

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE PROCESAMIENTO DEL GRANO DE  
SORGO PARA LA TERMINACIÓN DE NOVILLOS EN CONFINAMIENTO

por

Diego PIÑEYRÚA BELO  
Agustín PISÓN GARCÍA  
Rodrigo PREVE OLASO

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

MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2013

Tesis aprobada por:

Director:

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

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

-----  
Dr. (MSc) Juan Franco

Fecha: 9 de setiembre de 2013

Autor:

-----  
Diego Piñeyrúa Belo

-----  
Agustín Pisón García

-----  
Rodrigo Preve Olaso

## **AGRADECIMIENTOS**

A los profesores Álvaro Simeone y Virginia Beretta por su constante disposición durante la realización de este trabajo.

A la empresa Tacuarembó Marfrig por darnos la oportunidad de realizar el experimento en la Unidad de Engorde Intensivo %El Impulso+.

A Valentín Aznárez, Gonzalo Roig, Gerson Ortíz, Verónica Chocho y a todo el personal de %El Impulso+ por su constante colaboración en la etapa de campo.

A Javier Caorsi y Juan Franco por su colaboración en el trabajo de laboratorio.

A nuestras familias.

Y a todos los que de alguna manera colaboraron en la realización de este trabajo.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN	II
AGRADECIMIENTOS	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	3
2.2. <u>LOS GRANOS COMO INGREDIENTES DE LAS DIETAS DE TERMINACIÓN</u>	4
2.2.1. <u>Características de los granos de cereales</u>	4
2.2.2. <u>Digestibilidad y sitio de digestión de los diferentes granos de cereales</u>	7
2.2.2.1. Degradabilidad ruminal de los diferentes granos de cereales	8
2.2.2.2. Digestibilidad intestinal de los diferentes granos de cereales	12
2.3. <u>IMPORTANCIA DEL PROCESAMIENTO EN LA UTILIZACIÓN DE LOS GRANOS</u>	13
2.3.1. <u>Efecto de diferentes procesamientos sobre la degradabilidad ruminal del grano de sorgo</u>	16
2.3.2. <u>Efecto de diferentes procesamientos sobre la digestibilidad posruminal del grano de sorgo</u>	19
2.4. <u>MÉTODOS DE PROCESAMIENTO</u>	20
2.4.1. <u>Grano húmedo</u>	21
2.4.2. <u>Procesamientos mecánicos</u>	21
2.4.3. <u>Procesamientos intensivos</u>	22
2.4.3.1. <u>Steam Flake</u>	22
2.5. <u>EFFECTO DEL PROCESAMIENTO DE GRANO DE SORGO SOBRE LA PERFORMANCE DE VACUNOS EN TERMINACIÓN</u>	27
2.5.1. <u>Ganancia de peso y eficiencia de conversión</u>	27
2.5.2. <u>Calidad de la canal</u>	31
2.6. <u>HIPÓTESIS</u>	34
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	35
3.1. <u>PERÍODO Y ÁREA EXPERIMENTAL</u>	35
3.2. <u>CLIMA</u>	35
3.3. <u>ANIMALES</u>	35
3.4. <u>CORRALES</u>	36
3.5. <u>TRATAMIENTOS</u>	36

3.6. ALIMENTOS	37
3.6.1. <u>Caracterización de la granulometría de las raciones y de los rechazos</u>	40
3.7. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	40
3.7.1. <u>Período de acostumbramiento</u>	41
3.7.2. <u>Período de confinamiento</u>	41
3.7.3. <u>Período de faena y post faena</u>	41
3.8. MANEJO SANITARIO	42
3.9. REGISTROS Y DETERMINACIONES	42
3.9.1. <u>Peso vivo</u>	42
3.9.2. <u>Altura al anca</u>	42
3.9.3. <u>Área de ojo de bife y espesor de grasa subcutánea</u>	42
3.9.4. <u>Consumo de materia seca</u>	42
3.9.5. <u>pH de las heces</u>	43
3.9.6. <u>Comportamiento</u>	43
3.9.7. <u>Pre faena y post faena</u>	43
3.10. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	45
4. <u>RESULTADOS</u>	47
4.1. REGISTROS CLIMÁTICOS	47
4.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA Y CARACTERIZACIÓN GRANULOMÉTRICA DE LAS RACIONES Y SUS RECHAZOS	47
4.2.1. <u>Granulometría de las dietas</u>	49
4.3. PERFORMANCE EN EL CORRAL	49
4.3.1. <u>Peso vivo y ganancia diaria</u>	49
4.3.2. <u>Consumo</u>	51
4.3.3. <u>Eficiencia de conversión</u>	52
4.4. COMPORTAMIENTO INGESTIVO	52
4.5. pH EN HECES	56
4.6. CALIDAD DE LA CANAL Y DE LA CARNE	57
5. <u>DISCUSIÓN</u>	59
5.1. CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL PERÍODO EXPERIMENTAL	59
5.2. EFECTO DEL PROCESAMIENTO SOBRE LA GRANULOMETRÍA DE LA RACIÓN OFRECIDA Y DE LA DIETA	60
5.3. PERFORMANCE EN EL CORRAL	60
5.3.1. <u>Ganancia diaria y consumo</u>	60
5.3.2. <u>Eficiencia de conversión</u>	63
5.4. COMPORTAMIENTO INGESTIVO	64

5.5. pH EN HECES	65
5.6. CALIDAD DE LA CANAL Y DE LA CARNE	65
5.7. DISCUSIÓN GENERAL	67
5.8. BENEFICIO ECONÓMICO	69
6. <u>CONCLUSIONES</u>	71
7. <u>RESUMEN</u>	72
8. <u>SUMMARY</u>	73
9. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	74
10. <u>ANEXOS</u>	83

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Contribución relativa (%) de los componentes de los granos	5
2. Contenido de proteína cruda (PC) y fibra detergente neutro (FDN) de los diferentes granos	6
3. Digestibilidad aparente y sitio de digestión del almidón de diferentes granos	7
4. Efecto del procesamiento sobre la digestión ruminal, intestinal y total del almidón del grano de sorgo por el ganado	17
5. Efecto de la densidad de steam flake de sorgo en la performance animal	25
6. Efecto del procesamiento del grano de sorgo sobre la ganancia de peso vivo (GMD), consumo y eficiencia de conversión del alimento en vacunos	28
7. Efecto de los diferentes procesamientos de los granos sobre la performance animal en terminación a corral	29
8. Efecto de los diferentes procesamientos de los granos sobre la calidad de canal de animales en terminación a corral	34
9. Registros históricos de temperatura media, humedad relativa y precipitaciones del periodo 1961-1990 en la base meteorológica de Mercedes	35
10. Composición de ingredientes y química de las raciones utilizadas en los diferentes tratamientos	39
11. Ingredientes y composición del núcleo vitamínico y mineral	40
12. Temperatura (T) media, máxima y mínima, y precipitaciones (PP) registradas durante el experimento	47

13. Tamaño de partícula promedio y distribución granulométrica de la dieta (RTM) ofrecida según tratamiento	48
14. Tamaño de partícula promedio y distribución granulométrica del rechazo en la dieta según tratamiento	48
15. Composición química del rechazo de las dietas según tratamiento	48
16. Tamaño de partícula promedio y distribución granulométrica de la dieta (RTM) ofrecidas según tratamiento	49
17. Tamaño de partícula promedio y distribución granulométrica del rechazo de alimento según tratamiento	49
18. Efecto del procesamiento del grano de sorgo sobre la ganancia diaria, consumo de MS y eficiencia de conversión de novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento (9/07/2012 al 14/10/2012)	51
19. Efecto del procesamiento del grano de sorgo sobre características de la canal y de la carne en novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento	58
20. Precio de equilibrio del procesamiento del grano de sorgo	70



Figura No.

1. Influencia del procesamiento de los granos en la disponibilidad de glucosa y el desarrollo de la grasa intramuscular 33
2. Distribución de los tratamientos y unidades experimentales 37

Gráfico No.

1. Tasa de desaparición de almidón de los diferentes granos 10
2. Influencia del tamaño medio de partícula sobre la degradabilidad efectiva del almidón 11
3. Digestión en el intestino delgado 13
4. Efecto del procesamiento del grano de sorgo sobre la evolución del peso vivo de novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento 51
5. Evolución del consumo de MS de los distintos tratamientos 53
6. Efecto del SF, SM y SQ sobre la probabilidad de ocurrencia de consumo de MS, rumia, descanso y consumo de agua promedio de novillos, durante las horas de luz (8 a 18 horas), consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento 54
7. Efecto del procesamiento del grano de sorgo sobre el porcentaje del tiempo destinado al consumo de MS, durante las horas de luz (8 a 18 horas) 55
8. Efecto del procesamiento del grano de sorgo sobre el porcentaje del tiempo destinado a la actividad de rumia, durante las horas de luz (8 a 18 horas) 56
9. Efecto del procesamiento del grano de sorgo sobre la evolución del pH en heces de novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento 57

## **1. INTRODUCCIÓN**

La fuerte expansión que tuvo la agricultura, principalmente entre los años 2002 y 2010, asociada al aumento del precio de los cereales y oleaginosas, hicieron reducir el área de pastoreo ganadero fundamentalmente en aquellas zonas con suelos de mayor aptitud agrícola, desplazando a la ganadería a campos marginales.

En este contexto productivo se han promovido nuevas tecnologías de producción para la terminación de novillos, como son los sistemas de engorde a corral o feedlot, que permitieron mantener la carga media del sistema y simultáneamente lograr una buena performance animal. Hoy por hoy, la participación de los corrales de engorde en la producción de carne ha logrado establecerse dentro del rubro, debido principalmente a las mayores exigencias que demandan los mercados internacionales. Una de las exigencias es la alimentación a corral de novillos en terminación con dietas altamente concentradas, lo que permite lograr altas ganancias de peso vivo y buenas eficiencias de conversión en el proceso.

El concentrado energético por excelencia utilizado en el país, por su bajo costo de producción y alta participación en las rotaciones agrícolas debido a su aporte al suelo, es el grano de sorgo. Este constituye la principal fuente de almidón de la dieta.

Para ser utilizado en forma eficiente por el animal, el grano de sorgo debe ser procesado. El procesamiento es un factor clave, debido a que influye directamente en variables como el sitio de digestión y digestibilidad aparente total del grano, el nivel de consumo y la ganancia de peso, las cuales determinan la eficiencia de conversión del grano en producto animal. Los procesamientos más utilizados a nivel nacional son la molienda y el quebrado del grano. A su vez la utilización de grano húmedo en lugar de grano seco mejora la digestibilidad total del almidón, aumentando así su utilización por parte de los animales.

Para mejorar la utilización del grano de sorgo es necesario aumentar la degradabilidad ruminal del almidón contenido en el grano, mejorando de esta manera la digestibilidad total del alimento. El grano de sorgo es uno de los granos con mayor respuesta a formas intensivas de procesamiento que combinan la aplicación de temperatura y humedad, tal como el steam flake, provocando la gelatinización del almidón, y mejorando significativamente su utilización en el rumen. Esta forma de procesamiento, sin embargo, es de escasa aplicación en el país.

Obtener información acerca de una mejor utilización de concentrado en corrales de engorde, los cuales presentan dietas con más de 80% de concentrado, sería de alto impacto en la viabilidad económica de estos sistemas de alimentación a corral.

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto de diferentes formas de procesamiento del grano de sorgo sobre la ganancia de peso vivo, eficiencia de conversión y características de la canal y carne en novillos alimentados a corral con dietas a base de sorgo. Adicionalmente se analizarán los efectos de los diferentes procesamientos del sorgo sobre el patrón de consumo y comportamiento animal en el corral y su relación con la eficiencia de uso de los alimentos.

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. INTRODUCCIÓN**

En dietas altamente concentradas, utilizadas en los corrales de engorde en nuestro país, tienen como principal fuente energética al grano de sorgo. Esto se debe tanto a su menor costo como a su alta disponibilidad asociada a su participación en la rotación agrícola sustentable.

El grano de sorgo entero presenta muy baja digestibilidad, por lo cual requiere ser procesado para su utilización por los vacunos (Baldi et al., 2008). Sin embargo, durante el proceso de embolsado del grano húmedo de sorgo para su conservación en condiciones anaeróbicas, el tamaño de partícula alcanzado mediante este procesamiento no es el óptimo para lograr una alta degradabilidad ruminal, y por consiguiente se obtiene una baja utilización del almidón (Offner et al., 2003). Por otra parte, y en comparación con otros cereales, el sorgo presenta la menor degradabilidad ruminal del almidón Herrera-Saldana et al. (1990), lo cual afecta el sitio de digestión y productos finales de la digestión, así como la digestibilidad total del alimento, y su eficiencia de conversión.

A estos efectos niveles crecientes de procesamiento físico (quebrado o molienda) así como su combinación con temperatura y humedad (gelatinización del almidón o steam flake), se espera que mejoren significativamente su utilización (Theurer, 1986).

La presente revisión bibliográfica tuvo por objetivo revisar los antecedentes referidos a la utilización del grano sorgo en dietas altamente concentradas destinadas a animales en la fase de terminación a corral.

En tal sentido, se realiza primero una caracterización de los principales granos utilizados en la alimentación de ganado vacuno a corral.

Consecutivamente se realiza una revisión en lo que refiere a aspectos relativos al procesamiento del grano de sorgo que permiten una mejor utilización por parte del animal, con el objetivo de entender e interpretar la importancia que tiene en la performance de animales en terminación a corral.

Para finalizar se presenta una recopilación de antecedentes directos evaluando los diferentes tipos de procesamientos del grano de sorgo en dietas para vacunos manejados en régimen de confinamiento.

## **2.2. LOS GRANOS COMO INGREDIENTES DE LAS DIETAS DE TERMINACIÓN**

Desde el punto de vista de la alimentación, el proceso de engorde depende cada vez más de la utilización de alimentos concentrados (granos y subproductos de la agroindustria). Elizalde y Riffel (2008), destacan que en Argentina, los granos de maíz, cebada y sorgo, por su distribución geográfica en el país y sus características nutricionales, son los granos forrajeros por excelencia para utilizar en esta fase.

Pordomingo (2005) resalta la importancia del grano en la composición de las dietas a corral, mencionando que es el componente mayoritario, comúnmente excediendo el 65% del total del alimento y definiendo la oferta de energía metabolizable y las características físicas del alimento.

La concentración energética de la dieta afecta positivamente a la ganancia diaria y mejora a la eficiencia de conversión. Esto se consigue a través del aumento en el peso relativo de los alimentos concentrados (fundamentalmente granos), dentro de la dieta total y la disminución de los alimentos voluminosos (ensilaje, fardos) (Simeone y Beretta, 2008).

Los granos utilizados como alimentos energéticos en las dietas de alimentación a corral difieren en su composición física y química afectando de esta forma la digestibilidad y el sitio de digestión.

### **2.2.1. Características de los granos de cereales**

El aporte energético de las dietas de engorde a corral proviene de granos de cereales, los cuales se pueden agrupar según su crecimiento estacional, por un lado los cereales de invierno como trigo, cebada y avena y por otro lado los cereales de verano como ser sorgo y maíz.

Huntington (1997) señala que la estructura de los granos (semillas) refleja su función biológica: la protección y el transporte del embrión, complementado con una fuente de energía para ayudar a la germinación y el crecimiento temprano. El pericarpio encierra el embrión o germen, así como el endospermo, que contiene la mayor parte del almidón (Kotarski et al., citados por Huntington, 1997).

Elizalde y Montiel (2004) mencionan que el grano de sorgo y el de maíz están constituidos por tres componentes: una capa protectora que los recubre o

pericarpio, el embrión o germen, y el tejido de almacenamiento o endosperma. De los tres componentes la mayor proporción del peso del grano la constituye el endosperma, el cual puede variar entre un 80 y un 85%, mientras que el germen oscila entre 7 y 12% y el pericarpio no supera el 8% (Hubbard et al., citados por Elizalde y Montiel, 2004).

En el cuadro 1 se muestra la proporción que ocupan estos componentes en los diferentes granos utilizados en los sistemas de confinamiento.

**CUADRO 1.** Contribución relativa (%) de los componentes de los granos.

<b>Componente</b>	<b>Avena (%)</b>	<b>Cebada (%)</b>	<b>Trigo (%)</b>	<b>Maíz (%)</b>	<b>Sorgo (%)</b>
Envolturas	25	13			
Pericarpio, testa y aleurona	9	8	15	9	
Endosperma	63	76	81	80	82
Germen	3	3	14	11	10

Fuente: Armstrong, citado por Santini y Elizalde (1993).

Huntington (1997) describe la composición del grano de sorgo destacando que dentro del endosperma está la capa de aleurona que contiene enzimas esenciales e inhibidores de enzimas. Debajo de la capa de aleurona están el endosperma periférico y córneo que contienen gránulos de almidón incluidos en una matriz rica en proteínas. Debajo de todas estas capas se encuentra el endosperma harinoso, que tiene la mayor concentración de gránulos de almidón los cuales no están incrustados en una matriz de proteínas. El almidón que se encuentra en el endosperma harinoso es el más susceptible a las fuerzas externas tales como la digestión o procesamiento de los granos. Los gránulos de almidón se componen principalmente de amilopectina (enlaces 1-4 y enlaces 1-6) y amilosa (enlaces 1-4). También están presentes cantidades relativamente pequeñas de pectinas y azúcares, que, con el almidón, componen los carbohidratos no estructurales (Nocek y Tamminga, 1991). Rooney y Pfelgelder (1986) señalan que la digestibilidad del almidón es generalmente inversamente proporcional al contenido de amilosa.

Huntington (1997) realizó una revisión de los granos más utilizados y mostró, como era de esperar, que el contenido de almidón del trigo (77% de

almidón) fue el más alto (Aimone y Wagner 1977, Herrera-Saldana et al. 1990), seguido por 72% de almidón en maíz (Herrera- Saldana et al. 1990, Zinn 1991, Larson et al. 1993) y sorgo (Herrera-Saldana et al. 1990, Streeter et al. 1990, Zinn 1991, Poore et al. 1993), y por último, 57 a 58% de almidón en cebada y avena (Herrera-Saldana et al. 1990, Hatfield et al. 1993, Zinn 1993). Según los autores, estas medias generales no reflejan las diferencias entre fuentes de almidón o los efectos de las variedades, la ubicación, el año, las condiciones climáticas y las prácticas agronómicas. Cuarenta y dos muestras de grano de sorgo recogidas por la National Grain Sorghum Producers Association contenían, en promedio, 68% de almidón con un coeficiente de variación de 7,1% (Preston et al., citados por Hungtinton, 1997). El contenido de nutrientes y la energía del grano se ve influida por factores genéticos (variedad e híbridos) y ambientales (fertilidad del suelo, el crecimiento, condiciones climáticas) y la interacción entre dichos factores (Owens et al., 2006).

A su vez, el nivel de proteína y fibra varía según el grano utilizado, como se puede apreciar en el cuadro 2, donde se muestra la contribución relativa (%) de proteína bruta y fibra detergente neutro.

**CUADRO 2.** Contenido de proteína cruda (PC) y fibra detergente neutro (FDN) de los diferentes granos.

	<b>Maíz</b>	<b>Sorgo</b>	<b>Trigo</b>	<b>Cebada</b>	<b>Avena</b>
PC (% MS)	9,7	9,8	15,8	11	12,8
FDN (% MS)	9,3	15,6	11,3	19,5	24

Fuente: Herrera-Saldana et al. (1990).

Riley (1984) revisó estudios de investigación en los que se compararon los valores nutricionales de los cereales forrajeros y concluyó que el sorgo procesado tenía aproximadamente el 93 a 96% del valor del maíz. Los valores para el trigo y la cebada fueron 100% y 97%, respectivamente, sobre una base de igual peso. Sus conclusiones difieren de los datos del National Research Council (NRC, 1996) para los valores de sorgo, donde se sugiere que el sorgo tiene sólo el 88% del valor del maíz.

Bianco et al. (2000) destacaron que el valor alimenticio del grano de sorgo para rumiantes es inferior en relación a otros cereales tales como maíz, trigo, cebada, pero sin embargo presenta ventajas por su bajo costo y desde el punto de vista agronómico es un cultivo resistente a condiciones adversas de tipo de suelo y estrés hídrico.

### **2.2.2. Digestibilidad y sitio de digestión de los diferentes granos de cereales**

Orskov (1986) plantea que la digestibilidad del almidón tiene ciertas limitaciones fisiológicas, basándose esto en que en el proceso de fermentación del almidón en el rumen ocurren inevitables pérdidas de calor y metano, que ascienden a valores entre 12 y 20% de la ingestión de energía (Huntgate, citado por Orskov, 1986). Por otra parte, destaca que la capacidad para la digestión en el intestino delgado está limitada por la cantidad de amilasa pancreática secretada y el corto período de tiempo durante el cual puede actuar.

Saba et al., Keating et al., citados por Theurer (1986), encontraron que la digestibilidad total de almidón fue más alta en las dietas de cebada que en dietas de grano de sorgo suministradas a los animales. El cuadro 3 resume los valores de digestibilidades de almidón y proteína de la cebada, el maíz y el grano de sorgo citados en la literatura. Los valores de digestibilidad aparente del almidón y de la proteína son más bajos para el grano de sorgo, seguido por el maíz y por último la cebada. La digestibilidad de la proteína y del almidón parecen estar directamente relacionados.

**CUADRO 3.** Digestibilidad aparente y sitio de digestión del almidón de diferentes granos.

		<b>Sorgo</b>	<b>Maíz</b>	<b>Cebada</b>
Proteína	Digestión total en el tracto	55	68	72
Almidón	Digestión total en el tracto	92	96	99
	Digestión ruminal	66	73	93
	Escape ruminal	34	27	7
	Digestión intestinal	79	82	78

Nota: resumen sin tener en cuenta los efectos del procesamiento presentados en los trabajos de Waldo, Sowe, Theurer.

Fuente: Theurer (1986).

También es interesante observar que los granos que proporcionan elevada degradación ruminal parecen exhibir mayor digestibilidad del almidón en general (cuadro 3). Así, cuanto menor es el escape ruminal, mayor es la utilización de almidón total. Theurer (1986) llegó a la conclusión de que la cantidad de almidón que escapa a la fermentación ruminal parece ser un factor importante para explicar las diferencias en la digestibilidad total de almidón y la digestibilidad total de la proteína entre los diferentes granos. Kay et al. (1972) observó que la digestibilidad ruminal del almidón de la cebada es superior a la del maíz (81 vs 61%).



Orskov (1986) afirma que en ganado vacuno, animales que reciben dietas de grano entero, hasta un 30% de la totalidad del grano puede aparecer en las heces, por lo que un procesamiento externo es necesario. Stritzler et al. (1982) reportaron hasta 50% de grano entero de sorgo en heces. Riggs et al., Hale, citados por Rooney y Pfulgfelder (1986) afirman que el sorgo debe ser procesado más vigorosamente que el maíz, la cebada o el trigo para lograr óptima digestibilidad de los granos.

#### **2.2.2.1. Degradabilidad ruminal de los diferentes granos de cereales**

El grano es fermentado por la flora ruminal, la que obtiene del mismo la energía y nutrientes para su proliferación. La masa microbiana fluye permanentemente desde el rumen hacia el estómago verdadero donde es digerida (digestión ácida). Finalmente alcanza el intestino, donde los péptidos y aminoácidos son absorbidos (Huntington, 1997).

La fermentación ruminal normal ocurre en ausencia de oxígeno. En un medio carente de oxígeno el proceso degradativo libera energía pero no termina en la formación de agua como producto final, sino en la generación de ácidos grasos volátiles (Pordomingo, 2005). De los ácidos grasos volátiles formados en la fermentación ruminal, el acético es el principal precursor de la síntesis de lípidos, componente de los triglicéridos y el propiónico es el principal precursor para la generación de glucosa (gluconeogénesis) (Smith y Crouse, citados por Pordomingo, 2005).

Aunque protozoos y hongos participan en los procesos digestivos ruminales, la mayor parte de la fermentación es realizada por las bacterias ruminales (Huntington, 1997). Un primer paso fundamental en la digestión bacteriana de las partículas del alimento es el apego; aproximadamente tres cuartas partes de la digestión de la fibra, proteína, y del almidón se lleva a cabo por las bacterias que están ligeramente o fuertemente adheridas a partículas de alimento (McAllister et al., citados por Huntington, 1997).

Uno de los principales factores que afecta la productividad de los rumiantes alimentados con dietas con alta proporción de granos, es la digestión ruminal del almidón (Huntington, 1997), por lo que se han desarrollado diversos procesos para incrementarla y consecuentemente aumentar su valor energético (Owens et al., 1997).

Durante muchos años, se discutió la posibilidad de mejorar la respuesta animal mediante la manipulación de la digestión intestinal del almidón (Owens

et al., 1986) y la modificación de la capacidad pancreática para degradarlo enzimáticamente. Sin embargo, Huntington (1997) registró que existen límites biológicos para transportar la glucosa a través de la pared intestinal, lo cual marcó la pauta para pensar en incrementar la degradación ruminal del almidón. Esto mismo había sido reportado por Little et al. en 1968.

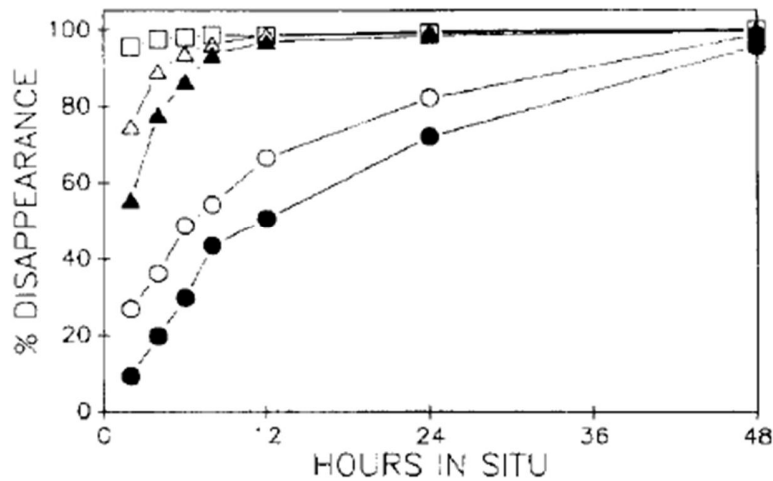
Grano entero con un pericarpio intacto es en gran parte o totalmente resistente a la digestión por los rumiantes debido a que son resistentes a la adhesión bacteriana (McAllister et al., Beauchemin et al., citados por Huntington, 1997).

Los granos de trigo y cebada poseen un almidón de mayor degradabilidad ruminal que el sorgo y el maíz (Herrera-Saldana et al., 1990). Estos últimos tienen los gránulos de almidón incrustados en una matriz proteica la cual impide la rápida exposición al líquido ruminal y retarda el ataque microbiano (Rooney y Pflugfelder, 1986).

Esta mayor degradabilidad que presentan los granos de trigo y cebada también fue reportada por Ferraretto et al. (2013) quienes observaron una degradabilidad 17% superior en trigo y 25% superior en cebada, ambos con respecto al grano de maíz. Dichos autores mencionan que estos resultados concuerdan con los reportados en críticas anteriores por Theurer (1986), Huntington (1997), Firkins et al. (2001), y sostienen que está relacionado a las diferencias en la matriz de almidón-proteína que presentan los granos de cereales (Theurer, Kotarski et al., citados por Ferraretto et al., 2013).

Estudios realizados por Herrera-Saldana et al. (1990) mostraron que se encontraron diferencias entre los cinco granos (avena, trigo, maíz, cebada y sorgo), en lo que refiere a degradación del almidón. La avena a los 60 minutos, fue el grano que más se degradó. Esto refleja las características físico-químicas de la proteína y del almidón. En orden de degradación, en un lapso de 60 minutos, para el ensayo realizado por Herrera-Saldana et al. (1990), los resultados fueron: sorgo, maíz, cebada, trigo y avena. Herrera-Saldana et al. (1990) afirman que la degradabilidad de la proteína y el almidón mostraron tendencias similares a la de materia seca.

Como se ilustra en el gráfico 1, se puede observar que a las 48 horas de incubación los granos evaluados alcanzaron una desaparición total, diferenciándose así la tasa de desaparición entre los mismos.



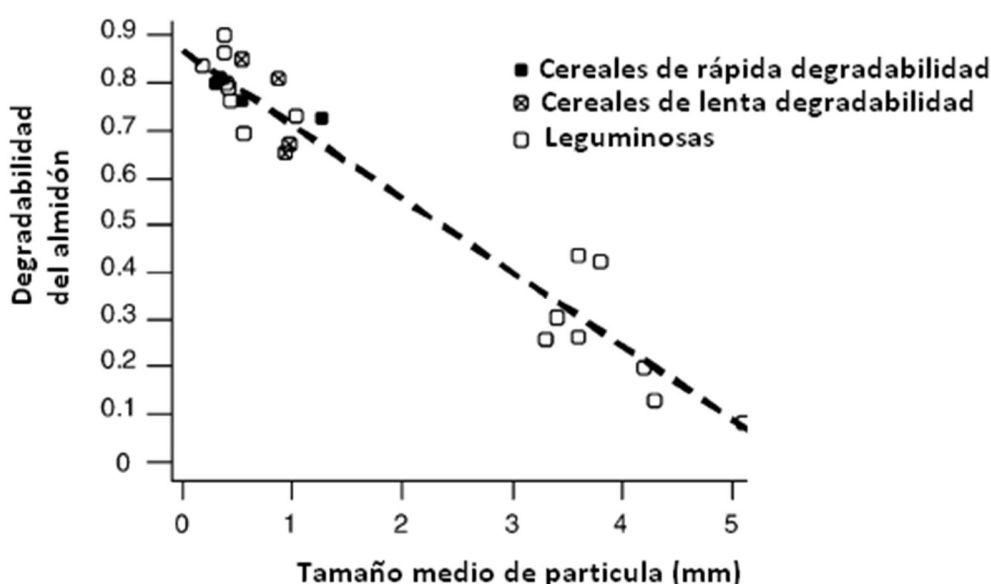
● Sorgo; ○ Maíz; △ Trigo; ▲ Cebada; □ Avena.

**GRÁFICO 1.** Tasa de desaparición de almidón de los diferentes granos.

Fuente: Herrera-Saldana et al. (1990).

El tipo de grano y el procesamiento o la presentación definen el grado de aprovechamiento del almidón (Mc Collugh et al., Perry, Rooney y Pflugfelder, Stock et al., citados por Pordomingo, 2005). A su vez, la tasa y la magnitud de la degradación ruminal del mismo está determinada por la relación intrínseca de varios factores alimenticios, entre los que se incluyen el tipo o fuente de almidón, la composición química y nutritiva de la dieta, la cantidad de alimento consumido por unidad de tiempo, las alteraciones mecánicas (grado de procesamiento y masticación) y , sicoquímicas (grado de hidratación y gelatinización), así como la adaptación de los microorganismos ruminales a la dieta. Los factores más investigados para controlar la tasa y la magnitud de la degradación ruminal del almidón han sido el manejo del consumo de alimento, el procesamiento de los granos y el uso de aditivos alimenticios (Huntington, 1997). Sobre dichos enfoques, Owens y Goetsch (1986) determinaron que la tasa de digestión de las partículas de alimento en el rumen es directamente proporcional al grado de digestión, y el aumento de la tasa de pasaje de las partículas de alimento es directamente proporcional al consumo de alimento. Stock y Mader (1987) afirman que el procesamiento del grano de sorgo aumenta la tasa y grado de digestión de almidón, resultando en grandes mejoras en su valor alimenticio.

La molienda y el aplastado mejoran la exposición ruminal del almidón en cada tipo de grano (Cooper et al., Brenttheurer, citados por Pordomingo, 2005). Offner et al. (2003) destacan que varios autores han mencionado el gran efecto de la reducción del tamaño de partícula sobre la digestibilidad del almidón en el rumen, pero desafortunadamente, sólo unos pocos experimentos reportan el tamaño medio de partícula de las muestras de alimento. Resultados de seis experimentos que observaron el efecto de la molienda de diferentes granos (maíz, sorgo, cebada, trigo y leguminosas) sobre la degradabilidad efectiva del almidón se ilustran en el gráfico 2 (Offner et al., 2003). En dichos experimentos el tamaño medio de partícula de los granos molidos fue de 0,18-0,55 mm y de los granos no procesados fue de 0,55-5,5 mm. Offner et al. (2003) destacan que la molienda produjo aumentos significativos de la fracción soluble (a) y también de la velocidad de degradación (c).



**GRÁFICO 2.** Influencia del tamaño medio de partícula sobre la degradabilidad efectiva del almidón.

Fuente: Offner et al. (2003).

Orskov (1986) menciona que la digestibilidad de dietas con alta proporción de grano y la velocidad a la que fermenta el almidón en el rumen, en general asegura que no hay restricción física a la ingesta de energía. Sin embargo, la alimentación con dietas de grano molido, da lugar a algunos problemas a saber, insuficiente secreción de saliva para mantener el pH ruminal entre 6 y 7 y la estructura física del alimento es inadecuada para estimular la

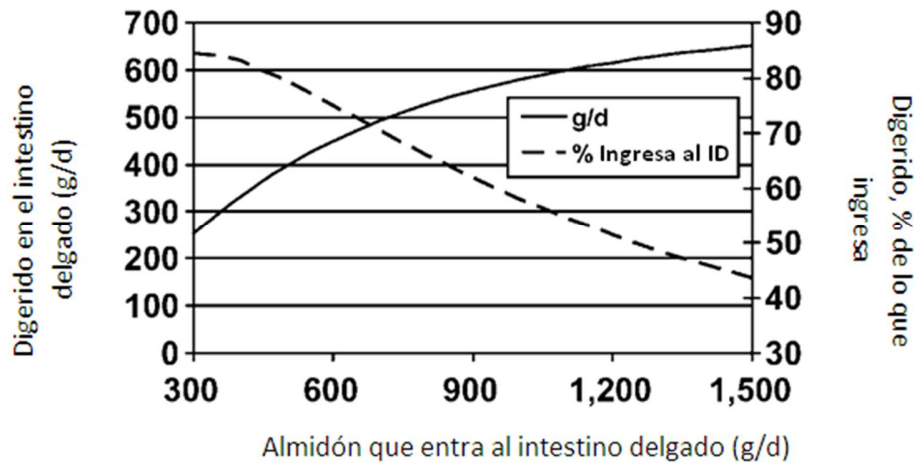
motilidad ruminal. Por lo tanto, los animales alimentados con dietas de granos procesados pasan menos tiempo comiendo y rumiando, que son actividades que estimulan la secreción de saliva. Dado que la producción de ácidos grasos volátiles es alta debido a la elevada fermentación, no es de extrañar que el pH ruminal suela ser bajo y que los animales sufran de acidosis ruminal y paraqueratosis.

#### **2.2.2.2. Digestibilidad intestinal de los diferentes granos de cereales**

Para determinar el impacto del sitio de la digestión en la eficiencia energética (conversión de energía de la dieta en energía utilizada para la formación de los tejidos), McLeod et al. (2001), determinaron la retención de energía en novillos al recibir infusiones de almidón a nivel ruminal e infusiones a nivel abomasal. La infusión abomasal resultó en una eficacia parcial de 0,60 mientras que las infusiones ruminales resultaron en una eficacia parcial de 0,48. Estos datos demuestran que una ventaja energética puede ser obtenida si el almidón se digiere y se absorbe en el intestino delgado.

Huntington et al. (2006) reportan estudios realizados por Harmon y McLeod (2001) respecto a cambios en el sitio de digestión del almidón a lo largo del tracto digestivo. Dicho experimento evaluó la eficiencia energética de la digestión en cada región del tracto gastrointestinal y obtuvo los siguientes resultados: rumen 80%, intestino delgado 97% e intestino grueso 62%.

Huntington et al. (2006) afirman que el desplazamiento de la digestión del rumen al intestino delgado disminuyó la eficiencia energética cuando la digestibilidad del intestino delgado era inferior a 75%. Cuando la digestibilidad en el intestino delgado estaba por encima de 75%, la eficiencia energética se incrementó por un cambio de la digestión del rumen al intestino delgado. Según este autor, la digestibilidad que se logre, depende de la cantidad de almidón que pasa al intestino (gráfico 3).



**GRÁFICO 3.** Digestión en el intestino delgado.

Fuente: Huntington et al. (2006).

En el gráfico 3, Huntington et al. (2006) afirman que la digestión del intestino delgado fue sólo mayor al 70% en dosis muy bajas, cuando 700 g/d o menos de almidón alcanzan el intestino delgado. Esto sugiere que las ventajas en la eficiencia digestiva a través del aumento de la digestión intestinal del almidón se pueden obtener solamente con bajo consumo, o tal vez con alimentos altamente procesados tales como el steam flake. La baja digestibilidad en el intestino grueso establece que poco almidón debe escapar del intestino delgado o se observará una disminución en la eficiencia digestiva (Huntington et al., 2006).

Al aumentar el flujo de almidón al duodeno, la digestibilidad postruminal del almidón (% de lo que ingresa al duodeno) se reduce. Esto se puede explicar por dos motivos; en primer lugar, la tasa de pasaje incrementa de tal manera que provoca que el tiempo sea insuficiente para que se dé la hidrólisis de almidón completa (Owens et al., 1986). En segundo lugar, este aumento de la tasa de pasaje genera que la actividad de la amilasa pancreática sea insuficiente (Huntington, 1997).

### 2.3. IMPORTANCIA DEL PROCESAMIENTO EN LA UTILIZACION DE LOS GRANOS

Con el objetivo de lograr el máximo aprovechamiento de la energía contenida en los granos, es necesario un procesado previo en la mayoría de las

situaciones, ya que las envolturas que recubren el almidón oponen resistencia a los microorganismos del rumen, disminuyendo la digestibilidad del mismo (Baldi et al., 2008). Elizalde y Montiel (2004) describen que el principal efecto del procesamiento en los granos es alterar el sitio de digestión del almidón pasándolo del intestino hacia el rumen, con un consecuente incremento adicional en el porcentaje digerido en ambos sitios (Theurer, 1986). Baldi et al. (2008) señalan que los métodos físicos de procesamiento son los más utilizados en nuestro país: quebrado, aplastado o molienda.

Baldi et al. (2008) afirman que el quebrado del grano y aún más la molienda disminuyen el tamaño de las partículas lo que incrementa la digestibilidad total, como así también la digestibilidad parcial en cada sitio de digestión, fundamentalmente a nivel ruminal. Particularmente la digestión a nivel ruminal es la que muestra el mayor incremento por el efecto del procesado. Esto determina una mayor disponibilidad de energía para los microorganismos en el rumen, aunque por otro lado incrementa los riesgos potenciales de acidosis. Por este motivo no es recomendable realizar procesados enérgicos (molienda) en aquellos granos que presentan un almidón con alta velocidad de degradación ruminal como lo son los granos de invierno (cebada, avena, trigo), para disminuir posibles riesgos de acidosis.

Stock y Mader (1987) resaltan que el grano de sorgo es el que muestra mayor respuesta al procesamiento en la utilización por parte de los animales superando al grano de maíz, trigo y cebada. Grano de sorgo molido o rolado en seco tiene un valor alimenticio de 85% a 95% (promedio 90%) con respecto al grano de maíz rolado seco. El procesamiento del grano de sorgo por métodos más sofisticados (cosecha temprana, steam flake, etc.) mejora en gran medida su valor alimenticio. Baldi et al. (2008) señalan que si bien es cierto que los métodos físicos por lo general incrementan el valor nutritivo de los granos, este incremento no es de igual magnitud para todos ellos. El grano de sorgo es el que presenta mayor respuesta en su digestibilidad, al ser sometido a algún tratamiento físico de procesado.

Los granos responden de manera diferente ante el procesamiento, y la magnitud de respuesta al procesamiento sobre la utilización del almidón es mayor en el sorgo y el maíz que en la cebada (Theurer, 1986). Huntington et al. (2006) establece un orden de respuesta al procesamiento, siendo el que más responde el grano de sorgo, seguido por el maíz, luego en el mismo escalón la avena y la cebada y por último el que presenta menor respuesta es el grano de trigo. Esto remarca las diferencias que existen entre los tipos de granos en relación a la digestibilidad del almidón y la proteína y a la interacción entre dichos componentes. A su vez, Huntington et al. (2006) mencionan que las variedades cerosas (waxy) de maíz y sorgo son las que presentan mayor

respuesta al procesamiento. Según Elizalde y Montiel (2004), la magnitud de la mejora en la utilización del almidón con el procesamiento es inversamente proporcional a la digestibilidad del almidón de los granos sin procesar y a la intensidad del procesamiento. Afirman que si bien existen procesos físicos y químicos de complejidad variable que pueden mejorar las características nutricionales de los granos, en el país se recurre casi exclusivamente al molido, quebrado, aplastado y ensilado húmedo de los mismos, es decir que se utilizan procesos menos energéticos respecto a otros países.

Elizalde y Montiel (2004) señalan que el grano de sorgo generalmente tiene una mayor proporción de endosperma periférico que el maíz. La zona del endosperma periférico es extremadamente dura, densa y resistente a la entrada del agua. Dicha zona está compuesta de varias capas de células que contienen gran cantidad de cuerpos proteicos (prolaminas) y gránulos de almidón más pequeños que los del endosperma córneo propiamente dicho. Sullins y Rooney, citados por Elizalde y Montiel (2004), destacan que como consecuencia de la alta concentración de cuerpos proteicos en el área periférica, el almidón prácticamente no está disponible para la degradación enzimática. Las diferencias en la estructura del endosperma periférico del grano puede afectar la digestibilidad en mayor proporción que cualquier otro factor (Sullins y Rooney, citados por Elizalde y Montiel, 2004). Esto concuerda con Streeter et al., Philippeau et al., citados por Huntington et al. (2006), quienes dicen que las estructuras químicas de los gránulos de almidón y su interrelación con fracciones de proteína en el grano afectan tanto la velocidad como el grado de fermentación ruminal. Lo mismo destacan Thorne et al., Dreher et al., citados por Rooney y Pflugfelder (1986), al mencionar que la digestibilidad del almidón se ve afectada principalmente por su composición y su forma física y la interacción existente entre proteína y almidón en el endosperma periférico. Por lo tanto, la alteración de esta zona es la que generaría respuesta al procesamiento (Waniska, citado por Elizalde y Montiel, 2004) y el consecuente aumento en la digestión de los nutrientes (Rooney y Pflugfelder, 1986).

Además, Domanski et al. (1997) sostiene que todos los sorgos contienen polifenoles, los cuales afectan el color, la apariencia y el valor nutritivo del grano y sus productos. Los polifenoles incluyen pigmentos de antocianina que se encuentran principalmente en el epicarpio y en la testa del grano y muchos de ellos tienen desventajas nutricionales. Hay tres grupos básicos de polifenoles: ácidos fenólicos, flavonoides y los taninos condensados. Todos los sorgos tienen ácidos fenólicos, la mayoría contiene flavonoides (antocianidinas, catequinas y leucoantocianidinas) y muchos cultivares (sorgos marrones) taninos condensados (no-hidrolizables).



El tanino está localizado principalmente en la testa y además en la parte exterior e interior del pericarpio. La presencia de taninos es una característica que le confiere al sorgo tolerancia al daño de pájaros, aparentemente como resultado del sabor astringente de los antocianógenos, precursores de los taninos condensados, durante los estados lechoso y pastoso de la maduración (Domanski et al., 1997).

Elizalde y Montiel (2004) destacan que los taninos tienen un impacto negativo en el grano de sorgo como alimento ya que presentan un efecto anti nutricional. Dicho efecto es causado por la formación del complejo proteína-tanino, el cual ocasiona una disminución en el aprovechamiento del grano por los animales al verse disminuida su digestibilidad y por lo tanto la disponibilidad de nitrógeno para los microorganismos del rumen.

Elizalde y Montiel (2004) mencionan que además, como consecuencia de la interacción ente las proteínas y los taninos no solo se ve afectada la digestibilidad del grano, sino que también se modifica su palatabilidad por su sabor astringente que le confiere.

Los efectos anti nutricionales de los taninos incluyen la disminución de la digestibilidad de las proteínas, la tasa de crecimiento y la eficiencia de conversión en bovinos (Maxson et al., citados por Elizalde y Montiel, 2004).

### **2.3.1. Efecto de diferentes procesamientos sobre la degradabilidad ruminal del grano de sorgo**

El grano puede ser procesado mediante la aplicación de diversas combinaciones de calor, humedad, tiempo y acción mecánica. Estos tipos de procesamiento incrementan la digestibilidad del almidón al proporcionar oportunidad para la unión bacteriana a los gránulos de almidón (Huntington, 1997).

Elizalde y Montiel (2004) señalan que la accesibilidad de las enzimas ruminales e intestinales al almidón de los granos afectará tanto la tasa como el grado de la digestión del mismo en los diferentes sitios.

Stock y Mader (1987) afirman que la tasa de digestión del almidón en el rumen del grano de sorgo es inferior a la de otros granos. A su vez, dicha tasa varía inversamente con el tamaño de partícula del grano (Galylean et al., 1981). Un método de procesamiento tan simple como el molido, produce la ruptura de la cubierta seminal, reduce el tamaño de partículas e incrementa la superficie del área para la digestión (Pieroni, citado por Elizalde y Montiel, 2004).

Theurer (1986) reporta una comparación de diversos trabajos en los cuales se realizan mediciones de digestibilidades de diferentes procesamientos del grano de sorgo (cuadro 4). Se compara principalmente los procesamientos mecánicos tradicionales (molienda y rolado) contra los procesamientos más intensos (por ejemplo: Steam Flake, Micronizado, etc.).

**CUADRO 4.** Efecto del procesamiento sobre la digestión ruminal, intestinal y total del almidón del grano de sorgo por el ganado.

Trabajo	Forma de procesamiento	% sorgo en dieta	Peso (kg)	Digestibilidad almidón (%)				
				1	2	Rumen	3	Total
Buchanan-Smith et al. (1968)	Molido grueso	78	s/d	58	2,32			91
	Molido fino			60	2,25			92
	Reconstituido			57	2,18			95
	Steam Flake			59	2,21			94
McNeill et al. (1971)	Molido	83	370	52	2,07	42	94	97
	Micronizado			54	2,14	43	95	97
	Reconstituido			57	2,28	67	98	99
	Steam Flake			57	2,29	83	98	100
Kartchner (1972)	Rolado	80	410	66	4,18	58	88	95
	Steam Flake			66	4,24	71	95	99
	Rolado			67	5,2	45	93	96
	Steam Flake			67	5,59	76	94	98
Hinman y Johnson (1974)	Molido	84	225	63	2,69	86	91	99
	Rolado			65	3,72	76	68	92
	Micronizado			65	3,38	84	97	100
	Steam Flake			66	3,74	81	95	99
García et al. (1981)	Rolado	82	472	60	4,17	39	87	92
	Steam Flake			59	4,01	81	93	99

1: Porcentaje de almidón en MS de la dieta.

2: Consumo de almidón (kg/d).

3: Intestinos (Porcentaje de lo que ingresa).

Fuente: adaptado de Theurer (1986).

De acuerdo a esto, se observa que la digestibilidad total de los procesamientos de molienda y rolado son sistemáticamente inferiores que la

digestibilidad total de los procesamientos más intensos, en promedio 91% vs 98% respectivamente. Conforme esto, dichos trabajos reportan que el escape ruminal del grano de sorgo procesado intensamente se reduce a aproximadamente la mitad con respecto al que se observa en grano molido o rolado. Esto se debe a que cuando el grano tuvo un procesamiento más intenso (por ejemplo: steam flake), la degradabilidad ruminal fue superior.

En trabajos más recientes, Owens et al. (2006) reportan para experimentos realizados con dieta en base a grano de maíz valores de digestibilidad, de steam flake y rolado seco, similares a los reportados por Theurer (1986) trabajando con sorgo. La degradabilidad ruminal varía según el procesamiento, siendo el que presenta mayor aprovechamiento del grano el steam flake y el grano húmedo. Mientras que el rolado seco y el grano entero de maíz presentaron valores inferiores de degradabilidad (Owens et al., 2006).

Hinman y Johnson (1974) determinaron la desaparición in vitro de materia seca a las 12 y 24 horas para cuatro procesamientos del grano de sorgo: molido, rolado, steam flake y micronizado. En primer lugar concluyeron que al tener diferentes valores de porcentaje de desaparecido, el método de procesamiento afecta la degradabilidad por los microorganismos del rumen. Observaron que a las 12 horas la degradabilidad in vitro resultó en una pérdida de materia seca significativamente mayor ( $P < .05$ ) para el grano de sorgo tratado con calor y presión (Micronizado) que el sorgo rolado en seco. Además, la desaparición de materia seca de sorgo micronizado fue significativamente ( $P < 0.05$ ) mayor que el de sorgo molido a las 12 horas. El steam flake de sorgo tuvo una desaparición de materia seca ligeramente mayor a las 12 horas que sorgo molido, pero esta diferencia no fue significativa ( $P > 0,05$ ). Después de 24 horas los valores de desaparición de materia seca tienden a mostrar menos diferencias entre los métodos de procesamiento. Sorgo rolado en seco presentó menor desaparición de materia seca que steam flake y sorgo molido ( $P < 0,05$ ), pero no hubo diferencias significativas entre micronizado, steam flake y sorgo molido. Después de 24 horas de digestión in vitro la desaparición de materia seca para los sorgos tratados sin calor y presión tendieron a igualar al steam flake y el micronizado. A las 12 horas in vitro los valores de desaparición de materia seca aparentemente reflejan la tasa de degradabilidad, mientras que a las 24 horas estos valores reflejan el grado de degradabilidad por parte de los microorganismos del rumen. Esto concuerda con los datos de Schwimmer, citado por Hinman y Johnson (1974), que sugiere que la diferencia en la degradabilidad de almidón crudo (sorgo molido y sorgo rolado seco) y cocido (steam flake y micronizado) era la velocidad de degradabilidad. El aumento de la desaparición de materia seca in vitro para steam flake de sorgo está de acuerdo con los datos reportados por Hale et al. (1970).

### **2.3.2. Efecto de diferentes procesamientos sobre la digestibilidad posruminal del grano de sorgo**

Theurer (1986) advierte que, para el grano de sorgo, las alteraciones en el escape de almidón de la fermentación ruminal afectarán la cantidad de almidón presentadas a los intestinos para la digestión posterior. La cantidad de almidón digerida en la porción posruminal del tracto digestivo por el ganado es también mucho menor para steam flake, reconstituido o micronizado en comparación con grano molido, o rolado (885 vs 1425 gramos de almidón). A su vez, el porcentaje de almidón digerido en los intestinos (del almidón que alcanza los mismos) fue consistentemente mayor en los granos procesados intensamente que en los procesados mecánicamente (92% frente a 76% en promedio, respectivamente).

Como se mencionó anteriormente, un efecto importante del procesamiento adecuado de los granos es cambiar el sitio de digestión del almidón desde los intestinos hacia el rumen, con aumentos concomitantes en el porcentaje digerido en ambos sitios. Cuando la capacidad intestinal para digerir el almidón es limitante para granos poco procesados, parecería que la mejora en el procesamiento minimiza las limitaciones intestinales disminuyendo las cantidades de almidón que se presentan en los intestinos, así como el aumento del porcentaje de almidón digerido posruminalmente (Theurer, 1986).

En base a trabajos de Kartchner, Hibber et al., Aguirre et al., Theurer (1986) menciona que aunque los porcentajes de almidón del grano de sorgo fermentado en el intestino grueso (del que se presenta) son superiores con Steam Flake o Reconstituido en comparación con grano rolado en seco, las cantidades de almidón que escapan a la digestión en el intestino delgado son marcadamente inferiores (aproximadamente un tercio o más). Por lo tanto, las cantidades de almidón fermentadas en el intestino grueso son algo más bajas que el almidón de los granos poco procesados. Theurer (1986) marca que existen antecedentes que sostienen que la digestión postileal del almidón se ubica entorno del 1 al 13% del almidón total ingerido, pero la mayoría de los valores registrados en los trabajos de los autores nombrados anteriormente fueron de 2 a 3% de almidón ingerido. Estos datos limitados sugieren que en la mayoría de los estudios se subestima la importancia del procesamiento del grano en la utilización de almidón a causa de la digestibilidad aparente en el intestino grueso que compensaría la digestión incompleta del almidón en el rumen y el intestino delgado para granos pobremente procesados.

## 2.4. MÉTODOS DE PROCESAMIENTO

Rooney y Pflugfelder (1986) mencionan que los métodos de procesamiento que se le realizan al grano de sorgo, como por ejemplo steam flake, micronización, reconstitución más molienda, y grano húmedo molido mejoran el valor nutricional del sorgo hasta un nivel que es casi comparable al maíz. La reconstitución y el grano húmedo mejoran la digestibilidad debido a que reducen la interacción con la hidrólisis del almidón de la matriz proteica del endospermo. La reconstitución causa la degradación fermentativa de la matriz, mientras que el grano húmedo se utiliza antes que la matriz esté completamente formada y solidificada (Sullins et al., Hale, citados por Rooney y Pflugfelder, 1986). En ambos casos, los gránulos de almidón pueden ser separados de las paredes de la matriz durante la molienda o la masticación. Steam flake y micronización causan gelatinización parcial del almidón y ruptura de las células del endosperma en la formación de los copos. El calor y la fuerza mecánica se utilizan para aumentar la superficie de endosperma expuesta a las enzimas digestivas.

Según Smith (1995) el uso del procesamiento por los productores de ganado se ha practicado durante muchos años. Los métodos de procesamiento pueden ser clasificados por el grado de complejidad, la cantidad de calor aplicado, la adición de humedad y el grado de interrupción física del grano.

Hale, citado por Smith (1995), clasifica los procesamientos en dos categorías principales: 1) el procesamiento en seco y 2) el procesamiento húmedo. Procesamiento en seco incluye: grano entero, molido, rolado en seco, quebrado, popping, extrusión, micronización, etc. En los procesamientos húmedos se incluyen: steam flake, reconstitución, explosión, cocción a presión, grano húmedo, ensilaje, etc. Ensminger, citado por Smith (1995), clasifica los procesamientos en tipos físicos y químicos. Los procesamientos físicos resultan de la adición o eliminación de agua, la adición de calor, presión y / o de reducción del tamaño de partícula, mientras que los procesamientos químicos refieren a los cambios de la disponibilidad de almidón por la ruptura de la matriz de proteína para aumentar la digestibilidad de los nutrientes.

A continuación se describen los procesamientos de grano húmedo, procesamientos mecánicos (molienda, rolado) y procesamientos intensivos destacando aquí el proceso de steam flake.

### **2.4.1. Grano húmedo**

El grano húmedo de sorgo es el grano de sorgo cosechado en un rango de 20 a 40% de humedad y conservado en ausencia de aire (Rovira, 2009).

El grano húmedo ensilado (particularmente maíz y sorgo), al igual que el procesado físico, modifican el sitio de digestión del almidón e incrementan su digestibilidad total (Baldi et al., 2008).

Estudios de los efectos de las formas de grano húmedo sobre el grado y sitio de digestión han detectado incrementos de la degradabilidad. La conservación con humedad (propia a la cosecha o reconstituida previo al ensilado) es una forma de incrementar la fermentabilidad ruminal de granos con almidón de baja solubilidad como el maíz y sorgo (McNeill et al., Galyean, Hibberd et al., Britton et al., Stock et al., Nocek y Taminga, citados por Pordomingo, 2005) y la digestibilidad total, pudiendo ofrecerse enteros, excepto en el caso del sorgo.

Stock y Mader (1987) sostienen que el grano húmedo puede ser almacenado entero o molido que igual conservará la mejora del valor nutritivo. Para una mejor conservación en un silo bunker, el grano húmedo tiene que ser rolado o molido para obtener una mejor compactación. El grano húmedo entero puede producir hongos o deteriorarse.

### **2.4.2. Procesamientos mecánicos**

Según Stock y Mader (1987) los métodos de procesamientos mecánicos incluyen los procesamientos de grano que causan roturas en la cubierta de la semilla, reducción del tamaño de las partículas y aumento del área de superficie para que la digestión pueda ocurrir más rápida y extensamente.

Uno de los procesamientos más utilizados es el molido, el cual es realizado a través de un molino a martillo y tamiz. El tamaño de partícula está determinado por el tamiz, molino, tipo de grano y contenido de humedad (Alvarado, 2009). La forma de molido en polvo es de rápida exposición del almidón. El grano de sorgo y los maíces tipo flint (duros, con endosperma córneo) son los que mejor se adaptan a esta forma de procesado. En el caso del sorgo genera mejores resultados en conversión que las formas partido o entero (Pordomingo, 2003).

Otro procesamiento comúnmente utilizado es el rolado, en el cual el grano es aplastado por rodillos que giran en sentido contrario. La distancia entre

los rodillos determina el tamaño de partícula. El grano puede rolarse seco o previamente humedecido con vapor (Alvarado, 2009).

El procesamiento de rolado en seco por lo general resulta en un tamaño de partícula más grande que contiene menos polvo en comparación con el procesamiento de molienda. Sin embargo, los datos indican poca diferencia en la aceptabilidad, ganancia de peso o eficiencia por parte de los animales, entre molienda y rolado si se utilizan los métodos adecuados de procesamiento.

Stock y Mader (1987) muestran la importancia del tamaño de partícula de grano de sorgo procesado mecánicamente, mediante los resultados de cinco experimentos que contrastan la performance de novillos alimentados en base a grano de sorgo rolado fino o rolado grueso. Estos resultados muestran que el procesamiento de rolado fino mejoró un 7% la eficiencia de conversión con respecto al rolado grueso. Estos autores afirman que a diferencia del grano de maíz, todos los granos de sorgo deben ser procesados o la eficiencia alimenticia se reduce. Esto se debe a que granos enteros de sorgo no se descomponen y no son digeridos por el animal.

Por otra parte, Stock y Mader (1987) basados en diez experimentos, observaron que molienda fina muestra una mejora de 5% en la eficiencia de conversión en comparación con la molienda gruesa. No obstante mencionan que las comparaciones de rolado fino y grano de sorgo molido son confusas, debido a que siete ensayos realizados antes de 1982 indican que el grano de sorgo finamente molido se utilizó un poco más eficientemente que el grano de sorgo rolado fino. Sin embargo, en ocho estudios realizados entre 1982 y 1984 observan que el grano de sorgo rolado fino superó enormemente al molido fino.

### **2.4.3. Procesamientos intensivos**

Theurer et al., citados por Huntington (2006) mencionan que los procesamientos intensivos de grano (humectación, calentamiento, presión mecánica) alteran la estructura de los gránulos de almidón, y se han utilizado con éxito durante varios años para mejorar la fermentabilidad ruminal de los granos.

#### **2.4.3.1. Steam flake**

Smith (1995) reporta que la técnica de procesamiento mayormente utilizada en los feedlots de EEUU es el steam flake. Los granos de maíz, sorgo, cebada y trigo son normalmente procesados como steam flake para su uso

como alimento para el ganado en la industria del feedlot. Este procesamiento utiliza una cámara de vapor que permite que el grano se cueza al vapor durante aproximadamente 30 minutos a 96-105 °C, después de lo cual el grano cocinado se desmenuza utilizando rodillos ondulados, formando hojuelas delgadas. En este proceso se produce gelatinización del almidón. El tamaño de las partículas (láminas, copos o flakes) es grande y las láminas no superan 1 a 1,3mm de espesor (Pordomingo, 2005). Este método aporta volumen al alimento al expandir el grano en láminas o flakes, se logra un consumo más homogéneo, menor incidencia de trastornos digestivos. El contacto con el líquido ruminal y la fermentación es más homogéneo que en el caso del grano molido (Owens et al., 1997).

Rooney y Pflugfelder (1986) indicaron que el steam flake de grano de sorgo resultó en digestibilidades que eran igual al grano de maíz. Sin embargo, Riley, citado por Smith (1995), en una revisión de trabajos de investigación indicó que el sorgo procesado como steam flake presentaba 93 a 96% del valor del maíz.

Huntington (1997) señaló que el steam flake incrementa la digestibilidad ruminal del almidón más para el sorgo (19 unidades porcentuales) que para el maíz (13 unidades porcentuales). La matriz proteica encapsulante del almidón del grano de sorgo es aún más resistente a la degradación microbiana que la matriz del grano de maíz. Debido a que el proceso de steam flake degrada esta matriz, los beneficios que causa en términos de digestión del almidón y performance de los animales, son mayores para el sorgo que para el maíz. A pesar que la respuesta (en porcentaje) al procesamiento de steam flake es más alta en el grano de sorgo, el steam flake de maíz sigue siendo superior al sorgo en hojuelas en cuanto a la digestión del almidón absoluta en todo el tracto digestivo. La razón principal es que el valor de energía metabolizable es 5,3% menor para el steam flake de sorgo en comparación con el de maíz (Owens et al., 1997), a pesar de que estos granos a menudo tienen un contenido de almidón similar.

El procesamiento de steam flake del grano sorgo también aumenta notablemente la producción in vitro de ácidos grasos volátiles (AGV) por parte de los microorganismos ruminales (Theurer et al., Trei et al., citados por Theurer, 1986). Los resultados de un estudio realizado indican que la producción in vitro de AGV y la digestión del almidón están estrechamente correlacionados. Este aumento aparente de eficacia de la fermentación de almidón está de acuerdo con los estudios de bolsa de nylon de Galyean et al. (1981), quienes demostraron que el procesamiento de maíz por medio de steam flake o ensilaje de grano húmedo produce efectos aditivos superiores a los de reducción de tamaño de partícula por sí solos.



Stock y Mader (1987) mencionan que los mejores resultado del procesamiento del sorgo bajo steam flake, se obtienen cuando el producto resultante es una fina escama (copo) de bajo peso específico. Estos resultados concuerdan con los mencionados por Hale et al., citados por Buchaman. Smith et al. (1986), quienes encontraron que el proceso de vaporización mejora la digestibilidad por parte del ganado en comparación con el proceso de rolado seco.

Smith (1995) menciona que varios factores afectan la cantidad de mejora debido a steam flake. Estos incluyen el grano utilizado, las características de la variedad de grano, el endosperma y de calidad inicial del grano. El sorgo es un producto altamente variable en características de las variedades y el endosperma, lo que hace que pueda tener un altísimo impacto en las características de procesamiento y disponibilidad de nutrientes. Hibbered et al., citados por Smith (1995) indicaron que las diferencias en la disponibilidad de almidón y en la digestibilidad se podría explicar por las características del endosperma y la variedad y que estas diferencias fueron más pronunciadas en el grano de sorgo que las que se encuentran en las variedades de maíz. Robinson, citado por Smith (1995), indicó que la variedad y el medio ambiente donde se cultivó afectan a la composición del grano de sorgo, la digestibilidad de la materia seca, y la disponibilidad de almidón. Estos datos fueron obtenidos por probar 24 diferentes variedades de sorgo de grano que fueron adquiridos en siete lugares diferentes. Anderson, citado por Smith (1995), destaca que la variedad y el tipo de endosperma juegan un papel significativo en la disponibilidad de almidón, digestibilidad de la materia seca, durabilidad de la hojuela y sus propiedades de viscosidad en el steam flake de grano de sorgo.

Stock y Mader (1987) aseguran que la respuesta al tratamiento de vapor es muy variable. Indican que existe variación en el tiempo de cocción, en la temperatura, la humedad, la presión del rodillo y el volumen que influye en el valor del producto final. Además, las variaciones de densidad, el contenido de materia extraña y contenido de humedad del grano también pueden afectar el valor de las hojuelas del grano de sorgo. La mayoría de los feedlots que realizan steam flake utilizan un acondicionador de grano e hidratantes mecánicos de grano para asegurar la penetración de humedad y para agregar palatabilidad a las hojuelas.

Osman et al., citados por Theurer (1986) demostraron que en el tratamiento con calor húmedo de los cereales (steam flake), el grado de descamación (planitud de escamas o hojuelas) es el principal factor en la mejora de la disponibilidad de cebada y sorgo a la degradación enzimática in vitro. La interacción adecuada de calor, presión y humedad parece estar

implicados en la alteración de la susceptibilidad de los almidones de cereales al ataque enzimático. Los datos de Frederick et al., citados por Theurer (1986) sugieren que existe una presión crítica en la que la degradación enzimática de almidones de cereales se ve mejorada. Esta presión crítica parece estar alterada por el contenido de humedad del grano y de la temperatura de las superficies de contacto utilizada para la formación de las hojuelas.

Smith (1995) sostiene que el grado de cocinado en el proceso de steam flake también juega un papel clave en la performance de los animales y la calidad de hojuelas. Este grado de cocinado es más comúnmente medido usando el peso bushel (lb/bu ó kg/hl). Esto se usa porque es una medición sencilla y rápida que puede ser utilizado en el feedlot. Xiong et al., citados por Smith (1995), realizó el procesamiento de steam flake de sorgo a tres pesos diferentes por bushel (34 lb/bu, 28 lb/bu y 22 lb/bu) para determinar el efecto que esto tendría en la performance del feedlot. Este estudio indica que la performance de los animales se maximiza cuando el sorgo es desmenuzado a 22 lb/bu de densidad. La durabilidad de la escama u hojuela también se determinó en este estudio, y los resultados muestran que la mejor hojuela fue producida a 28 lb/bu en comparación de 34 o 22 lb/bu de densidad. Esta es una consideración importante a saber cuando ocurre una disminución en el consumo de alimento en los corrales. Al igual que Xiong et al., estudios realizados por Zinn et al. (2002) indican que con copos de maíz de menor densidad se obtienen aumentos en la digestión ruminal e intestinal, logrando así mejoras en la digestión total del tracto. Los mismos autores mencionan que la digestión total de almidón por parte de los novillos superó el 95% cuando la densidad de escamas estaba por debajo de 30 libras por bushel.

Estudios realizados por Owens et al. (1997) demuestran que a medida que disminuye la densidad del copo, el consumo de materia seca se ve disminuido, sin embargo la eficiencia de conversión no se ve alterada. Como se observa en el cuadro 5 con densidades de copo medias se logran ganancias medias diarias superiores.

**CUADRO 5.** Efecto de la densidad de steam flake de sorgo en la performance animal.

Densidad del copo (lb/bu)	< 22	23 a 29	> 29
GMD (Kg/d)	1,38	1,5	1,38
Consumo MS (Kg/d)	8,35	8,81	8,76
Eficiencia conversión	6	5,9	6

Fuente: adaptado de Owens et al. (1997).

Smith (1995) menciona que el grado de procesamiento equivale a un cierto nivel de respuesta de ganancia, consumo, etc. por parte de los animales. Mediciones fiables de esta correlación se debe encontrar para relacionar grano sin procesar o steam flake con el desempeño animal. Pesos por bushel se usan comúnmente pero esto no es fácil de correlacionar con el desempeño posterior del animal. También se utilizan las puntuaciones de gelatinización, y esto es muy variable entre los laboratorios y no se relaciona con el desempeño animal.

Rooney y Pflugfelder (1986) explican que los gránulos de almidón se someten a gelatinización, o pérdida irreversible de la estructura nativa, cuando se aplica suficiente energía para romper los enlaces de hidrógeno intermoleculares en las áreas cristalinas (Lund 1984, Zobel 1984). La gelatinización se inicia en las zonas amorfas, pero la penetración de calor y humedad en las regiones cristalinas se produce más lentamente. Es un proceso semi-cooperativo, en que las tensiones generadas por la hinchazón de las áreas amorfas ayudan en la interrupción de la zona cristalina.

El proceso de gelatinización según Rooney y Pflugfelder (1986) se produce cuando gránulos de almidón absorben agua, se hinchan, exudan parte de la amilosa, se vuelven más susceptibles a la degradación enzimática y pierden birrefringencia. En cambio, French, citado por Smith (1995), describe el proceso de gelatinización de la siguiente manera, durante la hinchazón reversible, el agua entra en las regiones de gel y hace que se hinche, dejando las regiones cristalinas inalteradas. Sin embargo, con temperaturas más altas, las regiones cristalinas se funden o disuelven, y la estructura cristalina se destruye. La gelatinización se alcanza cuando los gránulos pierden su cristalinidad. Smith (1995) menciona que la gelatinización es impulsada por la cantidad de agua libre disponible. Rooney y Pflugfelder (1986) declararon que con mayor disponibilidad de agua libre, menos temperatura se requiere para alcanzar la gelatinización. Se informó además que es común tener gelatinización mínima a altas temperaturas durante el proceso de steam flake y que la falta de agua libre y las interacciones entre la proteína y el almidón en el grano eran posibles explicaciones. El papel de la proteína en la gelatinización fue explorado por Chandrashekar y Kirleis, citados por Smith (1995), quienes determinaron que la cantidad de proteína kafirina tuvo un efecto sobre el grado de gelatinización. Estos investigadores utilizaron 2 - mercaptoetanol para reducir los enlaces disulfuro en la proteína y se registró un aumento en el grado de gelatinización. Este aumento en el grado de gelatinización fue mayor en las variedades de sorgo que tenían más contenido de proteínas kafirina.

Hale, citado por Smith (1995) afirmó además que hay tres características físicas principales a ver la hora de determinar la calidad del steam flake: 1) la dureza de las escamas, 2) grosor de las escamas, y 3) la coherencia de las

escamas. Xiong et al., citados por Smith (1995), informaron que el incremento en el procesamiento, disminuye la durabilidad de la escama de steam flake de sorgo. Esto es de esperar dado que un procesamiento mayor resultaría en escamas más delgadas.

Diferentes procesamientos del grano de sorgo generan cambios en los sitios de digestión provocando una diferente proporción de productos finales. A mayor intensidad menor tasa de pasaje al duodeno, generando una mayor producción de AGV. Esto se ve reflejado en una mayor utilización del almidón consumido (Theurer 1986, Owens et al. 1997, Huntington 2006).

## **2.5. EFECTO DEL PROCESAMIENTO DE GRANO DE SORGO SOBRE LA PERFORMANCE DE VACUNOS EN TERMINACION**

### **2.5.1. Ganancia de peso y eficiencia de conversión**

La influencia de los diferentes métodos de procesamientos en la performance y la conversión de alimento del ganado vacuno ha sido revisado por Hale, citado por Theurer (1986). Los estudios demuestran claramente la eficacia del steam flake, reconstitución, popping, explosión o micronización como métodos para mejorar la utilización de las dietas a base de granos de maíz o sorgo. Cada uno de estos métodos de procesamiento parece ser aproximadamente igual de eficaz en la mejora de conversión de alimento, si el control de calidad es cuidadosamente practicado. Conforme esto, Theurer (1986) reporta que la digestión del almidón in vitro por los microorganismos ruminales (Trei et al., 1970) o por las enzimas pancreáticas (Osman et al., 1970) se puede incrementar aproximadamente tres veces por steam flake con respecto a molienda en seco del grano de sorgo.

Baldi et al. (2008) reportan diferencias en la performance de novillos alimentados a corral en cuanto al contenido de humedad del grano de sorgo, siendo este efecto mayor cuanto mayor sea el contenido de humedad del grano, evidenciándose aumentos en la eficiencia de conversión entre 5 a 10% en condiciones de engorde a corral.

Stock y Mader (1987) indican que los resultados obtenidos con un sorgo con alta humedad (grano húmedo), sea reconstituido o cosechado temprano, comparado con el procesado seco, son alrededor de un 8,5 % a un 20 % de mejora en la conversión y no presentan diferencia en la ganancia diaria. El grano de sorgo húmedo tiene que ser rolado o molido para mejorar su eficiencia de utilización. El grano húmedo rolado es mejor que el molido, en promedio

tiene una mejora de 16,55% de eficiencia de conversión sobre el grano húmedo molido.

Owens et al. (1997) destacan que en comparación al rolado seco, el steam flake mejora sustancialmente la eficiencia energética del grano de sorgo. Al igual que con steam flake de maíz, el steam flake de sorgo mejora la performance del ganado en engorde aumentando apreciablemente la digestión de almidón a nivel ruminal, post-ruminal y en el total del tracto. Estos mismos autores reportaron una recopilación de datos de 605 ensayos publicados en revistas y boletines de estaciones experimentales de Estados Unidos desde 1974 hasta el año 1997, los cuales muestran el efecto de distintos procesamientos del grano de sorgo, en dietas altamente concentradas, sobre la performance animal. Los resultados obtenidos se pueden observar en el cuadro 6.

**CUADRO 6.** Efecto del procesamiento del grano de sorgo sobre la ganancia de peso vivo (GMD), consumo y eficiencia de conversión del alimento en vacunos.

<b>Procesamiento</b>	<b>GMD (kg/d)</b>	<b>Consumo (kgMS/d)</b>	<b>Eficiencia (kg/kg)</b>
Rolado seco	1,43 a	10,47 a	7,43 a
Grano húmedo	1,29 b	9,15 b	7,12 ab
Steam rolled (flaked)	1,40 ab	8,68 c	6,33 c

Fuente: adaptado de Owens et al. (1997).

En el cuadro 6 se observa claramente, la mejora en la eficiencia de conversión por parte del steam flake, explicado principalmente por un menor consumo.

Stock y Mader (1987) obtuvieron resultados similares a los anteriores (cuadro 2.6) en cuanto a performance de steam flake de sorgo, principalmente en eficiencia de conversión, ya que reportan una mejora en la ganancia diaria de un 7,8% y en eficiencia de conversión un 11,6% con respecto a sorgo grano rolado seco.

En el cuadro 7, se presenta un resumen de experimentos realizados a corral con animales en terminación evaluando diferentes procesamientos de grano incluido en dietas altamente concentradas.

**CUADRO 7.** Efecto de los diferentes procesamientos de los granos sobre la performance animal en terminación a corral.

A	Raza	B	C	Grano	Procesamiento del grano	Peso inicial	Peso faena	Consumo MS	Ganancia diaria	EC	
1	Hereford	143	85%	Sorgo	SF	293	490	9,72	1,38	7,04	
					RS	288	477	9,91	1,32	7,51	
2	Hereford	140	85%	Sorgo	SF	250	453	11,25 a	1,45 b	7,76	
					RS	254	439	10,60 ab	1,32 a	8,03	
3	Hereford	134	85%	Sorgo	SF	262	450	11,31 a	1,40 b	8,08	
					RS	265	430	10,40 ab	1,23 a	8,46	
4	Hereford y Hereford x Angus	143	90%	Sorgo	SF	332	524	9,45 a	1,34 a	7,10	
					Rec	334	530	8,75 b	1,37 a	6,45	
					Parte Rec	335	530	9,20 a	1,38 a	6,75	
5	Hereford	140	97%	Sorgo	SF	340	501	9,50 b	1,14 a	8,30	
					Mic	350	516	10,20 a	1,19 a	8,60	
6	s/d	98	90%	Maíz	GH			8,24	1,37	6,01 a	
				Maíz y Sorgo	MGH 75% y SRS 25%			7,71	1,43	5,39 b	
					MGH 50% y SRS 50%			8,22	1,41	5,82 b	
				Sorgo	MGH 25% y SRS 75%			8,50	1,46	5,82 b	
					RS			9,01	1,41	6,39 a	
Maíz	RS			8,84	1,49	5,93 a					
7	s/d	119	90%	Maíz	GH			9,09	0,95	9,56 b	
				Maíz y Sorgo	M GH 75% y S RS 25%			9,63	0,99	9,72 b	
					M GH 50% y S RS 50%			9,53	1,00	9,53 b	
				Sorgo	RS			10,15	0,89	11,40 a	
8	s/d	114	90%	Maíz	GH			10,65	1,64	6,49	
					GH 75% - RS 25%			10,42	1,68	6,20	
					GH 50% - RS 50%			10,46	1,67	6,26	
				Maíz y Sorgo	RS			10,59	1,66	6,37	
					M GH 75% - S RS 25%			10,61	1,66	6,39	
					M GH 50% - S RS 50%			10,84	1,66	6,53	
Sorgo	RS			11,07	1,58	7,00					
9	Hereford y cruzas carniceras	137	85%	Maíz		302	466	7,90 a	1,20 a	6,58	
				M 75%-S 25%			300	469	8,10 a	1,23 a	6,59
				M 50%-S 50%	SF	301	458	8,00 a	1,14 b	7,02	
				M 25%-S 75%			295	448	8,00 a	1,12 b	7,14
				Sorgo			297	438	7,90 a	1,03 c	7,67
10	Cruza Charolais	157	90%	Maíz	RS	348	598 a	10,40 a	1,82 a	5,71 a	
					GH	353	599 a	10,00 a	1,80 a	5,56 a	
					SF	351	620 b	10,30 a	1,96 b	5,26 b	
				Sorgo	SF	353	619 b	10,40 a	1,91 ab	5,45 ab	
					S SF 67% - M RS 33%	344	621 b	10,60 a	2,00 b	5,30 b	
					S SF 67% - M GH 33%	341	613 b	10,30 a	1,99 b	5,18 b	
11	Red Angus x Nelore	132	44%	Maíz	GH	300	483	s/d	1,41 a	s/d	
			45%	Sorgo	GH	294	487	s/d	1,43 a	s/d	
12	Nelore y Canchim	90	70%	Maíz	Molido	415	549	8,99	1,51 a	5,97 a	
			75%	Maíz	Molido	418	531	9,23	1,27 b	7,29 b	
			71%	Sorgo	Molido	418	543	8,79	1,40 a	6,29 a	
			76%	Sorgo	Molido	418	525	8,90	1,19 b	7,47 b	

Letras diferentes difieren significativamente dentro de un mismo experimento ( $P < 0,05$ ). A: Experimento; B: Duración del experimento (días); C: Porcentaje de concentrado; EC: Eficiencia de conversión; 1, 2 y 3: Hale et al. (1966); 4 y 5: Schake et al. (1972); 6, 7 y 8: Stock et al. (1987); 9 y 10: Huck et al. (1998); 11: Scoton Igarasi et al. (2008); 12:

Clarindo et al. (2008); S: Sorgo; M: Maíz; SF: Steam flake; RS: Rolado seco; GH: Grano húmedo; Mic: Micronizado; Rec: Reconstituído.

En el trabajo de Owens et al. (1997) (cuadro 6) se puede observar una similar performance a la obtenida en el trabajo de Huck et al. (1998) (cuadro 7), en el cual el steam flake fue el procesamiento que obtuvo mejor eficiencia de conversión sobre el grano húmedo y el grano rolado. Cabe destacar que los tres procesamientos eran sobre grano de maíz y no sorgo. Esto mismo se puede observar en los resultados obtenidos por Hale et al. (1966), en donde se compara el sorgo rolado seco con steam flake de sorgo y en los tres experimentos el procesamiento steam flake obtuvo mejores valores de eficiencia de conversión.

Como se puede observar en el cuadro 7 y acorde a lo anteriormente dicho, no se encontraron diferencias significativas en la performance de animales alimentados con granos procesados intensivamente (steam flake, micronizado, reconstituído), esto se puede observar en los trabajos de Schake et al. (1972).

Del cuadro 7 se desprende que en animales alimentados con dietas en base a maíz, se obtienen mejores performances que dietas a base de sorgo, esto puede deberse a lo explicado anteriormente con respecto al valor nutritivo de ambos granos, donde el maíz supera claramente al sorgo, ya sea dietas con grano molido o steam flake (Stock et al., 1987). Cabe destacar que en las dietas con grano molido no hubo diferencias significativas pero la tendencia es a una mejor performance del maíz (Huck et al. 1998, Clarindo et al. 2008).

Del trabajo de Igarasi et al. (2006) se resalta que no existieron diferencias significativas en ganancia de peso entre los tratamientos en base a maíz y base grano de sorgo, esto puede deberse a una baja proporción de concentrado en la misma (44% y 45%, maíz y sorgo respectivamente).

De los trabajos de Stock et al. (1987) se desprende que dietas a base de grano húmedo de maíz mostraron una mejor eficiencia de conversión con respecto a dietas en base a grano seco de maíz. Se puede observar que si bien en los experimentos de Stock et al. (1987) no hay resultados estadísticos en cuanto al consumo de materia seca, este fue menor en los tratamientos con granos húmedos en comparación con los granos secos.

De los experimentos presentados en el cuadro 7 se puede observar que existen diferencias en la performance animal con respecto al procesamiento del grano. Los trabajos de Hale et al. (1966), Schake et al. (1972), Huck et al. (1998) reportan que el steam flake de sorgo alcanzó mejores valores de

eficiencia de conversión en comparación con el grano de sorgo rolado seco. A su vez también se observa que existe una interacción entre el procesamiento del grano y el factor nivel de inclusión de grano en la dieta, ya que a mayor porcentaje de grano en la dieta mejora la eficiencia de conversión tanto para steam flake como para grano rolado seco pero la diferencia a favor del steam flake se mantiene.

A modo de síntesis, de los trabajos antes presentados, se puede afirmar que un mayor grado de procesamiento del grano de sorgo en dietas altamente concertadas suministradas a novillos en engorde a corral, tiene un efecto positivo en la eficiencia de conversión.

### **2.5.2. Calidad de la canal**

Según Franco y Feed (2007), los factores más importantes que afectan la calidad, tanto de la canal como de la carne se pueden clasificar en tres grupos. En primer lugar encontramos los factores productivos, los cuales son los más manejables, tales como la raza, sexo, edad y peso de faena, la alimentación y el manejo realizado (castración, uso de anabólicos, etc.). El segundo factor refiere a los manejos de pre y post faena, son otros factores que hacen a la calidad (cortes oscuros, tipo de faena, la estimulación eléctrica, manejo del frío, entre otros). El último factor que afecta la calidad puede ser separado en dos subgrupos, uno referente a la canal (peso, composición tisular y regiones) y otro relacionado a la carne (color, terneza, jugosidad, flavor, color de grasa, etc.).

Elizalde (1999), afirma que el tipo de dieta a utilizar y su formulación, afecta en forma importante características de la canal. El mismo, ha observado que frente a un mismo consumo de energía, dietas con mayor relación voluminoso/concentrado, aparejan un menor peso relativo y engrasamiento de la res.

Owens et al. (1995), citan como otro factor a tener en cuenta, los días de encierro de animales a corral. Este factor afecta tanto la cantidad como la distribución del contenido de grasa en la carcasa de dichos animales. Además mencionan que el peso de carcasa, el espesor de grasa y el rendimiento de la res, aumentan de forma directamente proporcional con los días a corral. Mientras que la grasa intramuscular aumenta con el transcurso de los días a corral a una tasa decreciente, el área de ojo de bife no responde de igual forma, ya que no aumenta con los días de encierro (Owens et al., 1995).

Con respecto a la síntesis de grasa intramuscular Pethick et al. (2001) mencionan que los sustratos para la lipogénesis en los rumiantes son el acetato



y glucosa/lactato. Las dietas que son ampliamente fermentados en el rumen promueven acetato como fuente principal de carbono y energía para la reducción de la lipogénesis (Pethick et al., 2001). Dos enzimas claves de la vía de glucosa son la lipogénica ATP citrato liasa y la malato deshidrogenasa NADP. En los rumiantes estas dos enzimas son inducidas por dietas que promueven la absorción de la glucosa directamente en el intestino delgado (Ballard et al., Lindsay, Pethick et al., Smith et al., citados por Pethick et al., 2001). Independientemente de los sustratos utilizados, la tasa global de la lipogénesis se controla mediante la actividad de la acetil-CoA carboxilasa. En consecuencia, la actividad de la acetil-CoA carboxilasa es un indicador de la capacidad total de la lipogénesis.

En rumiantes, la disponibilidad de glucosa se debe principalmente al consumo de energía metabolizable (EM), ya que con un mayor consumo de EM se promueven mayores tasas de gluconeogénesis (Lindsay, citado por Pethick et al., 2001). Una posible vía de manipulación podría ser utilizar dietas que promuevan tanto la fermentación máxima en el rumen para producir precursores gluconeogénicos (propionato) y que maximicen la digestión del almidón en el intestino delgado. Tales dietas se asocian generalmente con altos niveles de procesamiento que aumentan la accesibilidad del gránulo de almidón de la dieta tanto para las amilasas microbianas, como para las del animal y así maximizar la disponibilidad de glucosa para animales en engorde (Rowe et al., citados por Pethick et al., 2001). La evidencia de esto proviene de Lozano et al., citados por Pethick et al., (2001) que mostró que disminuir el espesor de escama de steam flake de sorgo resultó en mayor liberación hepática de glucosa a la circulación general. Formulación de raciones con este concepto en mente puede aumentar la lipogénesis en los sitios intramusculares por varias razones:

- Tales dietas promoverían niveles aumentados de hormonas anabólicas (insulina) que son conocidas por estimular la lipogénesis.
- La lógica es paralela a la observación en los seres humanos que las dietas con un alto índice glucémico (es decir, las dietas que permiten una rápida absorción de la glucosa y los consiguientes altos niveles de insulina) promueven la obesidad (Ludwig, citado por Pethick et al., 2001).
- Estas dietas también ofrecerán mayores niveles de energía neta para la lipogénesis.
- Hay evidencias de que los adipocitos responsables por el marmoreo muestran una preferencia por glucosa/lactato de carbono mientras que el tejido adiposo subcutáneo utiliza principalmente acetato como fuente de unidades de acetilo para la lipogénesis (Smith y Crouse, Whitehurst et al., citados por Pethick et al., 2001).

Pethick et al. (2001) mencionan que en un trabajo de Pethick et al., la alimentación con steam flake de maíz o sorgo en comparación con rolado seco de maíz, sorgo o cebada se asoció con un aumento del contenido de grasa intramuscular que no estaba relacionado simplemente a los cambios sólo en la grasa corporal total. Las dietas con steam flake también indujeron una mayor actividad de la ATP citrato liasa en el tejido adiposo subcutáneo que indica un mayor aporte de glucosa. En la figura 1 se representa la influencia del procesamiento de los granos en el suministro de glucosa y el desarrollo de la grasa intramuscular. Esta figura muestra que el consumo de materia seca y la actividad de la glucosa en el eje insulina (evaluada por la actividad ATP citrato liasa) son factores determinantes tanto para la grasa corporal total y la expresión de las vetas de grasa.

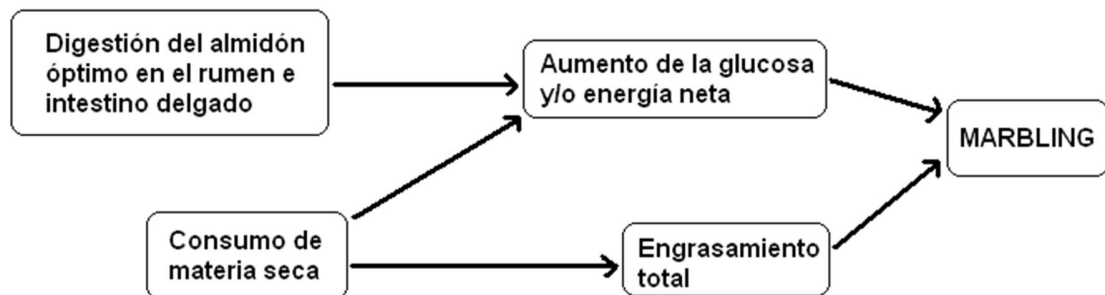


FIGURA 1. Influencia del procesamiento de los granos en la disponibilidad de glucosa y el desarrollo de la grasa intramuscular.

Fuente: Pethick et al. (2001).

A continuación se presentan experimentos que muestran el efecto de los distintos procesamientos de los granos y su impacto sobre la calidad de canal de animales en terminación (cuadro 8).

**CUADRO 8.** Efecto de los diferentes procesamientos de los granos sobre la calidad de canal de animales en terminación a corral.

A	Tratamiento	CAT	Peso inicial	Raza	DÍAS	GMD	PCC	EGD	AOB
1	100% Sorgo	Novillos	381	Nelore, Charolais y cruza	67	s/d	246	5,17	65,93
	66 % Sorgo y 33% Avena						240	6,00	61,53
	33 % Sorgo y 66% Avena						243	4,98	66,00
	100% Avena						239	5,57	62,56
2	Grano húmedo de maíz	Toros	300	Red Angus x Nelore	132	1,41	s/d	5,87	73,67
	Grano húmedo de sorgo		294			1,43		5,38	73,81
3	Maíz molido + FS	Novillos	415	Nelore y Canchim	90	1,51	s/d	7,22	s/d
	Maíz molido + Urea		418			1,27		6,22	
	Sorgo molido + FS		418			1,40		6,53	
	Sorgo molido + Urea		418			1,19		6,37	
4	Grano maíz	Toros	240	Red angus x Nelore	172	1,50	280	5,12	73,35
	Grano sorgo		240			1,58	282	4,58	74,61

No hay diferencias significativas entre tratamientos ( $P < 0,05$ ); A: Experimento; 1: Faturi et al. (2002); 2: Scoton Igarasi et al. (2008); 3: Clarindo et al. (2008); 4: Scoton Igarasi et al. (2008); CAT: Categoría; DÍAS: Duración del experimento (días); PCC: Peso carcasa caliente; EGD: Espesor de grasa subcutánea; AOB: Área de ojo de bife; GMD: Ganancia media diaria (kg/d); FS: Farelo de soja.

Como se puede observar en el cuadro 8 ningún procesamiento de grano de los trabajos citados afectó de manera significativa las características de calidad de canal. Cabe aclarar que no se reportan datos que comparen grano húmedo y steam flake en base a datos de calidad de canal y carne.

## 2.6. HIPÓTESIS

Formas de procesamiento más intensivo del grano de sorgo, en dietas con alto porcentaje de grano en su composición, aumenta significativamente su utilización por parte de vacunos terminados a corral, mejorando de esta forma la eficiencia de conversión.

Así mismo, eventuales diferencias en la tasa de ganancia y sitio de digestión, debidas al procesamiento de los granos utilizados en las dietas, podrían afectar, a fecha fija de faena, el peso de la canal, el nivel y tipo de engrasamiento, y el pH de la carne.

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. PERÍODO Y ÁREA EXPERIMENTAL**

El experimento fue realizado entre el 14 de junio y el 14 de octubre de 2012, en corrales de encierro ubicados en el departamento de Río Negro sobre ruta nacional No.2 kilómetro 288.200, en la Unidad de Engorde Intensivo %El Impulso+ de la empresa Tacuarembó Marfrig, a 33°12'02.71'' de latitud Sur y 58°04'14.17'' de longitud Oeste.

#### **3.2. CLIMA**

En el cuadro 9 se presentan los registros históricos promedio de los meses junio a octubre de la estación meteorológica Mercedes (Dirección Nacional de Meteorología), a 10 km del área experimental. La temperatura media histórica del período es de 12,96°C, la humedad relativa promedio 79,6% y el promedio histórico de precipitaciones es de 382 mm (URUGUAY. MDN. DNM, s.f.).

**CUADRO 9.** Registros históricos de temperatura media, humedad relativa y precipitaciones del período 1961-1990 en la base meteorológica de Mercedes.

<b>Variable</b>	<b>junio</b>	<b>julio</b>	<b>agosto</b>	<b>setiembre</b>	<b>octubre</b>
Temperatura media (°C)	10,9	11,1	12,1	13,9	16,8
Humedad relativa (%)	87	86	75	74	76
Precipitaciones (mm)	60	70	65	85	102

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

#### **3.3. ANIMALES**

Fueron utilizados 48 novillos ICACÉ, provenientes del rodeo experimental de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (UPIC) de la Estación Experimental M. A. Cassinoni de la Facultad de Agronomía, nacidos en primavera 2010, de los cuales 38 eran de raza Hereford y los restantes 10 novillos eran cruce Hereford x Bonsmara, con un peso inicial promedio de 407 ± 61,05 kg.

El novillo ICACÉ se basa en un sistema de doble encierre en una lógica secuencial %corral-pasto-corral+, donde el ternero es manejado a corral en su primer invierno de vida (ADT) para posteriormente %salir al pasto+y pastorear en campo natural durante primavera verano y otoño. Luego, en su segundo invierno de vida, es nuevamente manejado a corral hasta alcanzar peso de terminación, al cumplir dos años de edad a inicio de la primavera (Simeone y Beretta, 2010).

Los animales utilizados en este trabajo, luego del ADT realizado durante su primer invierno de vida (julio a setiembre 2011), fueron separados en dos grupos al azar, previa estratificación por peso vivo, pasando a pastorear en el periodo primavera-verano-otoño (setiembre 2011 a junio 2012) diferentes bases forrajeras: campo natural (CN) y pradera (P).

### **3.4. CORRALES**

Se utilizaron 12 corrales a cielo abierto, cada uno de 17 x 3,3 m, quedando un área por novillo de 14 m<sup>2</sup>, de la cual 5 m<sup>2</sup> eran de piso de hormigón próximos al comedero presente en cada corral. Cada animal tuvo un frente de ataque de 0,8 m. Todos los corrales contaban con bebederos con agua *ad libitum*.

### **3.5. TRATAMIENTOS**

Fueron evaluadas tres formas distintas de procesamiento del grano de sorgo incluido como componente principal de la dieta de novillos en terminación, manejados en régimen de confinamiento.

Los tratamientos en estudio fueron:

1. Sorgo húmedo sin limpiar y quebrado (SQ)
2. Sorgo húmedo limpio y molido (SM)
3. Steam flake de sorgo (SF)

Los animales, fueron bloqueados por manejo previo (CN o P) y sorteados, previa estratificación por peso vivo a 6 grupos dentro de cada bloque, los cuales fueron sorteados a los diferentes tratamientos. Cada tratamiento quedó conformado por cuatro repeticiones, cada repetición conformada por un corral compuesto de cuatro animales (figura 2).

Bloque	Tratamiento	Corral
Campo Natural	Steam Flake	1
		2
	Sorgo Molido	5
		6
	Sorgo Quebrado	9
		10
Pradera	Steam Flake	3
		4
	Sorgo Molido	7
		8
	Sorgo Quebrado	11
		12

**FIGURA 2.** Distribución de los tratamientos y unidades experimentales.

### 3.6. ALIMENTOS

Fueron utilizados los siguientes ingredientes en la formulación de las dietas experimentales:

- Fardo de paja de cebada picada (5 cm aprox.)
- Aserrín
- Extrusado de soja
- Núcleo de vitaminas y minerales
- Trigo quebrado
- Steam flake de sorgo
- Sorgo húmedo molido, por molino
- Sorgo húmedo sin limpiar y quebrado, por embolsadora

Para los distintos procesamientos del sorgo fue utilizado sorgo grano húmedo (SGH) (25 % de humedad, aproximadamente). Para los tratamientos de steam flake y sorgo molido, el grano fue limpiado mediante zarandas previo a realizarse el proceso, en cambio para el tratamiento de sorgo quebrado no se le realizó limpieza (impurezas: 4,0 %).

En el procesamiento de steam flake, el grano húmedo limpio ingresaba a la caldera donde alcanzaba una temperatura entre 95 y 100°C responsable por la gelatinización del grano. Luego de aproximadamente 30 minutos, el grano era

pasado entre dos rodillos que los aplastaban dejando al mismo en forma de lámina (densidad del producto: 364 g/L).

El procesamiento de sorgo húmedo molido se realizó mediante la utilización de un molino de rodillos Ferrell Ross 10 x 36 2HI doble fila de rodillos.

El sorgo quebrado fue obtenido de la molienda del grano húmedo de sorgo sin limpieza previa por una embolsadora Termocar 40TT.

Luego de realizar los procesamientos de los granos de sorgo a utilizarse en los tratamientos de sorgo molido y sorgo quebrado, se efectuó el análisis de estratificación de molienda mediante la utilización de zarandas. Para las mismas se utilizaron 9 tamices y la bandeja de fondo.

Los resultados revelan la diferencia existente en el tamaño de partícula al observar diferencias en la distribución a través de cada tamiz. Las diferencias más importantes se observaron en las últimas tres bandejas, en donde el sorgo molido por molino presentó el 16 % del total, y en cambio el sorgo quebrado, procesado por embolsadora, sólo contribuyó con el 7,6 %. A su vez, al observar las primeras cuatro bandejas también se detecta una diferencia ya que el sorgo molido presentó un 49,8 % y el sorgo quebrado un 58,1 %.

Se utilizaron raciones totalmente mezcladas, cuya composición de ingredientes para los tres tratamientos en estudio, expresada en base seca, fue la misma, variando solamente el procesamiento del sorgo utilizado (cuadro 10). La relación voluminoso:concentrado utilizada fue de 11,5:88,5.

**CUADRO 10.** Composición de ingredientes y química de las raciones utilizadas en los diferentes tratamientos (Expresado en base seca).

INGREDIENTES*	SF	SM	SQ
Sorgo	74,1	74,1	74,1
Grano trigo quebrado	8,7	8,7	8,7
Fardo paja cebada picada	3,7	3,7	3,7
Aserrin	7,8	7,8	7,8
Extrusado de soja	3,3	3,3	3,3
Núcleo proteico, vitamínico y mineral	2,4	2,4	2,4
Composición química**	RTM SF	RTM SM	RTM SQ
MS (%)	92,77	93,44	93,2
C (%)	4,28	3,8	5,86
PC (%)	9,43	9,85	10,95
FDN (%)	26,1	21,69	29,04
FDA (%)	19,58	11,86	16,44
NIDA (%) X 6,25	1,98	2,38	2,19

\*SF: Steam flake de sorgo; SM: Sorgo molido; SQ: Sorgo quebrado.

\*\*C: cenizas; PC: proteína cruda; FDN: fibra detergente neutro corregida por cenizas; FDA: fibra detergente ácido corregido por cenizas; NIDA (%) x 6,25: nitrógeno insoluble en solución ácido detergente x 6,25.

En el cuadro 11 se detallan los ingredientes del núcleo de vitaminas y minerales y su composición.



**CUADRO 11.** Ingredientes y composición del núcleo vitamínico y mineral.

<b>Componentes</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Materia Seca	97,5	%
Proteína Bruta	75,9	%
Azufre	0,1	%
Calcio	16,1	%
Cloro	7,2	%
Potasio	6,6	%
Sodio	4,2	%
Cobre	371,8	mg/kg
Iodo	17,9	mg/kg
Manganeso	153,8	mg/kg
Selenio	1,4	mg/kg
Zinc	578,6	mg/kg
Vitamina A	3000	UI/kg
Vitamina D3	8500	UI/kg
Vitamina E	330,5	UI/kg
Monensina	826,2	mg/kg

### **3.6.1. Caracterización de la granulometría de las raciones**

La granulometría de los granos enteros, los granos luego del procesamiento y de las raciones RTM, fue caracterizada utilizando un separador de partículas cribadas (Penn State Particle Separator) (Heinrichs y Kononoff, 2002), el cual permite el fraccionamiento de muestras frescas en partículas >19,05 mm (bandeja 1); partículas entre 7,87 y 19,05 mm (bandeja 2); particular entre 1,78 y 7,87 mm (bandeja 3) y partículas <1,78 mm (bandeja 4).

### **3.7. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL**

La ejecución del trabajo fue dividido en tres etapas: período pre-experimental de acostumbamiento, y período experimental, comprendiendo dos fases, la alimentación en confinamiento y la fase de faena y post faena.

### **3.7.1. Período de acostumbramiento**

Los animales llegaron al feedlot el 14 de junio y a partir de ese momento se comenzó con el acostumbramiento donde los novillos se manejaron en forma conjunta en un corral. Este período tuvo una duración de 25 días (14/06/12 al 09/07/12), y constó de 2 etapas:

1. Iniciación, con una duración de doce días, la cual consistió en el acostumbramiento al encierre y a la rutina de alimentación.
2. Transición, cuyo lapso fue de trece días, con el objetivo de acostumbrar al novillo al consumo de concentrado. Durante la transición los animales recibieron tres dietas en forma sucesiva, en las cuales la proporción de concentrado fue en aumento hasta alcanzar el porcentaje definitivo de las dietas experimentales.

Desde el día 1 de acostumbramiento se fue ajustando la cantidad de alimento ofrecida según la lectura de comedero, realizada todos los días a primera hora en la mañana. En la última etapa de transición los animales fueron separados por tratamiento para su acostumbramiento al procesamiento de grano de sorgo correspondiente.

### **3.7.2. Período de confinamiento**

Este período tuvo una duración de 97 días, desde el 9/7/2012 hasta el 14/10/2012.

El alimento fue ofrecido ad libitum. Esto se logró en base a lectura diaria de comedero, con el objetivo de que haya siempre un sobrante de alimento del día anterior.

La dieta se distribuyó en 3 comidas diarias, ofrecidas a las 8:00, siendo la misma el 25% del alimento diario total, a las 10:00 el 35% y a las 15:00 el 40% restante.

### **3.7.3. Período de faena y post faena**

Los novillos fueron faenados a fecha fija en un frigorífico comercial el 15 de octubre de 2012 y a las 48 horas (17/10/12) se realizaron mediciones sobre la canal.

### **3.8. MANEJO SANITARIO**

Al llegar los animales al feedlot fueron dosificados con el objetivo de controlar parásitos externos e internos (ivermectina y clostridiosis). También se le suministró %Biopligen+ de manera de controlar posibles infecciones respiratorias.

Diariamente eran observados a fin de identificar posibles irregularidades de comportamiento o trastornos digestivos.

### **3.9. REGISTROS Y DETERMINACIONES**

#### **3.9.1. Peso vivo**

Los animales fueron pesados en forma individual cada 14 días, a primera hora de la mañana, sin ayuno, sin orden de ingreso predeterminado a la balanza y previo a la primera comida.

#### **3.9.2. Altura al anca**

Se realizaron mediciones de altura al anca de cada animal al iniciar y al finalizar el período experimental.

#### **3.9.3. Área de ojo de bife y espesor de grasa subcutánea**

Al inicio del experimento fueron medidos en cada novillo mediante el uso de ecógrafo, el área de ojo de bife (AOB) y el espesor de grasa subcutánea. La primera es la medida del área del músculo dorsal largo (longissimus dorsi) en centímetros, y la segunda se mide en milímetros a las  $\frac{3}{4}$  partes del ancho del AOB. Ambas se miden por ecografía entre la 12<sup>a</sup> y 13<sup>a</sup> costilla, con la colocación del transductor en forma perpendicular a la posición del animal (Ferrario y Fernández, 2007).

#### **3.9.4. Consumo de materia seca**

El consumo de materia seca fue determinado diariamente para cada tratamiento mediante la diferencia entre el alimento ofrecido y rechazado y expresado en base individual.

Para llevar a cabo dicha determinación, el alimento era pesado y acopiado previamente a ser suministrado a los animales. El rechazo de alimento de cada corral fue recolectado y pesado diariamente previo al suministro de la primera comida, mediante el barrido de los comederos. El contenido de materia seca del alimento ofrecido fue estimado cada 14 días mediante el secado de una muestra representativa en estufa hasta peso constante. Las muestras secas de alimento ofrecido y rechazado fueron conservadas para la posterior realización de análisis químicos.

### **3.9.5. pH de las heces**

Al momento de las pesadas fueron recolectadas muestras de heces a 24 animales elegidos al azar (2 por corral) para la determinación del pH. El mismo fue determinado inmediatamente sobre las muestras frescas (10 gramos, dilución 1:1 con agua deionizada) utilizando un pH-imetro portátil.

### **3.9.6. Comportamiento**

El comportamiento animal en los corrales fue caracterizado sobre 24 animales (los mismos a los que se les recolectó heces) registrando mediante observación directa, la actividad de consumo de alimento y agua, rumia y descanso.

Este procedimiento se llevó a cabo en las semanas 4, 8 y 12 durante 3 días consecutivos comenzando la toma de registros a las 8:00 hs y extendiéndose durante el período de horas de luz hasta las 18:00 hs. La actividad realizada por cada animal fue registrada en una planilla a intervalos de 15 minutos.

### **3.9.7. Pre faena y post faena**

Los novillos fueron pesados individualmente en la planta frigorífica previo a la faena, luego de 24 horas de ayuno, siendo este el peso en primera balanza.

Previo a la segunda balanza se determinó para 24 animales (los mismos a los que se les realizó comportamiento ingestivo durante el experimento) el peso del contenido ruminal, a partir de la diferencia entre el peso de rumen lleno y vacío.

Posteriormente se obtuvo el peso en segunda balanza (peso de la media canal caliente).

El rendimiento de los animales, se calculó como la relación entre peso de la canal caliente y el peso vivo a la faena, expresado como porcentaje.

Luego de la faena las reses permanecieron en cámaras de frío durante 48 horas (proceso de maduración). Al finalizar este proceso, se obtuvieron los siguientes registros de cada uno animales realizados sobre la media res izquierda identificada de acuerdo al orden de ingreso a la planta: pH, espesor de grasa subcutánea, color de grasa y músculo, área de ojo de bife y determinación del grado de marmoreo según escala del USDA.

El pH se midió a nivel de la 10<sup>a</sup>-11<sup>a</sup> costilla, accediendo al músculo de forma perpendicular y en dirección caudo craneal.

Espesor de grasa subcutánea: Consiste en el trazado de una bisectriz a nivel de la 10<sup>a</sup> y 11<sup>a</sup> costilla, a lo largo del área de ojo de bife. En  $\frac{1}{2}$  y  $\frac{3}{4}$  de la misma, se traza la perpendicular, y a esa altura se obtiene el resultado de espesor.

Color de grasa intramuscular y color de músculo: fueron determinados mediante un colorímetro portátil Minolta CR300, a nivel del Longissimus dorsi, con un periodo mínimo de una hora de exposición al oxígeno. Se tomaron tres lecturas para el color de grasa y tres para el del músculo, promediándose posteriormente. Cada medida se compone por tres parámetros, L\*, a\* y b\*. El valor L\* corresponde al brillo y es directamente proporcional a la reflectancia de la luz reflejada, variando entre 0 (negro) y 100 (blanco); a\* refiere a diversas tonalidades de rojo, con valores positivos indicando rojo y valores negativos verde, b\* de acuerdo al amarillamiento, siendo amarillo con valor positivo, y azul con negativo.

El área de ojo de bife fue calculado a partir de la medición del largo y ancho del músculo longissimus dorsi a nivel de la 10<sup>a</sup> y 11<sup>a</sup> costilla.

Para determinar el grado de marmoreo se utilizaron cartillas que conforman una escala de marmoreo (USDA) y mediante observación visual del músculo longissimus dorsi a nivel de la 10<sup>a</sup>-11<sup>a</sup> costilla se determinó de forma individual el score de marmoreo de cada novillo.

La evaluación de la resistencia al corte según la técnica de Warner Bratzler (RCWB) se llevó a cabo en el laboratorio de Calidad de Carnes de la Estación Experimental Mario A. Cassinoni, en base a protocolos obtenidos del

Meat Animal Research Center adscrito al United States Department of Agriculture (USDA) (1994, 1995, 1998, 1999). Las muestras obtenidas en la etapa de post-faena, extraídas del músculo Longissimus dorsi a nivel de la 10<sup>a</sup> costilla, fueron almacenadas a una temperatura de . 20°C durante 24 horas. Luego se realizó la descongelación por aproximadamente 12 horas, e inmediatamente las muestras fueron pesadas individualmente. Seguido a esto, las muestras fueron llevadas a cocción en baño María durante 40 minutos, y se realizó el peso individual nuevamente para determinar el porcentaje de merma. Posteriormente, de cada muestra se extrajeron cinco cilindros con un sacabocados de 1,3 cm de diámetro, paralelamente a la dirección de las fibras musculares. El equipo utilizado para medir la resistencia o fuerza al corte según el método de Warner Bratzler (FCWB) fue un Shimadzu® - Modelo EZ Test, el cual realizó un corte transversal en la dirección de la fibra muscular. De esta forma se determinaron cinco valores de fuerza de corte por muestra (animal).

La determinación del contenido de grasa intramuscular se llevó a cabo en el laboratorio de Calidad de Carnes de la Estación Experimental Mario A. Cassinoni. El método consiste en la extracción de la grasa de la muestra previamente hidrolizada y desecada, por medio de éter de petróleo, eliminación del disolvente por evaporación, desecación del residuo y posterior pesada después de enfriado<sup>1</sup>.

### 3.10. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El experimento fue analizado mediante modelos lineales correspondientes a un diseño de bloques al azar, considerando como unidad experimental al conjunto de cuatro novillos por corral. El modelo estadístico incluyó el efecto de bloque, tratamiento y el peso inicial como covariable.

Las variables con medidas repetidas en el tiempo, como peso vivo y consumo, fueron analizados utilizando el procedimiento Mixed de SAS (del SAS Institute).

El efecto de los tratamientos sobre la ganancia media diaria (GMD, coeficientes de regresión de las rectas ajustadas) fue estudiado mediante un modelo de heterogeneidad de pendientes del PV en función del tiempo, de forma:

$$Y_{ijklm} = 0 + \mu + B_j + \tau_{ijk} + 1d_l + 1_i \mu_{d_l} + 2PV_{ijk} + \epsilon_{ijkl}$$

<sup>1</sup> Olivan, M.; Martinez-Cerezo, S.; Panea, B.; Osoro, K. 2005. Determinación de la composición química de la carne; humedad, cenizas, grasa, proteína y colágeno (sin publicar).

donde:

$Y_{ijkl}$  : Peso vivo (PV)

$\beta_0$ : intercepto

$\mu_i$  : efecto del i-ésimo tratamiento (i= SF, SM, SQ)

$B_j$ : efecto del j-ésimo bloque de manejo previo (j= CN o Pradera)

$\epsilon_{ijk}$  : error experimental

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

$\beta_{1i}$  : es la pendiente del peso vivo (PV) en función de los días ( $d_i$ ) para cada tratamiento

$\beta_2$ : es la pendiente que afecta a la covariable PV al inicio del experimento

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

Para el análisis de las variables de comportamiento ingestivo de los animales fue realizada transformación LOGIT de los datos originales, la cual asume que la variable %número de registros/ registros totales+tiene distribución binomial. Los datos transformados fueron analizados a través de un modelo lineal generalizado usando el macro GLIMMIX del paquete estadístico SAS (1999).

$$\text{Ln}(P/(1-P)) = \beta_0 + \mu_i + B_j + S_k + (\epsilon_{ijk} + D_l(S)_k)$$

donde:

P es la probabilidad de consumo, rumia o descanso.

$\beta_0$  es el intercepto

$\mu_j$  es el efecto de los tratamientos

$P_j$  es el efecto de la semana de observación

$P_{ij}$  es la interacción entre tratamiento y semana

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

VARIABLES COMO LA EC, PESO A LA FAENA Y CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL Y CARNE FUERON ANALIZADAS UTILIZANDO EL PROCEDIMIENTO GLM DE SAS (SAS INST. INC., CARY, NC), DE ACUERDO AL MODELO GENERAL  $Y_{ij} = \mu + \mu_i + B_j + 1PV_{ij} + \epsilon_{ij}$

EN TODOS LOS CASOS SE CONSIDERÓ UN EFECTO ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVO CUANDO LA PROBABILIDAD DE ERROR DE TIPO I FUE INFERIOR AL 5% ( $P < 0.05$ ). LAS MEDIAS DE TRATAMIENTOS FUERON COMPARADAS MEDIANTE CONTRATES ORTOGONALES EVALUÁNDOSE: [SF vs. (SM+SQ)] Y [SM vs. SQ].

## 4. RESULTADOS

### 4.1. REGISTROS CLIMÁTICOS

En el cuadro 12 se detallan las temperaturas medias, mínimas y máximas mensuales y precipitaciones registradas durante el período experimental en la Unidad de engorde intensivo %El Impulso+ de la empresa Tacuarembó Marfrig.

**CUADRO 12.** Temperatura (T) media, máxima y mínima, y precipitaciones (PP) registradas durante el experimento.

Variable	junio 14 al 30	julio	agosto	setiembre	octubre 1 al 14
T media (°C)	13,1	8,8	14,3	15,4	17,3
T mínima (°C)	3,4	-1,3	2,1	3,6	9,3
T máxima (°C)	23,8	28,2	29,9	28,8	28,4
PP (mm)	63,2	15,8	338,2	107,2	126,8

### 4.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA Y CARACTERIZACIÓN GRANULOMÉTRICA DE LAS RACIONES Y SUS RECHAZOS

La composición química de las raciones ofrecidas y sus rechazos no parecen mostrar diferencias entre tratamientos. Si bien esto no se puede afirmar ya que no se realizaron análisis estadísticos, los valores obtenidos en cada tratamiento, no parecerían mostrar grandes diferencias entre sí.

El tamaño medio de partícula y la distribución granulométrica de las raciones ofrecidas y del rechazo se puede observar en los cuadros 13 y 14, respectivamente. El análisis estadístico del tamaño medio de partícula entre las raciones ofrecidas reportó diferencias significativas ( $P=0,0048$ ). En cambio, entre las raciones rechazadas no se observaron diferencias significativas entre tratamientos ( $P=0,6716$ ).



**CUADRO 13.** Tamaño de partícula promedio y distribución granulométrica de la dieta (RTM) ofrecida según tratamiento.

	Tratamientos <sup>A</sup>			Contrastes (P valor)	
	SF	SM	SQ	SF vs. (SM+SQ)	SM vs. SQ
Tamaño medio de partícula (mm)	2,79	2,93	3,37	0,0060	0,0053
Distribución de las partículas por tamaño <sup>B</sup>					
Tamíz Superior (%)	2,25	1,40	1,60	0,6609	0,9179
Tamíz Medio (%)	2,90	2,00	2,40	0,3440	0,6178
Tamíz Inferior (%)	70,95	77,95	86,05	0,0470	0,1300
Bandeja inferior (%)	23,9	18,7	10,0	0,0133	0,0256

<sup>A</sup> SF: Steam flake; SM: Sorgo molido; SQ: Sorgo quebrado.

<sup>B</sup> Porcentaje del total en base fresca retenido en cada bandeja.

**CUADRO 14.** Tamaño de partícula promedio y distribución granulométrica del rechazo en la dieta según tratamiento.

	Tratamientos <sup>A</sup>			Contrastes (P valor)	
	SF	SM	SQ	SF vs. (SM+SQ)	SM vs. SQ
Tamaño medio de partícula (mm)	4,48	3,11	3,06	0,4103	0,9782
Distribución de las partículas por tamaño <sup>B</sup>					
Tamíz Superior (%)	3,40	0,35	0,35	0,2828	1,0000
Tamíz Medio (%)	22,15	1,85	1,65	0,2701	0,9916
Tamíz Inferior (%)	57,90	83,15	83,85	0,1752	0,9692
Bandeja inferior (%)	16,6	14,8	14,1	0,8727	0,9661

<sup>A</sup> SF: Steam flake; SM: Sorgo molido; SQ: Sorgo quebrado.

<sup>B</sup> Porcentaje del total en base fresca retenido en cada bandeja.

**CUADRO 15.** Composición química del rechazo de las dietas según tratamiento.

Tratamiento	MS (%)	C (%)	PC (%)	FDN (%)*	FDA (%)*	NIDA (%) x 6,25
Steam Flake	93,49	4,48	10,73	25,00	15,07	2,39
Sorgo Molido	93,55	4,24	10,76	19,49	11,44	2,09
Sorgo Quebrado	93,04	4,22	11,30	23,43	13,89	2,10

\*Corregido por cenizas.

#### 4.2.1. Granulometría de las dietas

A continuación se presenta el tamaño promedio de partícula y los datos de granulometría de las dietas de los diferentes tratamientos, tanto para la dieta ofrecida (cuadro 16) como para lo rechazado por parte de los animales (cuadro 17).

**CUADRO 16.** Tamaño de partícula promedio y distribución granulométrica de la dieta (RTM) ofrecida según tratamiento.

<b>Dieta (RTM)*</b>	<b>SF</b>	<b>SM</b>	<b>SQ</b>
Tamaño medio de partícula (mm)	2,79	2,93	3,37
Tamíz Superior (%)	2,25	1,40	1,60
Tamíz Medio (%)	2,90	2,00	2,40
Tamíz Inferior (%)	70,95	77,95	86,05
Bandeja inferior (%)	23,90	18,65	9,95

\*SF: Steam flake. SM: Sorgo molido. SQ: Sorgo quebrado.

**CUADRO 17.** Tamaño de partícula promedio y distribución granulométrica del rechazo de alimento según tratamiento.

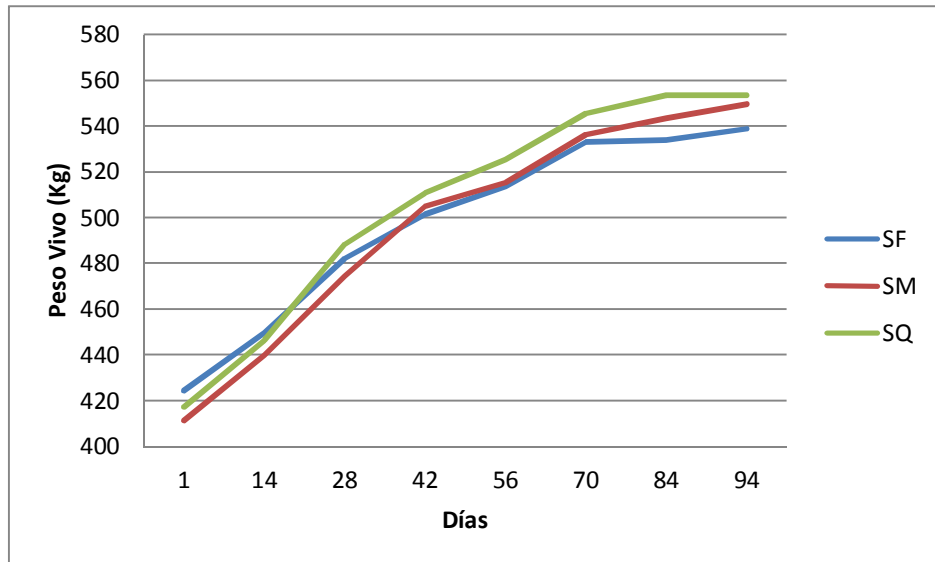
<b>Rechazo*</b>	<b>SF</b>	<b>SM</b>	<b>SQ</b>
Tamaño medio de partícula (mm)	3,17	3,57	3,11
Tamíz Superior (%)	1	0	0
Tamíz Medio (%)	8	3	2
Tamíz Inferior (%)	68	93	85
Bandeja inferior (%)	23	5	13

\*SF: Steam flake. SM: Sorgo molido. SQ: Sorgo quebrado.

### 4.3. PERFORMANCE EN EL CORRAL

#### 4.3.1. Peso vivo y ganancia diaria

En la gráfica 4 se pueden observar las curvas de evolución de peso vivo de los animales, las pendientes de las curvas representan las ganancias medias diarias, las cuales se vieron afectadas por el tipo de procesamiento del grano de sorgo (P=0,0073).



SF: Steam flake; SM: Sorgo molido; SQ: Sorgo quebrado.

**GRÁFICA 4.** Efecto del procesamiento del grano de sorgo sobre la evolución del peso vivo de novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento.

En el cuadro 18 se presentan los resultados obtenidos para ganancia de peso, consumo de MS (Kg/d y % PV) y eficiencia de conversión entre los tratamientos con SF, SM y SQ.

Los novillos consumiendo SF presentaron menor ganancia media diaria que los que consumían sorgo grano húmedo ( $P=0,0017$ ), en cambio entre los tratamientos SM y SQ no se presentaron diferencias ( $P=0,9366$ ).

**CUADRO 18.** Efecto del procesamiento del grano de sorgo sobre la ganancia diaria, consumo de MS y eficiencia de conversión de novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento (9/07/2012 al 14/10/2012).

	Tratamiento <sup>A</sup>			Contraste (P valor)	
	SF	SM	SQ	SF vs. (SM+SQ)	SM vs. SQ
Peso vivo inicial (kg)	424	411	417		
Ganancia de peso vivo (kg/d)	1,179	1,486	1,477	0,0017	0,9366
Consumo MS (kg/a/d)	9,30	11,17	12,53	<0,0001	0,0050
Consumo MS (% PV)	1,97	2,36	2,61	0,0037	0,6330
Eficiencia de conversión	7,12	8,51	8,92	0,0426	0,4635

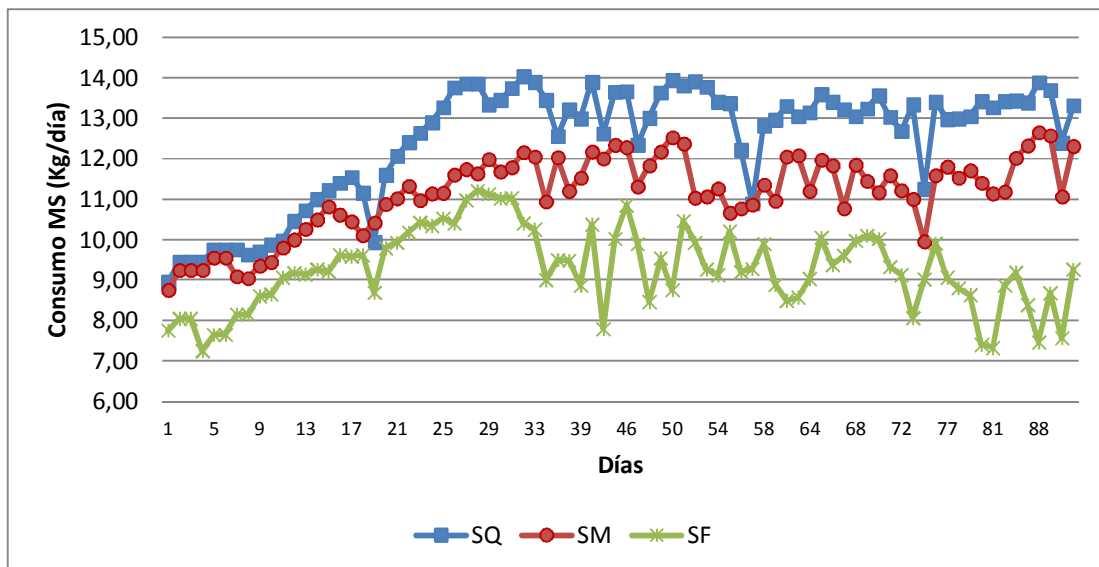
<sup>A</sup> SF: Steam flake; SM: Sorgo molido; SQ: Sorgo quebrado.

#### **4.3.2. Consumo**

El consumo diario expresado tanto en kilos por animal (kg/animal) como en porcentaje de peso vivo (% PV), fue afectado por los tratamientos ( $P < 0,0001$ ), la semana de evaluación ( $P < 0,0001$ ) y la interacción semana por tratamiento ( $P < 0,0001$ ). Al realizar los contrastes ortogonales se encontró que el consumo (kg/día) de los animales del tratamiento SF fue menor con relación a los tratamientos SGH ( $P < 0,0001$ ), en tanto el consumo en SM fue inferior al registrado en SQ ( $P = 0,0050$ ). La misma respuesta fue observada cuando el consumo se expresó como % PV. En el cuadro 4.7 se presentan los valores de consumo de materia seca por tratamiento.

La cantidad total de alimento rechazado, expresado en porcentaje de lo ofrecido, difirió entre tratamientos. El tratamiento SF tuvo un porcentaje de rechazo mayor que los tratamientos SGH (10,9% vs. 5,97%), sin diferencias significativas entre SM y SQ ( $P = 0,22$ ).

En la gráfica 5 se puede observar la evolución del consumo de MS durante el período experimental. El consumo de los animales del tratamiento SQ siempre fue superior al tratamiento SM y éste superó al de SF, durante todo el período.



SF: Steam flake; SM: Sorgo molido; SQ: Sorgo quebrado.

#### GRÁFICA 5. Evolución del consumo de MS de los distintos tratamientos.

Durante las primeras tres semanas del experimento, el consumo fue aumentando gradualmente sin presentar diferencias significativas entre tratamientos. A partir de la cuarta semana, el consumo por parte de los animales de SF se mantiene constante, mientras que en SQ y SM continúa en aumento hasta la semana cinco. El tratamiento SQ es el que logra mayores niveles de consumo, seguido por SM y SF respectivamente. Este orden se mantuvo durante todo el período experimental.

#### 4.3.3. Eficiencia de conversión

La eficiencia de conversión, expresada como los kilogramos MS de alimento consumido por unidad de ganancia de peso, no fue afectada significativamente por el procesamiento del grano, aunque sí se observó una tendencia ( $P=0,0558$ ) a favor del tratamiento SF con relación a los tratamientos SGH, sin diferencias entre SM y SQ (cuadro 18).

#### 4.4. COMPORTAMIENTO INGESTIVO

El tipo de procesamiento del grano de sorgo aportado en las dietas de confinamiento ocasionó diferencias en el tiempo destinado al consumo de MS ( $P=0,0166$ ). También se evidencian diferencias en el tiempo destinado al consumo entre semanas ( $P<,0001$ ), siendo este efecto dependiente del

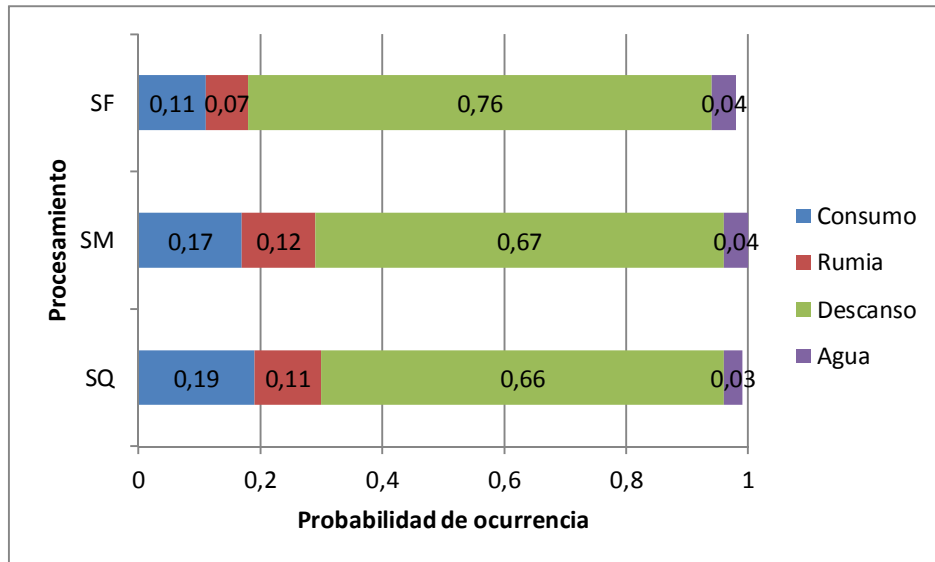
tratamiento ( $P=0,0008$ ). Todo esto resultó en una mayor probabilidad de encontrar a un novillo consumiendo MS en los tratamientos SM y SQ que en el tratamiento SF, durante las horas de luz (SF vs. SM+SQ = 0,0049). Sin embargo entre los tratamientos SM y SQ no presentaron diferencias significativas en el tiempo destinado al consumo de MS (SM vs. SQ = 0,5851).

Del mismo modo, también existieron diferencias significativas en la probabilidad de encontrar un animal realizando la actividad de rumia entre tratamientos ( $P<0,0001$ ). A su vez, existieron diferencias en el tiempo destinado a la rumia entre semanas ( $P=0,0003$ ), siendo este efecto independiente del tipo de procesamiento ( $P=0,9563$ ). El tratamiento SF es significativamente menor que SM y SQ (SF vs. SM+SQ < 0,0001). Al igual que en la actividad de consumo de MS, la probabilidad de encontrar un novillo rumiando no difirió entre los tratamientos de SM y SQ (SM vs. SQ = 0,3791).

En cuanto al tiempo destinado a la actividad de descanso también se observaron diferencias debidas al procesamiento del grano de sorgo ( $P<0,0001$ ). En cambio, entre semanas no se encontraron diferencias significativas en el tiempo destinado al descanso ( $P=0,1619$ ), así como tampoco las hubo en la interacción entre semana por procesamiento ( $P=0,0954$ ). El tratamiento de SF difirió significativamente de los demás tratamientos (SF vs. SM+SQ < 0,0001), mientras que estos últimos no difirieron entre sí (SM vs. SQ = 0,4330).

La única actividad en la cual no hubo diferencias significativas entre los tres tratamientos fue en la actividad de consumo de agua ( $P=0,1741$ ). Tampoco hubo diferencias en el consumo de agua entre semanas ( $P=0,1177$ ), ni en la interacción entre semana por procesamiento ( $P=0,3177$ ).

En la gráfica 6 se presentan las probabilidades de ocurrencia de las diferentes actividades analizadas, según el procesamiento del grano de sorgo.

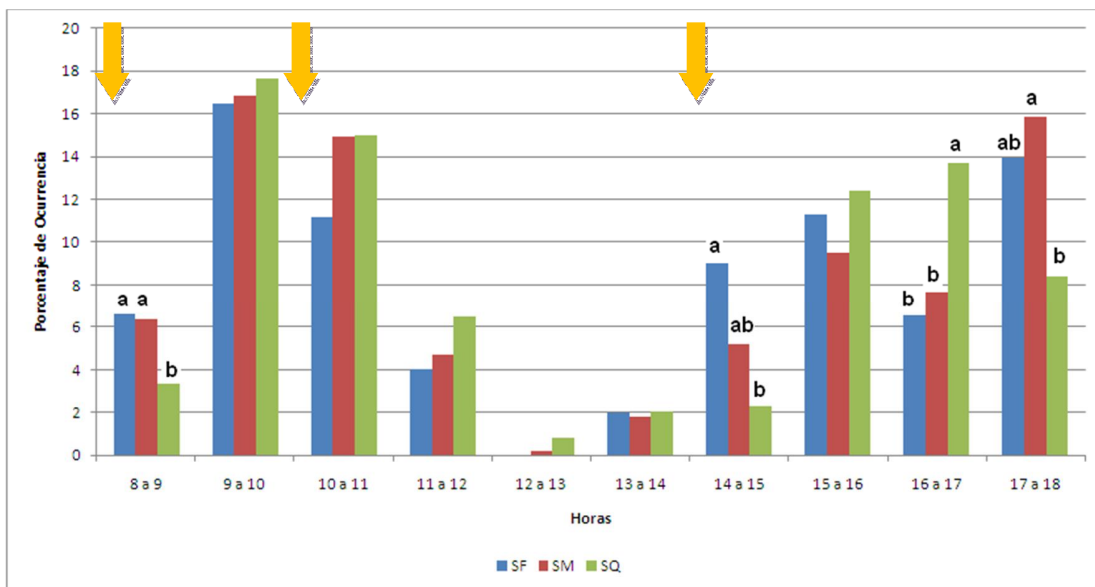


SF: Steam flake; SM: Sorgo molido; SQ: Sorgo quebrado.

**GRÁFICA 6.** Efecto del tipo de procesamiento del sorgo sobre la probabilidad de ocurrencia de consumo de MS, rumia, descanso y consumo de agua, durante las horas de luz (8 a 18 horas), en novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento.

Los patrones de consumo y rumia, que indican la distribución de estas variables a lo largo del día se presentan en las gráficas 7 y 8, respectivamente.

Las diferencias estadísticas generadas en la actividad de consumo se explican por el horario y estrategia de suministro de la comida. La operativa consistió en darles el alimento en primer lugar a los animales del tratamiento SF, seguido por SM y por último SQ. Esto generó que al realizar el comportamiento durante la primer hora de la mañana y de la tarde los animales de los primeros dos tratamientos ya tenían su comida en el comedero pero los de SQ aún no se les había dado. Es por esta razón que en el horario de 8 a 9 am y de 2 a 3 pm se encuentran diferencias significativas entre los primeros dos tratamientos y el SQ. Estos fueron los horarios de suministro de la primer y tercer comida del día. En el segundo suministro de comida no se apreciaron diferencias porque el tiempo entre el primer y segundo suministro de comida es bajo.

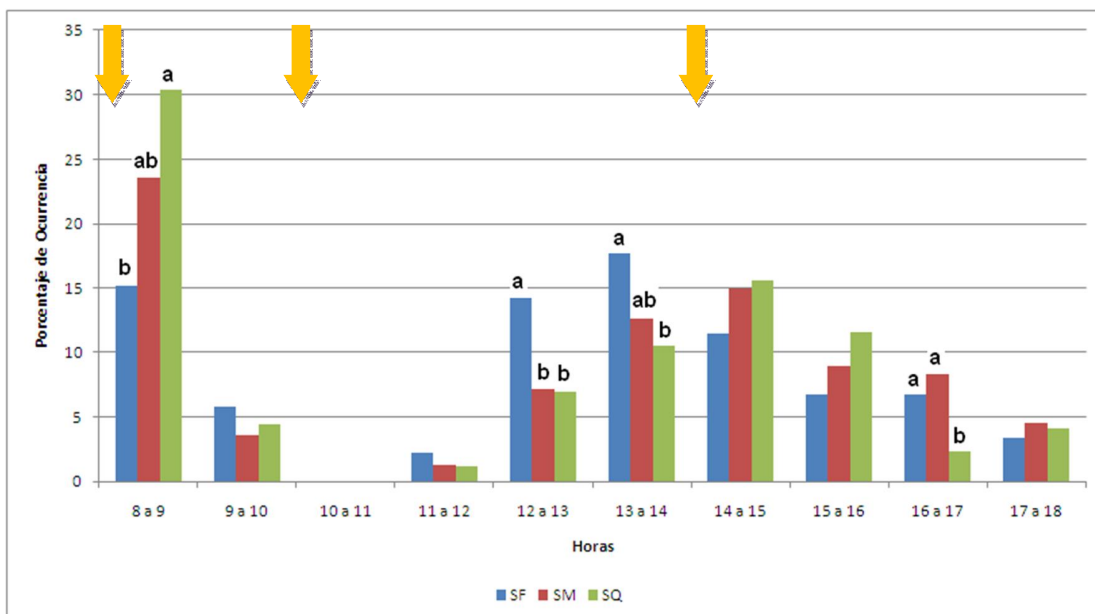


\*a,b: medias seguidas de diferente letra dentro de un mismo horario difieren significativamente ( $P < 0,05$ ).

\*\* Las flechas amarillas indican el comienzo del reparto de ración.

**GRÁFICA 7.** Efecto del procesamiento del grano de sorgo sobre el porcentaje del tiempo destinado al consumo de MS, durante las horas de luz (8 a 18 horas).



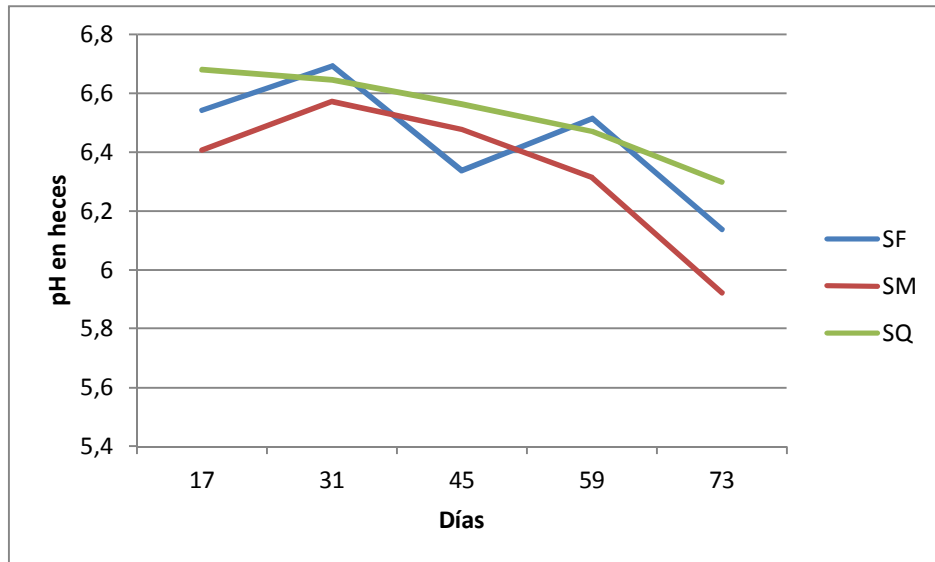


\*a,b: medias seguidas de diferente letra dentro de un mismo horario difieren significativamente ( $P < 0,05$ ).

**GRÁFICA 8.** Efecto del procesamiento del grano de sorgo sobre el porcentaje del tiempo destinado a la actividad de rumia, durante las horas de luz (8 a 18 horas).

#### 4.5. pH DE LAS HECES

La evolución del pH en heces de los animales conforme avanzó el período experimental se presenta en el gráfico 9. El pH en heces varió entre tratamientos ( $P = 0,0296$ ) y días ( $P < 0,0001$ ), siendo efecto independiente del tipo de procesamiento del grano de sorgo ( $P = 0,7788$ ).



SF: Steam flake; SM: Sorgo molido; SQ: Sorgo quebrado.

**GRÁFICA 9.** Efecto del procesamiento del grano de sorgo sobre la evolución del pH en heces de novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento.

En promedio, el pH en heces de los novillos en SF no difirió del registrado en los tratamientos SGH (SF:6,4 vs. SM+SQ:6,4;  $P=0,876$ ), mientras que el pH promedio de SM fue significativamente menor que el de SQ (6,3 vs. 6,5;  $P=0,0086$ ).

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

En el cuadro 19 se presentan las medias ajustadas por tratamiento, para características de canal y carne.

**CUADRO 19.** Efecto del procesamiento del grano de sorgo sobre características de la canal y de la carne en novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento.

Variables	Tratamientos <sup>A</sup>			Contrastes (P valor)	
	SF	SM	SQ	SF vs. (SM+SQ)	SM vs. SQ
Peso vivo Final (kg) <sup>B</sup>	528,0	556,7	554,8	0,0019	0,8375
Altura al anca (cm)	134,3	135,5	135,8	0,0993	0,7428
Peso vivo Faena (Kg) <sup>C</sup>	507,2	534,1	532,2	0,0019	0,8334
Peso canal (kg)	267,3	286,5	283,6	<,0001	0,5002
Rendimiento (%)	52,7	53,6	53,2	0,0870	0,3937
Peso Rumen (kg)	43,9	36,9	36,0	0,0136	0,7762
Espesor de Grasa (mm)	14,9	17,4	16,8	0,0974	0,6536
Área de Ojo de Bife (cm <sup>2</sup> )	67,8	66,8	65,8	0,6258	0,7773
Score de Marmoreo <sup>D</sup>	5,0	6,1	6,0	0,0587	0,8608
Contenido de grasa intramuscular (%)	3,3	4,1	3,5	0,3675	0,3072
Color Grasa L	70,12	68,13	69,89	0,2259	0,0877
Color Grasa a	8,68	9,00	7,95	0,7267	0,1009
Color Grasa b	11,02	11,27	10,81	0,9795	0,4575
Color Músculo L	35,93	34,98	35,34	0,2293	0,6120
Color Músculo a	20,90	21,03	22,26	0,2870	0,1216
Color Músculo b	9,59	9,21	9,68	0,7121	0,2935
pH 24 horas	5,63	5,61	5,64	0,8685	0,0813
Termeza (WB, kg)	3,81	3,87	3,86	0,8757	0,9796

<sup>A</sup> SF: Steam flake; SM: Sorgo molido; SQ: Sorgo quebrado.

<sup>B</sup> Peso final en corral.

<sup>C</sup> Peso final en frigorífico con 24 horas de ayuno.

<sup>D</sup> Codificado como: 1= mínimo slight; 2= slight; 3= máximo slight; 4= mínimo small; 5= small; 6= máximo small; 7= mínimo modest; 8= modest; 9= máximo modest.

De todas las variables evaluadas se pudo encontrar diferencias en lo que refiere a peso vivo final (SF vs. SM+SQ), peso vivo faena (SF vs. SM+SQ), peso canal (SF vs. SM+SQ) y peso rumen (SF vs. SM+SQ).

## **5. DISCUSIÓN**

### **5.1. CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL PERÍODO EXPERIMENTAL**

La temperatura media en el período experimental (13,62°C) no varió con respecto a los registros históricos, ya que el promedio histórico del período junio . octubre es de 12,96°C (URUGUAY. MDN. DNM, s.f.) por lo que podría afirmarse que, con respecto a la temperatura, se trató de un año %normal+.

Sin embargo, las precipitaciones acumuladas durante el período experimental superaron en un 70% el promedio histórico para la zona (651 vs 382mm) (URUGUAY. MDN. DNM, s.f.).

La presencia del barro fue aumentando a medida que fue avanzando el período experimental. Esto puede verse explicado por el constante pisoteo de los animales, pero fundamentalmente por las altas precipitaciones ocurridas hacia el fin del experimento.

Los problemas asociados al barro comenzaron a suceder luego de registrarse grandes precipitaciones a mediados de agosto (cuadro 12), a partir de este momento y hasta el final del experimento (60 días aproximadamente) el barro en los corrales alcanzaba en promedio una profundidad de 30 cm.

Esta situación podría haber afectado directamente el consumo de alimentos. Mader, citado por Ferrari (2012), reporta para vacunos en confinamiento, una reducción en la ganancia diaria de 1,59 kg/d para 0,78 kg/d y el empeoramiento de la eficiencia de conversión del alimento de 6,3 para 10,2 cuando la profundidad del barro en el corral pasó de 0 cm a 45 cm.

En concordancia con lo mencionado por Mader, citado por Ferrari (2012), para Grandin, citado por Ferrari (2012), cuando hay barro por encima de la inserción de las pezuñas, existe un problema grave de bienestar. Como resultado del barro adherido al pelo del animal, más la presencia del viento, las pérdidas de calor por convección y conducción aumentan, y con ello se incrementa también la demanda de energía por parte del vacuno para mantener su temperatura corporal dentro de los rangos normales.

## **5.2. EFECTO DEL PROCESAMIENTO SOBRE LA GRANULOMETRÍA DE LA RACIÓN OFRECIDA Y DE LA DIETA**

Cada procesamiento afecta, de manera diferente, la granulometría de la ración ofrecida variando así su distribución en los tamices y su tamaño medio de partícula. Esto repercute en el aprovechamiento del grano por los animales afectando las diferentes variables como CMS, eficiencia de conversión, ganancia media diaria.

Las diferencias presentadas en el tamaño de partícula entre los granos de sorgo húmedo, afectarán la utilización del almidón contenido en el grano. Esto se debe a que cambia la digestibilidad parcial en cada sitio, aumentando fundamentalmente a nivel ruminal. Offner et al. (2003) destacan que la molienda produce aumentos significativos de la fracción soluble y también de la tasa de degradación. A su vez dicha tasa varía inversamente con el tamaño de partícula del grano (Galyean et al., 1981).

## **5.3. PERFORMANCE EN EL CORRAL**

### **5.3.1. Ganancia diaria y consumo**

El tratamiento SF de sorgo presentó consumos significativamente menores a los tratamientos SGH. Trabajos reportados por Owens et al. (1997) indican que niveles de procesamiento más intensivos (por ejemplo steam flake) presentan una mayor fermentación ruminal debido a un mayor ataque de los microorganismos allí presentes. A su vez, la tasa de degradabilidad es muy alta lo que genera una elevada producción de AGV por kilo de MS consumido, pudiendo provocar una acidosis subclínica. Esto repercute en el consumo, ya que el mismo se detiene y a su vez aumenta la variación entre días.

Una mayor fermentación ruminal y una mayor tasa de fermentación determinan una mayor producción de AGV (Pordomingo, 2005) y por lo tanto genera un menor consumo determinado por los reguladores de consumo presentes en el rumen los cuales captan dichos niveles crecientes de AGV (Marichal, 2012). Esto genera la saciedad del animal y por lo tanto el consumo se detiene.

García et al., Kartchner, citados por Theurer (1986), señalan que la elevada degradabilidad ruminal del steam flake de sorgo con relación al sorgo rolado seco (76% vs. 47%, respectivamente), generó saciedad en los animales, lo cual determinó que el consumo se deprimiera en tal magnitud que afecte

negativamente la ganancia diaria, siendo menor a la de SM y SQ. Esto coincide con los resultados obtenidos por Owens et al. (1995), donde se señala que a mayor consumo empeora la eficiencia de conversión. Esto se explica por un aumento en menor proporción de la ganancia diaria en comparación con el aumento que tiene el consumo. Por lo tanto sería razonable pensar que la ganancia diaria del tratamiento SF fue significativamente menor a los demás tratamientos debido a un menor consumo de energía.

Con relación a los tratamientos SM y SQ, estudios recopilados por Theurer (1986), son consistentes al demostrar que la degradabilidad ruminal es inferior para cualquier procesamiento mecánico en comparación con el steam flake. Esta menor degradabilidad se explica por la estructura del grano, ya que queda una menor superficie expuesta a la acción de los microorganismos y enzimas, y por lo tanto el consumo aumenta. De esta manera, al aumentar el consumo aumenta la tasa de pasaje (Theurer, 1986).

Entre los tratamientos SM y SQ, no se observan diferencias significativas en cuanto a la ganancia diaria, pero si las hay en consumo de MS, presentando el tratamiento SQ un mayor consumo de MS. De esto se desprende que los animales alimentados con SM realizaron una mejor utilización del alimento (Galyean et al., citados por Elizalde y Montiel, 2004). El grano de sorgo molido presenta un menor tamaño de partícula, lo cual permite un mayor ataque de los microorganismos presentes en el rumen provocando un aumento de la degradabilidad ruminal (Pieroni, citado por Elizalde y Montiel, 2004), y como consecuencia una mayor digestibilidad total (Offner et al. 2003, Baldi et al. 2008).

Las menores ganancias diarias obtenidas por el tratamiento SF en el experimento realizado, no coinciden con lo obtenido por Stock y Mader (1987) quienes reportan una mejor performance de los animales alimentados con steam flake de sorgo con relación a los que recibieron el sorgo rolado seco, o como grano húmedo molido.

Owens et al. (1997), sin embargo, no hallaron beneficio del steam flake sobre la ganancia diaria con respecto al rolado seco y al grano húmedo molido.

Como se puede apreciar en el gráfico 4, en los últimos 30 días del experimento la evolución de peso vivo se detuvo. Esto puede deberse a que, si bien los animales ya se encontraban con un peso cercano al de faena, el barro en este período alcanzó profundidades cercanas a 45 cm, y de acuerdo con Mader, citado por Ferrari (2012) esto influye de manera significativa en la ganancia diaria.

El menor consumo de MS de SF coincide con los resultados obtenidos por Owens et al. (1997) donde evaluaron el efecto del procesamiento del grano de sorgo sobre el consumo de MS observándose claramente un menor consumo por parte del tratamiento con steam flake. Este autor destaca que el steam flake mejora sustancialmente la eficiencia energética del grano de sorgo y es por esta razón que se explica un menor consumo.

Hale et al. (1966) encontraron que hubo diferencias significativas en consumo de MS entre el tratamiento steam flake y molido, pero el tratamiento que obtuvo mayor consumo fue el de steam flake. Esto no coincide con los resultados obtenidos durante el presente trabajo, donde se observó que el tratamiento que presentó menor consumo fue SF.

Esta discrepancia observada con los autores citados anteriormente pueden verse explicadas por varios motivos. En primer lugar la formulación de las dietas de los diferentes tratamientos fueron realizadas en base al tratamiento SF, permaneciendo invariables la proporción de cada componente de la dieta para los otros dos tratamientos. Esto determinó que las dietas no fueran isoenergéticas, ya que por kilo de MS ofrecido el tratamiento SF aporta mayor energía. Esto trae como consecuencia que el consumo de MS por parte de los animales bajo el tratamiento SF se vea más afectado.

En segundo lugar la dieta del tratamiento SF presentó mayor variabilidad en el proceso de elaboración que la de los demás tratamientos ya que es un proceso que se realizó diariamente, lo que determina que el producto generado no haya sido homogéneo durante el período experimental. Esto redundo en dos aspectos; lo referente al grano y al procesamiento. Con respecto al grano utilizado, el mismo proviene de diferentes chacras, y por lo tanto varía en su composición. Por otro lado en cuanto al procesamiento, este tiene cierta variabilidad en la formación del producto final en lo que respecta a humedad y densidad del copo. Esto influye en la performance animal (Stock y Mader 1987, Owens et al. 2006). En cambio para los otros tratamientos, el grano utilizado era más homogéneo debido a que fue cosechado y embolsado proveniente de una sola chacra, lo que hace que durante todo el periodo experimental las propiedades del grano no varieran.

En tercer lugar, podemos observar hacia el final del período experimental un aumento de la cantidad de barro en los corrales lo que pudo haber afectado el patrón de consumo de los animales. Esto hace que los animales coman de golpe, a grandes bocados y con menos masticación en cada bocado, cargando el rumen con mucho almidón rápidamente y poca saliva (regulador natural de la acidez ruminal) (Almada, 2008). Todo esto pudo haber afectado en mayor medida al tratamiento SF, debido a su alta tasa de degradabilidad ruminal y alto

contenido energético en la dieta, lo cual pudo haber causado una leve acidosis, deprimiendo así el consumo de los animales en este tratamiento.

### **5.3.2. Eficiencia de conversión**

El tratamiento SF representó una mejora de eficiencia de conversión del 18 % con respecto al promedio de los tratamientos SGH procesados mecánicamente. Cabe destacar que cuando comparamos los tratamientos SM contra SQ, la diferencia en eficiencia de conversión alcanza un 4,6 %.

Los resultados obtenidos en el período experimental coinciden con los obtenidos por Owens et al. (1997), quienes reportan diferencias significativas en eficiencia de conversión entre el tratamiento de steam flake y el tratamiento de grano húmedo molido (11,1 % de mejora a favor del primero).

A su vez, los resultados obtenidos por Owens et al. (1997) coinciden con los obtenidos por Stock y Mader (1987) en cuanto a performance de los animales alimentados con steam flake de sorgo, sorgo rolado seco o grano húmedo de sorgo. Los resultados que obtuvieron fue una mejor eficiencia de conversión a favor del steam flake, al igual que en el presente experimento.

Si bien Hale et al. (1966), comparando steam flake de sorgo con sorgo rolado seco, encontraron diferencias en la eficiencia de conversión a favor del steam flake, las mismas no fueron significativas estadísticamente.

McNeill et al., Kartchner, Hinman y Johnson, García et al., recopilados por Theurer (1986) plantean trabajos consistentes en los resultados obtenidos sobre la utilización del almidón en el rumen y en los intestinos. Dichos autores muestran que el grano de sorgo procesado como steam flake presenta elevada degradabilidad. De esta manera, el almidón que alcanza los intestinos es menor y por lo tanto puede ser digerido en alto porcentaje en este sitio, logrando así una alta digestión en el total del tracto. Esto altera los productos finales de la digestión total observándose una mayor proporción de AGV con respecto a los productos finales del intestino (glucosa) para el tratamiento SF (Theurer 1986, Owens et al. 1997, Huntington 2006). Sin embargo, para los tratamientos SGH, al ser el grano menos atacado por los microorganismos del rumen, la cantidad de almidón que pasa a los intestinos es mayor, cambiando de esta forma los sitios de digestión y por lo tanto variando las proporciones de los productos finales, produciéndose una mayor proporción de glucosa y menor de AGV en comparación con el tratamiento SF (Owens y Soderlund, 2007).



Más de un 70% de los requerimientos energéticos por parte de los animales son cubiertos por los AGV absorbidos por el rumen (Marichal, 2012). El aporte energético por kilo de MS por parte de la dieta del tratamiento SF es mayor que la de SGH (1,20 y 1,09 Mcal/kg, respectivamente) (Zinn et al., 2008). Como consecuencia los animales alcanzan con menor cantidad de MS a cubrir los requerimientos de mantenimiento. Al aportar más energía por kg consumido genera que se cubran sus requerimientos totales antes y por lo tanto el consumo sea inferior al de los tratamientos restantes.

#### 5.4. COMPORTAMIENTO INGESTIVO

Durante el experimento se pudo apreciar que durante las horas de luz los animales tuvieron una alta cantidad de visitas al comedero, pero el porcentaje de animales consumiendo por hora fue bajo (gráfica 7). En ningún momento del día la cantidad de animales en el comedero superó el 20% del total de los mismos. Este comportamiento es típico en animales que consumen *ad libitum* (Elizalde et al., 2004). La actividad de consumo fue menor en SF con respecto a SM y SQ, debido a que el consumo de materia seca fue menor para el tratamiento SF.

En lo que refiere a la actividad de rumia, se pudo apreciar diferencias significativas entre el tratamiento SF y el resto de los mismos. Esto se puede explicar por dos motivos. En primer lugar, al ser los animales que consumen menos tienen menor cantidad de alimento para rumiar y por lo tanto el tiempo destinado a la actividad de rumia es menor. Pese a esto, el alimento consumido tendría más tiempo de retención en el rumen provocando mayor rumia por kg consumido en comparación con los otros tratamientos en los cuales la tasa de pasaje es mayor (Theurer 1986, Owens et al. 2006). En segundo lugar, la diferencia más grande se da en la primera hora de la mañana ya que en ese momento es cuando se les suministra el alimento a los animales SF. De esta manera interrumpen la actividad de rumia para comenzar la actividad de consumo.

Según resultados, durante las horas con luz solar (de 8 a 18 horas) el patrón de descanso fue el más probable en la actividad animal, dedicando a este el 76,3%, 67,0% y 66,4% para SF, SM y SQ, respectivamente. El resto del tiempo lo dedicaron a las actividades de consumo de MS, 11,4%, 16,5% y 19,1%, rumia 7,3%, 12,1% y 11,1% y consumo de agua 4,1%, 3,5% y 3,1%, en tratamientos SF, SM y SQ, respectivamente. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Stricklin et al. (1979), quienes estudiaron los patrones de comportamiento en animales en engorde a corral, donde el dominante fue el descanso.

Estos autores encontraron que la ganancia diaria tiene una correlación positiva con el descanso y negativa con el patrón de estar parado. Por otro lado, el tiempo dedicado al consumo no afectaría esta performance.

### **5.5. pH DE LAS HECES**

El objetivo de esta medición fue determinar indirectamente el nivel de aprovechamiento del almidón contenido en el grano en el total del tracto digestivo. Era esperable encontrar que a mayor intensidad de procesamiento, el valor de pH en heces fuera mayor debido a una menor fermentación cecal (Theurer, 1986).

No se encontraron diferencias significativas entre SF y SGH. Esto podría ser explicado porque la cantidad de almidón que llega al intestino es tan baja (Theurer, 1986) que la fermentación que se realiza en el intestino grueso no generaría grandes descensos en el pH cecal y en consecuencia tampoco en el pH en heces.

En SM se registró menor pH en heces que en SQ. Esta respuesta podría estar asociada al mayor tamaño de partícula que presentó SQ, lo cual hace que la degradabilidad del almidón a nivel ruminal sea menor (Offner et al., 2003). Dicho menor aprovechamiento del almidón en el rumen hace que el escape de almidón a los intestinos sea mayor (Theurer, 1986), pero esta mayor cantidad de almidón no necesariamente significa que la fermentación a nivel cecal sea mayor (Stritzler et al., 1982).

Durante el período experimental, se pudo apreciar una cantidad considerable de grano de sorgo en las bostas de los animales del tratamiento SQ, lo que puede dar la pauta que el tamaño de partícula era lo suficientemente grande como para tampoco haber sido fermentado en el intestino grueso. Por otro lado, no se observó una presencia significativa de grano en las bostas del tratamiento SM. Esto parecería estar indicando que la cantidad de grano que pasó al intestino grueso fue fermentado, generando así un descenso en el pH a nivel cecal y por lo tanto presentando bajos niveles de pH en heces (Van Kessel et al., 2002).

### **5.6. CALIDAD DE LA CANAL Y DE LA CARNE**

Los animales fueron pesados por última vez, en el lugar donde se realizó el experimento, a primera hora de la mañana y siguiendo el mismo protocolo

que las pesadas anteriores. Luego de finalizada esa pesada, los animales fueron embarcados para ser faenados el día siguiente a primera hora, por lo tanto el ayuno pre faena fue de 24 horas aproximadamente. Inmediatamente después de la pesada de los animales en el frigorífico se procedió a la faena de los mismos. El destare no presentó diferencias significativas entre los tres tratamientos. Sin embargo, se pudieron apreciar diferencias en el peso del rumen, siendo el de mayor peso los SF. De acuerdo con los trabajos revisados por Theurer (1986), Owens et al. (2006), esto se explica por tener una menor tasa de pasaje y por lo tanto un mayor tiempo de retención en el rumen. Aún así, esta diferencia no influyó en el rendimiento, ya que no hubo diferencias significativas.

En lo que refiere a las características que hacen la calidad de la canal, se encontró diferencias en el peso de la canal. El mismo fue significativamente menor para el tratamiento SF, no habiendo diferencias entre los otros dos tratamientos. Este menor peso de carcasa se debe al menor peso vivo que presentaron los animales al finalizar el período experimental, explicado únicamente por las diferencias en ganancia diaria mencionadas anteriormente.

Para el resto de las características de la canal evaluadas (área de ojo de bife y espesor de grasa subcutánea), los resultados demostraron que no hubo efecto de los diferentes procesamientos de sorgo, coincidiendo con los resultados reportados por Zinn et al. (2008) que indican que no existieron diferencias significativas entre sorgo rolado seco y steam flake de sorgo en cuanto a las variables espesor de grasa subcutánea, área de ojo de bife y score de marmoreo, en novillos en terminación consumiendo grano de sorgo como componente principal de la dieta.

Sainz et al. (2004) afirmaron que el espesor de grasa subcutánea esta directamente correlacionado con el consumo de energía aportada por el uso de concentrados, en animales a corral. Por lo tanto era esperable encontrar diferencias significativas entre los tratamientos SF y SGH, ya que una mayor fermentación ruminal produce más cantidad de AGV y por lo tanto más producción de grasa (Marichal et al., 1999). Sin embargo, se puede apreciar una tendencia siendo el tratamiento SF el de menor grosor, con respecto a los tratamientos SGH. Esto se puede deber a un menor consumo de energía por día por parte de los animales SF.

Por otra parte, en cuanto a las características vinculadas a la calidad de carne (pH, terneza, color de grasa, color de músculo y marmoreo) no se hallaron diferencias significativas entre tratamientos. Los resultados obtenidos de pH fueron aceptables (5,5 - 5,8) en términos de calidad (Franco, 2011). Depetris y Santini (2005), mencionan que en dietas a corral, al ser altas en

energía, tienden a dar buenas reservas de glucógeno, favoreciendo los adecuados valores de pH.

No se registraron diferencias significativas para las variables contenido de grasa intramuscular y marmoreo. En lo que refiere a marmoreo, si bien los valores no difieren de forma significativa, el tratamiento SF presentó una tendencia a menores valores en el score de marmoreo al compararlo con los sorgos grano húmedo. Pethick et al. (2001) mencionan que, a un mismo nivel de consumo, dietas que promueven una elevada fermentación en el rumen para producir propionato (percursor de la gluconeogénesis) y que maximizan la digestión del almidón en el intestino delgado, aumentan la accesibilidad del gránulo de almidón tanto para las amilasas microbianas, como para las del animal y así maximizan la disponibilidad de glucosa para animales en engorde. De esta forma, se promueven elevados niveles de hormonas anabólicas (insulina) que son conocidas por estimular la lipogénesis, a su vez dichas dietas también ofrecen mayores niveles de energía neta para la lipogénesis. Por lo tanto, es esperable encontrar a un mismo nivel de consumo, un mayor nivel de marmoreo en los animales del tratamiento SF. Sin embargo, Pethick et al. (2001) también mencionan que la disponibilidad de glucosa y la energía neta aportada por las dietas, se ven influenciados por el nivel de consumo de los animales (figura 1), ya que si éste aumenta los animales obtendrán mayor cantidad de glucosa para la deposición de grasa y el consumo de energía neta por día aumentará. El mayor consumo de MS por día de los tratamientos SGH, podría estar determinando una compensación en la obtención de energía neta diaria y a su vez así poder alcanzar una disponibilidad de glucosa similar al tratamiento SF, haciendo de esta manera que el nivel de marmoreo no presente diferencias significativas entre tratamientos.

## 5.7. DISCUSIÓN GENERAL

La composición de las dietas para los tres tratamientos fue la misma, donde la única variación entre tratamientos fue el procesamiento del grano, manteniéndose igual la proporción del resto de los componentes. Dichas dietas fueron suministradas *ad libitum*, encontrándose diferencias entre los tratamientos en ganancia diaria y consumo total de MS, y eficiencia de conversión.

Las diferencias encontradas en consumo entre SF y SGH pueden ser explicadas por el mejor aprovechamiento del almidón en el total del tracto, debido fundamentalmente a la mayor degradabilidad ruminal que presenta el grano procesado intensamente, al dejar la partícula de almidón más expuesta al ataque de microorganismos y enzimas ruminales. Esta elevada fermentación

generaría una alta producción de AGV, provocando que el animal por mecanismos metabólicos alcance la sensación de saciedad, deteniendo así el consumo. A su vez este menor consumo puede deberse a que la alta tasa de degradabilidad ruminal, provoque una cantidad tan elevada de AGV, que determinaría que el pH ruminal descienda de tal manera que genere una acidosis subclínica repercutiendo así en el consumo. Las diferencias en consumo entre SM y SQ son explicadas por el tamaño de la partícula luego del procesamiento. El tratamiento SQ presenta una estructura del grano que impide el correcto ataque microbiano y enzimático a nivel ruminal, de esta manera la degradabilidad es menor generando un mayor consumo.

En lo que refiere a ganancia media diaria, las diferencias encontradas entre SF y SGH pueden deberse a un menor consumo diario de energía. Este menor consumo puede explicarse por la alta degradabilidad ruminal por parte del SF que determinó que el consumo se deprimiera en tal magnitud que afectó negativamente la ganancia diaria. Otra razón puede ser el efecto del barro en los corrales, ocasionado hacia el final del experimento, el cual pudo haber afectado las visitas al comedero, siendo las mismas más espaciadas e intensas. Cambios en el patrón de consumo tendientes a reducir el número de visitas al comedero, podrían afectar en mayor medida a los animales consumiendo SF, fundamentalmente debido a la elevada tasa de fermentación y el alto contenido energético, afectando situaciones de acidosis subclínica y consecuentemente una depresión en la ganancia.

No obstante la menor ganancia de peso vivo, SF presentó mejor eficiencia de conversión que SGH. La mejor utilización del grano de sorgo podría estar explicando esta variable, debido a cambios en el sitio de digestión y alteración de los productos finales (mayor producción de AGV).

Las diferencias en patrón de consumo entre SF y SGH se explican porque el consumo fue menor. En cuanto a la actividad de rumia las diferencias encontradas entre SF y SGH se puede deber a que al ser los animales que consumen menos, tienen menor cantidad alimento para rumiar y por lo tanto destinan menor cantidad de tiempo a la actividad de rumia.

El menor pH en heces obtenido en SM con respecto a SQ, se podría deber a que el mayor tamaño de partícula que presenta SQ hace que la degradabilidad del almidón a nivel ruminal sea menor. Dicho menor aprovechamiento de almidón en el rumen, hace que el escape de almidón hacia los intestinos sea mayor. Se pudo apreciar una cantidad considerable de sorgo en las heces de los animales bajo el tratamiento SQ, lo que puede dar la pauta que el tamaño de partícula sea tan grande que tampoco haya sido fermentado en el intestino grueso. Por otro lado no se observó una presencia significativa

de grano en las heces de animales en tratamiento SM, lo que podría estar indicando que la cantidad de grano que pasó al intestino grueso fue fermentado generando así un descenso en el pH a nivel cecal y por lo tanto presentando un bajo nivel de pH en heces.

En lo referente a características que hacen la calidad de canal se encontró diferencias en el peso de la canal, siendo el menor el tratamiento SF. Este menor peso de carcasa se debe a un menor peso vivo de los animales al finalizar el período experimental, explicado únicamente por las diferencias en ganancia media diaria expuestas anteriormente.

Cabe destacar que la faena fue realizada a fecha fija, siendo el tratamiento SF el que presentó menores valores de peso vivo. Es de esperar que si la faena se hubiese realizado a igual peso vivo, los animales de SF hubieran visto resentida su eficiencia de conversión, explicado principalmente a una probable disminución de la ganancia diaria al tener que depositar los kilos más costosos desde el punto de vista energético. A su vez, al realizar la faena a igual peso vivo, conforme con Pethick et al. (2001) podría esperarse que el contenido de grasa intramuscular y score de marmoreo aumente para los novillos del tratamiento SF.

## 5.8. BENEFICIO ECONÓMICO

A partir de los resultados de eficiencia de conversión obtenidos en el experimento y en función del precio coyuntural, tanto de la tonelada de sorgo como su molienda y embolsado, es posible estimar un precio de equilibrio para el proceso de steam flake de sorgo.

$$(\text{Precio sorgo} + \text{Procesamiento SF}) * EC_{SF} = \text{Precio SQ} * EC_{SQ}$$

$$(150 \text{ U\$/tt} + \text{Procesamiento SF}) * 7,12 = 165 * 8,92$$

$$\text{Procesamiento SF} = 56,7 \text{ U\$/tt}$$

Nota: SF: Steam flake, SQ: Sorgo quebrado

De esto se desprende que costos superiores a 56,7 U\$/tt no se justifica procesar el grano como steam flake. De lo contrario, valores inferiores son favorables para realizar este tipo de procesamiento.

En el cuadro 20 se presenta un análisis de sensibilidad que evalúa cómo varía el precio máximo a pagar por el procesamiento de steam flake en función de variaciones en las eficiencias de conversión de SF y SQ.

**CUADRO 20.** Precio de equilibrio del procesamiento del grano de sorgo.

		<b>Steam flake</b>					
		<b>56,7</b>	<b>6,46</b>	<b>6,78</b>	<b>7,12</b>	<b>7,48</b>	<b>7,85</b>
<b>Sorgo quebrado</b>	<b>9,83</b>	101,3	89,3	77,9	67,0	56,7	
	<b>9,37</b>	89,3	77,9	67,0	56,7	46,9	
	<b>8,92</b>	77,9	67,0	56,7	46,9	37,5	
	<b>8,50</b>	67,0	56,7	46,9	37,5	28,6	
	<b>8,09</b>	56,7	46,9	37,5	28,6	20,1	

Nota: Los valores del costo de procesamiento se presentan en U\$/tonelada.

## **6. CONCLUSIONES**

En dietas de terminación donde el grano de sorgo constituye entorno al 75 % de la MS, el tipo de procesamiento al cual se somete afecta la eficiencia de conversión, el peso vivo a la faena y características de la canal.

En novillos en terminación consumiendo raciones totalmente mezcladas, la sustitución del sorgo grano húmedo por steam flake de sorgo mejora la eficiencia de conversión de la MS para un período de encierre de aproximadamente de 100 días. Sin embargo, los animales son más livianos a la faena debido a que su ganancia media diaria es menor, pero el consumo de MS también es menor.

La sustitución de sorgo húmedo limpio y molido por sorgo húmedo quebrado sin limpiar genera diferencias en lo que refiere a consumo, disminuyéndolo, manteniéndose indiferentes las variables restantes.



## **7. RESUMEN**

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto de diferentes formas de procesamiento del grano húmedo de sorgo (SGH) sobre la ganancia de peso vivo, consumo de materia seca y eficiencia de conversión, en dietas altamente concentradas (relación concentrado:voluminoso 88,5:11,5) suministradas a novillos en terminación a corral. Los procesamientos del grano de sorgo evaluados fueron sorgo grano húmedo sin limpiar y quebrado (SQ), sorgo grano húmedo molido (SM) y steam flake de sorgo (SF). Dicho trabajo fue realizado en la Unidad de Engorde Intensivo "El Impulso", del Grupo Tacuarembó Marfrig ubicado en el departamento de Río Negro, a 10 km de la ciudad de Mercedes, Soriano. El mismo se inició el 14/6/2012, y finalizó el 14/10/2012. Para ello se utilizaron 48 novillos Hereford y cruza nacidos en la primavera del 2010 ( $407 \pm 61,05$  kg) provenientes del rodeo experimental de la unidad de producción intensiva de carne. Las performances evaluadas fueron ganancia diaria, consumo, eficiencia de conversión, comportamiento animal, pH de las heces y calidad de la canal y de la carne. Existió diferencia en ganancia diaria entre tratamientos siendo menor en novillos alimentados en base a SF ( $P=0,0017$ ). El consumo total de materia seca (MS) fue afectado por el procesamiento tanto en kg como en porcentaje de peso vivo, ( $P<0,0001$ ) y ( $P<0,0001$ ) respectivamente, siendo en ambas mayor para el tratamiento SQ, seguido por SM y el de menor consumo los animales de SF. La eficiencia de conversión fue mejor en el tratamiento SF con respecto a los SGH ( $P=0,0426$ ), no existiendo diferencias entre SM y SQ ( $P=0,4635$ ). El tiempo dedicado al consumo de MS fue menor en tratamiento SF que en SM y SQ ( $P=0,0049$ ), pero no se hallaron diferencia entre los SGH ( $P=0,5851$ ). La actividad de rumia presentó menor tiempo de rumia en los novillos del tratamiento SF en comparación con los SGH ( $P<0,0001$ ), no observándose diferencias significativas entre SM y SQ ( $P=0,3791$ ). Para los demás patrones de comportamiento: descanso y consumo de agua, no hubieron diferencias significativas entre tratamientos. La calidad de la canal presentó diferencias en cuanto a peso vivo final ( $P=0,0019$ ), peso de canal ( $P<0,0001$ ) y peso de rumen ( $P=0,0136$ ), siendo en tratamiento SF menor que los SM y SQ. En cuanto a la calidad de la carne, no se presentaron diferencias según el procesamiento del grano. Los resultados demostraron por lo tanto que el grano de sorgo procesado como steam flake mejora la utilización del almidón contenido en el grano.

Palabras clave: Steam flake; Sorgo grano húmedo; Sorgo molido; Sorgo quebrado; Almidón; Feedlot; Novillos.

## **8. SUMMARY**

The present study aims to evaluate the effect of different forms of processing wet sorghum grain (SGH) on weight gain, dry matter intake and conversion efficiency in highly concentrated diets (concentrate: bulky ratio, 88,5:11,5) fed to steers in a feedlot. The processing of grain sorghum evaluated were wet grain sorghum without being cleaned and broken (SQ), grain wet ground sorghum (SM) and steam flake sorghum (SF). This work was realized at the Intensive Fattening Unit "El Impulso" Tacuarembó Marfrig Group, located in the department of Rio Negro, 10 km from the city of Mercedes, Soriano. The experiment started on June, 14<sup>th</sup> of 2012 and ended on October, 14<sup>th</sup> of 2012. To realize the experiment, it were used 48 Hereford and crossbred steers born in spring of 2010 ( $407 \pm 61,05$  kg) from the intensive meat production unit. The performances evaluated were daily gain, dry matter intake (DMI), conversion efficiency, animal behavior, dregs pH, carcass and meat quality. There were differences in daily gain between treatments, being the lowest one steers fed with SF ( $P = 0.0017$ ). The DMI was affected by the sorghum process both in kg and as a percentage of live weight ( $P < 0.0001$ ) and ( $P < 0.0001$ ) respectively, being the higher treatment SQ followed by SM and the lowest one animals which were fed with SF. The conversion efficiency was better in the SF treatment regarding wet grain sorghum ( $P = 0.0426$ ), with no differences between SM and SQ ( $P = 0.4635$ ). Time dedicated DMI was lower in treatment of SF than in SQ and SM ( $P = 0.0049$ ), but no difference was found between the SGH ( $P = 0.5851$ ). Rumination activity had lower rumination time in steers SF compared with treatment SGH ( $P < 0.0001$ ), no significant differences were observed between SM and SQ ( $P = 0.3791$ ). For the other behavior patterns: rest and water intake, there were no significant differences between treatments. Carcass quality presented differences in final weight ( $P = 0.0019$ ), carcass weight ( $P < 0.0001$ ) and rumen weight ( $P = 0.0136$ ), being the lowest one the treatment SF than SM and SQ. Regarding the quality of the meat, there was no difference according to grain processing. The results showed that sorghum processed as steam flake improves the utilization of starch contained in the grain.

Key words: Steam flake; Wet sorghum grain; Ground sorghum; Broken sorghum; Starch; Feedlot; Steers.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

1. ALMADA, A. 2008. Acidosis ruminal aguda (clínica) y crónica (subclínica). (en línea). Buenos Aires, Sitio Argentino de Producción Animal. s.p. Consultado 15 abr. 2013. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/sanidad\\_intoxicaciones\\_metabolicos/enfermedades\\_en\\_feedlot/10-acidosis.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/enfermedades_en_feedlot/10-acidosis.pdf)
2. ALVARADO, P. 2009. Granos. Buenos Aires, Argentina, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Facultad de Veterinaria. s.p.
3. ALVES DE SOUZA, A.; DE BENI ARRIGONI, M.; LUDOVICO MARTINS, C.; NUNES DE OLIVEIRA, H.; SCOTON IGARASI, M.; SILVEIRA, A. C. 2008. Desempenho de bovinos jovens alimentados com dietas contendo grão úmido de milho ou sorgo. Revista Brasileira de Zootecnia. 37: 513-519.
4. ALVES FILHO, D. C.; BRONDANI, I. L.; DE OLIVEIRA PEIXOTO, L. A.; PIZZUTI, L. A.; RESTLE, J.; ZIEGLER ARBOITTE, M. 2009. Silagem de grão úmido ou grão seco de sorgo como fonte energética para bezerras de dois grupos genéticos. Ciência Animal Brasileira. 10: 1055-1065.
5. ARCHIBEQUE, S. L.; MILLER, D. N.; FREETLY, H. C.; FERRELL, C. L. 2006. Feeding high-moisture corn instead of dry-rolled corn reduces odorous compound production in manure of finishing beef cattle without decreasing performance. Journal of Animal Science. 84: 1767-1777.
6. BALDI, F.; BANCHERO, G; MIERES, J.; LAMANNA, A.; FERNANDEZ, E.; FORMOSO, F.; MONTOSI, F. 2008. Suplementación en invernada intensiva; ¿hasta dónde hemos llegado? (en línea). INIA La Estanzuela. Documentos online no. 15. 6 p. Consultado 4 feb. 2013. Disponible en <http://www.inia.org.uy/online/site/publicacionver.php?id=2073>
7. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; FERNANDEZ, E.; LA MANNA, A.; 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. (en línea). INIA La Estanzuela. Documentos online no. 135. 13 p.

<http://www.inia.org.uy/online/site/publicacionver.php?id=2073>

8. BIANCO, A.; GOÑI, V.; OHOLEGUY, S. 2000. Efecto de procesamiento y el contenido de taninos del grano de sorgo sobre la composición química y la digestión de la materia seca en rumiantes. (en línea). Buenos Aires, Sitio Argentino de Producción Animal. 4 p. Consultado 15 abr. 2013. Disponible en [http://www.produccionanimal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_reservas/reservas\\_granos/04-taninos\\_del\\_grano\\_de\\_sorgo.pdf](http://www.produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_granos/04-taninos_del_grano_de_sorgo.pdf)
9. BUCHANAN-SMITH, J. G.; TOTUSEK, R.; TILLMAN, A. D. 1968. Effect of methods of processing on digestibility and utilization of grain sorghum by cattle and sheep. *Journal of Animal Science*. 27: 525-530.
10. CAORSI MOLINARI, M. L.; OLIVERA ANTUNEZ, A. P. 2005. Efecto del método de conservación de distintos materiales de grano de sorgo sobre la degradabilidad ruminal y digestibilidad intestinal de la materia seca. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 68 p.
11. CASTRO FERREIRA, F. G.; DE SOUSA FERNANDES, E.; FERNANDES DE SOUZA, A.; LANDIM, A.; LOUREDO DA SILVA, H.; RODRIGUES CARVALHO, E. 2012. Indicadores fecais de bovinos Nelore alimentados com dietas de alta proporçao de concentrado. *Ciência Animal Brasileira*. 13: 145-156.
12. CLARINDO, R. L.; DOS ANJOS LIMA, N. V.; IMAIZUMI, H.; MACHADO BITTAR, C. M.; MENEGUELI PEREIRA, E.; PORTELA SANTOS, F. A. 2008. Avaliação de fontes energéticas e protéicas na dieta bovinos confinados em fase de terminação. *Ciência Animal Brasileira*. 9: 902-910.
13. CROUSE, J. D.; SMITH, S. B.; PRIOR, R. L. 1984. Bovine muscle glycogen as affected by fasting and refeeding. *Journal of Animal Science*. 59:384-387.
14. DEPENBUSCH, B. E.; NAGARAJA, T. G.; SARGEANT, J. M.; DROUILLARD, J. S.; LOE, E. R.; CORRIGAN, M. E. 2008. Influence of processed grains on fecal pH, starch concentration,

and shedding of Escherichia coli O157 in feedlot cattle. Journal of Animal Science. 86: 632-639.

15. DEPETRIS, J.; SANTINI, F. 2005. Calidad de la carne asociada al sistema de producción. (en línea). In: Jornadas Internacionales en Carnes Vacunas (2005, Mar del Plata). Trabajos presentados. Mar del Plata, INTA. s.p. Consultado 14 may. 2013. Disponible en <http://www.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/ganaderia/bovinos/carne/depetris.htm>
16. DI MARCO, O. N. 2004. Fisiología del crecimiento de vacunos. Mar del Plata, Universidad Nacional de Mar del Plata. 8 p.
17. DOMANSKI, C.; GIORDA, L. M.; FERESIN, O. 1997. Composición y calidad del grano de sorgo. EEA INTA Manfredi. Cuaderno de Actualización no. 7: 47-50.
18. ELIZALDE, J. C. 1999. Suplementación con granos en la producción de carne en animales en pastoreo. In: Congreso Nacional para Productores y Profesionales (1999, Palermo, Argentina). Forrajes y granos. Buenos Aires, s.e. pp. 67- 93.
19. FATURI, C.; RESTLE, J.; BRONDANI, I. L.; SOUZA DA SILVA, J. H.; ZIEGLER ARBOITTE, M.; DE OLIVEIRA CARRILHO, C.; DE OLIVEIRA PEIXOTO, L. A. 2002. Características da carcaça e da carne de novilhos de diferentes grupos genéticos alimentados em confinamento com diferentes proporções de grão de aveia e grão de sorgo no concentrado. Revista Brasileira de Zootecnia. 31: 2024-2035.
20. FERRARETTO, L. F.; CRUMP, P. M.; SHAVER, R. D. 2013. Effect of cereal grain type and corn grain harvesting and processing methods on intake, digestion, and milk production by dairy cows through a meta-analysis. Journal of Dairy Science. 96: 533. 550.
21. FERRARI, O. 2012. ¿Cuánto perdemos por no controlar el barro en los corrales? (en línea). Buenos Aires, s.e. s.p. Consultado 15 abr. 2013. Disponible en <http://delsector.com/vernoti.php?notid=377>
22. FERRARIO, J. D.; FERNANDEZ, M. A. 2007. Estudio de características de carcasa por ultrasonido; medir para creer. Revista Braford (Buenos Aires). 23: 72-75.

23. GALYEAN, M. L.; WAGNER, D. G.; OWENS, F. N. 1981. Dry matter and starch disappearance of corn and sorghum as influenced by particle size and processing. *Journal of Dairy Science*. 64: 1804-1812.
24. GOETSCH, A. L.; OWENS, F. N. 1986. Effects of dietary nitrogen level and ileal antibiotic administration on digestion and passage rates in beef heifers. I. High-concentrate diets. *Journal of Animal Science*. 62:830-843.
25. HALE, W. H.; CUITUN, L.; SABA, W. J.; TAYLOR, B.; THEURER, B. 1966. Effect of steam processing and flaking milo and barley on performance and digestion by steers. *Journal of Animal Science*. 25: 392-396.
26. \_\_\_\_\_; TREI, J.; THEURER, B. 1970. Effect of grain processing on in vitro gas production. *Journal of Animal Science*. 30: 825-831.
27. HARMON, D. L.; MCLEOD, K. R. 2001. Glucose uptake and regulation by intestinal tissues; implications and whole-body energetics. *Journal of Animal Science*. 79:E59-E72.
28. HEINRICHS, A.J.; KONONOFF, P.J. 2002. Evaluating particle size of forages and TMRs using the new Penn State Forage Particle Separator. College of Agriculture Science. Cooperative Extension. Technical Bulletin. s.p.
29. HERRERA-SALDANA, R. E.; HUBER, J. T.; POORE, M. H. 1990. Dry matter, crude protein, and starch degradability of five cereal grains. *Journal of Dairy Science*. 73: 2386-2393.
30. HINMAN, D. D.; JOHNSON, R. R. 1974. Influence of processing methods on digestion of sorghum starch in high concentrate beef cattle rations. *Journal of Animal Science*. 39: 417-422.
31. HUCK, G. L.; KREIKEMEIER, K. K.; KUHL, G. L.; ECK, T. P.; BOLSEN, K. K. 1998. Effects of feeding combinations of steam-flaked grain sorghum and steam-flaked, high-moisture, or dry-rolled corn on growth performance and carcass characteristics in feedlot cattle. *Journal of Animal Science*. 76: 2984-2990.
32. HUNTINGTON, G. B. 1997. Starch utilization by ruminants; from basics to the bunk. *Journal of Animal Science*. 75: 852-867.

33. \_\_\_\_\_.; HARMON, D. L.; RICHARDS, C. J. 2006. Sites, rates, and limits of starch digestion and glucose metabolism in growing cattle. *Journal of Animal Science*. 84: E14-E24.
34. MCLEOD, K. R.; BALDWIN, R. L.; EL-KADI, S. W.; HARMON, D. L. 2006. Site of starch digestion; impact on energetic efficiency and glucose metabolism in beef and dairy cattle. In: *Cattle Grain Processing Symposium (2006, Oklahoma)*. Proceedings. Oklahoma City, s.e. pp. 129-136.
35. MARICHAL, M. J.; CARRIQUIRY, M.; TRUJILLO, A. I. 1999. Partición de los nutrientes en el organismo animal y su regulación. Montevideo, Facultad de Agronomía. s.p.
36. MAY, M. L.; DECLERCK, J. C.; QUINN, M. J.; DILORENZO, N.; LEIBOVICH, J.; SMITH, D. R.; HALES, K. E.; GALYEAN, M. L. 2010. Corn or sorghum wet distillers grains with solubles in combination with steam-flaked corn; feedlot cattle performance, carcass characteristics, and apparent total tract digestibility. *Journal of Animal Science*. 88: 2433-2443.
37. MONTIEL, M. D.; ELIZALDE, J. C. 2004. Factores que afectan la utilización ruminal del grano de sorgo en vacunos. *Revista Argentina de Producción Animal*. 24: 1-20.
38. NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 1996. Nutrient requirement of beef cattle. Washington, D.C., National Academic Press. 142 p.
39. \_\_\_\_\_. 2000. Nutrient requirements of beef cattle. (en línea). 7th. rev. ed. Washington, D. C., National Academy Science. 234 p. Consultado 14 dic. 2012. Disponible en <http://www.nap.edu/catalog/9791.html>
40. NOCEK, J. E.; TAMMINGA, S. 1991. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. *Journal of Dairy Science*. 74: 3598-3629.
41. O'CONNOR, M. E. 2006. Instrument grading system for beef carcasses. Washington, D. C., USDA. Agricultural Marketing Service. 5 p.

42. OFFNER, A.; BACH, A.; SAUVANT, D. 2003. Quantitative review of in situ starch degradation in the rumen. *Animal Feed Science and Technology*. 106: 81-93.
43. ORSKOV, E.R. 1986. Starch digestion and utilization in ruminants. *Journal of Animal Science*. 63: 1624-1633.
44. OWENS, F. N.; ZINN, R. A.; KIM, Y. K. 1986. Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. *Journal of Animal Science*. 63: 1634-1648.
45. \_\_\_\_\_.; VAN KOEVERING, M. T.; GILL, D. R.; DOLEZAL, H. G.; STRASIA, C. A. 1995. Effect of time on feed on performance of feedlot steers, carcass characteristics, and tenderness and composition of longissimus muscles. *Journal of Animal Science*. 73: 21-38.
46. \_\_\_\_\_.; SECRIST, D. S.; HILL, W. J.; GILL, D. R. 1997. The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: a review. *Journal of Animal Science*. 75: 868-879.
47. \_\_\_\_\_.; SODERLUND, S. 2006. Ruminant and postruminal starch digestion by cattle. *In: Cattle Grain Processing Symposium (2006, Oklahoma)*. Proceedings. Oklahoma City, s.e. pp. 116-128.
48. PENN STATE UNIVERSITY (USA). COLLEGE OF AGRICULTURAL SCIENCE. 2002. Evaluando el tamaño de partícula de forrajes y RTM usando el nuevo separador de partículas de forraje de Penn State. Pennsylvania. 16 p.
49. PETHICK, D. W.; HARPER, G. S.; ODDY, V. H. 2001. Growth, development and nutritional manipulation of marbling in cattle. *In: Marbling Symposium (2001, Sydney)*. Proceedings. s.n.t. pp. 115-124.
50. PORDOMINGO, A. J. 2005. Feedlot; alimentación, diseño y manejo. Buenos Aires, Argentina, E.E.A. INTA Anguil. 224 p.
51. RELING, A. E.; MATTIOLI, G. A. Fisiología digestiva y metabólica de los rumiantes. La Plata, Argentina, Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Ciencias Veterinarias. 72 p.



52. RICHARDS, C. J.; HICKS, B. 2007. Processing of corn and sorghum for feedlot cattle. *Veterinary Clinics Food Animal Practice*. 23: 207-221.
53. ROONEY, L. W.; PFLUGFELDER, R. L. 1986. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. *Journal of Animal Science*. 63: 1607-1623.
54. ROVIRA, P.; VELAZCO, J. 2009. Valor nutritivo de ensilajes de sorgo de planta entera y grano húmedo. *In: Jornada de Divulgación Producción Animal - Pasturas (2009, Treinta y Tres)*. Memorias. Montevideo, INIA. pp. 79-82 (Actividades de Difusión no. 591).
55. SAINZ, R. D.; VERNAZZA PAGANINI, R. F. 2004. Effects of different grazing and feeding periods on performance and carcass of beef steers. *Journal of Animal Science*. 82: 292-297.
56. SCHAKE, L. V.; RIGGS, J. K.; BUTLER, O. D. 1972. Commercial feedlot evaluation of four methods of sorghum grain processing. *Journal of Animal Science*. 34: 926-930.
57. SCOTON IGARASI, M.; DE BENI ARRIGONI, M.; CONTE HADLICH, J.; SILVEIRA, A. C.; LUDOVICO MARTINS, C.; NUNES DE OLIVEIRA, H. 2008. Características de carcaça e parâmetros de qualidade de carne de bovinos jovens alimentados com grãos úmidos de milho ou sorgo. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 37: 520-528.
58. SIMEONE, A.; BERETTA, V. 2007. La invernada en los tiempos de la soja; ¿la hora del feedlot? *In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (2007, Paysandu)*. Memorias. Paysandu, Facultad de Agronomía. Estación Experimental M. A. Cassinoni. s.p.
59. \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. 2008. Una década de investigación para una ganadería más eficiente. *In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (2008, Paysandu)*. Memorias. Paysandu, Facultad de Agronomía. Estación Experimental M. A. Cassinoni. s.p.
60. \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. 2009. Reformulando la ganadería en Uruguay: ¿Cómo se va a criar y engordar el ganado en los tiempos

venideros? In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (2009, Paysandú). Memorias. Paysandú, Facultad de Agronomía. Estación Experimental M. A. Cassinoni. s.p.

61. \_\_\_\_\_;\_\_\_\_\_. 2010. Ganadería a pasto, feedlot e Industria frigorífica: ¿es posible una integración de tipo  $\%ganar-ganar+$  en la cadena de la carne? In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (2010, Paysandú). Memorias. Paysandú, Facultad de Agronomía. Estación Experimental M. A. Cassinoni. s.p.
62. \_\_\_\_\_;\_\_\_\_\_. 2011. Alimentación a corral en sistemas ganaderos  $\%¿cuándo y cómo?+$  In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (2011, Paysandú). Memorias. Paysandú, Facultad de Agronomía. Estación Experimental M. A. Cassinoni. s.p.
63. \_\_\_\_\_;\_\_\_\_\_. 2012. Una nueva cría ñ Un nuevo engorde ñ Una nueva ganadería. In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (2012, Paysandú). Memorias. Paysandú, Facultad de Agronomía. Estación Experimental M. A. Cassinoni. s.p.
64. SMITH, K. J. 1995. Advances in steam-flaking grain sorghum and predicting starch availability for cattle. PhD. Thesis. Texas, USA. Texas Tech University. 96 p.
65. STOCK, R. A.; BRINK, D. R.; BRITTON, R. A.; GOEDEKEN, F. K.; SINDT, M. H.; KREIKEMEIER, K. K.; BAUER, M. L.; SMITH, K. K. 1987a. Feeding combinations of high moisture corn and dry-rolled grain sorghum to finishing steers. Journal of Animal Science. 65: 290-302.
66. \_\_\_\_\_; MADER, T. L. 1987b. Grain sorghum processing for beef cattle. Lincoln, University of Nebraska-Lincoln. 9 p.
67. \_\_\_\_\_; SINDT, M. H.; CLEALE, R. M.; BRITTON, R. A. 1991. High-moisture corn utilization in finishing cattle. Journal of Animal Science. 69: 1645-1656.
68. STRICKLIN, W. R.; WILSON, L. L.; GRAVES, H. B.; CASH, E. H. 1979. Effects of concentrate level, protein source and growth promotant;

behavior and behavior-performance relationships. Journal of Animal Science. 49: 832-837.

69. THEURER, C. B. 1986. Grain processing effects on starch utilization by ruminants. Journal of Animal Science. 63: 1649-1662.
70. \_\_\_\_\_; HUBER, J. T.; DELGADO-ELORDUY, A.; WANDERLEY, R. 1999. Invited review; summary of steam-flaking corn or sorghum grain for lactating dairy cows. Journal of Dairy Science. 82: 1950-1959.
71. URUGUAY. MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL. DIRECCIÓN NACIONAL DE METEOROLOGÍA. s.f. Registros meteorológicos históricos. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 4 feb. 2013. Disponible en <http://meteorologia.gub.uy/index.php/estadisticas-climaticas>
72. VAN KESSEL, J. S.; NEDOLUHA, P. C.; WILLIAMS-CAMPBELL, A.; BALDWIN, R. L.; MCLEOD, K. R. 2002. Effects of ruminal and postruminal infusion of starch hydrolysate or glucose on the microbial ecology of the gastrointestinal tract in growing steers. Journal of Animal Science. 80: 3027-3034.
73. ZINN, R. A.; OWENS, F. N.; WARE, R. A. 2002. Flaking corn; processing mechanics, quality standards, and impacts on energy availability and performance of feedlot cattle. Journal of Animal Science. 80: 1145-1156.
74. \_\_\_\_\_; BARRERAS, A.; CORONA, L.; OWENS, F. N.; WARE, R. A. 2007. Starch digestion by feedlot cattle; predictions from analysis of feed and fecal starch and nitrogen. Journal of Animal Science. 85:1727-1730.
75. \_\_\_\_\_; ALVEREZ, E. G.; MONTANO, M.; SALINAS-CHAVIRA, J. 2008a. Influence of dry-rolling and tempering agent addition during the steam-flaking of sorghum grain on its feeding value for feedlot cattle. Journal of Animal Science. 86: 916-922.
76. \_\_\_\_\_; BARRERAS, A.; OWENS, F. N.; PLASCENCIA, A. 2008b. Performance by feedlot steers and heifers; daily gain, mature body weight, dry matter intake, and dietary energetics. Journal of Animal Science. 86:2680-2689.

## 10. ANEXOS

Anexo 1: Fuentes de variación para pesos vivos.

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
PAST	1	61.5	118.03	<.0001
PROCES	2	61.7	0.35	0.7055
días	1	215	966.19	<.0001
días*PAST	1	215	12.90	0.0004
días*PROCES	2	215	5.03	0.0073
DESVPVINI	1	47.7	258.10	<.0001

Anexo 2: Fuentes de variación para consumo de MS (Kg/animal).

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
PAST	1	8.35	3.23	0.1082
PROCES	2	8.35	40.44	<.0001
SEMANA	11	67.3	20.75	<.0001
SEMANA*PAST	11	67.3	1.42	0.1830
SEMANA*PROCES	22	67.3	3.33	<.0001

Anexo 3: Fuentes de variación para consumo de MS (% PV).

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
PAST	1	8.14	15.82	0.0039
PROCES	2	8.14	36.96	<.0001

SEMANA	11	69.8	23.79	<.0001
SEMANA*PAST	11	69.8	1.81	0.0684
SEMANA*PROCES	22	69.3	2.64	0.0011

Anexo 4: Fuentes de variación para rechazo de ración (Kg/animal/día).

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
PAST	1	8.07	0.33	0.5812
PROCES	2	8.07	8.26	0.0112
SEMANA	11	72.6	18.57	<.0001
SEMANA*PAST	11	72.6	1.13	0.3533
SEMANA*PROCES	22	71.4	2.84	0.0005

Anexo 5: Fuentes de variación para rechazo de ración (% ofrecido).

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
PAST	1	8.04	0.00	0.9545
PROCES	2	8.04	20.91	0.0007
SEMANA	11	72.4	17.72	<.0001
SEMANA*PAST	11	72.4	1.08	0.3901
SEMANA*PROCES	22	71.3	3.66	<.0001

Anexo 6: Fuentes de variación para eficiencia de conversión.

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

PAST	1	17.814	17.814	43.47	0.0012
PROCES	2	4.452	2.226	5.43	0.0558
PAST*PROCES	2	2.245	1.122	2.74	0.1574
DESVPVINI	1	3.689	3.689	9.00	0.0301

Anexo 7: Fuentes de variación para peso vivo salida feedlot.

Source	DF	Type IV SS	Mean Square	F Value	Pr > F
PAST	1	31001.307	31001.307	43.88	<.0001
PROCES	2	7502.758	3751.379	5.31	0.0088
DESVPVINI	1	69728.716	69728.716	98.69	<.0001

Anexo 8: Fuentes de variación para peso vivo en frigorífico pre faena.

Source	DF	Type IV SS	Mean Square	F Value	Pr > F
PAST	1	32069.949	32069.949	50.05	<.0001
PROCES	2	6461.669	3230.835	5.04	0.0109
DESVPVINI	1	67173.342	67173.342	104.83	<.0001

Anexo 9: Fuentes de variación para peso canal.

Source	DF	Type IV SS	Mean Square	F Value	Pr > F
PAST	1	10674.758	10674.758	70.25	<.0001

PROCES	2	3120.287	1560.143	10.27	0.0002
DESVPVINI	1	22897.407	22897.407	150.70	<.0001

Anexo 10: Fuentes de variación para rendimiento.

Source	DF	Type IV SS	Mean Square	F Value	Pr > F
PAST	1	2.4768	2.4768	1.54	0.2221
PROCES	2	6.5041	3.2521	2.02	0.1458
DESVPVINI	1	6.2673	6.2673	3.89	0.0553

Anexo 11: Fuentes de variación para peso de rumen (Kg).

Source	DF	Type IV SS	Mean Square	F Value	Pr > F
PAST	1	7.0489	7.0489	0.19	0.6685
PROCES	2	286.8459	143.4229	3.85	0.0395
DESVPVINI	1	141.6275	141.6275	3.80	0.0662

Anexo 12: Fuentes de variación para pH en carne.

Source	DF	Type IV SS	Mean Square	F Value	Pr > F
PAST	1	0.0012	0.0012	0.30	0.5857
PROCES	2	0.0117	0.0058	1.43	0.2504
DESVPVINI	1	0.0042	0.0042	1.04	0.3143

Anexo 13: Fuentes de variación para espesor de grasa subcutánea.

Source	DF	Type IV SS	Mean Square	F Value	Pr > F
PAST	1	3.0866	3.0866	0.18	0.6758
PROCES	2	47.1321	23.5660	1.35	0.2692
DESVPVINI	1	23.6685	23.6685	1.36	0.2501

Anexo 14: Fuentes de variación para terneza.

Source	DF	Type IV SS	Mean Square	F Value	Pr > F
PAST	1	4.4484	4.4484	4.28	0.0447
PROCES	2	0.0482	0.0241	0.02	0.9771
DESVPVINI	1	4.7865	4.7865	4.61	0.0377

Anexo 15: Fuentes de variación para área de ojo de bife.

Source	DF	Type IV SS	Mean Square	F Value	Pr > F
PAST	1	0.0786	0.0786	0.00	0.9778
PROCES	2	29.3020	14.6510	0.15	0.8646
DESVPVINI	1	9.0644	9.0644	0.09	0.7653

Anexo 16: Fuentes de variación para color L grasa

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



			Square		
PAST	1	3.5207	3.5207	0.46	0.5022
PROCES	2	32.9638	16.4819	2.15	0.1302
DESVPVINI	1	0.4355	0.4355	0.06	0.8130

Anexo 17: Fuentes de variación para color a grasa.

Source	DF	Type IV SS	Mean Square	F Value	Pr > F
PAST	1	4.6639	4.6639	1.59	0.2140
PROCES	2	8.7678	4.3839	1.50	0.2358
DESVPVINI	1	0.4440	0.4440	0.15	0.6989

Anexo 18: Fuentes de variación para color b grasa.

Source	DF	Type IV SS	Mean Square	F Value	Pr > F
PAST	1	0.1030	0.1030	0.04	0.8473
PROCES	2	1.6139	0.8069	0.29	0.7468
DESVPVINI	1	0.0586	0.0586	0.02	0.8845

Anexo 19: Fuentes de variación para color L músculo.

Source	DF	Type IV SS	Mean Square	F Value	Pr > F
PAST	1	1.0531	1.0531	0.28	0.5975

PROCES	2	6.3060	3.1530	0.85	0.4357
DESVPVINI	1	0.3223	0.3223	0.09	0.7699

Anexo 20: Fuentes de variación para color a músculo.

Source	DF	Type IV SS	Mean Square	F Value	Pr > F
PAST	1	3.6989	3.6989	0.75	0.3915
PROCES	2	17.1429	8.5711	1.74	0.1887
DESVPVINI	1	2.9571	2.9571	0.60	0.4432

Anexo 21: Fuentes de variación para color b músculo.

Source	DF	Type IV SS	Mean Square	F Value	Pr > F
PAST	1	0.9298	0.9298	0.56	0.4591
PROCES	2	1.9107	0.9553	0.57	0.5677
DESVPVINI	1	1.8787	1.8787	1.13	0.2943

Anexo 22: Fuentes de variación para el comportamiento ingestivo (Consumo de MS).

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
PAST	1	192	0.55	0.4599
PROCES	2	192	4.19	0.0166
SEMANA	2	192	15.48	<.0001
SEMANA*PAST	2	192	1.80	0.1681

SEMANA*PROCES	4	192	4.96	0.0008
Día_dentrose (SEMANA)	6	192	0.75	0.6104

Anexo 23: Fuentes de variación para consumo de MS (8 a 9 hs).

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
PAST	1	192	0.50	0.4822
PROCES	2	192	6.82	0.0014
SEMANA	2	192	0.39	0.6780
SEMANA*PAST	2	192	0.68	0.5060
SEMANA*PROCES	4	192	2.70	0.0321
Día_dentrose (SEMANA)	6	192	2.37	0.0310

Anexo 24: Fuentes de variación para consumo de MS (9 a 10 hs).

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
PAST	1	192	0.00	0.9737
PROCES	2	192	0.13	0.8768
SEMANA	2	192	0.21	0.8091
SEMANA*PAST	2	192	0.54	0.5840
SEMANA*PROCES	4	192	0.53	0.7171
Día_dentrose (SEMANA)	6	192	2.09	0.0565

Anexo 25: Fuentes de variación para consumo de MS (10 a 11 hs).

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
PAST	1	192	1.61	0.2056
PROCES	2	192	2.42	0.0914
SEMANA	2	192	2.21	0.1124
SEMANA*PAST	2	192	0.88	0.4170
SEMANA*PROCES	4	192	2.38	0.0528
Día_dentrose (SEMANA)	6	192	2.30	0.0366

Anexo 26: Fuentes de variación para consumo de MS (11 a 12 hs).

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
PAST	1	192	0.78	0.3773
PROCES	2	192	0.64	0.5259
SEMANA	2	192	3.86	0.0228
SEMANA*PAST	2	192	0.11	0.8960
SEMANA*PROCES	4	192	1.08	0.3692
Día_dentrose (SEMANA)	6	192	1.65	0.1350

Anexo 27: Fuentes de variación para consumo de MS (12 a 13 hs).

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
--------	--------	--------	---------	--------

PAST	1	192	1.44	0.2313
PROCES	2	192	2.05	0.1319
SEMANA	2	192	0.03	0.9714
SEMANA*PAST	2	192	2.45	0.0886
SEMANA*PROCES	4	192	0.14	0.9671
Día_dentrose (SEMANA)	6	192	0.57	0.7516

Anexo 28: Fuentes de variación para consumo de MS (13 a 14 hs).

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
PAST	1	192	0.06	0.8099
PROCES	2	192	0.03	0.9681
SEMANA	2	192	1.25	0.2896
SEMANA*PAST	2	192	1.24	0.2913
SEMANA*PROCES	4	192	1.31	0.2695
Día_dentrose (SEMANA)	6	192	0.91	0.4912

Anexo 29: Fuentes de variación para consumo de MS (14 a 15 hs).

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
PAST	1	192	0.21	0.6469
PROCES	2	192	5.18	0.0064
SEMANA	2	192	1.07	0.3462

SEMANA*PAST	2	192	1.74	0.1791
SEMANA*PROCES	4	192	3.02	0.0191
Día_dentrose (SEMANA)	6	192	1.18	0.3177

Anexo 30: Fuentes de variación para consumo de MS (15 a 16 hs).

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
PAST	1	192	1.45	0.2299
PROCES	2	192	0.39	0.6766
SEMANA	2	192	7.15	0.0010
SEMANA*PAST	2	192	1.83	0.1627
SEMANA*PROCES	4	192	2.44	0.0483
Día_dentrose (SEMANA)	6	192	2.13	0.0518

Anexo 31: Fuentes de variación para consumo de MS (16 a 17 hs).

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
PAST	1	192	0.21	0.6457
PROCES	2	192	5.41	0.0052
SEMANA	2	192	0.62	0.5399
SEMANA*PAST	2	192	1.49	0.2285
SEMANA*PROCES	4	192	0.30	0.8795
Día_dentrose	6	192	1.64	0.1372

(SEMANA)				
----------	--	--	--	--

Anexo 32: Fuentes de variación para consumo de MS (17 a 18 hs).

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
PAST	1	192	0.09	0.7692
PROCES	2	192	5.14	0.0067
SEMANA	2	192	7.10	0.0011
SEMANA*PAST	2	192	1.77	0.1729
SEMANA*PROCES	4	192	2.65	0.0348
Día_dentrose (SEMANA)	6	192	1.23	0.2917

Anexo 33: Fuentes de variación para comportamiento de rumia.

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr>F
PAST	1	186	0.06	0.8021
PROCES	2	186	11.88	<.0001
PAST*PROCES	2	186	0.29	0.7453
SEMANA	2	186	8.39	0.0003
SEMANA*PAST	2	186	2.26	0.1076
SEMANA*PROCES	4	186	0.16	0.9563
SEMANA*PAST*PROCES	4	186	1.01	0.4031
Día_dentrose (SEMANA)	6	186	3.59	0.0021

Anexo 34: Fuentes de variación para el patrón de rumia (8 a 9 hs).

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
PAST	1	180	0.15	0.7015
PROCES	2	180	6.19	0.0025
SEMANA	2	180	11.85	<.0001
SEMANA*PAST	2	180	0.67	0.5121
SEMANA*PROCES	4	180	0.45	0.7712
Día_dentrose (SEMANA)	6	180	1.26	0.2778

Anexo 35: Fuentes de variación para el patrón de rumia (9 a 10 hs).

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
PAST	1	180	0.53	0.4684
PROCES	2	180	0.31	0.7310
SEMANA	2	180	0.57	0.5657
SEMANA*PAST	2	180	0.03	0.9710
SEMANA*PROCES	4	180	1.26	0.2890
Día_dentrose (SEMANA)	6	180	0.75	0.6066

Anexo 36: Fuentes de variación para el patrón de rumia (10 a 11 hs).

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
PAST	0	0	-	-



PROCES	0	0	-	-
SEMANA	0	0	-	-
SEMANA*PAST	0	0	-	-
SEMANA*PROCES	0	0	-	-
Día_dentrose (SEMANA)	0	0	-	-

Anexo 37: Fuentes de variación para el patrón de rumia (11 a 12 hs).

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
PAST	1	180	0.87	0.3529
PROCES	2	180	0.43	0.6501
SEMANA	2	180	1.79	0.1697
SEMANA*PAST	2	180	1.74	0.1788
SEMANA*PROCES	4	180	1.25	0.2920
Día_dentrose (SEMANA)	6	180	1.29	0.2659

Anexo 38: Fuentes de variación para el patrón de rumia (12 a 13 hs).

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
PAST	1	180	1.42	0.2347
PROCES	2	180	6.37	0.0021
SEMANA	2	180	2.30	0.1029
SEMANA*PAST	2	180	2.34	0.0991

SEMANA*PROCES	4	180	4.23	0.0027
Día_dentrose (SEMANA)	6	180	2.61	0.0188

Anexo 39: Fuentes de variación para el patrón de rumia (13 a 14 hs).

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
PAST	1	180	0.83	0.3625
PROCES	2	180	4.02	0.0196
SEMANA	2	180	2.76	0.0661
SEMANA*PAST	2	180	1.94	0.1469
SEMANA*PROCES	4	180	2.22	0.0685
Día_dentrose (SEMANA)	6	180	1.45	0.1994

Anexo 40: Fuentes de variación para el patrón de rumia (14 a 15 hs).

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
PAST	1	180	2.85	0.0928
PROCES	2	180	1.30	0.2762
SEMANA	2	180	0.81	0.4446
SEMANA*PAST	2	180	1.24	0.2908
SEMANA*PROCES	4	180	1.79	0.1336
Día_dentrose (SEMANA)	6	180	2.66	0.0168

Anexo 41: Fuentes de variación para el patrón de rumia (15 a 16 hs).

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
PAST	1	180	0.45	0.5037
PROCES	2	180	1.35	0.2616
SEMANA	2	180	1.00	0.3684
SEMANA*PAST	2	180	2.98	0.0533
SEMANA*PROCES	4	180	1.28	0.2780
Día_dentrose (SEMANA)	6	180	1.59	0.1523

Anexo 42: Fuentes de variación para el patrón de rumia (16 a 17 hs).

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
PAST	1	180	2.85	0.0029
PROCES	2	180	4.60	0.0113
SEMANA	2	180	2.47	0.0878
SEMANA*PAST	2	180	0.68	0.5062
SEMANA*PROCES	4	180	1.43	0.2248
Día_dentrose (SEMANA)	6	180	0.73	0.6245

Anexo 43: Fuentes de variación para el patrón de rumia (17 a 18 hs).

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
--------	--------	--------	---------	--------

PAST	1	180	2.56	0.1115
PROCES	2	180	0.11	0.8925
SEMANA	2	180	1.36	0.2601
SEMANA*PAST	2	180	5.92	0.0032
SEMANA*PROCES	4	180	0.88	0.4744
Día_dentrose (SEMANA)	6	180	1.20	0.3058

Anexo 44: Temperatura (T) media, máxima, mínima y precipitaciones (PP) registradas en junio.

<b>Día</b>	<b>T media</b>	<b>T máx</b>	<b>T mín</b>	<b>PP</b>
14	17,7	21,9	15,4	19
15	15,1	18,3	11,2	4,2
16	8,8	12,3	5,1	0
17	7	9,8	3,4	18,4
18	10,1	12,8	8,6	0
19	9,3	10,1	7,6	0
20	9,7	16,1	5,1	0,2
21	10,6	15,8	6,7	0,2
22	10,7	17,8	5,1	0,2
23	11,1	18,6	6	0
24	13,1	19,2	8,6	0
25	8,9	14,5	5,1	0

26	11	19,8	3,5	0
27	16,3	23,8	9,4	0
28	18,8	23,3	13,5	0,6
29	15,3	16,4	13,9	20,4
30	16,3	18,8	13,5	0

Anexo 45: Temperatura (T) media, máxima, mínima y precipitaciones (PP) registradas en julio.

<b>Día</b>	<b>T media</b>	<b>T máx</b>	<b>T mín</b>	<b>PP</b>
1	22,3	28,2	17,8	0
2	12,8	21,6	9,1	0,6
3	8,6	10,2	7,1	6
4	8,4	9,6	7,2	7,8
5	7,7	12,6	3,3	0,4
6	6,3	11,3	2,4	0
7	5,7	12,7	-0,3	0
8	7,3	14	2,9	0
9	7,8	14,7	0,8	0
10	7,7	14,4	2,4	0,2
11	6,2	12,2	0,2	0,2
12	8,9	13,4	4,5	0,2
13	10,5	17,6	4,9	0
14	7,3	11,2	3,8	0

15	5,4	9,2	2,5	0
16	5,6	11,6	0,6	0
17	6,4	13,9	-0,8	0
18	8,3	17,8	0,8	0
19	10,8	19,4	4,5	0
20	13,1	22,4	7,1	0
21	13	20,7	7,1	0
22	10,1	16,8	5,1	0
23	9	15,4	4,7	0
24	8,7	13,7	4,2	0
25	6,4	13,3	0,2	0
26	8,6	16,8	2	0
27	6,3	13,6	-0,7	0
28	8,8	18,7	0,5	0
29	9,2	12,7	3	0
30	5,6	13,4	-1,3	0
31	9,2	14,4	3,5	0,4

Anexo 46: Temperatura (T) media, máxima, mínima y precipitaciones (PP) registradas en agosto.

<b>Día</b>	<b>T media</b>	<b>T máx</b>	<b>T mín</b>	<b>PP</b>
1	12,7	15,7	9,2	0
2	13,2	19,2	7,6	0,2

3	15,4	21,9	11,8	0
4	11,3	12,6	10,1	0
5	11,2	17,4	7,1	0
6	12,8	19,2	5,3	0
7	17,7	25,6	12,7	38,2
8	12,5	15,3	10,2	1
9	14,3	19,7	10,6	0,2
10	16,3	24,6	10,9	0
11	19,9	26,5	14,3	0
12	13,6	21,7	7,2	26,2
13	10,3	18,2	2,1	0,2
14	16,1	22,7	9,4	3
15	16,2	17,7	14,7	16
16	18,1	24,5	13,4	0,2
17	17,2	19,4	17	84,8
18	26,8	20,3	12,8	4,6
19	14,3	19,1	9,3	0,2
20	15,4	16,6	13,7	142,4
21	14,4	19,2	11,8	0,6
22	19,7	28,1	11,3	0
23	24,3	29,9	18,9	13,4
24	12,3	18,9	10	6,8

25	8,7	12,1	5,5	0
26	7,6	11,7	4,3	0,2
27	8,6	14	4,4	0
28	10,5	16,6	5,7	0
29	11,7	18,2	7,1	0
30	14,7	22,3	8,7	0
31	16,5	24,6	9,9	0

Anexo 47: Temperatura (T) media, máxima, mínima y precipitaciones (PP) registradas en setiembre.

<b>Día</b>	<b>T media</b>	<b>T max</b>	<b>T min</b>	<b>PP</b>
1	17,8	25,7	9,6	0
2	17,8	27,8	10,2	0
3	12,5	17,6	7,3	0
4	14,8	18,2	12,3	2,4
5	14,2	15,4	13,3	2,2
6	14,3	16,9	11,4	8,2
7	16,9	18,3	15,2	65
8	16,9	22,6	12,3	0
9	13,7	19,1	9	0
10	13,9	19,9	8,3	0
11	14,9	22,1	9,1	0
12	17	24,4	9,5	0



13	18	25,1	10,8	0
14	18,6	25,8	12	0
15	22,4	28,8	15,8	0
16	22,1	28,2	18,1	0
17	18,1	21,1	13,9	0
18	14,5	16,4	12,5	22,2
19	11,1	13,7	8,3	5,8
20	11,7	17,1	7,2	0,8
21	13,2	19,3	7,3	0,6
22	14,1	20,9	8,1	0
23	15,1	22,3	7,6	0
24	14,2	20,3	7,5	0
25	8,8	12,9	5,2	0
26	9,7	16,3	3,6	0
27	12,8	20,6	4,5	0
28	16,1	22,1	10,4	0
29	18,2	24,4	13,6	0
30	18,6	25,2	11,9	0

Anexo 48: Temperatura (T) media, máxima, mínima y precipitaciones (PP) registradas en octubre.

<b>Día</b>	<b>T media</b>	<b>T max</b>	<b>T min</b>	<b>PP</b>
1	19,8	26,6	14,9	1,4

2	15,1	17,5	12,6	27
3	15,5	17,2	12,2	0,2
4	14,6	19,6	11,8	0
5	19,9	27,7	12,3	0
6	18,6	21,4	16,3	36,2
7	17,7	21,1	15,5	30
8	18,9	21,5	16,9	14,6
9	18,2	20,6	14,2	17,4
10	13,4	15,3	9,7	0
11	13,8	18,9	9,3	0
12	16	22	10,7	0
13	18,8	26	12,7	0
14	21,4	28,4	14,3	0