UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
Facultad de Agronomía

UTILIZACIÓN DE SORGO DULCE (*Sorghum saccharatum*) COMO FORRAJE DIFERIDO EN LA ALIMENTACIÓN DE CERDAS GESTANTES

por

Washington BELL CARABALLO

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

Montevideo
Uruguay
2010

Tesis aprobada por:

Ing. Agr. Nelson Barlocco

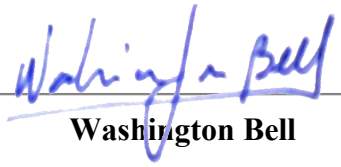
Antonio Vadell

Ing. Agr. Daniel Garín PhD

Fecha:

12 de febrero de 2010.

Autor:



Washington Bell

AGRADECIMIENTOS

Por acompañarme de una u otra manera a lo largo de esta carrera, a la Asociación de Estudiantes de Agronomía, a mis viejos Eva y Washington, a Alejandra y Marita.

Por su apoyo a la realización de este trabajo, a Nelson Barlocco y Pablo Cracco, a los productores Tabaré e Ismael Costa, a Guillermo Siri-Prieto y Rafael Correa, a Estela Priore y Francisco Peñagaricano, a Raquel Pérez Clariget.

A Natalia, por haberme enseñado el verdadero significado de la palabra "compañera".

Í N D I C E D E C O N T E N I D O

1. INTRODUCCIÓN.....1

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....4
2.1. LA CRÍA DE CERDOS A CAMPO Y EL SISTEMA PROPUESTO POR FACULTAD DE AGRONOMÍA.....4
2.2. PRODUCCIÓN DE FORRAJE DE LAS ESPECIES PRATENSES.....5
2.3. ESPECIES ANUALES.....6
2.4. EL SORGO DULCE.....8
2.4.1. Generalidades.....8
2.4.2. Potencial de rendimiento y valor nutritivo.....10
2.4.3. Uso diferido en pie y ensilaje.....14
2.4.4. Agregado de melaza.....16
2.5. LA CERDA GESTANTE.....18
2.5.1. Requerimientos nutricionales.....18
2.5.2. Utilización de los carbohidratos solubles y la fibra.....21
2.6. PREDICCIÓN DEL VALOR NUTRICIONAL DEL ALIMENTO.....27

3. MATERIALES Y MÉTODOS.....30
3.1. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL PERÍODO EXPERIMENTAL.....30
3.2. ANIMALES EXPERIMENTALES.....30
3.3. INSTALACIONES.....30
3.4. TRATAMIENTOS.....31
3.5. LOS ALIMENTOS.....32
3.5.1. Sorgo dulce.....32
3.5.1.1. Sorgo dulce fresco.....32
3.5.1.2. Sorgo dulce ensilado.....32
3.5.2. Concentrado.....33
3.6. CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO.....33
3.7. PROCESAMIENTO DE MUESTRAS.....34
3.8. DISEÑO ESTADÍSTICO.....35

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN....36
4.1. CONSUMO....36
4.1.1. Efecto de los tratamientos....37
4.1.2. Efecto del día....38
4.1.3. Efecto del animal....41
4.2. CARACTERIZACIÓN DEL ALIMENTO....42
4.2.1. El sorgo dulce en pie....43
4.2.1.1. Sorgo dulce con agregado de melaza....45
4.2.2. El sorgo dulce ensilado....46
4.2.3. Características químicas del sorgo dulce según el modo de conservación....47
4.3. CAPACIDAD PARA CUBRIR LOS REQUERIMIENTOS DE LA CERDA GESTANTE....49

5. CONCLUSIONES....52

6. RESUMEN....53

7. SUMMARY....55

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS....56

9. ANEXOS....67
9.1. ANÁLISIS QUÍMICOS....67
9.2. DATOS ANALIZADOS....68
9.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO....71
9.4. FOTOGRAFÍAS....73
9.5. OTROS ASPECTOS A CONSIDERAR....76

ÍNDICE DE TABLAS E ILUSTRACIONES

Tabla No. Página

1. Parámetros de calidad de sorgo dulce M81. 14
2. Valor nutritivo de ensilajes de sorgo.....15
3. Requerimientos energéticos de la cerda gestante en sistemas a campo.....20
4. Desempeño de cerdos en crecimiento – terminación alimentados con caña de azúcar molida o trozada a diferentes longitudes.....23
5. Tallos de caña de azúcar troceados o molidos como única fuente energética para cerdas gestantes.....24
6. Formulación del concentrado.....33
7. Media y error estándar del Consumo de MS para cada Tratamiento.....37
8. Análisis químico del sorgo en pie en cada momento (valores de las distintas fracciones expresados como porcentaje de la MS).....43
9. Análisis químico del sorgo molido en M1 con el agregado de melaza.....45
10. Análisis químico del ensilaje de sorgo dulce M81.....46
11. Aporte a los requerimientos de la cerda gestante.....50
12. Análisis químicos para el alimento ofrecido y rechazo de cada tratamiento.....67
13. Datos analizados.....68
14. Costo del cultivo de sorgo dulce (con laboreo convencional).....76
15. Costo de la molienda.....77
16. Costo final del kg de MS de sorgo molido.....77
17. Costo por Mcal de ED del sorgo molido y sin moler vs. el grano de sorgo.....78

Figura No.

1. Consumo de MS promedio diario de las 6 repeticiones para T1, con fechas de corte y suministro.....39
2. Consumo de MS promedio diario de las 6 repeticiones para T2, con fechas de corte y suministro.....39
3. Participación de las distintas partes de la planta en la MS total en cada momento.....44
4. Evolución del contenido de PC en el sorgo en pie.....48

5. PC, FDN y FDA del sorgo en pie en ambos momentos y ensilado.....48
6. ED estimada para el sorgo en pie en ambos momentos y ensilado.....49

Imagen No.

1. Comedero con plataforma en el que se suministró el alimento.....73
2. Molino utilizado para moler la caña de sorgo.....73
3. Proceso de almacenaje del sorgo dulce para ensilar.....74
4. Cultivo de sorgo dulce previo al ensilaje (momento 1).....74
5. Rutina del experimento.....75
6. Cultivo de sorgo dulce.....75

1. **INTRODUCCIÓN**

Los cerdos están presentes en un tercio de los establecimientos agropecuarios del país, aunque en algo más del 30% de dichos establecimientos la producción tiene destino comercial (URUGUAY, MGAP, DIEA, 2000).

Cuando se clasifican los establecimientos según la principal fuente de ingreso, la producción porcina aparece en cuarto lugar, luego de la ganadería (vacuna y ovina), la lechería y la horticultura (URUGUAY, MGAP, DIEA, 2000). Por su parte, Tommasino y Bruno (2005) destacan particularmente que es un rubro que aparece como secundario en la mayoría de los establecimientos que lo realizan. Por otro lado, en casi 13000 establecimientos la producción de cerdos tiene como destino el consumo familiar.

Un rasgo importante, es que es realizada predominantemente por productores familiares, los que alcanzan al 84% de los establecimientos comerciales. Este tipo social a pesar de englobar a la amplia mayoría de los productores de cerdos, maneja apenas el 20% de las existencias totales (Tommasino y Bruno, 2005). Esto pone de manifiesto otra característica fundamental de dichas explotaciones, y es que en su mayoría manejan rodeos pequeños. En este sentido, el último Censo General Agropecuario del año 2000 revela que el 67% de los productores comerciales maneja menos de 20 animales, y si se considera el total de establecimientos con cerdos, este valor asciende al 89%.

La predominancia de productores pequeños en el rubro hace que la especialización productiva que prevalezca sea la cría, comprendiendo el 77% de los productores comerciales. Esto se debe a la plasticidad de una actividad que tolera diferentes sistemas de alojamiento y alimentación, a las escasas exigencias del mercado comprador de lechones (URUGUAY, MGAP, DIEA, 2006); y a que mayoritariamente se realiza a campo, implicando costos menores, tanto en inversiones como en capital circulante, por lo que se presenta como la opción más factible de llevar a cabo por pequeños productores (Vadell, 2005).

La reducción del número de establecimientos con cerdos en los últimos 20 años ha sido del 40%. Esta pérdida está representada principalmente por pequeños y medianos productores (con menos de 200 cabezas), mientras que el número de productores grandes ha mostrado un incremento del 20%, poniendo de manifiesto un proceso de expulsión de los pequeños productores y una concentración de la producción en manos

de grandes empresas (solamente un 3% de los establecimientos comerciales concentran el 53% de las existencias animales).

La cría de cerdos en el Uruguay se realiza principalmente en condiciones de campo, ya sea como forma de reducir los costos en instalaciones, o con el objetivo de utilizar el pastoreo como fuente de alimento, ya que la condición de omnívoro del cerdo, permite incluir en su dieta alimentos de diversa naturaleza (subproductos agroindustriales, pasturas, etc.)

Por lo tanto, la incorporación de alimentos alternativos tiene como objetivo viabilizar un rubro que es constantemente amenazado debido al precio de los granos y el escaso margen que genera el valor del producto final. El estudio de alimentos alternativos forma parte de una línea de investigación definida como prioritaria en la Facultad de Agronomía desde fines de la década del 80, y reafirmada en el documento marco del Grupo de Trabajo Interdisciplinario – Porcino (Barlocco y Bauza, 2005).

Aunque la pastura es el recurso alimenticio alternativo para cerdos más económico que en la región se puede producir y está siempre disponible, existen momentos en el año en que sus aportes no son suficientes en cantidad o calidad. Una alternativa que se plantea es la evaluación de especies de alto rendimiento que puedan ser diferidos o conservados para utilizarse en períodos de baja oferta de pasturas.

El sorgo dulce (*Sorghum saccharatum*), el que se está estudiando en Uruguay como materia prima para la producción de etanol, representa una especie de interés debido a su gran potencial de producción, a su rusticidad, y a que su tallo puede almacenar gran cantidad de azúcares solubles presentándose como una importante fuente de energía.

Por otro lado, existe un conocimiento empírico de productores que operan en el área de influencia del Centro Regional Sur (CRS) de la Facultad de Agronomía en Canelones, los que sembraron sorgo dulce con la intención de cosechar semilla en la zafra 2006-07, y luego de finalizado el ciclo del cultivo, realizaron la experiencia de alimentar sus rodeos de cerdas madres durante todo el invierno utilizando las cañas de esta especie cortadas al momento de suministrarlas.

En el marco de la “Evaluación de alternativas forrajeras en la cría y engorde de cerdos”, línea de trabajo del Programa permanente de investigación “Estudio de

Sistemas de Producción de Cerdos a Campo" que desarrolla la Unidad de Producción de Cerdos (UPC) del CRS, se realiza el presente trabajo final.

El objetivo de este estudio es evaluar el consumo de la planta entera de sorgo dulce por cerdas gestantes según el momento del año y la forma de conservación, así como el efecto que pueda tener el nivel en la oferta de concentrado y el agregado de melaza sobre dicha variable.

En caso de lograrse un consumo interesante por los cerdos podría mitigar en parte los costos de alimentación de los reproductores, y ser una alternativa que permita a pequeños productores posicionarse mejor en un mercado estructuralmente difícil.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. LA CRÍA DE CERDOS A CAMPO Y EL SISTEMA PROPUESTO POR FACULTAD DE AGRONOMÍA

El origen de la cría de cerdos a campo en el país está íntimamente ligado al uso de los ecosistemas pastoriles como recurso alimenticio para el cerdo, de carácter permanente, de bajo costo, y no competitivo con la alimentación humana. El Uruguay posee condiciones favorables para la producción de pasto durante todo el año, lo que ha permitido una arraigada costumbre de complementar la alimentación de los cerdos mediante el libre acceso a dichos ecosistemas pastoriles (Vadell, 2005).

Uno de los aspectos que caracteriza a los productores de cerdos en Uruguay, es que el capital suele ser el recurso limitante, y por el contrario la mano de obra (proveniente de la familia) y la tierra son los recursos más valiosos con los que cuentan para desarrollar la producción. Estas características son las que fueron tenidas en cuenta a la hora de fijar los criterios que debían considerarse en el desarrollo del modelo de producción propuesto en la UPC (Vadell, 2005).

Existen abundantes referencias que describen dicho modelo: Vadell (1999), Vadell (2005), Barlocco (2007), Díaz (2008), entre otros.

De forma muy resumida se puede mencionar que es un sistema donde todos los procesos productivos se llevan a cabo a cielo abierto, se utiliza un solo tipo de instalación de campo, se restringe el uso de ración balanceada y se maximiza la utilización de pasturas en el rodeo reproductor, se utilizan razas y cruzamientos con alta adaptación al pastoreo, así como técnicas de manejo que respetan el comportamiento y la productividad animal.

Es un modelo que permite la adaptación de sus componentes a la realidad del productor y su predio, y que da gran importancia al uso de recursos locales, sobre todo a aquellos posibles de ser usados como alimento (de allí la importancia de la utilización de pasturas como fuerte base de la alimentación en las categorías adultas).

2.2. **PRODUCCIÓN DE FORRAJE DE LAS ESPECIES PRATENSES**

El clima y el suelo constituyen la base del ecosistema y afectan en forma notable y decisiva el comportamiento de las pasturas. Si bien nuestro clima tiene parámetros con valores moderados, éstos presentan una gran variabilidad, lo que expone a nuestra región a cambios bruscos, con registros de temperatura y lluvias sensiblemente alejados de los promedios. En cuanto a los suelos, si bien el territorio uruguayo ocupa una extensión reducida, presenta un espectro amplio de tipos de suelos como consecuencia de la gran variabilidad de los materiales geológicos, la topografía local y el drenaje (Carámbula, 1996).

Esta variabilidad de ambientes hace que nuestras pasturas naturales estén compuestas por un gran número de especies, que difieren en ciclos de producción, hábitos de crecimiento, fisiología y calidad (Boggiano et al., 2005). Por otra parte, dichas especies se presentan mezcladas en proporciones fluctuantes y muestran una dinámica intensa (Carámbula, 1996). La predominancia de especies de ciclo estival de nuestros campos genera una marcada estacionalidad productiva con una mayor producción de forraje en primavera y verano (Berretta, 1996).

Los momentos críticos de carencia de forraje varían con cada tipo de suelo y el ciclo de las especies que en ellos habitan, pero si bien el verano limita el crecimiento vegetal debido a la falta de agua de los suelos, el invierno es la época más limitante para las producciones animales, debido a las bajas temperaturas que retardan el crecimiento de las pasturas (Carámbula, 1996).

La intensificación de los sistemas de producción animal incorpora la utilización de pasturas cultivadas para resolver la problemática de la estacionalidad en la producción de forraje del campo natural. Así las especies que se cultivan dan lugar a una serie de alternativas forrajeras (pasturas anuales, pasturas bienales o de rotación corta, pasturas de rotación larga) que se adaptan a cumplir distintos objetivos.

La utilización de praderas permanentes le brinda a los sistemas un mayor volumen de forraje y de mejor calidad que la ofrecida por el campo natural, pero de acuerdo a las especies que compongan la mezcla, su oferta aún presentará cierto grado de estacionalidad y variabilidad. En este sentido García (1996) trabajando con praderas de larga duración menciona que a medida que aumenta la edad de la pradera se reduce

sustancialmente la producción de otoño/invierno y la misma tiende a concentrarse en primavera. Por otro lado, estudios de García et al., citados por García (1996), encontraron que la variación en los rendimientos anuales de praderas de larga duración era del 22; 26; 39 y 83% para el primer, segundo, tercer y cuarto año respectivamente.

Lo mencionado anteriormente hace pensar que cualquier sistema de producción animal con cierto grado de intensificación no pueda pretender depender únicamente de las praderas naturales ni aún de las sembradas (Carámbula, 2007a). En este sentido la utilización de especies anuales de rápido crecimiento cumplen con una doble función: por un lado suplementar la producción de forraje otoño/invernal o estival, y por otro, evitar el deterioro que se produce en la pastura cuando son pastoreadas en condiciones de baja disponibilidad, ya que la constante selección de los rebrotes tiernos conduce a la pérdida de las especies de mayor valor forrajero.

2.3. **ESPECIES ANUALES**

En invierno las únicas especies forrajeras que presentan buenas tasas de crecimiento son los cereales (avena, trigo, cebada, etc.) y el raigrás, brindando un volumen importante de forraje de muy buen valor nutritivo en una época en la que existe una marcada deficiencia.

Son especies de origen templado, con rangos óptimos de temperatura de entre 15 y 20°C, las que en promedio se dan en otoño y primavera, y responden positivamente al aumento de temperatura, fundamentalmente durante los meses de invierno (Zanoniani, 2000).

Frente a condiciones estivales benévolas se podrían realizar siembras a mediados de febrero, la avena es un claro ejemplo de esto. Resultados obtenidos en la UPC con este cultivo sembrado temprano, muestran que es posible iniciar el pastoreo a mediados de abril y extender el período de utilización hasta setiembre obteniendo hasta 4 pastoreos (Primo, datos sin publicar).

Por otro lado, no todas las especies se adaptan a siembras tempranas y además las mismas conducen a una mayor dependencia ambiental, por lo que la época óptima de

instalación es a partir de mediados de marzo, otorgando forraje recién en la primer quincena de mayo.

Por lo anteriormente mencionado, y debido a que el otoño es la época más apta para la siembra de praderas permanentes, los verdeos invernales muchas veces no solucionan parte del problema de falta de forraje, ya no por las limitantes ambientales para su producción sino porque el otoño es la época del año en donde se reduce drásticamente el área efectiva de pastoreo.

Por otro lado, aún contando con forraje disponible durante los meses de otoño – invierno, es probable que el exceso hídrico en determinados momentos imposibilite el acceso al pastoreo por falta de piso (sobre todo de cultivos anuales cuando son realizados con laboreo convencional), y sea necesario contar con alternativas sustitutas a la ración para alimentar a los animales, evitando el pisoteo y consecuente deterioro de la pastura.

Las especies anuales de crecimiento estival que se utilizan habitualmente en las rotaciones forrajeras de nuestro país tienen a las gramíneas de tipo C4 como principales componentes, especies que realizan un uso eficiente del agua y producen forraje a altas temperaturas contribuyendo a evitar sobrepastoreos de praderas productivas en períodos en que éstas requieren más cuidados. Entre ellas se encuentra el maíz (*Zea mais*), los sorgos forrajeros (*S. bicolor* x *S. sudanense*), el sudangrás (*S. sudanense*), la moha (*Setaria italica*), etc.

Dichas especies, si bien entregan grandes masas de forraje, ofrecen insuficiente calidad mediante un bajo contenido de proteínas (Carámbula, 2007b). Además con la madurez, aumentan significativamente el contenido de pared celular, más aún que las especies invernales. Esto podría significar otra desventaja de las mismas cuando se piensa en la alimentación de cerdos, ya que por un lado el cerdo disminuye el consumo al aumentar la fibrosidad del forraje (Bauza, 2005), y por otro, con la madurez del vegetal aumenta el contenido de fibra insoluble, y es justamente la fracción que el cerdo no logra aprovechar eficientemente, lo que no sucede con la fibra soluble, de la que logra una buena utilización digestiva (Graham et al., 1986).

Los trabajos realizados en Facultad de Agronomía se basaron principalmente en estudiar la utilización de sorgo forrajero, buscando dar respuesta a la problemática que

se genera en verano, cuando las especies convencionales recomendadas en praderas para cerdos (tréboles, raigrás) están en su pico de menor producción.

Los resultados obtenidos con esta especie han demostrado que a medida que el sorgo madura disminuye el consumo y aumenta el rechazo por parte de los cerdos (Epifanio y Scalone, 1989), y que cuando es pastoreado, el mejor aprovechamiento y el mayor consumo de forraje lo realizan altas dotaciones (80 – 100 cerdas/ha) (Di Doménico et al., 1990).

En cuanto al aporte de nutrientes, Di Doménico et al. (1990) concluyen que en cerdas gestantes es posible cubrir un 34% de los requerimientos diarios de proteína y un 20% de los requerimientos diarios de energía digestible (ED) en función de la cantidad de sorgo consumido; mientras que por su parte, Linari y Sahonero (1992) obtuvieron que el acceso diario a una pastura de sorgo permite aportar un 57% del requerimiento diario de proteína y del 28% de la ED en cerdas gestantes.

Por su parte, Bauza (2005) resume varios trabajos de tesis en los que se evalúan distintas alternativas forrajeras, y los consumos promedio de sorgo forrajero y de alfalfa se ubican en el entorno de los 750 gr de MS/animal/día.

Varios son los trabajos que reportan que en los países tropicales, uno de los cultivos más utilizados en la alimentación alternativa de cerdos ha sido la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), productor por excelencia de altos niveles de energía metabolizable. Mientras que por su parte Mena et al. (1999), plantean su posible sustitución por el sorgo dulce como alimento para cerdos en razón de su contenido de azúcares no cristalizables que pueden llegar a 18°Brix (sólidos solubles), y con las ventajas de su corto ciclo y la posibilidad de cultivarlo en una amplia gama de regiones agroecológicas.

2.4. **EL SORGO DULCE**

2.4.1. **Generalidades**

El género Sorghum tiene su centro de origen en Etiopía (África) y debido a que se cultiva hace más de 5.000 años, el mismo tiene la habilidad de formar fácilmente

híbridos interespecíficos, por lo que la taxonomía del género es algo confusa. Utilizado para la producción de granos o forraje, los mejores resultados para este último propósito se obtienen con los tipos forrajeros (híbrido interespecífico entre *S. bicolor* y *S. sudanense*), o con el sorgo dulce, al que se describe indistintamente como una variedad de S. bicolor o como una especie separada (*Sorghum saccharatum*) (Langer y Hill, 1987).

La planta de sorgo se caracteriza por presentar una gran rusticidad, lo que permite su cultivo en condiciones ambientales restrictivas para otras especies como maíz. Basa su adaptación a un amplio rango de condiciones ambientales en una serie características morfofisiológicas, dentro de las que se pueden mencionar: la profusa ramificación de su sistema radicular que le permite la exploración del suelo en busca de agua y extraerla aún cuando se encuentra fuertemente retenida, poseer una cubierta de cera en las hojas que reducen las pérdidas de agua, contar con la capacidad de detener su crecimiento en períodos de estrés hídrico y retomarlo cuando las condiciones vuelven a ser favorables.

Considerando una temperatura base para su crecimiento de 15°C, no se adaptaría a zonas en las que no hubiera una suma térmica mínima de 600°C durante su estación de crecimiento, por lo que no existen restricciones en el país para su utilización, sino que por el contrario las temperaturas predominantes en verano se ubican dentro de la zona de máxima respuesta biológica (Carrasco, 2004b).

La fecha de siembra óptima se encuentra entre la segunda quincena de octubre y la primera de noviembre, escapando de los suelos fríos y húmedos previos a este momento, y de las posibles deficiencias hídricas más adelante. Por otro lado, para el sorgo dulce particularmente, un retraso en la fecha de siembra más allá de noviembre implicaría obtener mermas importantes en el rendimiento de tallos y las concentraciones de azúcares de los mismos (Martínez y Albano, 2007). Con diferencias para los distintos cultivares, el sorgo dulce completaría su ciclo en 100 – 120 días de crecimiento.

Es una especie que prospera en suelos de muy variada textura y fertilidad, desde vertisoles pesados a suelos arenosos profundos. El rango de pH que tolera se encuentra entre 5,0 y 8,5 y resiste además la salinidad de mejor forma que el maíz (Almodares y Hadi, 2009).

Es reconocido como uno de los cultivos de mayor eficiencia en el uso de la radiación interceptada. Aunque tolera excesos hídricos adaptándose a climas lluviosos, es una especie que muestra ventajas en zonas con precipitaciones restringidas (400 a 600 mm). Los requerimientos de agua para producir biomasa representan un tercio de los de la caña de azúcar y la mitad de las necesidades del maíz (Reddy et al., 2007).

Es una gramínea típica que presenta una gran variación en cuanto a su capacidad de macollar a influencia de factores genéticos (variedad) o ambientales (población, humedad, fertilidad, fotoperíodo, etc.)

Posee tallos de crecimiento erecto, los que pueden ser secos o jugosos e insípidos o dulces. En las variedades para grano, el tallo es sólido e insípido, en las variedades forrajeras se presenta jugoso, mientras que en los sorgos dulces o azucarados el tallo se presenta jugoso y con un importante contenido de azucares (monosacáridos y disacáridos como glucosa, fructuosa y sacarosa) llegando dicho jugo a representar aproximadamente el 50% de su peso (Martínez y Albano, 2007).

2.4.2. **Potencial de rendimiento y valor nutritivo**

Las primeras investigaciones sobre el cultivo de sorgo dulce en el país datan de 1945 en las que se destacan rendimientos de 35 a 88 ton de MV/ha (Bentancur, citado por Martínez y Albano, 2007). Por su parte Siri et al. (2006) evaluando el comportamiento para la obtención de etanol, reportaron rendimientos de hasta 82 toneladas de tallo limpio por hectárea.

Existen diferencias dentro de las variedades en el diámetro del tallo, lo que significa potenciales de rendimiento distintos. Los tallos de diámetro menor tienen mayor tendencia al vuelco y se requiere un número más elevado de ellos para obtener una misma cantidad en la cosecha. Para obtener una tonelada de tallos de 1 cm de diámetro se necesita aproximadamente 4 veces la cantidad de tallos necesarios si los mismos fueran de 2 cm de diámetro (Martínez y Albano, 2007).

Por otro lado, el diámetro de tallos no solo define el potencial de rendimiento sino la calidad del material ya que en tallos más finos tendrían un mayor peso relativo los componentes estructurales frente al jugo.

La naturaleza química del sorgo dulce se caracteriza por presentar una cantidad importante de azúcares solubles y cantidades considerables de compuestos estructurales como la celulosa, hemicelulosa y lignina.

La fracción soluble está constituida principalmente por azúcares y es por lo tanto una fuente básicamente energética en estado líquido y de difícil conservación por su rápida fermentación.

La fracción insoluble representa un gran volumen de biomasa de naturaleza ligno-celulósica, por lo que podría limitar su uso en la alimentación porcina.

La cantidad y composición de los jugos y azúcares del tallo maduro, cambian según la variedad o el híbrido. Mientras que el sorgo granífero puede contener entre 5 y 6% de azúcar total sobre la base del peso seco, en los sorgos dulces dicho contenido oscila entre 14 y 23% (Almodares y Hadi, 2009). La sacarosa es el principal disacárido del jugo del tallo de la planta madura y oscila entre 6 y 15%, los monosacáridos presentes son la glucosa, que varía entre 0,5 y 5%, y la fructosa de 0 a 1,5% (Martínez y Albano, 2007).

El contenido de los distintos azucares varía al madurar la planta. En la planta joven predominan los azucares reductores, mientras que el nivel de sacarosa en el tallo aumenta hasta la madurez (Webster, citado por Martínez y Albano, 2007). Por otro lado, el contenido de azúcar y la suculencia del tallo disminuyen al aumentar da densidad vegetal (Eilrich et al., citados por Martínez y Albano, 2007).

En condiciones normales el llenado de grano depende de la fotosíntesis que ocurre durante esa etapa fisiológica ya que los fotosintatos incorporados al tejido vegetal con anterioridad a la antesis contribuyen solo con un 12% al llenado del grano (Fisher y Wilson, citados por Carrasco, 2004a).

Durante el llenado del grano, los carbohidratos producidos en la hoja no se dirigen directamente al grano sino que son depositados temporariamente en el tallo que funciona

como un reservorio, para luego dirigirse al grano. De la misma manera y tal vez con más facilidad, el tallo constituye una fosa alternativa para la deposición de carbohidratos, así cuando la capacidad de almacenar carbohidratos es baja en la panoja, existe un incremento importante del peso del tallo.

En ganado rumiante el bagazo de sorgo dulce es tan bueno como el rastrojo en cuanto al consumo y la ganancia de peso (Reddy et al., 2008), desde luego en ganado porcino los jugos azucarados contenidos en el tallo representarían el principal aporte de este material y en menor medida la fibra.

Si bien no existen trabajos de alimentación de cerdos con sorgo dulce, sí los hay para un cultivo similar como la caña de azúcar, y los mismos demuestran que su jugo permite sustituir completamente la fuente energética de la ración (maíz o sorgo), tanto en dietas de cerdos en crecimiento, como en gestantes y lactantes (González, 2002).

La calidad del jugo de los tallos se mide por el total de sólidos disueltos en el jugo (grados Brix) (Woods, citado por Martínez y Albano, 2007). El grado Brix (°Brix) es la unidad de medida tomada en forma casi universal y refiere a la concentración de azúcar en una solución (1°Brix, corresponde a 1 gramo de azúcar en 100 gramos de solución azucarada).

De acuerdo con lo anterior, el tenor de grados Brix que contengan los tallos es además una medida de la calidad que ofrece como alimento. Así, Acosta et al. (2006) en un ensayo realizado en Costa Rica evaluando tres raciones para cerdos en crecimiento a base de alimentos alternativos, obtuvieron que el tratamiento que utilizó caña de azúcar como única fuente energética no presentó un nivel óptimo de energía, puesto que presentaba 21°Brix, cuando la caña de azúcar utilizada para alimentación animal debe tener en promedio 26°Brix.

El rendimiento global del azúcar bajará a medida que se retrasa el aplastamiento de los tallos desde la cosecha (Reddy et al., 2008), tema importante cuando se lo cultiva con el objetivo de la producción de alcohol, pero aspecto que también implicaría una pérdida de valor nutritivo en el caso de su utilización como alimento, lo que requeriría no diferir demasiado el suministro una vez cosechados los tallos.

En el caso de la caña de azúcar, especie con similares características al sorgo dulce, González (2002) citando a Bobadilla y Preston (1981), plantea que la principal desventaja de la utilización del jugo de caña como alimento radica en su rápido deterioro, pues se ha demostrado que fermenta después de 10 a 12 horas de su extracción, aspecto que también ocurriría con el sorgo dulce. Este autor, citando a Duarte et al. (1982), plantea además que bajo estas condiciones los animales reducen su consumo, por el cambio en la palatabilidad y en la pérdida del contenido de azúcares del alimento.

Es sabido que el contenido de proteína cruda de las gramíneas declina rápidamente hasta los 40 – 60 días de crecimiento, para luego disminuir lentamente. Esta disminución con la madurez se atribuye por un lado a la disminución en la proporción de la fracción hoja, así como al menor contenido de proteína de esta fracción. Por otro lado, y en términos generales el contenido de proteína cruda de las gramíneas tropicales aún en los primeros estadios tiende a ser menor que en las gramíneas templadas (Carámbula, 2007b).

En el sorgo el tallo actúa como un órgano de reserva con grandes concentraciones de azúcares y carbohidratos. La disminución de la digestibilidad al avanzar la madurez está determinada por el aumento en el porcentaje de los componentes estructurales de la planta (pared celular). Al aumentar la madurez del tallo aumentan los porcentajes de celulosa, hemicelulosa y lignina. La altura de la planta y el porcentaje de tallos tiene un efecto directo con el contenido de fibra detergente ácido y la digestibilidad.

Los datos son escasos en cuanto al aporte de nutrientes que puede realizar el sorgo dulce ya que los trabajos sobre el mismo han estado orientados principalmente a su valor como productor de etanol. Sin embargo, en un ensayo de evaluación de sorgo para silo realizado por INIA La Estanzuela en la zafra 2007-08 en el que se analizaron 29 cultivares, aparecen datos sobre sorgos dulces. Los mismos se presentan en la tabla siguiente.

Tabla 1: **Parámetros de calidad de sorgo dulce M81.**

MS	PC	FDN	FDA	DIVMO
29,3	5,7	52,7	33,9	66,5

Fuente: Vilaró, INIA La Estanzuela, 2008.

MS: Materia Seca
PC: Proteína cruda
FDN: Fibra detergente neutro
FDA: Fibra detergente ácido
DIVMO: Digestibilidad in vitro de la materia orgánica

En dicho ensayo la variedad de sorgo dulce M81 fue la que más rendimiento (kg MS/ha) produjo al estado de grano lechoso – pastoso, obteniendo un 33% más respecto a la media de los 29 cultivares evaluados (Vilaró, 2008).

Por su parte, Terra et al. (2006) reportan resultados sobre un ensayo llevado a cabo en INIA Treinta y tres, donde M81 produjo un promedio de 55,2 ton de MV/ha, con una altura promedio de planta a cosecha de 2,7 m, demostrando su alto potencial productivo.

En cuanto a la partición de la MS acumulada, la variedad M81 al estado de grano lechoso-pastoso acumuló un 70% en tallos, un 10% en hojas y un 20% en panojas (Terra et al., 2006).

2.4.3. <u>Uso diferido en pie y ensilaje</u>

El grupo de los sorgos dulces o azucarados incluyen sorgos caracterizados por poseer gran altura (1,70 a 3,50 m), tallos dulces suculentos y altos rendimientos de MS al estado de grano lechoso-pastoso. En general presentan una proporción alta de tallos, baja de panojas e intermedia de hojas. Su capacidad de rebrote es menor que la de los híbridos forrajeros o el sudangrás (Carámbula, 2007b).

Por todas estas características, una clasificación de tipos agronómicos de sorgos realizada por Owen y Moline, citados por Carámbula (2007b), ubica al sorgo dulce

como un tipo agronómico que no sería recomendado para su utilización bajo pastoreo y sí altamente recomendable para ser utilizados con destino a ensilaje.

El sorgo es un cultivo útil para forraje de reserva o diferido, especialmente en las zonas donde no se producen heladas ya que es muy susceptible a las mismas, pero los tallos gruesos, erguidos y jugosos del sorgo forrajero seguirán siendo jugosos y dulces un tiempo después de morir las hojas, por lo que será útil como forraje diferido (Skerman y Riveros, 1992).

El valor nutritivo del ensilaje de sorgo es aproximadamente el 90% del valor del silo de maíz, aunque hay trabajos que demuestran que tienen similar valor nutritivo (Fassio et al., 2002).

Se observa una gran variabilidad en la composición de nutrientes de los ensilajes de sorgo que se debe principalmente a diferentes proporciones entre tallo, hojas y panoja. En sorgos de porte medio o bajo, normalmente los tenores de proteína bruta han sido superiores a los de porte alto, en función de una mayor participación de las hojas, panojas y granos en la masa ensilada (Zago, citado por Ribeiro et al., 2007).

A continuación se presentan datos promedio del valor nutritivo de ensilajes de la planta entera de sorgo.

Tabla 2: **Valor nutritivo de ensilajes de sorgo.**

MS	PC	FDN	FDA	C	DIV MS	pH	Fuente
30	7,5	s/d	30 – 38	8,7	60	s/d	NRC (Fassio et al., 2002).
19,6	5,5 – 7,9	s/d	40 – 61	s/d	s/d	s/d	INRA (Fassio et al., 2002).
28,2	7,9	58,2	35,2	s/d	61,5	3,8	Romero et al, 2002.
34,6	6,9	56	40,1	8,8	60,5	4,4	INIA (Mieres, 2004).
29,8	7,5	58,1	35	s/d	55,1	s/d	Ribeiro et al., 2007.

Según Carvalho et al., citados por Ribeiro et al. (2007), si se toma en cuenta solamente el tenor de MS de la planta, los estados de grano harinoso y duro son los más indicados para la producción de ensilajes. Cuando el sorgo forrajero ya completó su ciclo de crecimiento, con los granos en el estado harinoso y la MS en torno de 27 a 30%, presenta mayores rendimientos por área cultivada y mayores coeficientes de digestibilidad "in vitro" de la MS (Zago, citado por Ribeiro et al., 2007).

El contenido de MS de la planta al momento de confeccionar el ensilaje es frecuentemente la principal limitante de la preservación satisfactoria del forraje. Niveles muy bajos de MS harían que el exceso de agua diluya los ácidos formados y extienda el proceso fermentativo, y por lo tanto, el lento descenso del pH favorecerá la intervención de microorganismos poco deseables en la fermentación, como las bacterias formadoras de ácido butírico.

En este sentido, Romero et al. (2002) evaluando tres momentos de corte de sorgo forrajero dulce para ensilaje, observaron que fechas tempranas solo mejoran el contenido de proteína, mientras que en fechas tardías aumenta el contenido de MS, los valores de FDN y FDA disminuyen y por lo tanto la digestibilidad mejora. En los cortes tempranos se presentaron valores bajos de MS y una mala conservación por el alto pH.

El valor nutritivo de un ensilaje depende no solo de las características de la especie a ensilar, sino de una serie de factores como ser el estado de madurez del cultivo al momento de cosecha (relación de nutrientes o fracciones, contenido de MS, etc.), tamaño de picado, llenado, compactado y sellado, estructura de almacenamiento, etc. pudiendo ejercer gran influencia sobre el proceso de fermentación, el que cuando se realiza eficientemente garantiza un alimento más palatable y digestible.

2.4.4. **Agregado de melaza**

El desarrollo actual de las raciones comenzó a preocuparse por el sabor de los alimentos suministrados a los animales. De forma empírica se han obtenido datos interesantes, como ser que el gusto de los animales no coincide en absoluto con el de las personas también se ha podido comprobar que las preferencias difieren entre las distintas

especies, e incluso entre animales de una misma especie pero de edades diferentes (Parsi et al., 2001).

Por ejemplo, el empleo de saborizantes resulta especialmente interesante en la ración de lechones, en los sustitutos de leche para terneros, en la ración de las vacas lecheras y en los suplementos minerales. El saborizante para raciones más importante y con mayor frecuencia utilizado es la melaza (Parsi et al., 2001).

La melaza es un líquido espeso derivado de la producción de azúcar a partir de la caña de azúcar o de la remolacha azucarera. Su aspecto es similar al de la miel aunque de color parduzco muy oscuro, prácticamente negro. El sabor es dulce con un pequeño regusto amargo.

Es comúnmente utilizada como fuente de energía ya que contiene aproximadamente el 80% de la energía de los cereales. Es prácticamente libre de grasa y fibra, tiene un bajo contenido en nitrógeno y la cantidad de ceniza fluctúa entre el 9 y el 13% de la MS. El extracto no nitrogenado (ENN), la fracción principal, representa entre el 87 y el 95% de MS total y se compone de una mezcla de azúcares simples (62 a 70%) y entre un 19 y un 24% de compuestos orgánicos no identificados. Estos últimos tienen una digestibilidad aparente de sólo el 51% (Ly, citado por Pérez, 1997). Presenta además vitaminas del grupo B y abundantes minerales, entre los que destacan el hierro, cobre, magnesio y potasio; éste último presenta la limitante que un nivel excesivo de incorporación en la dieta produce efecto laxante. Su contenido de agua es bajo (78 – 85% de MS).

El proceso tecnológico industrial para la producción de azúcar a partir de la caña conlleva a la obtención de cuatro tipos de melazas: la melaza fina, la melaza A que se origina cuando se extrae el 75% del total de azúcar recuperable, la melaza B que se origina al completarse el 86% de cristalización y la melaza final considerada un subproducto porque ya no es factible la recuperación de sacarosa.

En otros países son abundantes los trabajos que han estudiado los derivados de la caña de azúcar como fuentes de alimento para la especie porcina, y la experiencia acumulada en su utilización ha permitido diseñar una tecnología de alimentación para cerdos basada en estas fuentes energéticas como sustitutas de los cereales de importación (Macías, 2008).

Por otro lado, la melaza ha sido recomendada como un aditivo para mejorar la palatabilidad de las raciones secas, y en particular en los países productores de caña de azúcar, como complemento de concentración o de raciones a base de residuos alimenticios a niveles de hasta aproximadamente el 30% (Buitrago et al., Preston, citados por Pérez, 1997), pero no se ha encontrado información sobre su utilización como mejorador del consumo de alimentos fibrosos.

2.5. **LA CERDA GESTANTE**

2.5.1. **Requerimientos nutricionales**

Las pautas de alimentación normalmente recomiendan la utilización de una dieta considerablemente restringida en las cerdas gestantes, basadas en el principio del anabolismo de la gestación, proceso por el cual la cerda incrementa la eficiencia con que utiliza los alimentos en función de los productos de la concepción.

Sin embargo, a veces al aplicar estos criterios aisladamente, no se tiene en cuenta que la cerda lactante tiene una capacidad de consumo que en el mejor de los casos, cubre del 70 al 80% de sus necesidades de nutrientes para alimentar a su camada. Por lo tanto, requiere movilizar reservas corporales, perdiendo en la lactancia un peso considerable (15 – 30 kg). Estas pérdidas deben ser restituidas en la gestación posterior, mediante la acumulación de reservas corporales que le permitan entrar en un nuevo ciclo reproductivo, sin agotar sus capacidades productivas en el mediano y largo plazo.

Varios estudios sugieren que la cerda gestante debe ser alimentada de manera que pueda ganar 25 kg de tejido materno a lo largo de la gestación, por lo menos durante las primeras tres o cuatro gestaciones. El peso de la placenta y otros productos de la concepción serían de aproximadamente 20 kg, lo que determinaría una ganancia total durante la gestación de 45 kg (Noblet et al., Verstegen et al., citados por NRC, 1998).

No es posible utilizar un solo valor de requerimientos energéticos para una cerda en gestación, debido a que los mismos difieren con el peso vivo (edad de la cerda, genotipo), con el ambiente (temperatura, actividad del animal), pérdida de peso en la lactancia previa y ganancia de peso esperada durante la gestación.

Los requerimientos energéticos para la ganancia uterina total son bajos, pero se incrementan con el avance de la gestación (Noblet et al., 1990). Dichas necesidades dependen principalmente del tamaño de la camada, y se puede calcular que 1 kg de lechón al nacimiento implica alrededor de 1,3 Mcal de energía depositada en todos los tejidos del útero (fetos, útero, placenta, líquido) (De Wilde, Noblet et al., citados por Noblet y Etienne, 1987). Los requerimientos de energía del útero durante la gestación pueden estimarse entonces como 1,3 Mcal por el peso de la camada al parto. Sobre la base de un valor de eficiencia en la utilización de la energía metabolizable en el útero (k_u) del 48% (Noblet y Etienne, 1987), entonces podemos determinar la necesidad de deposición de energía metabolizable (EM) en el útero.

Según el NRC (1998) las estimaciones de la exigencia en EM para mantenimiento por kg de $PV^{0,75}$ varían desde 92 hasta 160 kcal/día, con la mayoría de los valores comprendidos entre 100 y 125 kcal/día. Para Noblet et al. (1990) los requerimientos diarios de mantenimiento en termoneutralidad ascienden alrededor de entre 105 y 110 kcal de EM/kg $PV^{0,75}$ en cerdas gestantes y lactantes respectivamente. En gestantes dicho valor equivale a 110 kcal de ED/kg de $PV^{0,75}$.

Las necesidades de mantenimiento representan entre el 75 y el 85% del total de requerimientos durante la gestación, y éstos se ven afectados considerablemente por la temperatura ambiental y la actividad de los animales (Noblet et al., 1990).

Al pensar los requerimientos de las cerdas mantenidas a campo, se hace necesario tener en cuenta los efectos que las variaciones climáticas y el aumento en la actividad física puedan ejercer, y considerar entonces el incremento energético necesario para este sistema de producción.

Las bajas temperaturas, la humedad y los vientos, dependiendo de su intensidad, aceleran el gasto energético. El costo energético debido a la acción ambiental durante los meses de primavera – verano pude ser desestimado para el cálculo del efecto climático, mientras que en otoño – invierno el mismo representa 840 kcal/ED/día (Close et al., citados por Marotta y Lagreca, 2003).

Por su parte, la actividad física representa una de las más importantes fuentes de variación en los requerimientos energéticos de la cerda gestante. Cuando se estudió el comportamiento de cerdas gestantes mantenidos en pastoreo se demostró que durante

las horas diurnas, emplean el 75% del tiempo en desarrollar actividades físicas como comer pasto, caminar, permanecer parada y explorar (incluye el osado); el 25% del tiempo restante permanecen echadas. Dicho costo energético representa un incremento en sus requerimientos de 1032 kcal ED/día (Marotta y Lagreca, 2003).

La energía adicional a la necesaria para mantenimiento y gestación sería usada para ganancia de peso, presumiblemente con la misma eficiencia que para el crecimiento (NRC, 1998). Dichas necesidades están directamente relacionadas con el nivel de aporte alimenticio y por ende con el grado de adiposidad de los depósitos. Dourmad et al., citados por Marotta y Lagreca (2003), estimaron un requerimiento promedio de 3,7 Mcal de EM/kg de ganancia neta.

Tabla 3: **Requerimientos energéticos de la cerda gestante en sistemas a campo.**

Destino de la energía	**ED (Mcal/día)**	
	Prim. – Ver.	Oto. – Inv.
Ganancia uterina*	0,356	0,356
Mantenimiento**	4,949	4,949
Actividad física	1,032	1,032
Termorregulación	0	0,840
Ganancia materna***	0,811	0,811
Requerimientos totales (Mcal/día de ED)	**7,148**	**7,988**

* - Calculado en base a camadas promedio obtenidas en la UPC de 9,6 lechones nacidos totales y un peso promedio de 1,5 kg por lechón
[9,6 lech. x 1,5 kg x 1,3 Mcal / 0,48 / 114 días / 0,96].
Donde 0,96 es el valor promedio (0,92 – 0,98) que tiene en los cerdos la metabolicidad de la ED.

** - Calculado en base al peso promedio (160 kg) de una cerda que ingresa a servicio con 140 kg y finaliza la gestación con 180 kg.

*** - Se asume una ganancia deseable de tejido materno de 25 kg durante la gestación. Por lo tanto: [3,7 Mcal x 25 kg / 114 días].
Cabe aclarar que en sistemas a campo como en la UPC, que utiliza cerdas rústicas a las que se les restringe el concentrado durante la gestación, seguramente no logren ganancias de 25 kg durante la gestación. Por el contrario, son deseables ganancias moderadas (15 kg), por lo que el manejo apunta justamente a eso, evitando así refugos tempranos por peso excesivo y alargando la vida productiva

de la cerda (Barlocco, com. pers.) En función de esto, los requerimientos de ganancia materna podrían disminuir a 0,487 Mcal ED/día.

Los requerimientos proteicos de la cerda gestante están influenciados por los requerimientos para mantenimiento, deposición proteica en los tejidos maternos, y la deposición en los productos de la concepción (NRC, 1998).

Cubrir las cantidades diarias de proteínas y aminoácidos son esenciales para proporcionar el nitrógeno necesario para la deposición de tejido en el útero (un poco menos de 3 gr de N por día) y maternos (6 a 12 gr de N por día). INRA (1989) establece la necesidad de una ingesta diaria de aproximadamente 250 gr de proteína, mientras que el NRC (1998) de 260 gr/día.

2.5.2. **Utilización de los carbohidratos solubles y la fibra**

Si bien no existen trabajos sobre la utilización del sorgo dulce en cerdos, sí los hay sobre la utilización de la energía en un alimento similar como lo es la caña de azúcar. Dichos trabajos sugieren que la digestión de los carbohidratos no estructurales sería simple, en comparación con la del almidón de cereales o raíces, ya que sólo una enzima, la sacarasa, es necesaria para hidrolizar la sacarosa en glucosa y fructosa, las que son absorbidas a través de la pared del intestino delgado (Ly, citado por Pérez, 1997).

La fructosa en estado libre no se absorbe por completo cuando se ingiere (Ly, citado por Pérez, 1997). Pequeñas cantidades pueden escapar del intestino delgado y son presumiblemente fermentadas en el ciego y colon. Una cierta cantidad de fructosa no se metaboliza y se escapa en la orina (Ly y Macías, Ly et al., citados por Pérez, 1997). Después de la ingestión de alimentos que contengan fructosa, se produce un atípico incremento de la excreción urinaria de ácido láctico y el pH de la orina disminuye dramáticamente. La acidosis metabólica consiguiente puede deprimir el consumo de alimento (Pérez, 1997).

En Haití, el trabajo de Bien-Aime y Francois, citados por Pérez (1997), mostraron que los cerdos son bastante eficientes extrayendo el jugo de la caña picada. Estos autores evaluaron la utilización de jugo fresco (JCA) o caña picada (CAP) (ambos con una fuente adicional de proteína) contra un testigo de ración a base de maíz y soja (T) en

cachorros en crecimiento (23 a 86 kg PV), obteniendo ganancias diarias de 572; 325 y 560 gr/día para JCA, CAP y T respectivamente.

Por su parte Bravo et al. (1996) evaluaron la utilización de tallos de caña de azúcar troceados en la recría-engorde de cerdos (30 – 70 kg PV) como fuente energética, con la combinación de distintas fuentes proteicas (harina de pescado, harina de soja y harina de carne), y distintos niveles de inclusión de la caña (17; 14; 10 y 6% del peso vivo en BF); estimando también el nivel de extracción que realiza el cerdo al analizar el contenido de azúcar de los trozos de tallos luego de masticados.

Los resultados obtenidos por estos autores muestran tasas de crecimiento de 420 a 580 gr/día cuando la fuente proteica fue harina de soja o pescado, frente a tasas de 650 gr/día obtenidos por los animales con la dieta control (a base de maíz y soja). La extracción se estimó en un 67% representando (en función de los grados Brix) un consumo de 1 kg de azúcar por día. Así mismo obtuvieron tasas de crecimiento linealmente decrecientes a medida que disminuía la oferta de tallos (desde 441 a 237 gr/día) pero la extracción se incrementó al 84% con la oferta más baja (6% del peso vivo).

Un trabajo similar realizado por Mederos et al. (2004) evaluó el consumo y el desempeño de cerdos en recría (32 – 90 kg PV) alimentados con tallos de caña de azúcar frescos trozados a mano evaluando dos longitudes: 3 y 40 cm (CT), contra tallos de caña de azúcar frescos molidos (CM), ambos tratamientos suplidos de un complemento proteico, vitamínico y mineral (225 gr/día de PC). Los resultados se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 4: **Desempeño de cerdos en crecimiento – terminación alimentados con caña de azúcar molida o trozada a diferentes longitudes.**

	Caña molida	Caña trozada	
		3 cm	40 cm
Peso vivo inicial (kg)	32,2	30,8	31,8
Peso vivo final (kg)	86,3c	94,3a	90,3b
Consumo (kg/día)*	3,3b	11,1a	9,9a
Ganancia diaria (gr/día)	316c	451a	378b

Fuente: Mederos et al., 2004.

* - En base fresca, sin ajustar por el residuo fibroso expulsado de la boca de los cerdos luego de la masticación, debido a que los animales se alojaron en lote y el residuo resultaba contaminado con heces.

- $p < 0,05$ para Peso vivo final; $p < 0,001$ para Consumo y Ganancia diaria.

Los autores argumentan que el consumo de la caña molida fue extremadamente bajo probablemente debido a que el pequeño tamaño de las partículas no brindó la oportunidad de separar el jugo de la fibra a través del masticado, como sí ocurre con la caña trozada. Las mejores ganancias se obtuvieron con el suministro de la caña trozada. Así mismo, el trozado a 3 cm obtuvo los mejores resultados, consecuencia probablemente de una más eficiente extracción del jugo de los tallos cuando los trozos tienen una menor dimensión.

La pulpa del bagazo con el agregado de melaza, un 12% de maíz molido, suplemento de proteínas y minerales ha sido utilizada para alimentar cerdas gestantes (Thrasher y Brown, citados por Pérez, 1997). Los autores informaron que con inclusiones del 40% de bagazo en la dieta se obtienen resultados satisfactorios para la pensar un sistema de alimentación en condiciones secas, y sugieren explorar esta alternativa también en condiciones de pastoreo.

Trabajos realizados en Brasil utilizando tallos de caña troceados o molidos como única fuente energética para cerdas gestantes demuestran la flexibilidad que tiene esta categoría para resolver su alimentación (Tabla 5).

Tabla 5: **Tallos de caña de azúcar troceados o molidos como única fuente energética para cerdas gestantes.**

	Caña de azúcar	
	Trozada a 10 cm	Molida
Consumo diario de caña (kg BF)	6,0	6,0
Suplemento 36% PB	0,66	0,66
Ganancia en gestación (kg)	24,9	32,1
Lechones nacidos vivos	8,5	9,4
Peso de los lechones al nacimiento	1,7	1,5
Peso de los lechones a los 21 días	4,6	4,5

Fuente: Nicolaiewsky et al., citados por Figueroa, 1999.

Como fuera mencionado anteriormente, el sorgo dulce además de presentar una cantidad importante de azúcares solubles, presenta también cantidades considerables de azúcares insolubles de origen estructural (celulosa y hemicelulosa) y lignina, por lo que resulta necesario atender las consecuencias de su utilización como alimento.

La capacidad digestiva del cerdo aumenta con la edad. Los lechones lactantes dependen de una capacidad gástrica muy bien desarrollada para digerir eficazmente la leche materna. Durante las primeras semanas de vida, tanto en el intestino delgado como el páncreas crecen y se desarrollan preparándolos para el destete. El intestino grueso madura más lento, lo que explica por qué el cerdo tiende a digerir los alimentos fibrosos mejor en relación directa con su edad.

En animales adultos se presume que el tiempo de residencia de la ingesta es mayor a causa de un mayor tamaño del tracto intestinal, el que puede soportar una degradación más extensiva de la fibra (Varel, 1987). Este autor además reporta que el número de bacterias celulolíticas en animales adultos es 6,7 veces mayor que en animales en crecimiento siendo esta una posible explicación de porque los cerdos adultos son capaces de mantenerse consumiendo dietas basadas en forraje cuando son suplementadas las vitaminas y los minerales.

La energía contenida en forrajes y otros alimentos fibrosos está disponible para el cerdo como glucosa formada a partir de hidratos de carbono complejos hidrolizados por

las enzimas digestivas del propio animal, o como ácidos grasos volátiles producidos en el intestino grueso, por la fermentación microbiana anaeróbica de los carbohidratos no atacados por las enzimas del animal (Pond, 1987).

La fermentación de residuos de alimento no digeridos a cargo de la microflora intestinal es un proceso normal y en parte puede determinar la utilización de la energía contenida en las fracciones de fibra de la dieta. Comúnmente se señala que hasta un 30% del consumo de energía digestible podría ser aportado por ácidos grasos de cadena corta, resultantes de la degradación microbiana de la fibra en cerdos en crecimiento (Pond, 1987).

Esta cifra puede ser mucho mayor en animales adultos ya que las cerdas pueden mantener un desempeño reproductivo normal cuando son alimentadas con dietas altas en fibra (Danielson y Noonan, 1975; Pollmann et al, 1981; Calvert et al., 1985).

La utilización de forrajes como fuente de energía para los cerdos depende de factores tales como el contenido de pared celular, el grado de fermentación microbiana en el intestino grueso, y el grado de absorción y utilización de los ácidos grasos volátiles producidos (Pond, 1987). Por su parte la revisión hecha por Adesehinwa (2008), cita que la utilización de la fibra está influenciada además por la composición fisico-química de la dieta, el nivel de alimentación, la edad y el peso del animal, la adaptación a la fuente de fibra y a diferencias entre cerdos.

Cuando se consideran estos factores, no es sorprendente que la digestibilidad de la fibra aparezca en la literatura con valores de entre 0 y 97% (Rerat, citado por Adesehinwa, 2008), y que la misma contenga información contradictoria sobre los efectos de la fibra en la digestibilidad de nutrientes (NRC, citado por Adesehinwa 2008).

Henry, citado por Pond (1987), mostró una relación lineal entre la digestibilidad de la energía y el nivel de fibra cruda (FC), y esto a su vez variaba con el alimento. Así un punto de incremento en la FC del afrechillo de trigo se asocia con una disminución de tres puntos de digestibilidad de la energía; mientras que para la pulpa de remolacha significaba 1,1 puntos porcentuales de disminución en la digestibilidad. Estas diferencias se deberían a la composición de la pared celular, particularmente a la relación celulosa/hemicelulosa.

Según Adesehinwa (2008) no hay consenso en la influencia de la fibra dietaria sobre la digestibilidad de la proteína. En la revisión hecha por este autor encontró trabajos que sugieren que cuando la fuente de fibra no aporta cantidades significativas de proteína a la dieta, un incremento en el nivel de fibra no afectaría la digestibilidad de la proteína en forma significativa; mientras que otros investigadores observaron que un incremento en los niveles dietarios de fibra deprimen la digestibilidad de la proteína.

Kass et al. (1980) trabajando con cerdos de 17 a 89 kg PV concluyeron que el contenido de fibra en la dieta tiene un efecto depresivo en la digestibilidad aparente debido a una mayor tasa de pasaje de la ingesta en los cerdos alimentados con dietas altas en fibra.

Una de las ventajas de utilizar dietas muy ricas en fibra es reportada por Thacker, citado por Borja y Medel (1998), quien sostiene que podrían incrementar la dilatación del sistema digestivo, aumentando la capacidad de ingestión durante la lactancia y disminuir los problemas de estreñimiento en las cerdas, y la incidencia del síndrome de mastitis, metritis y agalaxia.

Renteria-Flores et al. (2008) estudiando el efecto de la fibra soluble (FS) e insoluble (FI) en el aprovechamiento de la energía, nitrógeno y fibra por cerdas gestantes, obtuvieron que el aumento de la ingestión de FI disminuye la digestibilidad de la energía, mientras que el aumento de la ingestión de FS la mejora. Por otro lado, la digestibilidad de la FI mejora cuando la ingestión de FS aumenta, por lo que concluyen que es necesario un mayor conocimiento de los componentes específicos de la fibra dietética para predecir con precisión los efectos de la fibra sobre la digestibilidad.

Por su parte Bauza (2005) menciona un comportamiento particular del cerdo cuando se le ofrece un forraje altamente fibroso. En estos casos el cerdo mastica todo el bocado, ingiriendo la parte tierna y rechazando la porción fibrosa. Mediante esta selección disminuye el consumo total, pero mejora notablemente la digestibilidad de lo ingerido, por lo que sugiere que es un aspecto que debe ser tenido en cuenta cuando se realizan estimaciones del aporte nutritivo del forraje.

En una situación de suministro de forraje cortado, Epifanio y Scalone (1989) obtuvieron valores de 15 y 40% de rechazo, para sorgos de 40 – 60 y 70 – 90 cm de altura, respectivamente. En los ensayos con pastoreo directo realizaron las mismas

observaciones, destacando que se encontraban tirados en el campo los bolos de fibra del forraje masticado y no ingerido. Esto determinó mejores aprovechamientos de la MS, PC, energía bruta (EB) y FC consumidas con la mayor altura de sorgo debido a este comportamiento selectivo del cerdo.

En una revisión hecha por Bauza (2005) destaca que las estimaciones del consumo de forraje por las cerdas gestantes de diferentes ensayos muestran resultados promedio muy consistentes, a pesar de la alta variabilidad al interior de cada trabajo, con coeficientes de variación superiores al 30%. Este autor atribuye esta alta variabilidad a las diferencias en el comportamiento de las cerdas en pastoreo, existiendo animales que consumen más forraje que otras, aspecto que no está necesariamente asociado al peso vivo, destacando que un aspecto que tiene mucha influencia tanto en el comportamiento como en el consumo es el acostumbramiento de las cerdas al consumo de forraje y al pastoreo.

Ramonet et al. (1999) sostienen que dietas altas en fibras alteran el comportamiento de los animales. Estos autores al evaluar tres niveles de fibra en dietas para cerdas gestantes, observan que a mayor contenido de fibra se reduce el tiempo de pie, aumenta el tiempo destinado a la alimentación, la masticación representa el mayor tiempo de la actividad de alimentación y la tasa de consumo (gramos de alimento ingerido por minuto) disminuye. Estas observaciones les permiten concluir que dietas fibrosas reducen la incidencia de comportamientos orales no alimentarios y como resultado podrían reducir la aparente motivación a comer de la cerda, incrementando el bienestar de cerdas gestantes sometidas a restricción alimenticia.

2.6. **PREDICCIÓN DEL VALOR NUTRICIONAL DEL ALIMENTO**

Uno de los problemas más serios y complejos que presentan la mayoría de los alimentos alternativos (en general, voluminosos), es su menor concentración de nutrientes asimilables, en especial la energía, comparado con los alimentos convencionales. Por lo tanto, la necesidad de un aumento en el consumo para compensar esa deficiencia, es imperante si se desean lograr niveles de producción aceptables.

La evaluación de la energía contenida en los alimentos se basa usualmente en sus valores de ED o EM (Noblet y Perez, 1993), y los métodos para establecer dichos valores llevan tiempo y son costosos.

Existen ecuaciones de predicción con mayor o menor coeficiente de determinación (R^2), y que según los alimentos con los que se hayan obtenido utilizan una, dos, o más variables, entre ellas el contenido de PC, FC, extracto etéreo (EE), carbohidratos solubles (CS), etc. (Adesehinwa, 2008).

Sin embargo, las limitaciones en el uso de la FC para estimar los valores de la utilización de la fibra por los animales son bien conocidos. King y Taverner, citados por Pond (1987), mostraron que se logra predecir con más precisión la energía digestible en dietas para cerdos, a través del porcentaje de FDN que por el porcentaje de FC, y sugirieron ecuaciones de regresión para predecir la ED de determinados alimentos.

La EB es aquella liberada cuando una sustancia se quema en una bomba calorimétrica. La concentración de EB de un alimento depende de las proporciones presentes de carbohidratos, grasa y proteína. El agua y los minerales no aportan energía, los carbohidratos aportan entre 3,7 (glucosa) y 4,2 (almidón) kcal/gr, las proteínas aportan 5,6 kcal/gr, y las grasas aportan 9,4 kcal/gr. Conociendo la composición del alimento se puede estimar la EB con bastante precisión. Ewan, citado por NRC (1998), reportó la siguiente relación para predecir la EB a partir del porcentaje de EE, PC y cenizas (%C).

$$\textbf{EB} \text{ (kcal/kg)} = 4143 + (56 \times \%EE) + (15 \times \%PC) - (44 \times \%C) \qquad R^2 = 0,98$$

La EB del alimento menos la EB contenida en las heces es la ED. Ésta es fácilmente determinable y los valores para los alimentos más comúnmente utilizados están disponibles. Por otro lado, existen también regresiones que permiten determinar el contenido de ED de los alimentos cuando no es posible realizar pruebas de digestibilidad. La composición química del alimento es el principal determinante de la digestibilidad de la energía, con efectos positivos del EE y negativos de la fibra y las cenizas. Noblet y Perez, citados por NRC (1998), plantearon la siguiente ecuación para predecir el contenido de ED a partir de la composición química del alimento:

$$\textbf{ED} \text{ (kcal/kg)} = 949 + (0,789 \times EB) - (43 \times \%C) - (41 \times \%FDN) \qquad R^2 = 0,91$$

La digestibilidad de la energía dietaria se incrementa ligeramente con el incremento del peso vivo por las causas mencionadas anteriormente, por lo que Noblet y Shi, citados por NRC (1998), propusieron que para cerdos en terminación y particularmente para cerdas adultas alimentadas de forma restringida, el valor obtenido anteriormente se debe corregir por la siguiente ecuación:

$$\mathbf{ED}_{\mathbf{corregida}}\ (\text{kcal/kg}) = 1391 + (0{,}58 \times \text{ED}) + (23 \times \%\text{EE}) - (12{,}7 \times \%\text{PC}) \qquad R^2 = 0{,}96$$

Como consecuencia del costo de las determinaciones biológicas y la variabilidad inherente entre muestras de un mismo ingrediente, es que se han derivado un número de ecuaciones para predecir la energía a partir de los análisis químicos característicos de los alimentos. No obstante conviene señalar que dichas ecuaciones se basan en algunos alimentos de referencia (Adesehinwa, 2008).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL PERÍODO EXPERIMENTAL

El experimento se desarrolló en la Unidad de Producción de Cerdos del Centro Regional Sur de la Facultad de Agronomía, ubicada en Camino Folle km 35,5 s/n (coordenadas geográficas: 56° 13' O / 34° 36' S) en la localidad de Progreso, departamento de Canelones, Uruguay.

El consumo se midió en 2 momentos, otoño e invierno. El primer momento fue el período comprendido entre el 21 de mayo y el 19 de junio de 2008, y fue definido como momento 1 (otoño). El momento 2 (invierno) se llevó a cabo entre los días 5 y 30 de agosto de 2008.

3.2. ANIMALES EXPERIMENTALES

El trabajo se llevó a cabo con 18 cerdas gestantes de la raza Pampa – Rocha pertenecientes a la UPC, las cuales se encontraban en segundo tercio de la gestación durante el experimento (entre el día 38 y 76). El peso promedio de las cerdas fue 158,4 ± 18,4 kg.

3.3. INSTALACIONES

El ensayo se llevó a cabo al aire libre. Los animales fueron alojados individualmente en piquetes de aproximadamente 75 m^2, en los que no tuvieron acceso a pastura. Los mismos contaron con un refugio, bebedero tipo chupete, comedero en el que se le suministró la ración y un comedero con plataforma construido especialmente para que permitiera recolectar el rechazo sin que se contaminara con suelo, restos de cama, heces, etc. (Anexos, imagen 1).

3.4. **TRATAMIENTOS**

Se realizaron 4 tratamientos con 6 repeticiones cada uno. Los tratamientos fueron definidos de la siguiente manera:

Tratamiento 1 (T1): Sorgo dulce a voluntad, cosechado y molido previo al suministro. Ración ofrecida al 50% de los requerimientos. Momento 1.

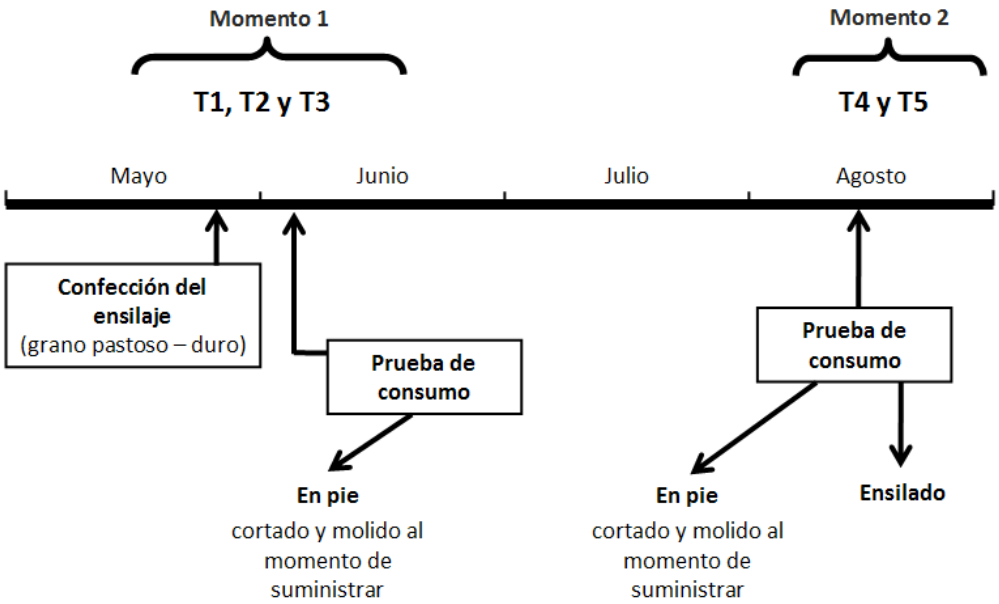
Tratamiento 2 (T2): Sorgo dulce a voluntad, cosechado y molido previo al suministro. Ración ofrecida al 30% de los requerimientos. Momento 1.

Tratamiento 3 (T3): Sorgo dulce a voluntad, cosechado y molido previo al suministro con agregado de una solución de melaza al 5%. Ración ofrecida al 30% de los requerimientos. Momento 1.

Tratamiento 4 (T4): Sorgo dulce a voluntad, cosechado y molido previo al suministro. Ración ofrecida al 30% de los requerimientos. Momento 2.

Tratamiento 5 (T5): Ensilaje de sorgo dulce voluntad. Ración ofrecida al 30% de los requerimientos. Momento 2.

En el siguiente esquema se ilustran los tratamientos.



3.5. **LOS ALIMENTOS**

3.5.1. **Sorgo dulce**

Se utilizó un cultivo de sorgo dulce (*Sorghum saccharatum*) variedad M81 instalado en el Centro Regional Sur.

3.5.1.1. **Sorgo dulce fresco**

Para los tratamientos que evaluaron el cultivo en pie, el sorgo era cortado cada no más de 72 hs. Se molió luego de la cosecha con un molino de martillo accionado por la toma de fuerza del tractor (Anexos, imagen 2). Luego de molido fue almacenado en tarrinas plásticas de 120 lt, y se apisonó considerablemente a efectos de expulsar la mayor cantidad de aire posible.

A lo largo del experimento se trató de no suministrar material que tuviera más de 72 horas de cosechado para tratar de mantener la homogeneidad del mismo (en los períodos de acostumbramiento cuando el material tenía más de tres días de cortado y molido comenzaba a presentar olores desagradables y los animales empezaban a rechazarlo).

3.5.1.2. **Sorgo dulce ensilado**

El ensilaje se realizó el día 28 de mayo de 2008 cuando la planta se encontraba en un estado de grano pastoso – grano duro. Se realizaron minisilos para lo que se utilizaron cajones de madera de 1 m de lado por 0,8 m de alto. Estos cajones se forraron interiormente con nailon a los efectos de evitar el ingreso de aire y agua de lluvia.

La cosecha se realizó a machete y para el molido se utilizó el mismo molino mencionado anteriormente. Se fueron agregando al silo camadas de material y se fue pisando para lograr una buena compactación (Anexos, imagen 3).

Durante la utilización se extrajo el material ubicado en el centro del silo, para evitar utilizar aquél próximo a los bordes que pudiere no haberse conservado correctamente.

3.5.2. **Concentrado**

La ración balanceada utilizada fue elaborada en la planta de raciones del Centro Regional Sur, en las siguientes tablas se presenta la composición de ingredientes y química de la misma.

Tabla 6: **Formulación del concentrado.**

Ingrediente	Porcentaje
Sorgo	59,00%
Girasol	18,00%
Afrechillo de arroz	20,00%
Sal	0,50%
Núcleo vitamínico - mineral	0,10%
Carbonato de calcio	1,30%
Fosfato bicálcico	0,75%

3.6. **CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO**

Cada tratamiento consistió en un período de acostumbramiento y un período de medición del consumo. El acostumbramiento se realizó durante 5 a 7 días, en los cuales los animales debían conocer el alimento, familiarizarse con los comederos con plataforma, etc., y por otro lado durante esta etapa se ajustaron las cantidades a ofrecer en el período de evaluación.

El período de medición del consumo tuvo una duración de 5 días para cada tratamiento. El criterio utilizado para el suministro del alimento fue exponer a los animales al alimento durante la mayor cantidad de horas del día. Tanto el sorgo fresco como el ensilado fueron suministrados en dos o tres oportunidades a lo largo del día, y el concentrado al final de la jornada de trabajo.

La rutina fue la siguiente:

8:30 – Recolección del rechazo del día anterior. Limpieza de los comederos de madera, alrededores y loza bajo los chupetes.

9:00 – Suministro de sorgo (fresco o ensilado, según tratamiento) en los comederos de madera. Toma de muestra del alimento ofrecido.

9:00 – 14:30 – Recorridas para efectuar eventuales reposiciones del alimento a las cerdas que no tuvieran disponible.

15:00 – Suministro del concentrado en comederos destinados a tal fin. De ser necesario se repone el alimento evaluado.

3.7. **PROCESAMIENTO DE MUESTRAS**

En cada momento de corte se tomaron al azar 5 tallos (10 en total para cada momento) a los que se les mide la altura, el peso en fresco de cada uno y se los separa en las fracciones hoja, tallo y panoja. Éstas se colocan en estufa de aire forzado a 60º C hasta peso constante para determinar su peso seco y como éste se distribuye en las distintas fracciones.

Cada día del experimento se tomaron muestras del alimento ofrecido. Las mismas se pesaron en fresco, se secaron en estufa a 60°C y se pesaron luego, determinando de esta manera la MS60. Las muestras del ofrecido de cada día formaron parte luego una muestra compuesta. Se generó así una muestra del ofrecido de cada tratamiento (5 muestras en total), las que se enviaron al laboratorio para su análisis químico.

Con el material rechazado se realizó un procedimiento similar. Se tomaron muestras para secar de cada rechazo (1 por animal y por día). Las muestras de los rechazos de todos los animales sometidos a cada tratamiento formaron la muestra compuesta. Se generaron así 5 muestras de rechazo (1 de cada tratamiento) para su análisis químico.

Los análisis químicos realizados tanto a los materiales ofrecidos como rechazos fueron: %MS105 (porcentaje de MS a 105ºC), %PC, %FDN y %FDA (ambas corregidas por cenizas), %EE y %C; para el ensilaje además se determinó el pH.

3.8. **DISEÑO ESTADÍSTICO**

El objetivo fue evaluar el consumo de sorgo dulce según momento del año y el modo de conservación, así como el efecto del nivel de restricción de concentrado y el agregado de melaza.

Algunos animales participaron de más de un tratamiento por lo que los efectos de los animales se consideraron como aleatorios. El modelo planteado inicialmente tenía en cuenta los efectos de tratamiento y del peso vivo de los animales. A partir de observaciones que arrojó el primer análisis estadístico se decidió incluir en el modelo el efecto del día dentro del tratamiento y quitar el efecto del peso vivo de los animales (aspectos que se justificarán en el próximo capítulo). Los datos fueron analizados mediante el procedimiento GLM del programa informático SAS.

El modelo fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \delta(\tau_i)_j + \alpha_k + \varepsilon_{ijk}$$

Siendo:

Yijk:	Consumo de MS
μ:	Media general de los tratamientos
τi:	Efecto del tratamiento (i = 1; 2; 3; 4 y 5)
δ(τi)j:	Efecto del día anidado en el tratamiento (j = 1; 2; 3; 4 y 5 para T2, T4 y T5; y j = 1; 2; 3 y 4 para T1 y T3)
αk:	Efecto animal
εijk:	Error experimental

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CONSUMO

Se realizaron un total de 138 observaciones de consumo. La media general del experimento fue de 893 gr de MS, con un consumo mínimo de 64 gr de MS y un consumo máximo de 1589 gr de MS.

Estos resultados son menores a los obtenidos por Nicolaiewsky et al., citados por Figueroa (1999) quienes evaluaron el consumo de la caña de azúcar molida y trozada, y obtuvieron consumos promedio de 6,0 kg (equivalente a 1,8 kg de MS) para ambas presentaciones.

En la misma línea, Mederos et al. (2004) evaluó el consumo por cerdos en recría (32 – 90 kg PV) de los tallos de caña de azúcar frescos y molidos, obteniendo un promedio de 990 gr de MS/animal/día. Este mismo experimento evaluó el tallo de la caña trozado a 3 y 40 cm y los desaparecidos se ubicaron en poco más de 3 kg MS/animal/día (el trabajo de Mederos aclara que debido a problemas en la colecta del rechazo, contaminación con heces de material masticado y expulsado de la boca de los animales, el consumo no fue corregido, por lo que los valores presentados por esta autora se corresponden de mejor manera con un desaparecido y no con un consumo real). Más allá de las dificultades en la estimación del consumo real de este experimento, se puede observar la ventaja que ofrece el modo de presentación del alimento en favorecer el consumo.

Esta afirmación se sustenta en que si el cerdo ha de aprovechar principalmente el jugo (y un animal adulto parte de la fibra también) la molienda no permite su extracción a través del masticado, por lo que el consumo podría mejorarse a través de presentar la caña en trozos.

4.1.1. **Efecto de los tratamientos**

El consumo de sorgo dulce mostró diferencias entre los tratamientos.

Tabla 7: **Media y error estándar del Consumo de MS para cada Tratamiento.**

Tratamiento	Media (gr)*	Error estándar
1	1137a	71,56
2	1119a	70,49
3	854b	70,63
4	669b	69,82
5	743b	69,82

* - Letras distintas en la columna difieren entre sí con $p<0,05$.

La tabla anterior muestra que T1 y T2 no difieren entre si, y sí son distintos al resto de los tratamientos.

Esto permite afirmar que la restricción de concentrado (50% en T1 vs. 30% en T2) no tuvo efecto sobre el consumo de la planta de sorgo dulce. Este resultado se contradice con parte de la literatura revisada, ya que Battegazzore (2006) obtuvo una compensación en el consumo de MS a partir de las pasturas cuando cerdos en recría son sometidos a una mayor restricción de concentrado. Pero por otro lado, este resultado tiene similitudes con los encontrados por Barlocco et al., (2005) quienes observaron que cerdas gestantes con restricción de concentrado no consumen raigrás cuando este empieza a perder valor nutritivo debido a su alto contenido de fibra.

En un mismo momento (M1) y con una misma restricción de concentrado, el agregado de melaza (T2 vs. T3) no sólo no logra mejorar el consumo, sino que por el contrario lo deprime, contradiciendo la bibliografía que cita el uso de melaza como promotor del consumo (Buitrago et al., Preston, citados por Pérez, 1997).

Si se analiza el momento, el consumo de MS presentó diferencias entre los mismos (T2 vs. T4). Esto indicaría que la variación en la composición del sorgo luego de diferirlo en pie desde el otoño al invierno tiene un efecto depresor sobre el consumo.

Por último, si bien el ensilaje conserva características similares al cultivo al finalizar su ciclo (ver figura 5) el consumo también es menor comparado con el sorgo fresco en el momento 1 (T2 vs. T5), aspecto que seguramente tenga que ver con las características organolépticas del ensilaje y su palatabilidad.

4.1.2. **Efecto del día**

El análisis estadístico permitió centrar la atención sobre un aspecto que no estaba planteado inicialmente. El mismo arroja diferencias de consumo entre los días dentro de los tratamientos ($p<0,0001$); es decir, un mismo animal no consume lo mismo a lo largo de los días dentro de un tratamiento.

La primer hipótesis que se planteó para intentar explicar este comportamiento era que si el consumo de MS iba aumentando a medida que transcurría la evaluación, el período de acostumbramiento habría resultado escaso. Ésta fue desechada debido a que las variaciones eran aleatorias durante el transcurso del tratamiento.

La segunda hipótesis manejada para explicar la variación entre días en el consumo fue la influencia de las precipitaciones durante el tratamiento; luego del análisis de varianza correspondiente fue descartada por no arrojar efectos sobre la variable. La tercer hipótesis proponía que lo que cambiaba a lo largo de los días era el alimento. El corte y la molienda no se hicieron diariamente sino que se realizaron con intervalos de hasta 72 hs. A continuación se ilustra como se comporta el consumo diario promedio cuando se le adjuntan las fechas de corte y molienda para T1 y T2.

Figura 1: **Consumo de MS promedio diario de las 6 repeticiones para T1, con fechas de corte y suministro.**

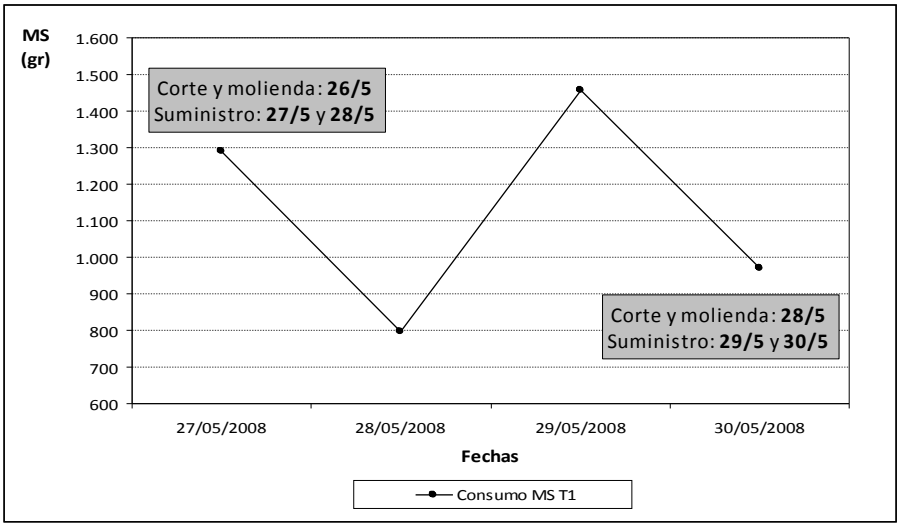
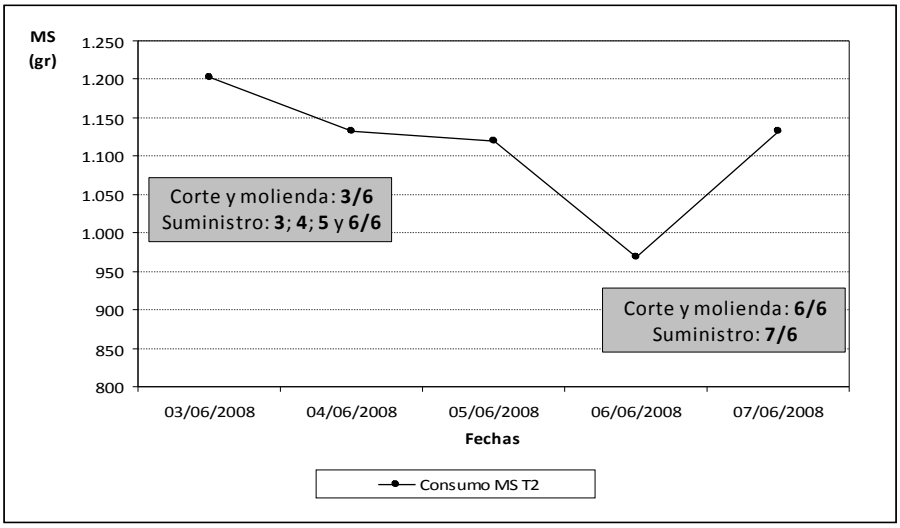


Figura 2: **Consumo de MS promedio diario de las 6 repeticiones para T2, con fechas de corte y suministro.**



Al analizar los gráficos anteriores puede observarse como el consumo decae a medida que transcurre el tiempo entre el corte y el suministro, mientras que vuelve a aumentar cuando se ofrece sorgo con pocas horas de cosechado.

Esto resulta bastante claro en T1, el sorgo cosechado el día previo al inicio del tratamiento (26/5) obtiene un consumo importante al otro día (27/5, día 1 del tratamiento, consumo de MS = 1289 ± 81 gr), cayendo drásticamente el día 2 del tratamiento (28/5, consumo de MS = 798 ± 56) cuando el material ya tiene 48 hs de cortado y molido. Es de destacar que exactamente el mismo comportamiento se repite los días 3 y 4 de T1, cortado el 28/5 y suministrado el 29 y el 30/5 (consumo de MS = 1458 ± 107 gr y 971 ± 188 gr para día 3 y 4 respectivamente).

El comportamiento en T2 es similar; en este caso el mismo día de inicio del tratamiento se cosecha el sorgo y éste se suministra hasta las 72 hs luego de la misma (día 4 del tratamiento). Los consumos de MS que se obtienen son 1202 ± 201 gr; 1132 ± 174 gr; 1119 ± 149 gr; 969 ± 238 gr y 1132 ± 154 gr para día 1 al 5 del tratamiento respectivamente.

La caída en el consumo en este caso es lineal a medida que transcurren los días, para recuperarse parcialmente el último día cuando se vuelve a suministrar sorgo recién cortado. En este caso además, donde la disminución en el consumo no resultó tan drástica como en T1 (las disminuciones en T1 rondaron los 500 gr de MS/día, mientras que en T2 la mayor disminución diaria fue cercana a los 150 gr de MS), posiblemente exista una influencia de la mayor restricción de concentrado a la que fueron sometidos los animales en T2, la que pudo haber forzado a los mismos a consumir el alimento aún cuando perdía palatabilidad.

A nivel de campo podía constatarse como luego de 48 hs de almacenado el material comenzaba a presentar olores desagradables (acetona) denotando su deterioro. Esto posiblemente se deba a que en condiciones de anaerobiosis, frente a las bacterias lácticas, acéticas, etc. que normalmente participan en la fermentación que ocurre en los ensilajes, hayan proliferado bacterias del ácido butírico pertenecientes al género *Clostridium*, las que en una primera fase fermentan los azúcares para formar ácidos (butirato, acetato), produciendo finalmente acetona, butanol y etanol (fermentación butanol-acetona) (Parés y Juáres, 1997).

Estos resultados son coincidentes con lo postulado por González (2002), quien citando a Bobadilla y Preston (1981), plantea que la principal desventaja de utilizar un alimento con gran contenido de azúcares solubles (jugo de caña) radica en su rápido deterioro, ya que se ha demostrado que éste fermenta después de 10 a 12 horas de su

extracción. Este autor, citando a Duarte et al. (1982), plantea además que bajo estas condiciones los animales reducen su consumo por el cambio en la palatabilidad.

Cabe destacar que se esperaba obtener un efecto promotor del consumo a partir de la mayor restricción del concentrado lo cual no se logró, y esto pudo estar asociado a ofrecer un material que fue perdiendo palatabilidad para los animales.

4.1.3. **Efecto del animal**

Como consecuencia de que varios animales participaron en más de un tratamiento (pero no en todos), los efectos del animal se consideraron aleatorios. El análisis de varianza arrojó diferencias entre los animales en la variable de respuesta (consumo de MS) con $p<0,01$.

Debido a esto, se incluyó en el modelo el peso vivo de los animales para explicar las diferencias en el consumo, y su inclusión cambió la significancia de T3 (que dejaba de ser distinto a T1 y T2). Por otro lado, el estimador de dicha variable resultó negativo, con una disminución de 20 gr en el consumo de MS por cada kg de aumento en el peso vivo. Por lo tanto, si bien desde el punto de vista biológico es deseable analizar el peso vivo de los animales en su capacidad de consumo, el efecto encontrado posiblemente se deba a diferencias (habilidad) entre los animales en su capacidad de consumo más allá de su tamaño.

En este sentido Garín et al., (2003) a partir de un experimento en el que se midió el consumo diario de forraje de trébol blanco (*Trifolium repens*), ofrecido como único alimento en dos genotipos de cerdos en crecimiento (Pampa – Rocha y el cruzamiento de Large White x Duroc), concluyeron que la variabilidad observada en la ingestión de forraje sugiere un comportamiento diferencial entre los genotipos.

En la misma línea, Borja y Medel (1998) plantean que el efecto del apetito depende del perfil genético y así, en animales convencionales la ingesta voluntaria de energía supera las necesidades para la deposición máxima de proteína, observándose una tendencia al engrasamiento, mientras que en genotipos mejorados con una elevada capacidad de deposición de proteína, la ingesta necesaria para lograr el máximo

crecimiento de tejido magro puede estar limitada por el apetito del animal, especialmente en ciertos genotipos muy musculados que se caracterizan por un apetito reducido (por ejemplo, cerdos de genética Pietrain).

También existe evidencia que sugiere que hay diferencias genéticas en la respuesta de los cerdos a la fibra dietética y en su capacidad para utilizarla como fuente de energía (Pond, 1987). Este último aspecto se condice con lo planteado por Varel (1987) quien reporta datos que sugieren la existencia de diferencias entre los cerdos genéticamente magros y obesos en su respuesta a dietas con alto contenido de alfalfa.

La información que permita cuantificar los rasgos asociados con la utilización de la fibra dietética por la población porcina contemporánea, servirá de base para los enfoques de las estrategias de alimentación destinadas a maximizar la eficiencia de la utilización de alimentos fibrosos en la producción porcina (Pond, 1987). En este sentido, ya que una de las principales limitantes para el desarrollo de la producción de cerdos en nuestros países es la alimentación, y desarrollar tecnologías que permitan utilizar los recursos disponibles es uno de los desafíos, resulta interesante entonces plantear lo expuesto por Viñoles et al., (2009), quienes mencionan que parte del problema del cambio tecnológico en producción animal pasa por identificar los biotipos más eficientes para cada sistema productivo.

4.2. **CARACTERIZACIÓN DEL ALIMENTO**

Si bien no es el objetivo central del trabajo, las muestras tomadas a lo largo de cada tratamiento (las que no son suficientes para realizar un análisis estadístico) permiten caracterizar de alguna manera los cambios que se producen en la composición química del alimento desde el final de su ciclo (otoño), a medida que se lo difiere hacia el invierno.

Una de las hipótesis que planteó evaluar el consumo en dos épocas del año, es que el cultivo puede ser diferido en pie, manteniéndolo en la chacra sin cosecharlo y el mismo conservaría características que lo harían valioso como alimento.

4.2.1. **El sorgo dulce en pie**

Las pruebas de consumo son realizadas en dos momentos, M1 (fines de mayo, principios de junio) y M2 (agosto). En esas instancias el alimento ofrecido es analizado químicamente.

A los efectos del experimento, M1 podría considerarse como óptimo desde el punto de vista de la calidad ya que puede suponerse que el alimento vaya perdiendo calidad a medida que avanza la senescencia de las hojas que serán quemadas con las heladas, así como por la caída de los granos.

A continuación se presentan los resultados del sorgo en pie ofrecido a los animales en M1 y M2.

Tabla 8: **Análisis químico del sorgo en pie en cada momento (valores de las distintas fracciones expresados como porcentaje de la MS).**

Fracciones	M1	M2
MS (%)	30,0	30,0
PC	4,0	2,6
FDN	52,3	55,9
FDA	28,3	34,9
EE	0,6	0,8
C	6,2	5,1

Los resultados demuestran que se trata de un material con un tenor importante de carbohidratos estructurales aún en M1 (superior al 50% de la MS). Así mismo se observa un bajo tenor de PC, lo cual es propio de la especie (Fassio et al. 2002). Por otra parte, la variedad M81 es de porte alto y normalmente los tenores de proteína han sido inferiores a los de porte bajo, en función de una menor participación de las hojas, panojas y granos en el total de la MS (Zago, citado por Ribeiro et al., 2007). Esto se condice con el contenido superior de PC (6,02%) encontrado en la variedad de porte bajo “Topper”, la que se ensiló en el mismo momento que la variedad en estudio.

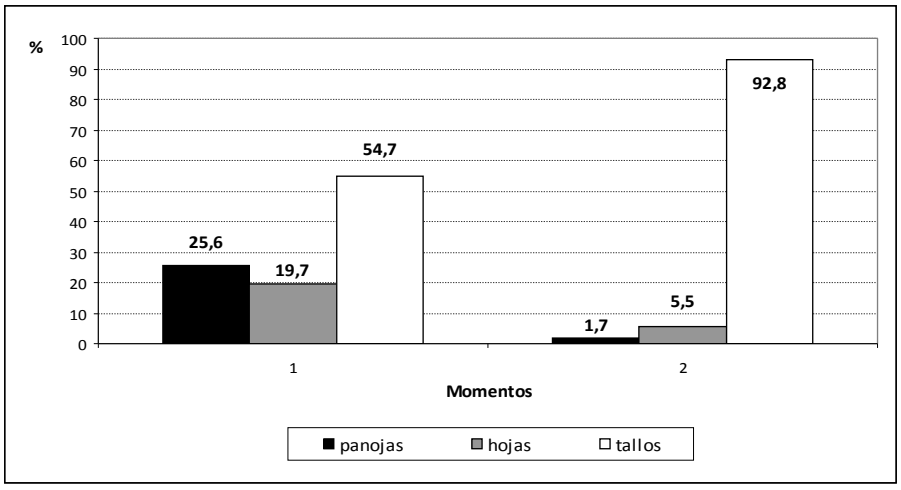
Las características del material utilizado en este experimento son similares a las publicadas por Vilaró (2008), los que mostraban al sorgo dulce variedad M81, con valores de FDN en el entorno del 53%, FDA del 34%, y 5,7% de PC, con un 29% de MS al estado de grano lechoso – pastoso.

Los resultados en M2 muestran valores esperables, menor tenor de PC y mayor peso de los componentes estructurales. Cabe destacar que el porcentaje de MS fue el mismo, lo que refleja que aún sin hojas, la planta no se encontraba totalmente senescente.

En M2 el cultivo en la chacra constaba de los tallos únicamente, prácticamente el total de hojas estaban secas y permanecían unas pocas panojas. Esto puede observarse en el gráfico siguiente en la que se presenta la participación de las diferentes partes de la planta en el peso seco total de la misma.

En M1 la planta se encontraba en grano duro, con senescencia únicamente en las hojas basales, por lo que se puede comprobar el importante aporte de hojas y sobre todo de los granos al peso total de la planta (Anexos, imagen 4).

Figura 3: **Participación de las distintas partes de la planta en la MS total en cada momento.**



En función de las características químicas, y aplicando las ecuaciones propuestas por Ewan, citado por NRC (1998) para EB; Noblet y Perez, citados por NRC (1998), para ED; y la corrección propuesta por Noblet y Shi, citados por NRC (1998) para cerdas

adultas alimentadas de forma restringida, se puede obtener una aproximación al aporte de ED de la planta entera de sorgo dulce en cada momento.

Momento 1 = 2319 kcal ED/kg MS

Momento 2 = 2304 kcal ED/kg MS

Se puede observar que si bien algunos parámetros de calidad del alimento varían de un momento al otro, el aporte energético que podría hacer luego de diferirlo en el tiempo es similar, lo que estaría confirmando una de las hipótesis planteadas.

4.2.1.1. **Sorgo dulce con agregado de melaza**

El sorgo molido se mezcló con una solución de melaza de manera de estudiar si esto mejora la palatabilidad y por tanto el consumo. El agregado de melaza no tuvo como objetivo cambiar el contenido energético del alimento pero naturalmente, las características del sorgo molido con melaza varían respecto al sorgo sin melaza. Las mismas se presentan en la tabla siguiente.

Tabla 9: **Análisis químico del sorgo molido en M1 con el agregado de melaza.**

Fracciones	Porcentaje
MS (%)	24,0
PC	3,27
FDN	44,4
FDA	24,5
EE	0,95
C	6,1

Los cambios más importantes se reflejan en el contenido de MS el que obviamente disminuye (30 a 24%) al humedecer el material con la solución de melaza; así como la dilución de la proteína y los componentes estructurales del sorgo (FDN y FDA), los que en promedio representan el 84% del material sin melaza.

Desde el punto de vista energético, el sorgo con melaza presentaría 2535 kcal de ED/kg de MS, un 9% más que el material sin melaza.

4.2.2. **El sorgo dulce ensilado**

El ensilaje se realizó el 28 de mayo de 2008, al estado de grano pastoso – duro. Carvalho et al. citados por Ribeiro et al. (2007) consideran los estados de grano harinoso y duro son los más indicados para la producción de ensilajes de sorgo (con tenores de MS del orden del 30%) ya que se obtienen los mayores rendimientos por área cultivada; mientras que Romero et al. (2002) plantean que en fechas tardías además de aumentar el contenido de MS, los valores de FDN y FDA disminuyen y por lo tanto la digestibilidad mejora.

Tabla 10: **Análisis químico del ensilaje de sorgo dulce M81.**

MS	PC	FDN	FDA	EE	C	pH
27	5,3	53,0	29,6	3,9	7,0	4,1

Las características de las plantas al momento de ensilar son las presentadas en la tabla 8 (M1), y la partición de la MS muestra un importante aporte del peso de los granos en el total debido al avanzado estado de madurez en el que se realizó el ensilaje, si se lo compara con los valores obtenidos por Terra et al. (2006), en los que la partición de la MS presentó un 70% acumulado en los tallos, 10% en hojas y 20% en panojas, al ensilar al estado de grano lechoso – pastoso.

Las plantas muestreadas al momento de ensilar presentaron un contenido de MS de 36%, sin embargo el contenido de humedad del ensilaje fue del 27%. Esto pudo deberse a varias causas, filtraciones de agua de lluvia dentro del silo, a que las plantas colectadas en chacra previo al ensilaje no fueran representativas de todo el cultivo, o a que el material no haya podido compactarse debidamente cuando se almacenó para ensilarlo; ésto último implica que el contenido de humedad aumente debido a que el agua es uno de los productos finales cuando se producen procesos respiratorios al interior del silo. Es posible que esto no se deba a una de las tres causas sino a la sumatoria de pequeños efectos de cada una de ellas.

Conociendo el contenido de nitrógeno amoniacal ($N\text{-}NH_3$), nitrógeno insoluble en detergente ácido (NIDA) y ácido láctico se puede tener una idea de como se ha desarrollado el proceso de conservación. También es posible evaluar si el proceso se ha desarrollado satisfactoriamente si se conoce el pH del ensilaje y se lo relaciona con el contenido de MS. Ensilajes con bajos porcentajes de MS necesitan alcanzar pH menores que aseguren la correcta acidificación del medio. Existen tablas que relacionan ambos valores (Bruni, com. pers.) y las mismas consideran que ensilajes con contenidos de MS de entre 25 y 30% deben alcanzar un pH de 4,2 a 4,4 para inferir que el proceso fermentativo se llevó a cabo satisfactoriamente.

Las características organolépticas (olor, color, etc.), presencia de hongos, etc. al momento de la extracción de la muestra, así como al momento del suministro durante el tratamiento permite también caracterizar el estado de conservación del material.

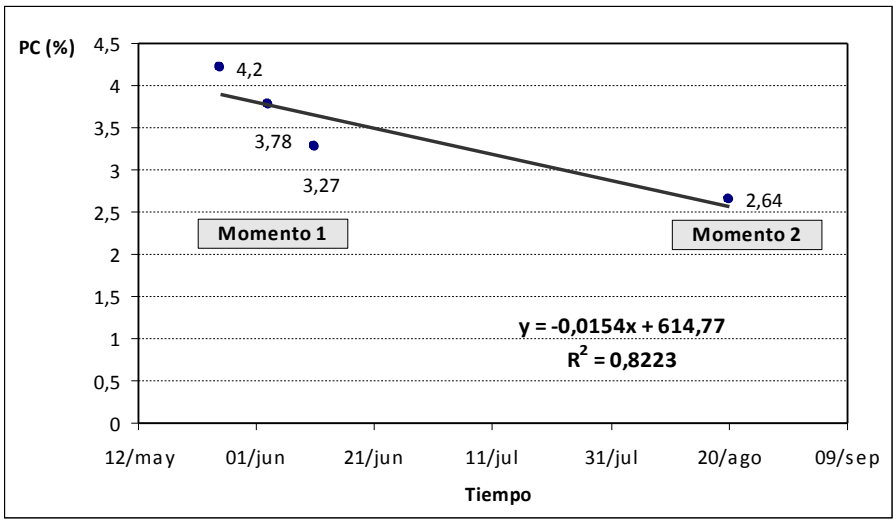
Las observaciones durante el experimento permiten afirmar que el material estaba bien conservado, no se observó presencia de hongos, presentaba olor a frutas y buen color. Así mismo el pH de 4,1 está por debajo del óptimo para el contenido de MS del ensilaje.

El ensilaje de sorgo contendría 2421 kcal de ED/kg de MS.

4.2.3. **Características químicas del sorgo dulce según el modo de conservación**

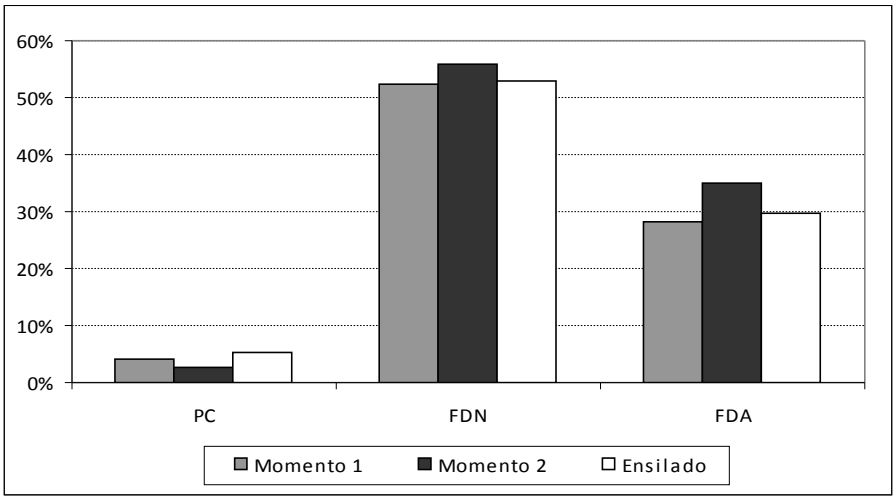
La primera observación a resaltar es la caída lineal en el contenido de PC al diferirlo en el tiempo, así como en pocos días en los sucesivas determinaciones químicas que se realizaron durante M1. El principal aporte a la PC lo representan las enzimas encargadas de la fotosíntesis por lo que es esperable que con la senescencia de las hojas el contenido de PC disminuya.

Figura 4: **Evolución del contenido de PC en el sorgo en pie.**



A continuación se presenta gráficamente como evolucionan algunos parámetros de calidad de la planta de sorgo dulce mantenida en pie en el campo y comparada con el material ensilado.

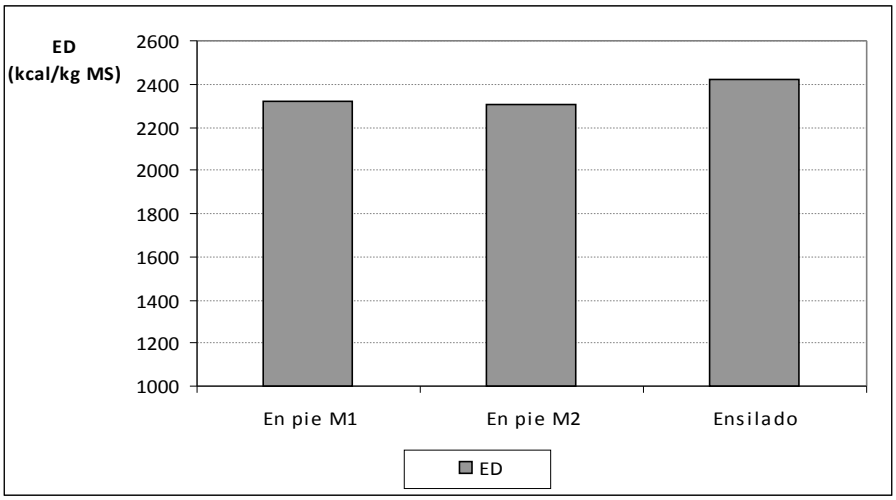
Figura 5: **PC, FDN y FDA del sorgo en pie en ambos momentos y ensilado.**



Al observar los distintos métodos de conservación evaluados se puede comprobar la ventaja que ofrece el ensilaje frente a su conservación en pie en el campo, ya que éste

mantiene contenidos de PC y componentes estructurales similares a los de la planta al final de su ciclo.

Figura 6: **ED estimada para el sorgo en pie en ambos momentos y ensilado.**



Si bien algunos parámetros de calidad (FDN, FDA, PC) del sorgo cambian de M1 a M2, así como frente al ensilaje, dichos cambios no estarían representando una variación en el contenido estimado a través de ecuaciones de ED de cada material.

4.3. CAPACIDAD PARA CUBRIR LOS REQUERIMIENTOS DE LA CERDA GESTANTE

El rechazo dejado por el animal incluía material que no fue consumido pero también material que fue masticado y luego devuelto, por lo que la composición química del rechazo varió respecto al material ofrecido (ver análisis químicos en Anexos); este aspecto hace pensar que los animales pudieron haber aprovechado de mejor forma los nutrientes ofrecidos por la caña del sorgo.

En función de lo mencionado anteriormente, y del consumo de MS obtenido en cada tratamiento, se estimó el aporte de ED (Mcal/día) que es capaz de brindar el alimento. Por otro lado, aún tratándose de un alimento con un aporte muy escaso de proteína, se

estimó teniendo en cuenta las mismas consideraciones que para la ED el aporte proteico del mismo.

Tabla 11: **Aporte a los requerimientos de la cerda gestante.**

Momento / Forma de conservación	ED			PC		
	Req. (Mcal/día)	**Aporte** (Mcal/día)	**% Req.**	**Req.** (gr/día)	**Aporte** (gr/día)	**% Req.**
M1		3.203	42%		51	20%
M2 pie	7.664	1.996	26%	250	19	8%
M2 ensilado		2.255	29%		53	21%

Como lo ilustra la tabla anterior, en función de los niveles de consumo obtenidos, el sorgo dulce en el momento 1 lograría aportar poco más del 40% de la ED y alrededor del 20% de la PC que requiere la cerda en gestación.

La práctica de diferir el cultivo en pie hacia el invierno tiene como consecuencia que pierda gran parte de su escaso contenido proteico, lo que junto a la disminución en el consumo hacen prácticamente insignificante el aporte de este nutriente en invierno. Como se planteara anteriormente (figura 6), el contenido de ED se mantendría y la disminución en su aporte se debe a la merma en el consumo cuando el cultivo se difiere.

Respecto al ensilaje, si bien tiene ventajas para conservar los nutrientes contenidos en el alimento para diferirlo hacia el invierno, los consumos obtenidos cubrirían casi un 30% de la ED requerida.

De contrastar estos resultados con los propuestos por otros autores para alimentos similares, se puede mencionar que superan a los obtenidos por Di Doménico et al. (1990) y Linari y Sahonero (1992) quienes concluyen que en cerdas gestantes es posible cubrir un 20% de los requerimientos diarios de ED el primero, y un 28% el segundo, al evaluar el consumo de sorgo forrajero en estado vegetativo.

Si bien el consumo de forraje verde fue superior en estos trabajos al obtenido en el presente (entre 4,2 y 4,8 kg/cerda/día vs. 3,0 kg/cerda/día), las diferencias en el contenido de MS entre el sorgo forrajero en estado vegetativo y el sorgo dulce al final de su ciclo (15 vs 30%), resultaron en que el consumo de MS para los trabajos

mencionados haya superado apenas los 600 gr/día, y esto explicaría las diferencias en el aporte energético. Sin embargo, el sorgo forrajero presentó un mayor contenido de PC, 14 – 15%, por lo que aún con un menor consumo de MS realizó un mayor aporte a los requerimientos de PC de la cerda.

5. **CONCLUSIONES**

1. La mayor restricción de concentrado no tuvo efecto sobre el consumo de MS de sorgo dulce.

2. El agregado de melaza tuvo un efecto depresor sobre el consumo de MS de sorgo dulce.

3. El consumo de MS del sorgo dulce según los dos momentos del año evaluados presentó diferencias, disminuyendo en M2 respecto a M1.

4. Diferir el alimento mediante la técnica de ensilaje no mejoró el consumo obtenido en M2 frente al obtenido con el alimento diferido en pie en el campo.

5. El nivel de consumo obtenido en M1 (otoño) permite que el alimento aporte el 20% de la PC y el 42% de la ED requeridos por la cerda gestante en condiciones de campo, mientras que el obtenido en M2 (invierno) permite aportar un 8% de la PC y el 26% de la ED cuando se lo difiere en pie, y el 21% de la PC y el 29% de la ED cuando se lo conserva ensilado.

6. **RESUMEN**

La cría de cerdos en Uruguay se realiza principalmente en condiciones de campo y frecuentemente se utilizan pasturas como componente de la alimentación. Con el objetivo de explorar alternativas en la alimentación de cerdos, que puedan realizar un aporte en momentos en los que las pasturas no ofrecen forraje, se realizó un experimento para evaluar el consumo por cerdas gestantes de la planta entera de sorgo dulce (*Sorghum saccharatum*, var. M81) como forraje diferido (una vez finalizado el ciclo del cultivo), según el momento del año y el modo de conservación. Se estudió además el efecto sobre el consumo de la restricción en el suministro de concentrado y el agregado de una solución de melaza como posible mejorador de la palatabilidad del material. El experimento se llevó a cabo en la Unidad de Producción de Cerdos del Centro Regional Sur de la Facultad de Agronomía de Uruguay. El mismo consistió en suministrar a voluntad la planta entera de sorgo dulce cosechada y molida al momento del suministro en dos momentos del año (M1=otoño y M2=invierno) y ensilada (únicamente en M2). Se definieron cinco tratamientos: T1 = sorgo fresco molido + 1250 gr/día de concentrado, T2 = sorgo fresco molido + 750 gr/día de concentrado, T3 = sorgo fresco molido + el agregado de melaza al 5% + 750 gr/día de concentrado, todos en M1; T4 = ídem a T2 pero en M2, y T5 = sorgo ensilado + 750 gr/día de concentrado también en M2. Cada tratamiento fue evaluado en 6 cerdas (repeticiones) las que se encontraban entre el día 38 y 76 de gestación (segundo tercio), con un peso vivo promedio de 158,4 ± 18,4 kg. Los animales fueron alojados y alimentados individualmente. El experimento constó de un período de acostumbramiento de 5 días y un período de medición del consumo de 5 días. El material se suministró en dos o tres oportunidades a lo largo del día para garantizar que estuviera siempre disponible, y el concentrado se suministró al final de la jornada. Los rechazos fueron recogidos a primera hora del día siguiente. Tanto el material ofrecido como el rechazado fueron analizados químicamente. Los datos fueron analizados con el procedimiento GLM del programa SAS. El consumo de MS promedio fue de 1137 ± 287 gr (a), 1119 ± 190 gr (a), 854 ± 222 gr (b), 669 ± 240 gr (b) y 743 ± 304 gr (b) para T1 a T5 respectivamente ($p<0,05$). Los resultados demuestran que la restricción en el concentrado no favoreció el consumo de MS, y por el contrario frente a una misma restricción el agregado de melaza lo deprimió. Diferir el material en pie deprimió el consumo debido a los cambios en su composición química, mientras que el ensilaje conservó de mejor manera los nutrientes pero no obtuvo un consumo diferente. Con estos niveles de consumo el sorgo dulce es capaz de aportar el

42% de la ED requerida por la cerda gestante en otoño, y el 26 y 29% en invierno cuando se lo difiere en pie o ensilado respectivamente.

Palabras clave: alimentos alternativos, voluminosos, cerdos a campo.

7. **SUMMARY**

Pig farming in Uruguay is carried out mainly under outdoor conditions, and pastures are often used as a component of food. In order to explore pigs feeding alternatives which can make a contribution in times that pastures do not offer forage, an experiment was conducted to assess consumption by pregnant sows of the whole plant of sweet sorghum (*Sorghum saccharatum*, br. M81) as deferred forage (once the crop cycle has finished), according to time of year and preservation method. The effect of balanced feed restriction, and the addition of a molasses solution to improve the palatability of material, was also studied. The experiment was conducted on the Pigs Production Unit, located on the Southern Regional Center of the Faculty of Agronomy of Uruguay. It consisted in offer ad libitum the entire plant of sweet sorghum, harvested and milled at the supply time, in two moments of the year (M1 = fall, M2 = winter) and ensilaged (only in M2). Five treatments were defined: T1 = milled fresh sorghum + 1250 gr/day of balanced feed, T2 = milled fresh sorghum + 750 gr/day of balanced feed, T3 = milled fresh sorghum and molasses solution added at 5% + 750 gr/day of balanced feed, all on M1; T4 = idem to T2 but in M2, and T5 = sorghum silage + 750 gr/day of balanced feed also on M2. Each treatment was evaluated in 6 sows (repetitions) that were between 38 and 76 days of gestation (second third), with an average live weight of 158.4 ± 18.4 kg. Animals were housed and fed individually. The experiment consisted in a 5 days acclimatization period, and a 5 days of consumption measurement period. The food was supplied on two or three opportunities along the day to guarantee it was always available, and the balanced feed was supplied at the end of the day. The rejected material was collected early in the morning on next day. Both the offered material as the rejected, were chemically analysed. Data were analysed with the GLM procedure of SAS software. The average DM consumption was 1137 ± 287 gr (a), 1119 ± 190 gr (a), 854 ± 222 gr (b), 669 ± 240 gr (b) and 743 ± 304 gr (b) for T1 to T5 respectively ($p<0.05$). Results shows that balanced feed restriction did not promoted DM consumption and instead, with the same restriction, the molasses addition has depressed it. Keep the crop on the field has depressed consumption due to the changes on its chemical composition, while silage preserved the nutrient content, but did not obtained differences on consumption. With these consumption levels, sweet sorghum is capable to supply 42% of required DE of the sow in fall, and 26 and 29% when it is deferred to winter, keeping the crop on the field or as a silage respectively.

Keywords: alternative feeds, bulky, outdoor pig production.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **ACOSTA, E.; RIBERA, S.; BOTERO, R.; TAYLOR, R.** 2006. Evaluación de tres raciones alternativas para la sustitución del concentrado comercial en el engorde de cerdos. (En línea). In: Tierra tropical: Sostenibilidad, Ambiente y Sociedad, Revista de la Universidad EARTH. Guácimo, Costa Rica. Consultado el 22 – 04 – 2009. Disponible en http://usi.earth.ac.cr/tierratropical/editorial_seccion.php?id=19&Id_edicion=6

2. **ADESEHINWA, A. O. K.** 2008. Energy and protein requirements of pigs and the utilization of fibrous feedstuffs in Nigeria: A review. (En línea). African Journal of Biotechnology. Vol. 7 (25): 4798 – 4806. Consultado el 4 – 12 – 2009. Disponible en http://www.academicjournals.org/AJB/PDF/pdf2008/29Dec/Adesehinwa.pdf

3. **ALMODARES, A.; HADI, M. R.** 2009. Production of bioethanol from sweet sorghum: A review. (En línea). African Journal of Agricultural Research. Vol. 4 (9): 772 – 780. Consultado el 13 – 10 – 2009. Disponible en http://www.academicjournals.org/ajar/PDF/pdf%202009/Sep/Almodares%20and%20Hadi.pdf

4. **ARENARE, L.** 2003. Producción de cerdos en Uruguay, contribución a su conocimiento. Montevideo, Uruguay; Dirección de Investigaciones Económicas Agropecuarias (DIEA), Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP). 20 pp.

5. **BARLOCCO, N.; BAUZA, R.** 2005. Líneas de acción en el GTI Porcino. (En línea). Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 5 pp. Consultado el 5 – 02 – 2009. Disponible en http://www.fagro.edu.uy/~suinos/documentos/Documento%20Marco%20GTI-Porcino.pdf

6. _____**; BATTEGAZZORE, G.; PRIMO, P.; AGUIAR, T.** 2005. Contribución a a la definición de programas de alimentación de cerdas

gestantes en condiciones de pastoreo permanente y restricción de concentrado. (En línea). Comunicado técnico en producción porcina Nº 3. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 5 pp. Consultado el 18 – 01 – 2010. Disponible en http://www.fagro.edu.uy/~suinos/biblioteca/prod_cerdos_a_campo/PCAC-Barlocco%20-%20Contribucion%20a%20def%20programas%20de%20alim%20de%20cerdas%20gestantes%20en%20pastoreo%20permanente.pdf

7. _____**.** 2007. Desarrollo de tecnologías basadas en procesos agreocológicos: una alternativa para la producción familiar. In: Memorias del IX Encuentro de Nutrición y Producción de Animales Monográficos (2007, Montevideo, Uruguay). Facultad de Agronomía. pp: 57 – 61.

8. **BATTEGAZZORE, G.** 2006. Efecto de dos sistemas de alimentación de cerdos en crecimiento-terminación en condiciones de producción a campo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 85 pp.

9. **BAUZA, R.** 2005. Utilización de pasturas en la alimentación de reproductores. In: Jornada-Taller Utilización de pasturas en la alimentación de cerdos. (2005, Montevideo, Uruguay). Facultad de Agronomía. pp: 5 – 14.

10. **BERRETTA, E.** 1996. Campo natural: valor nutritivo y manejo. En: Risso, F.; Berretta, E. y Morón, A. ed. Producción y manejo de pasturas. INIA. Serie Técnica INIA Nº 80. Montevideo, Uruguay. pp: 113 – 127.

11. **BOGGIANO, P.; ZANONIANI, R.; MILLOT, J. C.** 2005. Respuesta del campo natural a manejos con niveles crecientes de intervención. In: Risso, D.; Ayala, W.; Bermúdez, R.; Berretta. Seminario de actualización técnica en manejo de campo natural. INIA. Serie Técnica INIA Nº 151. Montevideo, Uruguay. pp: 105 – 113.

12. **BORJA, E.; MEDEL, P.** 1998. Avances en la alimentación del porcino: I. Lechones y cerdos de engorde – II. Reproductoras. (En línea). In: Rebollar, P. G.; de Blas, C.; Mateos, G. G. (editores). XIV Curso de Especialización FEDNA: Avances en Nutrición y Alimentación Animal

(1998, Barcelona, España). Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. pp: 261 – 312. Consultado el 4 – 12 – 2009. Disponible en http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/98CAPXVI.pdf

13. **BRAVO, M.; LASSO, M.; ESNAOLA, M. A.; PRESTON, T. R.** 1996. Preliminary studies on the use of chopped sugar cane stalk as the basal diet for fattening pigs. (En línea). Livestock Research for Rural Development. Vol. 8 (3). Consultado el 30 – 12 – 2009. Disponible en http://www.lrrd.org/lrrd8/3/bravo83.htm

14. **CALVERT, C. C.; STEELE, N. C.; ROSEBROUGH, R. W.** 1985. Digestibility of fiber components and reproductive performance of sows fed high levels of alfalfa meal. (En línea). Journal of Animal Science. Vol. 61 (3): 595 – 602. Consultado el 4 – 12 – 2009. Disponible en http://jas.fass.org/cgi/reprint/61/3/595.pdf

15. **CARÁMBULA, M.** 1996. Pasturas naturales mejoradas. Montevideo, Uruguay, Ed. Hemisferio Sur. 524 pp.

16. _____**.** 2007a. Verdeos de invierno. Montevideo, Uruguay. Ed. Hemisferio Sur. 178 pp.

17. _____**.** 2007b. Verdeos de verano. Montevideo, Uruguay. Ed. Hemisferio Sur. 226 pp.

18. **CARRASCO, P.** 2004a. Fisiología del rendimiento del sorgo. In: Siri (compilador). Sorgo. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. pp: 17 – 21.

19. _____**.** 2004b. Aptitud climática de Uruguay para la producción de sorgo. In: Siri (compilador). Sorgo. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. pp: 23 – 30.

20. **DANIELSON, D. M.; NOONAN, J. J.** 1975. Roughage in swine gestation diets. (En línea). Journal of Animal Science. Vol. 41 (1): 94 – 99.

Consultado el 4 – 12 – 2009. Disponible en http://jas.fass.org/cgi/reprint/41/1/94.pdf

21. **DI DOMÉNICO, L.; GONZÁLEZ, J.; RIUS, R.** 1990. Comparación de tres dotaciones de pastoreo de sorgo forrajero con cerdas gestantes. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 68 pp.

22. **DÍAZ, S.** 2008. Sistemas de producción de cerdos: Estudio para mejorar la articulación entre la oferta y la demanda por tecnologías para la cría de cerdos. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 97 pp.

23. **EPIFANIO, E.; SCALONE, J. J.** 1989. Digestibilidad del sorgo NK – Sordan en dos estados de desarrollo para cerdos adultos. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 99 pp.

24. **FASSIO, A.; COZZOLINO, D.; IBAÑEZ, W.; FERNÁNDEZ, E.** 2002. Sorgo: destino forrajero. INIA. Serie Técnica INIA Nº 127. Montevideo, Uruguay. 32 pp.

25. **FIGUEROA, V.** 1999. Producción porcina con cultivos tropicales y reciclaje de nutrientes. Maracay, Venezuela. Federación Venezolana de Porcicultura, Asociación de Productores de Cerdos del Estado Yaracuy y Fundación para la Investigación Agrícola – DANAC – Fundación Polar. 185 pp.

26. **GARCÍA, J.** 1996. Producción de forraje de pasturas cultivadas en la región litoral sur. In: Risso, F.; Berretta, E. y Morón, A. ed. Producción y manejo de pasturas. INIA. Serie Técnica INIA Nº 80. Montevideo, Uruguay. pp: 163 – 168.

27. **GARÍN, D.; VADELL, A.; BARLOCCO, N.; MARTÍNEZ, M. E.** 2003. Ingestión diaria de cerdos de dos genotipos en fase de crecimiento. (En línea). In: Jornadas Técnicas de la Facultad de Veterinaria (IV, 2003, Montevideo). 2003. IV Jornadas Técnicas de la Facultad de Veterinaria, Montevideo, Uruguay, Facultad de Veterinaria. pp: 94. Consultado el 27 – 1 – 2010. Disponible en

http://www.fagro.edu.uy/~suinos/biblioteca/nutricion/N-Garin%20-%20Ingestion%20diaria%20de%20cerdos%20de%20dos%20genotipos%20en%20fase%20de%20crecimiento.pdf

28. **GONZÁLEZ, D. A.** 2002. La caña de azúcar en la alimentación de cerdos. (En línea). Expoferia Porcinos 2002. Maracay, Venezuela. Consultado el 27 – 10 – 2009. Disponible en http://www.sian.info.ve/porcinos/eventos/expoferia2002/daniel.htm

29. **GRAHAM, H.; HESSELMAN, K.; ÅMAN, P.** 1986. The influence of wheat bran and sugar-beet pulp on the digestibility of dietary components in a cereal-based pig diet. (En línea). The Journal of Nutrition. Vol. 116 (2): 242 – 251. Consultado el 28 – 12 – 2009. Disponible en http://jn.nutrition.org/cgi/reprint/116/2/242.pdf

30. **INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE – INRA –.** 1989. L'alimentation des animaux monogastriques: porc, lapin, volailles. 2ª ed. París, Francia. INRA. 282 pp.

31. **KASS, M. L.; VAN SOEST, P. J.; POND, W. G.; LEWIS, B.; McDOWELL, R. E.** 1980. Utilization of dietary fiber from alfalfa by growing swine. I. Apparent digestibility of diet components in specific segments of the gastrointestinal tract. (En línea). Journal of Animal Science. Vol. 50 (1): 175 – 191. Consultado el 4 – 12 – 2009. Disponible en http://jas.fass.org/cgi/reprint/50/1/175.pdf

32. **LANGER, R.; HILL, G.** 1987. Plantas de interés agrícola. Ed. española. España, Acribia S.A. 386 pp.

33. **LINARI, G.; SAHONERO, P.** 1992. Evaluación de una dieta a base de granos y sorgo forrajero para cerdas en gestación. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 92 pp.

34. **MACÍAS, M.** 2008. La miel B en la alimentación porcina. (En línea). Boletín técnico porcino (Instituto de Investigaciones Porcinas, IIP) Nº 9: 10 – 11.

Consultado el 28 – 11 – 2009. Disponible en http://www.iip.co.cu/BTP/BTP9%20Mieles.pdf

35. **MAROTTA, E.; LAGRECA, L.** 2003. Determinación del requerimiento energético de la cerda reproductora mantenida a campo en base al clima y la etología. (En línea). Analecta Veterinaria, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de La Plata. Vol. 23 (2): 28 – 35. Consultado el 2 – 12 – 2009. Disponible en http://www.fcv.unlp.edu.ar/analecta/vol23n2/analecta23n2VE.pdf

36. **MARTÍNEZ, M.; ALBANO, S.** 2007. Efecto de la época de siembra, densidad y cultivar sobre la productividad de sorgo dulce. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 73 pp.

37. **MEDEROS, C. M.; FIGUEROA, V.; GARCÍA, A.; ALEMÁN, E.; MARTÍNEZ, R. M.; LY, J.** 2004. Growth performance of pigs fed hand-chopped sugar cane stalks. (En línea). Livestock Research for Rural Development. Vol. 16 (3). Consultado el 30 – 12 – 2009. Disponible en http://www.lrrd.org/lrrd16/3/med16014.htm

38. **MENA, H.; GEORGES, E.; JIMÉNEZ, R.** 1999. Sorgo forrajero dulce "El Sombrero". Posibilidades de usos. (En línea). XIV Jornadas Agronómicas de la Universidad Nacional Experimental de Táchira; Misceláneos. San Cristóbal, Venezuela. pp: 172. Consultado el 15 – 09 – 2009. Disponible en http://www.sian.inia.gob.ve/repositorio/congresos/14jornadas_agronomicas/pdf/pag_172.pdf

39. **MIERES, J. M.** (Editor técnico). 2004. Guía para la alimentación de rumiantes. INIA. Serie Técnica INIA Nº 142. Montevideo, Uruguay. 81 pp.

40. **NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC –.** 1998. Nutrient Requirements of Swine: 10th Revised Edition. (En línea). 10ª ed. Estados Unidos. The National American Press (NAP). 189 pp. Consultado el 28 – 10 – 2009. Disponible en http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=6016

41. **NOBLET, J.; ETIENNE, M.** 1987. Dépenses et besoins énergétiques de la truie au cours du cycle de reproduction. (En línea). En: 19es Journées de la Recherche Porcine. (19ª, 1987, París, Francia). Institut Technique du Porc (ITP), Institut National de la Recherche Agronomique (INRA). pp: 197 – 202. Consultado el 3 – 12 – 2009. Disponible en http://www.journees-recherche-porcine.com/texte/1987/87txtAlim/A8701.pdf

42. _____; **DOURMAD, J. Y.; ETIENNE, M.** 1990. Energy utilization in pregnant and lactating sows: modeling of energy requirements. (En línea). Journal of Animal Science. Vol. 68 (2): 562 – 572. Consultado el 2 – 12 – 2009. Disponible en http://jas.fass.org/cgi/reprint/68/2/562.pdf

43. _____; **PEREZ, J. M.** 1993. Prediction of digestibility of nutrients and energy values of pig diets from chemical analysis. (En línea). Journal of Animal Science. Vol. 71 (12): 3389 – 3398. Consultado el 30 – 11 – 2009. Disponible en http://jas.fass.org/cgi/reprint/71/12/3389.pdf

44. **PARÉS, R.; JUÁREZ, A.** 1997. Bioquímica de los microorganismos. 1ª reimpresión. España, Ed. Reverté. 404 pp.

45. **PARSI, J.; GODIO, L.; MIAZZO, R.; MAFFIOLI, R.; ECHEVARRÍA, A.; PROVENSAL, P.** 2001. Valoración nutritiva de los alimentos y formulación de dietas. (En línea). Cursos de producción animal. Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. Río Cuarto, Argentina. 32 pp. Consultado el 12 – 06 – 2009. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/16-valoracion_nutritiva_de_los_alimentos.pdf

46. **PÉREZ, R.** 1997. Feeding pigs in the tropics. (En línea). FAO. Animal Production and Health papers, Vol. 132. Roma. Consultado el 22 – 04 – 2009. Disponible en http://www.fao.org/docrep/003/w3647e/w3647e00.HTM

47. **POLLMANN, D. S.; DANIELSON, D. M.; CRENSHAW, M. A.; PEO, E. R. Jr.** 1981. Long-term effects of dietary additions of alfalfa and tallow on sow reproductive performance. (En línea). Journal of Animal Science. Vol. 51 (2): 294 – 299. Consultado el 4 – 12 – 2009. Disponible en http://jas.fass.org/cgi/reprint/51/2/294.pdf

48. **POND, W. G.** 1987. Thoughts on fiber utilization in swine. (En línea). Journal of Animal Science. Vol. 65 (2): 497 – 499. Consultado el 28 – 10 – 2009. Disponible en http://jas.fass.org/cgi/reprint/65/2/497

49. **RAMONET, Y.; MEUNIER-SALAUN, M. C.; DOURMAD, J. Y.** 1999. High-fiber diets in pregnant sows: digestive utilization and effects on the behavior ofthe animals. (En línea). Journal of Animal Science. Vol. 77 (3): 591 – 599. Consultado el 4 – 12 – 2009. Disponible en http://jas.fass.org/cgi/content/abstract/77/3/591

50. **REDDY, B. V. S.; RAMESH, S.; SANJANA, P.; ASHOK, A.; SHARMA, K. K.; KARUPPAN, S. M.; PALANISWAMY, A. R.** 2007. Sweet Sorghum: Food, Feed, Fodder and Fuel Crop. (En línea). Patancheru, India. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT). 24 pp. Consultado el 13 – 10 – 2009. Disponible en http://www.icrisat.org/Biopower/BVSReddyetalSweetSorghumBrochureJan2007.pdf

51. _____**; ASHOK, A.; DAR, W. D.** 2008. Overview of sweet sorghum breeding at ICRISAT: Opportunities and constraints. (En línea). Patancheru, India. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT). 3 pp. Consultado el 13 – 10 – 2009. Disponible en http://www.ifad.org/events/sorghum/b/Reddy.pdf

52. **RENTERIA-FLORES, J. A.; JOHNSTON, L. J.; SHURSON, G. C.; GALLAHER, D. D.** 2008. Effect of soluble and insoluble fiber on energy digestibility, nitrogen retention, and fiber digestibility of diets fed to gestating sows. (En línea). Journal of Animal Science. Vol. 86 (10): 2568 – 2575. Consultado el 8 – 12 – 2009. Disponible en http://jas.fass.org/cgi/reprint/86/10/2568.pdf

53. **RIBEIRO, L. G.; RODRIGUEZ, N. M.; GONÇALVES, L. C.; ANANIAS, D.** 2007. Consideraciones sobre ensilajes de sorgo. (En línea). In: Jornada sobre producción y utilización de ensilajes (2007, Bahía Blanca, Brasil). Universidad Nacional del Sur. pp: 51 – 68. Consultado el 2 – 07 – 2009. Disponible en http://www.cpatsa.embrapa.br/public_eletronica/downloads/OPB1703.pdf

54. **ROMERO, L.; BRUNO, O.; COMERÓN E.; GAGGIOTTI, M.** 2002. Efecto del momento de corte sobre la producción y la calidad de un sorgo forrajero azucarado para silaje. (En línea). INTA, Argentina. Consultado el 28 – 11 – 2009. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_silos/16-efecto_momento_de_corte_sorgo_azucarado_para_silaje.htm

55. **SIRI, G.; ERNST, O.; MARTÍNEZ, M.; ALBANO, S.** 2006. Productividad del sorgo dulce para la producción de etanol según variedad, época de siembra y población en el noreste uruguayo. (En línea). Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Uruguay. 10 pp. Consultado el 26 – 11 – 2009. Disponible en http://www.iica.org.uy/data/documentos/261234.pdf

56. **SKERMAN, P.; RIVEROS, F.** 1992. Gramíneas tropicales. Colección FAO: Producción y protección vegetal, Nº 23. Roma, Italia. FAO. 849 pp.

57. **TERRA, J. A.; MACEDO, R.; CORREA. J. M.** 2006. Evaluación preliminar de materiales de sorgo azucarado bajo distintas alternativas de manejo de suelos en un argisol del este. In: Cultivos de verano; resultados experimentales 2005-2006. (En línea). INIA. Actividades de Difusión INIA Nº 461. Montevideo, Uruguay. pp: 3 – 17. Consultado el 5 – 11 – 2009. Disponible en http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/ad/ad_461.pdf

58. **TOMMASINO, H.; BRUNO, Y.** 2005. Algunos elementos para la definición de productores familiares, medios y grandes. (En línea). In: Anuario 2005 de

la Oficina de Programación y Política Agropecuaria (OPYPA), MGAP. Consultado el 30 – 10 – 2009. Disponible en http://www.mgap.gub.uy/opypa/ANUARIOS/Anuario05/TemasdePol%C3%ADtica/bases%20prod%20famil.pdf

59. **URUGUAY. MINISTERIO DE GANADERÍA, AGRICULTURA Y PESCA. DIRECCIÓN DE ESTADÍSTICAS AGROPECUARIAS (DIEA)**. 2000. Sistema de Información del Censo General Agropecuario (SICA), versión 2.0. Montevideo.

60. _____**.** 2006. Encuesta porcina 2006, caracterización de la situación productiva, tecnológica, comercial y social del sector porcino (FPTA-170). Montevideo, Uruguay. 75 pp.

61. **VADELL, A.** 1999. Producción de cerdos a campo en un sistema de mínimos costos. (En línea). In: Memorias del V Encuentro de Nutrición y Producción de Animales Monográficos (1999, Maracay, Venezuela). Consultado el 2 – 02 – 2009. Disponible en http://www.fagro.edu.uy/~suinos/biblioteca/prod_cerdos_a_campo/PCAC-Vadell%20-%20Produccion%20de%20cerdos%20a%20campo%20en%20un%20sistema%20de%20minimos%20costos.pdf

62. _____**.** 2005. La producción de cerdos al aire libre en Uruguay. (En línea). In: Libro de Sistemas integrados de producción con no rumiantes, VIII Encuentro de Nutrición y Producción de Animales Monogástricos (2005, Guanare, Portuguesa, Venezuela). UNELLEZ, Guanare, Venezuela. pp: 4 – 12. Consultado el 2 – 02 – 2009. Disponible en http://www.fagro.edu.uy/~suinos/biblioteca/prod_cerdos_a_campo/PCAC-Vadell%20-%20La%20produccion%20de%20cerdos%20al%20aire%20libre%20en%20Uruguay.pdf

63. **VAREL, V. H.** 1987. Activity of fiber-degrading microorganisms in the pig large intestine. (En línea). Journal of Animal Science. Vol. 65 (2): 488 – 496. Consultado el 24 – 04 – 2009. Disponible en http://jas.fass.org/cgi/reprint/65/2/488.pdf

64. **VILARÓ, D.** 2008. Evaluación de sorgo para silo zafra 2007/08. (En línea). Evaluación de cultivares, INIA La Estanzuela. Uruguay. Consultado el 28 – 10 – 2009. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/sf/ss07.htm

65. **VIÑOLES, C.; BANCHERO, G.; QUINTANS, G.; PÉREZ CLARIGET, R.; SOCA, P.; UNGERFELD, R.; BIELLI, A.; FERNÁNDEZ ABELLA, D.; FORMOSO, D.; PEREIRA MACHÍN, M.; MEIKLE, A.** 2009. Estado actual de la investigación vinculada a la Producción Animal Limpia, Verde y Ética en Uruguay. Agrociencia. Vol. 13 (3): 59 – 79.

66. **ZANONIANI, R.** 2000. Consideraciones a tener en cuenta en la elección de verdeos de invierno. Revista Cangüé (18): 22 – 26.

9. **ANEXOS**

9.1. **ANÁLISIS QUÍMICOS**

Tabla 12: **Análisis químicos para el alimento ofrecido y rechazo de cada tratamiento.**

Identificación de la muestra	MS* (%)	PC (%)	FDNcc (%)	FDAcc (%)	EE (%)	C (%)	pH
Ensilaje sorgo dulce var. Topper	32,34	6,02	43,92	23,65	0,58	5,72	4,24
Ensilaje sorgo dulce var. Theis	30,04	4,50	47,75	30,09	3,98	4,75	4,28
Ensilaje sorgo dulce var. M81 (Ofrecido T5)	26,67	5,27	53,00	29,62	3,91	6,99	4,05
Ensilaje sorgo dulce var. Della	27,41	5,66	54,45	31,26	1,62	5,22	4,24
Ofrecido T1	91,01	4,20	53,20	29,09	0,47	6,80	
Rechazo T1	90,35	3,64	67,65	34,67	0,30	8,39	
Ofrecido T2	85,48	3,78	51,32	27,52	0,61	5,58	
Rechazo T2	89,30	4,04	68,17	39,70	2,16	6,45	
Ofrecido T3	88,39	3,27	44,40	24,49	0,95	6,07	
Rechazo T3	89,67	3,62	70,59	40,82	1,78	5,68	
Ofrecido T4	95,68	2,64	55,85	34,87	0,84	5,12	
Rechazo T4	95,79	2,74	65,28	40,87	1,02	6,87	
Rechazo T5	96,74	3,66	67,82	42,91	1,96	7,82	

Fuente: Laboratorio de Nutrición Animal, Facultad de Agronomía.

* - Excepto los ensilajes el resto de las muestras fueron enviadas al laboratorio luego de haber sido secadas a 60°C, por lo que el %MS que se presenta es la diferencia entre la muestra seca a 60°C y a 105°C.

9.2. **DATOS**

Tabla 13: **Datos analizados.**

Obs	trat	anim	pv	dias	rest	cons	pp
1	1	59	178	1	50%	1364,92	0,00
2	1	59	178	2	50%	834,31	0,50
3	1	59	178	3	50%	1369,67	0,50
4	1	59	178	4	50%	1001,91	0,00
5	1	483	153	1	50%	1318,82	0,00
6	1	483	153	2	50%	814,58	0,50
7	1	483	153	3	50%	1506,99	0,50
8	1	483	153	4	50%	1104,09	0,00
9	1	749	142	1	50%	1291,82	0,00
10	1	749	142	2	50%	877,20	0,50
11	1	749	142	3	50%	1560,81	0,50
12	1	749	142	4	50%	1087,04	0,00
13	1	1385	134	1	50%	1251,98	0,00
14	1	1385	134	2	50%	730,66	0,50
15	1	1385	134	3	50%	1368,45	0,50
16	1	1385	134	4	50%	831,41	0,00
17	1	494	182	1	50%	1147,16	0,00
18	1	494	182	2	50%	740,17	0,50
19	1	494	182	3	50%	1350,62	0,50
20	1	494	182	4	50%	662,46	0,00
21	1	1408	173	1	50%	1358,41	0,00
22	1	1408	173	2	50%	791,92	0,50
23	1	1408	173	3	50%	1588,68	0,50
24	1	1408	173	4	50%	1141,77	0,00
25	2	59	178	1	30%	920,18	0,25
26	2	59	178	2	30%	994,37	0,50
27	2	59	178	3	30%	1018,43	0,25
28	2	59	178	4	30%	852,08	0,00
29	2	59	178	5	30%	1184,03	0,25
30	2	483	153	1	30%	1293,83	0,25
31	2	483	153	2	30%	1375,06	0,50
32	2	483	153	3	30%	1289,96	0,25
33	2	483	153	4	30%	1130,94	0,00
34	2	483	153	5	30%	1182,58	0,25
35	2	749	142	1	30%	1406,98	0,25
36	2	749	142	2	30%	1266,22	0,50
37	2	749	142	3	30%	1265,00	0,25
38	2	749	142	4	30%	1202,12	0,00
39	2	749	142	5	30%	1152,63	0,25
40	2	1385	134	1	30%	1192,55	0,25
41	2	1385	134	2	30%	1063,77	0,50
42	2	1385	134	3	30%	991,88	0,25
43	2	1385	134	4	30%	981,56	0,00
44	2	1385	134	5	30%	1200,23	0,25
45	2	494	182	1	30%	1008,37	0,25
46	2	494	182	2	30%	912,26	0,50
47	2	494	182	3	30%	951,11	0,25
48	2	494	182	4	30%	553,40	0,00
49	2	494	182	5	30%	824,20	0,25
50	2	1408	173	1	30%	1389,01	0,25
51	2	1408	173	2	30%	1179,53	0,50
52	2	1408	173	3	30%	1197,27	0,25
53	2	1408	173	4	30%	1095,32	0,00
54	2	1408	173	5	30%	1246,69	0,25
55	3	867	185	1	30%	838,45	0,00
56	3	867	185	2	30%	982,01	0,00
57	3	867	185	3	30%	708,72	0,00
58	3	867	185	4	30%	717,51	12,16

59	3	483	153	1	30%	1233,94	0,00
60	3	483	153	2	30%	1039,27	0,00
61	3	483	153	3	30%	801,84	0,00
62	3	483	153	4	30%	715,94	12,16
63	3	749	142	1	30%	780,77	0,00
64	3	749	142	2	30%	1209,23	0,00
65	3	749	142	3	30%	974,46	0,00
66	3	749	142	4	30%	829,82	12,16
67	3	1385	134	1	30%	1090,45	0,00
68	3	1385	134	2	30%	815,85	0,00
69	3	1385	134	3	30%	630,76	0,00
70	3	1385	134	4	30%	744,13	12,16
71	3	1368	152	1	30%	1186,19	0,00
72	3	1368	152	2	30%	985,77	0,00
73	3	1368	152	3	30%	298,88	0,00
74	3	1368	152	4	30%	633,09	12,16
75	3	1255	154	1	30%	1014,55	0,00
76	3	1255	154	2	30%	1083,70	0,00
77	3	1255	154	3	30%	685,31	0,00
78	3	1255	154	4	30%	702,58	12,16
79	4	1266	138	1	30%	498,90	15,49
80	4	1266	138	2	30%	601,84	0,25
81	4	1266	138	3	30%	717,91	0,00
82	4	1266	138	4	30%	826,82	0,00
83	4	1266	138	5	30%	660,46	8,81
84	4	1411	153	1	30%	766,32	15,49
85	4	1411	153	2	30%	689,20	0,25
86	4	1411	153	3	30%	394,30	0,00
87	4	1411	153	4	30%	686,75	0,00
88	4	1411	153	5	30%	691,22	8,81
89	4	722	153	1	30%	1040,73	15,49
90	4	722	153	2	30%	916,36	0,25
91	4	722	153	3	30%	691,22	0,00
92	4	722	153	4	30%	886,70	0,00
93	4	722	153	5	30%	975,00	8,81
94	4	7	186	1	30%	477,18	0,00
95	4	7	186	2	30%	356,97	4,26
96	4	7	186	3	30%	452,85	15,53
97	4	7	186	4	30%	708,90	0,00
98	4	7	186	5	30%	871,79	0,25
99	4	1217	149	1	30%	479,39	0,00
100	4	1217	149	2	30%	560,16	4,26
101	4	1217	149	3	30%	580,09	15,53
102	4	1217	149	4	30%	490,73	0,00
103	4	1217	149	5	30%	1078,44	0,25
104	4	782	173	1	30%	1446,87	0,00
105	4	782	173	2	30%	778,44	4,26
106	4	782	173	3	30%	658,15	15,53
107	4	782	173	4	30%	839,96	0,00
108	4	782	173	5	30%	1088,65	0,25
109	5	57	190	1	30%	255,13	15,49
110	5	57	190	2	30%	69,23	0,25
111	5	57	190	3	30%	64,50	0,00
112	5	57	190	4	30%	70,74	0,00
113	5	57	190	5	30%	252,05	8,81
114	5	7	186	1	30%	690,84	15,49
115	5	7	186	2	30%	649,41	0,25
116	5	7	186	3	30%	360,33	0,00
117	5	7	186	4	30%	422,11	0,00
118	5	7	186	5	30%	410,20	8,81
119	5	1222	139	1	30%	848,59	15,49
120	5	1222	139	2	30%	744,60	0,25
121	5	1222	139	3	30%	645,70	0,00
122	5	1222	139	4	30%	717,51	0,00
123	5	1222	139	5	30%	586,89	8,81
124	5	1266	138	1	30%	962,02	0,00

125	5	1266	138	2	30%	829,99	4,26
126	5	1266	138	3	30%	742,15	15,53
127	5	1266	138	4	30%	893,82	0,00
128	5	1266	138	5	30%	976,20	0,25
129	5	1411	153	1	30%	798,33	0,00
130	5	1411	153	2	30%	660,57	4,26
131	5	1411	153	3	30%	856,57	15,53
132	5	1411	153	4	30%	864,67	0,00
133	5	1411	153	5	30%	829,08	0,25
134	5	101B	147	1	30%	1025,22	0,00
135	5	101B	147	2	30%	938,80	4,26
136	5	101B	147	3	30%	965,77	15,53
137	5	101B	147	4	30%	1075,96	0,00
138	5	101B	147	5	30%	1061,59	0,25

Class Level Information

Class	Levels	Values
trat	5	1 2 3 4 5
dias	5	1 2 3 4 5
anim	18	1385 867 101B 1217 1222 1255 1266 1368 1408 1411 483 494 57 59 7 722 749 782

Donde:

Obs = Observación (medición del consumo)
trat = Tratamiento
anim = Identificación del animal
pv = Peso vivo del animal al inicio del tratamiento
dias = Día dentro del tratamiento
rest = Restricción de concentrado (el porcentaje significa el aporte del concentrado a los requerimientos)
cons = Y (consumo)
pp = Precipitación diaria

9.3. **ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Effect	DF	DF	F Value	Pr > F
trat	4	99	12,51	<,0001
dias(trat)	18	99	8,57	<,0001

Effect=trat Method=Tukey-Kramer(P<0,05) Set=1

Obs	trat	dias	Estimate	Standard Error	Letter Group
1	1	_	1137,16	71,5671	A
2	2	_	1118,88	70,4891	A
3	3	_	854,15	70,6247	B
4	5	_	743,31	69,8189	B
5	4	_	668,64	69,8183	B

Effect=dias(trat) Method=Tukey-Kramer(P<0,05) Set=2

Effect	trat	dias	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > |t|
trat	1		1137,16	71,5671	99	15,89	<,0001
trat	2		1118,88	70,4891	99	15,87	<,0001
trat	3		854,15	70,6247	99	12,09	<,0001
trat	4		668,64	69,8183	99	9,58	<,0001
trat	5		743,31	69,8189	99	10,65	<,0001
dias(trat)	1	1	1297,01	86,1330	99	15,06	<,0001
dias(trat)	1	2	806,30	86,1330	99	9,36	<,0001
dias(trat)	1	3	1465,70	86,1330	99	17,02	<,0001
dias(trat)	1	4	979,61	86,1330	99	11,37	<,0001
dias(trat)	2	1	1209,98	86,1330	99	14,05	<,0001
dias(trat)	2	2	1140,03	86,1330	99	13,24	<,0001
dias(trat)	2	3	1127,10	86,1330	99	13,09	<,0001
dias(trat)	2	4	977,40	86,1330	99	11,35	<,0001
dias(trat)	2	5	1139,89	86,1330	99	13,23	<,0001
dias(trat)	3	1	1015,57	85,3516	99	11,90	<,0001
dias(trat)	3	2	1010,82	85,3516	99	11,84	<,0001
dias(trat)	3	3	674,84	85,3516	99	7,91	<,0001
dias(trat)	3	4	715,36	85,3516	99	8,38	<,0001
dias(trat)	4	1	723,12	85,5849	99	8,45	<,0001
dias(trat)	4	2	588,72	85,5849	99	6,88	<,0001
dias(trat)	4	3	520,65	85,5849	99	6,08	<,0001
dias(trat)	4	4	678,20	85,5849	99	7,92	<,0001
dias(trat)	4	5	832,49	85,5849	99	9,73	<,0001
dias(trat)	5	1	840,37	85,5854	99	9,82	<,0001
dias(trat)	5	2	702,71	85,5854	99	8,21	<,0001
dias(trat)	5	3	682,85	85,5854	99	7,98	<,0001
dias(trat)	5	4	727,57	85,5854	99	8,50	<,0001
dias(trat)	5	5	763,02	85,5854	99	8,92	<,0001

Differences of Least Squares Means

Effect	trat	dias	_trat	_dias	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > |t|	Adjustment
trat	1	2			18,2751	37,1245	99	0,49	0,6236	Tukey-Kramer
trat	1	3			283,01	49,5950	99	5,71	<,0001	Tukey-Kramer
trat	1	4			468,52	99,9345	99	4,69	<,0001	Tukey-Kramer

trat	1	5	393,85	99,9291	99	3,94	0,0002	Tukey-Kramer
trat	2	3	264,73	48,0263	99	5,51	<,0001	Tukey-Kramer
trat	2	4	450,24	99,1654	99	4,54	<,0001	Tukey-Kramer
trat	2	5	375,57	99,1599	99	3,79	0,0003	Tukey-Kramer
trat	3	4	185,51	99,2705	99	1,87	0,0646	Tukey-Kramer
trat	3	5	110,84	99,2662	99	1,12	0,2669	Tukey-Kramer
trat	4	5	-74,6699	47,3436	99	-1,58	0,1179	Tukey-Kramer

Differences of Least Squares Means

Effect	trat	dias	_trat	_dias	Adj P
trat	1		2		0,9879
trat	1		3		<,0001
trat	1		4		<,0001
trat	1		5		0,0014
trat	2		3		<,0001
trat	2		4		0,0002
trat	2		5		0,0024
trat	3		4		0,3410
trat	3		5		0,7974
trat	4		5		0,5155

---------- Effect=dias(trat) Method=Tukey-Kramer(P<0,05) Set=2 ----------

Obs	trat	dias	Estimate	Standard Error	Letter Group
6	1	3	1465,70	86,1330	A
7	1	1	1297,01	86,1330	AB
8	2	1	1209,98	86,1330	ABC
9	2	2	1140,03	86,1330	BCD
10	2	5	1139,89	86,1330	BCD
11	2	3	1127,10	86,1330	BCDE
12	3	1	1015,57	85,3516	BCDEF
13	3	2	1010,82	85,3516	BCDEF
14	1	4	979,61	86,1330	CDEFG
15	2	4	977,40	86,1330	CDEFG
16	5	1	840,37	85,5854	CDEFG
17	4	5	832,49	85,5849	CDEFG
18	1	2	806,30	86,1330	FGH
19	5	5	763,02	85,5854	CDEFGH
20	5	4	727,57	85,5854	DEFGH
21	4	1	723,12	85,5849	DEFGH
22	3	4	715,36	85,3516	GH
23	5	2	702,71	85,5854	DEFGH
24	5	3	682,85	85,5854	EFGH
25	4	4	678,20	85,5849	EFGH
26	3	3	674,84	85,3516	GH
27	4	2	588,72	85,5849	FGH
28	4	3	520,65	85,5849	H

Covariance Parameter Estimates

Cov Parm	Estimate	Standard Error	Z Value	Pr Z
anim	35782	14632	2,45	0,0072
Residual	18376	2621,89	7,01	<,0001

9.4. **FOTOGRAFÍAS**

Imagen 1: **Comedero con plataforma en el que se suministró el alimento.**

Imagen 2: **Molino utilizado para moler la caña de sorgo.**

Imagen 3: **Proceso de almacenaje del sorgo dulce para ensilar.**

Imagen 4: **Cultivo de sorgo dulce previo al ensilaje (momento 1).**

Imagen 5: **Rutina del experimento.**

Imagen 6: **Cultivo de sorgo dulce.**

9.5. **OTROS ASPECTOS A CONSIDERAR**

En este capítulo se desean presentar y analizar los costos en los que se debe incurrir para obtener un kilo de MS de sorgo dulce molido, así como discutir otras posibles alternativas. Se incluye este capítulo en los anexos debido a que el planteo escapa de los límites de un trabajo científico, pero se entiende que resulta interesante aportar algún dato más sobre las ventajas y desventajas de este alimento.

Tabla 14: **Costo del cultivo de sorgo dulce (con laboreo convencional).**

Laboreos	**Nº de labores / litros**	**Valor unit. (U$S)**	**Total (U$S)**
Excéntrica	2	28,9	57,8
Gasoil excéntrica	32	1,4	44,7
Disquera liviana	1	25,5	25,5
Gasoil disquera	14	1,4	19,6
Siembra (en líneas)	1	36	36
Gasoil siembra	12	1,4	16,8
Aplicación herbicida	1	12	12
Gasoil pulverización	3	1,4	4,2
	Total laboreos (U$S/ha)		**217**

Laboreos	**Dosis**	**Valor unit. (U$S)**	**Total (U$S)**
Semilla (kg/ha)	6	10	60
Fertilizante binario 20/40 (ton/ha)	0,1	505	50,5
Herbicida Atrazina (lt/ha)	2,5	3,57	8,9
	Total laboreos (U$S/ha)		**119**

COSTO TOTAL DE IMPLANTACIÓN (U$S/ha)	**336**

* - Tipo de cambio al 23 de enero de 2010: 19,9.

Tabla 15: **Costo de la molienda.**

Concepto	
Rendimiento estimado (kg MV/ha)	55.000
Pérdidas al cosechar y moler	5%
Rendimiento sorgo molido	52.250
Rendimiento del molino (kg/h)	360
Consumo gasoil molino (lt/h)	7
Costo gasoil ($U/lt)	27,8
Costo molido ($U/kg MV)	0,54

Tabla 16: **Costo final del kg de MS de sorgo molido.**

Concepto	Costo en $U	Costo en U$S*	Costo relativo
Costo sorgo (por kg MV)	0,13	0,006	19%
Costo molienda (por kg MV)	0,54	0,027	81%
Costo del sorgo molido (por kg MV)	0,67	0,034	100%
Costo del sorgo molido ($U/kg MS)	**2,28**	**0,114**	

* - Tipo de cambio al 23 de enero de 2010: 19,9.

Un primer aspecto a destacar es que sin duda el sorgo dulce es un cultivo capaz de producir un alimento de muy bajo costo (0,022 U$S/kg MS).

Por otro lado, el planteo utilizado para suministrar el alimento en el experimento propone moler la planta de sorgo, aspecto que tiene en principio dos implicancias claras; por un lado, procesar el material de esa manera multiplica el costo del alimento por cinco (colocándose en el entorno del 74% del valor del grano de sorgo – BS –), y por el otro, a la luz de los resultados obtenidos, la presentación del alimento molido podría no ser la más adecuada para lograr un aceptable consumo de MS frente a otra forma de presentación como lo es la caña trozada, así lo demuestran los trabajos de Mederos et al, (2004).

Frente a este escenario se pueden plantear en principio dos alternativas que permitan explotar las ventajas que presenta el cultivo en cuanto al volumen de alimento que produce y su valor nutritivo.

La primera es eliminar la molienda y ofrecerlo a los cerdos troceado con machete. Esto permitiría seguir manteniendo el bajo costo del alimento, y de acuerdo a la bibliografía consultada (Mederos et al., 2004) se podría lograr un mejor aprovechamiento por los animales. Cabe aclarar que al sustituir la molienda por el troceado a machete se incurriría en el costo del trabajo que destinaría el productor a esta tarea, el que será necesario evaluar.

Un aspecto que refuerza la idea de no utilizar la molienda se ilustra en la tabla siguiente.

Tabla 17: **Costo por Mcal de ED del sorgo molido y sin moler vs. el grano de sorgo.**

Alternativa	$U/kg MS	Mcal ED/kg MS	U$/Mcal ED	Costo relativo
Sorgo dulce sin moler	0,022	2314	0,009	19%
Sorgo dulce molido	0,114	2314	0,049	100%
Grano de sorgo	0,155	3130	0,049	100%

La segunda alternativa implica procesar el alimento pero mejorar entonces sus características. Para esto podría evaluarse cambiar la molienda por la extracción de su jugo mediante un trapiche. Implicaría incurrir en el costo de utilización del trapiche (posiblemente similar al molino) pero se trataría de suministrar el jugo solamente y no la planta entera. Según la literatura el jugo llega a representar el 50% del peso total del tallo (Martínez y Albano, 2007), por lo que sigue siendo una alternativa interesante en función de los rendimientos capaces de obtener con el cultivo, y evidentemente mejoraría la utilización por parte de los animales.

Esta última alternativa tiene por delante la evaluación de hasta que momento del otoño – invierno es viable realizar la extracción, en la medida que la calidad del jugo va declinando; así como las limitantes en la conservación, para lo que existen datos en la bibliografía (Bobadilla y Preston, 1981; citados por González, 2002).