

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

**EFFECTO DE LA INCLUSIÓN DE BURLANDA HÚMEDA DE SORGO EN LA
DIETA DE TERNERAS DE DESTETE PRECOZ ALIMENTADOS EN
CONFINAMIENTO**

por

Juan Matías ACUÑA MORALES
Martín Ernesto LOUSTAU MARTÍNEZ
Agustín SUÁREZ DÍAZ

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

MONTEVIDEO
URUGUAY
2016

Tesis aprobada por:

Director: -----

Ing. Agr. (MSc) (PhD) Álvaro Simeone

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

Ing. Agr. Joaquín Iriñiz

Fecha: 17 de febrero de 2016

Autor: -----

Juan Matías Acuña Morales

Martín Ernesto Loustau Martínez

Agustín Suárez Díaz

AGRADECIMIENTOS

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

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

A los funcionarios de la Estación Experimental Mario A. Cassinoni, en especial a Diego Mosqueira por su gran ayuda durante toda la fase experimental.

A Javier Acuña quien nos facilitó sus instalaciones para el trabajo grupal en la elaboración del informe.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN	II
AGRADECIMIENTOS	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	3
2.2. <u>SUBPRODUCTOS DE DESTILERÍA GENERADOS A PARTIR DE PRODUCCIÓN DE ETANOL</u>	4
2.2.1. <u>Proceso de producción del etanol</u>	5
2.2.2. <u>Subproductos generados</u>	8
2.3. <u>COMPOSICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE GRANOS DE DESTILERÍA</u>	9
2.3.1. <u>Características generales</u>	9
2.3.2. <u>Fuentes de variación</u>	11
2.3.3. <u>WDG de sorgo</u>	12
2.4. <u>EFFECTO DEL NIVEL DE WDG EN LA DIETA SOBRE LA PERFORMANCE ANIMAL</u>	14
2.4.1. <u>Consumo</u>	16
2.4.2. <u>Ganancia de peso</u>	17
2.4.3. <u>Eficiencia de conversión</u>	17
2.4.4. <u>Digestión ruminal</u>	18
2.4.4.1. <u>Digestión ruminal de la materia seca</u>	18
2.4.4.2. <u>Digestión ruminal de la fibra, proteína y lípidos</u>	19
2.4.5. <u>Digestión intestinal</u>	20
2.4.6. <u>Límite de inclusión</u>	22
2.4.6.1. <u>Efecto de la grasa en la dieta</u>	22
2.4.6.2. <u>Efecto de los minerales en la dieta</u>	23
2.4.6.3. <u>Exceso de proteína en la dieta</u>	23
2.4.7. <u>Área del <i>longissimus dorsi</i> y espesor de grasa</u>	24
2.5. <u>HIPÓTESIS</u>	24
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	25
3.1. <u>LOCALIZACIÓN</u>	25
3.2. <u>PERÍODO EXPERIMENTAL</u>	25

3.3. CLIMA	25
3.4. ANIMALES	25
3.5. INFRAESTRUCTURA	26
3.6. ALIMENTOS	26
3.7. TRATAMIENTOS	28
3.8. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	29
3.8.1. <u>Período de acostumbramiento</u>	29
3.8.2. <u>Período experimental</u>	29
3.9. MANEJO SANITARIO.....	29
3.10. DETERMINACIONES	30
3.10.1. <u>Registros climáticos</u>	30
3.10.2. <u>Peso vivo</u>	30
3.10.3. <u>Espesor de grasa dorsal subcutánea y área del <i>longissimus dorsi</i></u> .	30
3.10.4. <u>Altura del anca</u>	30
3.10.5. <u>Consumo</u>	31
3.10.6. <u>Comportamiento</u>	31
3.10.7. <u>Digestibilidad aparente</u>	31
3.11. VARIABLES CALCULADAS	32
3.11.1. <u>Eficiencia de conversión</u>	32
3.12. ANÁLISIS QUÍMICOS	32
3.13. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	32
4. <u>RESULTADOS</u>	35
4.1. REGISTROS CLIMÁTICOS	35
4.2. CARACTERÍSTICAS DE LA DIETA.....	35
4.3. CRECIMIENTO Y DESARROLLO ANIMAL	36
4.4. CONSUMO Y EFICIENCIA DE CONVERSIÓN.....	38
4.5. DIGESTIBILIDAD DE LA MS Y MO CONSUMIDAS	39
4.6. COMPORTAMIENTO	40
5. <u>DISCUSIÓN</u>	44
5.1. CONDICIONES CLIMÁTICAS	44
5.2. VALOR NUTRITIVO DE LA DIETA.....	44
5.3. CONSUMO Y DIGESTIBILIDAD.....	45
5.4. CRECIMIENTO Y EFICIENCIA DE CONVERSIÓN	48
5.5. COMPORTAMIENTO	52
5.6. DISCUSIÓN GENERAL	53
6. <u>CONCLUSIONES</u>	54
7. <u>RESUMEN</u>	55

8. <u>SUMMARY</u>	57
9. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	58
10. <u>ANEXOS</u>	68

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Composición química en base seca del grano y los granos de destilería húmedos de sorgo sin solubles (WDG).....	12
2. Efectos de diferentes niveles de inclusión de GD húmedos de maíz y sorgo sobre el consumo, ganancia diaria de peso y eficiencia de conversión, en diferentes categorías vacunas alimentadas ad libitum en confinamiento.....	15
3. Medias mensuales históricas de temperatura, humedad relativa y precipitaciones, durante los meses que se realizó el experimento	25
4. Composición química del WDG de sorgo utilizado en el experimento.....	27
5. Composición de ingredientes de los concentrados experimentales (expresado en base seca)	27
6. Composición de ingredientes de las dietas experimentales (expresado en base seca)	28
7. Composición química de la RTM formuladas para cada uno de los niveles de inclusión de WDG.....	28
8. Temperaturas medias, precipitaciones, humedad promedio e ITH de cada mes en la EEMAC, durante el período experimental (21/2/2014 al 8/4/2014)	35
9. Composición química, y digestibilidad de las raciones experimentales	36
10. Efecto de los niveles de inclusión de WDG sobre variables que afectan el crecimiento y desarrollo animal	37
11. Efecto del nivel de inclusión de WDG en la ración sobre el consumo medio diario de materia seca (MS) y eficiencia de conversión del alimento.....	38
12. Efecto del consumo (kg/día) de MO, PC, FDN y EE	39
13. Efecto de la inclusión de WDG sobre la probabilidad de encontrar un animal en actividad de consumo, rumia, descanso y consumo de agua durante	

las horas de luz (8:00 am a 20:00 pm)	41
Figura No.	
1. Diagrama del proceso de obtención de etanol y subproductos, a partir de la molienda seca	6
2. Cambios en la composición nutricional de los granos de destilería (GD) según el nivel de agregado de solubles condensados.....	10
3. Distribución de tratamientos y unidades experimentales en el espacio	26
4. Efecto de los niveles de inclusión de WDG (expresado como % MS en el concentrado), sobre la evolución del peso vivo.....	37
5. Efecto del nivel de inclusión de WDG en el concentrado sobre la DMS y DMO consumidas.....	40
6. Efecto del nivel de inclusión de WDG sobre la probabilidad de ocurrencia de actividad de consumo, rumia, descanso y consumo de agua durante las horas de luz (8:00 am a 20:00 pm).....	41
7. Efecto del nivel de inclusión de WDG sobre la distribución de la actividad de consumo promedio en período de 2 horas a lo largo del día.....	42
8. Efecto del nivel de inclusión de WDG sobre la distribución de la actividad de consumo del día 1 en período de 2 horas a lo largo del día	43
9. Distribución de la actividad de consumo del día 2 en período de 2 horas a lo largo del día	43

1. INTRODUCCIÓN

La aplicación del destete precoz a terneros surge como una alternativa interesante que permite lograr pesos similares o mayores, de los que ganaría al pie de la madre a una edad fija. Una de las estrategias de manejo propuesta es el confinamiento dado que está demostrado que se obtienen pesos más altos en comparación a los que se alcanzan con el manejo convencional (suplementación en pastoreo). Este tipo de manejo intensivo, en el cual se suministran dietas altamente concentradas, genera un incremento en los costos de producción, y es por eso que cualquier alternativa de alimentación que reduzca los mismos tiene el potencial de ser incorporada en la dieta de los animales.

Como consecuencia de la creciente producción de fuentes de energías renovables se montó por parte de ALUR (Alcoholes del Uruguay), una planta de producción de bioetanol a partir de granos de sorgo, en la cual se genera además de dicho alcohol varios subproductos que pueden ser utilizados en la alimentación animal. Uno de ellos y del cual se hace referencia en este trabajo es la burlanda húmeda de sorgo, más conocida como WDG por su sigla en inglés (wet distiller grain), la cual se caracteriza además de tener alto contenido de humedad (70%), por ser un alimento rico en energía (aportada principalmente por grasa y fibra altamente digestible), proteína y minerales. Dado que en el proceso de elaboración de etanol se extrae el almidón, se estima que las concentraciones de los restantes nutrientes se multiplican por tres aproximadamente con respecto al grano de sorgo. Estas características le dan a este alimento la posibilidad de ser sustituto de otros como el mismo grano de sorgo, grano de maíz y la harina de soja.

Es necesario caracterizar estos productos del punto de vista nutricional para determinar un nivel de inclusión óptimo para su uso en las dietas de terneros de destete precoz, teniendo en cuenta todos los factores que de alguna manera generen restricción (humedad, contenido de grasa, proteína y azufre) para así obtener el mayor beneficio de los mismos y que los resultados tanto biológicos como económicos sean los mejores.

Existe poca información referida a los granos de destilería provenientes de sorgo, contrariamente a lo que sucede con los provenientes del grano de maíz. Por otra parte no existe información referida a la utilización de granos de destilería en dietas de terneros de destete precoz, por lo tanto este trabajo tiene como objetivo evaluar la respuesta en ganancia de peso vivo, consumo y eficiencia de conversión, para terneros

de destete precoz alimentados con niveles crecientes de WDG de sorgo en dietas altamente concentradas bajo condiciones de confinamiento.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. INTRODUCCIÓN

La aplicación de destete precoz consiste en interrumpir definitivamente la relación vaca-ternero, cuando el último posee de 60 a 90 días después del parto, y entre 70-80 kg de peso vivo. Esta técnica se utiliza con el objetivo de disminuir los requerimientos nutritivos de la vaca lactante y así poder entrar en etapa de celo cuanto antes, con el fin de quedar preñada y conseguir producir un ternero por año. El efecto de esta práctica se maximiza en vacas de segundo entore y vacas con condición corporal menor a 3 (Simeone y Beretta, 2002). El problema de criar terneros destetados precozmente está en la alimentación. Es necesario cubrir los requerimientos de mantenimiento y crecimiento del ternero, teniendo en cuenta el pasaje abrupto de una dieta líquida a sólida, altas exigencias de proteína y energía y una limitación en el consumo debido a un escaso desarrollo ruminal (Simeone y Beretta, 2002). El comienzo del desarrollo del rumen en terneros según Coppo (2007) comienza a las 6 semanas de edad, sin embargo en esta etapa el aprovechamiento del alimento sólido es escaso, en la semana 12 de vida, la leche no alcanzaría cubrir los requerimientos nutricionales, por lo que se intensifica el pastoreo sumado al aporte lácteo. Por esto cuando se desteta precozmente es necesario remplazar el valor nutritivo de la leche por otro alimento, con el fin de obtener al menos, ganancias similares de las que obtendría al pie de la madre.

Los requerimientos del ternero de destete precoz, para obtener ganancias similares a las que obtendría al pie de la madre (0,600 kg/día) son: 2,60 Mcal EM/Kg MS, 16,0% Proteína Cruda/kg MS, 0,64% calcio/kg MS y 0,32% fósforo/Kg MS (Simeone y Beretta, 2002).

Distintas tecnologías han sido propuestas en función de recursos y ganancias medias diarias (GMD) objetivas: pastoreo campo natural más suplementación (GMD, 0,500 Kg/día), pastoreo de pradera más suplemento (GMD, 0,600 Kg/día), alimentación a corral restringida (GMD, 1 Kg/día) y alimentación a corral ofrecida ad libitum (GMD, 1,2 Kg/día) (Simeone y Beretta, 2012). El destete precoz realizado en régimen de confinamiento, remplaza la suplementación en pastoreo por el suministro en corrales de una ración totalmente mezclada (RTM). Esta tecnología tiene varias implicancias en el sistema productivo como liberar área para otras categorías o actividades más rentables, acortar el ciclo de la invernada y teniendo en cuenta la mayor eficiencia de conversión de los terneros respecto a animales adultos (NRC 1996, Pordomingo 2005), permite realizar menor gasto de concentrado (Baldi et al., 2011).

La alimentación a corral de terneros implica suministrar dietas altamente concentradas donde los granos son unos de los principales componentes (> 65% de la dieta) (Pordomingo, 2005). En dietas de corral con alto contenido de grano, el principal problema es el riesgo de acidosis, debido a que la rápida fermentación del almidón resulta en un descenso en el pH del rumen (Owens et al., 1996). Sin embargo el suministro del grano entero promueve una mayor salivación y mayor pH ruminal con lo que se esperaría una reducción de la acidosis subclínica y un mayor consumo (Britton y Stock, 1987).

La inclusión de granos de destilería húmedos sin solubles (WDG) en dietas de terneros de destete precoz, provocaría una sustitución del aporte de energía en forma de almidón (grano), por un aporte de energía en forma de fibra altamente digestible y grasa (Bruni et al., 2014). Este cambio en la composición de la energía, podría reducir el riesgo de acidosis, aumentando el valor nutritivo de la dieta (Akayezu et al. 1998, Klopfenstein 2001).

El WDG de sorgo, posee elevados contenidos de grasa, minerales y proteína (Klopfenstein et al. 2008, Bruni et al. 2014, Cao et al. 2014). Esto podría llegar a ser contraproducente si los niveles de inclusión en las dietas son muy elevados (Huntington y Archibeque 2000, Hess et al. 2008, Drewnoski et al. 2013, Arroquy et al. 2014).

En la presente revisión se presentara primero información referida al proceso de producción de etanol y seguido por el análisis de subproductos generados, las características nutricionales y propiedades químicas de los granos de destilería de forma de comprender la incidencia del proceso industrial sobre las características nutricionales del alimento. Seguidamente se analizan los antecedentes evaluando el uso de granos de destilería sobre la performance animal y eficiencia de uso del alimento.

2.2. SUBPRODUCTOS DE DESTILERÍA GENERADOS A PARTIR DE LA PRODUCCIÓN DE ETANOL

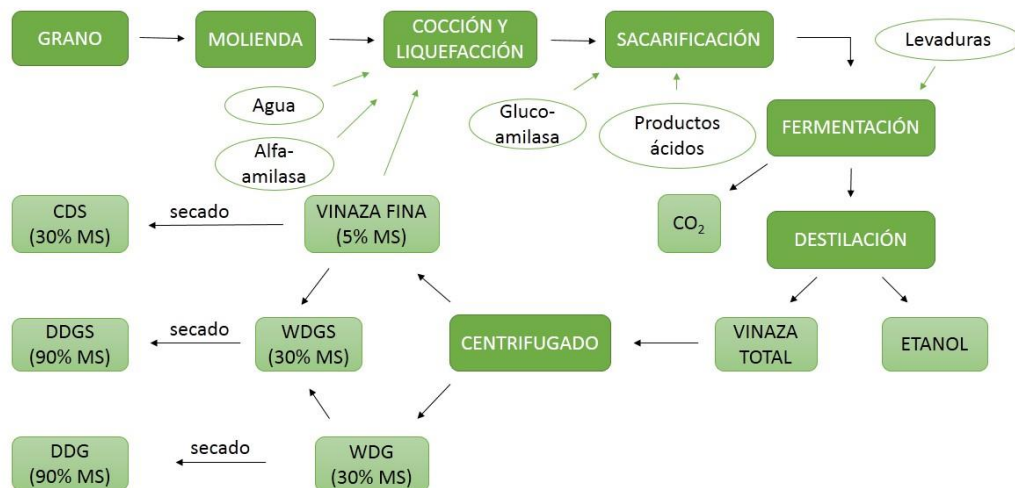
El proceso consiste en la obtención de etanol a partir de productos agrícolas ricos en almidón, siendo el más utilizado el grano de maíz, ya que es la materia prima con la cual se obtiene mayor rendimiento de etanol (US Grain Council, 2012). Sin embargo, también puede ser obtenido a partir del sorgo, mezclas maíz-sorgo, trigo o cebada (US Grain Council 2012, Arroquy et al. 2014).

Las tecnologías utilizadas principalmente para la producción de etanol son la molienda húmeda y la molienda seca, convirtiéndose esta última en el método primario de producción debido a su menor inversión y requerimientos operativos (Belyea et al., 2010). Para el caso de la presente revisión, como interesa el proceso por el cual se obtienen los granos de destilería, solo se describirá la tecnología de molienda seca.

2.2.1. Proceso de producción del etanol

La diferencia principal que presenta la molienda seca en comparación con la molienda húmeda es que la primera utiliza como materia prima el grano entero, mientras que en la segunda la materia prima es solo el almidón extraído del grano (Bothast y Schlicher, 2005).

El resultado de la utilización de este método de molienda es la obtención de productos finales como: etanol, granos de destilería con solubles y CO₂. Como referencia cuantitativa del proceso, por cada bushel de maíz (25,4 kg) que se industrializa se producen aproximadamente 2,8 galones de etanol (10,6 lts), 18 lbs de granos de destilería (8,16 kg), y 18 lbs de CO₂ (8,16 kg). Por lo tanto se obtiene aproximadamente 1/3 de cada componente (Klopfenstein et al., 2008). En la figura No. 1 se presenta un diagrama que muestra el proceso de molienda seca para la obtención de etanol y subproductos.



CDS: Condensados solubles. DDGS: Granos secos de destilería con solubles. WDGS: Granos húmedos de destilería con solubles. DDG: Granos secos de destilería. WDG: Granos húmedos de destilería.

Figura No. 1. Diagrama del proceso de obtención de etanol y subproductos, a partir de la molienda seca. Elaborado a partir de ALUR¹, Bothast y Schlicher (2005), US Grain Council (2012).

El primer paso en el proceso de producción de etanol es la molienda en seco que se realiza luego de que la materia prima fue clasificada y acondicionada. Dado que es necesario que el tamaño de partículas del grano sea de menor tamaño, en esta etapa se utiliza un molino de tipo martillo, para de esta forma dejar el almidón expuesto y así favorecer la hidrólisis en las etapas posteriores¹. Estudios realizados por Kelsall y Lyons (1999), demuestran que se puede producir un extra de 0,85 lts de etanol, si el maíz se muele de manera tal que pase por una malla de 5mm en comparación a una de 8mm, dado principalmente por un mejor aprovechamiento del grano.

Una vez molidos los granos se procede a la etapa de cocción y licuefacción. En dicha etapa el objetivo es la destrucción de las moléculas de almidón a través de la hidrólisis, para que posteriormente sea metabolizado mediante el uso de levaduras en la etapa de fermentación¹.

¹ ALUR (Alcoholes del Uruguay, UY). s.f. Diagrama de flujo obtención de etanol. Paysandú. 3 p. (sin publicar).

El primer paso es lograr una masa de pH 6, para ello se utiliza agua y vinaza delgada (subproducto líquido de la producción de etanol) las cuales son agregadas y mezcladas junto con el grano molido. Posteriormente se adiciona alfa-amilasa, enzima termoestable, la cual se encarga de romper los polímeros de almidón. Esta mezcla es llevada a una temperatura superior a los 100°C, mediante un cocedor a presión. La temperatura es mantenida en un tubo de retención durante varios minutos, luego la masa es trasladada a un tanque de expansión para que la temperatura se reduzca hasta los 80-90°C. Una vez reducida la temperatura, se le incorpora nuevamente alfa-amilasa, y se licua durante al menos 30 minutos con el objetivo de reducir los polímeros de almidón en forma mecánica (Bothast y Schlicher 2005, US Grain Council 2012).

Existen dos tipos de cocción: la de tipo continuo y la cocción por lote. La diferencia entre ambas es que la primera utiliza un tanque de pre-mezcla para el abastecimiento continuo del cocedor. En cuanto a ventajas: el sistema por lote utiliza menos enzimas y es más eficiente energéticamente, mientras que el sistema continuo tiene mayor productividad por unidad de tiempo (US Grain Council, 2012).

Luego del proceso de cocción y licuefacción la masa es ajustada a un pH de 4,5 con la incorporación principalmente de ácido sulfúrico y se añade la enzima gluco-amilasa, para convertir el almidón licuado en glucosa. Este proceso se denomina sacarificación y se superpone con el proceso de fermentación, no tiene efectos en el rendimiento final de etanol (Bothast y Schlicher, 2005).

A la etapa de fermentación llega una masa rica en azúcares fermentables, la cual es enfriada hasta una temperatura de 32°C, para luego poder incorporar las levaduras que llevarán a cabo la fermentación alcohólica¹.

Para el correcto crecimiento de las levaduras en la mezcla, es necesario proporcionarles fuentes nitrogenadas. El origen de las mismas pueden ser tanto no proteico (urea, sulfato de amonio), como proteico mediante la adición de proteasas las cuales se encargan de descomponer las proteínas del grano, dejando de este modo fuentes de nitrógeno en forma libre. La fermentación puede durar entre 48-72 horas. En este tiempo que transcurre se da una disminución del pH dado por el aumento de la concentración del dióxido de carbono producido en el proceso, esto mejora la actividad de la gluco-amilasa y por el contrario perjudica la proliferación de bacterias contaminantes. Existen muchas industrias que utilizan este accionar, realizando el proceso de sacarificación y fermentación en forma simultánea, con el objetivo de disminuir la probabilidad de contaminación microbiana (Bothast y Schlicher, 2005).

Luego de la fermentación sigue el proceso de destilación donde la función es separar el etanol producido de los sólidos y el agua. Este proceso se realiza por calentamiento en columnas de destilación, ya que las temperaturas de evaporación del agua y el alcohol (a nivel del mar) son de 100°C y 78°C respectivamente. Todo comienza en una primer columna (destiladora), donde se separa el agua junto con el alcohol, posteriormente esta solución líquida es transportada a una segunda columna (rectificadora), en la cual el etanol sale con un 95% de pureza. En este punto el agua no se puede separar mediante calor, ya que forman una mezcla azeotrópica con el etanol, es por eso que el 5% restante de agua se separa mediante métodos modernos que utilizan un tamiz molecular para obtener etanol con un 100% de pureza. A este último se le agrega una pequeña cantidad de gasolina para evitar que sea utilizado como bebida y pertenezca al grado de combustible (ALUR¹, Bothast y Schlicher 2005).

2.2.2. Subproductos generados

Una vez extraído el etanol en el proceso de destilación, el producto que queda es enfriado en un intercambiador de camisa y es llamado vinaza o destilado completo, está compuesto principalmente por agua y la mayoría de los nutrientes provenientes del grano excepto el almidón (US Grain Council, 2012).

El destilado completo es centrifugado con el fin de separar los sólidos gruesos del líquido; la fracción líquida (5% MS) se denomina vinaza fina o destilados ligeros, constituido por levaduras, partículas finas de grano y nutrientes solubles (Bruni et al., 2014). Parte de esta fracción puede ser reciclada en el proceso industrial (Bothast y Schlicher, 2005), el resto de la vinaza fina pasa a través de un evaporador hasta que alcance una humedad aproximada de 30%, este producto es denominado condensados de destilería solubles (CDS) y se puede comercializar de esta forma o mezclarse con los sólidos y formar: granos húmedos de destilería con solubles (WDGS), con 31-36% de MS o granos secos de destilería con solubles (DDGS), con 85-90 % de MS (US Grain Council 2012, Arroquy et al. 2014). La fracción sólida se denomina granos húmedos de destilería (WDG) o burlanda húmeda, la cual contiene alrededor de 35 % de materia seca y está compuesta por partículas de grano destilado no fermentado. Este subproducto puede ser comercializado como tal, o como granos secos de destilería (DDG) con 85-90% de MS (Arroquy et al., 2014).

También existen los llamados granos húmedos de destilería con solubles modificado, los cuales se forman a partir de un secado parcial de WDGS o DDGS más CDS hasta alcanzar una humedad entre 45 y 55% (Di Lorenzo, 2013).

2.3. COMPOSICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE GRANOS DE DESTILERÍA

2.3.1. Características generales

El WDG es un subproducto con alto contenido de proteína cruda, fibra y humedad; utilizado para la alimentación animal (Bruni et al., 2014). Es considerado como una buena fuente de proteína y energía (Larson et al. 1993, Ham et al. 1994).

La humedad y características físicas como la viscosidad ayudan notablemente a la palatabilidad y a reducir la separación y clasificación de los ingredientes menos agradables, de la misma forma el alto contenido de proteína de los WDGS permite utilizar forrajes de baja calidad en dietas de feedlot (Klopfenstein et al., 2008).

Los niveles de proteína cruda (PC) de los granos de destilería oscilan entre 28-33%, dependiendo del tipo de grano, el método de procesamiento y del subproducto que se trate (Belyea et al., 2004). Numerosos estudios indican que los granos de destilería son alimentos ricos en proteína no degradable en el rumen (PNDR) (Akayezu et al. 1998, Klopfenstein et al. 2008).

El aporte de energía en el WDG proviene principalmente de la fibra y los lípidos (Klopfenstein et al. 2008, Bruni et al. 2014). Según Di Lorenzo y Galyean (2010) la fibra presente en los granos de destilería no debe ser considerada fibra efectiva ya que no estimula los procesos de salivación y rumia, acorde a esto Sniffen et al. (1992) muestran que solo el 4 % de la FDN en los granos de destilería corresponde a fibra efectiva.

Al ser el WDG un producto de alto contenido de humedad y alto contenido de nutrientes, esto genera un ambiente favorable para el crecimiento y desarrollo de microorganismos, debido a esto no es posible conservarlo por más de 5 días al aire libre (Di Lorenzo 2013, Bruni et al. 2014). Sin embargo el WDG posee bajo pH (3-4), buena capacidad buffer (62,36 meq/Kg MS) y alto contenido de humedad (65-70%), las cuales son características adecuadas para un buen ensilaje (Bruni et al., 2014).

Para un correcto ensilado es necesario condiciones anaerobias, compactación adecuada, y un pH bajo. Los granos de destilería húmedos pueden ser conservados adecuadamente cuando se ensila solo o con otros alimentos (Arroquy et al., 2014). Experimentos realizados por estos autores, demuestran poca variación en el pH y contenido de ácidos grasos volátiles (AGV) cuando se conserva WDG en bolsa de silo

por 14 días, por lo tanto si la conservación de WDG en silo bolsas es inmediata, permite un excelente mantenimiento de sus características y evita el deterioro por exposición a condiciones ambientales.

En cuanto al contenido de CDS en los granos de destilería (GD), el porcentaje de inclusión afecta su composición nutricional. Como se observa en la figura No. 2, a mayor cantidad de CDS en los GD el contenido de proteína y fibra disminuye y el contenido de lípidos aumenta, generando así un subproducto más energético (Corrigan et al., citados por Arroquy et al., 2014).

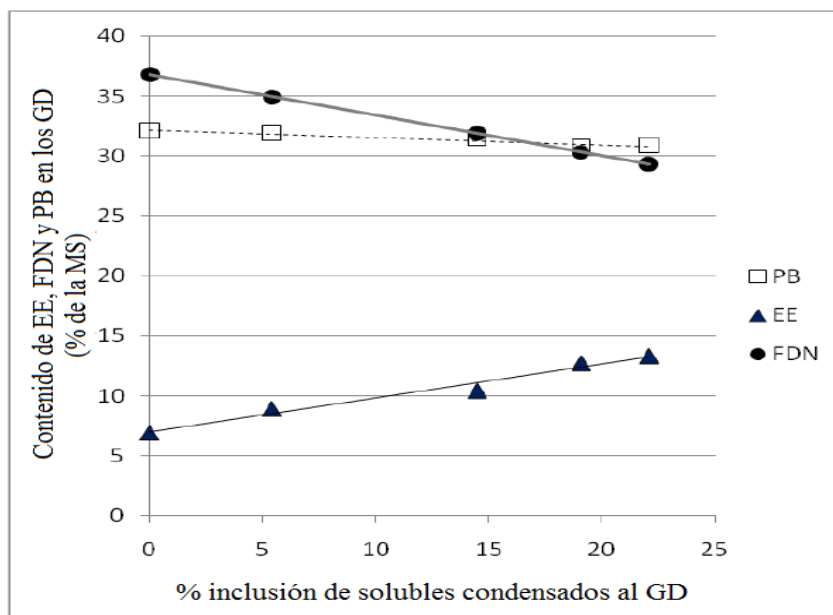


Figura No. 2. Cambios en la composición nutricional de los granos de destilería (GD) según el nivel de agregado de solubles condensados (Corrigan et al., citados por Arroquy et al., 2014).

En cuanto al contenido de minerales en WDG aumenta aproximadamente tres veces su concentración con respecto al grano que le dio origen (Klopfenstein et al., 2008), y varía dependiendo del contenido de CDS en el subproducto, ya que los minerales generalmente se encuentran en esta fracción (Arroquy et al., 2014). Acorde a esto Cao et al. (2014), muestran que cuando no se agregó CDS al DDG o WDG de maíz el contenido de minerales fue 2.4 % y 2.35% respectivamente, en cambio cuando la relación de DDG o WDG con CDS fue de 60/40, el contenido de minerales fue de 5.83% y 5.79% respectivamente.

Erickson et al. (2007) presentan valores de fósforo y azufre en CDS de maíz de 1.57% y 0.92% respectivamente, de la misma manera Cao et al. (2014) reportan valores de fósforo de 1.94% y azufre 1.66% en CDS de maíz. Las diferencias en los valores de azufre, probablemente se deba a la utilización o no de ácido sulfúrico para controlar el pH durante el proceso, Arroquy et al. (2014) mencionan que el contenido de azufre en los subproductos es mayor cuando se utiliza este tipo de ácido.

2.3.2. Fuentes de variación

El tipo de grano y su calidad, el proceso de molienda, el tipo (continua o en lotes) de la fermentación y su duración en el proceso, son las fuentes de variación que explican las diferencias en la composición del WDG (Belyea et al. 2010, Elizalde y Riffel 2012). Estos autores observaron que la mayor fuente de variación se registraba entre lotes o partidas de granos dentro de una misma planta, debido a variaciones en las características composicionales y/o fisiológicas del grano de maíz y/o a las condiciones de procesamiento que afectan la fermentación del grano.

En general la cantidad de nutrientes de los GD provenientes de sorgo o maíz son similares, el WDG de sorgo posee numericamente mas cantidad de proteína cruda y almidón que el WDG de maíz, sin embargo el WDG de maíz contiene mayor cantidad de lípidos que el primero (Lodge et al., 1997). Estudios realizados por Al-Suwaiegh et al. (2002), sugieren que los granos de destilería obtenidos a partir del sorgo pueden llegar a tener menos energía que los GD obtenidos a partir del maíz. Probablemente esto sea consecuencia de un mayor contenido de lípidos en los GD de maíz.

El grano de sorgo, dependiendo su genotipo, puede tener taninos condensados (Russell et al., 1989), estas son sustancias polifenólicas que se encuentran en la testa del grano, y que pueden afectar negativamente el valor nutritivo, fijando las proteínas del grano y reduciendo su disponibilidad, también pueden inhibir la acción de la amilasa, disminuyendo así de un 10 a un 30% la eficiencia alimenticia (Chessa, 2007). Este efecto probablemente no se observe con el uso de WDG provenientes del grano de sorgo, ya que en el proceso de producción de etanol, para obtener mejores rendimientos se recomienda utilizar variedades de sorgo bajos en taninos (Ramírez, 2014).

En función de esto a continuación se analizará conjuntamente información de granos de destilería, provenientes del maíz y sorgo, con el fin de establecer las características nutricionales del WDG de sorgo.

2.3.3. WDG de sorgo

Como se puede observar en el cuadro No. 1, la concentración de nutrientes en el WDG de sorgo a excepción del almidón, aumenta aproximadamente en 3 veces su concentración con relación al grano de origen, debido principalmente a la extracción del almidón.

Cuadro No. 1. Composición química en base seca del grano y los granos de destilería húmedos de sorgo sin solubles (WDG).

	Grano de sorgo**	WDG de sorgo**	WDG de sorgo***
MS (% tal cual ofrecido)	89,39	33,31	23,5
Almidón	77,82	5,38	10,2
Proteína cruda	6,84	31,36	31,6
Extracto etéreo	3,37	11,1	11,3
Fibra detergente neutro	12,98	70,17*	45,4
Cenizas	1,4	1,33	2,5

*Incluye 19% de PC ligada a la FDN.

** Bruni et al. (2014).

*** Lodge et al. (1997).

La fibra detergente neutro (FDN) contenida en el WDG, es altamente digestible, como consecuencia del proceso de fermentación en el cual se utilizan ácidos y enzimas que solubilizan y/o modifican la estructura de la pared celular facilitando el ataque microbiano en el rumen (Bruni et al., 2014).

El valor energético de la grasa para el ganado es aproximadamente tres veces mayor al valor contenido en el almidón (Klopfenstein, 2001). Estudios realizados por Al-Suwaiegh et al. (2002) demuestran que en promedio el 42% de la mejora en los valores de ENg de las dietas, cuando se sustituye maíz molido por granos de destilería (sorgo, maíz) son atribuibles a los lípidos. Sin embargo el valor alimenticio del WDG no se explicaría solo por el valor estricto de energía contenido en los nutrientes sino también por una reducción en la acidosis ruminal, a causa de la sustitución de almidón por fibra altamente digestible (Akayezu et al. 1998, Klopfenstein 2001).

El contenido proteico del WDG de sorgo es aproximadamente 31% (Lodge et al. 1997, Bruni et al. 2014), donde la mayor parte está ligada a la pared celular (Bruni et al., 2014). En el caso de los granos de destilería con solubles las levaduras utilizadas durante el proceso de obtención de etanol generan un aporte importante de proteína, la

mayor parte se encuentran en los CDS (Bruni et al., 2014); por esto el aporte de proteína de las levaduras depende de la cantidad CDS incorporados en el subproducto. Belyea et al. (2004) comprobaron que las levaduras aportan el 50% de la proteína en DDGS de maíz.

Bruni et al. (2014) determinaron que existe una reducción significativa de la fracción soluble de la proteína en el WDG con respecto al grano de sorgo, esto puede explicarse por una transformación de la proteína soluble a insoluble por la exposición a altas temperaturas durante el proceso de producción de etanol y/o debido a una pérdida de partículas en la etapa de retención de subproductos. Por otra parte Arroquy et al. (2014) sugieren que las fracciones más digeribles son consumidas durante el proceso de fermentación alcohólica.

Dong et al. (1987) demostraron que el perfil de aminoácidos de los granos de destilería se asemeja al grano que les dio origen; el maíz y el sorgo generalmente son deficientes en lisina (Akayezu et al. 1998, Stein y Shurson 2009), por lo tanto los granos de destilería de sorgo y maíz, probablemente serán deficientes en lisina. Cromwell et al. (1993), Armentano (1994) afirman que la deficiencia en lisina puede reducir la eficiencia de utilización de la proteína. La cantidad de CDS incorporados en el subproducto podría equilibrar las deficiencias en lisina, teniendo en cuenta el aporte de proteínas por parte de las levaduras.

En cuanto al contenido de minerales, altos niveles de fósforo y azufre en la dieta puede ocasionar contaminación por la excreción de los mismos y/o perjudicar la performance individual del animal (Arroquy et al., 2014). Más adelante (ver ítem límite de inclusión) se describirán los efectos que podrían causar niveles elevados de estos minerales en la dieta.

El contenido de fósforo y azufre en maíz y sorgo es similar, con una leve superioridad por parte del sorgo. NRC (2000) reporta valores de 0.32% de fósforo y 0.11% de azufre para maíz, y para sorgo muestra valores de 0.34% de fósforo y 0.14% de azufre. Teniendo en cuenta esto probablemente el contenido de esos minerales en los GD de sorgo o maíz no presentaría grandes variaciones.

May (2008) encontró que el valor promedio de azufre en WDGS de sorgo utilizado en dietas experimentales fue de 0.79%, sin mostrar valores del contenido de fósforo. Cao et al. (2014) reportan en WDG de maíz un contenido de fósforo de 0.49% y

de azufre 0.58%; en WDGS de maíz Shurson et al., citados por Belyea et al. (2010) reportan valores de 0.89% de fósforo y 0.51% de azufre.

En cuanto a las micotoxinas, estas no son destruidas en el proceso de obtención del etanol, por lo que triplican su concentración con respecto al grano que le dio origen, por esto se deben realizar análisis periódicos de micotoxinas para evitar posibles efectos adversos sobre la productividad, salud animal, y la inocuidad alimentaria (Bruni et al., 2014).

La inclusión de WDG de sorgo en dietas para terneros de destete precoz alimentados en confinamiento, cambiaría la composición del aporte de energía (principalmente FDN altamente digestible y EE) lo que cambiaría el valor nutritivo de la dieta (Akayezu et al. 1998, Klopfenstein 2001). También provocaría una modificación en el aporte proteico, por el elevado contenido de PNDR (Akayezu et al. 1998, Klopfenstein et al. 2008) lo que podría generar un efecto favorable, explicado por un aumento en la ingestión de proteína metabolizable (PM), ya que se trata de una categoría joven con escaso desarrollo ruminal (Simeone y Beretta, 2011).

2.4. EFECTO DEL NIVEL DE WDG EN LA DIETA SOBRE LA PERFORMANCE ANIMAL

En el cuadro No. 2 se presenta a modo de resumen un recopilado de información y resultados obtenidos de diferentes autores, con ensayos en régimen ad libitum en diferentes categorías y dietas con distintos tipos de GD.

Vander Pol et al. (2006) utilizando diferentes niveles de inclusión de WDGS sustituyendo al grano de maíz obtuvieron que la eficiencia de conversión en todos los niveles de inclusión fueron más eficientes que el control. Acorde a esto Larson et al. (1993) demostraron que el valor alimenticio del WDG de maíz, estimado a partir del inverso de la eficiencia de conversión en relación al tratamiento testigo, es 169% con respecto al maíz grano cuando se alimentan novillos y 128% cuando se alimenta a terneros.

Estudios realizados por Al-Suwaiegh et al. (2002) demuestran que no hay diferencias significativas en la digestibilidad de los GD obtenidos a partir del sorgo o maíz. También reportan que el CMS en dietas que contienen WDG de sorgo es superior a cuando contienen WDG de maíz, sin embargo no se encontraron diferencias significativas en ganancia diaria y eficiencia de conversión.

Cuadro No. 2. Efectos de diferentes niveles de inclusión de GD húmedos de maíz y sorgo sobre el consumo, ganancia diaria de peso y eficiencia de conversión, en diferentes categorías vacunas alimentadas ad libitum en confinamiento.

Autor	Concentrados/ Dieta base	Tipo GD	Categoría/ Peso (kg)	Nivel de inclusión GD (%MS)	Consumo (kg MS)	Ganancia (kg/día)	Eficiencia de conversión (C/G)				
1	90% / Grano de maíz molido y harina de soja	WDGS de maíz	Terneros/ 275	0	8,42 ¹	1,30 ¹	6,48 ¹				
				5,2	8,74 ¹	1,39 ¹	6,29 ¹				
				12,6	8,44 ¹	1,40 ¹	6,03 ¹				
				40	7,91 ¹	1,46 ¹	5,42 ¹				
				0	11,46 ¹	1,65	6,95 ^c				
				5,2	11,20 ¹	1,71	6,55 ^c				
2	90% / Grano de maíz molido	WDGS de maíz	Novillos/ 390	12,6	10,93 ¹	1,76	6,21 ^c				
				40	9,68 ¹	1,76	5,50 ^c				
				0	10,99	1,46 b	7,52 b				
				40	10,68	1,69 a	6,33 a				
				3	95% / Grano de maíz molido y grano húmedo de maíz	WDGS de maíz	Novillos/ 350	0	10,89 ^c	1,65 ^c	6,52 ^c
								10	11,16 ^c	1,85 ^c	6,06 ^c
20	11,39 ^c	1,86 ^c	6,10 ^c								
30	11,79 ^c	1,96 ^c	5,78 ^c								
40	11,07 ^c	1,94 ^c	5,68 ^c								
50	10,57 ^c	1,78 ^c	5,92 ^c								
4	88% / Grano de maíz y harina de soja	WDG maíz	Novillos/ 390	0	10,60	1,58	6,96 ¹				
				20	10,50	1,68	6,33 ¹				
				40	10,30	1,62	6,41 ¹				
5	92,5% / Grano de maíz molido	WDG de maíz y sorgo	Novillos/ 360	0	10,70*	1,65 **	6,48 **				
				30 M	10,40 a	1,80	5,78				
				30 S	11,10 b	1,87	5,94				
6	90% / Grano de maíz molido	GD sorgo	Novillos/ 325	0	12,11	1,86	6,54 a				
				40 WDG	11,97	1,83	6,54 a				
				40 WDGS	12,23	1,91	6,45 a				
				40 DDGS	12,49	1,78	7,04 b				

M= maíz, S= sorgo.

¹= medias dentro de columna ajustan a un modelo lineal (P≤ 0,05), ^c= medias dentro ajustan a un modelo cuadrático (P≤ 0,05).

a, b= medias dentro de columna difieren significativamente ($P \leq 0,05$), ns= medias dentro de columna no difieren significativamente.

*= control no difiere significativamente con media de GD ($P \geq 0,01$).

**= control difiere significativamente con media de GD ($P \leq 0,01$).

1- Larson et al. (1993). 2- Ham et al. (1994). 3- Vander Pol et al. (2006). 4- Schoonmaker et al. (2010). 5- Al-Suwaiegh et al. (2002). 6- Lodge et al. (1997).

Teniendo en cuenta que no hay efecto significativo en la respuesta animal cuando se usa GD de sorgo o de maíz. Se incluyó en la presente revisión datos de GD de maíz, ya que la información de GD de sorgo es escasa y que probablemente el uso de uno u otro subproducto tengan resultados similares en la performance animal.

2.4.1. Consumo

Vander Pol et al. (2006) evaluaron diferentes niveles de inclusión de WDGS de maíz en novillos de 350 kg de PV (0, 10, 20, 30, 40 y 50% de la MS en la dieta), en sustitución de grano húmedo de maíz y grano de maíz molido, donde obtuvieron una respuesta cuadrática ($p < 0.01$), con un máximo consumo en el nivel 30% de inclusión. Sin embargo Larson et al. (1993) trabajando en recría de terneros y finalización de novillos, incorporando 5.2, 12.6 y 40 % de WDGS de maíz en la dieta, observaron que la energía neta de ganancia por kg de materia seca aumentó en la medida que la inclusión de WDGS en la dieta fue mayor, en donde se ajustó una respuesta lineal negativa para ambos ensayos ($p < 0.01$).

Schoonmaker et al. (2010) evaluaron la incorporación de WDG de maíz en los niveles 0, 20 y 40% de la MS en sustitución de harina de soja, grano de maíz molido, y utilizando aceite de soja para equilibrar el contenido de lípidos, concluyeron que no existen diferencias significativas ($p > 0.10$) en el consumo de materia seca diaria con dietas bajas en forraje (12%).

Ensayos realizados por Al-Suwaiegh et al. (2002) sobre novillos en terminación demostraron que el consumo de materia seca es mayor utilizando WDG de sorgo en comparación con WDG de maíz ($p < 0.02$), cuando se sustituye por grano de maíz molido en un 30 % de MS.

Lodge et al. (1997), trabajando con novillos de 350 kg, evaluaron la sustitución de WDG de sorgo por grano de maíz molido en un 40% de la MS, y no observaron diferencias significativas en el consumo de materia seca ($p = 0.38$), explicando estos

resultados por el similar contenido de energía del WDG de sorgo respecto al grano de maíz molido.

La inclusión de WDG de sorgo en sustitución de grano de maíz molido y harina de soja, en dietas de terneras de destete precoz podría no presentar cambios en el CMS, asociado a lo reportado por Lodge et al. (1997), sin embargo teniendo en cuenta lo reportado por Larson et al. (1993), Vander Pol et al. (2006) se esperarían cambios en el CMS. No obstante el CMS probablemente se vea afectado cuando el nivel de inclusión de WDG es elevado, debido a una ingesta elevada de EE y minerales (ver ítem límite de inclusión).

2.4.2. Ganancia de peso

Larson et al. (1993) demuestran un aumento en la ganancia de peso diaria en forma lineal ($p < 0,01$), en cambio en el ensayo con la categoría de novillos no se observaron diferencias significativas. Por su parte Vander Pol et al. (2006) demuestran una respuesta cuadrática ($p < 0,01$) para la ganancia diaria con un máximo en 30% de inclusión de WDGS. A diferencia de estos autores en el ensayo de Schoonmaker et al. (2010), no observaron diferencias ($p > 0,25$) en las ganancias diarias de peso.

Al-Suwaiegh et al. (2002) presentan valores de GMD mayor para los tratamientos con granos de destilería respecto al tratamiento control, sin embargo no encontró diferencias entre las GMD de los GD de maíz y sorgo.

Lodge et al. (1997) en sus experimentos demostraron que no existen diferencias ($p > 0,10$) en la ganancia diaria de peso, y además mencionan que el valor energético del WDG de sorgo es similar al maíz (96% ENg en relación al maíz).

2.4.3. Eficiencia de conversión

Este valor hace referencia a los kg de alimentos necesarios para producir un kilo de PV del animal (Simeone y Beretta, 2012). Estos mismos autores en terneros de destete precoz alimentados a corral, con dietas altamente concentradas (80% de concentrado) obtuvieron valores de eficiencia de conversión de 3,5 kg de MS/kg de PV ganado en condiciones de consumo ad libitum, mientras que como promedio de 2 años el resultado fue de 3,7 kg de MS/kg de PV ganado en terneros.

Ganado alimentado con WDGS de maíz fueron más eficiente que el alimentado con DDGS ($p < 0.01$) (Ham et al., 1994).

Estudios de Larson et al. (1993), Ham et al. (1994), Vander Pol et al. (2006) demuestran un óptimo en la eficiencia de conversión cuando el nivel de inclusión de WDGS de maíz en la dieta fue del 40%. Por otra parte resultados del ensayo de Schoonmaker et al. (2010) mencionado anteriormente, muestran una mejora lineal en la eficiencia de conversión ($p = 0,04$).

Al-Suwaiegh et al. (2002) demostraron mejoras en cuanto a la EC cuando se incluyó GD húmedos con respecto al control, sin encontrar diferencias entre WDG de maíz o sorgo.

Lodge et al. (1997) en sus resultados no mostraron diferencias en la eficiencia de conversión cuando se sustituyó WDG o WDGS de sorgo, sin embargo si hay variaciones en la eficiencia de conversión cuando se sustituye por DDGS de sorgo ($p < 0.05$) siendo mayor los Kg de alimentos necesarios para producir un kilo de PV del animal.

No se encontró información de respuesta en terneros de destete precoz a corral con el uso de granos de destilería, por esto se basó principalmente en animales de sobreaño o en terminación alimentados en confinamiento, con dietas basadas en la inclusión de GD húmedos en sustitución de grano de maíz molido. Dados los resultados revisados, se puede esperar la existencia de un nivel óptimo de inclusión de WDG en la dieta, donde se refleje una mejora en la EC del alimento, así como en el desempeño de los animales.

2.4.4. Digestión ruminal

2.4.4.1. Digestión ruminal de la materia seca

Cao et al. (2014) observaron que la degradación ruminal efectiva de la MS del WDG de maíz era de 55,4 %, y estaba compuesta principalmente por la fracción inmediatamente soluble (A) y potencialmente degradable (B) (33% y 65,9% respectivamente). El valor de la fracción no degradable en rumen (C) fue de 1.09 % y la tasa de degradación de la MS en el rumen fue de 3.13 %/h. Según estos autores el WDG tiene mayor degradación de la MS en el rumen, que el DDG ($p < 0,001$), también tiene

mayor fracción A y menor fracción B; la menor fracción de A de los DDG es debido al proceso de secado al que es sometido, lo cual genera una disminución de la MS soluble.

Cuando al WDG se le agregan los solubles condensados, la degradación ruminal de la MS aumenta, ya que la fracción A aumenta también con el agregado de los solubles condensados. La fracción B disminuye con el agregado de CDS pero en menor proporción y la fracción C no se vio modificada (Cao et al., 2014).

2.4.4.2. Digestión ruminal de la fibra, proteína y lípidos

Bruni et al. (2014) compararon la degradabilidad en rumen de la FDN entre el grano de sorgo y el WDG de sorgo, hallando similar potencial de degradación en rumen (79,3% vs 75,1% respectivamente), el WDG presentó mayor fracción soluble (5,6% vs 0%) y mayor tasa de degradación (6,3% vs 3,5%) que el grano de sorgo.

En cuanto a la degradación ruminal de la PC, Cao et al. (2014) observaron que en el WDG de maíz fue de 50.1 %, formada principalmente por las fracciones degradables A y B (25,8 % y 74,2%); mientras que la fracción no degradable C era casi cero, esto demuestra que la mayor parte de la PC se degradó en el rumen con 24 horas de incubación. A diferencia de esto Bruni et al. (2014) demostraron que la degradación ruminal de la PC en el WDG de sorgo fue de 25,5% \pm 1,76, no presentó fracción A, la fracción B fue de 71% y la fracción C de 29%, mientras que la tasa de degradación fue de 1,1%/h. Esto se puede deber a que se trata de diferentes subproductos y por los diferentes procesos de producción realizados por cada industria, ya sea en la obtención del etanol o durante la obtención del subproducto.

En el trabajo de Cao et al. (2014), la fracción A fue mayor ($p < 0,001$) para los WDG con respecto a los DDG, mientras que la fracción B fue menor ($p < 0,001$) en los WDG en comparación a los DDG, sin diferencias entre los alimentos para la fracción C, según estos autores el agregado de condensados solubles al WDG o DDG, aumentó en forma lineal la fracción A ($p < 0,001$), disminuyó linealmente la B ($p = 0,007$) y no hubo diferencias en la C ($p = 0,28$).

La velocidad de degradación de la PC del WDG en rumen fue de 2,93 %/h, y no se encontraron diferencias con el DDG ($p = 0,24$) ni con el aumento de los CDS ($p = 0,79$) (Cao et al., 2014).

La degradación ruminal de la PC fue mayor ($p < 0,001$) en WDG que en los DDG, y se observó un incremento lineal cuando la proporción de condensados solubles aumentó ($p < 0,001$) (Cao et al., 2014).

Kleinshmit et al. (2007) compararon la degradación de la PC en rumen del WDGS de maíz con harina de soja (HS), no observando diferencias estadísticas sobre la fracción B (87,6% HS vs 78,9% WDGS) ni sobre el potencial de degradación en rumen (100% HS vs 97,9% WDGS), donde si hubieron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) fueron en la fracción A (12,4% HS vs 19,0% WDGS) y sobre la tasa de degradación de la PC en rumen (0,062/h HS vs 0,037/h WDGS).

Referido a la digestión de lípidos, estos al ser ingeridos en los alimentos son sometidos a una bio-hidrogenación por enzimas lipolíticas microbianas en el rumen, para formar glicerol y ácidos grasos libres (Jenkins, 1993). El glicerol obtenido de la hidrólisis es metabolizado por los microorganismos ruminales para producir ácidos grasos volátiles (AGV) (Nagaraja et al., 1997), principalmente propionato (Doreau y Chilliard, 1997). Los ácidos grasos liberados en la hidrólisis pueden ejercer efectos antimicrobianos en el rumen (Palmquist y Jenkins, 1980). No obstante Zinn et al. (2000) utilizando diferentes fuentes de grasa amarilla en dietas de novillos (212kg), muestran que cuando la biohidrogenación ruminal es menor, resulta en un aumento de la digestión postruminal de la grasa y por ende mejor aprovechamiento de los AG insaturados de origen dietético.

Anderson et al. (2006) observaron que los perfiles de ácidos grasos fueron similares en granos de destilería con solubles, secos o húmedos, por lo que probablemente, el medioambiente ruminal de animales que consumen estos alimentos es similar.

2.4.5. Digestión intestinal

Como se vio anteriormente, la proteína de los granos de destilería en general presentan baja degradabilidad ruminal y por lo tanto posee un elevado contenido de PNDR (entre 60 y 70% de la PB, Erickson et al., 2005). Esto resulta favorable para cumplir con los requerimientos de proteína metabolizable en terneros de destete precoz, los cuales poseen un escaso desarrollo ruminal (Simeone y Beretta, 2011). Teniendo en cuenta esto es necesario estudiar el comportamiento de la PNDR de los granos de destilería en el intestino.

Estudios realizados por Bruni et al. (2014) demuestran que la proteína potencialmente degradable del WDG es similar a la del grano de sorgo (71% de la PC), sin embargo existe una diferencia en la degradabilidad efectiva en el rumen siendo menor en el WDG (25,5% vs 52,8% de la PC), quedando el 74,5% de la PC como PNDR con una digestibilidad del 51%.

Según Cao et al. (2014), el WDG de maíz tiene un 49,9% de la PC que es PNDR, de eso un 71,9% es digestible en el intestino, del total de la PC un 35,8% comprende a la proteína digestible en el intestino y un 85,9% de la PC es proteína digestible total en el tracto gastrointestinal (PDT). A diferencia de esto Bruni et al. (2014), demostraron que la digestibilidad intestinal de la PNDR en WDG de sorgo fue de 51,1%, mientras que el 38,1% de la PC es absorbible en el intestino y la PDT fue de 63,6%.

Erickson et al. (2005) sugieren que el contenido de PNDR es similar o ligeramente superior en WDG que en DDG. Comparando la HS que es una de las fuentes de proteína más utilizada en sistemas de alimentación intensiva (Pordomingo, 2005) con el WDG, Kleinschmit et al. (2007) observaron que la HS tenía menor proporción de PNDR comparado al WDG (46,4% vs 53,6% ($p<0,05$)), mayor proporción de la PNDR digestible en el intestino (86,7% vs 65,8% ($p<0,05$)), similar PDI de la PC (40,3% vs 35,5%) y un mayor PDT (93,9% vs 81,9% ($p<0,05$)).

El proceso de secado en los granos de destilería provoca un cambio en la PDI, al utilizar DDG el contenido de PDI fue menor con respecto al WDG ($p=0.003$), el contenido de CDS en el subproducto, no hace variar la PDI ($p=0.11$) (Anderson et al., 2014). En cuanto a la proteína digestible absorbible en intestino expresada como % PC (PDIA), cuando se utiliza DDG en vez de WDG la PDIA aumenta ($p<0.001$) y cuando el nivel de CDS en WDG aumenta, la PDIA disminuye linealmente ($p<0.001$) (Cao et al., 2014). Esto se explica porque los WDG y niveles elevados de CDS tienen mayor degradación ruminal de la PC, lo que determina menor digestibilidad de la PC en el intestino delgado.

En conclusión estos autores afirman que la PDT es mayor en WDG con respecto a DDG ($p<0,001$), en cuanto al contenido de CDS en los granos de destilería, no hay diferencias en la PDT ($p=0.34$).

2.4.6. Límite de inclusión

El contenido de azufre, grasa y niveles de proteína por encima de los requeridos en la dieta pueden afectar la performance animal (NRC, 2000), teniendo en cuenta que los granos de destilería poseen altos contenidos de estos nutrientes (ver ítem de minerales y cuadro No. 1), es necesario encontrar un límite de inclusión de WDG en la dieta para no afectar el desempeño productivo del ganado.

Los productos ácidos utilizados en el proceso de fermentación, se mantienen en el subproducto lo que podría generar una reducción en el pH ruminal (Félix y Loerch, 2011). Las condiciones acidas del rumen (pH = 5,0 a 5,5) dificultan la digestión de la celulosa (Pordomingo, 2007), reducen la degradabilidad de la proteína (Loerch et al., 1983) y el consumo de MS (Owens et al., 1998).

También podría haber un efecto negativo sobre la productividad animal cuando el contenido de humedad de la dieta es elevado (Lahr et al., 1983), acorde a esto estudios realizados por Lahr et al. (1983) demuestran que cuando el contenido de materia seca en la dieta está por debajo de 50% el relleno del intestino puede limitar el consumo de materia seca, especialmente cuando se trata de agua en combinación con alimentos fermentados.

2.4.6.1. Efecto de la grasa en la dieta

Niveles elevados de lípidos en las dietas de rumiantes (>6% de grasa en la dieta) podría ocasionar disminución en el consumo voluntario (Palmquist y Conrad 1978, Relling y Reynolds 2007, Hess et al. 2008) y en la digestibilidad de la materia orgánica (MO), principalmente en la fibra (Lucas y Loosli 1944, Swift et al. 1947, Plasencia et al. 2003, Hess et al. 2008). Doreau y Chilliard (1997) sugieren que el motivo de esto es una disminución en la relación de acetato: propionato en el rumen. Por otra parte Palmquist (1994) recomienda que el contenido de energía metabolizable en la dieta proveniente de la grasa no supere el 20 %.

El efecto de la grasa en la digestibilidad de la MO depende del grado de saturación de la misma, Nelson et al. (2008) suplementaron novillos en terminación con 6 % de grasa en la dieta (diferenciando en el grado de saturación), los resultados concluyeron que las grasas insaturadas provocaron una disminución en la digestibilidad de la FDN y hemicelulosa, en comparación con las grasas saturadas.

Vander Pol et al. (2007) compararon dietas con similares concentraciones de grasa pero provenientes de aceite de maíz o de WDGS de maíz, demostrando que la dieta con aceite de maíz provocó una disminución en la eficiencia de conversión, pero no se observó efecto en la dieta con WDGS. Sin embargo la dieta con WDGS presentó niveles más altos de ácidos grasos insaturados en el intestino delgado, esto indicaría que la grasa en los granos de destilería podría estar asociada a la fibra.

2.4.6.2. Efecto de los minerales en la dieta

Como se mencionó anteriormente, el contenido de minerales en el WDG se triplica con respecto al grano que le dio origen, también cuando se utiliza ácido sulfúrico en el proceso de fermentación aumenta el contenido de azufre en la dieta (Félix y Loerch, 2011). Por esto es necesario realizar una revisión del posible efecto que pueden causar ciertos minerales (azufre y fósforo) sobre la performance animal.

En cuanto al azufre en la dieta, datos de NRC (1996) demuestran que el máximo tolerable de azufre en la dieta es 0,4%. Klasing et al. (2005) argumentan que en dietas concentradas la tolerancia es menor. Niveles de azufre por encima del tolerable generan una reducción en el consumo y en la ganancia diaria (Rasby et al. 1997, Drewnoski et al. 2013, Arroquy et al. 2014). También puede generar problemas neurológicos como la poliencefalomalacia, la cual si es tratada a tiempo con vitamina B1 (tiamina) puede recuperarse (Arroquy et al., 2014). Este problema se ve agravado cuando se tratan de animales jóvenes en cría intensiva (Mas et al., 2010).

Para el caso del fósforo no se ha demostrado que niveles altos afecten la salud animal, siempre y cuando la relación de calcio-fósforo en la dieta este comprendida en el rango de 1:1-1:7 (Rasby et al. 1997, Klopfenstein et al. 2008). Exceso de fósforo en la dieta puede generar un aumento en la excreción del mismo, lo que aumenta el riesgo de contaminación ambiental (Luebbe et al. 2012a, Arroquy et al. 2014).

2.4.6.3. Exceso de proteína en la dieta

Niveles de proteína en la dieta que superen los requerimientos de crecimiento y desarrollo del animal, podría disminuir la productividad por el gasto de energía que implica eliminar el amoniaco en forma de urea del organismo (Huntington y Archibeque, 2000) y aumentar la probabilidad de contaminación ambiental (Luke, 2012).

Teniendo en cuenta todos estos puntos y la variación que presentan los GD, no existe un límite de inclusión de WDG predeterminado, por lo tanto es necesario formular la dieta sin sobrepasar los límites de cada componente, con el fin de no afectar la performance animal.

2.4.7. Área del *longissimus dorsi* y espesor de grasa

Al-Suwaiegh et al. (2002) afirman que el WDG de sorgo genera más espesor de grasa en la 12^a costilla que el WDG de maíz ($p < 0.08$), y no observó diferencias significativas en el área del *longissimus dorsi*.

Vander Pol et al. (2006) no observaron diferencias en el espesor de grasa cuando los animales se alimentaron con diferentes niveles de inclusión de WDGS de maíz. En cambio Luebke et al. (2012b) demuestran que el espesor de grasa disminuyó ($p < 0.01$) cuando la concentración de granos húmedos de destilería en la dieta aumenta, sin diferencias en el área del *longissimus dorsi*.

2.5. HIPÓTESIS

Existe un nivel óptimo de inclusión de WDG en la dieta de terneras de destete precoz alimentadas en confinamiento con ración totalmente mezclada (RTM) altamente concentradas que maximiza la ganancia de peso vivo (PV) y eficiencia de conversión del alimento.

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

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN

El experimento se realizó en la Estación Experimental "Dr. Mario Alberto Cassinoni", Facultad de Agronomía, en la Unidad de Producción Intensiva de Carne (UPIC). La misma se ubica 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.

3.2. PERÍODO EXPERIMENTAL

La duración del período experimental fue de 78 días, llevándose a cabo desde el día 21 de enero al día 8 de abril de 2014.

3.3. CLIMA

El departamento de Paysandú presenta una temperatura media anual de 17,9 °C, una humedad relativa de 73% y el régimen de precipitaciones promedio anual es de 1218 mm. En el cuadro No. 3 se muestran los valores de temperatura media, humedad relativa, y precipitaciones medias mensuales históricas para el departamento de Paysandú para los meses comprendidos entre enero y abril inclusive.

Cuadro No. 3. Medias mensuales históricas de temperatura, humedad relativa y precipitaciones, durante los meses que se realizó el experimento.

	enero	febrero	marzo	abril
Temperatura °C	24,8	23,7	21,6	18
Humedad Relativa (HR)	65	69	72	75
Precipitaciones (mm)	100	131	147	103

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

3.4. ANIMALES

Fueron utilizadas 20 terneras de la raza Hereford, nacidas en la primavera del 2013 (peso promedio al momento de encierre $91,89 \pm 16,4$ Kg), providentes del rodeo de la EEMAC, que habían sido destetados precozmente el 15 de diciembre, con una edad promedio de $63,05 \pm 14,63$.

3.5. INFRAESTRUCTURA

El experimento se realizó en un corral con piso de balastro, perimetralmente limitado por alambrado eléctrico de 3 líneas. Como se observa en la figura No. 3 el corral se subdividió utilizando dos líneas de cinta eléctrica, en 20 corrales individuales de 1,5 m de ancho y 6 m de largo, los mismos contaban con un comedero en un extremo y un bebedero en el otro, también contaban con techo sobre los comederos para proporcionar sombra a los animales.

Se utilizaron las mangas de la EEMAC para realizar los manejos sanitarios y los registros de pesos y altura de anca de cada animal.

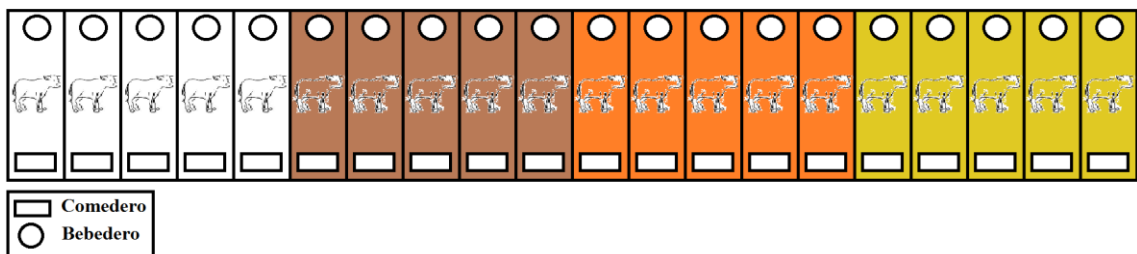


Figura No. 3. Distribución de tratamientos y unidades experimentales en el espacio.

3.6. ALIMENTOS

Se utilizaron 4 raciones totalmente mezcladas (20% voluminoso/ 80% concentrado) difiriendo en el nivel de inclusión de WDG en el concentrado: 0%, 12%, 24% y 36% de la materia seca. Las raciones fueron formuladas con fardo de *Medicago sativa* (alfalfa) como voluminoso, y concentrado en base a grano de maíz y harina de soja, núcleo vitamínico mineral, con fuente de monensina y levaduras, de acuerdo a exigencias y procurando que fueran isoprotéicas e isoenergéticas, bajando los niveles de harina de soja y maíz en el concentrado a medida que aumentan los niveles de inclusión de WDG.

El WDG utilizado durante el experimento, cuyas características químicas se muestran en el cuadro No. 4, tuvo origen de la obtención de etanol a partir del grano de sorgo sin taninos en la planta de Alcoholes del Uruguay (ALUR), y fue suministrado en una partida única 34 días, previo al inicio del período experimental. Para su conservación, el mismo se almaceno en un silo bolsa, que fue ubicado junto a los corrales.

Cuadro No. 4. Composición química del WDG de sorgo utilizado en el experimento.

	Contenido (% base seca)
Materia seca	30,41
Cenizas	1,84
Proteína cruda	33,31
Extracto etéreo	10,39
Fibra detergente neutro	70,92
Fibra detergente ácido	28,55

Las dietas fueron formuladas en base a NRC (1996), para ganancias en torno a 1 kg de peso vivo por día. La composición de ingredientes del concentrado y de la dieta se presenta en los cuadros No. 5 y 6 respectivamente, y la composición química de las RTM formuladas se muestra en el cuadro No. 7.

Cuadro No. 5. Composición de ingredientes de los concentrados experimentales (expresado en base seca).

	Nivel de inclusión de WDG de sorgo en el concentrado			
	WDG0	WDG12	WDG24	WDG36
WDG de sorgo	0	12	24	36
Harina de soja	23,9	17,3	10,4	3,9
Grano de maíz molido	71,8	66,4	61,3	55,7
Urea	0,58	0,58	0,58	0,58
Melaza	2	2	2	2
Núcleo *	1,78	1,78	1,78	1,78

*Contiene minerales y vitaminas conforme exigencias nutricionales, carbonato de calcio, NaCl, monensina y levaduras.

Cuadro No. 6. Composición de ingredientes de las dietas experimentales (expresado en base seca).

	Nivel de inclusión de WDG de sorgo en el concentrado			
	WDG0	WDG12	WDG24	WDG36
WDG de sorgo	0	9,6	19,2	28,8
Harina de soja	19,1	13,8	8,3	3,1
Grano de maíz molido	57,4	53,1	49,0	44,6
Urea	0,5	0,5	0,5	0,5
Melaza	1,6	1,6	1,6	1,6
Núcleo *	1,4	1,4	1,4	1,4
Fardo	20	20	20	20

*Contiene minerales y vitaminas conforme exigencias nutricionales, carbonato de calcio, NaCl, monensina y levaduras.

Cuadro No. 7. Composición química de la RTM formuladas para cada uno de los niveles de inclusión de WDG.

	Nivel de inclusión de WDG de sorgo en el concentrado			
	WDG0	WDG12	WDG24	WDG36
Proteína cruda, %MS	19,8	19,8	19,7	19,8
MS digestible,%	84,7	84,3	83,9	83,5
EM	3,06	3,05	3,03	3,02
FDN, %	10	15,8	21,5	27,2
Grasa, %	3,6	4,4	5,2	6,0
Relación Ca/P	1,27	1,15	1,03	0,93
Relación N/S	16,15	13,72	11,91	10,54

3.7. TRATAMIENTOS

Los animales fueron asignados al azar, previa estratificación por peso vivo, a una de las cuatros dietas experimentales difiriendo en el nivel inclusión de WDG en el concentrado: 0% (WDG0), 12% (WDG12), 24% (WDG24) y 36% (WDG36), y alimentados en régimen de confinamiento según diseño de parcelas al azar, considerando al animal como unidad experimental.

3.8. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El procedimiento experimental constó de dos etapas: período de acostumbramiento y período experimental de aplicación de los tratamientos, la primera etapa duró 14 días (7/01/14 al 21/01/14), seguida de la siguiente etapa durante los restantes días hasta el fin del experimento.

3.8.1. Período de acostumbramiento

Inmediatamente al destete los terneros fueron manejados grupalmente durante un período de 10 días correspondiente a la transición a la dieta sólida (Simeone y Beretta, 2002), luego del cual fueron gradualmente introducidos durante 14 días a las dietas experimentales y condiciones de estabulación.

La transición a la dieta experimental se dividió en dos etapas, en la primera solo se sustituyó la ración de destete precoz por la ración experimental variando en 300 g por día en base seca, en la segunda etapa se incluyó WDG a razón de 100 g por día de MS hasta alcanzar los porcentajes de cada tratamiento y se disminuyó la cantidad de fardo hasta alcanzar el 20% de la dieta.

3.8.2. Período experimental

El alimento fue ofrecido ad libitum distribuido en 3 comidas diarias (8hrs, 12hrs, 16hrs) y ajustado en base a lectura de comedero individual; si el rechazo era menor a un 5% de la cantidad ofrecida, la dieta se aumentaba en un 10%.

Diariamente se mezcló el WDG con la ración para luego sobre el comedero mezclarlos con fardo el cual no fue picado.

Los bebederos fueron higienizados y llenados periódicamente, procurando agua limpia y a voluntad, eliminando posibles efectos sobre la performance animal.

3.9. MANEJO SANITARIO

Previo al inicio del período experimental las terneras fueron tratadas para el control de parásitos internos y externos con ivermectina al 3,15% (ivomec gold). Cada 30 días se repitió este manejo sanitario, incluyendo un pour on flumetrina al 1% (bayticol) para controlar parásitos internos y externos.

Diariamente fueron observadas con el objetivo de identificar posibles problemas sanitarios (queratoconjuntivitis, miasis, etc.) tomando las medidas necesarias para disminuir sus efectos sobre la performance animal.

3.10. DETERMINACIONES

3.10.1. Registros climáticos

Durante el período experimental se recolectaron registros de temperatura, humedad relativa y precipitaciones, provenientes de la estación meteorológica de la EEMAC.

Para evaluar el riesgo de estrés calórico se estimó el índice de temperatura y humedad (ITH). Su forma de cálculo es, $ITH=0,8*\text{temperatura del aire} + (\% \text{ humedad relativa}/100)*(\text{temperatura del aire} -14,4) + 46,4$ (Rovira, 2012).

3.10.2. Peso vivo

Fue registrado el peso vivo individual al inicio del experimento y cada 14 días, a primera hora de la mañana, previo a la primera comida y sin ayuno previo. Se utilizó una balanza electrónica con capacidad y precisión de $2000 \pm 0,5$ kg.

Luego de realizada la pesada los animales volvían al corral, distribuidos al azar con el fin de reducir un eventual efecto ambiental asociado a la ubicación.

3.10.3. Espesor de grasa dorsal subcutánea y área del *longissimus dorsi*

Al final del período experimental se realizó mediante ultrasonografía la estimación del espesor de grasa dorsal subcutánea (EGS) y el área del *longissimus dorsi* (área de ojo de bife o AOB).

3.10.4. Altura del anca

Se registró la altura del anca de los animales en el día del comienzo del experimento y cada 28 días, las mediciones se realizaron previo al pesaje de los animales, utilizando una regla milimétrica.

3.10.5. Consumo

Diariamente se pesó el alimento ofrecido y rechazado en base fresca y el consumo fue estimado como la diferencia entre ambos registros. Semanalmente se tomaron muestras de los ingredientes de la ración ofrecida (fardo, WDG y concentrado) y del rechazo, las cuales fueron secada en estufa de aire forzado hasta peso constante, para la estimación del contenido de MS.

Una vez concluido el experimento, se realizó una muestra compuesta del rechazo y del ofrecido por tratamiento, con el fin de determinar: materia orgánica, nitrógeno total, fibra detergente neutro, fibra detergente acida y extracto etéreo.

3.10.6. Comportamiento

En la mitad del período experimental durante dos días consecutivos se realizó durante el período de horas de luz (12 horas), observaciones del comportamiento animal registrando cada 15 minutos la actividad de consumo de alimento, rumia, descanso o consumo de agua. El patrón diurno de consumo de alimento fue caracterizado partir del agrupamiento de las observaciones en intervalos de dos horas.

3.10.7. Digestibilidad aparente

Durante la semana 6 del período experimental (del 27/02 al 1/03 de 2014) se realizó la estimación de la digestibilidad en vivo de la dieta utilizando las cenizas insolubles en detergente acido (AIA) como marcador interno (Van Keulen y Young, 1977).

Digestibilidad MS (%) = $100 - [100 \times (\% \text{ AIA en la dieta} / \% \text{ AIA en las heces})$.

Se realizó un muestreo de cada ingrediente previo a la alimentación durante los días 27/02, 28/02 y 1/03 y de los rechazos correspondientes. Las heces fueron muestreadas 2 veces por día durante tres días, avanzando cada día en dos horas el horario de muestreo: el primer día a las 0800 y 1400 hs, el segundo día 1000 y 1600, y en el último día 1200 y 1800. Estas muestras se utilizaron para formar una muestra compuesta por animal, las cuales se secaron y conservaron para la determinación de AIA.

3.11. VARIABLES CALCULADAS

3.11.1. Eficiencia de conversión

Fue estimada como el cociente entre el consumo promedio diario de materia seca y la ganancia media diaria de cada animal durante el período experimental.

3.12. ANÁLISIS QUÍMICOS

Los análisis químicos de los ingredientes de la RTM y de los rechazos de cada tratamiento fueron realizados en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Agronomía, donde se determinó el contenido de proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), el contenido de cenizas (C) y AIA.

Para determinar el contenido de PC, el contenido de cenizas y la determinación de EE se utilizaron las normas descriptas por AOAC (2012). Por otra parte el contenido de FDN y FDA se determinó teniendo en cuenta las técnicas descriptas por Van Soest et al. (1991).

3.13. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

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

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

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

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

donde:

Y_{jklm} : Peso vivo.

β_0 : intercepto.

ζ_j : efecto del j-ésimo nivel de WDG ($j= 0\%; 12\%; 24\%$ y 36%).

ε_{jk} : error experimental.

β_1 : es la pendiente promedio (ganancia diaria) del peso vivo (PV) en función de los días (d1).

$\beta_1 j$: es la pendiente del peso vivo (PV) en función de los días (d l) para cada nivel de WDG.

β_2 : es la pendiente que afecta a la covariable PV al inicio del experimento (PV jk).

σ_{jklm} : es el error de la medida repetida en el tiempo (dentro de animales).

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

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

donde:

Y_{ijkl} : consumo de materia seca, rechazo.

μ : media general.

ζ_j : Efecto del j-ésimo nivel de inclusión de WDG ($j= 0\%; 12\%; 24\%$ y 36%).

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

ε_{jk} : error experimental.

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

Las variables como eficiencia de conversión del alimento, área de ojo de bife (AOB), espesor de grasa subcutánea (EGS), altura final y la 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, AOB, EGS, Altura final, Digestibilidad.

μ : media general.

ζ_j : Efecto del j-ésimo nivel de inclusión de WDG ($j= 0\%$; 12% ; 24% y 36%).

ε_{ij} : error experimental.

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

4. RESULTADOS

4.1. REGISTROS CLIMÁTICOS

En el cuadro No. 8 se presentan los valores promedios mensuales de temperatura y humedad relativa, precipitaciones e índice de humedad y temperatura (ITH) en la estación experimental Dr. Mario A. Cassinoni (EEMAC) correspondientes al período experimental.

Cuadro No. 8. Temperaturas medias, precipitaciones, humedad promedio e ITH de cada mes en la EEMAC, durante el período experimental (21/2/2014 al 8/4/2014)².

	enero 21 al 31	Febrero	marzo	abril 1 al 8
Temperatura promedio (°C)	24,6	22,7	19,5	22,3
Precipitaciones (mm)	181,8	304,3	91,2	130,9
Humedad promedio (%)	78	81	77	83
ITH *	74	71	66	71

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

4.2. CARACTERÍSTICAS DE LA DIETA

En el cuadro No. 9 se presenta el valor nutritivo de las RTM ofrecidas.

² Facultad de Agronomía. EEMAC. s.f. Datos extraídos de la Estación Meteorológica; 2014 (sin publicar).

Cuadro No. 9. Composición química, y digestibilidad de las raciones experimentales.

	Tratamiento			
	WDG0	WDG12	WDG24	WDG36
MS (%)	91	85	78	73
PC (%)	19,89	19,79	19,36	20,40
PNDR (%PC)*	43,69	46,72	49,80	52,77
PM (g)**	656,18	672,69	717,74	724,48
EE (%)	1,76	3,01	3,79	4,05
FDN (% MS)	18,68	25,54	31,31	35,59
FDNe (% MS)***	12,25	12,11	12,00	11,85
FDA (% MS)	7,64	10,26	12,79	14,67
Cenizas (%)	4,90	5,07	4,72	4,38
EM Mcal/kg****	3,37	3,39	3,41	3,14

* Proteína no degradable en rumen PNDR= Σ PNDR* % componente en la dieta. Estimado a partir de valores tabulados.

** Proteína metabolizable PM= Σ Proteína microbiana verdadera digestible + PNDR digestible (anexo No. 2).

*** Fibra efectiva FDNe= Σ FDN* % componente en dieta * efectividad de la fibra (anexo No. 3).

**** Energía metabolizable EM= 4.409* DMS* 0.82.

Se observa que a medida que aumentó el nivel de inclusión de WDG disminuyó la humedad de las RTM y aumentó el contenido de fibra y grasa en la dieta.

4.3. CRECIMIENTO Y DESARROLLO ANIMAL

El peso vivo, como se observa en la figura No. 4, aumentó linealmente con el tiempo ($p < 0,0001$) y se vio afectado por el PV inicial de las terneras ($p < 0,0001$). No se observó efecto del tratamiento sobre la GMD ($p = 0,9664$), EGS ($p = 0,1977$), ni en la altura del anca en ninguno de los momentos de medición (28 días ($p = 0,2608$), 56 días ($p = 0,2277$), 84 días ($p = 0,1122$)). En cambio el AOB mostró una tendencia lineal negativa ($p = 0,051$) cuando el nivel de inclusión de WDG en el concentrado fue mayor. En el cuadro No. 10 se presentan las medias ajustadas por tratamiento.

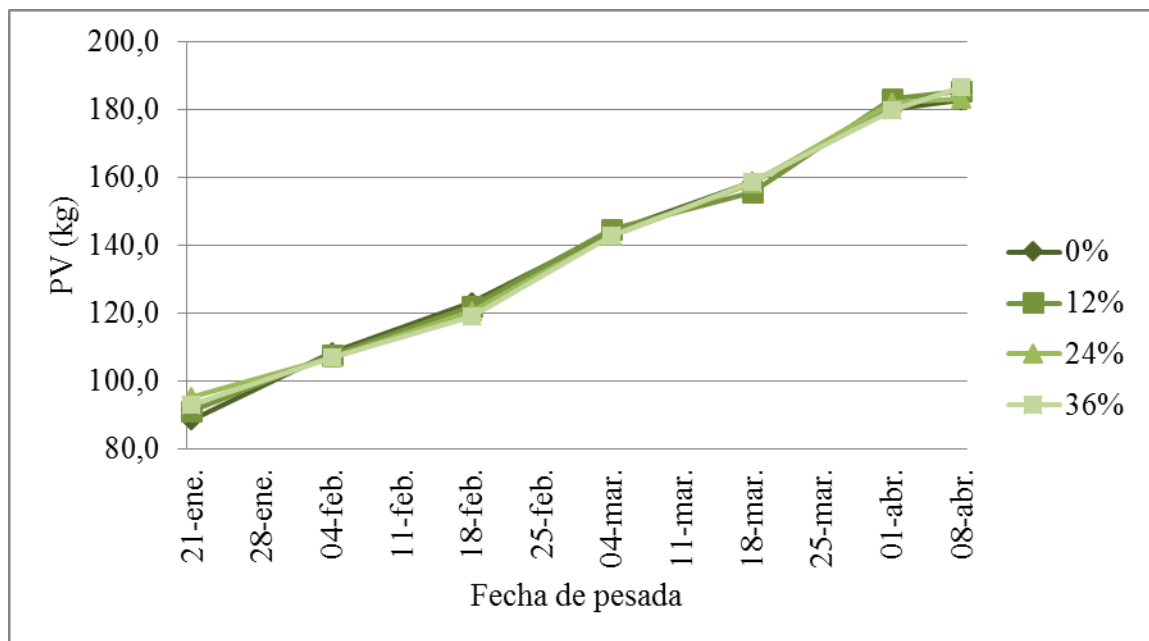


Figura No. 4. Efecto de los niveles de inclusión de WDG (expresado como % MS en el concentrado), sobre la evolución del peso vivo.

Cuadro No. 10. Efecto de los niveles de inclusión de WDG sobre variables que afectan el crecimiento y desarrollo animal.

	Tratamiento				Probabilidad	
	WDG0	WDG12	WDG24	WDG36	Efecto Lineal	Efecto Cuadrático
PVi (kg)	88,7	91,2	95,3	93,1	0,6365	0,7804
Edad inicial (días)	92,0	104,6	102,8	100,8		
PVf (kg)	182,6	185,4	183,1	186,7	0,6264	0,9431
Edad final (días)	169,0	181,6	179,8	177,8		
GMD (kg/día)	1,20	1,26	1,26	1,23	0,8055	0,4614
AOB (cm ²)	41,0	37,5	37,4	35,9	0,0510	0,5670
EGS (mm)	2,4	2,5	3,7	2,9	0,1495	0,2785
Altura (cm) 28 días	98,8	98,8	98,5	99,6	0,2544	0,1749
Altura (cm) 56 días	101,1	101,8	100,8	102,4	0,2576	0,4027
Altura (cm) 84 días	105,6	107,9	105,5	107,0	0,5679	0,5900

4.4. CONSUMO Y EFICIENCIA DE CONVERSIÓN

La dieta fue ofrecida ad libitum en todos los tratamientos, dado que los rechazos expresados como porcentaje del alimento ofrecido tuvieron diferencias entre tratamientos ($p=0.0392$) con valores de 7,78% como mínimo y 13,57% como máximo, siendo el promedio de 11.07%.

En el cuadro No. 11 se presentan los consumos medios diarios por tratamiento, expresados en kg MS/animal y cada 100 kg de peso vivo. Ambas variables mostraron una respuesta lineal positiva registrándose un aumento de 0.015 kg MS por cada 1 % de aumento en el nivel de WDG del concentrado. La misma respuesta se obtuvo para el consumo de MO ($p=0.0416$) registrando un aumento de 0,014 kg/día por cada 1% de inclusión de WDG en el concentrado.

Cuadro No. 11. Efecto del nivel de inclusión de WDG en la ración sobre el consumo medio diario de materia seca (MS) y eficiencia de conversión del alimento.

Variables	Tratamiento				Probabilidad	
	WDG0	WDG12	WDG24	WDG36	Efecto Lineal	Efecto Cuadrático
Consumo kg MS/día	4,45	4,54	4,86	4,97	0,0427	0,9574
Consumo (%PV)	3,25	3,37	3,55	3,65	0,0137	0,9041
Eficiencia de conversión	3,5	3,4	3,76	3,78	0,0785	0,6672

La EC, expresada como kg de alimento consumido por cada unidad de ganancia de peso, mostro una tendencia lineal positiva ($p= 0.0785$) respecto al aumento del nivel de WDG en el concentrado, registrándose un incremento del alimento consumido necesario de 9,55 gramos por cada 1% de WDG incorporado en el concentrado para ganar 1 Kg de PV.

Como se aprecia en el cuadro No. 12 a medida que aumentó el nivel de inclusión de WDG en la dieta aumentó el consumo de PC y FDN en forma lineal con un incremento de 0,003 kg/día y de 0,027 kg/día por cada 1% de aumento de WDG en el concentrado respectivamente, mientras que el EE responde en forma cuadrática con un máximo de 0,192 correspondiente al nivel WDG36.

Cuadro No. 12. Efecto del consumo (kg/día) de MO, PC, FDN y EE.

Nutriente	Tratamiento				Probabilidad	
	WDG0	WDG12	WDG24	WDG36	E. Lineal	E. Cuadrático
MO	3,836	3,809	4,193	4,261	0.0416	0.7826
PC	0,863	0,855	0,916	0,978	0.0300	0.3713
FDN	0,787	1,088	1,476	1,754	<.0001	0.8496
EE	0,083	0,134	0,18	0,192	<.0001	0.0103

4.5. DIGESTIBILIDAD DE LA MS Y MO CONSUMIDAS

La digestibilidad difirió entre tratamientos tanto para la materia seca (DMS) consumida ($p= 0,0087$) como para la materia orgánica (DMO) consumida ($p= 0.0090$). Observándose una respuesta cuadrática tanto en DMS ($p= 0.0284$), como en DMO ($p= 0.0326$), como se observa en la figura No. 5. El valor máximo de la DMS fue de 95,02% y se ubicó en el nivel 12,34% de inclusión de WDG en el concentrado; en el caso de la DMO fue de 95,35%, ubicándose en el nivel 13, 88% de inclusión de WDG en el concentrado.

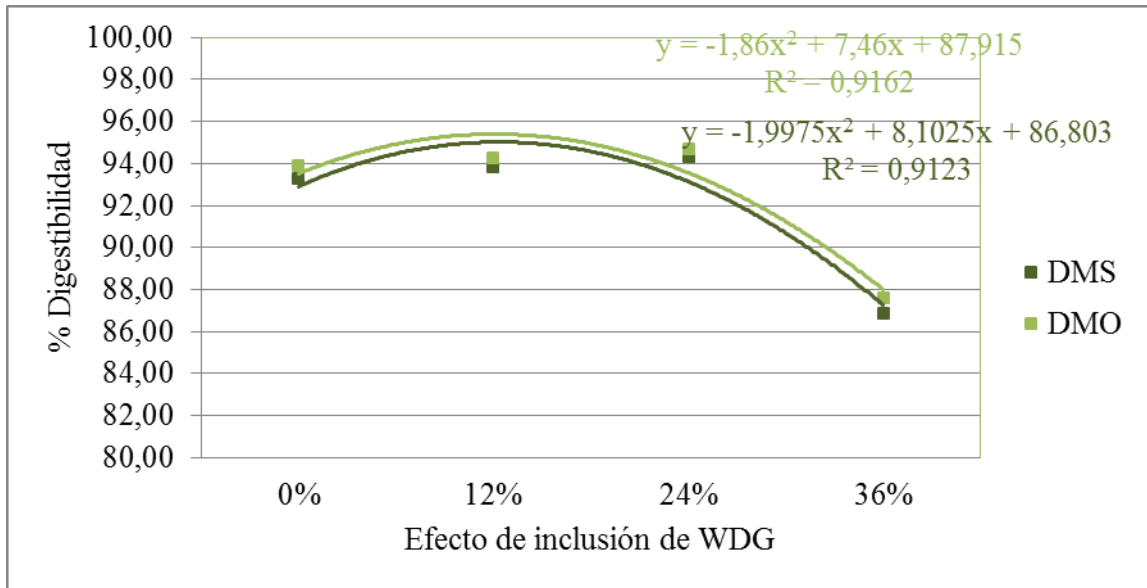


Figura No. 5. Efecto del nivel de inclusión de WDG en el concentrado sobre la DMS y DMO consumidas.

4.6. COMPORTAMIENTO

El nivel de inclusión de WDG origina diferencias en la actividad de consumo ($p=0.0272$), observándose una mayor probabilidad de encontrar un animal consumiendo en el tratamiento de WDG36 con respecto a los demás, los cuales no difirieron entre sí. También se observaron diferencias en la actividad de descanso ($p=0.0086$), siendo más probable encontrar un animal descansando en el tratamiento WDG0, con respecto a los demás.

La actividad de rumia ($p=0.363$), y consumo de agua ($p=0.7048$) no fueron afectadas por el nivel de inclusión de WDG.

En el cuadro No. 13 y figura No. 6 se detallan el comportamiento animal para las diferentes variables, presentadas como la probabilidad de encontrar un animal realizando cada una de ellas.

Cuadro No. 13. Efecto de la inclusión de WDG sobre la probabilidad de encontrar un animal en actividad de consumo, rumia, descanso y consumo de agua durante las horas de luz (8:00 am a 20:00 pm).

	Tratamiento			
	WDG0	WDG12	WDG24	WDG36
Consumo	0,364 b	0,395 ab	0,389 ab	0,443 a
Rumia	0,057 a	0,058 a	0,09 a	0,068 a
Descanso	0,555 b	0,502 ab	0,477 ab	0,45 a
Consumo de agua	0,022 a	0,038 a	0,039 a	0,034 a

a, b dentro de la misma fila difieren significativamente ($p < 0,05$).

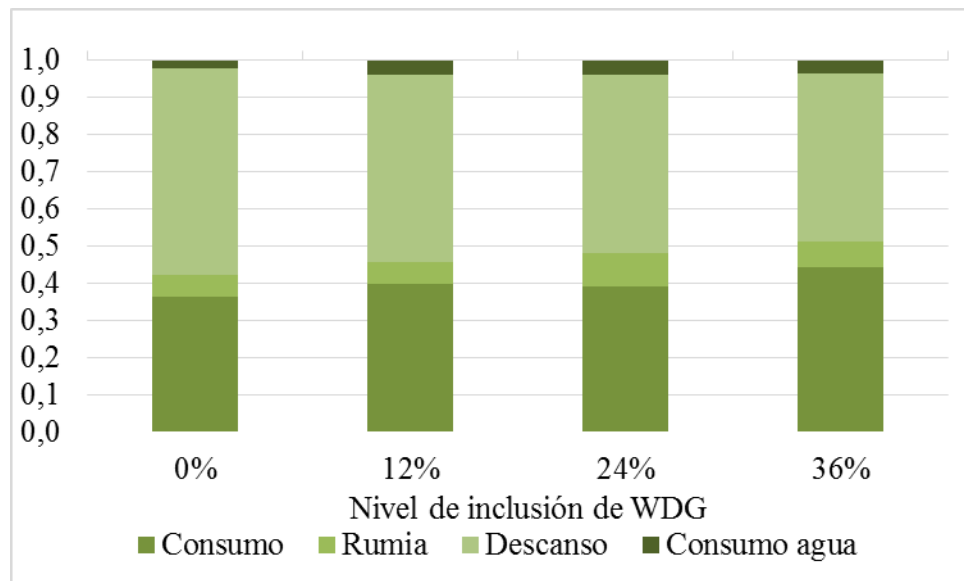
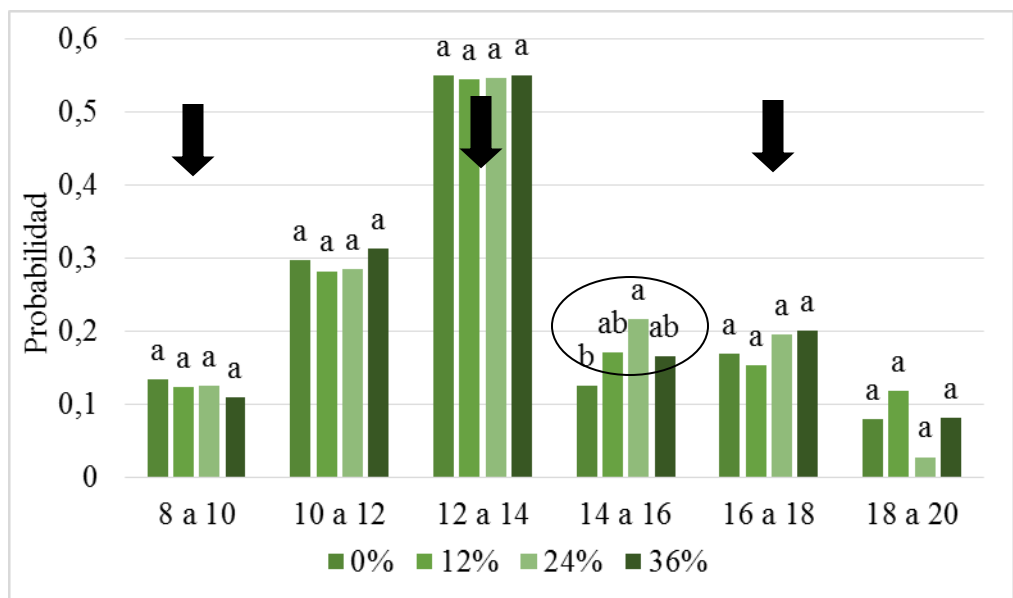


Figura No. 6. Efecto del nivel de inclusión de WDG sobre la probabilidad de ocurrencia de actividad de consumo, rumia, descanso y consumo de agua durante las horas de luz (8:00 am a 20:00 pm).

Hubo efecto significativo en los días de observación para las actividades de consumo y descanso ($p \leq 0,05$), independientemente del efecto del tratamiento ($p = 0,8$ y $p = 0,98$ respectivamente). Las actividades de rumia y consumo de agua no presentaron un efecto día ($p = 0,12$ y $p = 0,88$ respectivamente) y se observó un efecto en la interacción día por tratamiento para el consumo de agua.

El patrón de consumo, el cual indica la distribución de la actividad de consumo a lo largo del día en períodos de 2 horas, difirió entre días pero no fue afectado por tratamiento, con excepción del horario de 14 a 16 (p=0.01).

En la figura No. 7 se observa el patrón de consumo promedio de los días de observación y las figuras No. 8 y 9 muestran el patrón de consumo de cada día de observación. En general el patrón de actividad consumo durante el día es similar entre los tratamientos, salvo en el horario de 14 a 16 donde el tratamiento de WDG0 tuvo menor actividad de consumo.

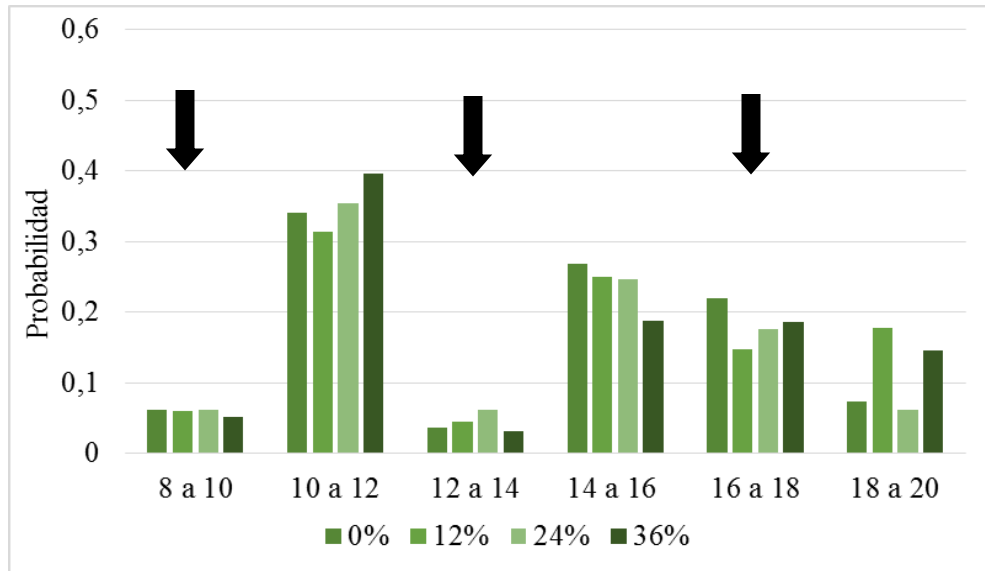


Flecha indica el suministro de alimento (08:00hs, 12:00hs, 16:00hs).

Circulo indica el efecto en la interacción día por tratamiento.

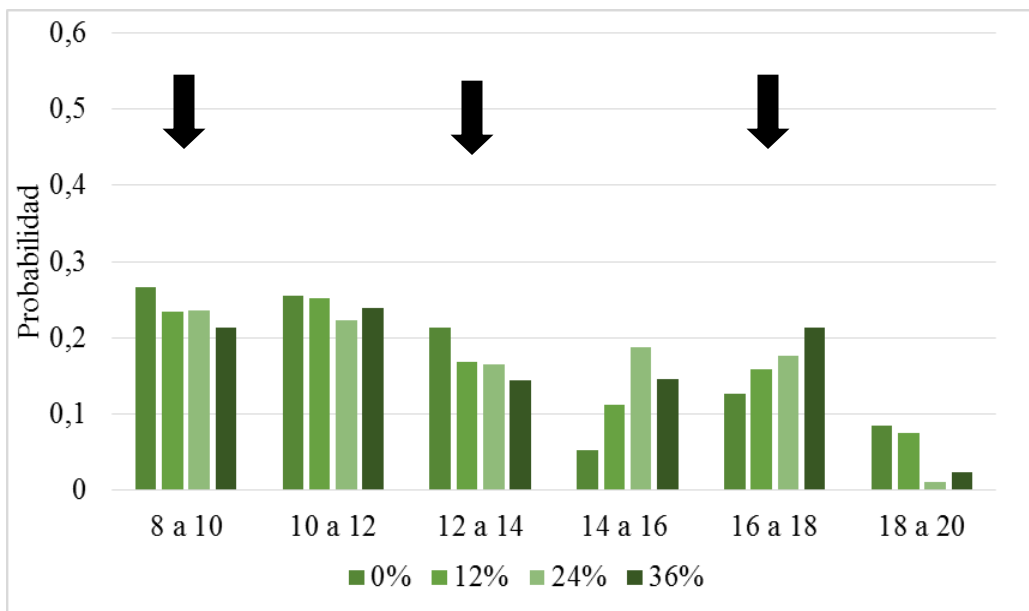
* a, b dentro de un mismo horario difieren significativamente (p<0,05).

Figura No. 7. Efecto del nivel de inclusión de WDG sobre la distribución de la actividad de consumo promedio en período de 2 horas a lo largo del día.



Flecha indica el suministro de alimento (08:00hs, 12:00hs, 16:00hs).

Figura No. 8. Efecto del nivel de inclusión de WDG sobre la distribución de la actividad de consumo del día 1 en período de 2 horas a lo largo del día.



Flecha indica el suministro de alimento (08:00hs, 12:00hs, 16:00hs).

Figura No. 9. Distribución de la actividad de consumo del día 2 en período de 2 horas a lo largo del día.

5. DISCUSIÓN

5.1. CONDICIONES CLIMÁTICAS

Durante el período experimental se registraron condiciones de temperatura normales comparadas con las medias históricas de la región (cuadro No. 3) en tanto las precipitaciones registraron valores superiores a la media histórica (708mm y 481mm respectivamente), no obstante esto, los resultados en performance animal obtenidos no habrían sido afectados por un “efecto año”, ya que el comportamiento productivo del tratamiento testigo coincide con datos reportados por Simeone y Beretta (2011, 2012) para terneros de destete precoz manejados a corral con dietas altamente concentradas de composición similar al WDG0, y en condiciones experimentales similares al presente trabajo.

El ITH promedio de cada mes para el período experimental se encontró siempre por debajo del riesgo de estrés calórico ($ITH \leq 74$, Rovira, 2012) por lo que la performance animal no se habría visto afectada en este sentido.

5.2. VALOR NUTRITIVO DE LA DIETA

La composición química del WDG de sorgo utilizado en el experimento, fue similar a la reportada por Lodge et al. (1997), Bruni et al. (2014), evidenciando el alto contenido de PC, EE y FDN (cuadro No. 4). Las similitudes en la composición química del presente trabajo con los valores obtenidos por Bruni et al. (2014), podrían explicarse porque en ambos experimentos el WDG se obtuvo de la misma planta de procesamiento.

Los análisis químicos de las RTM presentaron mayor contenido de FDN y menor de EE con respecto a los esperados a partir de la formulación de la dieta, en el nivel máximo de inclusión de WDG la FDN varió de 35,59 a 27% para la dieta experimental y formulada respectivamente y el contenido de EE varió de 4.05% en la dieta experimental a 6% en la dieta formulada (cuadro No. 7), el menor contenido de EE en este caso respecto al esperado podría hacer que no se observe un óptimo de inclusión de WDG ya que no representa un efecto limitante en el consumo dado que Hess et al. (2008) demuestran que el límite máximo de inclusión de grasa es 6%, sin embargo las dietas fueron isoprotéicas e isoenergéticas, por lo tanto es posible ver el efecto del nivel de inclusión de WDG de sorgo sin inconveniente.

La composición química de las dietas cambia a medida que aumenta el nivel de inclusión de WDG, fundamentalmente la fibra y grasa. El contenido de FDN pasa de 18,68% en WDG0 a 35,59% en WDG36, sin embargo el contenido de FDNe de la dieta no se modifica a medida que aumenta la inclusión de WDG (cuadro No. 9) ya que la efectividad de la fibra en los granos de destilería es baja (Sniffen et al. 1992, Di Lorenzo y Galyean 2010). En cuanto a la grasa, esta pasa de 1.76% de EE a 4.05% de EE en el tratamiento testigo y 36% respectivamente.

Al variar la composición química de las dietas, también cambian los parámetros nutricionales, en el tratamiento testigo la energía la aporta principalmente el almidón, a medida que aumenta el nivel de inclusión de WDG en las dietas disminuye su contenido y aumenta el contenido de grasa y fibra los que sustituyen al almidón en cuanto al aporte de energía. Esto coincide con lo reportado por Klopfenstein (2001), Bruni et al. (2014) los cuales atribuyen el aporte de energía en el WDG principalmente a la grasa y la fibra altamente digestible.

La incorporación de WDG en la dieta habría provocado un aumento en el contenido de PNDR estimado a partir de valores tabulados (cuadro No. 9) lo que podría tener un efecto favorable asociado a un aumento en la ingestión de PM en terneros de destete precoz por tener un escaso desarrollo ruminal (Simeone y Beretta, 2011). Para comprobar esto se estimó el aporte de PM de las dietas de cada tratamiento (anexo No. 2), y se observa que el consumo de PM habría aumentado 68g entre el tratamiento WDG0 y WDG36. Sin embargo no hubo efecto en la ganancia de peso cuando aumentó el nivel de WDG en la dieta, lo que podría sugerir que el nivel de PM en el tratamiento testigo fue suficiente para el crecimiento y desarrollo del ternero. En tal caso, PM adicional podría ser utilizada como fuente de energía; disminuir la productividad debido al aumento en los gastos energéticos para eliminar el exceso de amoníaco en el organismo y/o aumentar la probabilidad de contaminación medioambiental por aumento de la excreción de N (Huntington y Archibeque 2000, Luke 2012).

5.3. CONSUMO Y DIGESTIBILIDAD

El nivel de consumo promedio observado en el tratamiento WDG0 es similar al reportado por Simeone y Beretta (2012) donde terneros destetados precozmente a corral con dietas de 80/20 de relación concentrado/voluminoso, ofrecidas ad libitum por 70 días tienen un consumo promedio de $(4,5 \pm 0.9 \text{ kg MS})$.

Arelovich et al. (2008) en una revisión de numerosos trabajos donde utilizaban ingredientes con FDN altamente digestibles (cascarilla de soja, pulpa de remolacha, entre otros.) en dietas de novillos en terminación encontraron una relación lineal positiva entre la FDN en la dieta y el CMS cuando los niveles de pasaban de 7.5 a 35.3% de FDN. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en el presente trabajo, donde el CMS (expresado en kg MS o % PV) mostró una respuesta lineal positiva al aumentar los niveles de inclusión del WDG entre 0-36%, esto asociado a un aumento en el contenido de FDN que paso de 18.68% en WDG0 a 35.59 en WDG36. Según Arelovich et al. (2008), en dietas altamente concentradas la sustitución del almidón como fuente de energía por FDN altamente digestible, podría provocar un aumento en el CMS a causa de una posible reducción de la acidosis.

Por otra parte, Lodge et al. (1997) trabajando con novillos de 350 kg alimentados con una dieta de 40 % de WDG de sorgo en base seca en sustitución de grano molido de maíz, no registraron diferencias en CMS, argumentando que es posible que se deba al similar contenido de energía del WDG de sorgo con el grano de maíz. Acorde a esto es posible que en el presente experimento las dietas experimentales no fueran isoenergéticas en términos de la EM. Diferencias en la fermentación ruminal podrían generar cambios en el coeficiente de pérdidas de calor y por lo tanto cambios en la EM. Un menor contenido de EM/ kg MS en la dieta cuando el nivel de inclusión de WDG fue mayor y teniendo en cuenta lo reportado Baile y Della-Fera (1981) donde demuestra que los animales tienden a consumir a un nivel de energía constante, podría explicar el aumento del CMS.

Otras características del WDG, como la humedad y viscosidad que ayudan a mejorar la palatabilidad (Klopfenstein et al., 2008), podrían contribuir a explicar el aumento observado en el CMS al aumentar el nivel de inclusión de WDG.

A diferencia de los resultados obtenidos en este trabajo, Vander Pol et al. (2006) utilizando novillos de 350 kg de PV, manejados en confinamiento y alimentados con diferentes niveles de WDGS de maíz (0% - 50%) en sustitución de granos molidos y granos húmedos de maíz, obtuvieron una respuesta en CMS de tipo cuadrática, con máximo en 30% de inclusión de WDG. Si bien el presente experimento la respuesta observada fue lineal, la diferencia podría deberse a que se trabajó con menores niveles de inclusión de WDG, por lo que no se observó una caída en el consumo cuando los niveles de inclusión son más elevados por efectos limitantes del consumo como el exceso de grasa en la dieta.

En el presente trabajo es probable que la regulación del consumo haya estado controlada principalmente por factores metabólicos, ya que las dietas tienen alto contenido energético (NRC, 1996).

Como se comentó anteriormente la FDN presente en el WDG no es considerada fibra efectiva (Sniffen et al. 1992, Di Lorenzo y Galyean 2010). Fox y Tedeschi (2002), recomiendan valores de FDN efectiva en la dieta de 7 a 10%, los resultados del experimento muestran que el nivel de FDN estimada está por encima de este rango en todos los tratamientos. Esto podría demostrar que la fracción voluminosa en las dietas aportada por el heno de alfalfa, cumplió con el efecto físico esperado, sin embargo sería necesario contar con el pH ruminal como información adicional para demostrarlo, esto asociado a lo reportado por Pordomingo (2002) que asegura que la fibra promueve la rumia e insalivación, reduciendo así el riesgo de acidosis por el efecto buffer.

El mayor contenido de EE en la dieta lo presentó el tratamiento WDG36 con 4.05 % de la MS, estos niveles de EE en la dieta no provocaron una limitación en el consumo, lo cual es esperable ya que niveles por encima de 6% de EE en la dieta provocan una disminución en el consumo voluntario (Palmquist y Conrad 1978, Relling y Reynolds 2007, Hess et al. 2008)

La DMS respondió, en forma cuadrática donde a medida que los niveles de WDG de sorgo fueron aumentando en la dieta, se registraron incrementos decrecientes hasta alcanzar un máximo para el nivel 12.34% de inclusión de WDG. Este tipo de respuesta sería consistente con las diferencias en el CMS a medida que aumenta el porcentaje de WDG. Un mayor consumo, se traduce en un aumento en la tasa de pasaje, y la consecuente reducción de la digestibilidad del alimento (Kamande, 2006).

Según lo reportado por Corrigan et al., citados por Di Lorenzo y Galyean (2010) novillos alimentados con WDGS de maíz, registraron una tendencia a presentar una menor relación acetato: propionato al aumentar el WDGS en la dieta. Según estos autores esto pudo explicarse debido a que la fermentación de la FDN en WDGS pudo ser menor debido a una reducción del pH ruminal (< 6), esto concuerda con lo reportado por Corrigan et al. (2008) quienes observaron una tendencia lineal a disminuir el pH promedio ruminal ($< 5,6$) al pasar de una dieta de 0% WDGS a 40% WDGS explicado por valores de pH bajos en el subproducto. Por lo tanto, esto pudo ocasionar una disminución en la digestibilidad de la FDN, explicando la disminución de la digestibilidad de la MS al aumentar la inclusión de WDGS.

Además, si bien el contenido de EE ingerido no tendría implicancias negativas sobre el consumo, Hess et al. (2008) consideran que el aumento en la concentración de grasa en la dieta a partir de la inclusión de WDG, puede tener repercusión negativa en la digestibilidad de la FDN (componente importante del WDG) debido a una disminución en la relación acetato: propionato en el rumen. Por otra parte Palmquist y Jenkins (1980) sugieren que los ácidos grasos liberados en la lipólisis podrían ejercer efectos antimicrobianos en el rumen disminuyendo la digestibilidad de la MO. Por lo tanto esto, sumado a lo anterior explican en gran parte la respuesta observada en esta variable.

El consumo de nutrientes expresado en kg MS/día fue diferente entre tratamientos, mostrando una respuesta cuadrática para el consumo de EE ($p=0,0103$) y una respuesta lineal al consumo de PC y FDN ($p= 0.03$ y $p< 0.01$ respectivamente). Estos resultados son esperables ya que el elevado contenido de estos nutrientes en el WDG de sorgo, provoca un aumento de los mismos en las dietas.

5.4. CRECIMIENTO Y EFICIENCIA DE CONVERSIÓN

La evolución de peso vivo y GMD de las terneras destetadas precozmente a corral en el tratamiento testigo WDG0 (1.205 kg/día) fue acorde a la esperada en función de la composición de la dieta y consumo, y consistente con la GMD obtenida en el país por Simeone y Beretta (2012) durante 2 años de ensayos en terneros destetados precozmente a corral (1.226 kg/día \pm 0.258), para dietas de similar concentración y componentes. De igual modo la EC con valores promedio similares (3,6 \pm 0.44 kg MS/kg PV ganado) a lo reportado por Simeone y Beretta (2011, 2012) los cuales obtienen valores en torno a 3,7 y 3,2 kg MS/kg PV ganado. Estos resultados que se repiten entre años hacen al destete precoz a corral una certeza tecnológica, en la cual es posible predecir el comportamiento productivo (ganancias en torno a 1.200 kg/día y una EC de 3,5-4 kg MS/kg de PV ganado).

La buena eficiencia de conversión del alimento en kg de peso vivo en esta categoría, se atribuye a que los requerimientos de mantenimiento son bajos, por ende puede destinar más cantidad de energía al crecimiento y deposición de grasa. Por otra parte la composición de la ganancia de peso vivo presenta mayor proporción de musculo, hueso y agua que grasa, comparando con animales de mayor tamaño y edad en los cuales la composición de la ganancia diaria es energéticamente más cara debido a la mayor deposición de grasa (Di Marco, citado por Pordomingo, 2005).

La sustitución parcial del almidón como fuente de energía, por grasa y fibra altamente digestible podría significar un aumento sobre la productividad animal, ya que el valor energético de la grasa para el ganado es aproximadamente tres veces mayor al almidón, y también podría estar asociado a una reducción de la acidosis subaguda por el menor consumo de almidón (Akayezu et al. 1998, Klopfenstein 2001). Sin embargo la GMD en el experimento no fue afectada por el nivel de inclusión de WDG de sorgo, probablemente esto sea debido a que los niveles de FDNe fueron suficientes para evitar efectos que pueda causar la acidosis y a que probablemente el consumo de energía entre tratamiento fue similar.

Por otra parte, Larson et al. (1993), Ham et al. (1994), Vander Pol et al. (2006) demuestran que la sustitución de maíz con niveles de entre 30 y 40 % de WDGS de maíz, provoca una mejora de 15 a 25% de la eficiencia de conversión. Erickson et al. (2005) sugieren que esto se debe a que el WDGS de maíz tiene de 120 a 150% del valor alimenticio del grano de origen.

En el presente trabajo se observó una tendencia lineal en la EC ($p=0.0785$), asociado a un aumento en el CMS y a que no hubo diferencias significativas en GMD, siendo las terneras menos eficientes cuando aumentó el nivel de WDG en la dieta. Estos resultados indicarían que el valor alimenticio de WDG de sorgo es similar o ligeramente inferior al maíz y harina de soja, ya que el valor alimenticio de cada tratamiento varió poco (anexo No. 4). Estos resultados no confirman la hipótesis planteada de que existe un nivel óptimo de inclusión de WDG, ya que no se observaron mejoras en la GMD ni en la EC de las terneras.

Lodge et al. (1997) trabajando con novillos de 350 kg alimentados con una dieta de 40 % de WDG de sorgo en base seca en sustitución de grano molido de maíz, no observaron diferencias significativas entre tratamientos en GMD ni en la EC, por lo que tampoco se observó un nivel óptimo de inclusión de WDG de sorgo en la dieta. De acuerdo a estos autores esto podría ser explicado porque el WDG de sorgo tuvo un valor alimenticio similar al grano de maíz (96% del valor alimenticio del grano de maíz), no mostrando diferencias en ENg entre el WDG de sorgo y la dieta control.

Schoonmaker et al. (2010) evaluaron la incorporación de WDG de maíz en los niveles (0-40%) de la MS en sustitución de harina de soja y grano de maíz molido, alimentando novillos de 390 kg PV, no observando diferencias significativas en la GMD. Esto pudo ser debido a que a diferencia de los demás experimentos revisados de

WDG o WDGS de maíz, en este caso utilizaron aceite de soja para igualar los contenidos de lípidos.

A diferencia del presente experimento Vander Pol et al. (2006) obtuvieron como resultado un aumento cuadrático de la GMD. También difieren los datos presentados por Larson et al. (1993), trabajando en recría de terneros (280 kg PV) y terminación de novillos (350 kg PV) alimentados en régimen de confinamiento con distintos niveles de WDGS de maíz (0-40%) sustituyendo grano de maíz molido y harina de soja; donde se observó un aumento lineal en la GMD a medida que aumenta el nivel de inclusión de WDGS de maíz.

Los resultados de EC del experimento difieren de los antecedentes de Larson et al. (1993), Ham et al. (1994), Vander Pol et al. (2006), donde la eficiencia de conversión se maximiza entorno al 40 % de inclusión de WDG de maíz. Estas diferencias en resultados podrían ser atribuidas a que en esos experimentos se sustituía grano de maíz por WDG de maíz, mientras que en el presente experimento se sustituyó grano de maíz por WDG de sorgo, y a que se trabajó con categorías diferentes (novillos vs. terneros) las cuales presentan diferente estructura corporal y composición de la ganancia de peso (Di Marco, citado por Pordomingo, 2005).

Larson et al. (1993), Ham et al. (1994), Vander Pol et al. (2006) sugieren que la mejora en GMD y EC podrían deberse al mayor valor energético del WDGS de maíz con respecto al grano de maíz, dado por una combinación de factores: en primer lugar el valor energético de la grasa respecto al almidón, en segundo lugar los residuos de etanol se absorben rápidamente en el rumen (Tsuda, Emery et al., citados por Larson et al., 1993) y se metabolizan en acetato para producir energía o la lipogénesis (el etanol contiene 7,1 Mcal/kg de energía, Blaxter, citado por Larson et al., 1993); en tercer lugar, el uso de proteínas de sobrepeso puede haber reducido las pérdidas metabólicas (de metano y de calor) asociados con la fermentación microbiana (Blaxter, Orskov et al., Black y Tribe, citados por Larson et al., 1993). Por último podría haber una mejora de la productividad debido a una reducción de la acidosis subaguda por la sustitución del almidón por FDN digestible y grasa.

En cuanto a la composición corporal, estudios realizados por Koger et al. (2010), donde alimentaron terneros de razas británicas con dietas de 0, 20, 30 y 40% de inclusión de WDGS o DDGS para sustituir la harina de soja y parte del maíz molido, observaron que los terneros alimentados con WDGS o DDGS, presentaron mayor EGS y mayor AOB que los alimentados con la dieta control, por lo que se puede esperar una

mejora en EGS y AOB al aumentar el nivel de inclusión de WDG, esto pudo ser debido a diferencias en la partición de la energía hacia los tejidos por cambios en la composición de la dieta (aumento FDN y EE).

Los resultados obtenidos en el experimento determinaron un AOB promedio de todos los tratamientos de $37,59 \pm 4,5$ cm², presentando una tendencia lineal negativa al aumento de inclusión de WDG. Esto pudo explicarse por diferencias en la partición de energía hacia los tejidos asociado a cambios en las características del alimento, ya que la ganancia media diaria entre tratamientos no varió.

A diferencia del experimento Luebbe et al. (2012b), evaluando novillos de 350 kg alimentados con WDGS (mezcla de maíz y sorgo) sustituyendo steam-flaked de maíz en 15%, 30%, 45% y 60% de la dieta, mostraron que el AOB no varió cuando se aumentó el porcentaje de WDG en la dieta. Esta diferencia puede ser debido a que se sustituyó steam-flaked en vez de grano molido de maíz y harina de soja

En cuanto al EGS los resultados obtenidos promedian $2,84 \pm 0,98$ mm, no existiendo para esta variable diferencia significativa. Esta respuesta coincide con la información proporcionada por Vander Pol et al. (2006), los cuales observan una similitud en espesor de grasa dorsal en respuesta al aumento de WDG. Sin embargo Luebbe et al. (2012b), obtuvieron una reducción en el EGS frente al aumento en la concentración de WDG en la dieta.

Según estos autores la reducción del EGS se explicó principalmente porque los animales tuvieron diferente balance energético, argumentando que las dietas eran isoenergéticas pero los animales con mayor nivel de inclusión de WDG (60) consumieron menos alimento, por lo tanto menor energía que los demás tratamientos.

En cuanto a nuestros resultados, los tratamientos estaban compuestos por animales de similares características (peso, edad), lo que implica que no existían diferencias en requerimientos, la ingesta de energía por parte de los animales pudo ser similar como ya se vio anteriormente, por lo tanto el excedente será transformado en grasa de igual forma entre los diferentes niveles de WDG.

5.5. COMPORTAMIENTO

En el comportamiento ingestivo, la probabilidad de encontrar un animal descansando fue la actividad que obtuvo mayores valores, lo cual coincide con lo reportado por Ray y Roubicek, citados por Collares et al. (2008).

En la probabilidad de encontrar un animal consumiendo hubo diferencias significativas, donde en el tratamiento de WDG36 fue el que presentó mayor probabilidad de actividad con respecto a los demás, lo cual es coherente con el mayor consumo de materia seca registrado en este tratamiento. Este comportamiento sugiere cierta relación entre el consumo absoluto y el tiempo dedicado al consumo.

El aumento en el contenido de FDN dado por el nivel de WDG no provocó cambios en la tasa de consumo (anexo No. 6) como era de esperarse, ya que la misma por ser altamente digestible (Bruni et al., 2014), no actúa de forma mecánica afectando negativamente el tiempo dedicado al mismo como si sucede en los casos que se utiliza “fibra larga” o efectiva (Pordomingo, 2005).

El patrón de consumo presentó valores atípicos respecto a diferentes autores (Ray y Roubicek, citados por Collares et al. 2008, Ayçaguer et al. 2011) ya que no se observa la mayor actividad de consumo cuando se le suministra el alimento. Esto podría explicarse por diferencias entre los días de observación del comportamiento ($p < 0.001$), dado por inconvenientes operativos en el suministro del alimento, en el día uno el alimento fue ofrecido tiempo más tarde. Sin embargo no existieron diferencias en la interacción día por tratamiento, esto determinaría que si bien el patrón de consumo en ambos días comenzó en diferentes horarios, en términos generales es similar. Debido a esto se analizará el patrón de consumo en el día 2 (día típico).

El pH ruminal puede ser afectado por la frecuencia con que el animal se alimenta, debido a modificaciones en la concentración total de ácidos grasos volátiles (Santini y Elizalde, 1994) lo que podría afectar el aprovechamiento de los nutrientes, al disminuir la digestibilidad de la celulosa y la degradabilidad de la proteína (Loerch et al. 1983, Pordomingo 2007). En el patrón de consumo se observó que las horas del día donde era más probable encontrar un animal consumiendo coincidían con el horario de suministro del alimento, observándose un estímulo a consumir luego de ofrecido el alimento. Esto confirma lo reportado por Ayçaguer et al. (2011) quienes suministrando el alimento cuatro veces en el día y observan que la mayor actividad de consumo coincide con los horarios de entrega del mismo. Este comportamiento podría producir

cambios en el pH ruminal si la frecuencia de alimentación es baja, sin embargo en el experimento se suministraba 3 veces al día con el fin de evitar posibles efectos de acidosis, sin observarse aumentos de consumo demasiados pronunciados durante el día, por lo que probablemente el patrón de consumo de los animales no afectó las condiciones de fermentación ruminal.

No se observaron diferencias en las actividades de consumo de agua y rumia. El hecho de que no haya diferencias en la actividad de rumia, confirma lo reportado por Di Lorenzo y Galyean (2010), donde demuestran que la fibra presente en el WDG no debe ser considerada como fibra efectiva ya que no estimula los procesos de salivación y rumia, por lo que no aumentaría el tiempo dedicado a rumiar.

5.6. DISCUSIÓN GENERAL

Las dietas de todos los tratamientos fueron suministradas ad libitum y se formularon para que sean isoenergéticas e isoprotéicas, variando la naturaleza de la fuente de energía y proteína: a medida que aumentó el nivel de inclusión de WDG en la dieta, aumento de la concentración de FDN, EE y el contenido de PNDR. Estos componentes sustituyeron al almidón como fuente de energía y aumentaron el contenido de PM en la dieta, generando cambios en el CMS pero sin afectar la productividad animal.

El consumo de MS tuvo una respuesta lineal positiva a la inclusión de WDG, el cual a su vez podría haber afectado la digestibilidad de las dietas a alto nivel de inclusión dado la respuesta cuadrática observada, esto podría explicarse por un menor tiempo de retención del alimento y a la mayor concentración de grasa en la dieta cuando aumenta la inclusión de WDG podría tener efectos sobre la digestibilidad de la fibra. Estos efectos fueron parcialmente compensados en tanto no se observaron diferencias en la GMD, sin embargo la EC mostró una tendencia lineal negativa, indicando que por cada 1% de aumento en el nivel de inclusión de WDG en el concentrado (en un rango entre 0 y 36%) la cantidad de alimento necesaria para ganar un kg de PV animal se incrementa en 0.096 kg.

Esto implicaría que el WDG de sorgo tiene un valor alimenticio inferior al del grano de maíz y la harina de soja (ya que la base del experimento fue sustituir estos alimentos por diferentes niveles de WDG de sorgo).

6. CONCLUSIONES

Dado terneros de destete precoz manejados en confinamiento con dietas 80/20 de relación concentrado/voluminoso, la inclusión de WDG en el concentrado hasta niveles del 36 % en dietas, permite sustituir fuentes tradicionales de proteína y energía como lo son la harina de soja y el maíz, sin encontrar efectos negativos en crecimiento del ternero. Si bien el valor de la eficiencia de conversión tiende a aumentar linealmente, asociado a un aumento de CMS y reducción de la DMS, el rango de variación de las EC se ubica entre (3,5 - 3,8).

7. RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el nivel de inclusión de WDG de sorgo en terneras de destete precoz alimentadas en confinamiento con dietas altamente concentradas (relación concentrado: voluminoso 80:20) ofrecidas ad libitum. El efecto fue evaluado sobre ganancia de peso, consumo, eficiencia de conversión, comportamiento, desarrollo corporal (espesor de grasa subcutánea, área de ojo de bife y altura del anca) y digestibilidad. Para cada tratamiento fueron formuladas 4 dietas, procurando que sean isoprotéicas e isoenergéticas, variando en el nivel de inclusión de WDG en el concentrado (0%, 12%, 24% y 36%). El experimento fue realizado en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni, departamento de Paysandú, República Oriental del Uruguay, el cual se inició el 21/01/14 y finalizó el 08/04/14. Se utilizaron 20 terneras (91.89 ± 16.4 Kg) de la raza Hereford. Las terneras eran nacidas en la primavera del 2013, provenientes del rodeo de cría de la EEMAC, que habían sido destetados precozmente el 15 de diciembre de 2013 con 70 días de edad y 80 Kg de peso vivo aproximadamente. La ganancia diaria no fue afectada por el tratamiento ($p=0.9664$), donde se observó un promedio de 1.25 ± 0.13 Kg/día. El consumo de materia seca promedio fue de 4.53 ± 0.81 Kg MS/día, donde no se observaron diferencias significativas, expresado en kilo gramo de materia seca ($p=0.21$) o como porcentaje de peso vivo ($p=0.0911$), sin embargo se observa que hay una respuesta lineal ($p=0.0427$, $p=0.0137$ respectivamente). La eficiencia de conversión del alimento no fue diferente entre tratamientos ($p=0.1992$), sin embargo se observó una tendencia lineal ($p=0.0785$), con un promedio de 3.6 ± 0.44 %. En cuanto al comportamiento se observaron diferencias en la probabilidad de encontrar un animal consumiendo y descansando ($p=0.0272$ y $p=0.0086$, respectivamente), en el resto de las actividades no se observó efecto de tratamiento; rumia ($p=0.363$), y consumo de agua ($p=0.7048$). El área de ojo de bife no presentó diferencias significativas ($p=0.1907$), pero mostró una tendencia lineal negativa ($p=0.051$), no se observaron diferencias significativas en espesor de grasa ($p=0.1977$) y en altura del anca no se observaron diferencias en ninguno de los momentos de medición (28 días ($p=0.2608$); 56 días ($p=0.2277$); 84 días ($p=0.1122$), siendo los promedios 98.9 ± 4.17 , 101.6 ± 4.06 y 106.5 ± 4.03 para los días 28, 56, y 84 respectivamente. La digestibilidad de la materia seca de la dieta fue diferente entre tratamientos ($p=0.0087$), presentando una respuesta cuadrática ($p=0.0284$), los valores de digestibilidad para los diferentes tratamientos fueron: WDG0; 93.3%, WDG12; 93.8%, WDG24; 93.34% y WDG36; 86.8%. Los resultados obtenidos demuestran que es posible sustituir fuentes tradicionales de concentrado por WDG de sorgo hasta un

36% de inclusión sin afectar negativamente la performance animal, ni la eficiencia de conversión del alimento en terneros de destete precoz, alimentados a corral.

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

8. SUMMARY

The aim of this study was to evaluate the inclusion level of sorghum WDG in early weaning calves confined feeding with highly concentrated diets (concentrate: voluminous ratio 80:20) offered ad libitum. The effect was evaluated on weight gain, consumption, conversion efficiency, behavior, physical development (subcutaneous fat thickness, *longissimus dorsi* area and height of the haunch) and digestibility. For each treatment, four diets were formulated, sure that they were isoproteic and isoenergetic, varying the inclusion level of WDG in the concentrate (0%, 12%, 24% and 36%). The experiment was conducted at the Experimental Station Mario A. Cassinoni, department of Paysandú, Oriental Republic of Uruguay, which began on 21/01/14 and ended 08/04/14. There were used 20 female calves (91.89 ± 16.4 kg) Hereford breed. Calves were born in the spring of 2013, from the breeding herd of EEMAC, which had been early weaned on December 15, 2013, with 70 days of age and approximately 80 kg of body weight. The daily gain was not affected by treatment ($p= 0,9664$), where it is observed an average of $1,25 \pm 0,13$ Kg / day. The average dry matter intake was $4,53 \pm 0,81$ kg DM / day, where no significant differences were observed, expressed in kilograms of dry matter ($p= 0,21$) or as a percentage of body weight ($p= 0,0911$), however it notes that there is a linear response ($p= 0,0427$, $p= 0,0137$, respectively). The efficiency of feed conversion was not different between treatments ($p= 0,1992$), however was observed a linear trend ($p= 0,0785$), with an average of $3,6 \pm 0,44\%$. On the behavior were observed differences in the probability of finding an animal eating and resting ($p= 0,0272$ y $p= 0,0086$, respectively), in the rest of activities not observed treatment effect; rumination ($p= 0,363$), and water intake ($p= 0,7048$). The area of *longissimus dorsi* it was not significantly different ($p= 0,1907$), but showed a negative linear trend ($p= 0,051$), no significant differences were observed in fat thickness ($p= 0,1977$) and the haunch height no differences in any of the measurement times (28 days ($p= 0,2608$), 56 days ($p= 0,2277$), 84 days ($p= 0,1122$), with averages $98,9 \pm 4,17$, $101,6 \pm 4,06$ and $106,5 \pm 4,03$, for days 28, 56 and 84 respectively. The dry matter digestibility of the diet was different between treatments ($p= 0,0087$), presenting a quadratic response ($p= 0,0284$), digestibility values for the different treatments were: WDG0; 93.3%, WDG12; 93.8%, WDG24; 93.34% and WDG36; 86.8%. The results show that it is possible to replace traditional sources of concentrate by sorghum WDG up to 36% of inclusion without negatively affect animal performance, or efficiency of feed conversion of early weaning calves confined feeding.

Keywords: Early weaning; Corral; Distillers grain; WDG sorghum; Calves.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Akayezu, J. M.; Linn, J. G.; Harty, S. R.; Cassady, J. M. 1998. Use of distillers grains and co-products in ruminant diets. (en línea). In: Minnesota Nutrition Conference (59th., 1998, Bloomington, MN). Proceedings. Minnesota, Cargill Animal Nutrition Center. pp. 1-11. Consultado 20 ago. 2015.
Disponible en <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.226.4287&rep=rep1&type=pdf>.
2. Al-Suwaiegh, S.; Fanning, K. C.; Grant, R. J.; Milton, C. T.; Klopfenstein, T. J. 2002. Utilization of distillers grains from the fermentation of sorghum and corn in diets for finishing beef and lactating dairy cattle. *Journal of Animal Science*. 80: 1105–1111.
3. Anderson, J. L.; Kalscheur, K. F.; Schingoethe, D. J.; Hippen, A. R. 2006. Evaluation of dried and wet distillers grains included at two concentrations in the diets of lactating dairy cows. *Journal of Animal Science*. 89: 3133-42.
4. AOAC (Association of Official Agricultural Chemists, US). 2012. Official methods of analysis. 19th. ed. Gaithersburg, Maryland, George W. Latimer. p. irr.
5. Arelovich, H. M.; Abney, C. S.; Vizcarra, J. A.; Galyean, M. L. 2008. Effects of dietary neutral detergent fiber on intakes of dry matter and net energy by dairy and beef cattle; analysis of published data. *The Professional Animal Scientist*. 24 (5): 375-383.
6. Armentano, L. 1994. How can we optimize the protein quality delivered to lactating cows when feeding distillers dried grains with solubles. *Distillers Feed Research Council*. 49: 63-68.
7. Arroquy, J.; Berruhet, F.; Brunetti, M.; Martínez Ferrer, J.; Pasinato, A. 2014. Uso de subproductos del destilado de granos en bovinos para carne. In: Jornada Nacional de Forrajes Conservados (1a., 2014, Manfredi). Recopilación de presentaciones técnicas. Córdoba, INTA. pp. 1-59.
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. Facultad de Agronomía. 66 p.

9. Baile, C.; Della-Fera, M. 1981. Nature of hunger and satiety control systems in ruminants. *Journal of Dairy Science*. 64: 1140-1152.
10. Baldi, F.; Banchemo, G.; La Manna, A.; Fernández, E.; Pérez, E. 2011. Efecto del manejo nutricional post-destete y durante el período de terminación sobre las características de crecimiento y eficiencia de conversión en sistemas de recría y engorde intensivo. *In: Jornada Técnica Herramientas y Estrategias de Alimentación para una Invernada de Precisión (2011, Durazno, UY). Memorias*. Montevideo, INIA. pp. 1-13 (Actividades de Difusión no. 645).
11. Belyea, R. L.; Rausch, K. D.; Tumbleson, M. E. 2004. Composition of corn and distillers dried grains with solubles from dry grind ethanol processing. *Bioresource Technology*. 94: 293–298.
12. _____.; _____.; _____.; Clevengerc, T. E.; Johnstond, D. B.; Singhb, V. 2010. Sources of variation in composition of DDGS. *Animal Feed Science and Technology*. 159: 122-130.
13. Bothast, R.; Schlicher, M. A. 2005. Biotechnological processes for conversion of corn into ethanol. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 67: 19-25.
14. Britton, R. A.; Stock, R. A. 1987. Acidosis, rate of starch digestion and intake. *In: Symposium Feed Intake by Beef Cattle (1986, Oklahoma). Proceedings*. Stillwater, Oklahoma, Oklahoma State University. pp. 125- 137.
15. Bruni, M.; Trujillo, A. I.; Facchin, L.; Saragó, L.; Chilibroste, P. 2014. Evaluación nutricional para rumiantes de la burlanda de sorgo húmeda obtenida de la producción de etanol de ALUR Paysandú. *Cangüé*. no. 35: 28-38.
16. Cao, Z. J.; Anderson, J. L.; Kalscheur K. F. 2014. Ruminant degradation and intestinal digestibility of dried or wet distillers grains with increasing concentrations of condensed distillers solubles. *Journal of Animal Science*. 87: 3013-3019.
17. Chessa, A. 2007. La calidad del sorgo como alimento animal. *Marca Líquida Agropecuaria*. 17 (169): 65-68.
18. Collares, M.; Macció, M.; Varralla, D. 2008. Manejo de la fibra en sistemas de alimentación a corral para vacunos en crecimiento y terminación. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 89 p.

19. Coppo, J. A. 2007. ¿El destete precoz produce estrés en los terneros cruza cebú? (en línea). *Revista Electrónica de Veterinaria*. 8 (2): 1695-7504. Consultado 23 ago. 2015. Disponible en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n020207.html>.
20. Corrigan, M.; Erickson, G. E.; Klopfenstein, T. J.; Meyer, N. F. 2008. Effect of corn processing and wet distillers grains on nutrient metabolism. *Nebraska Beef Cattle Reports*. MP 91: 43-44.
21. Cromwell, G. L.; Herkelman, K. L.; Stahly, T. S. 1993. Physical, chemical, and nutritional characteristics of distillers dried grains with solubles for chicks and pigs. *Journal Animal of Science*. 71: 679-686.
22. Di Lorenzo, N.; Galyean, M. 2010. Applying technology with newer feed ingredients- Do the paradigms apply? *Journal Animal of Science*. 88 (13): E123 - E132.
23. _____. 2013. Uso de subproductos de la producción de etanol en nutrición animal. *In: Jornada Nacional de Forrajes Conservados (4º., 2013, Manfredi). Carne y leche de precisión con valor agregado en origen. Córdoba, INTA.* pp. 69-74.
24. Dong, F. M.; Rasco, B. A.; Gazzaz, S. S. 1987. A protein quality assessment of wheat and corn distillers dried grains with solubles. *Cereal Chemistry*. 64: 327-332.
25. Doreau, M.; Chilliard, Y. 1997. Digestion and metabolism of dietary fat in farm animals. *British Journal of Nutrition*. 78: S15-S35.
26. Drewnoski, E.; Richter, E. L.; Hansen, S. L. 2012. Dietary sulfur concentration affects rumen hydrogen sulfide concentrations in feedlot steers during transition and finishing. *Journal Animal of Science*. 90: 4478-4486.
27. Elizalde, J. C.; Riffel, S. L. 2012. Una nueva cría. Un nuevo engorde. Una nueva ganadería. *In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (14ª, 2012, Paysandú). Memorias. Paysandú, Facultad de Agronomía.* pp. 52-65.
28. Erickson, G. E.; Klopfenstein, T. J.; Adams, D. C.; Rasby, R. J. 2005. General overview of feeding corn milling co-products to beef cattle. *In: Corn processing co-products manual. Lincoln, NE, USA, University of Nebraska.*

Institute of Agriculture and Natural Resources. pp. 3-12. Consultado 20 ago. 2015 Disponible en <http://www.sochipa.cl/uploads/media/coproducts.pdf>

29. _____.; _____.; _____.; _____. 2007. Utilization of corn coproducts in the beef industry; feeding of corn milling co-products to beef cattle. 2nd. ed. Lincoln, University of Nebraska. 507 p.
30. Felix, T. L.; Loerch, S. C. 2011. Effects of haylage and monensin supplementation on performance, carcass characteristics, and ruminal metabolism of feedlot cattle fed diets containing 60% dried distillers grains. *Journal of Animal Science*. 89: 2614-2623.
31. Fox, D. G.; Tedeschi, L. O. 2002. Application of physically effective fiber in diets for feedlot cattle (en línea). s.l., Cornell University. Animal Science Department. s.p. Consultado 05 ago. 2015. Disponible en http://www.researchgate.net/publication/241758477_Application_of_Physically_Effective_Fiber_in_Diets_for_Feedlot_Cattle.
32. Gargallo, S. 2006. Estimación de la degradabilidad ruminal y digestibilidad intestinal de los aminoácidos de suplementos proteicos in vitro. Tesis PhD. Barcelona, España. Universidad Autónoma de Barcelona. 215 p.
33. Ham, G. A.; Stock, R. A.; Klopfenstein, T. J.; Larson, E. M.; Shain, D. H.; Huffman, R. P. 1994. Wet corn distillers byproducts compared with dried corn distillers grains with solubles as a source of protein and energy for ruminants. *Journal Animal of Science*. 72: 3246-3257.
34. Hess, B. W.; Moss, G. E.; Rule, D. C. 2008. A decade of developments in the area of fat supplementation research with beef cattle and sheep. *Journal of Animal Science*. 86: 188-204.
35. Huntington, G. B.; Archibeque, S. L. 2000. Practical aspects of urea and ammoniametabolism in ruminants. *Journal of Animal Science*. 77: 1-11.
36. Jenkins, T. C. 1993. Lipid metabolism in the rumen. *Journal of Dairy Science*. 76: 3851-3863.
37. Kamande, G. M. 2006. Digestión ruminal y nutrición. (en línea). In: Congreso de Forrajes (21°. 2006, Buenos Aires). Conferencia. Producir XXI (Buenos Aires). 15 (180): 52-57. Consultado 25 set. 2015 Disponible en

http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/96-digestion_ruminal.pdf

38. Kelsall, D. R.; Lyons, T. P. 1999. Grain dry milling and cooking for alcohol production: designing for 23% ethanol and maximum yield. *In*: Jacques, K. A.; Lyons, T. P.; Kelsall, D. R. eds. The alcohol textbook. 3rd. ed. Nottingham, UK, Nottingham University Press. cap. 2, pp. 7-23.
39. Klasing, K. C.; Goff, J. P.; Greger, J. L. 2005. Mineral tolerance of animals. Washington, D. C., National Academies Press. pp. 372-385.
40. Kleinschmit, D. H.; Anderson, J. L.; Schingoethe, D. J.; Kalscheur, K. F.; Hippen, A. R. 2007. Ruminal and intestinal degradability of distillers grains plus solubles varies by source. *Journal of Dairy Science*. 90: 2909–2918.
41. Klopfenstein, T. J. 2001. Distillers grains for beef cattle. *In*: Ethanol Co-Products Workshop (7th., 2001, Lincoln). DDGS; issues to opportunities. Nebraska, USA, Corn Growers Association. pp. 1–9.
42. _____; Erickson, G. E.; Bremer, V. R. 2008. Board-invited review; use of distillers by-products in the beef cattle feeding industry. *Journal of Animal Science*. 86: 1223-1231.
43. Koger, T. J.; Wulf, D. M.; Weaver, A. D.; Wright, C. L.; Tjardes, K. E., Mateo, K. S.; Engle, T. E.; Maddock, R. J.; Smart, A. J. 2010. Influence of feeding various quantities of wet and dry distillers grains to finishing steers on carcass characteristics, meat quality, retail-case life of ground beef, and fatty acid profile of longissimus muscle. *Journal of Animal Science*. 88: 3399-3408.
44. Lahr, D. A.; Otterby, D. E.; Johnson, D. G.; Linn, J. G.; Lundquist, R. G. 1983. Effects of moisture content of complete diets on feed intake and milk production by cows. *Journal of Dairy Science*. 66: 1891–1900.
45. Larson, E. M.; Stock, R. A.; Klopfenstein, T. J.; Sindt, M. H.; Huffman, R. P. 1993. Feeding value of wet distillers byproducts for finishing ruminants. *Journal of Animal Science*. 71: 2228-2236

46. Lodge, S. L.; Stock, R. A.; Klopfenstein, T. J.; Shain, D. H.; Herold, D.W. 1997. Evaluation of corn and sorghum distillers byproducts. *Journal Animal of Science*. 75: 37-43.
47. Loerch, S. C.; Berger, L. L.; Gianola, D.; Fahey, G. C. 1983. Effects of dietary protein source and energy level on in situ nitrogen disappearance of various protein sources. *Journal Animal of Science*. 56: 206-216.
48. Lucas, H. L.; Loosli, J. K. 1944. The effect of fat upon the digestion of nutrients by dairy cows. *Journal Animal of Science*. 3: 3-11.
49. Luebbe, M. K.; Erickson, G. E.; Klopfenstein, T. J.; Greenquist, M. A. 2012a. Nutrient mass balance and performance of feedlot cattle fed corn wet distillers grains plus soluble. *Journal Animal of Science*. 90: 296-306.
50. _____; Patterson, J. M.; Jenkins, K. H.; Buttrey, E. K.; Davis, T. C.; Clark, B. E.; McCollum, F. T.; Cole, N. A.; MacDonald, J. C. 2012b. Wet distillers grains plus soluble concentration in steam-flaked corn based diets; effects on feedlot cattle performance, carcass characteristics, nutrient digestibility, and ruminal fermentation characteristics. *Journal Animal of Science*. 90: 1589-1602.
51. Luke, A. M. 2012. Factors limiting the dietary inclusion level of dried distillers grains with solubles in ruminant diets. Thesis MSc. Ohio, USA. The Ohio State University. 29 p.
52. Mas, A.; Sanes, J. M.; Trigueros, I.; Pallarés, F. J.; Seva, J. I. 2010. Poliencefalomalacia asociada a acidosis metabólica en bovino de lidia. *Anales de Veterinaria de Murcia*. 26: 91-96.
53. May, M. L. 2008. The effects of grain processing method, wet and dry distiller's grains with solubles and roughage level on performance and carcass characteristics of finishing cattle. Thesis MSc. Kansas, USA. Kansas State University. 112 p.
54. MDN. DNM (Ministerio de Defensa Nacional. Dirección Nacional de Meteorología, UY). s.f. Estadísticas climatológicas. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 10 ago. 2015. Disponible en <http://meteorologia.gub.uy/index.php/estadisticas-climaticas>.

55. Nagaraja, T. G.; Newbold, C. J.; Ven Nevel, C. J.; Demeyer, D. I. 1997. Manipulation of ruminal fermentation. In: Hobson, P. N.; Stewart, C. S. eds. The rumen microbial ecosystem. London, UK, Chapman and Hall. pp. 523–632.
56. Nelson, M. L.; Bushboom, J. R.; Ross, C. F.; O’Fallon, J. V. 2008. Effects of supplemental fat on growth performance and quality of beef from steers fed corn finishing diets. *Journal of Animal Science*. 86: 936-948.
57. NRC (National Research Council, US). 1996. Nutrient requirements of beef cattle. 7th. ed. Washington, D. C., National Academy Press. 248 p.
58. _____. 2000. Nutrient requirements of beef cattle. 7th. ed. update. Washington, D. C., National Academy Press. 248 p.
59. Owens, F. N.; Secrist, D.; Hill, W. J.; Gill, D. 1996. A new look at acidosis. In: Annual Southwest Nutrition and Management Conference (11th., 1996, Phoenix, AZ). Proceedings. Tucson, University of Arizona. pp. 1-16.
60. _____.; _____.; _____. 1998. Acidosis in cattle; a review. *Journal of Animal Science*. 76: 275-286.
61. Palmquist, D. L.; Conrad, H. R. 1978. High fat rations for dairy cows. Effects on feedintake, milk and fat production, and plasma metabolites. *Journal of Dairy Science*. 61: 890-901.
62. _____.; Jenkins, T. C. 1980. Fat in lactation rations. *Journal of Dairy Science*. 63: 1-14.
63. _____. 1994. The role of dietary fats in efficiency of ruminants. *The Journal of Nutrition*. 124: 1377S-1382S.
64. Plascencia, A.; Mendoza, G. D.; Vásquez, C.; Zinn, R. A. 2003. Relationship between body weight and level of fat supplementation on fatty acid digestion in feedlot cattle. *Journal of Animal Science*. 81: 2653–2659.
65. Pordomingo, A. J. 2002. El feedlot en Argentina. In: La Fibra (1°, 2002, Buenos Aires). Memorias. s.n.t. pp. 8-29.
66. _____. 2005. Feedlot; alimentación, diseño y manejo. Anguil, INTA. 224 p.

67. _____. 2007. La fibra en feedlots. (en línea). Buenos Aires, INTA. s.p. Consultado 25 ago. 2015. Disponible en http://www.engormix.com/la_fibra_feed_lots_s_articulos_799_AGR.htm
68. Ramírez, M. B. 2014. Mejoras en la producción de bioetanol combustible a partir de sorgo grano. Tesis Maestría en Biotecnología. Montevideo, Uruguay. Facultad de Ciencias. 112 p.
69. Rasby, R.; Brink, D.; Rush, I.; Adams, D. 1997. Minerals and vitamins for beef cows. (en línea). Lincoln, University of Nebraska. s.p. Consultado 28 set. 2015. Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Richard_Rasby/publication/228540932_EC9-7277_Minerals_and_Vitamins_For_Beef_Cows/links/02e7e5236ffee1bdb00000.pdf
70. Relling, A. E.; Reynolds, C. K. 2007. Feeding rumen-inert fats differing in their degree of saturation decreases intake and increases plasma concentrations of gut peptides in lactating dairy cows. *Journal Dairy Science*. 90: 1506–1515.
71. Rovira, P. 2012. Uso de sombra en la recría de novillos en sistemas pastoriles de la región este del Uruguay. Montevideo, INIA. 83 p. (Serie Técnica no. 202).
72. Russell, R. W.; Lolley, R. J. 1989. Desactivation of tannin in high tannin milo by treatment with urea. *Journal of Dairy Science*. 72:2427-2430.
73. Santini, F. J.; Elizalde, I. C. 1994. Digestión ruminal aspectos conceptuales e implicancias prácticas. (en línea). CREA. Suplementación de Vacunos Cuaderno de Actualización Técnica. no. 53: 10-16. Consultado 28 ago. 2012. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/90-digestion_ruminal.pdf
74. Schoonmaker, J. P.; Trenkle A. H.; Beitz D. C. 2010. Effect of feeding wet distillers grains on performance, marbling deposition, and fatty acid content of beef from steers fed low- or high-forage diets. *Journal of Animal Science*. 88: 3657-3665.
75. Simeone, A.; Beretta, V. 2002. Destete precoz en ganado de carne. Montevideo, Hemisferio Sur. 118 p.

76. _____.; _____. 2011. Alimentación a corral en sistemas ganaderos, ¿cuándo y cómo? In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (13^a., 2011, Paysandú). Memorias. Paysandú, Facultad de Agronomía. pp. 10-11.
77. _____.; _____. 2012. Una nueva cría. Un nuevo engorde. Una nueva ganadería. In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (14^a., 2012, Paysandú). Memorias. Paysandú, Facultad de Agronomía. pp. 15-27.
78. Sniffen, C. J.; O'connor, J. D.; Van Soest, P. J.; Fox, D. G.; Russell, J. B. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*. 70: 3562-3577.
79. Stein, H. H.; Shurson, G. C. 2009. Board-invited review; the use and application of distillers dried grains with solubles in swine diets. *Journal Animal of Science*. 87:1292-1303.
80. Swift, R. W.; Thatcher, E. J.; Black, A.; Bratzler, J. W.; James; W. H. 1947. Digestibility of diets for ruminants as affected by proportions of nutrients. *Journal of Animal Science*. 6: 432-444.
81. USGC (United States Grains Council, US). 2012. A guide to distiller's dried grains with solubles. 3rd. ed. s.l. 406 p.
82. Van Keulen, J.; Young, B. A. 1977. Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *Journal of Animal Science*. 44: 282-287.
83. 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.
84. Vander Pol, K. J.; Erickson, G.; Klopfenstein, T. J.; Greenquist, M; Robb, T. 2006. Effect of dietary inclusion of wet distillers grains on feedlot performance of finishing cattle and energy value relative to corn. University of Nebraska. Animal Science Department. Nebraska Beef Cattle Reports. 144: 51-53.
85. _____.; _____.; _____.; Luebbe, M. K.; Crawford, G. I. 2007. Digestibility, rumen metabolism, and site of digestion for finishing diets

containing wet distiller's grains or corn oil. University of Nebraska. Animal Science Department. Nebraska Beef Cattle Reports. 100: 39-42.

86. Zinn, R. A.; Gulati, S. K.; Plascencia, A.; Salinas, J. 2000. Influence of ruminal biohydrogenation on the feeding value of fat in finish-ing diets for feedlot cattle. *Journal of Animal Science*. 78: 1738–1746.

10. ANEXOS

Anexo 1. Composición química de los componentes de la ración.

	WDG	FARDO	RACIÓN 0%	RACIÓN 12%	RACIÓN 24%	RACIÓN 36%
MS (%)	30	87	91	91	91	91
PC (%)	33,31	20,54	19,73	17,73	14,56	13,08
PNDR (%PC)*	75	28	38,09	33,92	29,80	25,57
EE (%)	10,39	1,51	1,82	2,43	2,45	1,47
FDN (% MS)	70,92	39,63	13,44	15,35	16,06	14,13
FDNe (% FDN)**	0,04	0,92	3,93	3,50	3,08	2,65
FDA (% MS)	28,55	25,5	3,17	3,43	3,64	2,64
Cenizas (%)	1,84	9,75	3,69	4,18	3,98	3,72

* Proteína no degradable en rumen PNDR= Σ PNDR* % componente en la dieta, en base a NRC (2000), Bruni et al. (2014).

** Fibra efectiva FDNe= Σ FDN* % componente en dieta * efectividad de la fibra, en base a Sniffen et al. (1992), NRC (1996).

Anexo 2. Cálculo de proteína metabolizable de cada tratamiento.

	% COMPONENTE EN LA DIETA			
	WDG0	WDG12	WDG24	WDG36
WDG de sorgo	0	9,6	19,2	28,8
Harina de soja	19,12	13,84	8,32	3,12
Grano de maíz	57,44	53,12	49,04	44,56
Fardo	20	20	20	20
CMS	4,454	4,544	4,860	4,971
ED Mcal/kg MS	4,1	4,1	4,2	3,8
ED cons. Mcal	18,3	18,8	20,2	19,0
NDT g*	4164,5	4271,4	4594,3	4326,1
PNDR dig. g**	309,69	317,30	335,50	364,54
PMo ver. dig. ***	346,49	355,38	382,25	359,94
PM g	656,18	672,69	717,74	724,48

* Los nutrientes digestibles totales se calcularon en base a la relación: 1 kg TDN = 4,4 Mcal ED (NRC,

2000).

** Para el cálculo de la proteína no degradable en rumen digestible se utilizó para el WDG los valores de PNDR y digestibilidad de la misma que reportan Bruni et al. (2014), y para los demás componentes lo que reporta NRC (2000), con una digestibilidad del 80% (Gargallo, 2006).

*** La proteína microbiana verdadera se estimó asumiendo una eficiencia del 13 % de los NDT ingeridos para la síntesis de PMo (13 grs de PMo por cada 100 grs de NDT Burroughs, 1974), considerando que la PMo verdadera es el 80% y con una digestibilidad del 80% (Gargallo, 2006).

Para el cálculo del contenido de PM de cada dieta se realizó la suma entre la PNDR digestible y la PMo verdadera digestible. Las variables utilizadas para el cálculo se presentan en el cuadro anterior.

Anexo 3. Cálculo de fibra efectiva de cada tratamiento.

	% COMPONENTES EN LA DIETA				FDN (%)	FDNe
	WDG0	WDG12	WDG24	WDG36		
WDG de sorgo	0	9,6	19,2	28,8	70,92	0,04
Harina de soja	19,12	13,84	8,32	3,12	14,9	0,23
Grano de maíz	57,44	53,12	49,04	44,56	9,5	0,6
Fardo	20	20	20	20	39,63	0,92

Forma de cálculo: $\Sigma \text{FDNe} = \text{FDN} * \% \text{ componente en dieta} * \text{efectividad de la fibra}$. A continuación se presentan las variables utilizadas para el cálculo.

Anexo 4. Cálculo del valor alimenticio de cada tratamiento.

	WDG0	WDG12	WDG24	WDG36
EC	3,51	3,409	3,757	3,776
1/ EC	0,285	0,293	0,266	0,265
Valor alimenticio (%)*	100	103	93	93

* Se realizó a través del inverso de la EC, expresado en relación al testigo el cual se le adjudicó un 100 % de valor alimenticio.

Anexo 5. Cálculo de EM del alimento y EM consumida.

	WDG0	WDG12	WDG24	WDG36
Digestibilidad MS (%)	93,31	93,81	94,34	86,85
EM Mcal/kg*	3,37	3,39	3,41	3,14
CMS	4,45	4,54	4,86	4,97
EM consumida	15,03	15,41	16,58	15,61

Energía metabolizable EM= 4.409 DMS* 0.82.

Anexo 6. Cálculo de tasa de consumo

	WDG0	WDG12	WDG24	WDG36
Consumo kg MS/día	4,45	4,54	4,86	4,97
Actividad de consumo*	0,364	0,395	0,389	0,443
Minutos de consumo**	262,08	284,4	280,08	318,96
Tasa de consumo***	0,017	0,016	0,017	0,016

*Probabilidad de encontrar un animal consumiendo.

**Para el cálculo se asume que no hay consumo nocturno

***Relación entre consumo y minutos de consumo

Anexo 7. Análisis de varianza para pesos vivos.

Effect	Núm. DF	Den DF	F Value	Pr > F
TRAT.	3	12	0,09	0,9664
DÍAS	1	98	1756,75	<,0001
DÍAS*TRAT.	3	98	0,22	0,8817
PVINI	1	12	214,2	<,0001

Anexo 8. Análisis de varianza para peso final.

Source	DF	Type IV SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT.	3	47,322134	15,774045	0,18	0,9077
PVINI	1	7244,466648	7244,466648	82,83	<,0001

Anexo 9. Análisis de varianza para consumo de materia seca (kg/a/día).

Effect	Núm. DF	Den DF	F Value	Pr > F
TRAT.	3	14,7	1,7	0,21
SEMANA	10	784	116,09	<,0001
TRAT.*SEMANA	30	784	3,78	<,0001
Día_dentrosem	6	784	7,85	<,0001
TRAT.*Día_dentrosem	18	784	0,88	0,6
PVINI	1	14,1	47,56	<,0001

Anexo 10. Análisis de varianza para consumo materia seca (%PV).

Effect	Núm. DF	Den DF	F Value	Pr > F
TRAT.	3	16,5	2,55	0,0911
SEMANA	10	785	9,46	<,0001
TRAT.*SEMANA	30	785	2,59	<,0001
Día_dentrosem	6	784	2,76	0,0116

TRAT.*Día_dentrose	18	784	0,87	0,6129
--------------------	----	-----	------	--------

Anexo 11. Análisis de varianza para el rechazo de la ración (% ofrecido).

Effect	Núm. DF	Den DF	F Value	Pr > F
TRAT.	3	19,5	3,38	0,0392
SEMANA	10	785	12,61	<,0001
TRAT.*SEMANA	30	785	3,17	<,0001
Día_dentrose	6	784	3,49	0,0021
TRAT.*Día_dentrose	18	784	0,93	0,5451

Anexo 12. Análisis de varianza para eficiencia de conversión.

Source	DF	Type IV SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT.	3	0,47058237	0,15686079	1,77	0,1992
PVINI	1	1,56076604	1,56076604	17,6	0,0009

Anexo 13. Análisis de varianza para espesor de grasa dorsal.

Source	DF	Type IV SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT.	3	4,7696582	1,58988607	1,8	0,1977
PVINI	1	0,38556437	0,38556437	0,44	0,5209

Anexo 14. Análisis de varianza para área de ojo de bife.

Source	DF	Type IV SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT.	3	67,72916514	22,57638838	1,8	0,1907
PVINI	1	92,24327013	92,24327013	7,49	0,0169

Anexo 15. Análisis de varianza para altura final.

Source	DF	Type IV SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT.	3	17,2211581	5,740386	2,43	0,1122
ALTINI	1	214,2457627	214,2457627	90,56	<,0001

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

Source	DF	Type IV SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT.	3	136,0346107	45,3448702	7,31	0,0087
CMS	1	41,8704912	41,8704912	6,75	0,0289

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

Source	DF	Type IV SS	Mean Square	F Value	Pr > F
--------	----	------------	-------------	---------	--------

TRAT.	3	124,3122213	41,4374071	7,23	0,009
CMS	1	38,2224759	38,2224759	6,67	0,0295

Anexo 18. Análisis de varianza para el consumo de MO.

Source	DF	Type IV SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT.	3	0,79178767	0,26392922	1,98	0,1635
PVINI	1	5,99745563	5,99745563	44,97	<,0001

Anexo 19. Análisis de varianza para consumo de FDN.

Source	DF	Type IV SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT.	3	2,63414009	0,8780467	54,19	<,0001
PVINI	1	0,56557516	0,56557516	34,9	<,0001

Anexo 20. Análisis de varianza para consumo de PC.

Source	DF	Type IV SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT.	3	0,04761582	0,01587194	2,33	0,1187
PVINI	1	0,30681991	0,30681991	45,03	<,0001

Anexo 21. Análisis de varianza para consumo de EE.

Source	DF	Type IV SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT.	3	0,03543048	0,01181016	57,22	<,0001
PVINI	1	0,00721754	0,00721754	34,97	<,0001

Anexo 22. Análisis de varianza para actividad de consumo.

Effect	Núm. DF	Den DF	F Value	Pr > F
TRAT.	3	15	4,04	0,0272
Día_dentrosem	1	15	20,23	0,0004
TRAT.*Día_dentrosem	3	15	0,33	0,805

Anexo 23. Análisis de varianza para actividad de rumia.

Effect	Núm. DF	Den DF	F Value	Pr > F
TRAT.	3	15	1,15	0,363
Día_dentrosem	1	15	2,7	0,1212
TRAT.*Día_dentrosem	3	15	0,22	0,8795

Anexo 24. Análisis de varianza para actividad de descanso.

Effect	Núm. DF	Den DF	F Value	Pr > F
--------	---------	--------	---------	--------

TRAT.	3	15	5,65	0,0086
Día_dentrose	1	15	6,6	0,0213
TRAT.*Día_dentrose	3	15	0,05	0,9855

Anexo 25. Análisis de varianza para consumo de agua.

Effect	Núm. DF	Den DF	F Value	Pr > F
TRAT.	3	15	0,47	0,7048
Día_dentrose	1	15	0,02	0,8815
TRAT.*Día_dentrose	3	15	3,43	0,0444

Anexo 26. Temperaturas (T) media, máxima, mínima y precipitaciones (PP) diarias registradas en los días 21-31 de enero.

Día	T máx. (°C)	T mín. (°C)	T promedio (°C)	PP (mm)
21	34,6	22,3	27,2	4,1
22	37,3	21,2	28,9	68,8
23	37,7	28,7	33,1	0
24	32,2	18,5	22,9	29,2
25	22,9	13,2	18,2	0
26	27,8	15,2	21,4	0
27	24,9	20,8	22,4	12,2
28	29,1	23,1	25,3	2,8
29	25,7	22,7	23,9	1
30	24,7	21,6	22,9	33,5
31	30,7	21,1	24,3	30,2

Anexo 27. Temperaturas (T) media, máxima, mínima y precipitaciones (PP) diarias registradas en febrero.

Día	T máx. (°C)	T mín. (°C)	T promedio (°C)	PP (mm)
1	24,4	19,6	21,7	26,9
2	24,8	19,4	21,9	21,8
3	22,7	18,1	20,4	59,4
4	23,1	19,7	21,2	10,4
5	34,4	21,1	27,8	0
6	27,2	18,3	23,6	7,1
7	35,2	22,5	28,1	0
8	35,9	23,7	29,8	0
9	27,6	21,1	24,7	6,1
10	25,8	21	22,9	36,1
11	32,7	21,9	24,6	8,4
12	29,2	20,4	24,5	0,3
13	26,5	20,6	23,3	0,3
14	25,2	15,5	20,2	0,3
15	25,8	14,3	19,9	0
16	28	16,1	22	0
17	29,6	18,7	23,9	0
18	30,2	19,7	24,8	0,3
19	23,8	21	21,6	33
20	27,9	19,1	23,2	1
21	30,8	19,1	24,7	0,3
22	28,3	18,2	23,5	66,8
23	24,4	18,9	21,4	5,6
24	27,6	16,9	22,4	0,5
25	21,9	16,9	19,1	19,3
26	22,3	13,9	17,8	0,3
27	23,9	11,1	17,6	0
28	25,5	12,4	19	0,3

Anexo 28. Temperaturas (T) media, máxima, mínima y precipitaciones (PP) diarias registradas en marzo.

Día	T máx. (°C)	T mín. (°C)	T promedio (°C)	PP (mm)
1	27	13,5	20,4	0
2	26,6	15	20,7	0,3
3	24,8	16,9	20,8	0
4	24,3	17,6	20,3	1
5	27,8	16,8	22	0,5
6	27,4	16,4	21,8	0
7	25,8	14,3	20,1	1
8	26,4	9,6	18,9	0
9	27,8	13,1	19,7	11,9
10	22,9	13,2	17,6	0,3
11	26,6	10,3	18,4	0
12	28,6	13,6	21,2	0
13	28,8	15,1	22,1	0
14	28,8	17,4	21,7	63,8
15	26	14,9	19,9	0
16	26	15,3	20,7	0,3
17	26	15	21,3	0,3
18	22,5	12,9	17,6	0
19	17,9	13,2	15,8	5,8
20	21,3	14,9	17	0
21	20,6	9,9	15,8	0,5
22	20,2	7,1	13,7	0
23	23,2	7	15,3	0
24	25,2	10,1	17,9	0
25	26,4	12,8	18,8	0
26	23,9	15,3	19,7	1,3
27	28,2	18,4	22,4	2,8
28	25,2	18,1	20,5	1
29	30,4	17,1	23,4	0
30	23,9	17	20,7	0,3
31	23,4	12,6	17,5	0,3

Anexo 29. Temperaturas (T) media, máxima, mínima y precipitaciones (PP) diarias registradas en los días 1-8 de abril.

Día	T máx. (°C)	T mín. (°C)	T promedio (°C)	PP (mm)
1	24,6	13,2	18,6	0
2	26,9	14,1	20,4	0,3
3	29,4	18,3	23,6	0
4	30,6	19	24,6	0
5	31,7	21,3	25,9	0
6	24,4	22,4	23,4	0
7	23,3	21,5	22,4	67,1
8	23	15,1	19,7	63,5