

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**EVALUACIÓN DE TRES VARIEDADES DE GRANO HÚMEDO DE SORGO,
CON DISTINTO NIVEL DE TANINOS Y COLOR DE PERICARPO, EN
COMBINACIÓN CON DOS MANEJOS DE LA FIBRA Y SU IMPACTO SOBRE
LA PERFORMANCE ANIMAL, PARÁMETROS RUMINALES Y
CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL Y LA CARNE DE NOVILLOS CRUZA EN
CONDICIONES DE ENGORDE A CORRAL**

por

Agustín FERNÁNDEZ MIGLIERINA

Pablo GASALLA DE SANTIS

Agustín NÚÑEZ RUSSI

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

MONTEVIDEO

URUGUAY

2009

Tesis aprobada por:

Director: _____
Ing. Agr. Fernando Baldi

Ing. Agr. Virginia Beretta

Dr. Vet. Juan Franco

Fecha: 23 de Julio de 2008

Autores: _____
Agustín Fernández

Pablo Gasalla

Agustín Núñez

AGRADECIMIENTOS

A nuestros familiares y amigos que, como siempre, estuvieron con nosotros, apoyándonos en los buenos y malos momentos.

Al personal de la Unidad "El Lago" de INIA La Estanzuela, que aportó su experiencia de trabajo y su buena onda. A los técnicos agropecuarios Eduardo Pérez, Máximo Vera, Julio Caserta y Gastón Curbelo por su permanente apoyo. Al ingeniero agrónomo Francisco Formoso, que nos facilitó parte del material experimental. A la Dra. Veterinaria Georgett Banhero y a la tesista de Veterinaria Serrana Guillén por sus aportes técnicos. Al personal del Laboratorio de Nutrición Animal de INIA por el préstamo de sus instalaciones y sus sugerencias prácticas.

Al personal de Biblioteca de la Facultad de Agronomía, por su apoyo a la hora de hacer la revisión bibliográfica. A la Lic. Sully Toledo, por la celeridad con que realizó la corrección de forma. A la Ing. Agr. Virginia Beretta y al Dr. Vet. Juan Franco por sus aportes a nuestro trabajo.

Y en forma especial a nuestro director de tesis Ing. Agr. Fernando Baldi, quien a pesar de la circunstancia especial de su alejamiento del país, encontró el tiempo y la energía necesarios para acompañar nuestro trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	IX
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1. INTRODUCCIÓN.....	3
2.2. PERFORMANCE ANIMAL.....	5
2.3. PARÁMETROS RUMINALES.....	7
2.3.1. <u>Parámetros de degradación</u>	7
2.3.2. <u>PH Ruminal</u>	10
2.4. ESTRUCTURA Y PROCESAMIENTO.....	12
2.4.1. <u>Estructura</u>	12
2.4.2. <u>Degradabilidad del grano asociada a la textura del endosperma</u>	15
2.4.3. <u>Composición</u>	16
2.4.3.1. Almidón.....	16
2.4.3.2. Proteínas.....	16
2.4.3.3. Lípidos.....	17
2.4.4. <u>Tipos de endosperma</u>	17
2.4.5. <u>Procesamiento del grano de sorgo</u>	18
2.4.5.1. Grado de procesamiento.....	20

2.4.5.2. Sorgo grano húmedo.....	21
2.5. TANINOS DEL SORGO.....	23
2.5.1. <u>Complejo proteína-tanino</u>	25
2.5.2. <u>Efectos de los taninos</u>	25
2.5.2.1. Consumo.....	27
2.5.2.2. Degradabilidad y digestibilidad.....	27
2.5.2.3. Performance.....	30
2.5.3. <u>Efecto del ensilado sobre el contenido de taninos</u>	32
2.6. MANEJO DEL VOLUMINOSO.....	32
2.7. CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL.....	35
2.8. CARACTERÍSTICAS DE LA CARNE.....	37
2.8.1. <u>PH y color de la carne</u>	38
2.8.2. <u>Terneza</u>	39
2.9. HIPÓTESIS.....	40
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	41
3.1. Características del experimento.....	41
3.1.1. <u>Ubicación y período experimental</u>	41
3.1.2. <u>Clima</u>	41
3.1.2.1. Temperatura.....	41
3.1.2.2. Precipitaciones.....	42
3.1.3. <u>Diseño del experimento</u>	42
3.1.4. <u>Corrales y comederos</u>	43

3.1.5. <u>Animales</u>	44
3.2. DIETA.....	44
3.2.1. <u>Composición de la dieta</u>	44
3.2.2. <u>Sorgos</u>	45
3.2.2.1. Evaluación de cultivares.....	45
3.2.2.2. Composición química de los tres ensilajes de grano húmedo de sorgo.....	45
3.2.2.3. Caracterización del endosperma.....	46
3.2.2.4. Grado de procesamiento de cada ensilaje.....	46
3.2.3. <u>Fardos de moha y expeler de girasol</u>	47
3.3. MANEJO DE LA ALIMENTACIÓN.....	47
3.3.1. <u>Acostumbramiento</u>	47
3.3.2. <u>Rutina de alimentación</u>	48
3.3.3. <u>Método de ajuste de la dieta</u>	48
3.4. MEDICIONES Y DETERMINACIONES.....	49
3.4.1. <u>Consumo</u>	49
3.4.2. <u>Ganancia media diaria y eficiencia</u>	49
3.4.3. <u>Medición de degradabilidad ruminal y pH</u>	50
3.4.3.1. Animales.....	50
3.4.3.2. Medición de la degradabilidad ruminal.....	50
3.4.3.3. Medición del pH ruminal.....	51
3.4.4. <u>Estimación de la digestibilidad aparente</u>	51
3.4.5. <u>Características de la canal y la carne</u>	52

3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	53
3.5.1. <u>Performance animal y características de la canal y la carne</u>	53
3.5.2. <u>Parámetros ruminales</u>	56
4. <u>RESULTADOS</u>	57
4.1. CARACTERIZACIÓN DEL ENSILAJE DE GRANO HÚMEDO DE SORGO.....	57
4.1.1. <u>Análisis químico</u>	57
4.1.2. <u>Almidón del grano</u>	57
4.1.3. <u>Contenido de taninos</u>	58
4.2. PERFORMANCE ANIMAL.....	58
4.2.1. <u>Consumo</u>	58
4.2.2. <u>Peso vivo y ganancia media diaria</u>	59
4.2.3. <u>Eficiencia de conversión</u>	60
4.3. PARÁMETROS DE DEGRADABILIDAD RUMINAL Y PH.....	61
4.3.1. <u>Degradabilidad ruminal y parámetros a, b y c</u>	61
4.3.2. <u>Degradabilidad efectiva de la materia seca</u>	62
4.3.3. <u>PH ruminal</u>	63
4.4. DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LA MATERIA SECA.....	64
4.4.1. <u>Digestibilidad aparente del almidón</u>	64
4.5. CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL.....	65
4.5.1. <u>Mediciones obtenidas por ecografía</u>	65
4.5.2. <u>Mediciones post-mortem</u>	66
4.5.2.1. Espesor de grasa subcutánea, marbling y área de ojo	

de bife	66
4.5.2.2. Peso del corte pistola, bife, lomo y cuadril.....	66
4.6. CARACTERÍSTICAS DE LA CARNE.....	67
5. <u>DISCUSIÓN</u>	68
5.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS ENSILAJES.....	68
5.2. PERFORMANCE ANIMAL.....	69
5.3. PARÁMETROS DE DEGRADABILIDAD RUMINAL Y PH.....	71
5.4. DIGESTIBILIDAD APARENTE.....	74
5.5. CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL Y LA CARNE.....	75
5.6. CONSIDERACIONES FINALES.....	76
6. <u>CONCLUSIONES</u>	79
7. <u>RESUMEN</u>	80
8. <u>SUMMARY</u>	82
9. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	84
10. <u>ANEXOS</u>	98

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Producción (miles de cabezas) de carne vacuna según año agrícola.....	3
2. Área sembrada de sorgo por año agrícola.....	4
3. Consumo y performance de vaquillonas alimentadas con distintos genotipos de sorgo (ensilaje de grano húmedo).....	15
4. Resumen de la digestión ruminal in situ del grano de sorgo incubado entero o molido.....	20
5. Efecto del tamaño de molido en granos de sorgo sobre la performance de novillos.....	20
6. Digestibilidad de la materia seca del grano de sorgo según el método de conservación y la humedad de cosecha.....	22
7. Performance animal para grano húmedo y grano seco de sorgo..	22
8. Resumen de trabajos sobre la influencia de los taninos sobre la digestibilidad in vitro e in situ.....	29
9. Efecto del contenido de taninos sobre la performance de animales en feed lot.....	30
10. Ganancia media diaria, consumo de MS y eficiencia de conversión de vaquillonas a corral con dietas de heno de alfalfa (60% base seca) y granos húmedos (40% base seca).....	31
11. Ganancia, consumo y eficiencia de conversión de novillos alimentados con maíz o sorgo alto tanino (grano seco molido, relación voluminoso:concentrado 10:90).....	31
12. Performance animal según forma de suministro del voluminoso...	34
13. Performance de los novillos según forma de suministro del voluminoso.....	35

14. Área de ojo de bife, espesor de grasa sub-cutánea y “marbling” para novillos alimentados ad libitum en feed lot utilizando sorgos con y sin tanino.....	36
15. Principales características de los cultivares de sorgo (<i>Sorghum bicolor</i> L. Moench) utilizados.....	45
16. Composición química de los ensilajes de grano húmedo de sorgo.....	46
17. Grado de procesamiento de cada ensilaje de grano húmedo de sorgo.....	47
18. Composición química del fardo de moha y expeler de girasol (% base seca).....	47
19. Concentración energética de cada dieta.....	57
20. Contenido y composición del almidón de cada ensilaje grano húmedo de sorgo.....	57
21. Consumo absoluto de materia seca según tratamiento (kgMS/an/d).....	58
22. Consumo relativo de materia seca (%PV) según tratamiento.....	58
23. Peso promedio según tratamiento.....	59
24. Ganancia media diaria (kg/animal/día) por tratamiento y contrastes ortogonales según manejo del voluminoso dentro de cada ensilaje de sorgo.....	59
25. Ganancia media diaria (kg/animal/día) por tratamiento según ensilaje de grano húmedo de sorgo dentro de cada manejo del voluminoso.....	60
26. Eficiencia de conversión según ensilaje de grano húmedo de sorgo.....	60
27. Degradabilidad promedio según ensilaje de grano húmedo de sorgo.....	61
28. Parámetros de degradación ruminal de la MS para los distintos	

ensilajes de grano húmedo de sorgo evaluados.....	62
29. Valor de L, tasa de pasaje y degradabilidad efectiva, para cada ensilaje de grano húmedo de sorgo.....	63
30. Digestibilidad aparente de la MS (%) según ensilaje de grano húmedo de sorgo	64
31. Digestibilidad aparente del almidón según ensilaje de grano húmedo de sorgo y manejo del voluminoso.....	65
32. MB, AOB y EGS según ensilaje de grano húmedo de sorgo y manejo del voluminoso.....	66
33. MB, AOB y EGS medidos en frigorífico.....	66
34. Peso del corte pistola, bife, lomo y cuadril para los distintos tratamientos (kg).....	67
35. Características de la carne y probabilidad de cada una para el efecto ensilaje de grano húmedo de sorgo y manejo del voluminoso.....	67
36. Tasa de pasaje para cada ensilaje de grano de sorgo.....	73

Figura No.

1. Curva de degradación para grano húmedo de sorgo con alto y bajo tanino.....	10
2. Estructura del grano de sorgo.....	13
3. Degradabilidad enzimática según textura del endosperma.....	14
4. Ranking de fermentación según tipo de grano.....	19
5. Estructura modelo de un tanino condensado.....	24
6. Temperatura histórica y para el período experimental.....	41
7. Precipitaciones históricas y del período experimental.....	42

8.	Foto aérea de los corrales experimentales.....	43
9.	Comederos para fibra mezclada con la ración; pesebre para el fardo y medio tanque para la ración.....	43
10.	Comederos limpios.....	48
11.	Colado de líquido ruminal y medición de pH del licor ruminal.....	51
12.	Curva de desaparición de la materia seca para cada ensilaje de grano húmedo de sorgo	61
13.	Curva de evolución del pH indicando los distintos momentos de entrega del alimento.....	63

1. INTRODUCCIÓN

La disminución en el área dedicada a la producción ganadera en base al crecimiento de otras actividades como la agricultura y la forestación, determinan la necesidad de hacer un uso más intensivo de los recursos, en orden de mantener / aumentar la productividad y no perder competitividad frente a los demás rubros. Por otro lado, el aumento del área agrícola presenta la ventaja de proveer de alimentos con alto valor nutritivo para intensificar la actividad, permitiendo seguir avanzando en la suplementación a pasto y en el engorde a corral. A nivel nacional existe abundante información sobre recomendaciones de manejo nutricional en condiciones de pastoreo, siendo en comparación escasa para sistemas de confinamiento con alta proporción de concentrados. El engorde a corral permitiría un aumento de la productividad, mayor seguridad y grado de terminación de los animales, y la posibilidad de lograr mejores precios a través de bonificaciones.

El sorgo es uno de los granos más usados en Uruguay para la alimentación animal, debido principalmente a las ventajas agronómicas que tiene frente a otros cultivos. A nivel nacional, se evalúan periódicamente un alto número de variedades de sorgo para grano, siendo las principales características evaluadas rendimiento, largo de ciclo, presencia de taninos, coloración de pericarpio, entre otros; existiendo escasa información en relación a su utilización en la alimentación animal. La presencia de taninos en el grano le confiere resistencia a pájaros y enfermedades. Sin embargo esta ventaja durante el cultivo podría tener efectos negativos sobre el valor nutritivo. En la actualidad es escasa la información que integre datos de evaluación de performance animal y degradabilidad ruminal para el grano de sorgo.

En sistemas con alta proporción de concentrados el voluminoso representa un rol físico más que nutritivo, siendo importante para mantener un ambiente ruminal estable y evitar problemas digestivos. Sin embargo, a pesar de su bajo nivel de inclusión en la dieta, el manejo del mismo en un corral representa una limitante desde el punto de vista de la infraestructura (comederos) y maquinaria (mixer), dada la dificultad en el manejo del voluminoso (picado, mezclado, distribuido). A nivel nacional no se han encontrado repercusiones negativas de manejarlo separado del concentrado. Sin embargo esas evaluaciones de manejo del voluminoso han sido realizadas en combinación con concentrados secos molidos (maíz y sorgo), no siendo evaluados los mismos sobre concentrados más degradables como el sorgo de grano húmedo; en donde el rol de la fibra pasaría a jugar un papel más importante. A pesar de lo mencionado, no sería de esperar diferencias con la bibliografía por lo cuál

evaluar distintos manejos de la fibra en combinación con distintos concentrados permitiría el ahorro de material experimental evaluando dos factores que no interaccionarían entre sí en un mismo experimento.

Los objetivos del siguiente trabajo fueron evaluar la performance animal, características de la canal y la carne, y degradabilidad ruminal, de tres ensilajes de grano húmedo de sorgo con diferente nivel de taninos y color de pericarpo. Se buscó también cuantificar el impacto de manejar el voluminoso separado o mezclado con el concentrado sobre los indicadores de performance animal y características de la canal y la carne.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. INTRODUCCIÓN

La rentabilidad de la agricultura resulta ser significativamente mayor al resto de las actividades agropecuarias, por lo que comienza a observarse, en los sistemas con aptitud agro-ecológica de suelos para la implantación de cultivos, un proceso de creciente agriculturización (Simeone et al., 2005). Esto coincide con Blasina (2008) que plantea que el hecho de que la ganadería esté siendo desplazada por la agricultura tiene mucha relación con el valor de la renta. Según datos de URUGUAY. MGAP. DIEA (2008) el cultivo de mayor crecimiento en los últimos años es la soja, sin embargo, cultivos como el trigo, la cebada, el maíz y el sorgo han acompañado este crecimiento. El aumento en estos últimos se podría deber a la necesidad de integrar los mismos en la rotación junto con la soja. Según Guigou (2008) la inclusión de los mismos es una forma de generar rastrojos y coberturas para preservar los suelos.

Como consecuencia directa de este proceso, se da una significativa reducción del área de pastoreo ganadero dedicada tradicionalmente al engorde de vacunos, la cual pasa a ocupar las áreas marginales desde el punto de vista de su potencial agrícola (Simeone et al., 2005). Sin embargo, ha habido un aumento en la productividad del sector ganadero, como se aprecia en el cuadro 1.

Cuadro 1: Producción (miles de cabezas) de carne vacuna según año agrícola.

Año agrícola	Faena	Exportaciones en pie	Variación de existencias	Producción
2000/01	1717	17	242	1976
2001/02	1674	0	679	2353
2002/03	1837	11	415	2263
2003/04	2102	18	317	2437
2004/05	2329	6	26	2361
2005/06	2688	54	-259	2484
2006/07	2532	29	-112	2449
2007/08	2298	85	404	2787

Fuente: elaborado en base a URUGUAY. MGAP. DIEA (2008, 2009)

Blasina (2008) afirma que actualmente la ganadería ha ingresado en una fase de meseta: se produce lo mismo, pero en un área menor. De acuerdo con Secco (2008) aunque los precios de las haciendas se duplicaron en el último

quinquenio, la agricultura puede pagar rentas superiores. El autor plantea que la renta ganadera tradicional de 100-150 kg de carne/ha no puede compararse con la soja. Según él, en el Uruguay sería posible obtener valores de 400-500 kg de carne/ha en una ganadería intensiva, la cual sería posible de lograr con los conocimientos y técnicas que existen a nivel nacional, siendo en este caso comparable con una agricultura de avanzada. Simeone et al. (2005) señalan que parecería lógico pensar en la necesidad de una reformulación de la actividad ganadera especializada en el engorde vacuno, de tal manera de interaccionar positivamente con el proceso de agriculturización de los sistemas de producción.

Según los mismos autores, a nivel nacional la investigación ha caracterizado el proceso de cría y engorde de vacunos en sistemas pastoriles, existiendo por otra parte otras alternativas de manejo, como la alimentación a corral, que no han sido exploradas por la investigación nacional con la misma intensidad.

La implementación de un feedlot a nivel productivo mejoraría la eficiencia biológica de producción de carne a pasto (ya que se removería una categoría muy ineficiente como son los novillos en terminación), independizaría en cierta forma a la alimentación del animal de la variabilidad inherente a la producción de forraje (facilitaría la planificación), podría potencialmente lograr un producto diferenciado y más homogéneo, y permitiría obtener una terminación más rápida de los animales, ya que al concentrar más la dieta en términos energéticos, se lograrían mayores ganancias (Simeone et al., 2008).

Irigoyen y Perrachón (2007) plantean que a nivel productivo el sorgo es un cultivo que deja un alto volumen de rastrojo y de lenta descomposición, lo que en siembra directa es una ventaja muy importante, ya que logra incorporar materia orgánica al suelo. Para estos autores los fuertes cambios que se están procesando en la agricultura nacional, así como la intensificación ganadera, encuentran en el sorgo una opción interesante para la suplementación de las haciendas.

Cuadro 2: Área sembrada de sorgo por año agrícola

Año agrícola	2002/03	2003/04	2004/05	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09
Miles de has	14,8	18	19	15,8	42,8	58,5	91,2

Fuente: elaborado en base a URUGUAY. MGAP. DIEA (2008, 2009)

Si bien el grano de maíz posee un mayor contenido energético que el sorgo, este último posee importantes ventajas agronómicas en cuanto a rusticidad y plasticidad que lo hacen adaptables a diferentes zonas (Montiel y Elizalde, 2004). El cultivo de sorgo granífero muestra mejores ventajas comparado con el de maíz ya que es más resistente al déficit hídrico, tiene menor costo de implantación y da mayor seguridad de cosecha, lo que alienta a su producción y su utilización como recurso energético (Juan et al., 1997).

La mayoría de la información proveniente del hemisferio norte sobre el valor alimenticio del sorgo está relativamente desactualizada (Saba et al. 1972, Maxson et al. 1973, Hibberd et al. 1985, entre otros), ya que es un grano poco usado en esa zona. En una encuesta realizada por Vasconcelos y Galyean (2007) de 29 nutricionistas encuestados (los cuales manejaban el 69% del total de animales en feedlot de EEUU), ninguno utilizaba sorgo como grano principal y sólo un 9% lo utilizaba como grano secundario.

A nivel regional y nacional existe información relativamente reciente (Bianco et al. 2000, Montiel y Elizalde 2004, Caorsi y Olivera 2005, entre otros).

Bajo condiciones de alimentación a corral, la necesidad de voluminoso es escasa (10-20%). Aún así, una de las principales restricciones operativas que enfrentan estos sistemas está relacionada con la forma de suministro del voluminoso, asociado a la falta de maquinaria de distribución, picado y mezclado del material (Collares et al., 2008).

2.2. PERFORMANCE ANIMAL

En un confinamiento la principal variable a considerar es la eficiencia de conversión, definida como los kilogramos de alimento consumido por cada unidad de ganancia de peso (Simeone y Beretta, 2008). Según Elizalde, citado por Baldi (2006), una mejora en un 10 % en la eficiencia de conversión tiene mayor impacto en reducir el costo de la ganancia de peso que una mejora en un 10% en la ganancia de peso. Di Marco (1993) afirma que existe una relación directa entre el consumo de energía y la eficiencia de conversión maximizando la proporción de la energía a funciones productivas cuanto mayor eficiencia se logra.

Según Simeone et al. (2008) la concentración energética de la dieta afecta positivamente a la ganancia diaria y mejora la eficiencia de conversión. Un factor determinante en el nivel de energía consumida por el animal es el porcentaje de fibra y el manejo de la misma dentro del feedlot. Parra et al., citados por Collares et al. (2008), plantean que a mayor cantidad de grano en la dieta la concentración energética es mayor, esto puede causar un mayor consumo mejorando la ganancia de peso y la eficiencia de conversión. Si esta concentración es muy alta, el consumo de MS disminuye (manteniendo el consumo de energía), mejorando así la eficiencia de conversión.

Según Huntington (1997) el almidón es el principal componente energético de una dieta basada en alimentación con granos. El mismo autor plantea que las mejoras en estos sistemas intensivos de producción van a depender de cuánto almidón se convierta en producto animal. En dietas de feedlot la digestión ruminal del almidón es la clave para realizar una eficiente utilización del grano (Orskov, 1986). Esto coincidiría con la planteado por Huntington (1997) que dice que el almidón del grano es mejor utilizado cuando es fermentado a nivel del rumen.

Sin embargo, según Orskov (1986) la fermentación del alimento incurre en pérdidas por calor y por producción de metano que llegan a valores del 12 a 20 % de la energía consumida. Por este motivo el mismo autor plantea que sería deseable entonces que el almidón escape a la fermentación ruminal si hubiese suficiente capacidad de digerir el almidón a nivel post-ruminal. Este autor encontró que cuando se realizó una infusión de almidón directamente dentro del abomaso, la capacidad de digestión del intestino estuvo limitada por la baja secreción de amilasa pancreática en el corto tiempo en la cual la misma es capaz de actuar.

Esto coincidiría con lo planteado por Huntington (1997) de que la baja capacidad de digestión del almidón sería el primer factor que limitaría la absorción de glucosa en el post-rumen. Según él, aproximadamente un 45% del almidón que entra al intestino no se absorbe como glucosa.

La explicación de la digestión incompleta del almidón en el intestino delgado en rumiantes se debería, entre otras cosas, a una producción insuficiente de enzimas, la presencia de una matriz proteica alrededor de los gránulos de almidón y a un pH intestinal sub-óptimo para la actividad de la amilasa (Owens et al., 1986).

Streeter et al. (1989) señalan que numerosos autores (Karr et al., Waldo, Armstrong y Smithaid, Zinn y Owens) sugieren que el tracto bajo tiene capacidad limitada de digestión del almidón. Sin embargo, los mismos afirman que aunque se considere que la digestión intestinal del almidón no es significativa, la misma parecería compensar de alguna forma disminuciones de la degradación ruminal, por lo cual la digestión intestinal tiende a ser mayor cuanto menor es la degradación ruminal.

La tasa y la extensión de la digestión del almidón del grano en el rumen están determinadas por una combinación de factores, incluyendo entre ellos la fuente de almidón en la dieta, la composición de la dieta, la cantidad de alimento consumido por unidad de tiempo, alteraciones mecánicas del grano y grado de adaptación de la microflora ruminal (Huntington, 1997). Mejorando la digestión ruminal del grano de sorgo mejoraría la eficiencia de utilización (Wester et al., 1992). Según Threurer (1986) aquellos granos y tipos de procesamiento que tienen una alta degradabilidad ruminal parecen también presentar una mayor digestibilidad total del almidón.

Según Galyean y Defoor (1978) el porcentaje de almidón digerido en relación a lo consumido está más relacionado al consumo y a la eficiencia de conversión del grano, mientras que la cantidad real de almidón que desaparece del rumen más la del post-rumen usualmente estaría correlacionada con la ganancia diaria de peso.

2.3. PARÁMETROS RUMINALES

2.3.1. Parámetros de degradación

Murphy et al. (1986) plantean que no hay un único indicador que determine la calidad nutritiva de un alimento, sino que existen numerosos factores interaccionando de forma compleja (flora microbiana, propiedades físicas y químicas del alimento, productos finales de la digestión, entre otros). Según los mismos autores los modelos dinámicos de degradación ruminal son herramientas muy útiles y adaptables para analizar factores que afectan la calidad nutritiva del alimento.

El modelo de Orskov y McDonald (1979) describe las fracciones potencialmente degradables de la materia seca:

$$y = a + b (1 - e^{-c \cdot t})$$

Donde:

y: el porcentaje de desaparición de la MS

a: la fracción soluble

b: la fracción sujeta a la digestión

c: la tasa fraccional de digestión

t: el tiempo de incubación

Pezo (1990) plantea que muchos autores (Mertens, Van Soest, Faichney y Black) determinan que la digestión que sufre un alimento en un compartimento dado, o en el tracto digestivo total, es función de dos fuerzas competitivas que actúan simultáneamente: la tasa de pasaje y la tasa de degradación.

La técnica de la bolsa *in situ* permite cuantificar la degradación ruminal de la materia seca. El material bajo estudio se encuentra dentro de una bolsa sintética, la cual está suspendida en el rumen. La tasa de pérdida de esa materia seca de las bolsas se usa para determinar la tasa y la extensión de la degradación (Mehrez y Orskov, citados por Broderick y Orskov, 1988). El uso de bolsas de fibra artificiales tiene la ventaja de dar una rápida estimación de la medida y la tasa de degradación del alimento sin ningún procedimiento más complicado que pesar (Orskov et al., 1980). Según los mismos autores la técnica de la bolsa ruminal no solo podría ser una poderosa herramienta para estandarizar la degradabilidad relativa de cada alimento, sino que también podría aumentar la comprensión de los procesos de fermentación en el rumen.

Por otro lado, los autores señalan tres limitantes importantes. Primero, el material de la bolsa no está expuesto a ninguna ruptura por masticación del animal. En segundo lugar el alimento no deja el rumen una vez que llega a un tamaño de partícula adecuado. Y en tercer lugar, debe ser recordado que lo que realmente se mide es la degradación del material hasta que sea tan pequeño como para salir de la bolsa, sin necesariamente llegar a una completa degradación a compuestos químicos simples. Por este motivo, los autores proponen que los datos obtenidos sean utilizados con precaución y como indicadores de principios generales.

La degradación inicial, o fracción soluble (a), corresponde al valor de digestibilidad del tiempo cero de incubación (Orskov et al., 1980), representando a la fracción que se degrada rápida y totalmente en el rumen (Pezo, 1990). Orskov et al. (1980) señalan que si el valor de “a” es positivo, entonces hay un componente del material que se degrada rápidamente, o un componente soluble lo suficientemente fino como para escaparse por los poros de la bolsa simplemente por empapado y lavado de la misma. Si el valor de “a” es negativo, significa que debe haber un período de iniciación para que comience la degradación (fase lag).

Según Wilkins, citado por Pezo (1990), la fracción potencialmente soluble (b) es la degradación que sufriría un alimento en el ecosistema ruminal si el tiempo de retención en el mismo no fuera limitante. Según Orskov et al. (1980) el tiempo total de incubación para lograr la degradación potencial en alimentos concentrados oscila entre 12 y 36 horas.

La tasa de degradación (c) de un alimento se refiere a la cantidad de alimento que puede ser degradado por unidad de tiempo (Van Soest, citado por Pezo, 1990).

La degradabilidad efectiva (DE) es calculada mediante la siguiente ecuación, y representa la cantidad de la fracción que realmente sería degradada en el rumen (Orskov et al., 1980).

$$DE = a + (b * c) / (c + kp)$$

Donde kp es la tasa de pasaje

Según los mismos autores la DE puede variar enormemente ante distintas tasas de pasaje. En general la tasa de pasaje es directamente proporcional a incrementos en el consumo (Huntington, 1997). Orskov et al. (1986) plantean que a medida que el consumo de alimento aumenta, la tasa de pasaje del alimento se ve acelerada, lo cual causa una disminución en el tiempo de digestión, por lo cual la digestibilidad de alimentos de más lenta fermentación disminuye. Mandell et al., citados por Marshall (1992), encontraron que dietas con mayores valores de a, b y c (con un incremento de la desaparición de la materia seca *in situ*) podrían soportar mayores ganancias de peso. Caorsi y Oliveira (2005) evaluaron la degradabilidad ruminal de sorgo grano húmedo de

alto y bajo tanino sobre vacas de raza Holando, utilizando la técnica *in situ*. Las curvas de degradación obtenidas fueron las siguientes:

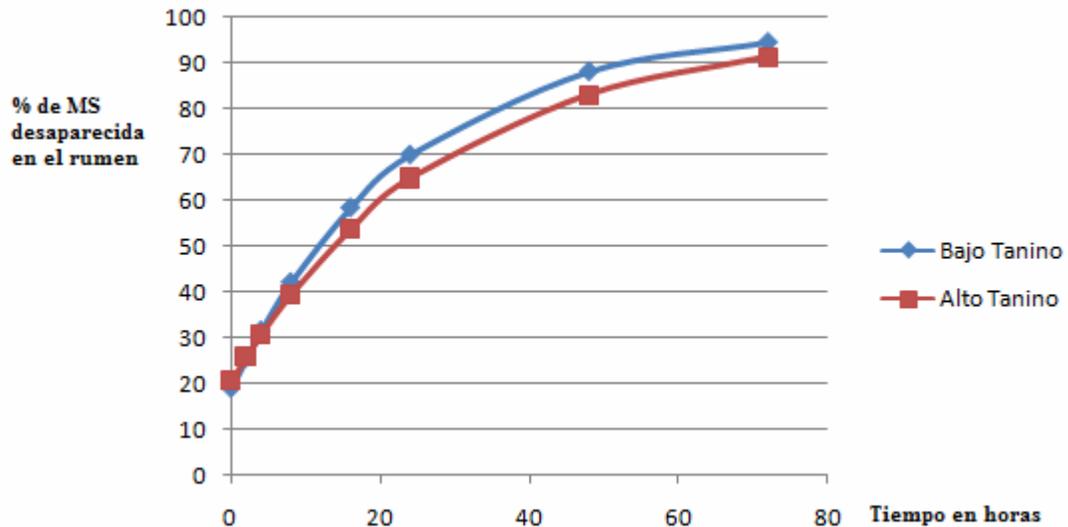


Figura 1: Curva de degradación para grano húmedo de sorgo con alto y bajo tanino (Caorsi y Olivera, 2005).

2.3.2. pH Ruminal

A pesar de las ventajas que poseen las dietas con alto porcentaje de grano, el uso de este tipo de alimentación lleva a un aumento en la tasa de fermentación, menor rumia y por ende una disminución del pH ruminal, pudiendo llegarse a situaciones de acidosis que atentan contra la salud del animal y el resultado productivo final (Simeone et al., 2008). Estos autores entre otras medidas sugieren manejar granos de lenta degradabilidad ruminal.

Dietas con almidones muy fermentables a nivel ruminal aumentan la disponibilidad de glucosa estimulando el crecimiento de bacterias amilolíticas, aumentando la producción de ácidos grasos volátiles (AGV) y disminuyendo el pH ruminal (Owens et al. 1998, Beauchemin et al., citados por Schwartzkopf-Genswein et al. 2003). Casi todos los perjuicios asociadas a dietas con alto porcentaje de granos (acidosis, abscesos de hígado, meteorismo, entre otros) son el resultado de una rápida fermentación del almidón a ácidos grasos volátiles (Huntington, 1997).

Schwartzkopf-Genswein et al. (2003) citan a varios autores (Krause et al., Cooper et al., Beauchemin et al., Ghorbani et al., Koenig et al.) que señalan que dietas con alta proporción de concentrado provocan un pH ruminal que oscila entre 5,6 y 6,2 siendo los valores más bajos correspondientes a dietas más fermentables. Axe et al. (1987) encontraron que para dietas en base a trigo el pH alcanzado fue de 5,68, mientras que para dietas en base a sorgo grano húmedo el pH fue de 5,88.

El pH ruminal varía notablemente en el correr del día. Luego de la alimentación el pH comienza a disminuir, producto de la alta tasa de fermentación de los carbohidratos de la dieta. El menor valor de pH ocurriría entre las 11 o 13 horas luego de la alimentación. Los valores de pH más altos ocurrirían justo antes de la alimentación de la mañana, ya que los animales tienden a rumiar en horarios de la noche (Schwartzkopf-Genswein et al., 2003). Sin embargo, los mismos autores señalan que en situaciones comerciales de producción los patrones del pH ruminal pueden variar tremendamente entre animales, aún recibiendo la misma dieta.

El diagnóstico clínico de la acidosis depende de medidas de la acidez ruminal o de la sangre. Un pH ruminal de 5,6 se toma como referencia para definir acidosis sub aguda y un valor de 5,2 para definir acidosis aguda (Cooper y Klopfenstein, citados por Owens et al., 1998). Los síntomas de la acidosis sub-aguda o sub-clínica se manifiestan mediante una reducción del consumo (Briton y Stock, citados por Wester, 1992) o mediante una fluctuación del mismo (Soto-Navarro et al., citados por Choat et al., 2002). Camps y Gonzales (2003) señalan que durante la acidosis aguda, el pH ruminal cae a niveles de entre 4 y 5, muy por debajo del pH ruminal normal de 6,5. La membrana que recubre la pared interna del rumen resulta dañada y también se ven afectadas las mucosas del cuajar e intestino, que se presentan severamente inflamadas.

A nivel productivo la disminución del pH genera variaciones en los niveles de consumo, anorexia, menor ganancia de peso y pérdidas en la eficiencia de conversión de los animales (Owens et al., 1998). En condiciones extremas donde la bajada del pH es muy grande y las condiciones no se revierten se puede llegar a la muerte de los animales (Camps y Gonzales, 2003). A efectos de evitar los potenciales riesgos asociados a las dietas altamente concentradas, se recomiendan diferentes medidas tales como: la inclusión de granos de lenta degradabilidad ruminal, respetar los requerimientos mínimos de fibra efectiva, el uso de aditivos y probióticos, un manejo ajustado del comedero y el

fraccionamiento del suministro de alimentos en varias comidas diarias (Simeone et al., 2007).

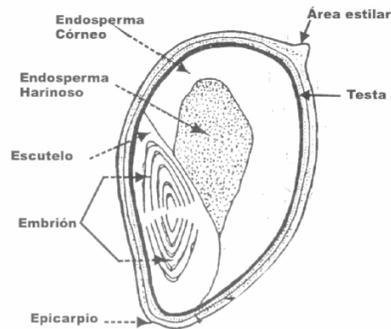
2.4. ESTRUCTURA Y PROCESAMIENTO

La estructura y composición de los granos y sus interacciones con las proteínas, juegan un rol preponderante en la digestibilidad y en el valor alimenticio de los granos para alimentación animal (Rooney y Pflugfelder, 1986).

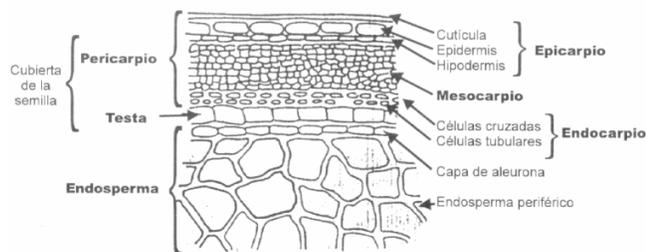
El almidón se encuentra en el endosperma de las semillas (Cheng et al., 1991), siendo el principal componente energético del grano; para el sorgo el mismo es el 75 % de la materia seca (Rowe y Pethick, citados por Van Barneveld, 1999), aunque los contenidos varían entre cultivares (Van Barneveld, 1999).

2.4.1. Estructura

El grano de sorgo se compone de tres partes: el pericarpo o cobertura del grano, el endosperma o tejido de reserva y el embrión o futura planta (Domanski et al., 1997) (Figura 2).



Estructura del grano de Sorgo. Sección longitudinal (Frederiksen, 1986)



Estructura del grano de Sorgo. Sección Transversal (Rooney, 1971)

Figura 2: Estructura del grano de sorgo (extraído de Domanski et al., 1997).

El color del pericarpio varía de blanco, amarillo limón a colorado, siendo los sorgos marrones genéticamente rojos pero con presencia de testa, lo que significa la presencia de taninos condensados (Domanski et al., 1997). Según el mismo autor la forma, tamaño, proporción y peculiaridades del endosperma, germen y pericarpio, el color de este último y la presencia o ausencia de testa están determinados genéticamente. La mayor proporción del peso del grano la constituye el endosperma, el cual puede variar entre 80 a 85%; el germen oscila entre 7 y 12% y el pericarpio no supera el 8% (Hubbard et al., 1950).

La estructura del endosperma determina aspectos químicos y físicos que afectan la digestión del almidón y por consiguiente podrían tener un impacto sobre la respuesta productiva (Montiel y Elizalde, 2004). Según estos autores, el endosperma está compuesto por áreas bien diferenciadas: una córnea o vítrea y otra harinosa, las que a su vez están rodeadas por una zona periférica o sub-aleurona denominada endosperma periférico.

El endosperma periférico se caracteriza por sus células rectangulares largas, que son muy compactas y que contienen gránulos amiláceos y sustancias proteicas dentro de una matriz proteica. El almidón contenido en estas células

no está, por lo tanto, fácilmente disponible para la digestión enzimática, a menos que la proteína que lleva asociada también se reduzca (Chandrashekhar y Kirleis, 1995). La matriz proteica de este endosperma es en general una glutelina alcalina soluble y las sustancias proteínicas son prolaminas, que constituyen la mayor proporción de la proteína total del grano (Jambunathan et al., 1995).

El endosperma córneo está rodeando al endosperma harinoso, el mismo tiene una menor cantidad de gránulos de almidón que este último, de menor tamaño y presentan una forma más bien angular (Seckinger y Wolf, 1973). Según estos autores la matriz proteica es continua y en ella se insertan de forma apretada las estructuras proteicas, dejando pocos espacios de aire y otorgando un mayor empaquetado a los gránulos de almidón disminuyendo la posibilidad de ataque enzimático.

El endosperma harinoso está situado en el centro del grano, posee mayor cantidad de gránulos de almidón los cuales tendrían una forma redondeada, siendo los mismos a su vez de mayor tamaño que en los otros endospermas (Rooney y Pflugfelder, 1986). La matriz proteica en esta zona sería discontinua y con menor cantidad de cuerpos proteicos, dejando espacios de aire por el menor empaquetado del almidón (Waniska, 2000).

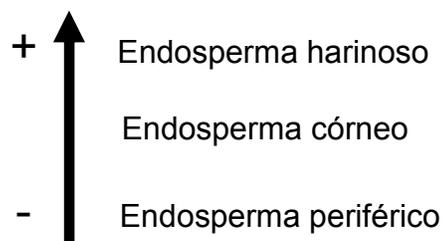


Figura 3: Degradabilidad enzimática según textura del endosperma.

En el sorgo, la textura del grano muestra una amplia variación, que va de un endosperma muy blando todo harinoso a un endosperma vítreo o muy duro enteramente córneo (Jambunathan et al., 1995).

Posiblemente la naturaleza estructural débil del endosperma harinoso, incrementa la disponibilidad del almidón (Hibberd et al., 1982). Según estos autores, Samford et al. (1979) sostienen que la textura blanda del endosperma

harinoso permite una digestión de los carbohidratos 15% mayor a la de cualquier sorgo normal.

2.4.2. Degradabilidad del grano asociada a la textura del endosperma

La evaluación de distintos híbridos de sorgo ha demostrado el mejor ejemplo de relación entre genotipo y digestión del almidón (Hibberd et al. 1982, Streeter et al. 1990, Wester et al. 1992, Montiel y Elizalde 2004). Según Streeter et al. (1991) los híbridos de sorgo varían tanto en su contenido de proteína y almidón, su estructura de endosperma y su digestibilidad *in vitro*, como en su eficiencia de uso por el ganado para la ganancia de peso.

Niveles altos de almidón serían beneficiosos, sin embargo en un experimento realizado por Hibberd et al. (1982) la variedad con mayor contenido de almidón no fue la que tuvo la mayor degradabilidad *in vitro*. En la misma línea varios trabajos (Hibberd et al. 1982, Streeter et al. 1990) señalan que a medida que aumenta la dureza del endosperma (mayor contenido de endosperma córneo) la digestibilidad tanto *in vitro* como *in vivo* disminuyen.

Montiel (2006), realizó un experimento sobre performance de vaquillonas en confinamiento, en donde entre otras cosas comparó dos sorgos de alto porcentaje de tanino que diferían en la textura de su endosperma (vítreo y harinoso) y una variedad de sorgo blanco obteniendo los siguientes datos.

Cuadro 3: Consumo y performance de vaquillonas alimentadas con distintos genotipos de sorgo (ensilaje de grano húmedo).

Tratamiento	CMS (kg/día)	PV inicial(kg)	PV final(kg)	GMD (kg/día)	EC (CMS/GMD)
Sorgo Blanco	6,43 b	185,6	249,9 a	1,15 a	5,60 a
ATV	7.40 a	191.1	251.8 a	1.08 ab	6,80 b
ATH	6.65 ab	187.3	240.5 b	0.96 b	6,90 b

Letras diferentes dentro de una misma columna indican diferencias significativas (P<0.05).

ATV: Alto tanino vítreo

ATH: Alto tanino harinoso

Fuente: Montiel (2006).

La misma autora afirma que posiblemente la falta de diferencias entre el ATV y el ATH se debería a que el grano fue cosechado y ensilado con 35% de humedad, momento en el cual la matriz proteica no se encontraría totalmente

cerrada, mejorando la degradabilidad del almidón del genotipo con endosperma vítreo.

Según Sullins y Rooney (1976) la concentración de proteínas aumenta desde el centro del endosperma (harinoso) hacia el exterior (periférico); lo cual refleja las diferencias en degradabilidad de cada tipo de endosperma. Seckinger y Wolf (1973) encontraron que el endosperma córneo tiene dos veces más proteína que el harinoso.

La mejor performance del sorgo blanco encontrada por Montiel (2006) podría deberse a una mayor degradabilidad de este genotipo. Montiel y Elizalde (2002) realizaron un experimento evaluando la degradabilidad *in situ* de diferentes variedades de sorgo en vacas Holando. Las diferencias en degradabilidad entre los híbridos de sorgo resultaron muy grandes (de 58,9% a 78% de degradabilidad de la materia seca a las 33 horas de incubado para las variedades extremas). Los materiales que tuvieron mayor degradabilidad correspondían a genotipos que no poseían testa pigmentada (caso de los sorgos blancos). Por este motivo los autores plantean que hay que tener en cuenta que el valor nutricional del grano de sorgo como alimento para bovinos es altamente dependiente del genotipo.

2.4.3. Composición

2.4.3.1. Almidón

El almidón está compuesto por dos moléculas principales, la amilosa y la amilopectina. La amilosa es un polímero lineal compuesto de unidades D-glucosa unidas por enlaces del tipo α 1-4, y su cantidad varía según el grano. La amilopectina es un polímero ramificado bastante más largo, formado por cadenas lineales de glucosa unidas por enlaces α 1-4 y ramificaciones α 1-6 cada 20 o 30 moléculas de glucosa (Rooney y Pflugfelder, 1986).

2.4.3.2. Proteínas

La calidad de la proteína del sorgo está relacionada con la capacidad de satisfacer los requerimientos proteicos de la alimentación y depende de dos factores: porcentaje de proteína total y distribución de aminoácidos que componen la misma. El sorgo está limitado generalmente por el bajo contenido

de lisina, de manera similar a los demás cereales (Domanski et al., 1997). Para estos autores el contenido de proteína del sorgo está comprendido entre 5 y 19,3 % con una media de 10,7 %, dependiendo del cultivar utilizado y factores de suelo y clima.

La proteína del sorgo puede desempeñar un papel importante limitando la accesibilidad a los gránulos de almidón especialmente en el endosperma periférico del grano, donde la matriz proteica de la red que rodea al gránulo de almidón es muy densa (Seckinger y Wolf, 1973).

Las proteínas predominantes en el grano de sorgo son las prolaminas, también denominadas kafrinas (solubles en alcohol) que se encuentran principalmente en el endosperma, formando los cuerpos proteicos. Las glutelinas (solubles en diluyentes alcalinos) son las segundas proteínas en orden de importancia y son el principal componente de la matriz proteica (Montiel y Elizalde, 2004).

La disponibilidad del almidón a nivel ruminal se encuentra fuertemente influenciada por la solubilidad de las proteínas (Van Barneveld, 1999). Según esta autora las prolaminas, al ser insolubles en el licor ruminal, afectarían de forma negativa la disponibilidad de almidón para la degradación bacteriana.

2.4.3.3. Lípidos

El contenido de lípidos es más alto en el embrión (germen) y más bajo en el endosperma, con un contenido general de 3 a 4 %. Aproximadamente el 80 % de los lípidos en sorgo son insaturados, constituyendo los ácidos oleico y linoleico el 76 % de todos los ácidos grasos (Domanski et al., 1997).

2.4.4. Tipos de endosperma

Un estudio realizado por Hibberd et al. (1982) sugiere que la disponibilidad de energía del grano de sorgo es altamente dependiente del tipo de endosperma.

Según Domanski et al. (1997) los tipos de endosperma se clasifican a partir de los contenidos de amilosa y amilopectina en:

- normal o no ceroso ("no waxy"): 75 % de amilopectina y 25 % de amilosa
- ceroso ("waxy"): casi 100 % de amilopectina

Generalmente, los cereales poseen un 20 a 30 % de amilosa, pero existen los denominados tipo "waxy" o cerosos donde la cantidad de amilosa es muy pequeña o prácticamente no está presente (Rooney y Pflugfelder, 1986).

Sullins y Rooney (1974) concluyen que la mejor eficiencia de alimentación en ganado de carne en dietas con variedades de sorgo waxy, comparado con variedades *no waxy* se debe a:

- Una mayor susceptibilidad a la actividad enzimática de los sorgos waxy.
- Una menor proporción de endosperma periférico del grano waxy.
- Un aumento en la susceptibilidad de la matriz proteica a la solubilización del grano de sorgo waxy.

En general, los tipo waxy tienen tasas de digestión *in vitro* o *in vivo* más altas que los tipo *no waxy* (Huntington, 1997). Esto coincide con Hibberd et al. (1982) que plantean que variedades con endosperma waxy generalmente tienen mayores valores en la tasa de desaparición de la Materia Seca *in vitro* y también mayor tasa de producción de gas *in vitro*. Nishimita et al. (1969) reportaron menores digestibilidades *in vivo* para sorgos normales que para sorgos waxy. También Sherrod et al. (1969) encontraron menores performances para sorgos normales que para sorgos tipo waxy.

2.4.5. Procesamiento del grano de sorgo

El procesado del grano (partido, molido, tratado con calor o químicamente) se realiza para mejorar la respuesta animal. El mismo mejora la digestibilidad de la materia seca y del almidón e incrementa la tasa de pasaje de los granos a lo largo del tracto digestivo (Huck et al., 1998). El almidón del grano de sorgo es generalmente considerado menos accesible a la degradación enzimática ruminal que el de otros granos (Rooney y Pflugfelder, 1986).

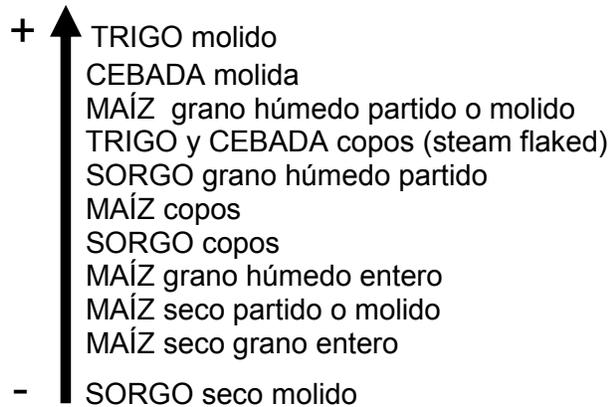


Figura 4: Ranking de fermentación según tipo de grano (NRC, citado por Baldi, 2006).

Stock y Mader (2005) afirman que al procesar el grano se rompe la cutícula que cubre la semilla, produciéndose partículas de menor tamaño que aumentan la superficie de digestión y la hacen más rápida y extensa. Los métodos de procesamiento de los granos para reducir el tamaño de las partículas o alterar la matriz proteica tienen como objetivo incrementar la digestión, principalmente del almidón, tanto en el rumen como en el intestino delgado (Owens et al., 1986).

Es sabido que aquellos granos y tipos de procesamiento que tienen una alta degradabilidad ruminal parecen también presentar una mayor digestibilidad total del almidón (Theurer, 1986). Al mismo tiempo Owens et al. (1997) plantean que los diferentes métodos de procesamiento tienen como función incrementar la disponibilidad del almidón, para ser utilizado por las bacterias del rumen y evitar que el mismo se escape. Cualquier método de procesamiento del grano de sorgo generalmente mejora la eficiencia de conversión y la ganancia de peso en ganado de carne (Harbers, 1975).

Para alimentar bovinos de cualquier categoría y obtener una elevada digestibilidad es indispensable el procesamiento del grano de sorgo, donde la ruptura por masticación es muy escasa (Stritzler et al., citados por Montiel y Elizalde, 2004). Gaebe et al. (1998) señalan que en dietas de feedlot el procesamiento del grano aumentaría la eficiencia de alimentación en un 8 a 15% para el grano de sorgo. El partido del grano de sorgo previo al ensilado parece aumentar la ganancia de peso (+11%) y mejorar la conversión del

alimento (+37%) a través de mejoras sustanciales de la digestibilidad de la materia seca y la materia orgánica (+ 12% MS y 29% MO) (Galiostro, 2005).

Stock y Mader (2005) afirman que el grano húmedo puede ser almacenado entero o molido. Para estos autores, el grano húmedo de sorgo tiene que ser molido para mejorar su eficiencia de utilización. Montiel y Elizalde (2004) señalan que son varios los autores que demuestran que el procesamiento aumenta la degradabilidad *in situ* del grano de sorgo.

Cuadro 4: Resumen de la digestión ruminal *in situ* del grano de sorgo incubado entero o molido.

Autor	Tiempo de incubación (hrs)	Degradabilidad ruminal (%)	
		Entero	Molido
Miller et al. (1972)	48	19,7	60
Nordin y Campling (1976)	48	17	51
Stritzler et al. (1982)	48	10	90
Pieroni (2000)	20	14,3	46,4

Fuente: extraído de Montiel y Elizalde (2004)

Como se puede apreciar, el molido de los granos aumentó en todos los casos la degradabilidad ruminal en al menos tres veces respecto al entero.

2.4.5.1. Grado de procesamiento

Al alterar el grado de procesamiento del grano lo que se afecta es el sitio de digestión, aumentando la superficie de ataque en el grano procesado, por lo cual el grano pasa de digerirse en el intestino por digestión enzimática a degradarse en el rumen por digestión bacteriana (Theurer, 1986).

Cuadro 5: Efecto del tamaño de molido en granos de sorgo sobre la performance de novillos.

	Molido fino vs Molido grueso
Ganancia diaria de peso vivo (%)	+ 1
Consumo diario (%)	-6
Eficiencia de conversión	+5

Fuente: Stock y Mader (1987)

Stock y Mader (1987) realizaron diez experimentos, donde la molienda fina demuestra una mejora de 5 % en la eficiencia de alimentación comparado con el molido grueso, lo que justificaría emplear métodos más enérgicos de procesamiento ya que tendría efectos importantes en la eficiencia de conversión, explicada principalmente por una disminución en el consumo.

Para la mayoría de los granos, a medida que el procesamiento es mayor el consumo del alimento disminuye. Esto obedecería a una mayor disponibilidad de la energía a nivel ruminal y sanguíneo, lo que activaría las señales de saciedad del animal (Owens et al., 1997).

2.4.5.2. Sorgo grano húmedo

Se define como silo de grano húmedo al grano cosechado con una humedad comprendida entre 23 y 40%, que es conservado sin previo secado, en condiciones de anaerobiosis (Chalkling, 2007).

Cuando el grano de sorgo alcanza el 35% de humedad se produce la madurez fisiológica (momento en el cual se interrumpe la comunicación entre la planta y el grano) y se caracteriza por presentar el máximo peso seco, con la cantidad más elevada de azúcares totales (carbohidratos) y nitrógeno (Montiel y Depetris, 2007). Los mismos autores plantean que desde el punto de vista de la calidad nutritiva, el almidón de los granos húmedos tiene una tasa de digestión mayor, dada la mayor accesibilidad de las enzimas a los gránulos de almidón. Además, la matriz proteica que rodea a los gránulos de almidón se encuentra en forma discontinua, por lo tanto no constituye una barrera para el ataque de los microorganismos ruminales.

Según Bianco et al. (2000) en etapas tempranas del grano, el almidón todavía no se encuentra encapsulado por proteínas como ocurre en los granos secos, por lo tanto son más fácilmente atacados por las bacterias en el rumen.

Cuadro 6: Digestibilidad de la materia seca del grano de sorgo según el método de conservación y la humedad de cosecha.

Método de procesamiento	% de humedad a la cosecha	Digestibilidad (% MS)
Grano seco	14 a 17	73,5
Grano húmedo ensilado	29	83

Fuente: Bianco et al. (2000)

Según Huntington (1997) la digestibilidad ruminal en dietas de sorgo con alta humedad es de 73,2 % mientras que para dietas de sorgo seco es 59,8 %. Si la energía metabolizable (EM) de un grano de sorgo seco es de 2,90 Mcal EM/kg MS, la misma puede aumentar al cosecharlo húmedo a un nivel de 3,19 Mcal EM/kg MS (Owens et al., 1997).

Los resultados obtenidos muestran que al suministrar grano húmedo se reducen los niveles de nitrógeno amoniacal en rumen, lo que podría indicar un aumento de la síntesis de proteína microbiana, y por consiguiente un aprovechamiento más eficiente de los alimentos (Chalkling, 2007).

Con respecto a la eficiencia de aprovechamiento de los granos, varios autores (Tyrrell y Varga 1984, Brennan et al. 1986, Carrasco 1990, Gagliostro 1996, Rearte 1996) han concluido en términos generales que los granos cosechados húmedos y ensilados son más aprovechados que granos secos a igualdad de tratamiento (ambos quebrados o enteros). Según Owens et al. (1997) el consumo de materia seca generalmente tiende a disminuir a medida que el porcentaje de humedad del grano aumenta.

A continuación se presentan los resultados obtenidos de un estudio realizado por Stock y Mader (2005) que compara dos dietas: una con sorgo seco y otra con sorgo de grano húmedo.

Cuadro 7: Performance animal para grano húmedo y grano seco de sorgo.

Procesos	Ganancia (kg/día)	Consumo (kg/día)	Eficiencia de Conversión	Diferencia con Molido Fino Seco (%)
Molido Fino Seco	1,09	6,87	6,3	
Grano Húmedo Molido	1,00	5,4	5,4	14,8

Fuente: Stock y Mader (2005)

Los mismos autores destacan algunas de las ventajas que presenta el ensilado de grano húmedo:

- mejora en la eficiencia de conversión del alimento (más de 10 %)
- reducción de las pérdidas de campo por cosecha anterior (6 a 20 %)
- puede ser entero o molido (mejor eficiencia de utilización) y se almacena en silo bunker o en silo bolsa

Existen también otras ventajas tales como: la desocupación anticipada de los lotes, la eliminación del gasto de secado, traslados, etc. (Romero, 2002).

2.5. TANINOS DEL SORGO

Según Magalhães y Durães (2003) debido al hecho de que el sorgo no presenta una protección para las semillas como, por ejemplo, la chala en el caso del maíz o las glumas para el trigo y la cebada, la planta de sorgo produce varios compuestos fenólicos, los que sirven como defensa química contra pájaros, patógenos y otros competidores.

Todos los sorgos contienen polifenoles, los cuales afectan el color, la apariencia y el valor nutritivo del grano y sus productos. 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 o antipájaros) taninos condensados (Domanski et al., 1997). Los dos primeros no tendrían problemas antinutricionales, solo afectarían características como el color y la apariencia del grano (Magalhães y Durães, 2003).

Un tanino es cualquier compuesto fenólico, de suficiente peso molecular, que contiene abundantes grupos hidroxifenólicos como para formar fuertes complejos con proteínas y otras macromoléculas (Van Soest, 1994). El peso molecular de estos compuestos se encuentra en el rango de 500 y 3.000 g/mol (Mangan, 1988).

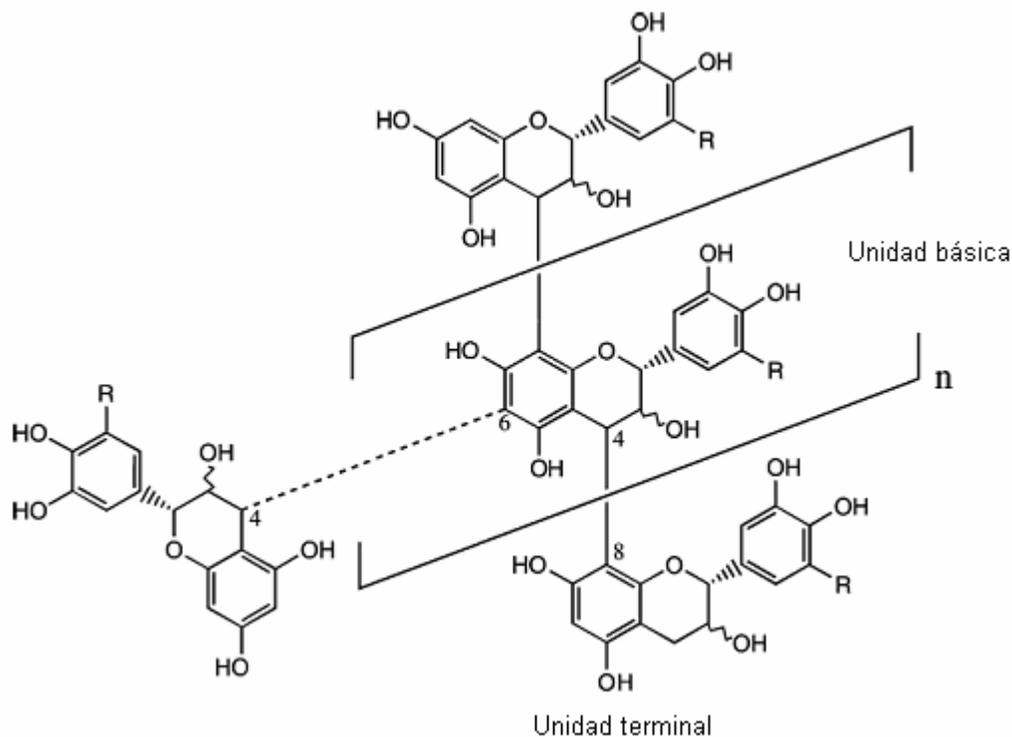


Figura 5: Estructura modelo de un tanino condensado (Schofield et al., 2001).

De acuerdo a Cannas (1999), además de con proteínas, los taninos forman complejos con numerosos tipos de moléculas como ser: carbohidratos, polisacáridos, membranas celulares de las bacterias, enzimas involucradas en la digestión de carbohidratos y proteínas.

Según Hagerman y Butler (1989) existen dos tipos principales de taninos, que difieren en su estructura química: los taninos condensados y los hidrolizables. No hay evidencias de la presencia de grandes cantidades de taninos hidrolizables en sorgo (Magalhães et al., citados por Montiel y Elizalde, 2004).

Los taninos condensados (o proantocianidinas) son polímeros de unidades flavonoides, en su mayoría unidos entre sí por enlaces C4 – C8 (Zimmer y Cordesse, 1996). Los granos de sorgo con testa pigmentada contienen altos niveles de taninos condensados (Hahn y Rooney, 1986). Según Magalhães y Durães (2003) al ser metabolitos secundarios (no participan de vías metabólicas primarias como el crecimiento y la reproducción) la presencia y la naturaleza de

los taninos varía enormemente y depende de la constitución genética del material.

No se conocen todavía los motivos por los cuales las plantas sintetizan y almacenan estos compuestos secundarios, se cree que puede ser un sistema de defensa de los vegetales contra el ataque de herbívoros y hongos (Salomon, 2004). Una segunda teoría posible sería que ante la presencia de algún factor limitante del desarrollo, las tasas de crecimiento de las plantas son más sensibles que las tasas de fotosíntesis (Bradford y Hsiao, citados por Salomon, 2004). Por lo tanto cuando la planta es sometida a algún factor que limite su crecimiento, puede sintetizar estos compuestos como una forma de almacenar los productos de la fotosíntesis. Según Van Soest (1994) muchas plantas incrementan sus contenidos de taninos en respuesta al stress o muerte de tejidos.

2.5.1. Complejo proteína –tanino

Según Reed (1995) la fortaleza del complejo proteína-tanino depende de las características de ambos compuestos (peso molecular, estructura terciaria, punto isoeléctrico y compatibilidad de los sitios de enlace). Las principales formas de ligazón son las hidrofóbicas y los puentes de hidrógeno, ocurriendo las interacciones iónicas y covalentes con menor frecuencia (Cannas, 1999).

Según Hagerman y Butler (1981) los taninos interaccionan con las proteínas de manera específica y selectiva, siendo las proteínas y polipéptidos con alto contenido de prolina las de mayor afinidad, por su conformación abierta y su capacidad de formar fuertes uniones puente hidrógeno.

La estabilidad de las ligazones por puente hidrógeno ha demostrado ser independiente del pH en la franja de 2,0 a 8,0 (Gustavson, citado por McLeod, 1974).

2.5.2. Efectos de los taninos

La principal ventaja agronómica de los taninos en el grano es la resistencia al ataque de pájaros, efecto que ha sido citado por numerosos autores (Maxson et al. 1973, Streeter et al. 1993, Van Soest 1994, Zimmer y Cordesse 1996).

Otros efectos positivos son la prevención del desarrollo de hongos, menor germinación precosecha (Streeter et al., 1993), resistencia al deterioro ambiental o por almacenamiento (Maxson et al., 1973) y protección contra las infecciones de origen microbiano o viral (Zimmer y Cordesse, 1996).

También a nivel nutricional se han encontrado algunas ventajas de los taninos cuando estos se presentan en bajas concentraciones. Entre éstas se destacan un aumento en la eficiencia de utilización de las proteínas por los rumiantes (Reed, 1995), prevención del meteorismo en el ganado (Mangan, 1988) y reducción de nemátodos intestinales y sus larvas (Waghorn, citado por Priolo et al., 2000).

Según Van Soest (1994) los intentos de utilizar taninos para promover el escape de la proteína dietaria del rumen (bypass) no han tenido demasiado éxito. Los beneficios de la proteína bypass, serían probablemente función de las características del complejo proteína tanino (McSweeney et al., 2001).

Los efectos de los taninos sobre la nutrición animal son mayoritariamente de carácter negativo. Según Reed (1995) los taninos disminuyen la tasa de crecimiento debido a la combinación de un menor consumo y una menor digestibilidad *in vivo* de la proteína. La presencia de taninos adyacentes al almidón en el grano de sorgo podría disminuir su digestión, al limitar el ataque microbiano y enzimático (Owens et al., 1986).

Se han encontrado también efectos deletéreos sobre la tasa de crecimiento y la eficiencia de conversión en bovinos (Maxson et al., 1973) y en ovinos (Wester et al., 1992). Según Giorda (1998) los sorgos con tanino causan una reducción del 10 al 30 % en la eficiencia alimentaria en comparación con los sorgos que no lo tienen.

Los efectos anti nutricionales de los taninos están asociados con su habilidad de combinarse con las proteínas dietarias, polímeros como la celulosa, hemicelulosa y pectina, y minerales (McSweeney et al., 2001).

Según McSweeney et al. (2001) los taninos son considerados como inhibidores del crecimiento de los microorganismos. Sin embargo, la toxicidad

de los taninos en los rumiantes es difícil de separar de su efecto en la digestión de proteínas y carbohidratos (Reed 1995, Cannas 1999).

De acuerdo con Magalhães y Durães (2003) las investigaciones han demostrado que porcentajes de taninos menores a 0,7 % en el grano verificado en los análisis de laboratorio son debido a otros compuestos fenólicos y no al contenido de tanino condensado, por lo cuál no habría efectos antinutricionales en la dieta.

2.5.2.1. Consumo

El efecto negativo de los taninos sobre el consumo se debe principalmente a tres causas. Según Reed (1995) la formación de complejos entre los taninos y glicoproteínas salivares causa astringencia, la cual podría aumentar la salivación y disminuir la palatabilidad. Cannas (1999) señala que la reducción de la digestibilidad influencia negativamente el consumo por su efecto en el llenado ruminal. Además los taninos aumentan los niveles de ciertas hormonas peptídicas comunes por la disminución de la ingesta (Kumar y Vaithyanathan, citados por Zimmer y Cordesse, 1996).

En cambio Maxson et al. (1973) al comparar grano de sorgo con alto tanino contra grano con bajo tanino y grano de maíz en novillos, encontraron un mayor consumo del sorgo alto tanino. Riffel (2004) también encontró mayor consumo para granos de sorgo con alto tanino.

Esto podría deberse a lo comentado por Cannas (1999) de que en algunos experimentos se utilizan fuentes comerciales de taninos, éstos serían más eficientes en disminuir la ingesta que los presentes naturalmente en la dieta, los cuales no siempre reducen el consumo. Según este autor, en algunos ensayos con dietas ricas en taninos, el consumo fue igual o mayor que para las dietas sin taninos.

2.5.2.2. Degradabilidad y digestibilidad

Una menor digestibilidad *in vitro* de la materia seca en sorgos con altos tenores de taninos ha sido citada por diversos autores (Cuadro 8). Hasta dónde la disminución de la digestibilidad se debe a una inhibición verdadera (por

ejemplo interferencia específica con enzimas) o a una precipitación no específica de las proteínas no se sabe (Van Soest, 1994).

Hibberd et al. (1985) encontraron un efecto negativo de los taninos sobre la digestibilidad *in vitro* pero no sobre la digestibilidad *in vivo*. El mismo resultado fue hallado por Streeter et al. (1990), aunque estos autores encontraron una tendencia a una menor digestibilidad de la materia orgánica para los cultivares de alto tanino.

Según Hibberd et al. (1985) la digestión de la materia orgánica del sorgo resistente a pájaros fue mayor a la esperada, posiblemente por la alta desaparición de taninos en el rumen (95,2%). No saben sin embargo hasta qué punto los taninos se degradaron o si fueron metabolizados en productos no detectables por el método Vanillina-HCl, usado para determinar su concentración. Según los autores, las diferencias encontradas entre la técnica *in vitro* e *in situ* podrían deberse a que el inóculo utilizado para el ensayo *in vitro* fue extraído de un novillo que no estaba adaptado a dietas con altas concentraciones de taninos. Streeter et al. (1990) encontraron que en promedio el 72 % de los taninos consumidos desapareció en el tracto digestivo, principalmente en el rumen.

Según McSweeney et al. (2001) la despolimerización de los taninos condensados a través del rompimiento de las ligazones carbono-carbono no ha sido bien demostrada en condiciones anaeróbicas y podría no ocurrir en el rumen. Usualmente los taninos no son absorbidos en el tracto digestivo (Cannas, 1999).

Por otro lado, Goñi y Oholeguy (2000) en ensayos con sorgo grano húmedo observaron una superioridad del grano bajo tanino en relación al de alto tanino, tanto para la degradabilidad efectiva como para la digestibilidad intestinal. Esto coincide con los datos de degradabilidad *in situ* obtenidos por Romero et al. (2000), Caorsi y Olivera (2005) en donde el material con bajo contenido de taninos tuvo mejor desempeño que el de alto tanino.

Cuadro 8: Resumen de trabajos sobre la influencia de los taninos sobre la digestibilidad *in vitro* e *in situ*.

Autor	Material	Técnica	BT	AT	TnBT	TnAT
Cummins (1971)	Gr. seco	IVDMD	65%a	50%b	4,2b	10,5a
Saba et al. (1972)	Seco molido	IVDMD*	15%c	7%b	0,23	0,69
Maxson et al. (1973)	Grano molido	dig <i>in vivo</i>	66,63%	62,61%	0,94	2,15
Hibberd et al. (1982)	Seco molido	IVDMD	59,2%ab	47,2%c	0,08c	1,74a
Hibberd et al. (1985)	Seco partido	IVDMD	52,7%a	39,2%c	0,04c	1,22a
		<i>in situ</i> MO	48,9%	57,3%		
		dig <i>in vivo</i>	68,4%	68,7%		
Montgomery et al.#		IVDMD	62%	57,3%		
Streeter et al. (1990)	Grano seco	deg rum inal MO	56,2%	52,5%	0,0	1,44
		dig <i>in vivo</i> MO	74,2%	67,4%		
Rodríguez et al. (1999)	SPE	IVDMD	59,93%ab	58,4%b	0,58b	1,21a
			61,70%a	58,48%b	0,56b	1,16a
Romero et al. (2000)	SGH	IVDMD	81,6%	75,3%	<0,4	>0,8
Romero et al. (2000)	SGH	<i>in situ</i>	a=61,8%a b=38,2%a c=0,113/ha	a=32,6%b b=57,7%b c=0,065/hb	<0,4	>0,8
Goñi y Oholeguy (2000)	SGH	<i>in situ</i>	a=36% b=61% c=5,2%/h	a=23% b=73% c=3,9%/h	2,7	7,3
Ribeiro et al. (2003)	SPE	<i>in situ</i> FDN**	62,43%	57,92%		
Caorsi y Olivera (2005)	SGH	<i>in situ</i>	a=43,3%a b=47%c c=7,4%/hb	a=35,1%b b=54,2%c c=3,7%/ha	0,5	1,0
		dig <i>in vivo</i>	78,6%	73,4%		

citado por Rodríguez et al. (1999)

AT= Alto tanino, BT= Bajo Tanino; SGH= sorgo de grano húmedo, SPE= silo de planta entera

* 3 horas de incubación; **degradado a las 72 horas; Tn: contenido de taninos.

Medias seguidas de diferente letra dentro del mismo trabajo difieren con $p < 0,05$.

Streeter et al. (1990) encontraron que el contenido de almidón fue mayor para el cultivar normal (78,8%) que para el resistente a pájaros (72,1%). A pesar de no tener efectos negativos sobre la digestibilidad total del almidón, en este trabajo los taninos tendieron a aumentar la degradabilidad ruminal y disminuir la digestibilidad en el intestino delgado. Los autores no conocen las causas de este fenómeno. En el experimento de Hibberd et al. (1985) la digestión total del almidón fue mayor para el híbrido alto tanino (90,8%) que para el de bajo tanino (86,9%).

2.5.2.3. Performance

Los tipos de sorgo resistentes a pájaros han sido reportados por su menor eficiencia de utilización por el ganado que los no resistentes (McGinty y Riggs, Bertrand y Lutrick, Hinders y Eng, citados por Maxson et al., 1973).

Maxson et al. (1973) encontraron una peor eficiencia de conversión en el grano de sorgo con alto contenido de taninos, debido principalmente a un mayor consumo (cuadro 9). Los taninos del sorgo reducen la digestibilidad y la eficiencia de utilización de los nutrientes absorbidos desde un 3 a un 15% (Waniska, 2000). Por otro lado, Riffel (2004) encontró mejor eficiencia para el sorgo alto tanino, ya que su mayor consumo fue compensado por una mejor ganancia.

Cuadro 9: Efecto del contenido de taninos sobre la performance de animales en feedlot.

	Maxson et al. (1973)		Riffel (2004)	
	Bajo tanino	Alto tanino	Bajo tanino	Alto tanino
Consumo (kg/a/d)	8,95	10,2	7,99	9,04
GMD (kg/a/d)	1,16	1,01	1,18	1,54
Efic.Conv (kg/kg)	7,62	10,0	6,76	5,87

El efecto de los taninos ha sido más estudiado en la producción de leche. Romero et al. (2000) trabajando con sorgo grano húmedo encontraron un efecto depresivo de los taninos del grano sobre la producción de leche (23,1 l/d bajo tanino vs 21,8 l/d alto tanino $p < 0,05$).

Hibberd et al. (1982) resaltan que algunos sorgos pueden obtener similares resultados al maíz aunque otros, como los resistentes a pájaros, reducirían dramáticamente su performance. Juan et al. (1997) evaluaron distintas combinaciones de silo de grano húmedo de maíz y sorgo en dietas de terminación a corral de vaquillonas, no encontrando diferencias en ninguno de los indicadores de performance evaluados, por lo cual el ensilaje de grano húmedo de maíz pudo ser reemplazado en un 100% por el ensilaje de grano húmedo de sorgo.

Cuadro 10: Ganancia media diaria, consumo de MS y eficiencia de conversión de vaquillonas a corral con dietas de heno de alfalfa (60% base seca) y granos húmedos (40% base seca).

Composición de la mezcla	Maíz	2/3 Mz+ 1/3 Sg	1/3 Mz+ 2/3 Sg	Sorgo
GMD (kg/día)	1,192	1,123	1,087	1,198
Consumo MS(kg/día)	6,77	6,97	6,96	7,00
Eficiencia(kg/kg)	5,79	6,29	6,44	5,86

Fuente: Juan et al. (1997)

Según los autores, la diferencia en contenido energético encontrada entre el maíz y el sorgo (2,2%) fue menor a la que cabría esperar en condiciones promedio (5 a 10%).

Por otro lado, Larraín et al. (2009) compararon grano de maíz contra grano de sorgo alto tanino, encontrando que el peso final, la ganancia y la eficiencia de conversión se redujeron en aquellos animales alimentados con sorgo en comparación con los que consumieron maíz.

Cuadro 11: Ganancia, consumo y eficiencia de conversión de novillos alimentados con maíz o sorgo alto tanino (grano seco molido, relación voluminoso:concentrado 10:90).

Composición de la mezcla	Maíz	Sorgo	p=
GMD (kg/día)	1,86	1,47	< 0,001
Consumo MS(kg/día)	9,59	8,78	0,16
Eficiencia(kg/kg)	5,16	5,97	<0,01

Fuente: Larraín et al. (2009)

2.5.3. Efecto del ensilado sobre el contenido de taninos

De acuerdo con Myer et al. (1986), el proceso de fermentación del ensilaje favorece la desactivación del tanino de grano de sorgo. Esto coincide con Bhat et al. (1998) que señalan que varios microorganismos son resistentes a los efectos inhibitorios de los taninos, desarrollando mecanismos para la degradación de estos compuestos.

Cummins (1971) observó que el ensilado aumentaba la digestibilidad in vitro de la materia seca, y que este aumento era mayor en el híbrido con alto tanino que en el de bajo tanino. La pérdida de taninos del grano durante el ensilado resultó en contenidos finales iguales entre híbridos.

Maksinchuk (2004) utilizó dos cultivares, uno con alto tanino (mas de 5%) y otro bajo tanino (menos de 0,5 %). Luego de realizado el ensilado de planta entera los valores fueron 0,5 % y 0,4 % para el cultivar de alto y bajo tanino respectivamente.

Trabajando con grano húmedo, Goñi y Oholeguy (2000) no encontraron efecto significativo del ensilado sobre el contenido de taninos, aunque sí sobre los parámetros de degradación ruminal. Caorsi y Olivera (2005) encontraron que el ensilado del grano disminuyó el contenido de taninos.

2.6. MANEJO DEL VOLUMINOSO

Según las tablas latinoamericanas de composición de los alimentos (1972), los henos se caracterizan por tener más de 18% de fibra cruda (base seca), lo cual implica un bajo contenido energético.

Los sistemas de alimentación de los rumiantes han ido disminuyendo progresivamente la proporción de fibra en las raciones con el fin de maximizar los aportes energéticos al animal; sin embargo, los modelos actuales de alimentación recomiendan un mínimo de fibra para asegurar un correcto funcionamiento ruminal (Bach y Calsamiglia, 2006). Según estos autores los requerimientos y recomendaciones mínimas de fibra en la ración son consecuencia de la capacidad de la fibra para prevenir la acidosis ruminal.

La fracción mínima de fibra necesaria en las dietas de feedlot ejerce un efecto físico o mecánico más que nutritivo, siendo el principal objeto de la misma el promover la rumia, la salivación y la consecuente producción de buffer ruminal para reducir el riesgo de acidosis y reducir la tasa de consumo, sin afectar el resultado productivo (Pordomingo et al., 2002). Bach y Calsamiglia (2006) sostienen que, por un lado la fibra fermenta lentamente, por lo que aporta relativamente poca energía al animal y genera poca cantidad de ácido en el rumen, por otro lado aporta una textura física al contenido ruminal que estimula la rumia, la masticación y la secreción salivar, y regula el ritmo de paso.

Galyean y Defoor (2003) plantean que, en ganado de carne alimentado con dietas ricas en concentrados, el consumo está controlado principalmente por factores metabólicos y no limitado por la capacidad ruminal. Afirman también que añadir un pequeño porcentaje de forraje a dietas altas en concentrados ayuda a prevenir trastornos digestivos y maximiza la ingesta de energía.

Aunque la necesidad de fibra en los sistemas de feedlot es baja, su provisión es frecuentemente una limitante operativa y económica. El heno cosechado en rollos y luego procesado para su mezclado en la dieta se convierte en uno de los insumos más caros por unidad de energía digestible (Pordomingo et al., 2002). Según estos autores en la mayoría de los feedlots de poca escala, no se dispone de equipamiento para molienda de henos. La inclusión de bajos niveles de fibra en dietas para ganado en terminación (10 a 20% de la materia seca de la dieta total), puede representar una limitante del punto de vista operativo (asociadas a la falta de maquinaria de distribución, picado y mezclado), fundamentalmente cuando se plantean corrales de tipo coyuntural (Simeone et al., 2008).

Atwood et al. (2001) estudiaron el efecto de utilizar una ración totalmente mezclada (RTM) u ofrecer los alimentos de manera separada a novillos y vaquillonas. Los animales a los que se les ofreció la RTM tendieron a comer más que los animales que pudieron seleccionar los ingredientes en el promedio de todo el experimento. Los animales de ambos tratamientos consumieron cantidades distintas en días diferentes, lo que resultó en una interacción tratamiento x día. La tasa de ganancia no difirió entre los animales alimentados con la RTM y aquéllos a los que se les permitió seleccionar su dieta (0,89 vs 0,92 kg/d). La eficiencia de conversión (ganancia por unidad de alimento consumido) también fue similar para ambos grupos (0,09 vs 0,10 kg/kg).

Simeone et al. (2007) estudiaron el efecto de la presentación de la dieta (RTM, voluminoso separado del concentrado, voluminoso *ad libitum*, concentrado en comederos de autoconsumo) en terneros recriados en feedlot, encontrando que el mezclado de la fibra no mejoró significativamente la ganancia media diaria de peso vivo y tampoco hubo efecto del suministro del voluminoso en cantidad fija diaria versus *ad libitum*.

Barbosa et al.¹ estudiaron el efecto de la forma de suministro de la fibra sobre la performance animal y la calidad de la canal de novillos cruza en terminación. Utilizaron una relación concentrado voluminoso 85:15, con maíz quebrado y expeler de girasol como concentrado y fardo de moha como voluminoso. Los tratamientos consistieron en ofrecer una ración RTM (mezclada con mixer) y el voluminoso por separado del concentrado (concentrado en el comedero y voluminoso en el suelo). Se suministró el alimento dos veces por día.

Cuadro 12: Performance animal según forma de suministro del voluminoso.

	PV inicial	PV final	GMD	Ef. de conversión
Separado	388,1	468,2	1,334	9,3
Mezclado	397,3	467,2	1,164	10,3

Fuente: Barbosa et al.¹

Como se observa en el cuadro no se encontraron diferencias para ninguna de las variables estudiadas. Tampoco hubo diferencias en el área de ojo de bife ni en el espesor de grasa subcutánea.

En un experimento similar, Collares et al. (2008) evaluaron tres tratamientos: una RTM (fardo mezclado a mano), el voluminoso manejado por separado del concentrado y el voluminoso ofrecido *ad libitum* (rollo en el corral). Utilizaron terneros y novillos de la raza Hereford, alimentados al 2,6 % del peso vivo (2,2 % de concentrado y 0,4 % de voluminoso) y con una frecuencia de alimentación de cuatro veces por día. La dieta ofrecida tuvo una relación concentrado

¹ Barbosa Pérez, J. D.; Herrera Pisacco, A.; Patrone Irazabal, J. P. 2008. Uso de dos manejos nutricionales en dietas totalmente mezcladas o el fardo separado para disminuir el uso de maquinaria en encierros de novillos (sin publicar)

voluminoso de 85:15, siendo el concentrado a base de sorgo partido y expeler de girasol y el voluminoso heno de paja de trigo.

Cuadro 13: Performance de los novillos según forma de suministro del voluminoso.

Tratamiento	GMD	Consumo (%PV)	Consumo (Kg/a/d)	Ef. de conversión*
RTM	1,199	2,59 b	9,69 c	8,1
RDFD	1,256	2,54 c	9,84 b	7,8
RDFA	1,206	3,21 a	11,92 a	9,9

Letras distintas en la misma columna, difieren significativamente (P<0,0001).

RTM: ración totalmente mezclada ofrecida diariamente; RDFD: cantidad y frecuencia igual a RTM pero concentrado y voluminoso ofrecidos en comedero separados; RDFA: suministro de concentrado igual a RDFD y voluminoso ofrecido *ad libitum* en el corral

*eficiencia de conversión promedio para todo el período, no se realizó análisis estadístico debido a que no presentó repeticiones

Fuente: Collares et al. (2008)

No se encontró efecto del manejo de la fibra sobre la evolución del peso vivo ni la ganancia media diaria. El mayor consumo de materia seca total fue explicado por un mayor consumo de voluminoso y no de concentrado (Collares et al., 2008). Según los autores la forma de suministro del voluminoso durante el período de alimentación a corral no afectó ninguna de las características referentes a la calidad de la canal.

Keunen et al. (2002) observaron, en vacas lecheras, que cuando éstas presentaban acidosis subaguda aumentaba su preferencia por heno de alfalfa frente al mismo material peleteado. Estos autores encontraron que la preferencia por el heno (estimada como el total de heno de alfalfa consumido sobre la cantidad total de heno más pelets de alfalfa consumida durante el período de elección) varió en relación al pH ruminal, resultando en una correlación negativa entre ambas variables de -0,33. Vacas lecheras aumentarán sus preferencias dietarias por una comida de mayor tamaño de partícula cuando se les da la opción apropiada durante un evento de acidosis subaguda (Keunen et al., 2002).

2.7. CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL

Según Owens y Gardner (2000) diferencias en los factores dietarios tienen más efecto en la performance del animal y peso final de la carcasa que en la

calidad de la misma. Esto coincide con lo planteado por Preston et al., citados por Aberle et al. (1981), que afirman que la composición de la carcasa es afectada mayormente por el peso a la faena y la madurez. Factores como el genotipo (Drake, 2004), el sexo de los animales y el peso de la carcasa (Owens y Gardner, 2000) tendrían mayor impacto sobre la calidad de la canal.

Alteraciones en el nivel de concentrado y diferentes aportes de proteína y grasa en la dieta podrían influir en el grado de rendimiento de la canal y el “marbling” (Owens y Gardner, 2000). Esto coincide con Fluharty (2003) que plantea que los niveles de deposición de grasa sub-cutánea e intramuscular variarían con cambios en la dieta y la edad.

Cuadro 14: Área de ojo de bife, espesor de grasa sub-cutánea y “marbling” para novillos alimentados *ad libitum* en feedlot utilizando sorgos con y sin tanino.

Dieta	Sorgo sin tanino	Sorgo con tanino
AOB (cm ²)	72,8	69,2
Grasa sub-cutánea (cm)	1,42	1,02
“marbling”	15,1	14,7

Fuente: Maxson et al. (1973)

Como se observa en el cuadro, Maxson et al. (1973) no encontraron un efecto de los taninos sobre las características de la canal. Gaebe et al. (2007) tampoco encontraron diferencias en características de la carcasa con dietas basadas en grano de maíz vs dietas basadas en grano de sorgo.

A igual peso de faena, la tasa de ganancia (manejada a través de limitaciones en el consumo), no afectarían la composición de la carcasa (Butterfield y Berg 1966, Trenkle et al. 1978).

Cianzio et al. (1985) definen al depósito de grasa subcutánea como el segundo de mayor tamaño, el cual consumiría mayor glucosa total que el depósito de grasa intramuscular, siendo esta última depositada a una menor tasa que la primera.

El mayor potencial de manipular la deposición de grasa intramuscular durante el engorde es mediante el incremento en la energía neta de la ración (Pethick et al., 2004). Para estos autores hay dos vías de deposición de grasa intramuscular: promover la máxima fermentación en el rumen de forma de

producir precursores de glucosa (propionato) mediante gluconeogénesis, o maximizar la digestión del almidón a nivel intestinal (aumentando la absorción de glucosa).

Un aumento de la glucosa sanguínea aumentaría la producción de insulina, lo cual aumentaría a su vez la síntesis de grasa y proteína (Fluharty 2003, Pethick et al. 2004). Según Whitehurst et al., citados por Pethick et al. (2004) los adipocitos del “marbling” tienen mayor preferencia por la glucosa. Por lo cual dietas que incrementen el nivel de energía neta consumida y que promuevan la absorción directa de glucosa desde el intestino serían las que potenciarían la deposición de grasa intramuscular (Pethick et al., 2004).

El acetato sería utilizado como fuente para las unidades de acetil en la lipogénesis de tejido subcutáneo (Whitehurst et al., citados por Pethick et al., 2004). Según Fluharty (2003) dietas que aumentan el contenido de concentrado aumentan el aporte de propionato producido en el rumen en relación al acetato. Este aumento del propionato aumentaría la síntesis de glucosa ya que es el ácido graso más glucogénico. Sin embargo, el mismo autor afirma que dietas muy fermentables a nivel ruminal promocionan también al acetato, que sigue siendo el principal producto carbonado.

El lomo, el bife y el cuadril (rump&loin), representan una alta proporción del valor económico de la canal y dependiendo de los mercados se requiere un peso mínimo para cada uno de esos cortes (Vaz Martins et al., 2007). Los mismos autores en un experimento con cuatro tratamientos (donde los tres primeros incluían distintos niveles de asignación de forraje y suplementación y un cuarto con engorde a corral) encontraron que cuando la proporción del rump&loin era analizada en relación al peso del corte pistola no hubo diferencias entre los tratamientos.

2.8. CARACTERÍSTICAS DE LA CARNE

Según Franco y Feed (2008) la combinación de factores de producción explica aproximadamente un 40 % de la calidad final de la carne, mientras que el 60% restante es atribuible al manejo antes y durante la faena.

2.8.1. pH y color de la carne

Hedrick et al., citados por Mach et al. (2005) señalan que uno de los factores más importantes en la selección del producto carne es el color. Esto coincide con Vaz Martins et al. (2007) que indican que el color del músculo es uno de los criterios más importantes utilizados por los consumidores en el momento de decidir la compra.

Las tres medidas de color son:

- a: mide cuán roja (nivel de rojo) es la carne, siendo los valores negativos verdes y los positivos rojos.
- b: mide cuán amarilla (nivel de amarillo) es la carne siendo los valores negativos azules y los valores positivos amarillos.
- L: define la luminosidad (nivel de brillo) de la carne definida por una escala de 0 (negro) a 100 (blanco) (Wulf et al. 1997, Vaz Martins et al. 2007).

Pordomingo et al. (2004) no encontraron efecto del agregado de taninos en ninguna de las tres medidas de color, en una dieta de engorde de vaquillonas con 70% de maíz.

Medir el color de la carne es también importante, ya que los investigadores han demostrado que la terneza de la carne se asocia tanto al color como al pH del músculo (Wulf et al. 1997, Purchas, Watanabe et al., Jeremiah et al., citados por Mach et al. 2005). A su vez Wulf et al. (1997) encontraron una alta correlación entre el pH a las 32 horas de faenado el animal y las tres medidas de color, siendo la mayor correlación con el valor de “b” (-0,57). Por lo tanto, menores valores de pH se asocian a carnes más blancas que negras, más rojas que verdes y más amarillas que azules. Esto coincide con lo citado por Page, citado por Kuber et al. (2004) que reportó que los valores de a, b y L estaban correlacionados negativamente con el pH del músculo, teniendo los valores de a y b mayor grado de correlación que el valor de L.

En el experimento realizado por Wulf et al. (1997) se encontró correlación con la fuerza de corte y las tres medidas de color. Nuevamente el valor de “b” fue el que tuvo el mayor grado de correlación (-0,38). O sea, a mayor valor de b mayor terneza de la carne. Al mismo tiempo Eilers et al., citados por Kuber et al. (2004), encontraron que mayores valores de pH a las 24 horas se asociaron a menor terneza de la carne. Wulf et al. (1997) encontraron que la correlación entre el pH del músculo a las 32 horas y la fuerza de corte fue de 0,34.

El fenómeno de la disminución de la terneza con el aumento de pH, se da en un rango de 5,4 a 6, esto es causa de un descenso en la proteólisis probablemente mediada por el complejo calpaina/calpastatina (Wulf et al., 1997). La terneza, medida tanto por el panel sensorial como por la fuerza de corte, tuvo una relación más fuerte con el valor de “b” que con el valor de pH a las 32 horas (Wulf et al., 1997). Esto coincide con lo planteado con Kuber et al. (2004) que señalan que el valor de “b” sería el mejor indicador de la terneza de la carne.

Según Wulf et al. (1997) dos factores estarían explicando lo mencionado: primero, que las medidas de color serían más repetibles que las medidas de pH, y segundo que las medidas de color serían un mejor indicador de la tasa de descenso de pH que el pH a las 32 horas; ya que una carcasa con un rápido descenso de pH puede diferir mucho en el color a la de una carcasa cuya disminución de pH sea intermedia, pudiendo ser el valor de pH a las 32 horas similar entre ambas (Brisket, citado por Wulf et al., 1997).

2.8.2. Terneza

Aberle et al. (1981) sugieren que la tasa de crecimiento del animal previo a la faena afectaría a la palatabilidad de la carne, particularmente a la terneza. Según los mismos autores, la tasa de crecimiento en el período reciente previo al embarque sería más importante en explicar el factor terneza que el período total que los animales son alimentados con dietas altamente energéticas. Para los mismos, es posible que la tasa de crecimiento afecte la estabilidad del tejido conectivo y mejore la fragmentación de la miofibrilla del músculo postmortem.

Millward y Waterlow, citados por Aberle (1981), indican que la síntesis de proteína es elevada durante un rápido crecimiento, lo cual traería aparejado una nueva síntesis de colágeno representando una mayor proporción sobre el colágeno total del músculo. Ese nuevo colágeno depositado contendría menos conexiones intermoleculares, otorgando a las fibras de colágeno menor estabilidad y mayor solubilidad (McClain, citado por Aberle et al., 1981). Una mayor solubilidad del colágeno contribuye a aumentar la terneza de la carne (Hill 1966, Goll et al., citados por Aberle 1981).

Jennings et al. (1978) encontraron que bifes de lomo con “marbling” “modesto” (clasificación USDA) o mayor tuvieron menores fuerzas de corte y mayor terniza que los bifes con ligero o menor contenido de “marbling”. Sin embargo, Tuma et al. (1962), García de Siles et al. (1977) encontraron que distintos contenidos de “marbling” no afectaron la terniza.

Pordomingo et al. (2004), en el experimento citado anteriormente, no encontraron diferencias significativas sobre la terniza medida en la célula de Warner-Bratzler debido al agregado de taninos de quebracho en proporciones de 0,75% y 1,5 %.

2.9. HIPÓTESIS

Variaciones en el genotipo del grano de sorgo originarían diferencias tanto a nivel de los parámetros ruminales, como a nivel de la performance animal.

La existencia de taninos en el grano de sorgo disminuiría tanto la degradabilidad ruminal del grano húmedo como la performance de los animales.

El sorgo de pericarpo blanco y sin taninos sería superior en cuanto a degradabilidad ruminal y performance animal que los otros cultivares evaluados.

No existirían efectos del contenido de taninos ni del color del pericarpo sobre las características de la canal y la carne.

La forma de inclusión del voluminoso (fardo) dentro de la dieta no tendría repercusiones sobre la performance de los animales ni sobre las características de la canal y la carne.

La respuesta animal al manejo del voluminoso, en términos de ganancia de peso y eficiencia de conversión, no sería influenciada por el tipo de sorgo.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. CARACTERÍSTICAS DEL EXPERIMENTO

3.1.1. Ubicación y período experimental

El experimento se realizó en el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), Estación Experimental “La Estanzuela”, departamento de Colonia; en la sección de Producción de Carne, Unidad “El Lago”.

El mismo tuvo una duración de 83 días, comenzando el encierre de los animales el día 12 de junio del año 2008 y culminando el 3 de septiembre del mismo año. Del 3 al 12 de junio se sometió a los animales a un período de acostumbramiento al manejo y a la alimentación. Una vez terminado el experimento los animales fueron faenados el día 5 de septiembre en el frigorífico “La Caballada”, departamento de Salto.

3.1.2. Clima

A continuación se presentan las condiciones climáticas en el período experimental, comparadas con el promedio del lugar.

3.1.2.1. Temperatura

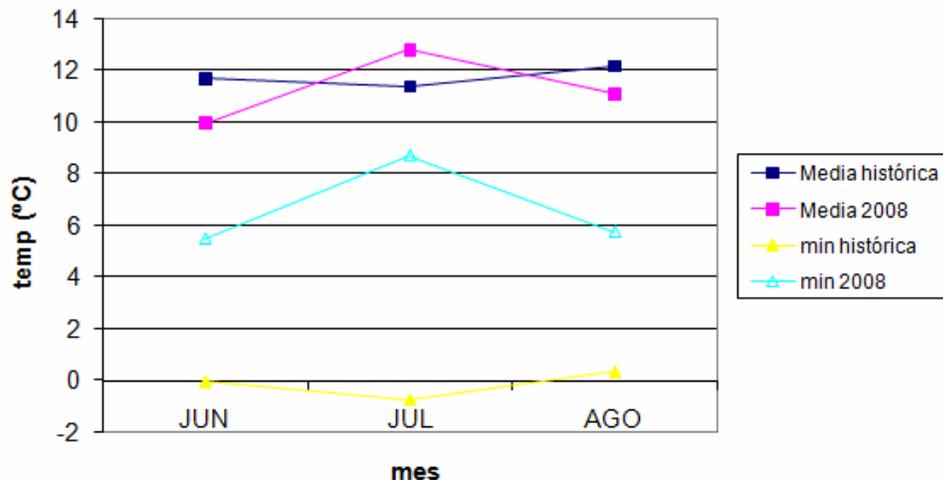


Figura 6: Temperatura histórica y para el período experimental

Las temperaturas estuvieron por encima de los promedios históricos.

3.1.2.2. Precipitaciones

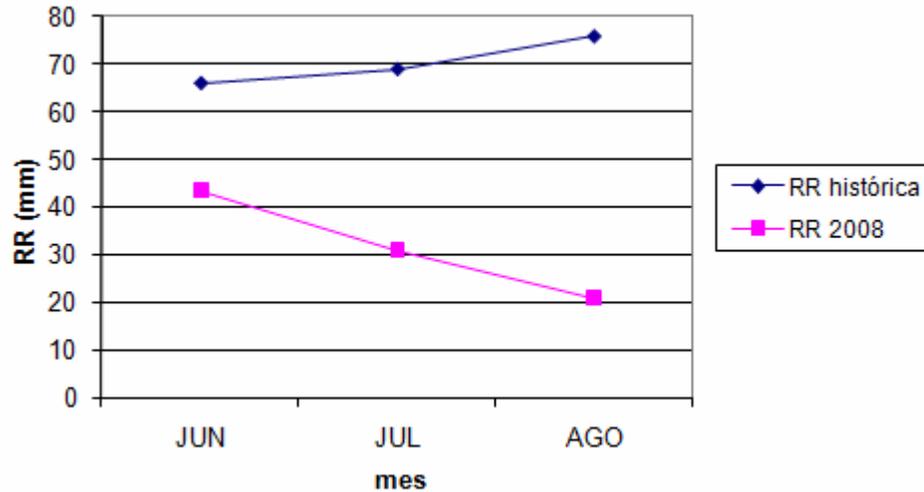


Figura 7: Precipitaciones históricas y del período experimental

Las precipitaciones fueron menores que la media histórica para todo el período experimental.

3.1.3. Diseño del experimento

El experimento presentó un diseño en bloques completos al azar con un arreglo factorial 3 x 2, donde fueron evaluados tres cultivares de sorgo (ensilaje grano húmedo) con diferentes contenido de taninos y color de pericarpo, combinados con dos manejos del voluminoso (mezclado con la ración o separado de la misma).

Los tratamientos resultantes fueron los siguientes:

- alto tanino con fardo separado (Alto Separado)
- alto tanino con fardo mezclado (Alto Mezclado)
- bajo tanino con fardo separado (Bajo Separado)
- bajo tanino con fardo mezclado (Bajo Mezclado)
- sorgo blanco con fardo separado (Blanco Separado)
- sorgo blanco con fardo mezclado (Blanco Mezclado)

3.1.4. Corrales y comederos



Figura 8: Foto aérea de los corrales experimentales.

Se utilizaron dos planchadas con una superficie de 10 x 45 m cada una, las cuales fueron divididas en 20 corrales. Cada corral (unidad experimental) albergó dos animales, teniendo un espacio de 11,25 m²/animal. Del total de los 40 corrales se usaron 27 para el experimento.



Figura 9: Comederos para fibra mezclada con la ración (izquierda); pesebre para el fardo y medio tanque para la ración (derecha).

Como se observa en la figura 9 los comederos de hormigón corresponden al tratamiento de fibra mezclada con la ración, mientras que para el tratamiento de fibra separada se utilizaron medios tanques para la ración y pesebres de madera para el fardo. Todos los animales tuvieron acceso *ad libitum* al agua.

3.1.5. Animales

Se seleccionaron 48 animales de acuerdo a su peso vivo a partir de un lote de 147, eligiéndose los animales de mayor peso. Los tipos raciales predominantes fueron cruza británica y Aberdeen Angus, con una edad al comienzo del experimento de entre 20 y 22 meses. El peso vivo promedio inicial fue de 355 kg (con un máximo de 413 kg y un mínimo de 280 kg).

Se bloquearon los animales por peso vivo, distribuyéndose de manera aleatoria entre los tratamientos. Cada tratamiento tuvo cuatro repeticiones (corral de dos animales).

3.2. DIETA

3.2.1. Composición de la dieta

La dieta ofrecida estuvo compuesta por: 70% sorgo grano húmedo, 10% expeler de girasol y 20% fardo de moha, siendo por lo tanto la relación voluminoso:concentrado de 20:80.

Para complementar la dieta se utilizó urea a razón de 35 gramos cada 100 kg de peso vivo como fuente de nitrógeno no proteico. Se agregaron además 2 gramos de Rumensin 100 (monoensina) por animal para mejorar la eficiencia de conversión y prevenir posibles problemas de acidosis, y carbonato de calcio (100 gramos por animal) para corregir deficiencias de calcio de la dieta y controlar el pH ruminal.

3.2.2. Sorgos

3.2.2.1. Evaluación de cultivares

Cuadro 15: Principales características de los cultivares de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) utilizados.

Sorgo	Cultivar	Empresa	Taninos (%)*	Largo ciclo**	RR (kgMS/ha)
Alto tanino	<i>IPBFlash 1</i>	LEBÚ S.R.L.	8,55	67	7126
Bajo tanino	<i>S.P.2</i>	AMISUR S.R.L.	0,15	62	7497
Sorgo blanco	<i>JowarFood</i>	LEBÚ S.R.L.	0,15	75	5511

*Técnica Vainillina-HCL

**Días a floración

Fuente: Vilaró (2003), Ceretta (2004, 2005, 2006)

Los datos de los cultivares de alto tanino y bajo tanino corresponden a los años 2002 y 2003, y para el sorgo blanco a los años 2004 y 2005. Dado que no hay un año en que hayan sido evaluados simultáneamente, los comportamientos de los tres cultivares no son estrictamente comparables. Sin embargo, si se toma en cuenta el rendimiento del *IPB Flash 1* durante los años en que fue evaluado el cultivar de sorgo blanco (6.073 kg/ha), el potencial de rendimiento de este último sería menor.

El sorgo blanco fue adquirido en un predio comercial de la zona, en cambio los materiales de sorgo de alto y bajo tanino fueron cultivados dentro de la propia Unidad "El Lago". Previo al ensilaje de los granos se midió el contenido de taninos de las tres variedades, resultando en 7,7 % para el sorgo de alto tanino; 0,2 % para el sorgo de bajo tanino y 0,1% para el sorgo blanco.

3.2.2.2. Composición química de los tres ensilajes de grano húmedo de sorgo

Luego de ensilados los granos de los tres materiales, a más de 30 días de cerrado el silo se tomaron muestras con calador y se llevaron al laboratorio. El siguiente cuadro muestra los datos del análisis.

Cuadro 16: Composición química de los ensilajes de grano húmedo de sorgo.

Ensilaje de sorgo	MS (%)	PC (%)	FDA (%)	FDN (%)	Cenizas (%)	pH	N-NH3 (%)	Taninos (%)
Alto tanino	68,1	10,1	9,9	23,3	1,6	4,6	2,1	1,5
Bajo tanino	71,4	9,8	5,5	15,4	1,4	4,2	2,7	0,2
Sorgo blanco	73,2	8,1	6,1	16,4	1,5	4,3	1,4	0,1

Según Chalking (2007) el contenido de materia seca para optimizar el proceso de fermentación estaría comprendido entre 67-70 %. Los valores de pH obtenidos para los tres silos están dentro de los límites considerados adecuados por el autor. Los valores de N-NH₃ demuestran que no hubo fermentaciones indeseadas dentro del silo (se consideran valores adecuados por debajo de 10 %).

3.2.2.3. Caracterización del endosperma de cada grano

Se determinó el contenido de almidón del grano, así como la composición del mismo (proporción de amilosa y amilopectina). Este análisis fue realizado por la Facultad de Química (Cátedra de Ciencia y tecnología de los alimentos) empleando las siguientes técnicas:

- Determinación de amilosa: Método de Juliano (1971) a 620 nm, utilizando amilosa de papa Sigma para la curva de calibración.
- Determinación de almidón en sorgo: Polarimetría (ISO 10520; 1997).

3.2.2.4. Grado de procesamiento de cada ensilaje

Dada la importancia del procesado sobre la utilización animal del grano de sorgo, se estimó el grado de molienda de cada ensilaje. Los tres ensilajes de grano húmedo de sorgo fueron muestreados en tres lugares distintos de la bolsa, tomándose una submuestra de 350 g. promedio para cada material.

Estas muestras se pasaron por dos zarandas: una de triangular de 3,57 mm y otra de 1,96 mm de diámetro, obteniéndose tres fracciones como se observa en el cuadro 17.

Cuadro 17: Grado de procesamiento de cada ensilaje de grano húmedo de sorgo.

Ensilaje	Entero y partido grueso	Partido chico	Harina y molido fino
Alto tanino	38,7 %	29,1 %	32,2 %
Bajo tanino	33,6 %	37,5 %	28,8 %
Sorgo Blanco	33,3 %	39,1 %	27,6 %

No se encontraron grandes diferencias en el procesamiento de los ensilajes. El ensilaje de sorgo de alto tanino tuvo mayores valores de granos enteros pero fue también el material que presentó los mayores valores de la fracción harina.

3.2.3. Fardo de moha y expeler de girasol

Como voluminoso se utilizaron fardos cuadrados de moha (*Setaria italica*) con un peso promedio de 16 kg. Como suplemento proteico se utilizó expeler de girasol.

A continuación se presentan los valores nutricionales de cada componente.

Cuadro 18: Composición química del fardo de moha y expeler de girasol (% base seca).

Componente	MS	PC	FDA	FDN	CEN
Fardo moha	81,9	6,6	48,7	71,0	13,2
Expeler Girasol	88,0	36,0	25,7	44,0	7,8

3.3. MANEJO DE LA ALIMENTACIÓN

3.3.1. Acostumbramiento

Se comenzó alimentando a los animales al 2,5 % de su peso vivo con una proporción voluminoso:concentrado 80:20 y se fue aumentando la proporción de concentrado 20 % cada 3 días hasta llegar a una relación final de 20:80.

3.3.2. Rutina de alimentación

La frecuencia de alimentación fue de dos veces diarias, de mañana entre 9:30 y 10:30 y de tarde entre 16:00 y 17:00. Se daba la mitad en la mañana y la otra en la tarde, dividiendo el alimento a mano.

El alimento se preparaba de un día para el otro debido al tiempo que insumía realizar este trabajo (27 bolsas de ración con cantidades de sorgo, expeler y urea diferentes; rumensin y carbonato de calcio, pesándose también el fardo).

3.3.3. Método de ajuste de la dieta

La cantidad de alimento ofrecido se ajustó mediante una modificación del método “slick bunk” (comedero lamido). El mismo constó de la lectura del comedero en la mañana, previo a la alimentación de los animales. Se les aumentaba la dieta en un 5% a los animales que limpiaban el comedero tres días seguidos.

Por comedero lamido se entiende que no queden restos ni de fardo ni de ración (tanto en los comederos con tratamiento de fibra mezclada como en aquéllos de fibra separada).



Figura 10: Comederos limpios (ración, izquierda y fardo, derecha).

La limpieza de los comederos debía ser de tres días consecutivos, por lo tanto si los animales de un corral limpiaban su comedero dos días seguidos, por ejemplo, pero al tercer día dejaban restos, el conteo de días arrancaba nuevamente desde cero.

En los días de lluvia, debido al agua que quedaba en los comederos, no se pesaba el rechazo. Estos días no anulaban los días anteriores de limpieza de comedero, es decir: si los animales del corral limpiaban dos días seguidos y al tercer día llovía detectándose alimento en el comedero pero el mismo estaba mojado o el comedero inundado, ese día no contaba; y si al día siguiente los animales limpiaban el comedero (cuarto día) a ese corral se le aumentaba la dieta en un 5 %.

3.4. MEDICIONES Y DETERMINACIONES

3.4.1. Consumo

Cuando el animal rechazaba alimento, en el caso de que fuera ración y que esa cantidad superara los 500 grs. de peso, el material se retiraba y se pesaba para determinar el consumo real y estimar la eficiencia de conversión. Cuando la cantidad rechazada era menor a los 500 grs. la eficiencia de conversión se calculaba en base al total del ofrecido. Se tomaron 500 grs. como el error que se puede cometer al recoger y pesar el material.

Se estimó el contenido de materia seca del alimento ofrecido y del rechazado.

3.4.2. Ganancia media diaria y eficiencia

Los animales fueron pesados los días 12/6, 27/6, 14/7, 25/7, 11/8, 22/8 y 28/8. Las pesadas se hicieron luego de la comida de la mañana. Se utilizó una balanza marca Trutest modelo ID 3000.

Mientras se realizaba la pesada los corrales eran limpiados para evitar la excesiva acumulación de bosta y restos de fardo.

Para el cálculo de la eficiencia de conversión se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Ef. Conv.} = \text{Ganancia media diaria (kg/día)} / \text{Consumo promedio (kg/día)}$$

La ganancia media diaria utilizada para calcular la eficiencia de conversión se calculó como la tendencia lineal de la evolución de peso.

3.4.3. Medición de degradabilidad ruminal y pH

Las mediciones de los parámetros ruminales se realizaron para los tres cultivares de sorgo con un solo nivel de manejo de la fibra (mezclada con el concentrado).

3.4.3.1. Animales

Se utilizaron seis animales fistulados (dos por tratamiento) de 299 ± 75 kg de peso vivo y 20 a 22 meses de edad. Se utilizó un diseño de cuadrado latino repetido (dos cuadrados latinos 3x3). Para cada sorgo se realizaron tres medidas de degradabilidad y pH ruminal, con un intervalo promedio de 24 días.

Se realizó un período de acostumbramiento de una semana para el cambio de sorgo entre medidas. Los primeros dos días luego de terminada la medición se ofreció 25% del sorgo nuevo, y 75% del sorgo que ya estaban recibiendo. Los siguientes dos días la proporción cambiaba a 50% y 50%. Los dos días posteriores a 75% y 25%, y el último día de la semana se les ofrecía el 100% del nuevo sorgo.

3.4.3.2. Medición de la degradabilidad ruminal

Se utilizó la técnica *in situ*, por medio de la incubación a nivel ruminal de muestras de los distintos materiales de ensilaje de sorgo de grano húmedo. Se usaron bolsas de polyester de 10 por 20 cm, con un tamaño de poro de 50 micrones (+15). Se colocaron aproximadamente 5 gramos de materia fresca de cada sorgo por bolsa tal cual ofrecido.

Los tiempos de incubación fueron de 0, 3, 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48 y 72 horas ($t_0 = 8$ am). Se utilizaron dos bolsas por tiempo para tener mayor seguridad en la obtención de por lo menos una bolsa en cada tiempo. Las bolsas fueron colocadas primero en baño maría a 40°C, durante 15 minutos. El tiempo cero correspondió a las bolsas extraídas luego de estos 15 minutos, mientras que las demás bolsas fueron colocadas en el rumen inmediatamente.

Apenas retiradas las bolsas del rumen se colocaron en agua fría para detener la fermentación y luego se congelaron para su posterior procesamiento. Una vez retiradas las últimas bolsas, a las 72 horas, se colocaron todas en

estufa a 60 grados durante 48 horas. Se estimó también la MS de la muestra incubada, de manera de conocer la cantidad degradada en cada tiempo.

3.4.3.3. Medición del pH ruminal

Para la medición del pH se utilizó un pHmetro digital marca Cole Parmer modelo 59002-00. Se utilizó una tela de queso para colar una muestra de contenido ruminal, el cual fue retirado de la región cráneo-ventral, midiéndose el pH del licor ruminal obtenido (100 ml aproximadamente).

Las mediciones se realizaron a las 3, 6, 9, 12, 15, 18 y 24 horas de colocadas las bolsas.



Figura 11: Colado de líquido ruminal y medición de pH del licor ruminal.

3.4.4. Estimación de la digestibilidad aparente

Durante una de las pesadas se realizó una limpieza a fondo de los corrales utilizando agua a presión, de manera de asegurarse que no quedaran restos de heces ni de alimento. A las 24 horas de reingresados los animales a los corrales luego de haberlos pesado, se levantó toda la bosta (con los animales dentro del corral). Ésta fue pesada y se tomaron muestras para determinar el contenido de materia seca y almidón.

El peso total de la bosta fresca colectada fue corregido por su contenido de materia seca. Para hallar el valor de MS de la bosta se tomaron sub-muestras

de 1,700 kg promedio (material fresco), las que se colocaron en un horno a 60°C, pesándose periódicamente hasta llegar a peso constante.

$$\text{Digestibilidad MS} = \frac{\text{MS consumida}^*(\text{kg}) - \text{MS en heces (kg)}}{\text{MS consumida (kg)}} \times 100$$

*MS consumida= Promedio de MS consumida los 3 días previos a levantar la bosta (MS ofrecida menos MS rechazada de cada día).

La misma fórmula se aplicó para calcular la digestibilidad aparente del almidón.

El almidón en heces fue calculado en la Facultad de Química al igual que el almidón ofrecido con la técnica Determinación de almidón en heces de bovinos: Método de Macrae y Armstrong (1968).

3.4.5. Características de la canal y la carne

Una vez al mes junto con las pesadas, se realizaron medidas de ultrasonografía para estimar el área de ojo de bife (AOB), espesor de grasa subcutánea (EGS) y el porcentaje de grasa intramuscular o “marbling” (MB) en el músculo *Longissimus dorsi*. Las medidas fueron realizadas con un ecógrafo marca Aloka 500, de tamaño de transductor 17 cm y frecuencia de onda de 3,5 MHz. El área de ojo de bife y el “marbling” fueron medidos entre las costillas 12 y 13, y el espesor de grasa en las tres cuartas partes del bife medido.

Post faena se relevaron datos de peso de corte pistola, área de ojo de bife y espesor de grasa subcutánea en la décima costilla. Se pesaron también los cortes más valiosos (lomo, bife angosto y cuadril) y se midió el contenido de grasa intramuscular en el bife, mediante la técnica de Hanson y Olley (1963) utilizando cloroformo y metanol.

Los datos de calidad de la carne fueron obtenidos por el Laboratorio de Calidad de Carne de INIA Tacuarembó. Se registró la tasa de descenso del pH a las 48 horas y a los 14 días de faenados los animales en el músculo *Longissimus thoracis* (LT) entre la 12-13^a costilla utilizando un pHmetro marca Orion210A con electrodo de gel.

El color del músculo fue determinado en forma objetiva a los 14 días de maduración utilizando un colorímetro MINOLTA (C-10) en el espacio CIE Lab, valorando la luminosidad (L^*), el índice de rojo (a^*) y el índice de amarillo (b^*), tras oxigenación de la superficie de medida de la muestra por un período de una hora.

El grado de dureza fue determinado a través de la fuerza de corte medida a través de un equipo Warner Bratzler (modelo D2000) con una hoja de corte con sección triangular. Para la determinación de la dureza se extrajo un filete del bife angosto de cada animal. Los filetes fueron colocados en bolsas de polietileno y cocinados a baño de María hasta alcanzar una temperatura interna de 70°C. Seis trozos de 1,27 centímetros fueron cortados de cada filete, paralelos a la orientación de la fibra del músculo. A cada trozo se le realizó una medición de fuerza de corte, para finalmente obtener un valor medio de las seis determinaciones para cada filete.

3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

3.5.1. Performance animal y características de la canal y la carne

El análisis estadístico se realizó en base a un diseño experimental con bloques completos al azar, con un arreglo factorial 3 x 2 (tres sorgos x dos manejos de fibra), en donde los animales fueron bloqueados según su peso vivo inicial, luego aleatorizados entre los distintos tratamientos y agrupados de a dos. Se tomó como unidad experimental al “corral”, compuesto de dos animales.

Las variables analizadas fueron: consumo de materia seca, evolución del peso vivo, ganancia media diaria, eficiencia de conversión, digestibilidad aparente, “marbling”, área de ojo de bife (AOB), grasa subcutánea, peso de lomo, bife y cuadril, pH de la carne a las 48 horas y a los 14 días, color de la carne, terneza.

Para estudiar la eficiencia de conversión, digestibilidad aparente, “marbling” post-mortem, área de ojo de bife post-mortem, espesor de grasa subcutánea post-mortem, peso de lomo, bife y cuadril, color de la carne y terneza, pH de la carne a las 48 horas y a los 14 días, el modelo general utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \delta_i + \alpha_j + \gamma_k + (\alpha\gamma)_{jk} + \varepsilon_{ijk} + \beta_{Rz}$$

Donde:

Y_{ijk} : eficiencia de conversión, digestibilidad aparente, “marbling” post-mortem, área de ojo de bife post-mortem, espesor de grasa subcutánea post-mortem, peso de lomo, bife y cuadril, color de la carne y terneza, pH de la carne a las 48 horas y a los 14 días del i ésimo bloque perteneciente al j ésimo sorgo y el k ésimo manejo de la fibra.

μ : media general

δ_i : efecto del i ésimo bloque ($i = 1, 2, 3, 4$)

α_j : efecto del j ésimo sorgo ($j = 1, 2, 3$)

γ_k : efecto del k ésimo manejo de la fibra ($k = 1, 2$)

$(\alpha\gamma)_{jk}$: efecto de la interacción entre el j ésimo sorgo y el k ésimo manejo de la fibra

ε_{ijk} : error experimental.

β_{Rz} : corrección por covariable raza

La evolución de peso, ganancia media diaria, “marbling”, AOB y espesor de grasa subcutánea (medidas por ecografía), fueron analizadas como medida repetida con el procedimiento MIXED del SAS (2002) siendo el modelo utilizado:

$$Y_{ijkl} = \mu + \delta_i + \alpha_j + \gamma_k + (\alpha\gamma)_{jk} + \varepsilon_{ijk} + \tau_l + (\alpha\tau)_{jl} + (\gamma\tau)_{lk} + (\alpha\gamma\tau)_{jkl} + \varepsilon_{ijkl} + \beta_{Rz}$$

Donde:

Y_{ijkl} : evolución de peso, ganancia media diaria, “marbling”, AOB y espesor de grasa subcutánea (medidas por ecografía) del i ésimo bloque perteneciente al j ésimo sorgo y el k ésimo manejo de la fibra en el l ésimo período

μ : media general

δ_i : efecto del i ésimo bloque ($i = 1, 2, 3, 4$)

α_j : efecto del j ésimo sorgo ($j = 1, 2, 3$)

γ_k : efecto del k ésimo manejo de la fibra ($k = 1, 2$)

$(\alpha\gamma)_{jk}$: efecto de la interacción entre el j ésimo sorgo y el k ésimo manejo de la fibra;

ε_{ijk} : error experimental A

τ_l : efecto del l ésimo período

$(\alpha\tau)_{jl}$: efecto de la interacción entre el j ésimo sorgo y el l ésimo período

$(\gamma\tau)_{kl}$: efecto de la interacción entre el k ésimo manejo de fibra y el l ésimo período

$(\alpha\gamma\tau)_{jkl}$: efecto de la interacción entre el j ésimo sorgo, el k ésimo manejo de la fibra y el l ésimo período

ε_{ijkl} : error experimental B.

β_{Rz} : corrección por covariable raza

El consumo (absoluto y relativo) fue analizado utilizando el siguiente modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + \delta_i + \alpha_j + \gamma_k + (\alpha\gamma)_{jk} + \varepsilon_{ijk} + \tau_l + (\alpha\tau)_{jl} + (\gamma\tau)_{lk} + (\alpha\gamma\tau)_{jkl} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} : consumo (absoluto y relativo) del i ésimo bloque perteneciente al j ésimo sorgo y el k ésimo manejo de la fibra en el l ésimo período

μ : media general

δ_i : efecto del i ésimo bloque ($i = 1, 2, 3, 4$)

α_j : efecto del j ésimo sorgo ($j = 1, 2, 3$)

γ_k : efecto del k ésimo manejo de la fibra ($k = 1, 2$)

$(\alpha\gamma)_{jk}$: efecto de la interacción entre el j ésimo sorgo y el k ésimo manejo de la fibra;

ε_{ijk} : error experimental A

τ_l : efecto del l ésimo período

$(\alpha\tau)_{jl}$: efecto de la interacción entre el j ésimo sorgo y el l ésimo período

$(\gamma\tau)_{lk}$: efecto de la interacción entre el k ésimo manejo de fibra y el l ésimo período

$(\alpha\gamma\tau)_{jkl}$: efecto de la interacción entre el j ésimo sorgo, el k ésimo manejo de la fibra y el l ésimo período

ε_{ijkl} : error experimental B

Para todos los análisis se utilizó el programa SAS (2002). Las medidas de ultrasonografía (“marbling”, AOB y espesor de grasa subcutánea) fueron corregidas por sus respectivos valores iniciales (covariable MB inicial, AOB inicial y EGS inicial respectivamente).

A los efectos del análisis experimental las interacciones que no presentaron significancia ($p > 0,05$) no se tomaron en cuenta en el modelo. Cuando un efecto fue significativo ($p < 0,05$) fue utilizado el Test de Tukey-Kramer para la comparación de medias. Para la GMD se utilizaron contrastes ortogonales en

función que las mismas fueron obtenidas a partir de la regresión en función de los días.

3.5.2. Parámetros ruminales

Fue ajustada una curva de degradabilidad, para cada sorgo de grano húmedo en cada animal, propuesta por Orskov y McDonald (1979) usando el procedimiento NLIN del SAS (2002), siendo la ecuación ajustada:

$$p = a + b (1 - e^{-kd \cdot t})$$

Donde:

p: degradación en el tiempo t
a: fracción rápidamente soluble
b: fracción potencialmente degradable
kd ; (c): tasa de degradación
t: Tiempo de incubación en horas.

Luego de obtenido cada parámetro los mismos fueron analizados por el diseño de cuadrado latino repetido utilizándose el programa SAS (2002). Para la degradabilidad promedio y el pH se realizó el mismo análisis, siendo el modelo el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \delta_i + \alpha_j + \gamma_k + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} : valor de degradabilidad y ph del i ésimo animal del j ésimo período del k ésimo sorgo

μ : media general

δ_i : efecto del i ésimo animal (1,2,3,4,5,6)

α_j : efecto del j ésimo período (1,2,3)

γ_k : efecto del k ésimo sorgo (1,2,3)

ϵ_{ijk} :error experimental

A los efectos del análisis experimental las interacciones que no presentaron significancia no se tomaron en cuenta en el modelo. Fue utilizado el Test de Tukey-Kramer para la comparación de medias cuando estas fueron significativas ($p < 0,05$).

4. RESULTADOS

4.1. CARACTERIZACIÓN DEL ENSILAJE DE GRANO HÚMEDO DE SORGO

4.1.1. Análisis químico

El contenido de FDA, a pesar de no ser tan diferente como el de FDN, continúa siendo mayor para el sorgo de alto tanino, lo que podría influir sobre la digestibilidad del material. Según Acosta (1994) la fracción FDA es un indicador de la disponibilidad de energía de la dieta, y es normalmente el parámetro utilizado para estimar la energía neta (EN).

Para comparar el aporte de energía se calculó la EM de cada dieta, utilizando la fórmula $ENI = 1,909 - (0,015 * \%FDA)$ (Chalupa y Ferguson, citados por Acosta, 1994) de raciones completas. Se asumió una eficiencia de utilización de la EM para lactación (ENI) de 60 % (AOC, citado por Pigurina y Methol, 1994).

Cuadro 19: Concentración energética y proteína cruda de cada dieta.

Dieta	FDA(%MS)*	ENL (Mcal/kg MS)	EM(Mcal/kg MS)	PC (% MS)
Alto tanino	19,2	1,62	2,70	16
Bajo tanino	16,2	1,67	2,78	15
Sorgo Blanco	16,6	1,66	2,77	14

*Para calcular la FDA de la dieta se ponderó el contenido de FDA de cada componente

4.1.2. Almidón del grano

Los contenidos de almidón, amilopectina y amilosa para cada ensilaje de grano húmedo fueron los siguientes.

Cuadro 20: Contenido y composición del almidón de cada ensilaje de grano húmedo de sorgo.

Ensilaje de sorgo	Almidón (%)	Amilosa (%)	Amilopectina (%)*
Sorgo Blanco	74,7	39,6	60,4
Bajo tanino	73,9	38,6	61,4
Alto tanino	68,5	34,7	65,3

*El contenido de amilopectina se calculó a partir del 100% de almidón menos el % de amilosa analizada en el laboratorio

4.1.3. Contenido de taninos

El proceso de ensilado disminuyó el porcentaje de taninos en el grano para el caso del sorgo de alto tanino. Directo de cosecha el contenido de taninos era de 7,7 %, disminuyendo luego de ensilado a 1,5 %, lo cual representa una reducción del 80,5%. Para el caso del sorgo blanco y el bajo tanino las cantidades previas al ensilado eran mínimas, entrando dentro del error de estimación del método.

4.2. PERFORMANCE ANIMAL

4.2.1. Consumo

Se encontró un efecto significativo de la interacción sorgo x fibra para el consumo absoluto de materia seca entre los tratamientos ($p < 0,0001$). Al igual que en el consumo absoluto, el efecto de la interacción sorgo x fibra fue significativo para el consumo relativo de materia seca ($p = 0,0449$).

Cuadro 21: Consumo absoluto de materia seca según tratamiento (kgMS/an/d)

Ensilaje/ manejo vol.	Separado	Mezclado
Alto tanino	11,46 a	10,40 c
Sorgo Blanco	11,22 ab	9,67 d
Bajo Tanino	10,48 c	9,61 d

Medias seguidas por distinta letra difieren estadísticamente ($p < 0,05$).

Cuadro 22: Consumo relativo de materia seca (% PV) según tratamiento

Ensilaje/ manejo vol.	Separado	Mezclado
Alto tanino	2,66 a	2,53 bc
Sorgo Blanco	2,60 ab	2,31d
Bajo Tanino	2,45 c	2,24 d

Medias seguidas por distinta letra difieren estadísticamente ($p < 0,05$).

Tanto para el consumo absoluto como para el consumo relativo, dentro de cada ensilaje de sorgo de grano húmedo, los tratamientos que recibieron el voluminoso separado consumieron mayor cantidad de alimento que aquellos que lo recibieron mezclado con el concentrado.

El ensilaje de grano húmedo de sorgo de alto tanino, presentó un mayor consumo que el de bajo tanino para ambos manejos del voluminoso.

4.2.2. Peso vivo y ganancia media diaria

Se encontró un efecto significativo de la interacción sorgo x fibra para el peso vivo promedio ($p=0,005$).

Cuadro 23: Peso promedio según tratamiento.

Tratamiento	Peso promedio (kg)
Blanco separado	421 a
Blanco mezclado	411 ab
Bajo separado	416 a
Bajo mezclado	417 a
Alto separado	418 a
Alto mezclado	396 b

Medias seguidas por distinta letra difieren estadísticamente ($p<0,05$).

Los animales alimentados con sorgo de alto tanino que recibieron el voluminoso separado del concentrado presentaron mayor peso corporal durante todo el período en comparación con aquellos que recibieron el voluminoso mezclado. Para los otros tratamientos no se encontraron diferencias asociadas al manejo de la fibra ni al tipo de sorgo.

Se encontró también un efecto significativo de la interacción sorgo x fibra sobre la ganancia media diaria ($p=0,0051$). Se compararon las medias por análisis de contrastes ortogonales.

Cuadro 24: Ganancia media diaria (kg/animal/día) por tratamiento y contrastes ortogonales según manejo del voluminoso dentro de cada ensilaje de sorgo.

Sorgo/Voluminoso	Separado	Mezclado	Pr > F
Alto tanino	1,52	1,15	0.0049
Sorgo Blanco	1,51	1,30	0,1195
Bajo tanino	1,49	1,45	0.7551

El efecto del manejo de la fibra sólo se observó en el material de sorgo con alto contenido de taninos, existiendo una mayor ganancia al ofrecer la fibra separada del concentrado. En los demás materiales de sorgo, el manejo de la fibra no influiría sobre la ganancia de los animales.

Cuadro 25: Ganancia media diaria (kg/animal/día) por tratamiento según ensilaje de grano húmedo de sorgo dentro de cada manejo del voluminoso.

Voluminoso/Sorgo	Bajo	Blanco	Alto
Separado	1,49	1,51	1,52
Mezclado	1,45 a	1,30 ab	1,15 b

Medias seguidas por distinta letra difieren estadísticamente ($p < 0,05$) por contrastes ortogonales.

Al manejar la fibra separada de la ración, no existieron diferencias entre los sorgos. Cuando el voluminoso se ofreció mezclado con el concentrado, el bajo tanino presentó mayores ganancias que el sorgo de alto tanino.

4.2.3. Eficiencia de conversión

Se encontró un efecto significativo del ensilaje de grano húmedo de sorgo sobre la eficiencia de conversión ($p = 0,0337$). El manejo del voluminoso no presentó efectos sobre esta variable ($p = 0,6379$).

Cuadro 26: Eficiencia de conversión según ensilaje de grano húmedo de sorgo

Ensilaje de Sorgo	Eficiencia (Kg MS/ kg de ganancia)
Alto tanino	8,07 a
Sorgo Blanco	7,09 ab
Bajo tanino	6,46 b

Medias seguidas por distinta letra difieren estadísticamente ($p < 0,05$)

Durante el período de ensayo el sorgo bajo tanino presentó una eficiencia de conversión superior en relación al sorgo con alto contenido de taninos. La eficiencia de conversión para el sorgo blanco no difirió de los otros dos genotipos.

4.3. PARÁMETROS DE DEGRADABILIDAD RUMINAL Y PH

4.3.1. Degradabilidad ruminal y parámetros a, b y c

En la figura 12 se presentan las curvas de degradación de cada sorgo desde el tiempo cero hasta las 72 horas de incubación.

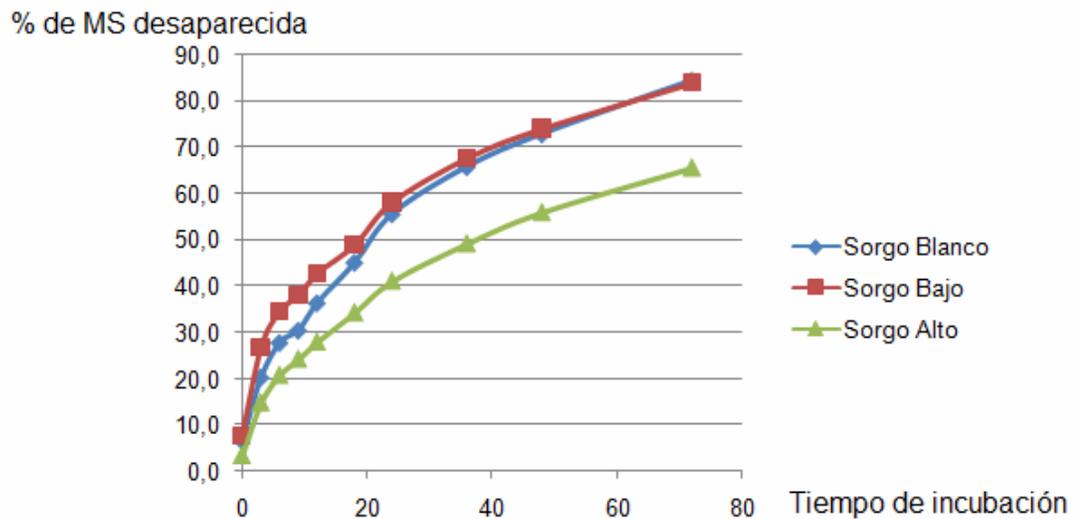


Figura 12: Curva de desaparición de la materia seca para cada ensilaje de grano húmedo de sorgo.

Los valores de degradabilidad promedio para cada sorgo a las 72 horas fueron 84,5 % para el sorgo blanco, 84 % para el de bajo contenido de taninos y 65,7% para el de alto contenido de taninos.

Se observaron diferencias estadísticas en la degradabilidad media de los tres ensilajes de grano húmedo de sorgo ($p < 0,01$).

Cuadro 27: Degradabilidad promedio según ensilaje de grano húmedo de sorgo.

<u>Ensilaje de sorgo</u>	<u>Degradabilidad promedio(%)</u>
Bajo tanino	48 a
Sorgo Blanco	45 b
Alto tanino	34 c

Medias seguidas por distinta letra difieren estadísticamente ($p < 0,05$).

El análisis estadístico de los parámetros de Orskov no mostró diferencias a nivel de la fracción rápidamente soluble ($p=0,15$). Sí hubo un efecto del ensilaje de grano húmedo de sorgo sobre la fracción potencialmente degradable ($p=0,03$). En cuanto a la tasa de degradación (c) aunque no se encontraron diferencias significativas, hubo una tendencia ($p=0,07$) a que el ensilaje de grano húmedo de sorgo con bajo contenido de taninos muestre una mayor tasa de degradación.

Cuadro 28: Parámetros de degradación ruminal de la MS para los distintos ensilajes de grano húmedo de sorgo evaluados.

Ensilaje de sorgo	Fracción rápidamente soluble (a%)	Fracción potencialmente degradable (b%)	Tasa de degradación (c%/h)
Sorgo blanco	10,35	76,48 a	0,035
Bajo tanino	14,33	71,82 ab	0,043
Alto tanino	7,14	64,25 b	0,032

Medias seguidas por distinta letra difieren estadísticamente ($p<0,05$).

La fracción potencialmente degradable (b) fue significativamente superior para el ensilaje de sorgo blanco en comparación con el ensilaje de alto tanino. El ensilaje de sorgo de bajo tanino presentó una fracción potencialmente degradable semejante a los otros materiales.

4.3.2. Degradabilidad efectiva de la materia seca

A partir de los resultados obtenidos se calculó la degradabilidad efectiva, utilizando la siguiente ecuación para calcular la tasa de pasaje (AFRC, citado por Simeone y Beretta²):

$$Kp = 0,024 + 0,179 (1 - e^{(-0,278 L)})$$

Donde: L = EM consumida / EM de mantenimiento.

² Simeone, A.; Beretta, V. 2008. Sistemas de alimentación para ganado de carne; guía teórico-práctica (sin publicar).

Cuadro 29: Valor de L, tasa de pasaje y degradabilidad efectiva para cada ensilaje de grano húmedo de sorgo.

Ensilaje de sorgo	Valor de L	Tasa de pasaje (%)	Degradabilidad efectiva (%)
Sorgo Blanco	2,51	6,59	36,90
Bajo tanino	2,24	5,89	44,64
Alto tanino	2,84	7,38	26,57

*para los cálculos se utilizó el consumo y el Peso Vivo promedio de los tratamiento de fibra mezclada

4.3.3. PH ruminal

No hubo efecto significativo del ensilaje de grano de sorgo sobre el pH ruminal ($p=0,28$), siendo los valores obtenidos 6,38; 6,23 y 6,22 para los ensilajes de alto tanino, bajo tanino y sorgo blanco respectivamente.

En la figura 13 se presenta la curva de evolución promedio de pH ruminal para los tres ensilajes de grano húmedo de sorgo.

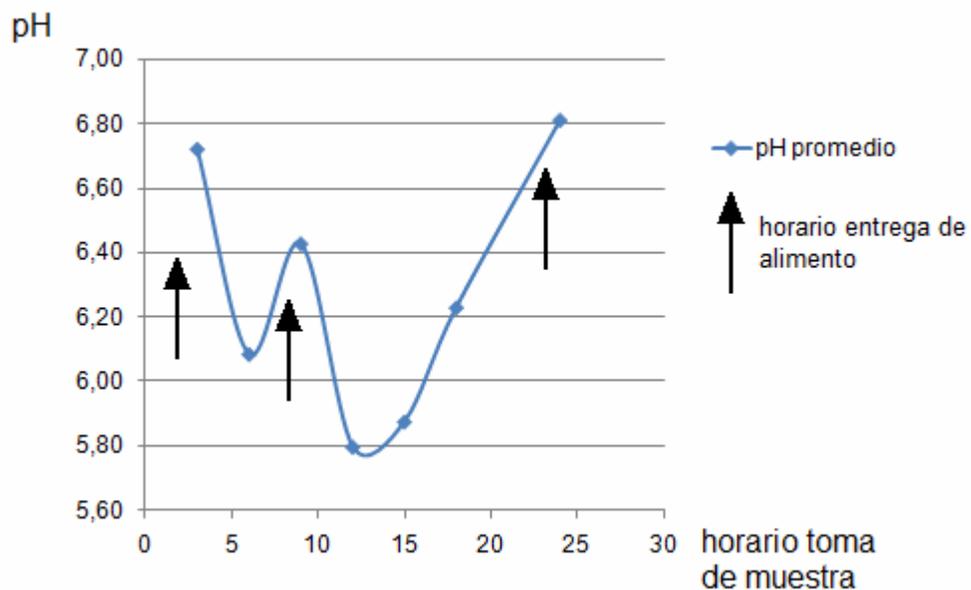


Figura 13: Curva de evolución del pH indicando los distintos momentos de entrega del alimento.

Los mayores valores de pH se midieron en el momento previo a la alimentación de la mañana, mientras que los menores valores fueron encontrados a las 12 horas posteriores.

4.4. DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LA MATERIA SECA

No se encontró efecto del manejo del voluminoso sobre la digestibilidad aparente ($p=0,72$), obteniéndose valores de 81,93% al manejar el voluminoso separado y 82,47% cuando éste se ofreció mezclado con el concentrado. Si se encontraron efectos significativos del ensilaje de grano húmedo de sorgo ($p=0,0082$).

Cuadro 30: Digestibilidad aparente de la MS (%) según ensilaje de grano húmedo de sorgo.

Ensilaje de Sorgo	Digestibilidad aparente
Bajo tanino	85,28 a
Sorgo Blanco	84,47 a
Alto tanino	76,84 b

Medias seguidas por distinta letra difieren estadísticamente ($p<0,05$).

El ensilaje de grano húmedo de sorgo de alto tanino presentó la menor digestibilidad aparente, no encontrándose diferencias entre los ensilajes de sorgo blanco y de bajo tanino.

4.4.1. Digestibilidad aparente del almidón

Los datos presentados a continuación no fueron analizados estadísticamente por no presentar repeticiones.

Cuadro 31: Digestibilidad aparente del almidón según ensilaje de grano húmedo de sorgo y manejo del voluminoso.

Ensilaje de Sorgo	Digestibilidad (%)
Bajo tanino	96,9
Sorgo Blanco	96,8
Alto tanino	92,2
Manejo del voluminoso	
Separado	95,1
Mezclado	95,5

El ensilaje de grano húmedo de sorgo de alto contenido de taninos presentó una menor digestibilidad la de los otros sorgos, mientras que el sorgo bajo tanino y sorgo blanco tuvieron valores similares. Para los distintos manejos del voluminoso las diferencias encontradas fueron despreciables.

4.5. CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL

4.5.1. Mediciones obtenidas por ecografía

Para la variable área de ojo de bife (AOB) no hubo un efecto significativo del voluminoso ($p=0,58$) ni del ensilaje de grano de sorgo ($p=0,08$). Sin embargo se encontró una tendencia para este último, presentando el sorgo de alto contenido de taninos los menores valores.

Para el porcentaje de grasa intramuscular o “marbling” (MB) hubo un efecto significativo del ensilaje de grano húmedo de sorgo ($p=0,0069$) pero no del manejo del voluminoso ($p= 0,6224$).

No hubo un efecto significativo del ensilaje de grano húmedo de sorgo ($p=0,29$) ni del manejo del voluminoso ($p=0,48$) sobre el espesor de grasa subcutánea (EGS).

Cuadro 32: MB, AOB y EGS según ensilaje de grano húmedo de sorgo y manejo del voluminoso.

Ensilaje de sorgo	MB (%)	AOB (cm²)	EGS (mm)
Sorgo Blanco	3,09 a	65,51	4,96
Bajo Tanino	2,78 b	65,83	4,86
Alto Tanino	2,71 b	64,25	4,82
Manejo del voluminoso			
Separada	2,89	65,36	4,81
Mezclada	2,85	65,03	4,93

Medias seguidas por distinta letra difieren estadísticamente ($p < 0,05$).

4.5.2. Mediciones post-mortem

4.5.2.1. Espesor de grasa subcutánea, “marbling” y área de ojo de bife

No hubo efecto significativo del ensilaje de grano húmedo de sorgo ($p=0,54$) sobre el “marbling” post mortem. Si hubo un efecto significativo del manejo del voluminoso ($p=0,04$). Para el espesor de grasa subcutánea, no se encontró efecto del ensilaje de grano húmedo de sorgo utilizado ($p=0,75$) ni del manejo del voluminoso ($p=0,66$). Lo mismo ocurrió para el área de ojo de bife ($p=0,55$ para el ensilaje de grano húmedo de sorgo y $p= 0,38$ para el manejo del voluminoso).

Cuadro 33: MB, AOB y EGS medidos en frigorífico.

Ensilaje de Sorgo	EGS (mm)	AOB (cm²)	MB (%)
Sorgo Blanco	10,59	60,96	6,47
Bajo Tanino	9,92	60,03	6,74
Alto Tanino	10,99	57,61	5,93
Manejo del voluminoso			
Separado	10,26	58,56	6,94 a
Mezclado	10,73	60,5	5,82 b

Medias seguidas por distinta letra difieren estadísticamente ($p < 0,05$).

4.5.2.2. Peso del corte pistola, bife, lomo y cuadril

No se encontró efecto significativo del ensilaje de grano húmedo de sorgo ($p=0,79$) ni del manejo del voluminoso ($p=0,52$) sobre el peso del corte pistola, bife ($p=0,64$ y $p=0,70$), lomo ($p=0,51$ y $p= 0,07$) y cuadril ($p=0,56$ y $p=0,19$).

Cuadro 34: Peso del corte pistola, bife, lomo y cuadril para los distintos tratamientos (kg).

Ensilaje de Sorgo	Corte pistola	Bife	Lomo	Cuadril
Sorgo Blanco	56,78	5,64	2,39	3,58
Bajo Tanino	55,84	5,83	2,40	3,61
Alto Tanino	55,81	5,54	2,34	3,74
Manejo del voluminoso				
Fibra Separada	55,71	5,71	2,33	3,56
Fibra Mezclada	56,57	5,62	2,42	3,72

4.6. CARACTERÍSTICAS DE LA CARNE

Ni el ensilaje de grano húmedo de sorgo ni el manejo del voluminoso tuvieron efecto significativo sobre ninguna de las características de la carne evaluadas.

Cuadro 35: Características de la carne y probabilidad de cada una para el efecto ensilaje de grano húmedo de sorgo y manejo del voluminoso.

Ensilaje de Sorgo	Terneza	Color			pH	
		a	b	L	48 hs	14 días
Alto tanino	3,63	14,82	7,68	34,09	5,45	5,72
Bajo tanino	4,01	13,82	7,24	34,56	5,38	5,68
Sorgo blanco	3,79	15,50	7,70	34,82	5,34	5,72
Manejo del voluminoso						
Separado	3,60	15,50	7,59	34,08	5,42	5,72
Mezclado	4,02	13,93	7,48	34,40	5,37	5,69
Efecto (p=)						
Ensilaje de grano de sorgo	0,73	0,28	0,36	0,90	0,44	0,52
Manejo del voluminoso	0,25	0,12	0,72	0,88	0,40	0,27

5. DISCUSIÓN

5.1. CARACTERIZACION DE LOS ENSILAJES

Van Soest (1994) sostiene que los taninos insolubles tienden a aparecer en la fracción lignina, por lo que podrían ser los causantes del mayor contenido de FDA en el ensilaje de sorgo de alto tanino. Según Reichert et al., citados por Caorsi y Olivera (2005), el 81% de los taninos se encuentra en la testa del grano, la cual estaría comprendida dentro de la fracción detergente ácido.

Los contenidos de proteína de cada dieta serían iguales o mayores a los requeridos por novillos en terminación, por lo que no se esperarían diferencias en la respuesta animal.

Los contenidos de almidón de los materiales utilizados se encuentran dentro de los rangos expresados por la bibliografía, coincidiendo con lo citado por Streeter et al. (1990) de que el material de alto tanino tendría menor contenido de almidón en el grano. Por lo tanto, se esperaría un menor potencial de engorde del ensilaje de grano de sorgo con alto contenido de taninos. Los contenidos de amilosa y amilopectina fueron similares para los tres cultivares, entrando en la clasificación de granos con endosperma normal o *no waxy* (Rooney y Pflugfelder 1986, Domanski et al. 1997). Por este motivo, no se esperaría efecto del tipo de endosperma sobre los resultados.

La disminución del contenido de taninos en el sorgo debido al ensilado, concuerda con parte de la bibliografía revisada (Cummins 1971, Maksinchuk 2004, Caorsi y Olivera 2005). Tomando en cuenta lo comentado por Magalhães y Durães (2003), que afirman que contenidos de taninos inferiores a 0,7% se deben a otros compuestos fenólicos y no a taninos, la principal diferencia entre los materiales de sorgo de bajo tanino y sorgo blanco sería la pigmentación del pericarpo.

No se esperaría que el grado de procesamiento del ensilaje causara grandes diferencias ya que las proporciones de cada fracción medida fueron similares. El ensilaje de alto tanino presentó un mayor valor de la fracción entero y partido grueso que podría perjudicar el aprovechamiento de este material por los animales, sin embargo también presentó una mayor proporción de harina y molido fino, que sería la fracción más fácilmente disponible a nivel ruminal.

5.2. PERFORMANCE ANIMAL

Tanto para el consumo de materia seca (absoluto y relativo) como para el peso promedio y la ganancia de peso, hubo interacción entre el manejo del voluminoso y el ensilaje de grano húmedo de sorgo utilizado.

El separar la fibra del concentrado generó mayores consumos, lo cuál coincide con Collares et al. (2008). Sin embargo, Atwood et al. (2001) encontraron un mayor consumo al utilizar una RTM y Barbosa et al.¹ no encontraron efecto del manejo de la fibra sobre el consumo. Dada la interacción encontrada entre el ensilaje de grano húmedo de sorgo y el manejo del voluminoso, podría suponerse que los diferentes resultados encontrados por estos autores se deban a que utilizaron distintos tipos de concentrado y de fibra, así como diferente relación voluminoso/concentrado.

El supuesto efecto depresor de los taninos sobre el consumo no se encontró en este trabajo, coincidiendo con los datos de Maxson et al. (1973), Riffel (2004) que reportaron mayor consumo en los tratamientos con alto contenido de taninos.

En un feedlot con alta proporción de grano en la dieta, el nivel de consumo está determinado por factores metabólicos (Galyean y Defoor, 2002), siendo la concentración energética de la dieta la que determina el mismo. Esto se observa claramente cuando se maneja el voluminoso mezclado con el concentrado, donde el ensilaje de grano húmedo de sorgo de alto tanino presentó mayor consumo que los otros ensilajes. Sin embargo, cuando el voluminoso se ofreció separado estas diferencias no fueron tan claras, presentando igual consumo los ensilajes de sorgo de alto tanino y sorgo blanco.

Las diferencias encontradas no se debieron a variaciones en las concentraciones energéticas entre los tratamientos con manejo del voluminoso separado y mezclado, ya que siempre se mantuvo fija la relación voluminoso/concentrado.

Las ganancias diarias obtenidas fueron iguales o superiores a las encontradas por Maxson et al. (1973): 1,16 kg/d bajo tanino y 1,01 kg/d alto tanino y Riffel (2004): 1,18 kg/d bajo tanino y 1,54 kg/d alto tanino. Esto en parte podría estar explicado por lo planteado por Bianco et al. (2000), que afirman

que en etapas tempranas del grano (cosechado húmedo) el almidón todavía no se encuentra encapsulado por proteínas como ocurre en los granos secos, por lo tanto es atacado más fácilmente por las bacterias en el rumen.

Otros factores que podrían estar contribuyendo a las altas ganancias obtenidas, pueden ser las buenas condiciones climáticas del período en que se desarrolló el experimento, en donde las precipitaciones fueron escasas y no hubo temperaturas extremadamente bajas (ver figuras 6 y 7). Según Young, citado por Di Marco (1993) en condiciones invernales las pérdidas de peso bajo crianza comercial pueden representar hasta un 27% de la ganancia de peso y un 40% de la conversión del alimento. Además de esto, en todo el desarrollo del experimento los corrales fueron limpiados cada 15 días (cuando los animales eran retirados para ser pesados) mejorando así su confort.

Los resultados encontrados concuerdan en parte con los obtenidos por Montiel (2006), en donde una variedad de sorgo de alto tanino presentó igual ganancia que el sorgo blanco al ser utilizado con vaquillonas. Si se utiliza sorgo de alto tanino, habría una ventaja de ofrecer el mismo con la fibra separada, mientras que para los otros sorgos no habría efecto de la forma de inclusión del voluminoso en la dieta. Cuando la fibra se ofrece separada del concentrado, no existirían diferencias entre los sorgos. Sin embargo, con raciones totalmente mezcladas, el sorgo de bajo tanino presentaría mejores resultados que el de alto tanino.

En la bibliografía consultada, la forma de presentación de la ración no afectó la ganancia media diaria en ningún caso (Atwood et al. 2001, Simeone et al. 2007, Collares et al. 2008, Barbosa et al.¹). Esto coincidiría con los resultados encontrados para los ensilajes de grano húmedo de sorgo de bajo tanino y blanco. Por otro lado, con el sorgo de alto tanino, manejar el voluminoso separado presentó una mayor ganancia media diaria debido a un mayor consumo.

En lo que respecta a la eficiencia de conversión, la interacción sorgo x fibra no tuvo un efecto significativo, probablemente debido a que no se utilizaron medidas repetidas como en las demás variables de performance, disminuyendo el poder de análisis. Tampoco se encontró efecto del manejo de la fibra sobre esta variable, lo cual es coincidente con la bibliografía.

Existió efecto del contenido de taninos sobre la eficiencia de conversión, en la medida que el contenido de taninos fue menor la eficiencia de conversión mejoró. La peor eficiencia del sorgo alto tanino coincide con su menor aporte energético estimado por FDA. Según Simeone et al. (2008), la concentración energética de la dieta afecta positivamente a la ganancia diaria y mejora la eficiencia de conversión.

La coloración del pericarpo no tuvo efecto sobre la eficiencia de conversión. El contenido de almidón y la concentración energética de los materiales de bajo tanino y sorgo blanco fueron similares y mayores que para el alto tanino. En base al análisis químico, se hubiera esperado un mejor comportamiento del sorgo blanco que del sorgo de alto tanino.

Los animales que consumieron sorgo de alto tanino tuvieron que consumir en promedio 1,62 kg más de alimento para ganar un kilo, lo que implica una reducción en la eficiencia de conversión de 25 %. Esto coincide con lo citado por Giorda (1998) de que los sorgos con alto contenido de taninos causan una reducción del 10 al 30 % en la eficiencia alimenticia en comparación con los sorgos que no los tienen. Al igual que en el experimento de Maxson et al. (1973), el sorgo de alto contenido de taninos presentó una peor eficiencia de conversión, explicado principalmente por un mayor nivel de consumo.

Si se considera que en un confinamiento la principal variable a considerar es la eficiencia de conversión (Simeone et al., 2008), el sorgo de bajo tanino sería el grano mas recomendable. Los resultados obtenidos difieren de lo encontrado por Montiel (2006), ya que el sorgo blanco no mostró ventajas frente al genotipo de alto tanino.

5.3. PARÁMETROS DE DEGRADABILIDAD RUMINAL Y PH

Se observó un efecto claro de los taninos en disminuir la degradabilidad promedio del sorgo. A diferencia de lo esperado a partir del análisis químico, la degradabilidad promedio del sorgo blanco fue menor a la del sorgo bajo tanino. A pesar de no haber sido cuantificado en este experimento, podría haber un efecto de la textura del endosperma (vítreo o harinoso), ya que los contenidos de almidón y composición del mismo fueron similares en ambos cultivares.

Los valores del parámetro a citados por la bibliografía son superiores a los obtenidos en este experimento. El valor de a hallado por Romero et al. (2000) fue de 61,8% para el ensilaje de grano húmedo de sorgo bajo tanino y 32,6% para el de alto tanino, Goñi y Oholeguy (2000) encontraron valores de 36% para el bajo tanino y 23% para el alto tanino, Caorsi y Olivera (2005) reportaron valores de 43,3% y 35,1% respectivamente. Esto podría deberse a que, en la mayoría de los trabajos citados, el sorgo evaluado es molido previo a la incubación.

Se evaluó el coeficiente de variación del parámetro a en los períodos de medición y se encontró que el mismo tenía valores altos (30,4% para el sorgo alto tanino; 25,6% para el sorgo blanco y 19,2% para el sorgo bajo tanino), lo cual podría explicar la ausencia de diferencias significativas entre los sorgos. Simeone et al. (2003) encontraron que el grado de procesamiento del grano sólo afectó a la desaparición de la fracción soluble, sin encontrar diferencias en la materia seca potencialmente degradable, ni en la tasa de degradación. El alto coeficiente de variación podría deberse a posibles variaciones en la molienda del grano durante el proceso de confección del ensilaje, o como consecuencia de variaciones en el cultivo dentro de la chacra, fundamentalmente en porcentaje de humedad y tamaño del grano.

Por otra parte los valores de b fueron mayores a los citados por Romero et al. (2000), Caorsi y Olivera (2005). En los experimentos revisados el grano representaba una baja proporción de la dieta, los mayores valores de b en este experimento podrían ser causa de un mayor acostumbramiento de la microflora ruminal a los granos. La tendencia encontrada para el parámetro c, coincidiría con los resultados encontrados para la degradabilidad promedio siendo superior el ensilaje de grano de sorgo de bajo tanino.

Por último, las características evaluadas para el ensilaje de grano de sorgo blanco no mostraron diferencias en comparación a las del bajo tanino, por lo que no habría un efecto de la coloración del pericarpo sobre los parámetros de la curva de Orskov.

La degradabilidad ruminal efectiva calculada se encuentra por debajo de los valores citados por la bibliografía. Esto podría estar explicado por las altas tasas de pasaje estimadas, que según Poore et al. (1990) oscilan entre 5,3 y 4 %/h.

Utilizando la fórmula de NRC, citado por Cavalcante et al. (2006):

$$Kp = 2,904 + 1,375 (X1) - 0,020 (X2)$$

Donde: X1 es el consumo de MS como % del PV
X2 es la proporción del concentrado en la dieta

Las tasas de pasaje para cada sorgo serían las siguientes.

Cuadro 36: Tasa de pasaje para cada ensilaje de grano de sorgo.

Tipo de Sorgo	Consumo (% PV)	Concentrado en la dieta (%)	Tasa de pasaje estimada (%/h)
Blanco	2,31	80	4,48
Bajo	2,24	80	4,38
Alto	2,53	80	4,78

Como se puede apreciar en el cuadro, las tasas de pasaje estimadas por este método serían más cercanas a los valores citados por la bibliografía, en donde a mayor nivel de consumo la tasa de pasaje se ve incrementada.

Al hacer el cálculo de degradabilidad efectiva con estas tasas de pasaje, la misma sigue siendo menor a la citada. Lo que estaría explicando los bajos valores de degradabilidad efectiva encontrados son los bajos valores de a. Caorsi y Olivera (2005) encontraron que la correlación entre la fracción soluble y la degradabilidad efectiva fue de 0,96. Por este motivo, parecería que las ecuaciones de Orskov y McDonald (1976) obtenidas en este experimento podrían estar subestimando la degradabilidad efectiva de los materiales. Sin embargo sigue siendo una herramienta útil para comparar los sorgos entre sí.

Las pocas diferencias encontradas a nivel de degradabilidad ruminal entre sorgos explicarían la similitud en los valores de pH ruminal entre los mismos. Los datos encontrados para la evolución del pH ruminal coincidirían con lo citado por Schwartzkopf-Genswein et al. (2003). También habrían coincidencias con los mismos autores en la alta variación encontrada entre animales dentro del mismo tratamiento (ver figura en anexos).

5.4. DIGESTIBILIDAD APARENTE

Coincidiendo con la mayor parte de los autores citados, los taninos tuvieron un efecto directo en disminuir la digestibilidad de la materia seca del ensilaje de grano húmedo de sorgo. Las diferencias en la concentración energética entre el sorgo de alto tanino y el sorgo de bajo tanino fueron mayores al calcularlas por medio de la digestibilidad aparente, que utilizando la ecuación de raciones completas (10% y 3% de superioridad del bajo tanino respectivamente). Esto coincide con la bibliografía, en que el efecto de los taninos no se debe sólo a su indigestibilidad, sino también a su acción como inhibidores de la digestibilidad de otras moléculas.

El uso de ecuaciones de predicción de la concentración energética no tomaría en cuenta los efectos inhibitorios de los taninos en la digestión de otras moléculas, lo cual podría sobreestimar la concentración energética de estas variedades en comparación con aquellos sorgos sin taninos.

Los mayores valores de digestibilidad encontrados en comparación con la bibliografía podrían deberse a la forma de procesado del grano, ya que la mayor parte de los trabajos revisados utilizaron grano de sorgo seco (Maxson et al. 1973, Hibberd et al. 1985, Streeter et al. 1990). Según Owens et al. (1997) el ensilado de grano húmedo aumentaría el aporte energético del alimento. Esto concuerda con los datos de Caorsi y Olivera (2005), que encontraron valores de digestibilidad para sorgo grano húmedo similares a los obtenidos en este experimento (78,6% para bajo tanino y 73,4% para alto tanino).

Al ser el mismo alimento y variar solo la forma de ofrecimiento, era esperable la falta de efecto del manejo de la fibra sobre la digestibilidad.

En cuanto a la digestibilidad aparente del almidón, los datos estimados coincidirían con Threurer et al. (1999), que encontraron digestibilidades del almidón para sorgos "steam flaked" y sorgos secos molidos de 98,9% y 95,5% respectivamente. Huntingon (1997) plantea digestibilidades del almidón del sorgo seco en torno al 92,8%. Streeter et al. (1990) encontraron valores de 89,8% para el sorgo de alto tanino, y 90,4% para el sorgo de bajo tanino.

La digestibilidad del almidón entre los ensilajes de grano húmedo de sorgo presentó la misma relación que la digestibilidad aparente de la MS, siendo el

sorgo de alto contenido de taninos el que presentó los menores valores de digestibilidad en ambas fracciones. De acuerdo con la bibliografía citada (Hibberd et al. 1985, Owens et al. 1986, entre otros) y los resultados encontrados, esto podría deberse a un efecto negativo de los taninos en la digestibilidad aparente del almidón.

5.5. CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL Y LA CARNE

La tendencia encontrada para el AOB pre-faena, no fue confirmada a nivel post-mortem. No se encontró efecto del ensilaje de grano húmedo de sorgo ni del manejo del voluminoso sobre el EGS medida tanto a nivel de ecografía, como post-mortem. Probablemente, las diferencias encontradas en el peso vivo de los animales no hayan sido suficientes como para generar diferencias claras a nivel de las características de la canal. La ausencia de efecto del manejo del voluminoso sobre las características de la canal, coincide con lo encontrado por Barbosa et al.¹, Collares et al. (2008).

Las diferencias encontradas para “marbling” (medido por ecografía) entre los sorgos, se debe básicamente a un mayor valor inicial de los animales alimentados con sorgo blanco, los cuales presentaron un 21% más de “marbling” al inicio que el promedio de los animales asignados a los otros sorgos. Esto se debe a que el bloqueo de los animales se realizó por peso y no por “marbling” inicial. Estas diferencias se deberían entonces a factores que no serían tenidos en cuenta por el modelo y que este no pudo ajustar.

Por otro lado, cuando el “marbling” fue medido post-mortem, no hubo efecto del ensilaje de grano húmedo de sorgo, y si se evidenció efecto del manejo del voluminoso. Según Pethick et al. (2004), la deposición de grasa intramuscular dependería de la energía neta de la ración. Dado que en este experimento solamente varió la forma de ofrecimiento pero no la dieta, las diferencias podrían deberse al mayor consumo de los tratamientos con el voluminoso separado del concentrado para los ensilajes de grano húmedo de sorgo blanco y de bajo tanino.

La ausencia de diferencias encontradas en el peso de los cortes coincidiría con lo encontrado para las demás características de la canal. Los resultados obtenidos coinciden con Maxson et al. (1973), que no encontraron un efecto del contenido de taninos sobre ninguna de las características de la canal, y con Owens y Gardner (2000), que plantean que diferencias en los factores dietarios

tienen más efecto en la performance del animal y peso final de la carcasa que sobre los indicadores de calidad de la misma.

En lo que respecta a la calidad de la carne, no se encontraron diferencias para ninguna de las características estudiadas, tanto para el sorgo como para la fibra. Esto coincide con Pordomingo et al. (2004) que no encontraron efecto del agregado de taninos sobre la terneza, ni sobre el color.

A pesar de lo citado por Jennings et al. (1978), las diferencias encontradas en el “marbling”, no causaron diferencias en la fuerza de corte o terneza de la carne. Los resultados encontrados estarían de acuerdo entonces con Tuma et al. (1962), García de Siles et al. (1977), que encontraron que distintos contenidos de “marbling” no afectaron la terneza.

La fuerza de corte obtenida para todos los tratamientos estuvo por debajo de los 4 kgs. de fuerza, considerado como carnes blandas (Teira, 2004). Esto podría ser causa de una mayor solubilidad del colágeno del músculo, lo cuál estaría explicado por las altas tasas de crecimiento de los animales debido al tipo de alimentación previo.

El pH final estuvo dentro del rango recomendado (5,4 y 5,8), debido probablemente al buen nivel de glucógeno en los músculos de los animales entrando en la clasificación de carne normal (Feed, 2008).

5.6. CONSIDERACIONES FINALES

El sorgo de alto tanino presentó una menor concentración energética que los otros dos cultivares. El contenido de taninos estaría afectando la digestibilidad aparente tanto de la materia seca, como del almidón (9,5% y 4,8% menos que el promedio del sorgo blanco y bajo tanino respectivamente).

Tanto a nivel de consumo como de la ganancia de peso, la ventaja de manejar el voluminoso separado o mezclado con la ración es dependiente del tipo de sorgo utilizado. Esto demostraría que habría una interacción entre el manejo de la fibra y las características nutritivas del concentrado (degradabilidad, digestibilidad, concentración energética, etc.).

El separar la fibra del concentrado tendría un efecto estimulante del consumo. No existió efecto del manejo de la fibra sobre la digestibilidad aparente, por lo tanto es de suponer que el mayor consumo no se deba a diferencias en el aporte energético de los tratamientos. Sin embargo, podrían existir diferencias en el sitio de digestión del alimento o ambiente ruminal (tasa de degradación, pH), lo cual no fue medido en este experimento ya a que todos los fistulados se les ofreció el voluminoso mezclado con el concentrado.

Una variable importante de medición, que no fue evaluada en este experimento, hubiese sido la observación del comportamiento de cada animal de forma de determinar cómo los mismos seleccionaban su dieta. Collares et al. (2008), utilizando un solo tipo de concentrado, no encontraron diferencias en el comportamiento animal según la forma de suministro de la fibra.

Para el sorgo de alto tanino, el mayor consumo del tratamiento con voluminoso separado generó mayores ganancias de peso, explicando la ausencia de diferencias en la eficiencia de conversión. En los otros materiales, el mayor consumo al ofrecer el voluminoso separado no llegó a generar diferencias en la ganancia ni en la eficiencia de conversión.

La digestibilidad de un alimento estaría relacionada a su eficiencia de conversión, por lo tanto era esperable que al no haber un efecto del manejo de la fibra sobre la digestibilidad, tampoco lo hubiera sobre la eficiencia. No se sabe hasta qué punto no hay interacción sorgo x fibra para estas variables, o si un mayor número de observaciones hubiera detectado ésta interacción, como ocurrió con las variable consumo y GMD (calculadas con medidas repetidas).

La mayor eficiencia de conversión obtenida para el sorgo de bajo tanino, podría estar explicada por su mayor degradabilidad promedio y su mayor digestibilidad, tanto de la MS como del almidón. Esto coincide con Wester (1992) que sostiene que el incrementar la digestión ruminal del grano de sorgo se mejoraría su eficiencia de utilización por los rumiantes.

El no haber encontrado diferencias en la eficiencia de conversión entre el sorgo blanco y el de bajo tanino, podría estar explicado por la similitud de estos materiales en los parámetros de degradabilidad ruminal y en la digestibilidad aparente de la MS y del almidón.

Dada la mayor degradabilidad potencial obtenida en el *in situ* para el sorgo blanco, su mayor degradabilidad promedio y su mayor digestibilidad, en comparación con el sorgo de alto tanino, hubiese sido esperable obtener mejores resultados a nivel de performance. La degradabilidad promedio del sorgo blanco fue 32% mayor que la del alto tanino, mientras que la diferencia en digestibilidad fue de 10%. Aunque no medido directamente, parecería haber un posible efecto compensatorio a nivel intestinal.

Dadas las pocas variaciones encontradas a nivel de performance y la similitud de las dietas, no eran esperables diferencias en las características de la canal entre tratamientos. En cuanto al manejo del voluminoso los resultados encontrados coinciden con la literatura en que, a igual proporción de voluminoso, la forma de suministro del mismo no tiene efectos sobre las propiedades de la canal.

La respuesta en el consumo según el tipo de ensilaje de grano húmedo de sorgo podría deberse a diferencias en el comportamiento ingestivo del animal y/o a diferencias en el ambiente ruminal. Estudios futuros podrían estar dirigidos a medir el efecto del manejo de la fibra con distintas fuentes de fibra en combinación con distintos tipos de concentrados. Tal vez utilizando alimentos más contrastantes sea más fácil determinar las causas de esta interacción.

6. CONCLUSIONES

Diferencias en el genotipo de sorgo influyeron en el valor nutritivo del grano.

La presencia de taninos en el grano de sorgo disminuyó la degradabilidad promedio, la digestibilidad aparente y empeoró la eficiencia de conversión del alimento. El sorgo de pericarpo blanco no presentó ventajas frente a los otros cultivares.

El ofrecer el concentrado separado del voluminoso estimularía el consumo, aunque su efecto sobre la ganancia media diaria sería dependiente del ensilaje de grano húmedo de sorgo utilizado. La eficiencia de conversión no fue afectada por la forma de inclusión del voluminoso en la dieta.

Según estos resultados, la mejor opción desde el punto de vista de la ganancia de peso sería utilizar el voluminoso separado de la ración, ya que se aseguran mayores o iguales ganancias para cualquiera de los tres cultivares estudiados, y se mantiene la eficiencia de conversión.

A excepción del “marbling”, ni el ensilaje de grano húmedo de sorgo ni el manejo del voluminoso influyeron sobre las características de la canal y de la carne. Los resultados encontrados para “marbling” no fueron concluyentes ya que se contradijeron según el método de medición (ecografía o post-mortem)

La calidad nutritiva del grano de sorgo estaría influenciada por el genotipo, el cual afecta varios atributos del grano (rendimiento, contenido de taninos, tipo y textura de endosperma, entre otros). Por este motivo, a la hora de evaluar distintas variedades para la alimentación animal, basarse únicamente en el contenido de taninos no aseguraría el mejor resultado.

7. RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar tres ensilajes de sorgo grano húmedo en combinación con dos manejos de voluminoso sobre el consumo, la ganancia media diaria, la eficiencia de conversión, las características de la canal y la carne y la digestibilidad del alimento en novillos mantenidos en régimen de confinamiento. Los materiales de sorgo utilizados fueron: IPB Flash1 con alto contenido de taninos (8,55%); Solarium con bajo contenido de taninos (0,15%) y Jowar Food sin presencia de taninos y con pericarpio blanco (sorgo blanco). El manejo del voluminoso consistió en ofrecerlo separado del concentrado o mezclado con éste. El experimento se desarrolló entre el 12 de junio y el 3 de setiembre del año 2008 en el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Estación Experimental “La Estanzuela”. La dieta utilizada estuvo compuesta de 80% de concentrado (70% de ensilaje de sorgo y 10% de expeler de girasol) y 20% de voluminoso (fardo de moha). Fueron utilizados 48 novillos de cruza británicas, de 20 a 22 meses de edad y con un peso vivo inicial de 355 ± 58 kg. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, con un arreglo factorial de 3×2 . Paralelamente se evaluaron los parámetros de degradabilidad y pH ruminal para los distintos ensilajes de grano húmedo de sorgo mediante la técnica *in situ*. Para esto fueron utilizados seis animales de la raza Hereford, de 20 a 22 meses de edad y un peso vivo inicial de 299 ± 75 kg; fistulados a nivel ruminal. Los mismos fueron alimentados en base a la misma dieta de engorde y con el voluminoso mezclado con el concentrado. El modelo estadístico utilizado fue un cuadrado latino repetido. El ensilado del material de alto tanino tuvo un efecto claro en disminuir la concentración de taninos, los cuales pasaron de 7,7% en el grano antes de ensilar, a 1,5% luego de ensilado. Existió un efecto de la interacción sorgo x fibra tanto para el consumo ($p < 0,0001$) como para la ganancia de peso ($p = 0,0051$). El ensilaje de grano húmedo de sorgo de alto tanino presentó una menor concentración energética estimada tanto por su contenido de FDA, como por su menor digestibilidad aparente. Manejar la fibra separada aumentaría el consumo, pero su efecto sobre la ganancia de peso sería dependiente del ensilaje de sorgo utilizado. El manejo del voluminoso separado sólo generó mayores ganancias para el sorgo alto tanino. Estas diferencias en consumo o ganancia de peso según ensilaje de grano húmedo de sorgo y manejo del voluminoso, no se evidenciaron en la eficiencia de conversión, donde sólo hubo efecto del ensilaje de grano húmedo de sorgo ($p = 0,0337$). El sorgo de alto tanino obtuvo la peor eficiencia (8,07 a), seguido por el sorgo blanco (7,09 ab), y por último el sorgo de bajo tanino (6,46 b). La degradabilidad promedio fue afectada por el tipo de sorgo ($p < 0,01$), presentando los siguientes valores: bajo tanino 48%a, blanco 45%b y alto tanino 34%c. El tipo de sorgo tuvo efecto únicamente sobre el parámetro b de la curva de Orskov, presentando el sorgo blanco un mayor valor de la fracción potencialmente degradable que el alto tanino. No se encontraron diferencias

significativas para el pH ruminal. La mayor eficiencia de conversión obtenida para el sorgo de bajo tanino, podría estar explicada por su mayor degradabilidad promedio. La coloración del pericarpo parecería no influir sobre la performance animal. Por otro lado, el contenido de taninos tuvo un efecto negativo sobre la performance de los animales, explicado posiblemente por su efecto depresor de la degradabilidad y digestibilidad. No se encontraron efectos del ensilaje de grano húmedo de sorgo ni del manejo del voluminoso sobre las características de la canal y la carne evaluadas.

Palabras clave: Confinamiento; Manejo de la fibra; Tanino; Sorgo blanco; Ganancia de peso; Eficiencia de conversión; Degradabilidad *in situ*.

8. SUMMARY

The present study was conducted to evaluate the effect of three sorghums grain silages in combination with two different fiber management over consumption, daily gain, conversion efficiency, meat and carcass quality, and apparent diet digestibility in steers operated under feedlot conditions. The three varieties of sorghum grain silage used were: IPB Flash1 with high tannin content (8,55%), Solarium with low tannin content (0,15) and Jowar Food that has not tannins and has with white pericarp. Fiber supply consisted in offering it mixed or separated of the concentrate fraction. The experiment was developed during the period between the 12th of June and the 3th of September of 2008, in the National Institute of Agriculture Investigation (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria INIA), in the experimental station of “La Estanzuela” Colonia, Uruguay. The diet ingredients (dry weight basis) were: 80% of concentrate (70% of sorghum grain silage in study and 10% of sunflower expeller) and 20% of bulky (*Setaria italica* hay). A total of 48 Britannic breeding steers, of 20-22 month of age and an initial live weight of 355 ± 58 kg, were used in this experiment. The experiment was designed in randomized complete blocks, with 3 x 2 factorial arrangements. At the same time, degradability parameters and ruminal pH were evaluated for each sorghum grain silage. For this part of the experiment were used 6 ruminally cannulated Hereford steers of 20-22 month of age and an initial live weight of 299 ± 75 kg. These animals were fed with the same diet basis, but for all of them the fiber was managed mixed to concentrate. The statistic model used to this part was a repeated latin square. The silage process clearly showed a decreasing effect in tannin content of high tannin variety, which decreased its content from 7,7% before putting the grain in the bag, to 1,5% after silage. There was an effect of sorghum variety x fiber management over consumption ($p=0,0001$) and average daily gain ($p=0,0051$). High tannin variety presented a lower energetic concentration estimated not only by its higher Acid Detergent Fiber (ADF) content, but also by its lower apparent digestion ($p=0,0082$) in comparison with the other varieties. Separate fiber management would increase consumption, but its effect over daily gain would depend on the sorghum grain silage used. The management of the fiber separated, had greater daily gains only for high tannin variety. Those differences found in consumption and average daily gain, depending on the variety of grain silage sorghum used and fiber management did not affect conversion efficiency. This characteristic was only affected by sorghum variety ($p=0,0337$). High tannin variety had the worst efficiency (8,07 a), followed by white sorghum (7,09 ab), and at last the low tannin variety (6,46 b). The average degradability was affected by sorghum variety ($p<0,01$) as well, presenting the following results: Low tannin 48% a, White Sorghum 45% b and High tannin 34% c. For the apparent digestibility the results were: Low tannin 85,28% a, White sorghum 84,47% a, and High tannin 76,84% b. Sorghum variety had only effect over the

potentially degradable fraction (b parameter) of the Orskov curve, presenting the white sorghum higher values than the high tannin variety. Not significant differences were founded in ruminal pH between sorghums. The better conversion efficiency obtained for low tannin sorghum, could be explained by its higher average degradability. The pericarp color seems not to influence the animal performance. On the other hand, high tannin content had negative effects over animal performance, possibly explained by its depressing effect in ruminal degradability and apparent diet digestion. Meat and carcass characteristics were not affected by sorghum variety nor fiber management.

Key words: Feedlot; Fiber management; Tannins; White sorghum; Weight gain; Conversion efficiency; *In situ* degradability.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. ABERLE, E. D.; REEVES, E. S.; JUDGE, M. D.; HUNSLEY, R. E.; PERRY, T. W. 1981. Palatability and muscle characteristics of cattle with controlled weight gain; time on a high energy diet. *Journal of Animal Science*. 52: 757-763.
2. ACOSTA, Y. 1994. Estimadores del valor nutritivo para producción de leche. In: Cozzolino, D.; Pigurina, G.; Methol, M.; Acosta, Y.; Mieres, J.; Bassewitz, H. eds. Guía para la alimentación de rumiantes. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 41-50.
3. ATWOOD, S. B.; PROVENZA, F. D.; WIEDMEIER, R. D.; BANNER, R. E. 2001. Influence of free-choice vs mixed-ration diet on food intake and performance of fattening calves. *Journal of Animal Science*. 79: 3034 -3040.
4. AXE, D. E.; BOLSEN, K. K.; HARMON, D. L.; LEE, R. W. 1987. Effect of wheat and high-moisture sorghum grain fed singly and in combination on ruminal fermentation, solid and liquid flow, site and extent of digestion and feeding performance of cattle. *Journal of Animal Science*. 64: 897-906.
5. BACH, Á.; CALSAMIGLIA, S. 2006. La fibra en los rumiantes; ¿química o física? In: Curso de Especialización FEDNA (22º, 2006, Barcelona). Textos s.n.t. pp. 99-113.
6. BALDI, F. 2006. Ingestão de matéria seca em confinamento. In: Moraes Sampaio, A. A. org. Avanços na exploração de bovinos para produção de carne. Jaboticabal, FUNEP. v. 1, pp. 157-186.
7. BIANCO, A; GOÑI, V.; OHOLEGUY, S. 2000. Efecto del procesamiento y del contenido de taninos del grano de sorgo sobre la composición química y la digestión de la materia seca en rumiantes. (en línea). In: Reunión Latinoamericana de Producción Animal (16ª, 2000, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, s.n.t. s.p. Consultado 22 feb. 2009. Disponible en <http://www.produccion-animal.com.ar>
8. BLASINA, E. 2008. Entrevista a Eduardo Blasina. *El País*. Suplemento Economía y Mercado. Montevideo, UY, abr. 15: 36-38.

9. BRENNAN, R. W.; HOFFMAN, M. P.; PARRISH, F. C.; EPPLIN, F.; BHIDE, S.; HEADY, E. O. 1987. Effects of differing ratios of corn silage and corn grain on feedlot performance, carcass characteristics and projected economic returns. *Journal of Animal Science*. 64: 23-31.
10. BRODERICK G. A.; WALLACE R. J.; ORSKOV E. R.; HANSEN L. 1988. Comparison of estimates of ruminal protein degradation by in vitro and in situ methods. *Journal of Animal Science*. 66: 1739-1745.
11. BUTTERFIELD, R. M.; BERG R. T. 1966. A nutritional effect on relative growth of muscles. *Proceedings of Australian Society of Animal Production*. 6:298.
12. CAMPS, D.; GONZÁLEZ, G. 2002. Acidosis, un problema de las dietas ricas en granos. (en línea). Buenos Aires, UBA. Área Nutrición. Facultad de Veterinaria. Consultado 15 feb. 2009 Disponible en www.produccionanimal.com.ar/información tecnica/suplementación/63-acidosis.htm
13. CANNAS, A. 1999. Tannins: fascinating but sometimes dangerous molecules. (en línea). Itaka. s.e. s.p. Consultado 13 may. 2009 Disponible en <http://www.ansci.cornell.edu/plants/toxicagents/tannin.html>.
14. CAORSI, M. L.; OLIVERA, 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.
15. CERETTA, S. 2004. Resultados experimentales de evaluación de sorgo granífero para el registro nacional de cultivares. Período 2003. Montevideo, INIA. 15 p.
16. _____. 2005. Resultados experimentales de evaluación de sorgo granífero para el registro nacional de cultivares. Período 2004. Montevideo, INIA. 21 p.
17. _____. 2006. Resultados experimentales de evaluación de sorgo granífero para el registro nacional de cultivares. Período 2005. Montevideo, INIA. 22 p.

18. CIANZIO, D. S.; TOPEL, D. G.; WHITEHURST, G. B.; BEITZ, D. C.; SELF, H. L. 1985. Adipose tissue growth and cellularity: changes in bovine adipocyte size and number. *Journal of Animal Science*. 60: 970-976.
19. COLLARES, M.; MACCIÓ, M.; VARALLA, D. 2008. Manejo de la fibra en sistemas de alimentación a corral para vacunos en crecimiento y terminación. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 77 p.
20. CUMMINS, D. G. 1971. Relationships between tannin content and forage digestibility in sorghum. *Agronomy Journal*. 63 (3): 500-502.
21. CHALKLING D. J. 2007. Ensilaje de grano húmedo. *In:* Jornada de Manejo de Pasturas (2007, Colonia). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 1-17 (Actividades de Difusión no. 483).
22. CHANDRASHEKHAR, A.; KIRLEIS, A. W. 1998. Influence of protein on starch gelatinization in sorghum. *Cereal Chemistry*. 65:457-462.
23. CHENG, K. J.; FORSBERG, C. W.; MINATO, H. Y COSTERTON, J. W. 1991. Microbial ecology and physiology of feed degradation within the rumen. *In:* International Symposium on Ruminant Physiology (7^a, 1991). Physiological aspects of digestion and metabolism in ruminants. s.n.t. pp. 595-624.
24. CHOAT, W. T.; KREHBIEL, C. R.; BROWN, M. S.; DUFF, G. C.; WALKER, D. A.; GILL D. R. 2002. Effects of restricted versus conventional dietary adaptation on feedlot performance, carcass characteristics, site and extent of digestion, digesta kinetics, and ruminal metabolism. *Journal of Animal Science*. 80: 2726-2739.
25. DOMANSKI, C.; GIORDA, L.M. Y FERESIN, O. 1997. Composición y calidad del grano de sorgo. (en línea). INTA Manfredi. Cuaderno de Actualización. no 7: 47-50. Consultado 5 ene. 2009. Disponible en http://www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion/42-calidad_y_composicion_del_grano_de_sorgo.htm
26. DRAKE, D. J. 2004. Understanding and improving beef cattle carcass quality. (en línea). Davis, University of California. Division of Agriculture and Natural Resources. Publication 8130. Consultado 20 mar.2009. Disponible en <http://www.anrcatalog.ucdavis.edu.com>

27. FEED, O. 2008. Importancia del pH en la carne. In: Curso Calidad de la Canal y la Carne de Rumiantes (2008, Paysandú). Textos. Paysandú, Facultad de Agronomía. s.p.
28. FISHELL, V. K.; ABERLE, E. D.; JUDGE, M. D.; PERRY T. W. 1985. Palatability and muscle properties of beef as influenced by preslaughter Growth Rate. *Journal of Animal Science*. 61:151-157.
29. FLUHARTY, F. L. 2003. Interactions of management and diet on final meat characteristics of beef animals. (en línea). s.n.t. Consultado 15 mar. 2009. Disponible en <http://beef.osu.edu/library/mgtdiet.html>
30. FRANCO, J. 2008. Alternativas tecnológicas y de manejo para mejorar la calidad de la carne. In: Curso Calidad de la Canal y la Carne de Rumiantes (2008, Paysandú). Textos. Paysandú, Facultad de Agronomía. s.p.
31. GAEBE, R. J.; SANSON, D. W.; RUSH, I. G.; RILEY, M. L.; HIXON D. L.; PAISLEY, S. I. 1998. Effects of extruded corn or grain sorghum on intake, digestibility, weight gain, and carcasses of finishing steers. *Journal of Animal Science*. 76: 2001-2007
32. GALIOSTRO, A. 2005. Aspectos nutricionales asociados a la suplementación con granos forrajeros. (en línea). Buenos Aires, INTA. s.p. Consultado 24 de feb. 2009. Disponible en http://www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion/43 aspectos_nutricionales_granos.htm.
33. GALYEAN, M. L.; DEFOOR, P. J. 2003. Effects of roughage source and level on intake by feedlot cattle. *Journal of Animal Science*. 81(E. Suppl.2):E8–E16.
34. GARCÍA DE SILES, J. L.; ZIEGLER, J. H.; WILSON, L. L. 1977. Effects of “marbling” and conformation scores on quality and quantity characteristics of steer and heifer carcasses. *Journal of Animal Science*. 44: 36-46.
35. GIORDA, L. 1998. Modelo de alta producción en sorgo. *Forrajes y Granos*. 35: 16-22.

36. GOÑI, M. V.; OHOLEGUY, S. 2000. Efecto del método de conservación y el contenido de taninos del grano de sorgo sobre la composición química y los parámetros digestivos en rumiantes. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 32 p.
37. GUIGOU, M. 2008. Más agricultura es más ganadería. Revista Marfrig Campo. 3 (26): 1-2.
38. HAGERMAN, A. E.; BUTLER, L. G. 1981. The specificity of proanthocyanidin- protein interactions. The Journal of Biological Chemistry. 256:4494-4497.
39. _____; _____. 1989. Choosing appropriate methods and standards for assaying tannin. Journal of Chemical Ecology. 15 (6): 1795-1810.
40. HAHN, D. H.; ROONEY, L. W. 1986. Effect of genotype on tannins and phenols of sorghum. Cereal Chemistry. 63: 4-8.
41. HARBERS, L. H. 1975. Starch granule structural changes and amylolytic patterns in processed sorghum grain. (en línea). Journal of Animal Science. 41:1496-1501. Consultado 12 mar. 2009 Disponible en <http://jas.fass.org/cgi/reprint/76/12/2984?maxtoshow=&HITS=10&hits=10&RESULTFORMAT=&author1=HUCK&andorexactfulltext=and&searchid=1&FIRSTINDEX=0&sortspec=relevance&resourcetype=HWCIT>
42. HIBBERD, C. A.; WAGNER, D. G.; SCHEMM, R. L.; MITCHELL, Jr. E. D.; HINTZ, R. L.; WEIBEL, D. E. 1982. Nutritive characteristics of different varieties of sorghum and corn grains. Journal of Animal Science. 55: 665-672.
43. _____; WAGNER, D. G.; HINTZ, R. L.; GRIFFIN, D. D. 1985. Effect of sorghum grain variety and reconstitution on site and extent of starch and protein digestion in steers. Journal of Animal Science. 61 (3): 702-712.
44. HRISTROV, A. N.; KENNINGTON, L. R.; MC GUIRE, M. A.; HUNT, C. W. 2005. Effect of diets containing linoleic acid- or oleic acid-rich oils on ruminal fermentation and nutrient digestibility, and performance and fatty acid composition of adipose muscle tissues of finishing cattle. Journal of Animal Science. 83: 1312-1321.

45. HUBBARD, J. E.; HALL, H. H.; EARLE, F. R. 1950. Composition of the component parts of the sorghum kernel. *Cereal Chemistry*. 27: 415-420.
46. HUCK, G. L.; KREIKEMEIER, K. K.; KHUL, 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.
47. HUNTINGTON, G. B. 1997. Starch utilization by ruminants; from basics to the bunk. (en línea). *Journal of Animal Science*. 75:852–867. Consultado 8 ene. 2009. Disponible en <http://www.jas.fass.org/cgi/reprint/75/3/852?maxtoshow=&HITS=10&hits=10&RESULTFORMAT=&author1=huntington&andorexactfullt=and&searchid=1&FIRSTINDEX=20&sortspec=relevance&resourcetype=HWCIT>
48. IRIGOYEN, A; PERRACHÓN, J. 2007. Sorgo granífero. *Revista Plan agropecuario*, 123: 52-55.
49. JAMBUNATHAN, R.; SUBRAMANIAN, V.; KHERDEKAR, S.; RAGHUNATH, K. 1995. Volatile constituents of mold-susceptible and mold-resistant sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] grains. (en línea). *Journal of Agricultural Food Chemistry*. 43 (1): 215–218. Consultado 13 feb. 2009. Disponible en http://www.icrisat.org/Publications/EBooksOnlinePublications/Publications-2004/King_Boudwin_Award_2004.pdf
50. JENNINGS, T. G.; BERRY, B. W.; JOSEPH, A. L. 1978. Influence of fat thickness, “marbling” and length of aging on beef palatability and shelf-life characteristics. *Journal of Animal Science*. 46: 658-665.
51. JUAN, N.; PORDOMINGO, A.; JOULI, R. 1997. Reemplazo de grano húmedo de maíz por grano húmedo de sorgo en dietas para engorde; apuntes técnicos. (en línea). Anguil, La Pampa, INTA. s.p. Consultado 20 ene. 2009 Disponible en <http://www.inta.gov.ar/anguil/info/boletines/bol71/pdf/cap22.pdf>
52. KEUNEN, J. E.; PLAIZIER, J. C.; KYRIAZAKIS, L.; DUFFIELD, T. F.; WIDOWSKI, T. M.; LINDINGER, M. I.; McBRIDE, B. W. 2002. Effects of a subacute ruminal acidosis model on the diet selection of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 85:3304-3313.

53. KUBER, P. S.; BUSBOOM, J. R.; DUCKETT, S. K.; MIR, P. S.; MIR, Z.; MCCORMICK, R. J.; GASKINS, C. T.; CRONRATH, J. D.; MARKS, D. J.; REEVES, J. J. 2004. Effects of biological type and dietary fat treatment on factors associated with tenderness; II. Measurements on beef semitendinosus muscle. *Journal of Animal Science*. 82: 779-784
54. LARRAÍN, R. E.; SCHAEFER, D. M.; ARP, S. C.; CLAUS, J. R.; REED, J. D. 2009. Finishing steers with diets based on corn, high-tannin sorghum, or a mix of both; feedlot performance, carcass characteristics, and beef sensory attributes. *Journal of Animal Science*. 87: 2089-2095.
55. McLEOD, M. N. 1974. Plant tannins - their role in forage quality. *Nutritional Abstracts Revision*. 44: 803-815.
56. MCSWEENEY, C. S.; PALMER, B.; MCNEILL, D. M.; KRAUSE, D. O. 2001. Microbial interaction with tannins; nutritional consequence for ruminants. *Animal Feed Science and Technology*. 91: 83-93.
57. MACH, N.; DEVANT, M.; DÍAZ, I.; FONT-FURNOLS, M.; OLIVER, M. A.; GARCÍA, J. A.; BACH, A. 2006. Increasing the amount of n-3 fatty acid in meat from young Holstein bulls through nutrition. *Journal of Animal Science*. 84:3039-3048.
58. MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. 2003. Tanino no grão de sorgo. *EMBRAPA Milho e Sorgo. Comunicado técnico no. 88*. 2 p.
59. MAKSINCHUK, D. A. 2004. Evaluación del ensilado de sorgo granífero y la influencia del contenido de taninos sobre la producción de leche. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 99 p.
60. MANGAN, J. L. 1988. Nutritional effects of tannins in animal feeds. *Nutritional Research Reviews*. 1: 209-231.
61. MARSHALL S. A.; CAMPBELL C. P.; MANDELL I. B.; WILTON J. W. 1992. Effects of source and level of dietary neutral detergent fiber on feed intake, ruminal fermentation, ruminal digestion in situ, and total tract digestion in beef cattle fed pelleted concentrates with or without supplemental roughage. *Journal of Animal Science*. 70: 884-893.

62. MAXSON, W. E.; SHIRLEY, R. L.; BERTRAND, J. E.; PALMER, A. Z. 1973. Energy values of corn, bird-resistant and non-bird-resistant sorghum grain in rations fed to steers. *Journal of Animal Science*. 37:1451-1457.
63. MONTIEL, M. D.; ELIZALDE, J. C.; GIORDA, L.; SANTINI, F. J. 2002. Efecto del genotipo del grano de sorgo sobre la degradabilidad ruminal de la materia seca y el almidón. (en línea). Balcarce, INTA. Consultado 21 feb. 2009. Disponible en http://www.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/posters/22/genot_GranoSorgoMontiel.htm
64. _____.; _____. 2004. Valor nutritivo y económico del grano de sorgo comparado con el maíz. (en línea). In: Jornada de Actualización Ganadera (2ª, 2004, Buenos Aires). Trabajos presentados. Buenos Aires, Argentina, INTA Balcarce. Consultado 20 feb. 2009. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/información_tecnica/suplementacion/36-comparación_granos_maíz_sorgo.htm
65. _____.; DEPETRIS, G. 2007. Silos de grano húmedo de sorgo. (en línea). *Producir XXI*. 15(183):20-24. Consultado 30 mar. 2009. Disponible en www.produccion-animal.com.ar
66. MURPHY M. R.; BALDWIN R. L.; ULYATT M. J. 1986. An update of a dynamic model of ruminant digestion. *Journal of Animal Science*. 62: 1412-1422
67. NISHIMUTA, J. F.; SHERROD, R. D.; FURR, D.; HANSEN, R. 1969. Nutritive value of sheep rations containing various levels of paper. *Journal of Animal Science*. 29: 642-646.
68. ORSKOV, E. R.; DEB HOVELL, F. D.; MOULD, F. 1980. The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. *Tropical Animal Production*. 5:3.
69. _____. 1986. Starch digestion and utilization in ruminants. *Journal of Animal Science*. 63: 1624-1633.
70. 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.

71. _____; 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.
72. _____. 1998. Acidosis in cattle; a review. *Journal of Animal Science*. 76:275–286.
73. _____; GARDNER, B. A. 2000. A review of the impact of feedlot management and nutrition on carcass measurements of feedlot cattle. *Journal of Animal Science*. 77: 1-18.
74. PETHICK, D. W.; HARPER, G. S.; ODDY, V. H. 2004. Growth, development and nutritional manipulation of “marbling” in cattle; a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 44: 705-715.
75. PEZO, D. A. 1990. Medición de las tasas de degradación ruminal en alimentos *In*: Ruiz, M.E.; Ruiz, A. eds. *Nutrición de rumiantes; guía metodológica de investigación*. San José, Costa Rica, IICA. pp. 115-126.
76. FIGURINA, G.; METHOL, M. 1994. Tabla de contenido nutricional de pasturas y forrajes del Uruguay. *In*: Cozzolino, D.; Pigurina, G.; Methol, M.; Acosta, Y.; Mieres, J.; Bassewitz, H. eds. *Guía para la alimentación de rumiantes*. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 3-40.
77. PORDOMINGO, A. J.; JONAS, O.; ADRA, M.; JUAN, N. A.; AZCÁRATE, M. P. 2002. Evaluación de dietas basadas en grano entero, sin fibra larga, para engorde de bovinos a corral. *RIA (INTA)*. 31 (1):1-22.
78. _____.; VOLPI LAGRECA, G.; GARCÍA PILAR T.; GRIGIONI G. 2004. Efecto del agregado de taninos en dietas de distinto nivel de grano en vaquillonas para carne alimentadas en confinamiento sobre la calidad de la carne. *Anguil, INTA*. cap. 14, pp. 72-82 (*Boletín de Divulgación no. 88*).
79. PRIOLO, A.; WAGHORN, G. C.; LANZA, M.; BIONDI, L.; PENNISI, P. 2000. Polyethylene glycol as a means for reducing the impact of condensed tannins in carob pulp; effects on lamb growth performance and meat quality. *Journal of Animal Science*. 78:810-816.

80. REED, J. D. 1995. Nutritional toxicology of tannins and related polyphenols in forage legumes. *Journal of Animal Science*. 73 (5): 1516- 1528.
81. RIFFEL, S. 2002. Estudio comparativo entre el grano de maíz y el grano de sorgo con bajo y alto contenido de taninos. Buenos Aires, Argentina, INTA. cap. 44, pp. 81-87.
82. RODRIGUEZ, N. M.; BORGES, A. L.; NOGUEIRA, F. S.; GONÇALVES, L. C.; BORGES, I. 1999. Silagem de sorgo de porte baixo, com diferentes teores de tanino e de umidade no colmo. IV- Influência dos taninos sobre a digestibilidade in vitro da matéria seca. (en línea). *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia*. 51(6): 577-582. Consultado 15 feb. 2009. Disponible en http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-09351999000600013&lng=en&nrm=iso. ISSN 0102-0935. doi: 10.1590/S0102-09351999000600013
83. ROMERO, L.; COMERÓN, E.; BRUNO, O.; CASTILLO, A.; GAGGIOTTI, M. 2000. Silaje de grano húmedo de sorgo; efecto del contenido de tanino y el tratamiento con urea en la respuesta de vacas lecheras. (en línea). *Anuario 2000*. s.p. Santa Fe, INTA. Consultado mar. 2009. Disponible en http://rafaela.inta.gov.ar/anuario2000/a2000_p3.htm.
84. _____. 2002. Silaje de grano húmedo de sorgo; efecto del contenido de tanino y el tratamiento con urea en la respuesta de vacas lecheras. (en línea). Anguil, INTA. Consultado 18 mar. 2009. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/informaciontecnica/suplementacion/07-silaje_grano_humedo_de_sorgo.htm
85. 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.
86. ROWE, J. B.; CHOCT, M.; PETHIC, D. W. 1999. Processing cereal grains for animal feeding. *Australian Journal of Agricultural Research*. 50: 721-736.
87. SABA, W. J.; HALE, W. H.; THEURER, B. 1972. In vitro rumen fermentation studies with a bird resistant sorghum grain. *Journal of Animal Science*. 35:1076-1082.

88. SALOMON, S. L. 2004. Efeito do teor de tanino do sorgo sobre a fermentação ruminal e parâmetros nutricionais de ovinos. Tesis doctorado. Piracicaba, SP, Brasil, Universidade de São Paulo. 77 p.
89. SCHOFIELD, P.; MBUGUA, D. M.; PELL, A. N. 2001. Analysis of condensed tannins; a review. *Animal Feed Science and Technology*. 91:21-40.
90. SCHWARTZKOPF-GENSWEIN, K. S.; BEAUCHEMIN, K. A.; GIBB, D. J.; CREWS, D. H.; HICKMAN, D. D.; STREETER, M.; MCALLISTER, T. A. 2003. Effect of bunk management on feeding behavior, ruminal acidosis and performance of feedlot cattle; a review. *Journal of Animal Science* 81: E149-158.
91. SECCO, M. 2008. Nuevas oportunidades para seguir creciendo. *Revista Marfrig Campo*. 3 (26): 3-4.
92. SECKINGER, H. L.; Y WOLF, M. J. 1973. Sorghum protein ultrastructure as it relates to composition. *Cereal Chemistry*. 50: 455-465.
93. SHERROD, L. B.; ALBIN, R. C.; FURR, R.D. 1969. Net energy of regular and waxy sorghum grains for finishing steers. *Journal of Animal Science*. 29: 997-1000.
94. SIMEONE, A.; BERETTA, V.; CORTAZZO, D. 2005. Suplementación y engorde a corral: cuándo y cómo integrarlos en el sistema ganadero. *In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (7ª, 2005, Paysandú)*. Memorias. Paysandú, Facultad de Agronomía. pp. 9-28.
95. _____.; _____.; BENTANCUR, O.; LAGRECA, M.; RATTIN, A.; MEDEROS, P.; CORTAZZO, D. 2007. El manejo de la fibra en el confinamiento de terneros como alternativa de alimentación invernal. (en línea). Cusco, Perú, APPA – ALPA. 4 p. Consultado 25 may. 2009. Disponible en <http://www.produccionbovina.com/>
96. _____.; _____.; FRANCO, J.; ELIZALDE, J. C. 2008. Engorde a corral (feed lot) en los sistemas pastoriles. *In: Simeone, A.; Beretta, V. eds. Una década de investigación para una ganadería más eficiente*. Paysandú, Uruguay, Facultad de Agronomía. pp. 42-47.

97. STOCK, R.; MADER, F. 2005. Procesamiento del sorgo para engorde bovino. (en línea). Río Cuarto, Cámara Argentina de Engordadores de Hacienda Vacuna. s.p. Consultado 13 ene. 2009 Disponible en http://www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion/49-procesamiento_sorgo_para_engorde.htm
98. STREETER, M. N.; WAGNER, D. G.; HIBBERD, C. A.; OWENS, F. N. 1990. The effect of sorghum grain variety on site and extent of digestion in beef heifers. *Journal of Animal Science*. 68:1121-1132.
99. _____. 1991. The effect of pure and partial yellow endosperm sorghum grain hybrids on site and extent of digestion in beef steers. *Journal of Animal Science*. 69: 2571-2584.
100. _____.; HILL, G. M.; WAGNER, D. G.; OWENS, F. N.; HIBBERD, C. A. 1993. Effect of bird-resistant and non-bird-resistant sorghum grain on amino acid digestion by beef heifers. *Journal of Animal Science*. 71:1648-1656.
101. STRITZLER, M. N.; GINGINS, M.; SANTUCHO, G. 1982. Efecto del molido sobre la digestibilidad del grano de sorgo en bovinos. *Producción Animal*. 9: 3-7.
102. SULLINS, R. D.; ROONEY, L. W. 1976. Microscopic evaluation of the digestibility of sorghum lines that differ in endosperm characteristics. *Cereal Chemistry*. 51: 134-142.
103. TEIRA, G. 2004. Actualidad y perspectivas de un componente principal de la calidad de carnes bovinas; la terneza. *Revista Ciencia, Docencia y Tecnología*. 15 (28): 215-244.
104. THREURER, C. B. 1986. Grain processing effects on starch utilization by ruminants. *Journal of Animal Science*. 63:1649-1662.
105. TRENKLE, A.; DEWITT, D. L.; TOPEL, D. G. 1978. Influence of age, nutrition and genotype on carcass traits and cellular development of the m. longissimus of cattle. *Journal of Animal Science*. 46:1597-1603.
106. TUMA, H. J.; HENRICKSON, R. L.; STEPHENS, D. F.; RUBY, M. 1962. Influence of "marbling" and animal age on factors associated with beef quality. *Journal of Animal Science*. 21: 848-851.

107. UNIVERSITY OF FLORIDA. 1972. Latin american tables of feed composition. Gainesville. 49 p.
108. URUGUAY. MINISTERIO DE GANADERÍA, AGRICULTURA Y PESCA. DIRECCIÓN NACIONAL DE ESTADÍSTICA AGROPECUARIA (DIEA). 2008. Anuario estadístico 2008. Consultado 15 abr. 2009. Disponible en http://www.mgap.gub.uy/diea/Anuario2008/Anuario2008/pages/DIEA-Anuario-2008-cd_000.html.
109. VAN BARNEVELD, L. S. 1999. Chemical and physical characteristics of grains related to variability in energy and amino acid availability in ruminants; a review. Australian Journal of Agricultural Research. 50: 651-666.
110. VAN SOEST, P.J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2nd. ed. Comstock, Cornell University Press. 475 p.
111. VASCONSELOS, J. T.; GALYEAN, M. L. 2007. Nutritional recommendations of feedlot consulting nutritionists; the 2007 Texas Tech University survey. Journal of Animal Science. 85: 1264-1273.
112. VAZ MARTINS, D.; LA MANNA, A.; MESSA, A.; FERNANDEZ, E.; DEL CAMPO, M.; BRITO, G. 2007. Performance animal y características carniceras in vivo de novillos Hereford sometidos a distintas estrategias de alimentación en la última etapa del proceso de engorde. *In*: Montossi, F., Sañudo, C., eds. Diferenciación y valorización de la carne Ovina y Bovina del Uruguay en Europa-influencia de sistemas de producción sobre bienestar animal, atributos sensoriales, aceptabilidad, percepción de consumidores y salud humana. Tacuarembó, Uruguay, INIA. pp. 37-42.
113. VILARÓ, D. 2003. Resultados experimentales de evaluación de sorgo granífero para el registro nacional de cultivares. Período 2002. Montevideo, INIA. 17 p.
114. WANISKA, R. D. 2000. Structure, phenolic compounds, and antifungal proteins of sorghum caryopses. *In*: Chandrashekar, A.; Bandyopadhyay, R.; Hall, A. J.; eds. Technical and institutional options for sorghum grain mold management: proceedings of an international consultation. Patancheru, India, International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. pp. 72-106.

115. WESTER, T. J.; GRAMLICH, S. M.; BRITTON, R.A.; STOCK, R.A. 1992. Effect of grain sorghum hybrid on in vitro rate of starch disappearance and finishing performance of ruminants. *Journal of Animal Science*. 70: 2866-2876.
116. WHEELER, T. L.; SAVELL, J. W.; CROSS, H. R.; LUNT, D. K.; SMITH, S. B. 1990. Mechanisms associated with the variation in tenderness of meat from Brahman and Hereford cattle. *Journal of Animal Science*. 68: 4206-4220.
117. WULF, D. M.; O'CONNOR, S. F.; TATUM, J. D.; SMITH, G. C. 1997. Using objective measures of muscle color to predict beef longissimus tenderness. *Journal of Animal Science*. 75: 684-692.
118. ZIMMER, N.; CORDESSE, R. 1996. Influence des tanins sur la valeur nutritive des aliments des ruminants. *INRA Productions Animales*. 9(3): 167 – 179.

10. ANEXOS

10.1. SALIDAS ESTADÍSTICAS

10.1.1. Performance animal

10.1.1.1. Fuente de variación para Consumo absoluto:

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Bl oco	3	1355	244. 83	<. 0001
Sorgo	2	1355	98. 83	<. 0001
Fi bra	1	1355	498. 46	<. 0001
Di a	62	1355	17. 93	<. 0001
Sorgo*Fi bra	2	1355	15. 22	<. 0001

10.1.1.2. Fuente de variación para consumo como % PV

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Sorgo	2	107	32. 09	<. 0001
Fi bra	1	107	66. 24	<. 0001
Di a	4	107	3. 50	0. 0099
bl oque	3	107	8. 83	<. 0001
Sorgo*Fi bra	2	107	2. 66	0. 0449

10.1.1.3. Fuente de variación para peso vivo promedio

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Sorgo	2	148	4. 94	0. 0083
Bi oti po	5	148	6. 05	<. 0001
Fi bra	1	148	11. 88	0. 0007
Di a	6	148	137. 29	<. 0001
Bl oco	3	148	56. 92	<. 0001
Sorgo*Fi bra	2	148	5. 46	0. 0052

10.1.1.4. Fuente de variación para ganancia media diaria

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Sorgo	2	150	0. 42	0. 6589
Di a	1	150	811. 73	<. 0001
Fi bra	1	150	0. 02	0. 8846
Bi oti po	5	150	6. 08	<. 0001
Bl oco	3	150	57. 77	<. 0001
Di a*Sorgo*Fi bra	5	150	2. 51	0. 0326

Contrastes de ganancia de peso de manejo de la fibra dentro de los sorgos

Label	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
al to mez vs al to separ	1	150	8. 15	0. 0049
bajo mez vs bajo separ	1	150	0. 10	0. 7551
bl anc mez vs bl anc separ	1	150	2. 45	0. 1195

Contrastes de ganancia de peso de los sorgos dentro de manejo de la fibra

Label	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
al to mez vs bajo mez	1	150	4.81	0.0299
bajo mez vs blanc mez	1	150	1.14	0.2874
al to mez vs blanc mez	1	150	1.03	0.3122
al to separ vs bajo separ	1	150	0.07	0.7854
bajo sep vs blanc sep	1	150	0.04	0.8510
al to separ vs blanc separado	1	150	0.01	0.9420

10.1.1.5. Fuente de variación para la eficiencia de conversión

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Sorgo	2	5.85451656	2.92725828	4.56	0.0337
Fibra	1	0.14977717	0.14977717	0.23	0.6379
Bloque	3	1.26937562	0.42312521	0.66	0.5931
Bi otíp	5	3.84529028	0.76905806	1.20	0.3674

10.1.2. Parámetros de degradabilidad ruminal y pH

10.1.2.1. Fuente de variación para la degradabilidad promedio

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Período	2	712.506740	356.253370	6.66	0.0198
Animal	5	897.608439	179.521688	3.36	0.0627
Sorgo	2	6882.023683	3441.011841	64.34	<.0001

10.1.2.2. Fuente de variación para parámetro a

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Sorgo	2	155.8802987	77.9401493	5.36	0.1571
Período	2	9.1386315	4.5693157	0.31	0.7608

10.1.2.3. Fuente de variación para parámetro b

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Período	2	215.4870849	107.7435425	14.84	0.0631
Sorgo	2	456.8954645	228.4477322	31.47	0.0308

10.1.2.4. Fuente de variación para parámetro c

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Período	2	0.00027556	0.00013778	9.97	0.0912
Sorgo	2	0.00035221	0.00017611	12.74	0.0728

10.1.2.5. Fuente de variación para el pH

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Período	2	0.11629206	0.05814603	0.25	0.7844
Animal	5	1.65594683	0.33118937	1.43	0.3116
Sorgo	2	0.69867778	0.34933889	1.50	0.2788
Sorgo*horario	12	0.78368889	0.06530741	0.28	0.9761
horario	6	16.93595397	2.82265899	12.16	0.0012

10.1.2.6. Fuente de variación para la digestibilidad aparente

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Sorgo	2	279.3478137	139.6739069	8.12	0.0037
Fibra	1	1.4728980	1.4728980	0.09	0.7735

10.1.3. Calidad de la canal

10.1.3.1. Medidas con ecografía

Fuente de variación para el “marbling”

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Sorgo	2	57	5.44	0.0069
Fibra	1	57	0.25	0.6224
Día	2	57	22.34	<.0001
Blanco	3	57	0.56	0.6463
Bi tipo	5	57	1.73	0.1427
Mbi	1	57	2.45	0.1234

Fuente de variación para área de ojo de bife

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Sorgo	2	57	2.61	0.0824
Fibra	1	57	0.31	0.5816
Día	2	57	27.11	<.0001
Blanco	3	57	4.57	0.0061
AObi	1	57	38.55	<.0001
Bi tipo	5	57	2.26	0.0606

Fuente de variación para EGS

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Sorgo	2	57	0.29	0.7513
Fibra	1	57	0.50	0.4818
Día	2	57	154.84	<.0001
Gri	1	57	54.86	<.0001
Bi tipo	5	57	1.23	0.3078
Blanco	3	57	0.67	0.5736

10.1.3.2. Medidas post mortem

Fuente de variación para el “marbling”

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Sorgo	2	0.00012770	0.00006385	0.66	0.5378
Fibra	1	0.00052696	0.00052696	5.42	0.0400
BIOTI P01	6	0.00037589	0.00006265	0.64	0.6944
Bloque	3	0.00003032	0.00001011	0.10	0.9560

Fuente de variación para área de ojo de bife

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Sorgo	2	24.42144291	12.21072145	0.64	0.5477
Fibra	1	15.75784334	15.75784334	0.82	0.3843
BIOTI P01	6	64.35322755	10.72553793	0.56	0.7546
Bloque	3	27.83793707	9.27931236	0.48	0.7005

Fuente de variación para EGS

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Sorgo	2	2.67530496	1.33765248	0.29	0.7529
Fibra	1	0.93178305	0.93178305	0.20	0.6611
BIOTI P01	6	33.44229150	5.57371525	1.21	0.3685
Bloque	3	21.27492378	7.09164126	1.54	0.2581

Fuente de variación para peso de corte pistola

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Sorgo	2	3.87710004	1.93855002	0.24	0.7906
Fibra	1	3.47439220	3.47439220	0.43	0.5246
Blanco	3	76.88273563	25.62757854	3.17	0.0638
Bi otipo	5	56.74167238	11.34833448	1.40	0.2912

Fuente de variación para bife

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Sorgo	2	0.25235073	0.12617536	0.46	0.6416
Fibra	1	0.04264222	0.04264222	0.16	0.7001
Blanco	3	0.54789649	0.18263216	0.67	0.5885
Bi otipo	5	0.06713333	0.01342667	0.05	0.9981

Fuente de variación para lomo

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Sorgo	2	0.01173266	0.00586633	0.70	0.5168
Fibra	1	0.03396465	0.03396465	4.04	0.0675
Blanco	3	0.17591385	0.05863795	6.98	0.0057
Bi otipo	5	0.04370465	0.00874093	1.04	0.4383

Fuente de variación para cuadril

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Sorgo	2	0.07041488	0.03520744	0.61	0.5606
Fi bra	1	0.11382462	0.11382462	1.96	0.1864
Bl oco	3	0.35816353	0.11938784	2.06	0.1591
Bl oti po	5	0.29805822	0.05961164	1.03	0.4437

10.1.4. Calidad de la carne

10.1.4.1. Fuente de variación para la terneza

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Sorgo	2	0.31613705	0.15806852	0.32	0.7297
Fi bra	1	0.71031158	0.71031158	1.46	0.2527
Bl OTI P01	6	2.00738853	0.33456476	0.69	0.6653
Bl oque	3	1.42530622	0.47510207	0.97	0.4395

10.1.4.2. Fuente de variación para el índice de rojo (a)

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Sorgo	2	10.39061509	5.19530754	1.44	0.2778
Fi bra	1	10.29381806	10.29381806	2.86	0.1190
Bl OTI P01	6	11.81162286	1.96860381	0.55	0.7633
Bl oque	3	8.13137234	2.71045745	0.75	0.5435

10.1.4.3. Fuente de variación para el índice de amarillo (b)

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Sorgo	2	0.81497893	0.40748946	1.13	0.3585
Fi bra	1	0.04960477	0.04960477	0.14	0.7180
Bl OTI P01	6	2.26089945	0.37681658	1.04	0.4489
Bl oque	3	0.82404847	0.27468282	0.76	0.5395

10.1.4.4. Fuente de variación para el índice de luminosidad (L)

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Sorgo	2	1.20168726	0.60084363	0.10	0.9020
Fi bra	1	0.14915105	0.14915105	0.03	0.8752
Bl OTI P01	6	15.26102549	2.54350425	0.44	0.8369
Bl oque	3	2.82651840	0.94217280	0.16	0.9188

10.1.4.5. Fuente de variación para el pH a las 48 horas

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Sorgo	2	0.02985766	0.01492883	0.89	0.4373
Fi bra	1	0.01297448	0.01297448	0.78	0.3973
Bl OTI P01	6	0.08008383	0.01334730	0.80	0.5909
Bl oque	3	0.07920187	0.02640062	1.58	0.2503

10.1.4.6. Fuente de variación para el pH a los 14 días

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Sorgo	2	0.00532280	0.00266140	0.69	0.5207
Fibra	1	0.00509846	0.00509846	1.33	0.2737
BL0TIP01	6	0.02639381	0.00439897	1.15	0.3991
Bloque	3	0.01876629	0.00625543	1.63	0.2393

10.2. COEFICIENTE DE VARIACIÓN DE LOS PARÁMETROS a Y b ENTRE LOS TRES PERÍODOS EVALUADOS

Cuadro: Coeficiente de variación (%) de los parámetros a y b para cada sorgo en los tres períodos evaluados.

Ensilaje de sorgo /Parámetro	a	b
Alto tanino	30,4	18,4
Sorgo Blanco	25,6	11,8
Bajo Tanino	19,2	6,3

10.3. VARIABILIDAD DE PH ENTRE FISTULADOS COMIENDO LA MISMA DIETA

El siguiente gráfico muestra la evolución del pH con el correr del día del promedio de las tres corridas (una correspondiente a cada ensilaje de sorgo) para los dos animales que constituían uno de los corrales.

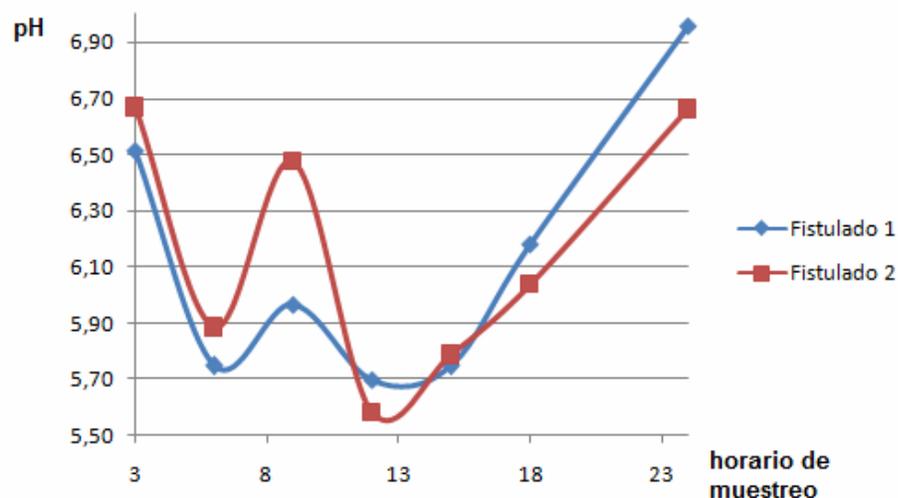


Figura: Evolución de pH para dos animales fistulados comiendo la misma dieta.

No sólo los valores extremos varían, siendo el Fistulado 1 el que llegaría a un pH más cercano a la acidosis sub-clínica, sino que también hay una gran variación en las velocidades en que el pH sube y baja.

10.4. DEGRADABILIDAD EFECTIVA CALCULADA MEDIANTE TASA DE PASAJE A PARTIR DE FÓRMULA NRC (2001)

Cuadro: Degradabilidad efectiva de la MS calculada con tasas de pasaje obtenidas a partir de la fórmula NRC (2001)

Ensilaje de sorgo	Tasa de pasaje	Degradabilidad (%)
Sorgo Blanco	4,6	43,40
Bajo tanino	4,4	49,83
Alto tanino	4,8	32,84

10.5. COMPARACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN ENERGÉTICA DE CADA DIETA EVALUADA A PARTIR DE LA DIGESTIBILIDAD APARENTE Y MEDIANTE ECUACIÓN (Chalupa y Ferguson 1988)

Cuadro: Concentración energética de la dieta (Mcal EM/ kg MS), estimada a través de la digestibilidad aparente

Dieta	EM a partir de digestibilidad aparente	EM a partir de FDA
Con sorgo bajo tanino	3,05	2,78
Con sorgo blanco	3,08	2,77
Con sorgo alto tanino	2,77	2,70