wet distillers grains inclusion level in finishing diets. *Journal of Animal Science*. 85(2): 130.
17. Depenbusch, B. E.; Coleman, C. M.; Higgins, J. J.; Drouillard, J. S. 2009. Effects of increasing levels of dried corn distillers grains with solubles on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of yearling heifers. *Journal of Animal Science*. 87(8): 2653-2663.
18. DiLorenzo, N.; Galyean, M. 2010. Applying technology with newer feed ingredients in feedlot diets: do the old paradigms apply? *Journal of Animal Science*. 88(13): 123-132.
19. Erickson, G. E.; Klopfenstein, T. J.; Adams, D. C.; Rasby, R. J. 2007. Feeding of corn milling coproducts to beef cattle. In: *Nebraska Report. Utilization of corn coproducts in the beef industry*. Lincoln, University of Nebraska. pp. 3-17.
20. FEDNA (Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, ES). 2018. *Tablas FEDNA composición alimentos*. (en línea). Madrid. s.p.

Consultado 3 mar. 2018. Disponible en <http://www.fundacionfedna.org/tablas-fedna-composicion-alimentos-valor-nutritivo>

21. Fanning, K.; Milton, T.; Klopfenstein, T. J.; Klemesrud, M. 1999. Corn and sorghum distillers grains for finishing cattle. (en línea). University of Nebraska. Nebraska Beef Cattle Reports. no. 394: 32-33. Consultado 5 may. 2018. Disponible en <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1394&context=animalscinbcr>
22. Ferrari, O. 2012. ¿Cuánto perdemos por no controlar el barro en los corrales?. (en línea). Córdoba, Sitio Argentino de Producción Animal. s.p. Consultado 25 may. 2018. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/overnada_o_engorde_a_corral_o_feedlot/111-barro.pdf
23. Fox, D. G.; Tedeschi, L. O. 2002. Application of physically effective fiber in diets for feedlot cattle. (en línea). In: Plains Nutrition Conference (2002, New York). Proceedings. s.n.t. s.p. Consultado 16 jun. 2018. Disponible en <http://www.nutritionmodels.com/papers/FoxandTedeschiPNC2002.pdf>
24. GBEP (Global Bioenergy Partnership, IT). 2008. A review of the current state of bioenergy development in G8 + 5 countries. Roma. s.p.
25. Gibb, D. J.; Hao, X.; McAllister, T. A. 2008. Effect of dried distillers' grains from wheat on diet digestibility and performance of feedlot cattle. Canadian Journal of Animal Science. 88(4): 659-665.
26. 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 of Animal Science. 72(12): 3246-3257.
27. Heinimo, J.; Junginer, M. 2009. Production and trading of biomass for energy; an overview of the global status. Biomass and Bioenergy. 33(9): 1310-1320.
28. 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(14): 188-204.
29. Huntington, G. B.; Archibeque, S. L. 2000. Practical aspects of urea and ammoniametabolism in ruminants. Journal of Animal Science. 77: 1-11.
30. INAC (Instituto Nacional de Carnes, UY) 2018. Manual de carnes bovina y ovina. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 14 jun. 2018. Disponible en

https://www.inac.uy/innovaportal/file/2043/1/manual_corregido_2a_edicion.pdf

31. INUMET (Instituto Uruguayo de Meteorología, UY). 2018. Estadísticas climatológicas. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 14 abr. 2018. Disponible en <https://www.inumet.gub.uy/clima/estadisticas-climatologicas>
32. Kleinschmit, D. H.; Anderson, J. L.; Schingoethe, D. J.; Kalscheur, K. F.; Hippen, A. R. 2007. Ruminant and Intestinal degradability of distillers grains plus solubles varies by source. *Journal of Dairy Science*. 90(6): 2909-2918.
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(5): 1223-1231.
34. 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 solubles on intake, digestion, and ruminal fermentation in steers fed seventy percent concentrate diets. *Journal of Animal Science*. 87(9): 2906-2912.
35. Liu, C.; Schingoethe, D.J.; Stegeman, G.A. 2000. Corn distillers grains versus a blend of protein supplements with or without ruminally protected amino acids for lactating cows. *Journal of Dairy Science*. 83(9): 2075-2084.
36. Lodge, S. L.; Stock, R. A.; Klopfenstein, T. J.; Shain, D. H.; Herold, D.W. 1997. Evaluation of corn and sorghum distillers byproducts. *Journal of Animal Science*. 75(1): 37-43.
37. Luebke, M. K.; Patterson, J. M.; Jenkins, K. H.; Buttrey, E. K.; Davis, T. C.; Clark, B. E.; MacDonald, J. C. 2012. Wet distillers grains plus solubles concentration in steam-flaked-corn-based diets: effects on feedlot cattle performance, carcass characteristics, nutrient digestibility, and ruminal fermentation characteristics. *Journal of Animal Science*. 90(5): 1589-1602.
38. MacDonald, J. C.; Klopfenstein, T. J.; Erickson, G. E.; Griffin, W. A. 2007. Effects of dried distillers grains and equivalent undegradable intake protein or ether extract on performance and forage intake of heifers grazing smooth bromegrass pastures. *Journal of Animal Science*. 85(10): 2614-2624.
39. Martínez, E.; Zanetti, F. 2016. Efecto del nivel de sustitución de sorgo grano por DDGS de sorgo en la dieta sobre la performance a corral y a la faena de

- novillos alimentados en confinamiento. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 79 p.
40. Mateo, K. S.; Tjardes, K. E.; Wright, C. L.; Koger, T. J.; Rops, B. D. 2004. Evaluation of feeding varying levels of wet distillers grains with solubles as compared to dry distillers grains with solubles to finishing steers. In: Evaluation of feeding varying levels of wet distillers grains with solubles as compared to dry distillers grains with solubles to finishing steers. Brookings, South Dakota State University. pp. 14–19.
 41. 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. MSc. Thesis. Kansas, USA. Kansas State University. 121 p.
 42. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2016. Anuario estadístico agropecuario 2016. 19a. ed. Montevideo. 198 p.
 43. Mustafa, A.; McKinnon, J.; Ingledew, M.; Christensen, D. 2000. The nutritive value for ruminants of thin stillage and distillers' grains derived from wheat, rye, triticale and barley. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 80: 607–613.
 44. NRC (National Research Council, US). 1996. Nutrient requirements of beef cattle. Washington, D. C. National academic press. s.p.
 45. Ojowi, M.; McKinnon, J. J.; Mustafa, A.; Christensen, D. A. 1997. Evaluation of wheat-based wet distillers' grains for feedlot cattle. *Canadian Journal of Animal Science*. 77(3): 447-454.
 46. Poonam, N.; Dalel, S. 1995. Enzyme and microbial systems involved in starch processing. *Enzyme and Microbial Technology*. 17(9): 770-778.
 47. Pordomingo, A. J. 2002. El feedlot en Argentina. Buenos Aires, Sitio Argentino de Producción Animal. s.p.
 48. Quinn, M. J.; May, M. L.; DiLorenzo, N.; Ponce, C. H.; Smith, D. R.; Parr, S. L.; Galyean, M. L. 2011. Effects of roughage source and distillers grain concentration on beef cattle finishing performance, carcass characteristics, and in vitro fermentation. *Journal of Animal Science*. 89(8): 2631-2642.
 49. RFA (Renewable Fuels Association, US). 2012. Where is ethanol made? Washington, D. C. s.p.

50. 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 29 may. 2018. Disponible en <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=inta2.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=002742>
51. Sarikaya, E.; Higassa, T.; Adachi, M.; Mikami, B. 2000. Comparison of degradation abilities of α - and β -amylases on raw starch granules. *Process Biochemistry*. 35(7): 711-715.
52. Sharma, V.; Rausch, K. D.; Tumbleson, M. E.; Singh, V. 2007. Comparison between granular starch hydrolyzing enzyme and conventional enzymes for ethanol production from maize starch with different amylase: amylopectin ratios. *Starch*. 59(11): 549-556.
53. Singh, V.; Graeber, J. V. 2005. Effect of corn hybrid variability and planting location on dry grind ethanol production. *Transactions of the ASAE*. 48(2): 709-714.
54. Spiels, M. J.; Whitney, M. H.; Shurson, G. C. 2002. Nutrient database for distillers dried grains with solubles produced from new ethanol plants in Minnesota and South Dakota. *Journal of Animal Science*. 80(10): 2639-2645.
55. 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.
56. _____; Lewis, J. M.; Klopfenstein, T. J.; Milton, C. T. 2000. Review of new information on the use of wet and dry milling feed by-products in feedlot diets. *Journal of Animal Science*. 77: 1-12.
57. Stricklin, W. R.; Wilson, L. L.; Graves, H. B.; Cash, E. H. 1979. Effects of concentrate level, protein source and growth promotant: behavior and behavior-performance relationships. *Journal of Animal Science*. 49(3): 832-837.
58. Trenkle, A. H. 2008. Performance of finishing steers fed low, moderate and high levels of wet distillers grains. *Animal Industry Report*. 654(1): 35.
59. USGC (United States Grain Council, USA). 2012. A guide to distiller's dried grains with solubles (DDGS). Washington, D. C. s.p.
60. 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(2): 282-287.

61. 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.
62. 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(5): 467-475.
63. Walter, L. J.; Aalhus, J. L.; Robertson, W. M.; McAllister, T. A.; Gibb, D. J.; Dugan, M. E.; McKinnon, J. J. 2010. Evaluation of wheat or corn dried distillers' grains with solubles on performance and carcass characteristics of feedlot steers. *Canadian Journal of Animal Science*. 90(2): 259-269.
64. Watson, A. K.; Vander Pol, K. J.; Huls, T. J.; Luebbe, M. K.; Erickson, G. E.; Klopfenstein, T. J.; Greenquist, M. A. 2014. Effect of dietary inclusion of wet or modified distillers grains plus solubles on performance of finishing cattle. *The Professional Animal Scientist*. 30(6): 585-596.
65. Weather spark. 2018. El clima promedio en Paysandú. (en línea). Minneapolis. Consultado 7 jun. 2018. Disponible en <https://es.weatherspark.com/y/29010/Clima-promedio-en-Paysand%C3%BA-Uruguay-durante-todo-el-a%C3%B1o>
66. Weiss, W. P.; Erickson, D. O.; Erickson, G. M.; Fisher, G. R. 1989. Barley distillers grains as a protein supplement for dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 72(4): 980-987.
67. Wierenga, K. T.; McAllister, T. A.; Gibb, D. J.; Chaves, A. V.; Okine, E. K.; Beauchemin, K. A.; Oba, M. 2010. Evaluation of triticale dried distillers grains with solubles as a substitute for barley grain and barley silage in feedlot finishing diets. *Journal of Animal Science*. 88(9): 3018-3029.
68. Wood, K. M.; Salim, H.; McEwen, P. L.; Mandell, I. B.; Miller, S. P.; Swanson, K. C. 2011. The effect of corn or sorghum dried distillers grains plus solubles on growth performance and carcass characteristics of cross-bred beef steers. *Animal Feed Science and Technology*. 165(1-2): 23-30.
69. Yang, W. Z.; Li, Y. L.; McAllister, T. A.; McKinnon, J. J.; Beauchemin, K. A. 2012. Wheat distillers grains in feedlot cattle diets: Feeding behavior, growth performance, carcass characteristics, and blood metabolites. *Journal of Animal Science*. 90(4): 1301-1310.

70. 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.

10. ANEXOS

Anexo 1. Evolución de la cantidad ofrecida (kgMS/animal/día) de los ingrediente que componen las RTMs según tratamiento durante la fase de acostumbramiento.

Tratamiento	Ingrediente	Día de acostumbramiento														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
DDGS 0	Heno de moha	1,35	1,35	10,3	8,79	7,33	5,86	4,4	2,93	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47
	Sorgo molido	0,89	0,89	1,12	2,23	3,35	4,47	5,58	6,70	7,82	7,82	7,82	7,82	7,82	7,82	7,82
	DDGS de sorgo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Núcleo	0,00	0,00	0,07	0,14	0,21	0,28	0,35	0,42	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49
DDGS 15	Heno de moha	1,35	1,35	10,26	8,79	7,33	5,86	4,40	2,93	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47
	Sorgo molido	0,89	0,89	0,88	1,77	2,65	3,54	4,42	5,30	6,19	6,19	6,19	6,19	6,19	6,19	6,19
	DDGS de sorgo	0,00	0,00	0,20	0,41	0,61	0,82	1,02	1,22	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43
	Núcleo	0,00	0,00	0,07	0,14	0,21	0,28	0,35	0,42	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49
DDGS 30	Heno de moha	1,35	1,35	10,26	8,79	7,33	5,86	4,40	2,93	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47
	Sorgo molido	0,89	0,89	0,69	1,38	2,07	2,76	3,45	4,14	4,83	4,83	4,83	4,83	4,83	4,83	4,83
	DDGS de sorgo	0,00	0,00	0,41	0,83	1,24	1,66	2,07	2,48	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90
	Núcleo	0,00	0,00	0,07	0,14	0,21	0,28	0,35	0,42	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49
DDGS 45	Heno de moha	1,35	1,35	10,26	8,79	7,33	5,86	4,40	2,93	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47
	Sorgo molido	0,89	0,89	0,49	0,97	1,46	1,95	2,44	2,92	3,41	3,41	3,41	3,41	3,41	3,41	3,41
	DDGS de sorgo	0,00	0,00	0,63	1,25	1,88	2,51	3,13	3,76	4,38	4,38	4,38	4,38	4,38	4,38	4,38
	Núcleo	0,00	0,00	0,07	0,14	0,21	0,28	0,35	0,42	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49

Durante la fase de acostumbramiento el alimento era dividido en 3 comidas, la primera comida se suministraba a primera hora de la mañana (8:00 am), la segunda a mediodía (12:00 am) y la última en la tarde (4:00 pm).

Anexo 2. Efecto del nivel de inclusión de DDGS sobre el aporte de efectividad de la fibra en los ingredientes que componen las RTMs.

Tamaño de partícula (%)	Ingrediente			
	Heno de moha	Sorgo molido	DDGS de sorgo	Pellets de girasol
>19 mm	77,93	0,00	0,00	1,13
19-8 mm	7,52	0,00	0,00	58,46
8-1,18 mm	11,07	47,74	35,93	27,35
<1,18 mm	3,47	52,26	64,07	13,05
Factor de efectividad	0,97	0,48	0,36	0,87
% FDN efectiva	68,37	7,69	19,88	38,59

Anexo 3. Análisis de varianza para peso vivo.

Efecto	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	3	27	0,05	0,9848
Días	1	188	2258,24	<,0001
Días*tratamiento	3	188	1,37	0,2527
PV inicial	1	27	340,7	<,0001

Anexo 4. Análisis de varianza para peso vivo final.

Efecto	DF	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	3	638	213	0,71	0,5565
PV inicial	1	37.370	37.370	124,12	<,0001

Anexo 5. Análisis de varianza para altura final.

Efecto	DF	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	3	29	10	1,37	0,2722
Altura inicial	1	79	79	11,19	0,0024

Anexo 6. Análisis de varianza para consumo de materia seca (kgMS/animal/día).

Efecto	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	3	28	1,79	0,172
Semana	11	2140	427,76	<,0001
Tratamiento*semana	33	2140	0,94	0,5718
Día dentro de la semana	6	2140	26,82	<,0001
Tratamiento*día dentro de la semana	18	2140	0,32	0,9973

Anexo 7. Análisis de varianza para consumo de materia seca (% PV).

Efecto	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	3	30,3	1,32	0,2863
Semana	11	2140	13,62	<,0001
Tratamiento*semana	33	2140	1,12	0,2923
Día dentro de la semana	6	2140	24,84	<,0001
Tratamiento*día dentro de la semana	18	2140	0,44	0,9787

Anexo 8. Análisis de varianza para eficiencia de conversión.

Efecto	DF	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	3	4	1	1,32	0,2881
PV inicial	1	5	5	5,59	0,0255

Anexo 9. Análisis de varianza para consumo de materia seca digestible.

Efecto	DF	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	3	2	1	0,59	0,6277

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

Efecto	DF	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	3	2	1	0,58	0,6356

Anexo 11. Análisis de varianza para consumo de proteína cruda.

Efecto	DF	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	3	5	2	70,21	<,0001

Anexo 12. Análisis de varianza para consumo de fibra detergente neutro.

Efecto	DF	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	3	18	6	48,18	<,0001

Anexo 13. Análisis de varianza para consumo de fibra detergente neutro efectiva.

Efecto	DF	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	3	2	1	15,18	<,0001

Anexo 14. Análisis de varianza para digestibilidad de la materia seca.

Efecto	DF	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	3	153	51	1,02	0,4

Anexo 15. Análisis de varianza para digestibilidad de la materia orgánica.

Efecto	DF	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	3	170	57	1,07	0,3765

Anexo 16. Análisis de varianza para la actividad de consumo.

Efecto	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	3	28	5,52	0,0041
Semana	1	28	34,6	<,0001
Día dentro de la semana	1	28	4,71	0,0387
Tratamiento*semana	3	28	0,43	0,7366
Tratamiento*día dentro de la semana	3	28	0,71	0,5558

Anexo 17. Análisis de varianza para la actividad de rumia.

Efecto	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	3	28	1,98	0,1391
Semana	1	28	3,63	0,0672
Día dentro de la semana	1	28	1,62	0,2138
Tratamiento*semana	3	28	0,67	0,5793
Tratamiento*día dentro de la semana	3	28	0,46	0,7158

Anexo 18. Análisis de varianza para la actividad de descanso.

Efecto	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	3	28	0,12	0,9487
Semana	1	28	0,36	0,5522
Día dentro de la semana	1	28	5,37	0,028
Tratamiento*semana	3	28	0,27	0,8491
Tratamiento*día dentro de la semana	3	28	0,77	0,5209

Anexo 19. Análisis de varianza para peso vivo a la faena.

Efecto	DF	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	3	1140	380	1,38	0,2715
PV inicial	1	34270	34270	124,06	<,0001

Anexo 20. Análisis de varianza para peso de la canal ajustado por peso a la faena.

Efecto	DF	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	3	22	7	0,22	0,885
Peso a la faena	1	12545	12545	360,45	<,0001

Anexo 21. Análisis de varianza para rendimiento ajustado por peso a la faena.

Efecto	DF	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	3	1,21	0,40	0,24	0,871
Peso a la faena	1	0,05	0,05	0,03	0,87

Anexo 22. Análisis de varianza para peso pistola ajustado por peso a la faena.

Efecto	DF	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	3	19	6	1,00	0,4081
Peso a la faena	1	308	308	48,68	<,0001

Anexo 23. Análisis de varianza para peso lomo ajustado por peso a la faena.

Efecto	DF	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	3	0,01	0,00	0,12	0,9467
Peso a la faena	1	0,53	0,53	17,6	0,0003

Anexo 24. Análisis de varianza para peso bife angosto ajustado por peso a la faena.

Efecto	DF	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	3	0,28	0,09	0,88	0,4635
Peso a la faena	1	0,81	0,81	7,78	0,0096

Anexo 25. Análisis de varianza para peso cuadril ajustado por peso a la faena.

Efecto	DF	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	3	0,02	0,01	0,15	0,9289
Peso a la faena	1	1,19	1,19	23,96	<,0001

Anexo 26. Análisis de varianza para peso tapa de cuadril ajustado por peso a la faena.

Efecto	DF	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	3	0,02	0,01	0,22	0,8836
Peso a la faena	1	0,21	0,21	5,83	0,0228

Anexo 27. Análisis de varianza para peso colita de cuadril ajustado por peso a la faena.

Efecto	DF	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	3	0,04	0,01	0,81	0,4996
Peso a la faena	1	0,12	0,12	8,07	0,0085

Anexo 28. Análisis de varianza para área de ojo de bife ajustado por peso a la faena.

Efecto	DF	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	3	20	7	0,34	0,7975
Peso a la faena	1	511	511	25,95	<,0001

Anexo 29. Análisis de varianza para espesor de grasa subcutánea ajustado por peso a la faena.

Efecto	DF	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	3	37	12	1,13	0,3552
Peso a la faena	1	197	197	17,83	0,0002

Anexo 30. Análisis de varianza para color L ajustado por peso a la faena.

Efecto	DF	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	3	59	20	2,38	0,0919
Peso a la faena	1	4	4	0,44	0,5109

Anexo 31. Análisis de varianza para color a ajustado por peso a la faena.

Efecto	DF	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	3	53	18	1,77	0,1771
Peso a la faena	1	8	8	0,84	0,3675

Anexo 32. Análisis de varianza para color b ajustado por peso a la faena.

Efecto	DF	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	3	17	6	1,81	0,1699
Peso a la faena	1	1	1	0,17	0,6853

Anexo 33. Análisis de varianza para pH ajustado por peso a la faena.

Efecto	DF	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	3	0,53	0,18	1,85	0,1626
Peso a la faena	1	0,01	0,01	0,07	0,7868

Anexo 34. Análisis de varianza para fuerza de corte.

Efecto	DF	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	3	8,91	2,97	3,06	0,0449
Peso a la faena	1	0,16	0,16	0,17	0,6849

Anexo 35. Análisis de varianza para factor de efectividad de la fibra de los ingredientes.

Efecto	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
Ingrediente	3	16	622,49	<,0001
Semana	1	16	4,27	0,0553
Ingrediente*semana	3	16	6,58	0,0042

Anexo 36. Análisis de varianza para % de fibra detergente neutro efectiva de los ingredientes.

Efecto	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
Ingrediente	3	16	1996,47	<,0001
Semana	1	16	0,43	0,5205
Ingrediente*semana	3	16	1,28	0,3155

Anexo 37. Análisis de varianza para factor de efectividad de la fibra de las RTMs.

Efecto	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
Ingrediente	3	12	1,99	0,1686
Semana	1	12	4,5	0,0553
Ingrediente*semana	3	12	0,6	0,6276

Anexo 38. Análisis de varianza para % de fibra detergente neutro efectiva de las RTMs.

Efecto	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
Ingrediente	3	12	1,52	0,2595
Semana	1	12	4,1	0,0658
Ingrediente*semana	3	12	0,53	0,669

Anexo 39. Análisis de varianza para consumo de materia seca (kgMS/a) en el turno 1 (8 a 12 HS).

Efecto	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	3	28	2,68	0,0663
Semana	1	92	194,5	<,0001
Tratamiento*semana	3	92	0,75	0,5245

Anexo 40. Análisis de varianza para consumo de materia seca (kgMS/a) en el turno 2 (12 a 16 HS).

Efecto	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	3	28	1,59	0,2129
Semana	1	92	80,22	<,0001
Tratamiento*semana	3	92	1,66	0,1812

Anexo 41. Análisis de varianza para consumo de materia seca (kgMS/a) en el turno 3 (16 a 8 HS).

Efecto	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	3	28	1.66	0.1991
Semana	1	92	47.53	<.0001
Tratamiento*semana	3	92	2.13	0.1018