

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**POTENCIAL DE LA DEGRADABILIDAD DE LA PARED CELULAR  
COMO PREDICTOR DE LA INGESTIBILIDAD DE ENSILADOS DE  
CULTIVOS DE VERANO**

**por**

**Alvaro Fabrizio MAZZILLI EMED**

**Agustín PRUDENZA UGARTEMENDIA**

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

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2013**

Tesis aprobada por:

---

Ing. Agr. Ana Bianco

---

Ing. Agr. Laura Astigarraga

---

Ing. Agr. Yamandú Acosta

Fecha: 25 de noviembre de 2013

Autores:

---

Alvaro Fabrizio Mazzilli Emed

---

Agustín Prudenza Ugartemendía

## **AGRADECIMIENTOS**

A nuestra directora de tesis Ing. Agr. Ana Bianco por la guía y el apoyo brindado para este trabajo.

A Dana por su colaboración en CRS durante la realización del trabajo de campo.

Al personal del laboratorio de nutrición en Montevideo por prestarnos las instalaciones para realizar nuestras tareas.

A nuestras familias, y amigos por el apoyo en estos años de carrera.

**A NUESTRA FAMILIA Y AMIGOS**

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
DEDICATORIA.....	IV
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VIII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....	2
2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	2
2.1.1. <u>Caracterización de materiales</u> .....	2
2.1.2. <u>Características de maíz y sorgo</u> .....	5
2.2. DEGRADACIÓN RUMINAL Y DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA.....	10
2.3. CONSUMO.....	13
2.3.1. <u>Factores que afectan el consumo voluntario</u> .....	16
2.3.1.1. Tamaño corporal.....	16
2.3.1.2. Estado fisiológico.....	16
2.3.1.3. Condición corporal.....	16
2.3.1.4. Suplementación.....	16
2.3.1.5. Preferencia.....	17
2.3.1.6. Disponibilidad de forraje.....	17
2.3.2. <u>Factores inherentes a la dieta</u> .....	17
2.3.3. <u>Energía</u> .....	18

2.3.4. <u>Proteína</u> .....	19
2.3.5. <u>Fibra detergente neutro</u> .....	20
2.3.6. <u>Agua</u> .....	20
2.3.7. <u>Minerales y vitaminas</u> .....	21
2.3.8. <u>Palatabilidad</u> .....	21
2.3.9. <u>Forma física de la dieta</u> .....	22
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	24
3.1. LOCALIZACIÓN.....	24
3.2. INFORMACIÓN DE LOS ENSILADOS.....	24
3.3. TÉCNICA DE ANÁLISIS.....	30
3.2.1. <u>Preparación de la muestra</u> .....	30
3.2.2. <u>Elaboración de las bolsas</u> .....	30
3.4. ANIMALES.....	31
3.5. INCUBACIÓN EN RUMEN.....	31
3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	32
3.7. ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES.....	33
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....	34
4.1. PARÁMETROS.....	34
4.2. ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES.....	35
5. <u>CONCLUSIONES</u> .....	39
6. <u>RESUMEN</u> .....	40
7. <u>SUMMARY</u> .....	41

8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	42
9. <u>ANEXOS</u> .....	44

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Producción de materia seca de algunos forrajes de uso común en el trópico.....	7
2. Composición química de los ensilados.....	25
3. Tipo de alimento y valores de digestibilidad.....	27
4. Información sobre consumo y digestibilidad de los tratamientos evaluados.....	29
5. Resultados de los parámetros a, b, c y L de la degradabilidad de la MS.....	34
6. Resultados de los parámetros a, b c y L de la degradabilidad de la FDN.....	35
7. Correlaciones entre la MS desaparecida y el consumo y de la FDN desaparecida y el consumo a diferentes tiempo de Incubación.....	37
Figura No.	
1. Variación en la calidad nutritiva de ensilajes de maíz en función del estado de madurez. DAMS= digestibilidad aparente de la materia seca.....	4
2. Evolución de la calidad nutritiva del sorgo granífero con el avance en el estadio de madurez.....	4



3. Proporción de las pérdidas de MS por cosecha y almacenaje para diferentes tipos de conservación.....	6
4. Cinética de la degradación ruminal del grano de cebada y maíz.	11
5. Proporción de materia seca efectivamente degradada en el rumen (PDR %MS).....	36
6. Proporción de FDN efectivamente degradada en el rumen (PDR %FDN).....	36
7. Degradación teórica ruminal de MS en el tiempo.....	38
8. Degradación teórica ruminal de FDN en el tiempo.....	38

## **1. INTRODUCCIÓN**

En sistemas productores de carne y leche, la demanda de alimentos es permanente y creciente, y esa estacionalidad en oferta de forraje que producen las pasturas o verdeos, debe ser amortiguada con el uso de suplementos que aporten volumen, calidad o ambos, en los momentos críticos y dependiendo de la categoría a alimentar. Así, una vaca lechera en producción o un novillo en engorde demandarán calidad y una vaca de cría en el período de gestación sólo cantidad.

Dependiendo de cuál es el recurso base, uno puede encontrar limitantes energéticas, proteicas o ambas. Una pastura de clima templado o de altura, siempre que sea adecuadamente manejada, en general presenta a lo largo del año tenores proteicos adecuados para algunas categorías como pueden ser vaquillonas en recría, novillos en invernada; por lo cual el uso de suplementos energéticos es lo que más se ha difundido. Por otro lado en zonas tropicales, la disponibilidad no sólo de energía sino además de proteínas, condicionan la productividad y son el problema a resolver. Por lo tanto será la situación de una zona o país en particular y las categorías a alimentar quienes determinen el tipo de reserva a utilizar en un caso u otro.

El presente trabajo tiene como objetivo comparar la degradabilidad ruminal de MS y FDN (in situ) de diferentes alimentos utilizados como reservas forrajeras en nuestros sistemas de producción.

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES**

#### **2.1.1. Caracterización de materiales**

Entre los suplementos más utilizados, se pueden encontrar desde granos a ensilajes de planta entera, capaces de ser generados en casi todos los países a partir de maíz, sorgo, soja, alfalfa. Tanto maíz como sorgo, se caracterizan por producir grandes volúmenes de materia seca por hectárea, lo que permite generar ensilajes con un bajo costo por tonelada de alimento. El aporte energético del ensilaje dependerá de la digestibilidad de la pared celular (fibra) y del contenido de grano al momento de ensilarlo, pudiendo integrar más de la mitad de la dieta de los animales, siempre y cuando la pastura tenga una concentración proteica adecuada (pastura bien manejada), o ser la dieta base en la alimentación a corral cuando la proteína es externa. En este sentido aparece como interesante la soja y la alfalfa, capaces de entregar muy buenas producciones de materia seca digestible por ha con contenidos proteicos muy interesantes según el momento de ensilado y capaz de ser combinada directamente con maíz (Abdelhadi, s.f.).

Por otro lado los granos, húmedo o secos, procesados o no, se caracterizan por aportar una energía (almidón) en su mayoría utilizada en el rumen, lo que es beneficioso cuando pasturas de alta calidad forman la dieta base, ya que su elevado nivel proteico de alta degradabilidad ruminal, debe ser balanceado con energía para lograr adecuadas producciones individuales. El nivel de grano a utilizar normalmente es menor al de los ensilajes, ya que grandes concentraciones de almidón en rumen pueden generar un ambiente inadecuado para la digestión de la pastura y con ello afectar directamente la producción.

En general cuando el objetivo es maximizar la producción por hectárea a partir del manejo de altas cargas, los ensilajes serían más adecuados que los granos. Sean granos o ensilajes, el uso de suplementos en animales en pastoreo genera lo que se conoce como sustitución: kg de pasto que el animal deja de comer por cada kg de suplemento (Abdelhadi et al., citados por Abdelhadi, s.f.).

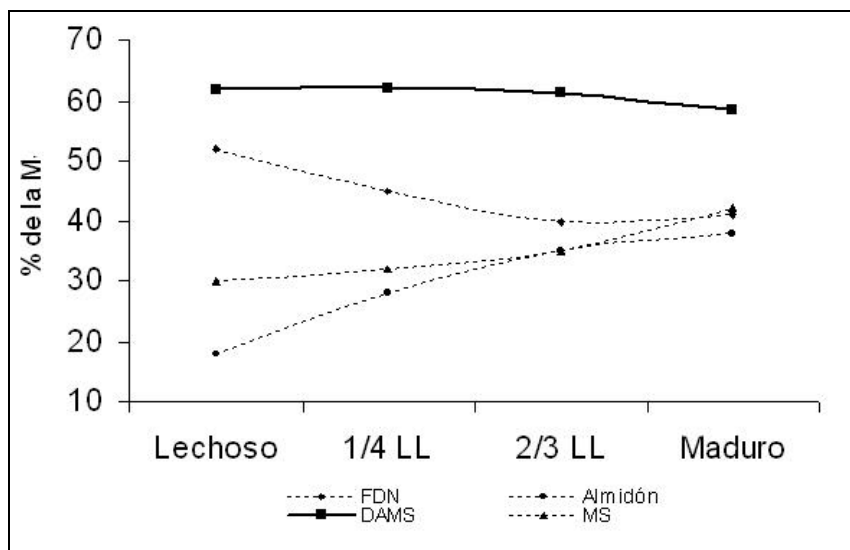
La tendencia al incremento en la proporción de ácido propiónico en relación al acético registrada al suplementar con ensilaje de maíz, sería recomendable ya que el ácido propiónico es un precursor gluconeogénico que permitiría una mayor producción de glucosa a nivel hepático, aumentando la relación insulina: somatotrofina, estimulando la lipogénesis. Además esta mayor producción de glucosa, abastecería del glicerol necesario para la fijación de grasa, permitiendo así una mejor terminación. Orientar la fermentación ruminal hacia la formación de ácido propiónico resulta ventajosa tanto en novillos en crecimiento como en terminación, ya que del 43 al 67 % del carbono usado para la síntesis hepática de glucosa, proviene de dicho ácido.

En la medida en que con buenas prácticas de manejo se logre potenciar la calidad del forraje en pastoreo como así también del ensilaje producido, el nivel de inclusión de uno u otro componente de la dieta dependerá de cual sea el factor limitante para una ganancia de peso objetivo. En el caso de un ensilaje de maíz o sorgo sin dudas lo es la proteína.

Tener un buen ensilaje es sinónimo de hacer todo bien desde un principio hasta el final, y ello implica tomar a la confección de ensilajes como un proceso que tiene etapas que ajustar, definir y monitorear. Uno de los primeros puntos críticos con que nos enfrentamos es que tipo de ensilaje vamos a confeccionar y a partir de que especie.

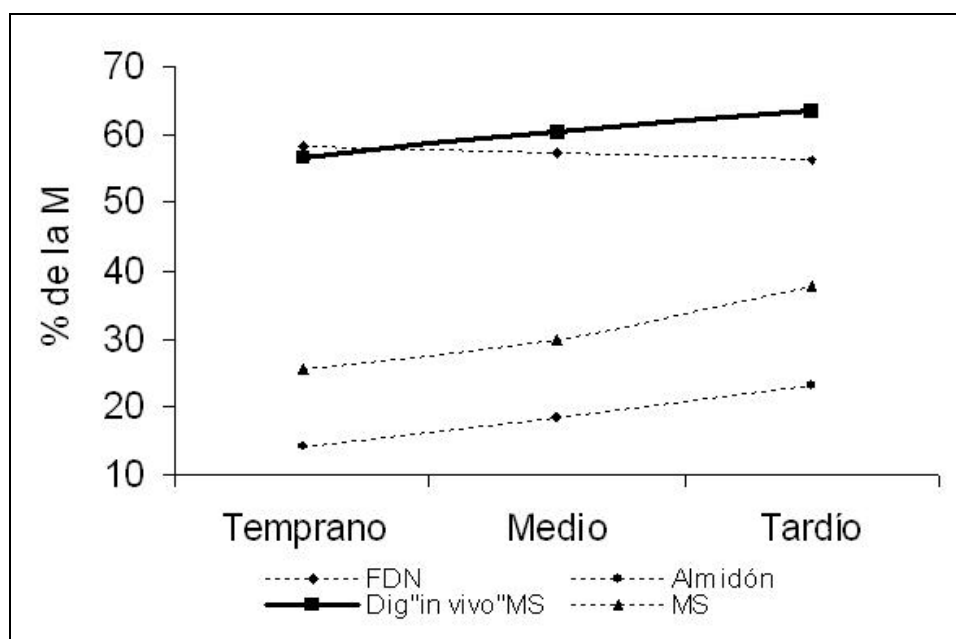
En el caso del maíz en particular, el ensilaje de planta entera puede tener similar digestibilidad (calidad) siendo solo planta verde sin grano, o cuando es una planta seca con grano. Esto ha sido ampliamente estudiado y uno de los trabajos referentes al respecto, realizados por Bal et al., citados por Abdelhadi (s.f.), en donde se muestra que en el primer caso (planta con muy poco grano), la calidad se debe a una fibra de alta digestibilidad (planta verde) y en el segundo caso la mala calidad de la planta es compensada por el almidón del grano.

Figura No. 1: Variación en la calidad nutritiva de ensilajes de maíz en función del estado de madurez. DAMS= digestibilidad aparente de la materia seca.



Fuente: Bal et al., citados por Abdelhadi (s.f.)

Figura No. 2: Evolución de la calidad nutritiva del sorgo granífero con el avance en el estadio de madurez.



Fuente: Bragachin et al. (1997).

También existen situaciones en las cuales la decisión del mejor momento para confeccionar la reserva se aleja de la normalidad, y ello sucede por ejemplo ante una situación de sequía.

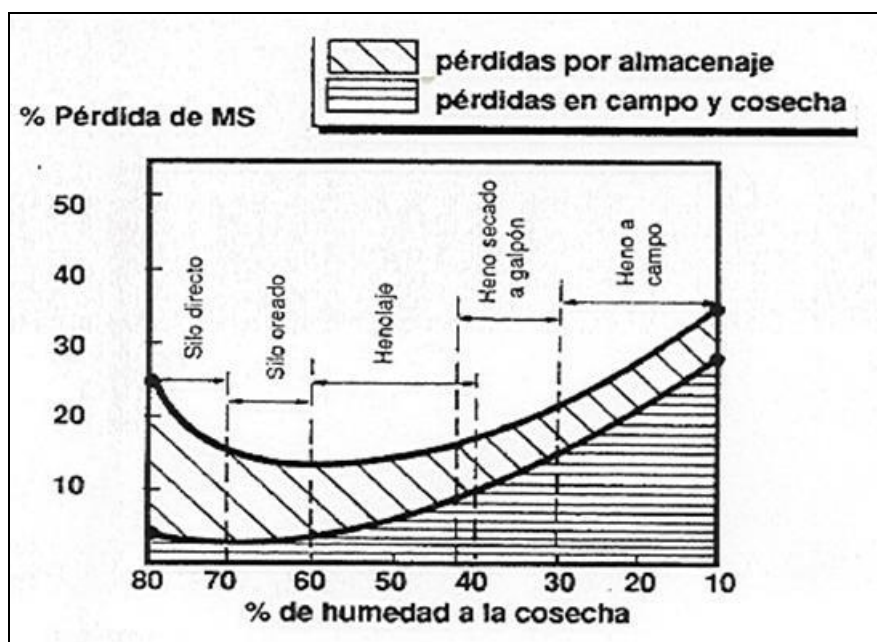
### **2.1.2. Características de maíz y sorgo**

Algunas consideraciones para sorgos y maíces en estrés hídrico (KSU, 2000):

- La calidad de los materiales rondará del 75 al 95 % de la calidad normal.
- El alto contenido de azúcares en tallo en parte compensará la menor cantidad de grano.
- La planta normalmente se verá muy seca, pero la humedad está en el tallo. El mejor momento sería ensilar con el 30-50 % de las hojas inferiores secas, ya que si se ensila con mucha humedad se estarán perdiendo gran parte de los nutrientes solubles.
- En materiales secos la única forma de lograr una adecuada compactación es picando fino, y esto es clave para la eliminación del oxígeno y asegurarse una adecuada fermentación.

Como conclusión se podría decir que no importa cuanta hoja, tallo o grano tenga una planta de maíz, sorgo, soja o alfalfa; lo importante es conocer claramente, para el material en cuestión, cual es el momento óptimo para producir una determinada reserva, y además saber que dicho momento puede variar, por ejemplo con factores como el clima (importancia del seguimiento de los cultivos). Elegida la especie a reservar y el momento óptimo para hacerlo, el siguiente punto crítico a tener en cuenta serían las pérdidas de materia seca que se producen durante la confección y el almacenamiento para los diferentes conservados.

Figura No. 3: Proporción de las pérdidas de MS por cosecha y almacenaje para diferentes tipos de conservación.



Fuente: Miller y Wedin, citados por Abdelhadi (s.f.)

El proceso de ensilaje está formado por diferentes fases y en cada una de ellas, existen puntos críticos muy importantes que se deben considerar:

- Fase pre-fermentativa (desde la cosecha al sellado), en donde son puntos críticos el tamaño de picado, la compactación, la tasa de llenado y el tapado o embolsado.
- Fase fermentativa (desde el sellado a la estabilización), en donde son puntos críticos la relación entre azúcares solubles y capacidad buffer de la especie a ensilar, y el tipo de bacterias que dominan el proceso de fermentación.
- Fase pos-fermentativa (de extracción), en donde son puntos críticos la tasa de extracción, el tiempo en contacto con el oxígeno, el desechar el material en mal estado.

Como conclusión, se podría afirmar que los ensilajes efectivamente constituyen una herramienta insustituible para estabilizar la oferta forrajera y

con ello la producción animal, pero se debe poner mucha atención en aquellos detalles que hacen a la calidad, ya que si no se los tienen en cuenta, se estaría afectando el valor nutritivo del ensilaje en su conjunto, lo cual indudablemente repercutirá negativamente sobre la producción de carne o leche. En esos mínimos detalles es donde se encuentran las grandes diferencias.

En relación al valor nutricional de los pastos y forrajes debe considerarse que cuando éstos maduran, sus contenidos de proteína cruda y de carbohidratos no fibrosos se reducen y que el contenido de pared celular y su grado de lignificación se incrementa, por lo que su valor nutricional y el consumo se deprimen (Van Soest, citado por Sánchez, s.f.).

En el cuadro No. 1 se denotan las edades o estados fisiológicos recomendados para pastorear o cosechar diferentes especies de pastos. Los rangos indican que para cada finca, en las cuales difiere el clima, los suelos, la fertilización y la carga animal, debemos buscar el mejor momento para utilizar las pasturas.

Cuadro No. 1: Producción de materia seca de algunos forrajes de uso común en el trópico.

<b>Especie</b>	<b>Producción tt MS/ha</b>	<b>Observaciones (Edad de rebrote o corte)</b>
Sorgo ( <i>S. vulgare</i> )	5 a 6 por corte	45 a 75 días. Corte
Caña de azúcar ( <i>S. officinarum</i> )	30 a 45 por corte	Corte anual
Maíz ( <i>Z. mayz</i> )	8 a 10 por corte	75 a 90 días. Corte
Maní forrajero ( <i>Arachis pintoï</i> )	5 a 7 por corte	60 a 90 días. Corte

Fuente: Sánchez (s.f.)



En el cuadro No. 1 se pueden observar valores de producción de materia seca de algunos pastos y forrajes utilizados frecuentemente en la alimentación del ganado bovino en zonas tropicales. Como se puede observar el rango de producción de materia seca de las diferentes especies es amplio, lo que se debe a una serie de factores entre los cuales se pueden citar la especie de planta o accesión de la misma, fertilidad del suelo, temperatura ambiente irradiación solar, disponibilidad de agua y manejo de la planta edad, estado vegetativo, frecuencia e intensidad de pastoreo o cosecha, nivel y clase de fertilizante utilizado, control de malezas, plagas y enfermedades) (Hopkins, citado por Sánchez, s.f.).

Por ser la energía uno de los nutrientes más limitantes para la producción del ganado lechero que se alimenta con pastos y forrajes tropicales, es necesario conocer el contenido de la misma. La determinación directa del contenido de energía de un alimento es sumamente costosa, por lo que hay que acudir a métodos indirectos como las ecuaciones de regresión para estimarla. Durante los últimos 10 años se ha utilizado con mucho éxito, en la Universidad de Costa Rica el modelo mecanístico adoptado por el NRC (NRC, 2001) para lograr este objetivo. Este modelo se basa en fracciones uniformes de los alimentos y en la digestibilidad verdadera. No es específico para una población y responde a cambios en la concentración de aquellos nutrientes que afectan el contenido de energía disponible, tales como la proteína cruda, el extracto etéreo, los carbohidratos no fibrosos, la fibra detergente neutro (FDN), la fibra detergente ácido (FDA), nitrógeno en FDN y FDA, la lignina y las cenizas. Durante el desarrollo de este modelo, el mismo se probó en granos, subproductos agroindustriales y forrajes, entre los cuales algunos eran tropicales (Weiss et al., citados por Sánchez, s.f.).

El contenido de fibra de los forrajes es un buen indicador de la calidad de los mismos. Los forrajes con cantidades menores de fibra por lo general son más digestibles y se consumen en cantidades mayores que los forrajes con cantidades mayores de esta fracción nutricional. Las raciones del ganado lechero requieren de una cantidad mínima de fibra de composición química y características físicas apropiadas para mantener un consumo de materia seca y energía adecuados, mantener la fermentación ruminal normal, el porcentaje de grasa láctea y contribuir a la prevención de desbalances metabólicos durante el periparto (Ishler et al., citados por Sánchez, s.f.).

Una vez que se obtengan los resultados del laboratorio, éstos deben analizarse de una manera crítica ya que durante el muestreo o el análisis se pudieron haber cometido errores. La comparación de los resultados reportados por el laboratorio con valores promedio para la zona puede ayudar a detectar posibles errores. Si todos los valores del laboratorio lucen sospechosos pudo haber ocurrido un error de muestreo. Si por el contrario, los valores dudosos son pocos, el error puede tener otras causas. Otra de las maneras de analizar la validez de los resultados es analizando las relaciones que existen entre los nutrientes, por ejemplo la relación proteína cruda: fibra. Los forrajes con concentraciones altas de proteína cruda por lo general contienen cantidades bajas de fibra (Cherney, citado por Sánchez, s.f.).

En diferentes estudios se ha encontrado de una manera muy consistente que, cuando el sorgo se cosecha en el estado de masa, se obtienen cantidades mayores de materia seca por hectárea que cuando se cosecha en los estados de leche o de grano duro. Así mismo, las variedades de sorgo de grano producen en ensilajes con cantidades mayores de proteína cruda y niveles de pared celular menores que las variedades de sorgo forrajero y la respuesta animal ha sido mejor. Además, las variedades de grano tienen un valor nutricional más homogéneo y consistente que el que presentan las variedades forrajeras (Bolsen, citado por Sánchez, s.f.).

La planta de maíz tiene características ideales para ser uno de los principales ingredientes en la alimentación del rodeo lechero estabulado y semiestabulado. Este cultivo produce cantidades grandes de materia seca (8 a 10 t MS/ ha) cuando se le cosecha a los 75 a 90 días, su contenido de carbohidratos fácilmente fermentables es alto, especialmente en la forma de carbohidratos solubles en agua, contiene de 30 a 38 % de materia seca cuando está en el estado de leche y además tiene baja capacidad buffer, estas características le permiten producir ensilajes de muy buena calidad. Así mismo, aporta cantidades importantes de energía y fibra de muy buena calidad. Cuando el maíz se ensila debe picarse de 9 a 12 mm, cuando no se procesa y si éste se procesa la longitud de picado debe de ser de 18 a 20 mm. Estos tamaños de partícula permiten compactar bien el silo y reducir la presencia de oxígeno en el mismo. Además, estas partículas son fuente de fibra larga para el animal. Para obtener un buen silo, éste debe abrirse después de 2 a 4 semanas de fermentación. Un silo de buena calidad tiene alrededor de 35 % de MS, 3,0

Mcal de ED/kg de MS o 1,5 de ENL, 45 % de pared celular y 8,8 % de proteína cruda. Así mismo, debe tener las siguientes características físico-químicas: pH: 3,7 a 3,9; concentración de ácido láctico: 4 a 7 %; ácido láctico: 1 a 3 %; ácido butírico: menos de 0,1 % y amonio menos de 7 % (Weiss, citado por Sánchez, s.f.).

El ensilaje de maíz contiene cantidades bajas de proteína cruda y minerales para la alimentación del ganado lechero, por lo que los otros constituyentes de la ración total deben considerar esos nutrientes.

## **2.2. DEGRADACIÓN RUMINAL Y DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA**

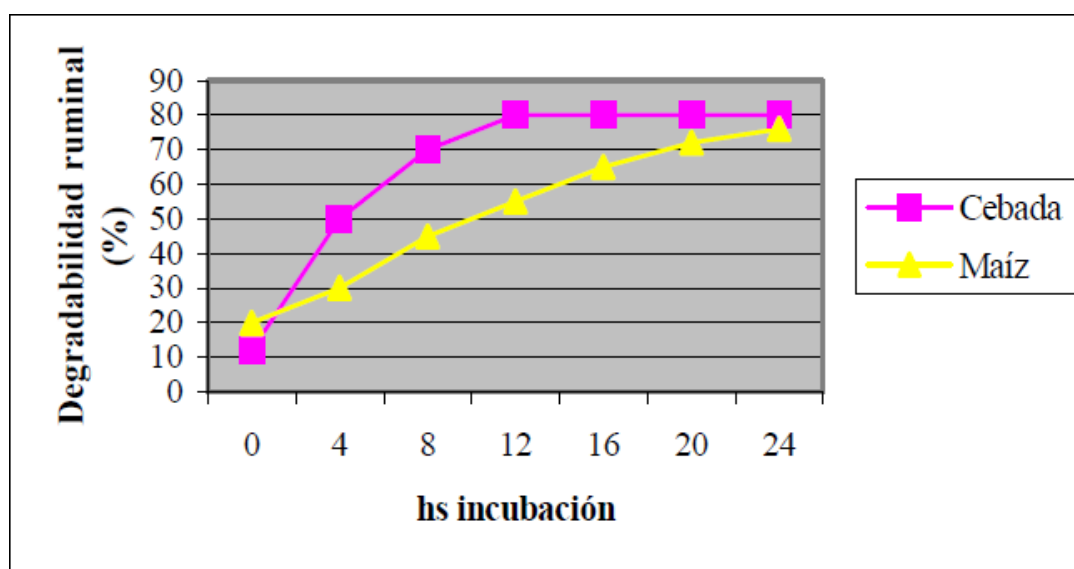
En el rumen, el almidón, azúcares solubles y parte de la pared celular son fermentados a ácidos grasos volátiles y la proteína degradada a cetoácidos y amoníaco, siendo este último la principal fuente de nitrógeno para la síntesis microbiana. La intensidad de este proceso degradativo es variable y depende de la magnitud de la fracción potencialmente degradable y de su tiempo de retención en el rumen.

La digestión en el rumen de las fracciones potencialmente degradables del almidón y la proteína puede ser descripta por un modelo de desaparición de este comportamiento (Orskov y Mc Donald, citados por Caorsi y Olivera, 2005), definido por dos actividades simultáneas: los ritmos o velocidades de degradación (kd) y de paso a través del rumen (kp) cuya relación determina la proporción efectivamente digerida en el rumen ( $kd/kd+kp$ ) o, por el contrario, la proporción que abandonaría el rumen sin ser degradada ( $kp/kd+kp$ ).

La mayor parte de los tratamientos a los que son sometidos los cereales y suplementos proteicos modifican su velocidad de degradación en el rumen (kd) y con ello la proporción de almidón o proteína que es digerida en éste u otros tramos posteriores del tracto digestivo. Ello puede tener una importante incidencia en la eficiencia de utilización de la dieta y en la respuesta productiva del animal, dada la influencia que el lugar de digestión tiene sobre el tipo de nutrientes absorbidos (Thomas y Rook, citados por Caorsi y Olivera, 2005). No obstante, estas variaciones en el ritmo de degradación pueden verse compensadas por variaciones en el tiempo de retención, provocadas simultáneamente por el tratamiento.

Otros factores como el nivel de alimentación (Owens y Goetch, citados por Caorsi y Olivera, 2005) o la proporción de forraje en el caso de dietas mixtas (Colucci et al., citados por Caorsi y Olivera, 2005), pueden variar el tiempo de retención y por consiguiente la digestibilidad ruminal (Galyean et al., citados por Caorsi y Olivera, 2005). No obstante, es de notar que la influencia del tiempo de retención varía dependiendo del ritmo de fermentación.

Figura No. 4: Cinética de la degradación ruminal del grano de cebada y maíz.



Fuente: Caorsi y Olivera (2005)

También puede ocurrir que alguno de estos factores, como la proporción de forraje de la dieta, afecte simultáneamente a los ritmos de tránsito ( $K_p$ ) y de degradación ( $K_d$ ), compensándose parcialmente ambos efectos. Los granos de cereales contienen entre un 70 y un 80 % de almidón, que se encuentra en el endospermo, formando gránulos compuestos principalmente por amilopectina (70- 80% del almidón), cuya estructura ramificada, según Guada (1993), comprende zonas originadas o cristalinas, compuestas por los residuos lineales de (alfa) 1-4 glucosa y zonas amorfas ricas en residuos de (alfa) 1-6 glucosa o puntos de ramificación. El componente minoritario del almidón, la amilosa (polímero lineal de alfa 1-4 glucosa), se encuentra unido a la estructura de la amilopectina por puentes de hidrógeno, localizados fundamentalmente en las regiones amorfas. Las regiones cristalinas de la molécula de almidón son resistentes a la entrada de agua y al ataque

enzimático, mientras que las regiones amorfas son más permeables al agua y susceptibles a la acción enzimática que en general comienza en esta región, aunque se encuentra restringida por los enlaces de la amilosa con la amilopectina.

La aplicación de suficiente energía para romper los puentes de hidrógeno intermoleculares provoca la gelatinización del almidón o pérdida irreversible de su estructura original. Durante la gelatinización, los gránulos de almidón aumentan su absorción de agua, se expansionan, exudan parte de la amilosa y aumentan su susceptibilidad a la hidrólisis enzimática. Durante el molido y el aplastado en seco del grano, se produce una disminución del tamaño de partícula que aumenta la superficie de exposición de los gránulos de almidón al ataque enzimático, por la acción mecánica del tratamiento es suficiente para producir un cierto grado de gelatinización que aumenta la susceptibilidad a la hidrólisis enzimática.

La gelatinización comienza por la ruptura de enlaces con amilosa en la zona amorfa, mientras que la penetración de calor y agua en la región cristalina ocurre más lentamente, ayudada por la mayor plasticidad de la región amorfa.

En los tratamientos húmedos, la presencia de agua aumenta la plasticidad de las regiones amorfas, favoreciendo considerablemente la desestructuración de las regiones cristalinas. Así la combinación de calor y humedad provoca un alto grado de gelatinización del almidón que, unido a la mayor superficie de exposición lograda al aplastar el grano húmedo y caliente, aumenta considerablemente su degradación enzimática y su velocidad de fermentación ruminal según la intensidad del tratamiento (Guada, 1993).

La eficacia del procesado varía no sólo en función del método, sino también de la fuente de almidón y de la especie animal. Los cereales difieren considerablemente en su susceptibilidad a la degradación ruminal, aunque estas diferencias no se reflejan en la digestibilidad aparente en el total del tracto digestivo, debido al efecto compensatorio que ejerce la fermentación en el intestino grueso (Spicer et al., citados por Caorsi y Olivera, 2005).

La elevada degradabilidad de la cebada y el trigo limitan su potencial de respuesta al procesado, cuyo efecto es prácticamente despreciable con estos

granos (Waldo, citado por Caorsi y Olivera, 2005). Sin embargo el maíz que es más lentamente degradado y el sorgo, que es todavía más resistente a la degradación, ofrecen mayor potencial de respuesta a los tratamientos. El procesado en caliente y húmedo permite aumentar la digestibilidad ruminal en un 20 y 30%, respectivamente (Theurer, citado por Caorsi y Olivera, 2005), lo que se traduce en mejoras del índice de conversión del orden del 10%. No obstante, en el caso del sorgo, se han observado importantes diferencias varietales en la digestión ruminal e intestinal (Streeter et al., citados por Caorsi y Olivera, 2005) y en respuesta a la reconstitución.

### **2.3. CONSUMO**

En la nutrición animal generalmente se han reconocido cuatro aspectos básicos que se deben tomar siempre en cuenta: los requerimientos del animal, el contenido nutricional de los alimentos, su digestibilidad y la cantidad consumida por el animal. Específicamente, la nutrición de rumiantes en pastoreo es un proceso complejo con características y problemas particulares.

Teóricamente, un animal debe consumir hasta satisfacer sus requerimientos nutricionales, pero el consumo total es limitado por factores físicos y fisiológicos del animal y la planta, estrategias de manejo de plantas y animales y factores ambientales.

La cantidad de materia seca de forraje consumida es el factor más importante que regula la producción de rumiantes a partir de forrajes. Así, Allison, citado por Mejía (2002) señala que el valor de un forraje en la producción animal depende más de la cantidad consumida que de su composición química.

Minson, citado por Mejía (2002) define al consumo voluntario como la cantidad de materia seca consumida cada día cuando a los animales se les ofrece alimento en exceso.

Asimismo, Chávez, citado por Mejía (2002) justifica la realización de estudios tendientes a analizar el consumo voluntario de forraje en el hecho de que el estado nutricional del animal en pastoreo, puede verse más afectado por una disminución en el consumo, que por el bajo valor nutricional del forraje; de tal manera que si pudiera manipularse la cantidad consumida por el animal,

sería posible mejorar el estado nutricional del ganado, incrementando por lo tanto sus índices de productividad.

NRC, citado por Mejía (2002) señala que en bovinos productores de carne, el consumo voluntario se debe conocer o predecir para determinar la proporción de sus requerimientos que pueden ser cubiertos vía forrajes de baja calidad y así la cantidad de concentrado suplementario necesario por día puede ser calculada.

El NRC, citado por Mejía (2002) señala que en el negocio de la producción animal, las utilidades dependen enormemente del éxito en la habilidad para maximizar el consumo de alimento. Por lo tanto, es esencial comprender los factores que influyen sobre el consumo de alimento. El consumo final diario de alimento por un animal en pastoreo es el resultado de la integración de una gran variedad de estímulos por el sistema nervioso central, y sus mecanismos de regulación son muy complejos, por lo que algunos de estos procesos aún no se conocen totalmente (Freer, citado por Mejía, 2002).

Existen varias revisiones que documentan los factores que controlan el consumo voluntario de forraje (Allison, Chávez, Greenhalgh, Minson, NRC, citados por Mejía, 2002) coincidiendo en dos teorías responsables de la regulación del consumo: la teoría física, relacionada con la capacidad del tracto digestivo, y la teoría quimostática, basada en la densidad calórica de la dieta.

Minson, citado por Mejía (2002) menciona que el consumo de forraje por animales en pastoreo es controlado por factores propios del animal, del forraje y del ambiente. La mayoría de éstos son iguales para animales en estabulación que en pastoreo; sin embargo, enfatiza en dos aspectos específicos para animales en pastoreo, la selectividad y la disponibilidad de forraje.

De acuerdo con Allison y Clark y Armentano, citados por Mejía (2002) dadas las características de la dieta de rumiantes en pastoreo, alta en fibra y baja en energía digestible, cobran importancia los efectos físicos de la distensión digestiva como limitantes del consumo voluntario, señalan evidencias de que el consumo voluntario es limitado por la capacidad del retículo-rumen y por la velocidad de desaparición de la digesta en este órgano. La velocidad de

desaparición depende de la velocidad de paso y de absorción, que a su vez dependen de las propiedades físicas y químicas del forraje.

Con relación a lo anterior, Dado y Allen (1995) demostraron la hipótesis de que vacas recibiendo una dieta alta en fibra al inicio de la lactancia tienen consumo limitado por la capacidad física del retículo-rumen. Además de la distensión, Grovum, citado por Mejía (2002) señala que el consumo voluntario de forraje puede también ser limitado por la osmolaridad, concentración de hidrógeno y ácido acético en la digesta en el retículo-rumen, por la concentración del ácido propiónico en las venas ruminales e hígado o por algunas hormonas, como la insulina, glucagón, gastrina y colecistoquinina.

Van Soest, citado por Mejía (2002) señala que el consumo depende del volumen estructural, por lo tanto, del contenido de paredes celulares del forraje. Con relación a esto, Allison, citado por Mejía (2002) menciona que la fracción del forraje fermentable rápidamente, no ocupa espacio en el retículo-rumen por períodos largos de tiempo, en comparación con los componentes estructurales (paredes celulares) del forraje.

Mertens, citado por Pardini (s.f.) desarrolló una ecuación considerando que el %FDN es el principal componente de la dieta que influye sobre la regulación física del consumo:

$$\text{CMS} = 0,011\text{PV (kg)} / (\% \text{FDN sobre MS de la dieta})$$

Mertens, citado por Pardini (s.f.) asume que el volumen del forraje está dado por el contenido de pared celular del forraje (FDN) y que esta restricción del volumen ruminal limita el consumo del alimento fibroso (forrajes).

Allison, citado por Mejía (2002) indica que en dietas con forrajes toscos que contienen de 8 a 10% de proteína cruda, el consumo es limitado aparentemente por la capacidad del retículo-rumen y la tasa de pasaje de la ingesta, y si la dieta excede del 10%, el consumo es afectado probablemente por otros factores metabólicos. Lo anterior fue confirmado por Mejía (2000) al probar diferentes niveles y fuentes de proteína en la dieta de bovinos y no se han encontrado diferencias significativas entre tratamientos en el consumo voluntario de alimento.



### **2.3.1. Factores que afectan el consumo voluntario**

#### **2.3.1.1. Tamaño corporal**

Si la capacidad física del tracto digestivo no es un factor limitante, el máximo nivel de consumo se manifestará por efecto de los requerimientos energéticos del animal. La demanda de energía es proporcional al tamaño corporal o peso metabólico, que se expresa elevando el peso vivo a la potencia 0.75 (NRC, citado por Mejía, 2002).

#### **2.3.1.2. Estado fisiológico**

Chávez, citado por Mejía (2002) señala que durante las fases de crecimiento y los ciclos reproductivos se presentan cambios importantes en los requerimientos de los animales en pastoreo. Las etapas de preñez y lactancia representan un considerable incremento en la demanda de energía; sin embargo, tiene diferentes efectos en el consumo voluntario de forraje, ya que un animal gestante se encuentra físicamente con menor capacidad digestiva a consecuencia del crecimiento uterino y la compresión del rumen.

#### **2.3.1.3. Condición corporal**

Se ha señalado (Minson, citado por Mejía, 2002) que animales delgados comen más que los animales gordos, esto también se relaciona al consumo y crecimiento compensatorio, es decir, animales que pasaron por un período de subnutrición comen más por unidad de peso vivo que animales que estuvieron bien alimentados previamente.

#### **2.3.1.4. Suplementación**

Es muy importante el efecto que tiene el tipo de suplementación sobre el consumo voluntario de forraje. Generalmente se ha observado (Allison, citado por Mejía, 2002) que la adición de carbohidratos de fácil digestión provoca una disminución en el consumo voluntario de forraje; contrariamente, la suplementación proteica favorece la actividad microbiana ruminal, incrementando la digestibilidad y la velocidad de pasaje de la digesta y por ende el consumo.

### **2.3.1.5. Preferencia**

En primer lugar se deben conceptualizar algunos términos para analizar este apartado, por ello se recurre a una revisión hecha por López, citado por Mejía (2002) en la cual se define apetitosidad como el conjunto de características de la planta que estimulan al animal a consumirla; así, la preferencia es la respuesta animal a la apetitosidad de la planta. Selectividad del forraje, por otro lado, es la medida de lo que el animal ingiere relativo a lo que dispone.

### **2.3.1.6. Disponibilidad de forraje**

NRC, citado por Mejía (2002); señala que los dos principales factores que influyen en el consumo por el ganado en pastoreo son: la cantidad y calidad del forraje disponible; siendo la cantidad el primer factor limitante.

### **2.3.1.7. Condiciones ambientales**

De acuerdo con NRC, citado por Mejía (2002), cambios en el ambiente influyen en el comportamiento, función y productividad de los animales mediante un proceso complejo, que involucra tres aspectos: consumo voluntario de alimento y agua, valor nutritivo del alimento consumido, y requerimientos de energía para mantenimiento del animal.

## **2.3.2. Factores inherentes a la dieta**

El consumo de forrajes no depende exclusivamente de los atributos del alimento, o de la capacidad del tracto digestivo del animal, pero estos factores pueden ser tan importantes que permitan una predicción bastante precisa del consumo (Forbes, citado por Araujo, 2005). Los rumiantes deben almacenar los alimentos por varias horas para permitir la fermentación microbiana; este almacenaje es una limitante la capacidad física y potencialmente una limitante al consumo. Existe, primero, un control metabólico y luego una limitación física al consumo (Forbes, citado por Araujo, 2005).

Las características de las plantas que afectan el llenado y vaciado del rumen son: a) solubilidad; b) la fracción insoluble pero fermentable; c) la tasa constante de fermentación y d) la tasa a la cual las partículas largas son reducidas. Las características del animal son: a) la remoción de las partículas

pequeñas y b) el volumen del rumen (Orskov, citado por Araujo, 2005). La rumia aumenta la tasa de reducción del tamaño de las partículas, y esto aumenta la tasa de vaciado; al mismo tiempo la rumia está acompañada de un incremento de actividad muscular del rumen (Forbes, citado por Araujo, 2005).

### **2.3.3. Energía**

El factor más importante en determinar la ingestión total de energía por los rumiantes es el consumo voluntario y el animal debe poseer un mecanismo que regule el consumo en función del balance energético (Burns et al., citados por Araujo, 2005). Si se considera a una vaca lactante pastoreando en condiciones tropicales; en primer lugar se podría decir que la vaca consume pasto hasta que la ingestión de nutrientes se corresponda con las necesidades de mantenimiento, producción y gestación que posee. Si la vaca es de baja producción y el pasto es de buena calidad, abundante y se permite al animal hacer selección del mismo, es probable que se exprese el potencial del animal. Cuando los animales reciben alimento de baja calidad (digestibilidad) en los cuales no existen desequilibrios nutricionales, la distensión ruminal y la fatiga son probablemente los mayores estímulos que interaccionan para reducir el consumo (Preston y Leng, 1989). Si la vaca es de mediana a buena producción, sus requerimientos serán mayores y por lo tanto llegará un momento en que llena el rumen pero no reúne sus requerimientos de producción, hablamos entonces de un control físico del consumo.

En segundo lugar podríamos considerar que a esta situación, si se le añade concentrado para completar los requerimientos del animal, se podría observar que el consumo total de MS disminuye y la digestibilidad aumenta y el animal con seguridad aumenta la producción de leche. Esto sugiere que el animal ajusta su consumo voluntario en relación a su demanda fisiológica más que al llenado del rumen (Montgomery y Baumgardt, citados por Araujo, 2005). Un mecanismo quimiostático o termostático puede ser el responsable por disminuir el consumo.

En animales a pastoreo, la principal fuente de energía metabolizable son los AGV (Ácidos Grasos Volátiles) provenientes de la fermentación ruminal, pero el estrés térmico reduce la cantidad de AGV producidos en el rumen (McDowell, citado por Araujo, 2005). El desequilibrio de los nutrientes presentes en el pasto es, en general, lo que limita su consumo (Preston y Leng, 1989). La

influencia de la baja digestibilidad se hace patente cuando los nutrientes han sido balanceados (Preston y Leng, 1989).

#### **2.3.4. Proteína**

El consumo normalmente se ve disminuido con dietas de baja concentración proteica (Forbes, citado por Araujo, 2005). En los rumiantes el nivel crítico de nitrógeno es más bajo que en otros animales debido a que ellos pueden reciclarlo a través de la saliva en forma de urea (Forbes, citado por Araujo, 2005). Ha sido postulado que los bajos niveles de nitrógeno en la dieta es un factor que disminuye el consumo porque limita la fermentación ruminal y la velocidad de pasaje de la digesta (Ruiz y Vázquez, citados por Araujo, 2005) y la tasa de degradación de la celulosa (Forbes, citado por Araujo, 2005).

Una dieta baja en proteína puede ser suplementada con un concentrado alto en proteína (ej: harinas de torta de oleaginosas), con nitrógeno no proteico (urea, yacija avícola, u otros) o con follaje de leguminosas. También se ha utilizado más recientemente la preparación de bloques multinutricionales los cuales resultan ser una manera práctica de suplementación en condiciones de pastoreo, observándose un incremento en el consumo de materia seca, y aumento de la digestibilidad aparente del pasto, mejorando la retención de nitrógeno (Araujo-Forbes et al., citados por Araujo, 2005).

La suplementación de la dieta con proteína sobrepasante muchas veces incrementa el consumo (Forbes, citado por Araujo, 2005). Se ha señalado que es posible que los follajes de leguminosas ricas en taninos sean mejores fuentes de proteína sobrepasante que aquellos con contenidos bajos. Esto se debe a que los taninos enlazan las proteínas durante el proceso de masticación y al parecer reducen la tasa de degradación ruminal. Es poco probable, que cuando se utilicen plantas con contenidos altos en taninos como suplementos alimentarios, en concentraciones menores del 25% de la MS de la dieta, existan problemas serios nutricionales (Preston y Leng, 1989).

Algunos métodos han sido desarrollados para mejorar y aprovechar la calidad de residuos de cosechas. La utilización de amoníaco o hidróxido de sodio para aumentar la digestibilidad de los alimentos fibrosos. El amoníaco puede ser generado a partir de la urea según el proceso de enensilaje húmedo. El amoníaco se genera rápidamente cuando se mezcla la urea con paja húmeda, siempre y cuando existan altas temperaturas, lo cual hace que sea

este un sistema apropiado para los países tropicales (Rodríguez et al., citados por Araujo, 2005).

La suplementación de una dieta deficiente en nitrógeno con una fuente adecuada incrementa el consumo al disminuir el desequilibrio de los nutrientes.

### **2.3.5. Fibra detergente neutro**

Detmann et al., citados por Araujo (2005) realizaron una revisión de 45 trabajos donde relacionaron el consumo voluntario de fibra detergente neutro en bovinos en confinamiento en condiciones tropicales. El nivel de nutrientes digestibles totales fue negativamente correlacionado con el nivel de FDN en las dietas ( $r = -0,6006$ ;  $P < 0,01$ ). Pero fallaron en poder encontrar una relación directa entre el consumo de FDN y el consumo voluntario. Por el contrario, las indicaciones señalan una inconsistencia entre los puntos de máximo consumo de MS y FDN. Sin embargo, numerosos trabajos en condiciones templadas han demostrado que la FDN está relacionada positivamente con el llenado del rumen y la disminución del consumo de MS. Al incrementar la relación forraje/concentrado disminuye el consumo en ovinos (Aitchison et al., citados por Araujo, 2005), y en vacas lactantes (Dado y Allen, 1995) y al añadir paja en novillos (Orskov et al., citados por Araujo, 2005).

### **2.3.6. Agua**

Los animales son más sensibles a la falta de agua que a la falta de alimentos (Bondi, citado por Araujo, 2005) Hay un apetito específico por agua y se asume que el animal consume las cantidades que necesita (Forbes, 1998). El agua es esencial para la producción en los rumiantes. Los requerimientos de agua están relacionados al crecimiento, producción de leche, excreción de sales en la orina y heces y la temperatura ambiental que deba soportar (Preston y Leng, 1989).

Los animales de origen europeo consumen mayor cantidad de agua que el ganado cebú, cuando se encuentran en condiciones de climas cálidos (McDowell, citado por Araujo, 2005).

Debe diferenciarse el contenido de agua del pasto y el contenido de agua en el rumen; al añadir agua al rumen no altera el consumo de MS de pasto, pero los animales consumen más rápidamente un alimento húmedo que uno seco (Forbes, citado por Araujo, 2005).

### **2.3.7. Minerales y vitaminas**

La primera señal de deficiencia de minerales o vitaminas es una reducción en el consumo voluntario y esto es debido a la desaceleración de una o más rutas metabólicas relacionadas con la utilización de energía (Forbes, citado por Araujo, 2005). La inapetencia es el primer signo clínico de una deficiencia o de una intoxicación (Forbes, citado por Araujo, 2005).

El pasto es una buena fuente de energía, pero su contenido de  $\text{Na}^+$  es bajo y en cambio es alto el K (Bell, citado por Araujo, 2005). Los animales pastoreando libremente tienen la habilidad de seleccionar especies de plantas que son altas en  $\text{Na}^+$ . El ganado puede asumir una conducta extraña a objeto de obtener sal y mantener una homeostasis de  $\text{Na}^+$  (Bell, citado por Araujo, 2005).

### **2.3.8. Palatabilidad**

El sabor juega un papel biológico fundamental en relación al animal con su medio ambiente y ayuda a regular el consumo de lo agradable y a rechazar lo inapetecible (Bell, citado por Araujo, 2005). El ganado posee receptores para sabores en la lengua que responden a cuatro sabores básicos: salado, dulce, amargo y ácido. Las variaciones en la intensidad de estos sabores es informada en forma continua al control central de percepción (Bondi, citado por Araujo, 2005).

También el olor puede afectar al consumo (Preston y Leng, 1989). Se ha determinado que el alimento contaminado con heces es rechazado por animales sanos, mientras que el ganado con bulbotomía olfatoria ingiere el alimento contaminado (Bell, citado por Araujo, 2005).

Ha sido demostrado que el ganado posee una habilidad para detectar sales de sodio por el olor y es específico para el  $\text{Na}^+$  (Bell, citado por Araujo, 2005). Se ha sugerido que los animales utilizan el sabor, el olor y estímulos táctiles para diferenciar las especies vegetales (Forbes, citado por Araujo, 2005).

### **2.3.9. Forma física de la dieta**

La forma y las propiedades físicas del alimento van a influenciar las cantidades comidas y los métodos de consumo (Baile y McLaughlin, citados por Araujo, 2005). El tamaño de la partícula en la dieta y el consumo de MS parecen estar asociados (Burns et al., citados por Araujo, 2005). Se estima que los granos (alta densidad) son consumidos probablemente en grandes cantidades con poca frecuencia de comidas mientras que el heno (baja densidad) es consumido más frecuentemente en pocas cantidades (Baile y McLaughlin, citados por Araujo, 2005).

Los forrajes molidos o peletizados son consumidos en mayor cantidad y esto se explica porque hay un incremento en la velocidad de pasaje (Ruiz y Vázquez, citados por Araujo, 2005), aun cuando las concentraciones cíclicas bifásicas del rumen se presentan más débiles (Forbes, citado por Araujo, 2005) debido a que las partículas cercanas a 1mm predominan en la digesta que pasa por el orificio retículo-omasal (Burns et al., citados por Araujo, 2005). El comer aumenta la frecuencia de las contracciones, aumenta la motilidad, incrementa la salida de la digesta y potencialmente aumenta el consumo voluntario (Forbes, citado por Araujo, 2005).

La estructura del pastizal también va a afectar el consumo (Burns et al., citados por Araujo, 2005). La tasa de degradación de las partículas en el rumen es uno de los factores fundamentales en determinar el consumo voluntario en los rumiantes alimentados en base a forrajes (Preston y Leng, 1989). Por ejemplo, el consumo de hojas es mayor que el de los tallos y esto se ha relacionado con un tiempo menor de retención en el retículo-rumen (Ruiz y Vázquez, citados por Araujo, 2005).

En los animales a pastoreo hay un componente muy importante que es la selección del material a consumir. Existen pruebas de que los animales son capaces de escoger una dieta equilibrada si se les permite seleccionar de varios alimentos (Preston y Leng, 1989). Es casi imposible debido al hábito de selección, aplicar estándares alimenticios en animales a pastoreo (Preston y Leng, 1989). En plantas de porte erecto, como la guinea (*Panicum maximu*) los animales pueden seleccionar mayor cantidad de hojas que en un pasto como la bermuda (*Cynodon dactylon*) (Ruiz y Vázquez, citados por Araujo, 2005). La estructura del pasto va a afectar también el tamaño del mordisco y éste puede limitar el consumo del pasto. Un pasto con relación hoja/tallo alta tiene una

mayor influencia sobre el tamaño del mordisco (Stobbs, citado por Araujo, 2005). Cuando todas las fracciones del alimento son de una calidad moderada a baja, los cambios en la cinética de la digesta reducen el consumo de MS (Burns et al., citados por Araujo, 2005).



### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. LOCALIZACIÓN**

El trabajo experimental se llevó a cabo entre los meses de junio y julio de 2009 en la Unidad de Lechería del Centro Regional Sur (CRS), Facultad de Agronomía, Juanicó, Canelones.

#### **3.2. INFORMACIÓN DE LOS ENSILADOS**

Se evaluaron 7 ensilados de maíz y 18 de sorgo, de los cuales se contaba con la información de composición química y de consumo y digestibilidad obtenidos en experimentos anteriores. Se identifica el material o tratamiento con un número y entre paréntesis la especie: 1= maíz y 2= sorgo.

Se determinó la digestibilidad y el consumo *in vivo* de la MS, materia orgánica (MO) y FDN de cada uno de los ensilajes según la metodología de Jarrige (1988). La digestibilidad se calculó por diferencia entre la cantidad consumida (C) y excretada en las heces (H), de cada fracción:  $Dig = (C-H) / C$ . Para cada ensilaje se utilizaron 6 ovinos machos castrados de la raza Corriedale, con un peso vivo promedio de  $56,7 \pm 6,04$  kg, asignados al azar en cada tratamiento. En el período de adaptación consumieron el ensilaje a evaluar, éste período tuvo una duración de 15 días de manera de obtener un rechazo de aproximadamente el 10% del ofrecido. El período de mediciones tuvo una duración de 6 días. A los ensilajes suministrados se le agregó 2 g de urea por animal y por día. Tanto de las heces como de los rechazos se sacó una submuestra equivalente al 20% aproximadamente de la cantidad presente, para determinar el contenido de MS a 60°C durante 48 hs. Estas submuestras fueron guardadas, para conformar una muestra compuesta de heces y una muestra compuesta del rechazo por animal y por material. Diariamente, de cada ofrecido de ensilaje se sacó una submuestra de 500 g, la cual se pesó y se llevó a estufa a 60°C durante 48 hs para determinar el contenido de MS. Como con las heces y rechazos, las submuestras fueron guardadas para conformar una muestra compuesta del ofrecido por ensilaje. Las heces, el alimento ofrecido y rechazado se analizaron, siguiendo los procedimientos descritos, para MS60, MS105, FDN, FDA, LDA, NIDA, Cenizas, PC, EE y EB.

El consumo se calculó como la diferencia entre el alimento ofrecido y el rechazado.

Cuadro No. 2 Composición química de los ensilados

Trat.	Hib/Var	%MS	%MO	%FDN	%FDA	%LDA	PC
1	IPBsil785	28.3	95.5	51.3	32.4	3.8	7.6
2	Cangue	22	92.2	65.8	38.6	2.2	7.7
3	DK754	42.5	94.4	57.6	31.9	2.6	6.2
4	8340	37.7	96.4	45.9	24	2.6	9.2
5	IPBsil785	26.3	94.4	56.9	31.5	3.8	8.8
6		29.6	94.7	53.6	32.3	3.9	7.5
7	6001	38.1	96.4	47.1	24.7	2.5	6.8
Trat.	Hib/Var	%MS	%MO	%FDN	%FDA	%LDA	PC
8	Flash1	32.9	96	46.1	23.8	4.2	11
9	DairyMaster	27.2	94	51	31	4.5	7
10	Flash1	33.8	92.4	49.7	29.5	7.3	6.8
11	Bmr silo	34.8	90.9	62	35.8	4.9	5.6
12	DairyMaster	31.6	92.2	51.6	28.8	2.5	5.3
13	P8419	33.8	96.7	51.1	26.9	3.2	8.5
14	Bmr silo	21.3	90.6	62.9	37	3.8	8.1
15	Bmr exp	28.3	93.2	59.7	33	5.9	9.7
16	DairyMaster	22.2	90.6	60.3	35.6	3.3	8.9
17	DairyMaster	26.2	90	54.5	29.2	2.2	9.7
18	Flash1	35.7	91.7	55.6	31.2	7.1	5

19	Epecuen	30.2	96.8	56	30.6	4.8	9.4
20	DairyMaster	31.8	93.3	45.7	25.5	2.6	6.3
21	Bmr silo	26	91.8	63.8	36.2	4	9.6
22	P8118	55.7	97.2	51.4	27.7	5	8.4
23	P8118	36.9	94.5	48.8	28.8	5.4	6.9
24	P8419	42.3	97.5	47.4	27.7	5.9	7.6
25	P8419	44.1	94.6	37.7	23.3	6.1	7.3

Cuadro No. 3 Tipo de alimento y valores de digestibilidad

<b>Tratamiento</b>	<b>Alimento</b>	<b>Hib/Var</b>	<b>DMS 105</b>	<b>DMO</b>	<b>DFDN</b>
1	Maíz	IPBsil785	70	70	60
2	Maíz	Cangue	70	70	50
3	Maíz	DK754	70	80	70
4	Maíz	8340			
5	Maíz	IPBsil785			
6	Maíz		70	70	50
7	Maíz	6001	70	70	60
<b>Tratamiento</b>	<b>Alimento</b>	<b>Hib/Var</b>	<b>DMS 105</b>	<b>DMO</b>	<b>DFDN</b>
8	Sorgo	Flash1	60	60	40
9	Sorgo	DairyMaster	58	62	50
10	Sorgo	Flash1	60	60	20
11	Sorgo	Bmr silo	55	57	54
12	Sorgo	DairyMaster	61	65	53
13	Sorgo	P8419	60	60	40
14	Sorgo	Bmr silo	60	64	62
15	Sorgo	Bmr exp	59	61	56
16	Sorgo	DairyMaster	57	60	55
17	Sorgo	DairyMaster	60	63	53
18	Sorgo	Flash1	50	50	30

19	Sorgo	Epecuen	60	60	40
20	Sorgo	DairyMaster	63	68	47
21	Sorgo	Bmr silo	57	62	63
22	Sorgo	P8118	50	60	50
23	Sorgo	P8118			
24	Sorgo	P8419	40	50	30
25	Sorgo	P8419	60	70	50

Cuadro No. 4: Información sobre consumo y digestibilidad de los tratamientos evaluados

<b>Trat.</b>	<b>Alimento</b>	<b>Hib/Var</b>	<b>CMS 105PM(g)</b>	<b>CMOPM(g)</b>	<b>CFDNPM(g)</b>
1	Maíz	IPBsil785	34.4	32.4	18.0
2	Maíz	Cangue	28.1		13.9
3	Maíz	DK754	20.7		10.8
4	Maíz	8340			
5	Maíz	IPBsil785			
6	Maíz		27.9	25.8	12.7
7	Maíz	6001	28.7	27.3	13.1
<b>Trat.</b>	<b>Alimento</b>	<b>Hib/Var</b>	<b>CMS 105PM(g)</b>	<b>CMOPM(g)</b>	<b>CFDNPM(g)</b>
8	Sorgo	Flash1	33.5	30.6	16.8
9	Sorgo	DairyMaster	20.1	18.9	10.3
10	Sorgo	Flash1	21.1	20.0	7.2
11	Sorgo	Bmr silo	29.1	26.4	18.3
12	Sorgo	DairyMaster	27.7	25.5	14.3
13	Sorgo	P8419	25.5	23.3	11.6
14	Sorgo	Bmr silo	34.1	31.2	21.5
15	Sorgo	Bmr exp	28.5	26.4	17.1
16	Sorgo	DairyMaster	40.0	36.1	23.8
17	Sorgo	DairyMaster	34.6	31.9	18.7

18	Sorgo	Flash1	25.6	23.7	12.2
19	Sorgo	Epecuen	19.1	16.9	8.7
20	Sorgo	DairyMaster	25.9	24.3	11.1
21	Sorgo	Bmr silo	16.8	15.5	10.8
22	Sorgo	P8118	27.3	25.2	15.2
23	Sorgo	P8118			
24	Sorgo	P8419	20.7	19.0	11
25	Sorgo	P8419	28.1	30.5	13.5

### 3.3. TÉCNICA DE ANÁLISIS

La técnica que se utilizó se denomina degradabilidad in sacco o in situ que permite caracterizar la degradabilidad en rumen de la materia seca (MS) o de la fracción en estudio.

#### 3.2.1. Preparación de la muestra

Los ensilajes se secaron previamente durante 48 hs a 60 °C y posteriormente se molieron a 0.8 mm. Los cultivos utilizados fueron maíz (1) y sorgo (2) de diferentes variedades.

#### 3.2.2. Elaboración de las bolsas

Se emplearon bolsas de nylon con un tamaño de poro de 46 micrones. Las dimensiones de la bolsa eran de 7.5 por 15 cm; de esa forma, con la costura o el sellado se formó un área interna de 6 por 11 cm. Se pueden usar las bolsas de Ankom (No. 1020, 10 cm x 20cm), cortadas por la mitad.

Después de su numeración, las bolsas se llevaron a estufa y se secaron durante 24 hs a 80 °C y posteriormente se pesaron y llenaron con 3 gr de muestra. La relación contenido/superficie fue de 20 mg/cm<sup>2</sup>.

Simultáneamente al llenado de las bolsas se determinó por duplicado el contenido de MS del alimento, durante 48 hs a 80 °C.

Las bolsas se sellaron y se dejó un espacio de 4 cm en la parte superior para poner un ojal o una hebra de hilo para atarlas.

### **3.4. ANIMALES**

Se trabajó con 3 vacas con cánula de rumen que estaban secas y vacías. Se necesitaban al menos dos animales de manera de considerar la variación entre ellos (en este experimento se trabajó con tres animales).

Las vacas fueron alimentadas dos veces al día (8:00 y 17:00 hs) y recibieron en total 7 kg de MS de una dieta compuesta por 5 kg de MS de heno de alfalfa (6 kg fresco), 2 kg de grano de maíz (2.2 kg fresco) y 50 gr de urea. La dieta presentó un contenido de proteína cruda de 14 - 15 %.

### **3.5. INCUBACIÓN EN RUMEN**

Cada medición comprendió de 7 puntos de cinética: 2-4-8-16-24-48-72. Para cada punto de cinética se realizaron 2 corridas en el tiempo, por lo cual se obtienen 6 puntos por alimento (3 vacas por 2 repeticiones por vaca).

Las bolsas fueron atadas con una cuerda de nylon de 50 cm a una pesa de 675 gr recubierta de nylon, la cual fue amarrada a la cánula y colocada en el rumen junto con la comida de la mañana. Las bolsas correspondientes al punto 16 hs, se colocaron a la hora 17:00 (comida de la tarde) y se retiraron a la mañana siguiente, a fin de evitar el trabajo en la noche.

Se colocaron hasta 30 bolsas en el rumen y las que se iban retirando se sumergían en un balde con agua fría y luego se congelaban a -15 °C para posteriormente ser descongeladas y lavadas con agua fría a 10 °C en una máquina de lavar durante 3 a 5 ciclos de 5 minutos cada uno hasta que el agua del lavado fuese clara.

Las bolsas se secaron a 60 °C durante 48 hs, luego se pesaron y se analizó el contenido de FDN y MS. Para esta medición se incubó una muestra compuesta por vaca.

Para cada alimento y cada punto de la cinética, los residuos se reagruparon por animal para la determinación de la composición química.



### 3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El modelo estadístico utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ijklm} = \mu + \beta_i + \delta_j + \lambda_k + \tau_i + \beta\tau_{il} + \delta\lambda_{jk} + \beta\delta\lambda_{ijk} + \delta\lambda\tau_{jkl} + \beta\delta\lambda\tau_{ijkl} + \varepsilon_{ijklm}$$

Donde:

$Y_{ijklm}$ : degradabilidad de la MS

$\mu$ : media general

$\beta_i$ : efecto de la i-ésima vaca

$\delta_j$ : efecto del tipo de grano

$\lambda_k$ : efecto conservación

$\tau_i$ : efecto tiempo

$\beta\tau_{il}, \delta\lambda_{jk}, \beta\delta\lambda_{ijk}, \delta\lambda\tau_{jkl}, \beta\delta\lambda\tau_{ijkl}$ : interacciones importantes

$\varepsilon_{ijklm}$ : error experimental

Para ver si existía efecto vaca, repetición y si había efecto entre el tipo de grano y el estado de conservación de los mismos se realizó un ANAVA con el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS v 6.12 en

Se eliminaron los datos cuyo r student absoluto fuera mayor a 2. (outliers) con el PROC GLM de SAS.

Para ver el comportamiento de cada tratamiento a lo largo del tiempo se ajustó el modelo de Mitscherlich según la propuesta de Ørskov y McDonald (1979) con el procedimiento NLIN del SAS (1991), la estimación de los parámetros se realizó con un intervalo de confianza  $\gamma = 95\%$

El modelo exponencial de Orskov y McDonald (1979) ofrece un buen ajuste para diversos alimentos:

$$1 - S(t) = a + b(1 - e^{-c^*(t-L)})$$

En donde:

$S(t)$  es la proporción de MS o de la fracción en estudio residual en la bolsa a un tiempo  $t$ .

$C$  es asimilable a  $k_d$  (tasa de digestión)

$a$  y  $b$  representan las fracciones rápida y potencialmente degradables respectivamente.

El cálculo de los parámetros  $a$ ,  $b$  y  $c$  puede ser obtenido mediante el ajuste no lineal del modelo.

En las condiciones normales de tránsito del alimento en el rumen, la proporción degradada o degradabilidad teórica (DT) depende de:

- La tasa de pasaje de las partículas del alimento por hora. En el INRA se toma 0.06 ( $k_p$ )
- Del ritmo de degradación obtenido mediante la cinética de desaparición en las bolsas.

La DT se calcula como:

$$DT = a + \frac{b \cdot c}{c + k_p}$$

### 3.7. ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES

Se calculó el coeficiente de Pearson entre el porcentaje de materia seca desaparecida a diferentes tiempos de incubación y el consumo de materia seca por peso metabólico en gramos. También se calculó el coeficiente para el porcentaje de la fracción detergente neutro desaparecida a diferentes tiempos de incubación y el consumo de la fracción detergente neutro por materia orgánica en gramos.

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1. PARÁMETROS**

En los siguientes cuadros se presentan los valores de los parámetros del modelo de Orskov y McDonald (1979), según el tipo de material (tratamiento) utilizado. Se presentan los resultados de los cuales el modelo convergió.

Cuadro No. 5: Resultados de los parámetros a, b, c y L de la degradabilidad de la MS.

MS	Parámetros				Idec(a)		Idec(b)		Idec(c)	
	Trat.	a	b	C	L					
5(1)	37.6	39.7	0.05	6.35	31.7	43.6	32.7	46.8	0.03	0.06
7(1)	34.2	49.6	0.03	2.41	30.3	38.1	43.2	55.9	0.02	0.04
14(2)	26.2	60.8	0.02	0.26	21.9	30.5	27.3	94.2	0.00	0.03
15(2)	29.3	39.6	0.03	5.08	22.8	35.8	28.6	50.5	0.01	0.05
17(2)	33.4	63.5	0.02	5.10	26.8	40.0	33.0	93.9	0.00	0.03
22 (2)	24.6	60.7	0.02	1.88	21.8	27.3	47.3	74.1	0.01	0.04
25 (2)	31.3	42.6	0.02	0.10	27.8	34.9	27.9	57.2	0.00	0.04

Idec: intervalo de confianza (95%)

Como se puede apreciar, los diferentes parámetros tienen diferencias significativas no muy claras. Para el caso de la fracción rápidamente degradable (a), no se pueden ver diferencias sustanciales. Dentro de las especies, para el caso del maíz, no hay diferencia significativa entre los dos materiales utilizados. Sin embargo la diferencia se presenta para el caso del sorgo entre los materiales 22 y 25, lo cual podría asociarse a la composición de la pared celular. La diferencia clara se presenta entre los materiales 5 y 14, 5 y 22 y 7 y 22. Dicha diferencia podría ser explicada por la distinta composición de la pared celular entre ambas especies, lo que lleva a que el maíz presente una mayor

fracción rápidamente degradable que el sorgo. Para la fracción potencialmente degradable (b) y la tasa de desaparición (c) no se encontraron diferencias.

En el caso de los parámetros para FDN se observa diferencia entre el material 13 y el 11 para la fracción rápidamente degradable (a). Cuando se estudian los demás parámetros se puede observar que no hay diferencias significativas para b y c (ver cuadro No. 6)

Cuadro No. 6: Resultados de los parámetros a, b, c y L de la degradabilidad de la FDN

FDN	Parámetros									
	Trat.	a	B	c	L	Idec(a)		Idec(b)		Idec(c)
2(1)	16.7	63.5	0.02	4.7	7.13	26.3	40.4	86.7	0.01	0.04
11(2)	21.1	62	0.02	6.38	15.4	26.8	31.5	92.5	0.00	0.03
13(2)	1.48	62.5	0.03	1.86	-5.3	8.3	48.8	76.2	0.01	0.05

Idec: intervalo de confianza (95%)

#### 4.2. ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES

Según Orskov y Mc Donald (1979) la digestión en el rumen de las fracciones potencialmente degradables del almidón y la proteína puede ser descrita por un modelo de desaparición de este comportamiento.

Tomando como base este modelo y los resultados obtenidos en los tratamientos realizados a campo se ha procesado la siguiente información para materia seca y FDN.

A continuación se presenta la evolución en el tiempo de los diferentes tratamientos utilizados en el presente trabajo, ajustados al modelo de Orskov y Mc Donald (1979). Figura No. 5 y 6 respectivamente.

Figura No. 5: Proporción de materia seca efectivamente degradada en el rumen (PDR %MS).

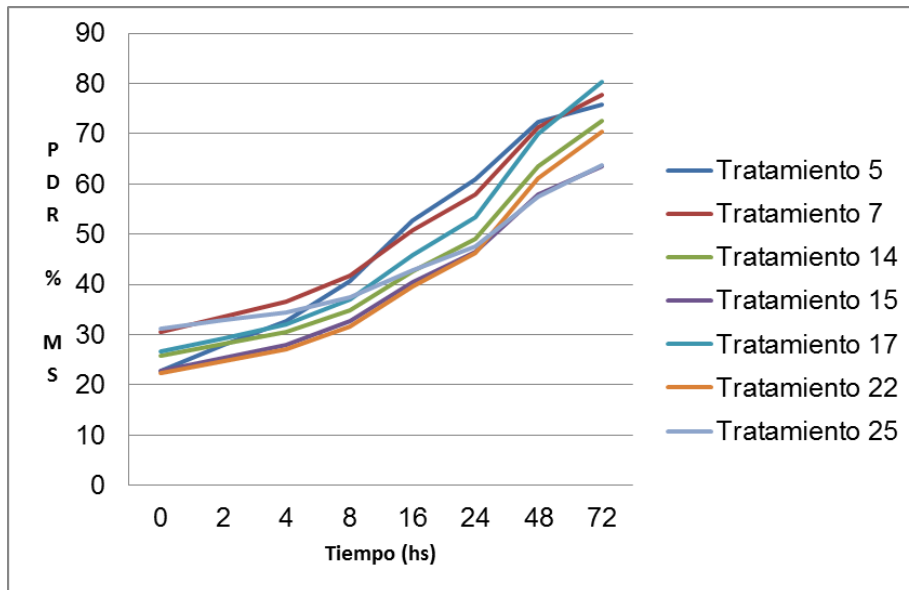
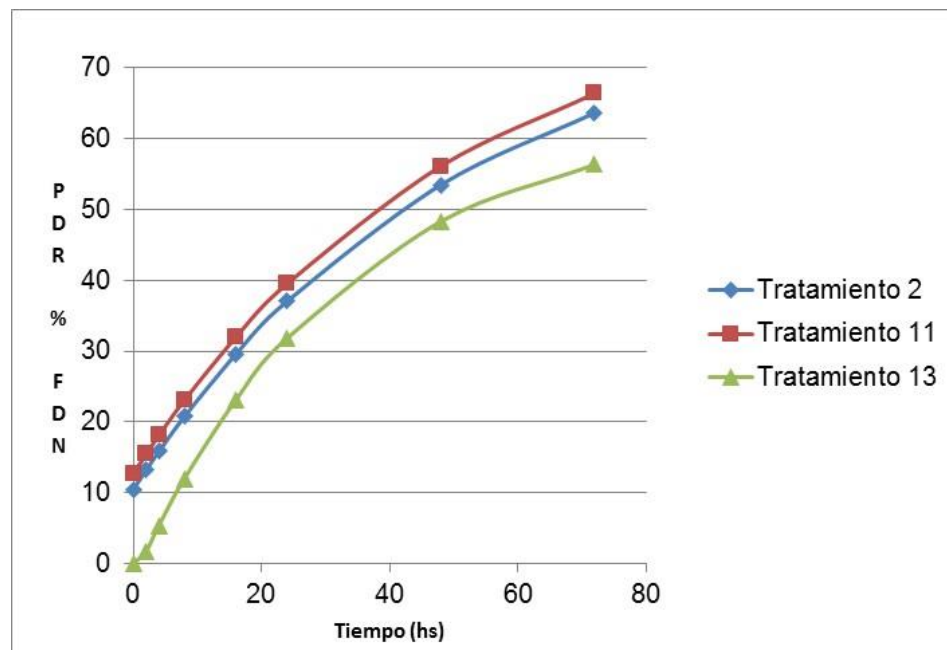


Figura No. 6: Proporción de FDN efectivamente degradada en el rumen (PDR %FDN)



Algo a destacar es que la materia seca tiene la misma línea de tendencia en todos los tratamientos realizados, pudiéndose observar en las primeras horas, la desaparición de las fracciones rápida y potencialmente degradables (a y b respectivamente).

En la figura No. 6 que muestra la degradación ruminal de FDN en el tiempo, se puede observar una tendencia exponencial de los tratamientos de maíz (2), sorgo BMR (11) y sorgo común (13).

A su vez, se aprecia una notoria diferencia entre los tratamientos 2 y 11, con el 13; dicha diferencia probablemente esté asociada a la composición de la pared celular cuando se compara entre sorgos y al tipo de grano cuando se compara entre diferentes especies.

En el cuadro No. 7 se presentan las correlaciones entre el porcentaje de materia seca desaparecida (%MS desap) a diferentes tiempos de incubación y el consumo de materia seca por peso metabólico en gramos (CMS60PM g) así como el porcentaje de la fracción detergente neutro desaparecida (%FDN desap.) a diferentes tiempos de incubación y el consumo de fracción detergente neutro por materia orgánica en gramos (CFDNMO g)

Cuadro No. 7: Correlaciones entre la MS desaparecida y el consumo y la FDN desaparecida y el consumo a diferentes tiempos de incubación.

<b>Tiempo de incubación</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>16</b>	<b>24</b>	<b>48</b>	<b>72</b>
<b>% MS desap. Vs CMS60PM(g)</b>	-0.18	-0.20	-0.12	-0.04	0.10	-0.10	0.00
<b>% FDN desap. vs CFDNMO(g)</b>	-0.18	-0.11	-0.20	0.36	0.30	0.20	0.20

Como se puede observar en el cuadro anterior, la mayor correlación entre el porcentaje de FDN desaparecido con el consumo de los animales, transcurre durante los tiempos 16 y 24 hs. En cuanto al porcentaje de MS desaparecido, la correlación no es tan clara.

Las siguientes figuras muestran la degradabilidad teórica (para MS y FDN respectivamente) de los diferentes tratamientos tomando como referencia una tasa de pasaje (kp) de 6%.

Figura No. 7. Degradación teórica ruminal de MS en el tiempo.

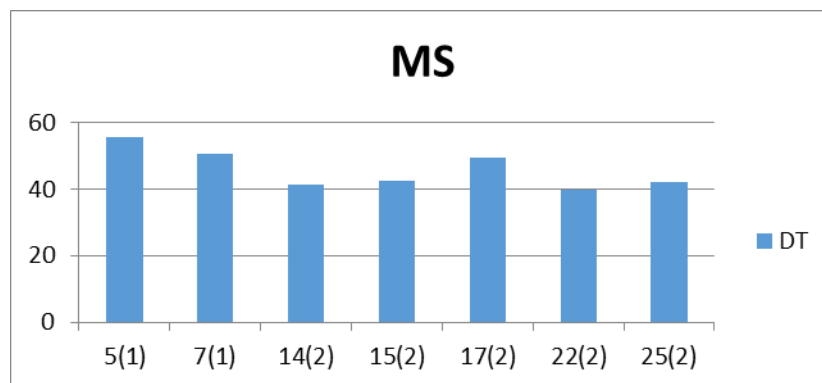
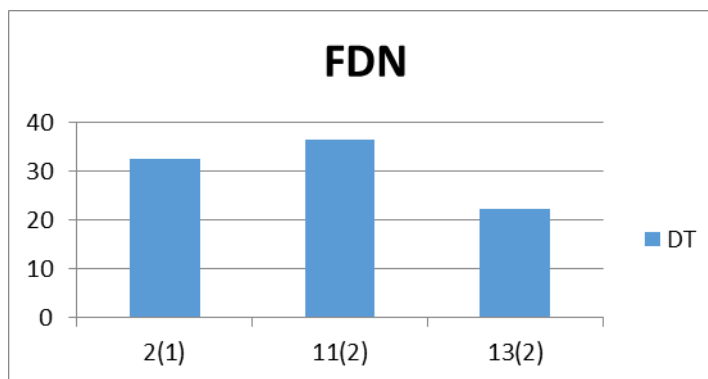


Figura No. 8: Degradación teórica ruminal de FDN en el tiempo



Se puede inferir que los tratamientos correspondientes a maíz presentan en promedio una mayor degradabilidad teórica respecto a los de sorgo (a igual kp).

## **5. CONCLUSIONES**

- Las correlaciones mayores fueron las correspondientes a FDN desaparecido vs consumo de los animales, en los tiempos 16 y 24 hs.
- Para porcentaje de MS desaparecida vs consumo, la correlación fue baja por lo que la degradabilidad de la MS de los alimentos utilizados no afectó significativamente el consumo.
- La tendencia de desaparición de MS fue similar para todos los tratamientos realizados con los diferentes materiales utilizados (sorgo y maíz).
- A igual kp (6%) los materiales correspondientes a maíz en promedio, presentaron una mayor degradabilidad teórica respecto al sorgo.
- Dentro de la especie sorgo, hubo diferencia en la degradabilidad teórica, siendo mayor para los materiales bmr.
- La falta de convergencia del modelo podría estar explicado por la ausencia de la fase lag de los materiales analizados.



## 6. RESUMEN

En el presente trabajo se comparó la degradabilidad ruminal de MS y FDN (in situ) de diferentes ensilados de maíz y sorgo, de los cuales se contaba con información previa de composición química, consumo y digestibilidad in vivo. Se trabajó con 3 vacas con cánula de rumen que estaban secas y vacías. Las vacas fueron alimentadas dos veces al día (8:00 y 17:00 hs) y recibieron en total 7 kg de MS de una dieta compuesta por 5 kg de MS de heno de alfalfa (6 kg fresco), 2 kg de grano de maíz (2.2 kg fresco) y 50 gr de urea. La dieta presentó un contenido de proteína cruda de 14 - 15 %. La técnica que se utilizó se denomina degradabilidad in sacco o in situ que permite caracterizar la degradabilidad en rumen de la materia seca (MS) o de la fracción en estudio. Cada medición comprendió de 6 a 7 puntos de cinética: 2-4-8-16-24-48-72. El tiempo 72 fue necesario en aquellos alimentos de baja degradabilidad en rumen. Para cada punto de cinética 2 corridas en el tiempo (3 vacas por 2 repeticiones por vaca). Cuando se analizaron los datos se encontró mayor correlación para porcentaje de FDN desaparecido vs consumo de los animales para los tiempos 16 y 24. En cambio para porcentaje de MS desaparecida vs consumo de animales la correlación fue muy baja. El cálculo de degradabilidad teórica para MS presento una tendencia de desaparición similar entre los diferentes materiales utilizados. En cambio la degradabilidad ruminal de FDN tendió a ser exponencial para los diferentes materiales notándose una clara diferencia entre especies (maíz vs sorgo) y dentro de la misma (sorgo común vs sorgo bmr).

Palabras clave: Degradabilidad ruminal; Consumo; Ensilado de maíz; Ensilado de sorgo bmr.

## **7. SUMMARY**

In this paper we compared the ruminal degradability of DM and NDF (in situ) of different silage corn and sorghum, of which there were prior information chemical composition, intake and digestibility in vivo. We worked with 3 cows with rumen cannula were dry and empty. The cows were fed twice daily (8:00 and 17:00) and received a total of 7 kg DM of a diet with 5 kg DM of alfalfa hay (6 kg fresh), 2 kg of grain corn (2.2 kg fresh) and 50 g of urea. The diet presented a crude protein content of 14-15 %. The technique used is called degradability in bag or in situ to characterize rumen degradability of dry matter (DM) or the fraction under study. Each measurement comprised 6 to 7 points kinetic 2-4-8-16-24-48-72. Time 72 was necessary in those foods low rumen degradability. For each kinetic point two runs in time (3 cows for 2 reps per cow). When analyzing the data showed higher correlation to percentage of NDF disappeared vs animal consumption for times 16 and 24. In exchange for a percentage of MS disappeared vs animal consumption was very low correlation. The calculation of theoretical degradability MS presented a tendency of disappearing similar between the different materials used. Instead ruminal degradability of NDF tended to be exponential for different materials noticing a distinct difference between species (corn vs. sorghum) and within the same (common sorghum vs sorghum bmr).

Keywords: Ruminal degradability; Animal consumption; Corn silage; Sorghum bmr silage.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Abdelhadi, L. s.f. Los silajes en la producción animal; importancia de la calidad. (en línea). In: Seminario Manejo y Utilización de Pastos y Forrajes en Sistemas de Producción Animal (11º, s.f., Buenos Aires). Investigación y extensión en nutrición de rumiantes. Buenos Aires, s.e. pp. 114-131. Consultado 10 feb. 2012.  
Disponible en  
[http://www.avpa.ula.ve/eventos/xi\\_seminario/Conferencias/Articulo-12.pdf](http://www.avpa.ula.ve/eventos/xi_seminario/Conferencias/Articulo-12.pdf)
2. Araujo-Febres, O. 2005. Factores que afectan el consumo voluntario en bovinos a pastoreo en condiciones tropicales. (en línea). In: Seminario de Pastos y Forrajes (9º, 2005, s.l.). Trabajos presentados. Maracaibo, Venezuela, s.e. pp. 1-12. Consultado 12 feb. 2012  
Disponble en  
[http://www.ucv.ve/fileadmin/user\\_upload/facultad\\_agronomia/Consumo\\_a\\_pastoreo\\_II.pdf](http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Consumo_a_pastoreo_II.pdf)
3. Bragachin, I. M.; Cattani, P.; Ramírez, E.; Ruiz, S. 1997. Silaje de maíz y sorgo granífero. INTA Rafaela. Cuaderno de Actualización Técnica no. 2. 122 p.
4. Caorsi Molinari, M. L.; Olivera Altunez, A. P. 2005. Efecto del método de conservación de distintos materiales de grano de sorgo sobre la degradabilidad ruminal y digestibilidad intestinal de la materia seca. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 68 p.
5. Dado, R. G.; Allen, M. S. 1995. Intake limitations, feeding behavior, and rumen function of cows challenged with rumen fill from dietary fiber or inert bulk. *Journal of Dairy Science*. 78 (1): 118–133
6. Guada, J.A. 1993. Efectos del procesado sobre la degradabilidad ruminal de proteína y almidón. (en línea) In: Curso de especialización FEDNA (9º, 1993, s.l.). Textos. Barcelona, España, s.e. s.p. Consultado 20 jun. 2013. Disponible en  
[http://fundacionfedna.org/sites/default/files/93CAP\\_2.pdf](http://fundacionfedna.org/sites/default/files/93CAP_2.pdf)

7. Mejia, J. 2002. Consumo voluntario de forraje por rumiantes en pastoreo. (en línea). Acta Universitaria. 12(3): 56-63. Consultado 11 feb. 2012  
Disponible en  
[http://www.ucv.ve/fileadmin/user\\_upload/facultad\\_agronomia/Consumo\\_a\\_pastoreo.pdf](http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Consumo_a_pastoreo.pdf)
8. NRC (National Research Council). 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. (en línea). 7<sup>th</sup>. rev. ed. Washington, D. C., National Academy Press. 408 p. Consultado 20 jun. 2013. Disponible en  
[http://www.nap.edu/catalog.php?record\\_id=9825](http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=9825)
9. Orskov, E.; McDonald, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. The Journal of Agriculture Science. (Cambridge). 92(2): 499-503.
10. Pardini, C. s.f. Consumo. Sistemas de producción lechera de Argentina y cuba, alimentación de la vaca lechera. (en línea) In: Curso de la Red ICAARG (1°, s.f., s.l.). Resúmenes. Córdoba, Argentina, s.e. p. 25. Consultado 20 feb. 2012. Disponible en  
<http://www.icaarg.com.ar/images/archivos/Resumen%20Curso%20Alimentacion%20%20REDICAARG.pdf>
11. Preston, T. R.; Leng, R. A. 1989. Ajustando los sistemas de producción pecuaria a los recursos disponibles; aspectos básicos y aplicados del nuevo enfoque sobre la nutrición de rumiantes en el trópico. Cali, Colombia, CONDRIT. 312 p
12. Sánchez, J. M. I. s.f. Utilización eficiente de las pasturas tropicales en la alimentación de ganado lechero. (en línea) In: Seminario Manejo y Utilización de Pastos y Forrajes en Sistemas de Producción Animal. (11°, s.f., Costa Rica). Conferencias. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. pp. 14-30. Consultado 10 feb. 2012. Disponible en  
[http://www.avpa.ula.ve/eventos/xi\\_seminario/Conferencias/Articulo-2.pdf](http://www.avpa.ula.ve/eventos/xi_seminario/Conferencias/Articulo-2.pdf)

## 9. ANEXOS

### ANEXO 1

Tratamiento 2. Procedimiento NLIN

Variable dependiente DESAP

Método: Marquardt

		Fase iterativa				
	Suma de	Iter	a	b	c	L
cuadrados						
1286.3	0	17.0000	58.0000	0.0300	6.1000	
1277.7	1	16.7050	60.5461	0.0265	5.0363	
1273.6	2	16.7050	61.7689	0.0256	4.8143	
1272.3	3	16.7050	62.5009	0.0251	4.7684	
	4	16.7050	62.9429	0.0249	4.7420	1271.8
	5	16.7050	63.2027	0.0247	4.7259	1271.6
	6	16.7050	63.3520	0.0246	4.7164	1271.5
	7	16.7050	63.4366	0.0246	4.7109	1271.4
	8	16.7050	63.4840	0.0245	4.7078	1271.4
	9	16.7050	63.5104	0.0245	4.7060	1271.4
	10	16.7050	63.5249	0.0245	4.7051	1271.4

11	16.7050	63.5330	0.0245	4.7045	1271.4		
			12	16.7050	63.5374	0.0245	4.7042 1271.4
			13	16.7050	63.5399	0.0245	4.7040 1271.4
			14	16.7050	63.5412	0.0245	4.7040 1271.4
			15	16.7050	63.5420	0.0245	4.7039 1271.4
			16	16.7050	63.5424	0.0245	4.7039 1271.4
			17	16.7050	63.5426	0.0245	4.7039 1271.4
			18	16.7050	63.5427	0.0245	4.7039 1271.4
			19	16.7050	63.5428	0.0245	4.7038 1271.4
			20	16.7050	63.5428	0.0245	4.7038 1271.4
			21	16.7050	63.5428	0.0245	4.7038 1271.4
			22	16.7050	63.5428	0.0245	4.7038 1271.4
			23	16.7050	63.5429	0.0245	4.7038 1271.4

NOTA: Criterio de convergencia cumplido con mensaje de

Aviso

específico de By-group.

#### Resumen de la estimación

Método	Marquardt
Iteraciones	23
R	8.907E-8
PPC(c)	8.836E-8
RPC(c)	1.608E-7
Objeto	1.39E-9

Objetivo 1271.408  
 Observaciones leídas 33  
 Obs usadas 33  
 Observaciones ausentes 0

Cuadrado

Fuente	DF	Suma de cuadrados	de la media	Aprox F-Valor	Pr > F
Modelo	3	11358.4	3786.1	86.36	<.0001
Error	29	1271.4	43.8417		
Total corregido	32	12629.8			

Error std

Parámetro	Estimador	aproximado	Límites de confianza 95% aproximados	
a	16.7050	4.6820	7.1293	26.2807
b	63.5429	11.3191	40.3927	86.6930
c	0.0245	0.00913	0.00582	0.0432
L	4.7038	3.9379	-3.3500	12.7577

Matriz de correlación aproximada

	a	b	c	L
a	1.0000000	-0.4136337	0.0000000	

0.7640554

0.6926690	b	-0.4136337	1.0000000	-0.8833207	-
0.4861077	c	0.0000000	-0.8833207	1.0000000	
1.0000000	L	0.7640554	-0.6926690	0.4861077	

DEGRAD FDN 2009 silos sorgo y maíz sin tipo 0

### Tratamiento 11

Procedimiento NLIN

Variable dependiente DESAP

Método: Marquardt

Fase iterativa						
Suma de	Iter	a	b	c	L	cuadrados
	0	21.0000	80.0000	0.0100	4.1000	483.9
	1	21.0285	73.3269	0.0116	5.6287	472.2
	2	21.0684	67.9682	0.0131	5.8635	464.8
	3	21.0964	62.8233	0.0149	6.1970	462.8
	4	21.0999	61.3458	0.0157	6.2968	455.1
	5	21.1000	61.1926	0.0160	6.3528	451.0
	6	21.1000	61.3755	0.0160	6.3731	448.9
	7	21.1000	61.5822	0.0160	6.3786	447.9
	8	21.1000	61.7390	0.0159	6.3793	447.4
	9	21.1000	61.8433	0.0159	6.3787	447.1



10	21.1000	61.9084	0.0159	6.3781	446.9
11	21.1000	61.9478	0.0159	6.3776	446.8
12	21.1000	61.9710	0.0158	6.3773	446.8
13	21.1000	61.9846	0.0158	6.3770	446.8
14	21.1000	61.9924	0.0158	6.3769	446.7
15	21.1000	61.9970	0.0158	6.3768	446.7
16	21.1000	61.9995	0.0158	6.3768	446.7
17	21.1000	62.0010	0.0158	6.3768	446.7
18	21.1000	62.0018	0.0158	6.3768	446.7
19	21.1000	62.0023	0.0158	6.3767	446.7
20	21.1000	62.0026	0.0158	6.3767	446.7
21	21.1000	62.0027	0.0158	6.3767	446.7
22	21.1000	62.0028	0.0158	6.3767	446.7
23	21.1000	62.0029	0.0158	6.3767	446.7
24	21.1000	62.0029	0.0158	6.3767	446.7
25	21.1000	62.0029	0.0158	6.3767	446.7
26	21.1000	62.0029	0.0158	6.3767	446.7
27	21.1000	62.0029	0.0158	6.3767	446.7

NOTA: Criterio de convergencia cumplido con mensaje de

Aviso

específico de By-group.

#### Resumen de la estimación

Método

Marquardt

Iteraciones	27
Subiteraciones	7
Subiteraciones de promedio	0.259259
R	7.897E-8
PPC(c)	6.079E-8
RPC(c)	1.07E-7
Objeto	2.356E-8
Objetivo	446.7222
Observaciones leídas	33
Obs usadas	33
Observaciones ausentes	0

Cuadrado

		Suma de	de la	Aprox	
> F	Fuente	DF	cuadrados	media	F-Valor
	Modelo	3	6630.9	2210.3	143.49
<.0001	Error	29	446.7	15.4042	
	Total corregido	32	7077.6		

Error std

Parámetro	Estimador	aproximado	Límites de
confianza 95% aproximados			
a	21.1000	2.7753	15.4239 26.7761

b	62.0029	14.8905	31.5485	92.4574
c	0.0158	0.00633	0.00288	0.0288
L	6.3767	3.2101	-0.1887	12.9422

Matriz de correlación aproximada

	a	b	c	L
a	1.0000000	-0.1863787	-0.0000000	
b	-0.1863787	1.0000000	-0.9731423	-
c	-0.0000000	-0.9731423	1.0000000	
L	0.8806081	-0.4312537	0.3012527	

DEGRAD FDN 2009 silos sorgo y maíz sin tpo 0

Tratamiento 13

Procedimiento NLIN

Variable dependiente DESAP

Búsqueda de cuadrícula

	a	b	c	L	Suma de cuadrados
	2.0000	62.0000	0.0300	2.1000	1324.2

AVISO: Initial parameter(s) violate a bound.

DEGRAD FDN 2009 silos sorgo y maíz sin tpo 0

Procedimiento NLIN

Variable dependiente DESAP

Método: Marquardt

Fase iterativa

Iter	a	b	c	L	Suma de	
					cuadrados	
0	2.0000	62.0000	0.0300	2.1000	1324.2	
1	2.0333	62.0000	0.0299	1.8553	1323.9	
2	1.5521	62.4979	0.0304	1.8553	1321.7	
3	1.4822	62.5216	0.0305	1.8553	1321.7	
4	1.4816	62.5225	0.0305	1.8553	1321.7	
5	1.4816	62.5225	0.0305	1.8553	1321.7	

NOTA: Criterio de convergencia cumplido con mensaje de

Aviso

específico de By-group.

Resumen de la estimación

Método	Marquardt
Iteraciones	5
Subiteraciones	8
Subiteraciones de promedio	1.6
R	4.355E-9

PPC(a) 2.878E-8  
 RPC(a) 6.997E-7  
 Objeto 3.2E-14  
 Objetivo 1321.689  
 Observaciones leídas 26  
 Obs usadas 26  
 Observaciones ausentes 0

		Cuadrado				
		Suma de	de la	Aprox		
F	Fuente	DF	cuadrados	media	F-Valor	Pr >
<.0001	Modelo	2	10288.8	5144.4	89.52	
	Error	23	1321.7	57.4647		
	Total corregido	25	11610.5			

NOTA: El hessiano (aproximado) es singular.

Error std

Parámetro	Estimador	aproximado	Límites de confianza 95% aproximados	
a	1.4816	3.2959	-5.3365	8.2997
b	62.5225	6.6335	48.8000	76.2449
c	0.0305	0.00909	0.0117	0.0493
L	1.8553	.	.	.

Matriz de correlación aproximada

	a	b	c	L
a	1.0000000	-0.0145266	-0.6182622	.
b	-0.0145266	1.0000000	-0.7098175	.
c	-0.6182622	-0.7098175	1.0000000	.
L	.	.	.	.

DEGRAD FDN 2009 silos sorgo y maíz sin tpo 0

## ANEXO 2

Tratamiento 5

Procedimiento NLIN

Variable dependiente DESAP

Búsqueda de cuadrícula

				Suma de	
a	b	c	L	cuadrados	
37.0000	40.0000	0.0500	6.1000	607.2	

AVISO: Initial parameter(s) violate a bound.

DEGRAD MS 2009 silos sorgo y

Procedimiento NLIN

Variable dependiente DESAP

Método: Marquardt

Fase iterativa

				Suma de	
Iter	a	b	c	L	cuadrados
0	37.0000	40.0000	0.0500	6.1000	607.2
1	37.6450	40.2388	0.0442	6.2683	588.7
2	37.6450	39.9502	0.0453	6.3340	586.8
3	37.6450	39.8462	0.0455	6.3425	586.0
4	37.6450	39.7917	0.0457	6.3470	585.6

5	37.6450	39.7621	0.0457	6.3495	585.3
6	37.6450	39.7459	0.0458	6.3508	585.2
7	37.6450	39.7371	0.0458	6.3516	585.2
8	37.6450	39.7323	0.0458	6.3520	585.1
9	37.6450	39.7297	0.0458	6.3522	585.1
10	37.6450	39.7282	0.0458	6.3523	585.1
11	37.6450	39.7275	0.0458	6.3524	585.1
12	37.6450	39.7270	0.0458	6.3524	585.1
13	37.6450	39.7268	0.0458	6.3524	585.1
14	37.6450	39.7267	0.0458	6.3524	585.1
15	37.6450	39.7266	0.0458	6.3524	585.1
16	37.6450	39.7266	0.0458	6.3524	585.1
17	37.6450	39.7265	0.0458	6.3524	585.1
18	37.6450	39.7265	0.0458	6.3524	585.1
19	37.6450	39.7265	0.0458	6.3524	585.1
20	37.6450	39.7265	0.0458	6.3524	585.1
21	37.6450	39.7265	0.0458	6.3524	585.1
22	37.6450	39.7265	0.0458	6.3524	585.1

NOTA: Criterio de convergencia cumplido con mensaje de

Aviso

específico de By-group.

Resumen de la estimación

Método

Marquardt



Iteraciones	22
R	6.262E-8
PPC(c)	2.816E-8
RPC(c)	5.149E-8
Objeto	1.251E-8
Objetivo	585.0927
Observaciones leídas	38
Obs usadas	38
Observaciones ausentes	0

Cuadrado

	Suma de	de la	Aprox	
Fuente	DF	cuadrados	media	F-Valor
Modelo	3	8027.8	2675.9	155.50
Error	34	585.1	17.2086	
Total corregido	37	8612.8		

Error std

Parámetro	Estimador	aproximado	Límites de confianza 95% aproximados	
a	37.6450	2.9333	31.6838	43.6062
b	39.7265	3.4563	32.7026	46.7505
c	0.0458	0.00848	0.0286	0.0630
L	6.3524	1.9578	2.3736	10.3313

Matriz de correlación aproximada

	a	b	c	L
0.8231378	a	1.0000000	-0.8486965	-0.0000000
0.8293095	b	-0.8486965	1.0000000	-0.4429079
0.3827099	c	-0.0000000	-0.4429079	1.0000000
1.0000000	L	0.8231378	-0.8293095	0.3827099

DEGRAD MS 2009 silos sorgo y maíz

Tratamiento 7

Procedimiento NLIN

Variable dependiente DESAP

Búsqueda de cuadrícula

Suma de

a      b      c      L      cuadrados

34.0000    50.0000    0.0300    2.1000    850.7

AVISO: Initial parameter(s) violate a bound.

DEGRAD MS 2009 silos sorgo y maíz

Procedimiento NLIN

Variable dependiente DESAP

Método: Marquardt

Fase iterativa

Iter	a	b	c	L	Suma de	
					cuadrados	
0	34.0000	50.0000	0.0300	2.1000	850.7	
1	33.6832	49.8645	0.0317	2.1000	850.3	
2	34.2355	49.8645	0.0311	2.4163	847.1	
3	34.2050	49.6526	0.0314	2.4163	846.4	
4	34.1999	49.5926	0.0315	2.4163	846.2	
5	34.1982	49.5727	0.0315	2.4163	846.1	
6	34.1976	49.5660	0.0315	2.4163	846.1	
7	34.1974	49.5637	0.0315	2.4163	846.1	
8	34.1974	49.5629	0.0315	2.4163	846.1	
9	34.1973	49.5627	0.0315	2.4163	846.1	
10	34.1973	49.5626	0.0315	2.4163	846.1	
11	34.1973	49.5626	0.0315	2.4163	846.1	
12	34.1973	49.5625	0.0315	2.4163	846.1	
13	34.1973	49.5625	0.0315	2.4163	846.1	

NOTA: Criterio de convergencia cumplido con mensaje de

Aviso

específico de By-group.

Resumen de la estimación

Método	Marquardt
Iteraciones	13
R	7.74E-8
PPC(c)	4.395E-8
RPC(c)	1.291E-7
Objeto	1.333E-8
Objetivo	846.0999
Observaciones leídas	40
Obs usadas	40
Observaciones ausentes	0

Cuadrado

		Suma de	de la	Aprox		
> F	Fuente	DF	cuadrados	media	F-Valor	Pr
<.0001	Modelo	2	9584.9	4792.5	209.58	
	Error	37	846.1	22.8676		
	Total corregido	39	10431.0			

NOTA: El hessiano (aproximado) es singular.

Error std

	Parámetro	Estimador	aproximado	Límites de
	confianza 95% aproximados			
	a	34.1973	1.9201	30.3069 38.0877
	b	49.5625	3.1199	43.2409 55.8841

c	0.0315	0.00632	0.0187	0.0443
L	2.4163	.	.	.

Matriz de correlación aproximada

	a	b	c	L
a	1.0000000	-0.0259844	-0.6829060	.
b	-0.0259844	1.0000000	-0.6480938	.
c	-0.6829060	-0.6480938	1.0000000	.
L	.	.	.	.

DEGRAD MS 2009 silos sorgo y maíz

Tratamiento 14

Procedimiento NLIN

Variable dependiente DESAP

Búsqueda de cuadrícula

	Suma de				
	a	b	c	L	cuadrados
	29.0000	80.0000	0.0100	2.1000	1371.8

AVISO: Initial parameter(s) violate a bound.

DEGRAD MS 2009 silos sorgo y maíz

Procedimiento NLIN

Variable dependiente DESAP

Método: Marquardt

### Fase iterativa

Iter	a	b	c	Suma de	
				L	cuadrados
0	29.0000	80.0000	0.0100	2.1000	1371.8
1	27.9084	77.7688	0.0106	0.2644	1368.5
2	27.0872	74.9098	0.0118	0.2644	1351.4
3	26.8353	70.5736	0.0129	0.2644	1345.8
4	26.6217	66.7795	0.0142	0.2644	1341.5
5	26.2823	61.3386	0.0163	0.2644	1339.9
6	26.1821	60.9028	0.0168	0.2644	1337.4
7	26.1676	60.7855	0.0169	0.2644	1337.3
8	26.1658	60.7660	0.0169	0.2644	1337.3
9	26.1656	60.7633	0.0169	0.2644	1337.3
10	26.1655	60.7629	0.0169	0.2644	1337.3
11	26.1655	60.7629	0.0169	0.2644	1337.3

Aviso

NOTA: Criterio de convergencia cumplido con mensaje de específico de By-group.

### Resumen de la estimación

Método	Marquardt
Iteraciones	11
Subiteraciones	10
Subiteraciones de promedio	0.909091

R	7.374E-8
PPC(c)	2.106E-7
RPC(c)	1.554E-6
Objeto	3.36E-13
Objetivo	1337.35
Observaciones leídas	37
Obs usadas	37
Observaciones ausentes	0

Cuadrado

	Suma de	de la	Aprox	
Fuente	DF	cuadrados	media	F-Valor
Modelo	2	6713.0	3356.5	85.33
Error	34	1337.3	39.3338	
Total corregido	36	8050.3		

> F  
<.0001

NOTA: El hessiano (aproximado) es singular.

Error std

Parámetro	Estimador	aproximado	Límites de confianza 95% aproximados	
a	26.1655	2.1151	21.8671	30.4639
b	60.7629	16.4660	27.2998	94.2259
c	0.0169	0.00829	0.000078	0.0338
L	0.2644	.	.	.

Matriz de correlación aproximada

	a	b	c	L	
a	1.0000000	0.4744420	-0.6621698		.
b	0.4744420	1.0000000	-0.9592756		.
c	-0.6621698	-0.9592756	1.0000000		.
L	.	.	.	.	.

DEGRAD MS 2009 silos sorgo y maíz

Tratamiento 15

Procedimiento NLIN

Variable dependiente DESAP

Búsqueda de cuadrícula

				Suma de	
	a	b	c	L	cuadrados
	29.0000	40.0000	0.0300	4.1000	701.8

AVISO: Initial parameter(s) violate a bound.

DEGRAD MS 2009 silos sorgo y maíz

Procedimiento NLIN

Variable dependiente DESAP

Método: Marquardt

Fase iterativa

				Suma de	
Iter	a	b	c	L	cuadrados



0	29.0000	40.0000	0.0300	4.1000	701.8
1	29.3150	39.9235	0.0300	5.1504	694.5
2	29.3150	39.9148	0.0296	5.0825	694.1
3	29.3150	39.8261	0.0296	5.0664	693.9
4	29.3150	39.7445	0.0297	5.0681	693.8
5	29.3150	39.6866	0.0298	5.0727	693.8
6	29.3150	39.6490	0.0298	5.0765	693.8
7	29.3150	39.6256	0.0298	5.0791	693.7
8	29.3150	39.6112	0.0299	5.0808	693.7
9	29.3150	39.6024	0.0299	5.0819	693.7
10	29.3150	39.5971	0.0299	5.0825	693.7
11	29.3150	39.5939	0.0299	5.0829	693.7
12	29.3150	39.5920	0.0299	5.0832	693.7
13	29.3150	39.5908	0.0299	5.0833	693.7
14	29.3150	39.5901	0.0299	5.0834	693.7
15	29.3150	39.5896	0.0299	5.0834	693.7
16	29.3150	39.5894	0.0299	5.0835	693.7
17	29.3150	39.5892	0.0299	5.0835	693.7
18	29.3150	39.5891	0.0299	5.0835	693.7
19	29.3150	39.5891	0.0299	5.0835	693.7
20	29.3150	39.5890	0.0299	5.0835	693.7
21	29.3150	39.5890	0.0299	5.0835	693.7
22	29.3150	39.5890	0.0299	5.0835	693.7

23	29.3150	39.5890	0.0299	5.0835	693.7
24	29.3150	39.5890	0.0299	5.0835	693.7
25	29.3150	39.5890	0.0299	5.0835	693.7

Aviso

NOTA: Criterio de convergencia cumplido con mensaje de específico de By-group.

Resumen de la estimación

Método	Marquardt
Iteraciones	25
R	8.221E-8
PPC(c)	8E-8
RPC(c)	1.323E-7
Objeto	3.36E-9
Objetivo	693.7005
Observaciones leídas	38
Obs usadas	38
Observaciones ausentes	0

Cuadrado

		Suma de	de la	Aprox		
	Fuente	DF	cuadrados	media	F-Valor	Pr
> F	Modelo	3	5428.2	1809.4	88.68	
<.0001	Error	34	693.7	20.4030		

Total corregido 37 6121.9

Error std

Parámetro	Estimador	aproximado	Límites de confianza 95% aproximados	
a	29.3150	3.1940	22.8241	35.8059
b	39.5890	5.3885	28.6382	50.5398
c	0.0299	0.00861	0.0124	0.0474
L	5.0835	3.3361	-1.6962	11.8633

Matriz de correlación aproximada

	a	b	c	L
a	1.0000000	-0.5927354	-0.0000000	
b	-0.5927354	1.0000000	-0.7578330	-
c	-0.0000000	-0.7578330	1.0000000	
L	0.8090247	-0.7582508	0.4383147	

DEGRAD MS 2009 silos sorgo y maíz

Tratamiento 17

Procedimiento NLIN

Variable dependiente DESAP

Búsqueda de cuadrícula

Suma de

a      b      c      L    cuadrados

32.0000    50.0000    0.0300    6.1000    739.8

AVISO: Initial parameter(s) violate a bound.

DEGRAD MS 2009 silos sorgo y maíz

Procedimiento NLIN

Variable dependiente DESAP

Método: Marquardt

Fase iterativa

Iter	Suma de				
	a	b	c	L	cuadrados
0	32.0000	50.0000	0.0300	6.1000	739.8
1	33.3699	54.2291	0.0216	6.0972	735.9
2	33.3765	57.5513	0.0191	5.4704	735.7
3	33.3703	59.6598	0.0181	5.2546	729.3
4	33.3700	61.0113	0.0175	5.1890	724.6
5	33.3700	61.8984	0.0172	5.1568	721.9
6	33.3700	62.4772	0.0170	5.1370	720.2
7	33.3700	62.8493	0.0168	5.1242	719.3
8	33.3700	63.0851	0.0168	5.1159	718.8
9	33.3700	63.2324	0.0167	5.1105	718.4
10	33.3700	63.3233	0.0167	5.1071	718.3
11	33.3700	63.3790	0.0167	5.1049	718.1

12	33.3700	63.4128	0.0166	5.1036	718.1
13	33.3700	63.4333	0.0166	5.1027	718.0
14	33.3700	63.4455	0.0166	5.1022	718.0
15	33.3700	63.4529	0.0166	5.1019	718.0
16	33.3700	63.4573	0.0166	5.1018	718.0
17	33.3700	63.4599	0.0166	5.1017	718.0
18	33.3700	63.4615	0.0166	5.1016	718.0
19	33.3700	63.4624	0.0166	5.1015	718.0
20	33.3700	63.4630	0.0166	5.1015	718.0
21	33.3700	63.4633	0.0166	5.1015	718.0
22	33.3700	63.4635	0.0166	5.1015	718.0
23	33.3700	63.4636	0.0166	5.1015	718.0
24	33.3700	63.4637	0.0166	5.1015	718.0
25	33.3700	63.4638	0.0166	5.1015	718.0
26	33.3700	63.4638	0.0166	5.1015	718.0
27	33.3700	63.4638	0.0166	5.1015	718.0
28	33.3700	63.4638	0.0166	5.1015	718.0

NOTA: Criterio de convergencia cumplido con mensaje de

Aviso

específico de By-group.

#### Resumen de la estimación

Método	Marquardt
Iteraciones	28

Subiteraciones	6
Subiteraciones de promedio	0.214286
R	8.799E-8
PPC(c)	1.152E-7
RPC(c)	1.94E-7
Objeto	2.001E-8
Objetivo	717.9923
Observaciones leídas	38
Obs usadas	38
Observaciones ausentes	0

Cuadrado

		Suma de	de la	Aprox	
> F	Fuente	DF	cuadrados	media	F-Valor
	Modelo	3	8108.4	2702.8	127.99
<.0001	Error	34	718.0	21.1174	
	Total corregido	37	8826.4		

Error std

	Parámetro	Estimador	aproximado	Límites de
	confianza 95% aproximados			
	a	33.3700	3.2494	26.7664 39.9736
	b	63.4638	14.9872	33.0061 93.9215

c	0.0166	0.00655	0.00330	0.0299
L	5.1015	3.6602	-2.3369	12.5398

Matriz de correlación aproximada

	a	b	c	L
a	1.0000000	-0.2168123	0.0000000	
b	-0.2168123	1.0000000	-0.9639860	-
c	0.0000000	-0.9639860	1.0000000	
L	0.8415623	-0.5132532	0.3818510	

0.8415623  
0.5132532  
0.3818510  
1.0000000

DEGRAD MS 2009 silos sorgo y maíz

Tratamiento 22

Procedimiento NLIN

Variable dependiente DESAP

Búsqueda de cuadrícula

	a	b	c	L	Suma de cuadrados
	24.0000	55.0000	0.0300	2.1000	785.2

AVISO: Initial parameter(s) violate a bound.

DEGRAD MS 2009 silos sorgo y maíz

Procedimiento NLIN

Variable dependiente DESAP

Método: Marquardt

Fase iterativa

Iter	a	b	c	Suma de	
				L	cuadrados
0	24.0000	55.0000	0.0300	2.1000	785.2
1	24.9500	58.0795	0.0244	1.8773	775.9
2	24.5647	60.6786	0.0240	1.8773	759.7
3	24.5654	60.6918	0.0240	1.8773	759.7
4	24.5654	60.6917	0.0240	1.8773	759.7

NOTA: Criterio de convergencia cumplido con mensaje de

Aviso

específico de By-group.

Resumen de la estimación

Método	Marquardt
Iteraciones	4
R	6.141E-8
PPC(c)	8.235E-8
RPC(c)	5.484E-6
Objeto	1.7E-11
Objetivo	759.687
Observaciones leídas	38
Obs usadas	38



Observaciones ausentes 0

		Cuadrado				
		Suma de	de la	Aprox		
		DF	cuadrados	media	F-Valor	Pr
> F	Fuente					
<.0001	Modelo	2	10558.9	5279.5	243.23	
	Error	35	759.7	21.7053		
	Total corregido	37	11318.6			

NOTA: El hessiano (aproximado) es singular.

		Error std		
Parámetro	Estimador	aproximado	Límites de	
confianza 95% aproximados				
a	24.5654	1.3656	21.7931	27.3376
b	60.6917	6.6003	47.2924	74.0910
c	0.0240	0.00544	0.0129	0.0350
L	1.8773	.	.	.

Matriz de correlación aproximada				
	a	b	c	L
a	1.0000000	0.2600594	-0.5662559	.
b	0.2600594	1.0000000	-0.9089492	.
c	-0.5662559	-0.9089492	1.0000000	.
L	.	.	.	.

DEGRAD MS 2009 silos sorgo y maíz

Tratamiento 25

Procedimiento NLIN

Variable dependiente DESAP

Búsqueda de cuadrícula

Suma de				
a	b	c	L	cuadrados
30.0000	41.0000	0.0300	0.1000	628.9

AVISO: Initial parameter(s) violate a bound.

DEGRAD MS 2009 silos sorgo y maíz

Procedimiento NLIN

Variable dependiente DESAP

Método: Marquardt

Fase iterativa

Suma de					
Iter	a	b	c	L	cuadrados
0	30.0000	41.0000	0.0300	0.1000	628.9
1	31.1409	41.1834	0.0261	0.1000	618.4
2	31.2705	42.1777	0.0249	0.1000	617.7
3	31.3148	42.4557	0.0245	0.1000	617.6
4	31.3276	42.5287	0.0244	0.1000	617.6
5	31.3313	42.5494	0.0244	0.1000	617.6

6	31.3324	42.5555	0.0244	0.1000	617.6
7	31.3328	42.5572	0.0244	0.1000	617.6
8	31.3329	42.5578	0.0244	0.1000	617.6
9	31.3329	42.5579	0.0244	0.1000	617.6
10	31.3329	42.5580	0.0244	0.1000	617.6
11	31.3329	42.5580	0.0244	0.1000	617.6
12	31.3329	42.5580	0.0244	0.1000	617.6

NOTA: Criterio de convergencia cumplido con mensaje de  
Aviso  
específico de By-group.

#### Resumen de la estimación

Método	Marquardt
Iteraciones	12
R	3.441E-8
PPC(c)	6.931E-8
RPC(c)	2.352E-7
Objeto	1.79E-14
Objetivo	617.617
Observaciones leídas	31
Obs usadas	31
Observaciones ausentes	0
	Cuadrado

	Fuente	Suma de DF	de la cuadrados	Aprox media	F-Valor	Pr
> F	Modelo	2	3762.6	1881.3	85.29	
<.0001	Error	28	617.6	22.0578		
	Total corregido	30	4380.2			

NOTA: El hessiano (aproximado) es singular.

Error std

Parámetro	Estimador	aproximado	Límites de confianza 95% aproximados	
a	31.3329	1.7400	27.7688	34.8970
b	42.5580	7.1729	27.8650	57.2510
c	0.0244	0.00928	0.00537	0.0434
L	0.1000	.	.	.

Matriz de correlación aproximada

	a	b	c	L
a	1.0000000	0.3514505	-0.6769297	.
b	0.3514505	1.0000000	-0.8908582	.
c	-0.6769297	-0.8908582	1.0000000	.
L	.	.	.	.

DEGRAD MS 2009 silos sorgo