

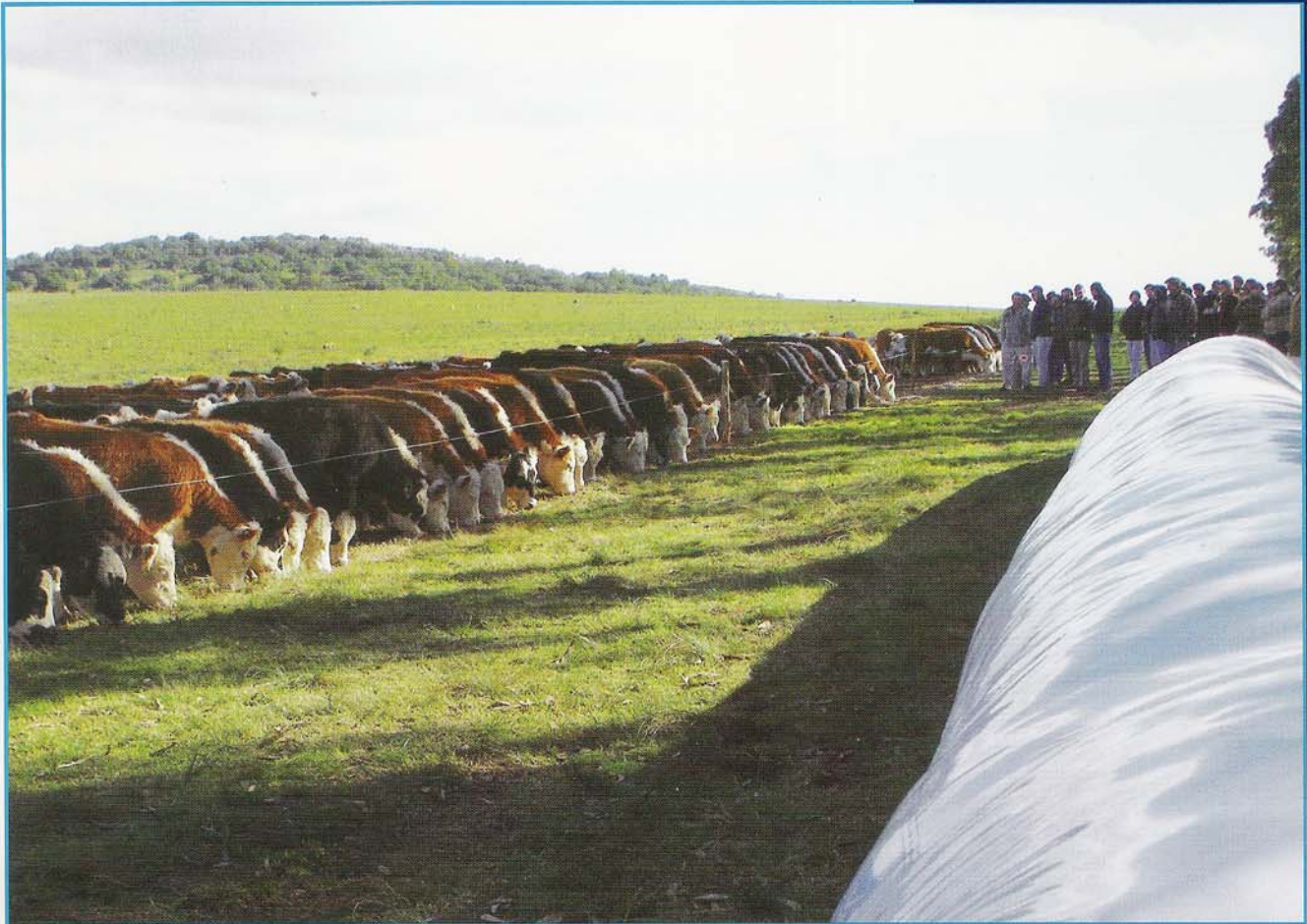
**inia**

---

---

---

**INSTITUTO  
NACIONAL DE  
INVESTIGACION  
AGROPECUARIA  
URUGUAY**



# **ENSILAJE DE GRANO HÚMEDO DE SORGO**

Mayo, 2010

**ACTIVIDADES  
DE DIFUSION**

# **604**

**INIA TREINTA Y TRES**



Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria  
U R U G U A Y

## **Jornada de Divulgación Ensilaje de Grano Húmedo de Sorgo**

### **INIA TREINTA Y TRES**

**20 de mayo de 2010.**

---

# Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria

## Integración de la Junta Directiva

**Ing. Agr., M.Sc. Enzo Benech** - Presidente

**Ing. Agr., Dr. Mario García** - Vicepresidente



**Ing. Agr. José Bonica**

**Dr. Alvaro Bentancur**



**Ing. Agr., M.Sc. Rodolfo M. Irigoyen**

**Ing. Agr. Mario Costa**





Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria  
U R U G U A Y

## **Programa Nacional de Lechería**

Ing. Agr., MSc. Yamandú Acosta

## **Programa Nacional Producción de Carne y Lana**

Ing. Agr., MSc. Pablo Rovira  
Ing. Agr. José I. Velazco

## **Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología**

Ing. Agr., MSc. Horacio Saravia

---

## PRÓLOGO

Esta publicación ha sido elaborada en el marco de la Jornada de Divulgación de **Ensilaje de Grano Húmedo de Sorgo de mayo de 2010** y plantea una temática que ha cobrado gran importancia en los últimos años, particularmente en áreas ganaderas.

El cultivo de sorgo constituye una alternativa destacada en diferentes regiones por su adaptación y rusticidad. Para muchos constituye una vía para introducir un salto productivo en sistemas con limitantes en su potencial. Por tanto, los aspectos de implantación, variedades, manejo del cultivo, procesos de ensilaje y la respuesta animal constituyen puntos de accionar que redundarán en un beneficio por implementar esta tecnología. En áreas ganaderas la disponibilidad de maquinaria y nivel de conocimiento del proceso para lograr un correcto silo de grano húmedo es un tema relevante, requiriendo importantes esfuerzos en la difusión y familiarización con esta tecnología. Por ello, y en forma complementaria a los puntos antes mencionados, el proceso de cosecha, la ubicación del silo, el manejo de la bolsa y el proceso de conservación entre otros, también deben ser tenidos en cuenta.


En anteriores actividades relacionadas al tema, se realizó el análisis de algunos aspectos más relacionados al cultivo en sí. En esta entrega el primer foco de atención está orientado a los detalles para la realización de un correcto silo de grano húmedo y su valor nutricional. Asimismo, se

presentan resultados sobre el agregado de fuentes proteicas al grano húmedo y el nivel de respuesta de terneros pastoreando campo natural. Otra alternativa la constituye el uso del silo de grano húmedo en procesos de invernada sobre pasturas sembradas.

Paralelamente a los resultados físicos, se realiza un abordaje de los costos y resultados económicos de esta tecnología en comparación con alternativas tradicionales de suplementación.

Por último y no menor en importancia, es la visión del sector productivo a través de la experiencia de un productor de la región que utiliza la tecnología.

Por tanto, parece oportuno promover actividades y material de difusión para posicionar la temática del Silo de grano húmedo de sorgo en la zona de influencia de INIA Treinta y Tres, donde confluyan los resultados de la investigación junto con el análisis económico de cada tecnología y la mirada crítica de los usuarios transmitiendo sus experiencias a escala comercial.



Ing. Agr., PhD. Walter Ayala  
Director Regional, INIA Treinta y Tres

## ÍNDICE

	Página
ENSILAJE DE GRANO HÚMEDO DE SORGO: DETALLES DE CONFECCIÓN Y SU EFECTO SOBRE EL VALOR NUTRICIONAL .....	1
VALOR NUTRITIVO DE ENSILAJES DE SORGO DE PLANTA ENTERA Y GRANO HÚMEDO EN LA REGIÓN ESTE .....	9
EFFECTO DEL AGREGADO DE FUENTES PROTEICAS AL GRANO HÚMEDO DE SORGO EN EL CRECIMIENTO DE TERNEROS SUPLEMENTADOS SOBRE CAMPO NATURAL.....	14
UTILIZACIÓN DE ENSILAJES DE GRANO HÚMEDO DE SORGO SOBRE PASTURAS SEMBRADAS.....	23
ANÁLISIS DEL COSTO DEL ENSILAJE DE GRANO HÚMEDO Y COMPARACIÓN ECONÓMICA CON OTRAS ALTERNATIVAS DE SUPLEMENTACIÓN .....	30

## ENSILAJE DE GRANO HÚMEDO DE SORGO: DETALLES DE CONFECCIÓN Y SU EFECTO SOBRE EL VALOR NUTRICIONAL

Ing. Agr., MSc. Yamandú Acosta <sup>1</sup>

### INTRODUCCIÓN

El control de la ingesta de energía es la llave que permite manejar la productividad de cualquier sistema de producción animal, por lo que la tecnología de conservar granos con alta humedad para uso del propio predio y en el propio establecimiento, hace precisamente eso, permite manejar la ingesta de energía del sistema, en cantidades, momentos y categorías, permitiendo así gerenciar la productividad de la empresa.

En asociación con lo anterior, la disponibilidad de una tecnología de conservación de granos de cereales, especialmente de cultivos de verano, que permite su almacenaje con contenidos de humedad elevados, como "ensilajes de grano húmedo", en definitiva "la bolsa de grano almacenado y disponible en el establecimiento", está llamada a ser una de las tecnologías con efecto más radical en los esquemas de producción del futuro.

El sorgo, debido principalmente a las características del cultivo se ha ido transformando en una herramienta técnica de amplia difusión en la búsqueda de alternativas para apoyar el proceso de intensificación de la producción en el país.

Si bien esta tecnología se hizo disponible en el país hace ya un tiempo, su difusión amplia, así como la demanda por información para su mejor uso son relativamente recientes.

En esta presentación se comentarán un conjunto de medidas necesarias para la mejor conservación de este recurso de alimentación. Se mostrará el vínculo y se cuantificará el efecto de algunas de las decisiones tomadas durante el proceso de confección de la reserva y el valor nutricional y/o las expectativas de plazos de conservación de las mismas. A éstos efectos se utilizará parte de la información

recolectada en el Concurso de Ensilajes de INIA de 2007.

### **El valor nutritivo y características de calidad de la conservación de los ensilajes de grano húmedo de sorgo**

Los ensilajes en general y los de grano húmedo en particular son normalmente evaluados por un doble estándar, es importante verificar el valor nutricional, como futuro alimento de esa reserva, pero también es importante evaluar la calidad del proceso de ensilado y de su conservación en plazos razonables. Es obvia la relación entre ambas variables. De poco serviría disponer de una reserva de muy alta calidad nutricional pero con serios problemas de estabilidad en términos de su conservación. A la inversa, un material con excelente aptitud para conservarse por períodos largos pero de muy pobre calidad, seguramente pierde interés como reserva alimentaria.

Finalmente, algunas características del proceso de conservación afectan la vida útil de la reserva y por esta vía terminan afectando el valor nutricional de la misma. Este será el tema central de esta presentación.

A continuación en el cuadro 1 se presentan los valores nutricionales y de parámetros de calidad de la conservación del conjunto de ensilajes de grano húmedo de sorgo analizados para el Concurso de Silos de INIA de 2007.

Si bien se podría argumentar que estos resultados de análisis tienen cierta tendencia hacia valores destacados, dado que seguramente los ensilajes con más problemas y menor calidad no fueron inscriptos, representan razonablemente el potencial de esta reserva.

<sup>1</sup> Programa Nal. de Lechería, INIA La Estanzuela

Cuadro 1. Valores medios, máximos mínimos, desvío estándar y de coeficiente de variación, del valor nutricional y de parámetros de conservación de un conjunto de ensilajes de grano húmedo de sorgo analizados a propósito del Concurso Nacional de Ensilajes de INIA de 2007.

Parámetro	Prom	Max	Min	StDev	CV%
MS%	73,3	85,6	39,0	8,67	11,8
PC%	7,7	16,7	5,4	1,67	21,7
FDA%	11,6	27,5	3,6	4,69	40,3
DMO%	85,2	91,6	71,8	4,01	4,7
NDT%	79,8	85,5	68,4	3,34	4,2
EM Mcal/kg MS	3,08	3,3	2,6	0,15	4,7
ENL Mcal/kg MS	1,84	2,0	1,6	0,08	4,5
Cen%	2,6	9,9	1,2	1,37	53,1
pH	4,73	8,65	3,50	0,80	16,9
N-NH3%	2,37	12,0	0,2	2,26	95,4

Este cuadro indica valores nutricionales meta buenos. Contenidos de materia seca (MS%) normales, del orden de 73% o su inverso, humedades del orden de 27%, aunque con un rango amplio, con valores de materiales muy secos (85,6% de MS) a materiales excesivamente húmedos (39,0%) seguramente con problemas de calidad de la fermentación.

No son suplementos proteicos pero los contenidos de proteína cruda (PC%) son normales, producto de un desarrollo de la etapa de cultivo normal. Contenidos de fibra insoluble en detergente ácido (FDA%) muy normales, pero con rangos amplios y alta variabilidad. Como correlato de esto anterior, la disponibilidad de energía, objetivo central de esta reserva, con valores muy buenos y variación moderada.

Finalmente los parámetros de calidad de la conservación nos hablan en promedio de ensilajes bien logrados y muy estables, con pH inferiores a 4,75 pero con una variabilidad del parámetro alta, con rangos de pH que van de 3,5 a 8,65. El nitrógeno amoniacal, medida indirecta de la calidad del proceso de fermentación con valores muy buenos, francamente inferiores a 5 a 8% en promedio pero con un rango amplio y una muy alta variabilidad. Este parámetro nos indica la posible vida útil del material y la eventualidad de problemas de aceptación por parte de los animales.

### El proceso de ensilado

La conservación de granos con alta humedad se logra mediante un proceso de fermentación. La fermentación en sí es un proceso de "oxidación parcial" de un alimento, que ocurre en ausencia de oxígeno, que como tal resulta imperfecto. A diferencia de la respiración oxidativa normal donde los productos finales de la misma son dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y agua (H<sub>2</sub>O), el proceso de fermentación acumula subproductos finales de esa "respiración imperfecta", que son los conocidos ácidos grasos volátiles (AGV). La acumulación de AGV altera el medio, lo acidifica y por esa vía, ausencia de oxígeno y medio ácido, inhiben crecimientos secundarios que "agotarían" la porción más digestible de estos granos.

Como tal entonces, la fermentación es un proceso biológico que ocurre en un medio cerrado, la bolsa, y sobre el cual, luego de cerrada la bolsa tenemos muy baja capacidad de intervención, por lo que todos los esfuerzos para el logro del mejor producto deben concentrarse en las etapas de la confección de la reserva.

La figura 1 muestra en forma esquemática los principales eventos que ocurren durante el proceso de ensilado.

Como se desprende de la figura, para que ocurra fermentación y se produzca ácido láctico, el agente más efectivo para bajar el



pH, primero se debe consumir el oxígeno atrapado en la masa de grano almacenada. Esto ocurre durante la etapa de respiración y se completa durante la etapa hetero fermentativa, donde las bacterias aeróbicas estrictas dejan lugar a las bacterias facultativas y anaeróbicas, hasta que el agotamiento del oxígeno acelera el proceso de fermentación de azúcares simples por parte de agentes anaeróbicos, se acelera la producción y

acumulación de ácidos grasos volátiles, principalmente láctico, el que al final por acumulación inhibe toda actividad bacteriana y el material entra en una fase de estabilidad donde la conservación de las características del material almacenado permanecerán relativamente inalteradas hasta que son extraídas para la alimentación de los animales.

## Proceso de ensilado

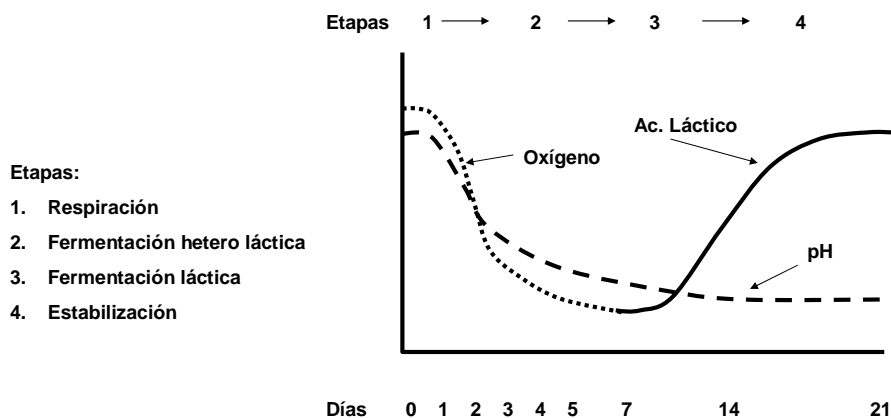


Figura 1. Esquema del proceso de ensilado, etapas, principales insumos y productos.

### Factores que afectan la calidad del proceso de ensilado

Las variables que son manejables por el operador y con muy elevada incidencia en la calidad lograda de la reserva son:

- El contenido de humedad del grano a guardar
- El contenido de azúcares simples (solubles)
- El tipo de bacterias presentes y predominantes
- La exclusión de aire (hermeticidad)
- La velocidad de fermentación

**a) La humedad del grano.** Es la variable simple de mayor efecto sobre la calidad final de la reserva y sobre la cual tenemos la mejor capacidad de intervención.

Todos los procesos que involucra la fermentación solo ocurren en medio acuoso. Para que el proceso de fermentación ocurra satisfactoriamente el material a ensilar debe contener un mínimo de humedad. Por otra parte el exceso de humedad puede conducir a procesos de fermentación defectuosos que malogran la aptitud de uso del grano guardado. Por otra parte esta variable, la humedad en el grano a cosechar, es de manejo del productor. Como es sabido la humedad de campo más buscada en el

material a guardar ronda el entorno del 26 a 30%.

El contenido de humedad del material a guardar suele guardar estrecha relación con el nivel de acidez o pH de la reserva, y el pH o nivel de acidez es a su vez el principal responsable por la calidad y la longevidad del material guardado.

La figura 2 muestra el resultado obtenido en 12 muestras de ensilaje de grano húmedo de sorgo, para las variables contenido de humedad del grano cosechado y nivel de acidez (pH) alcanzado en el ensilaje. Lo que la misma dice, es que hay una clara relación entre contenido de humedad y pH logrado.

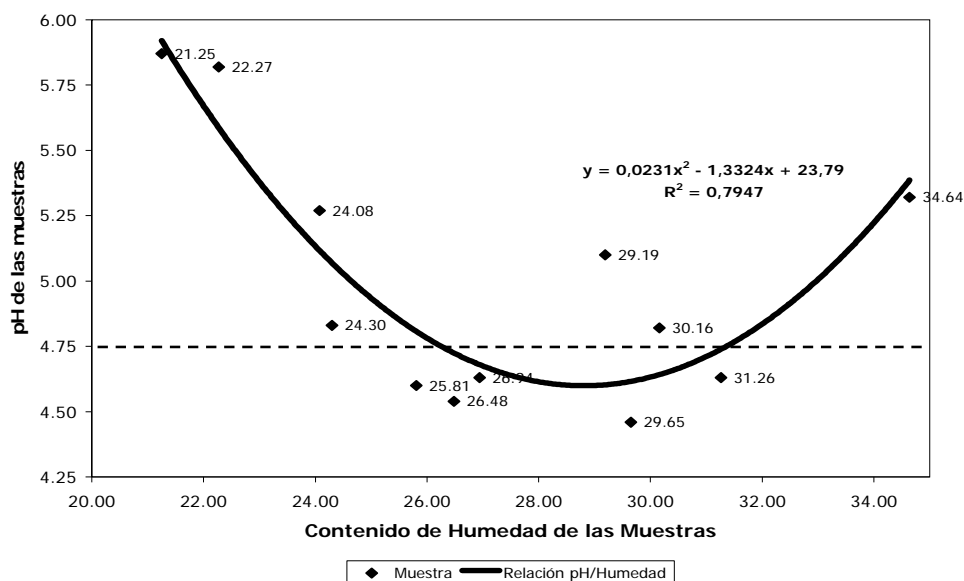


Figura 2. Relación entre contenido de humedad del material a embolsar y nivel de acidez alcanzado (pH) en el material estabilizado.

La línea curva que es el modelo matemático que relaciona ambas variables dice en primer lugar que el óptimo, el valor de humedad que promueve el medio más ácido, el pH más bajo, se encuentra en el entorno de 29% de humedad. Por otra parte, el rango de humedades que nos aseguraría un pH de 4,75 o inferior, para una correcta conservación del material, se logró con un rango de humedades que oscilan del 25 al

32%. Todos los materiales con humedades mayores al 32 o inferiores al 25% alcanzaron niveles de acidez menores, pH más alto, lo que pueden comprometer la conservación actual o la vida útil de estos materiales en plazos medianos y largos.

La figura 3 muestra esta misma relación para las muestras del Concurso de Ensilajes de INIA de 2007.

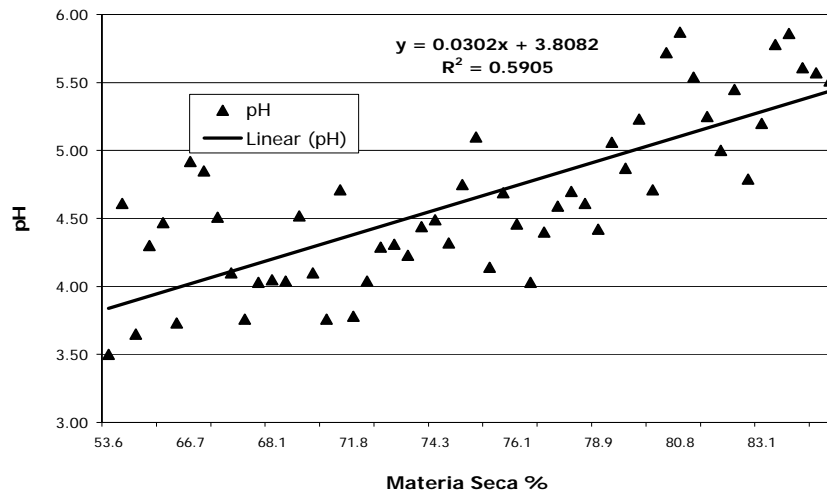


Figura 3. Relación entre contenido de materia seca (inverso de humedad) del material almacenado y pH final alcanzado.

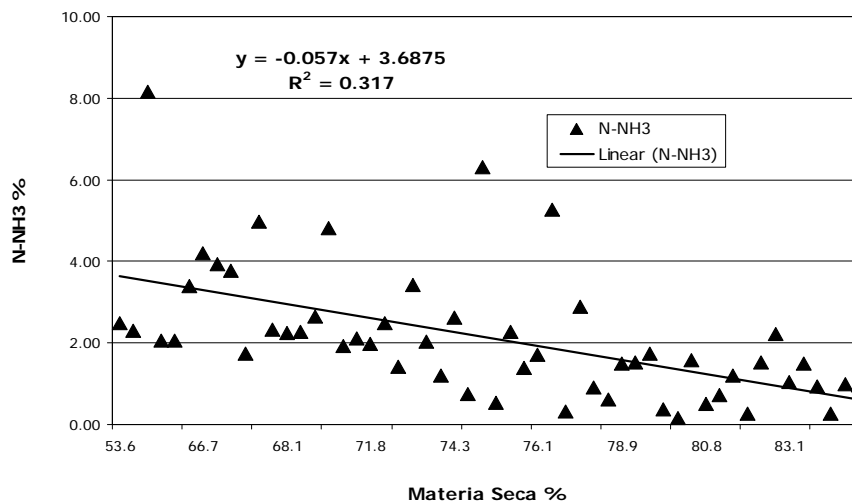


Figura 4. Relación entre contenido de materia seca de los granos de sorgo ensilados y el contenido de nitrógeno amoniacal (N-NH3) desarrollado por la fermentación.

Es claro que para alcanzar pH satisfactorios de al menos 4,75 o inferiores, los contenidos de materia seca del grano a almacenar debe ser del orden de 76% o inferiores.

El contenido de humedad (o su inverso, la materia seca) afectan la calidad de la fermentación, mostrando “desvíos” o procesos indeseables, los que se “leen” como nivel de nitrógeno amoniacal (N-NH3) desarrollado por la reserva.

La figura 4 muestra para esta base de datos la relación media entre contenido de materia seca del grano guardado y el nivel de N-NH3 que el mismo desarrolló. Es claro que el riesgo de alcanzar contenidos de N-NH3 altos crece con los contenidos de materia seca más bajos en el material.

Pero también por la vía de la calidad del proceso de fermentación, el contenido de humedad del material a guardar,

indirectamente, termina afectando el valor nutricional de la misma.

La figura 5 presenta la relación entre la digestibilidad de la materia orgánica (DMO%) y la materia seca del material guardado.

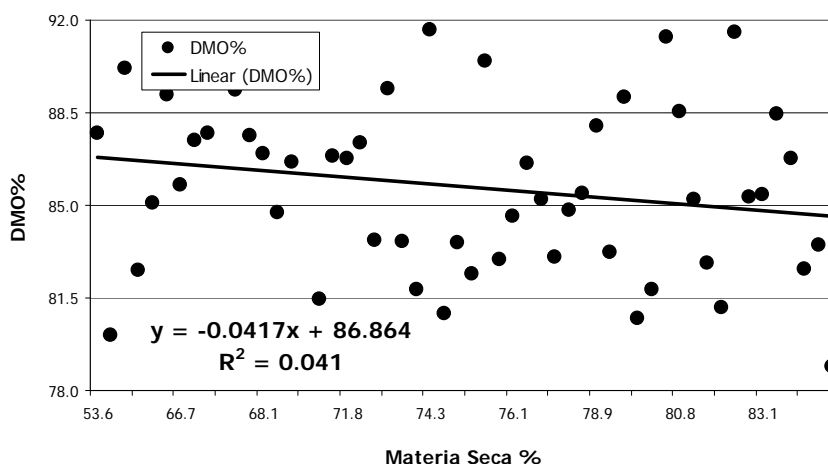


Figura 5. Relación entre digestibilidad de la materia orgánica y los contenidos de materia seca de los ensilajes de grano de sorgo analizados.

Es claro que la relación es muy débil, pero la tendencia es a una pérdida de digestibilidad (oxidación, respiración y calentamiento) cuando los materiales son demasiado secos y presentan limitaciones en la fermentación.

Del mismo modo, como el contenido de humedad del material guardado guarda una estrecha relación con el pH de la reserva, existe también una relación, aunque débil, entre el pH logrado y la disponibilidad de energía de la reserva, como lo muestra la figura 6.

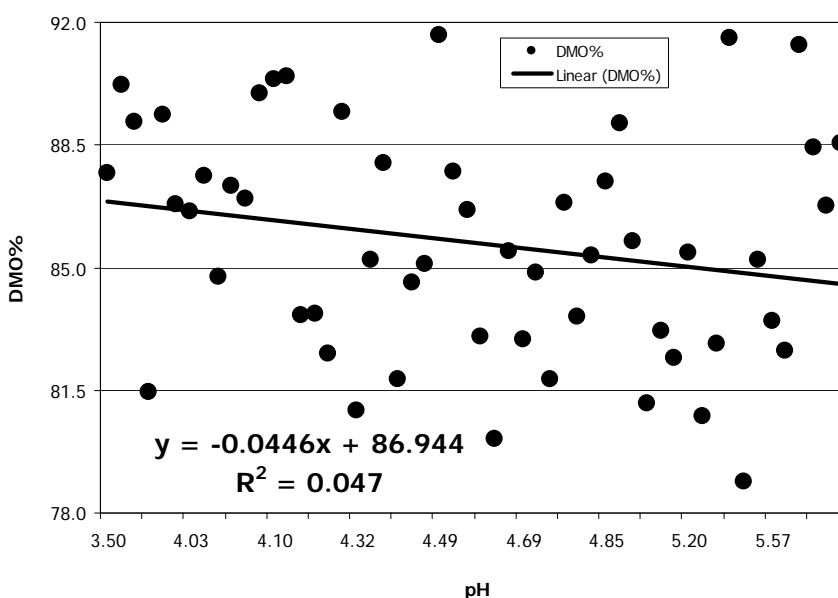


Figura 6. Relación entre digestibilidad de la materia orgánica y el pH de los ensilajes de grano de sorgo analizados.

#### **b) Contenido de azúcares simples (solubles)**

Se debe recordar que los carbohidratos complejos como la celulosa, la hemi celulosa y el almidón (carbohidrato de alto valor nutricional y elevada presencia en granos de cereales como el sorgo), no participan o desde el punto de vista práctico al menos no participan del proceso de fermentación.

En realidad los carbohidratos simples, solubles son el “combustible”, la fuente de energía con que las bacterias que fermentan el grano cuentan para multiplicarse y crecer, colonizar toda la masa de material guardado, fermentarlo y de esta forma permitirnos alcanzar el producto final.

En gramíneas en general y en granos de gramíneas en particular estos azúcares suelen estar presentes en abundancia, por lo que en la amplia mayoría de los casos no resultan limitantes. Se debe poner atención a este respecto cuando el tiempo que media entre cosecha en chacra y guardado en bolsa es excesivo, por ejemplo excede las 12 horas. En estas situaciones donde en muchos casos el material “calentó”, es decir participó de degradación oxidativa, donde los carbohidratos que preferentemente se oxidaron fueron los solubles, podemos tener ensilajes más “parsimoniosos” para desarrollar acidez, más propensos a fermentaciones indeseables, que comprometan la calidad del material y la aceptabilidad del mismo por los animales.

#### **c) Tipo de bacterias presentes y predominantes**

En general los granos provenientes de chacra tienen poblaciones bacterianas deseables y suficientes para desarrollar un proceso de fermentación satisfactorio. No obstante, debido a que muchas veces tenemos materiales con problemas de exceso o falta de humedad, con defectos de cosecha que complican el proceso, puede resultar conveniente recurrir a “inoculantes de silo”, que son básicamente concentrados de bacterias vivas anaeróbicas y muy eficientes para acelerar y “direccionar” el proceso de ensilado. De esta forma la población de lacto bacilos más efectivas para nuestra situación

es agregada en cantidad y en el momento oportuno, de forma de “asegurar” una buena fermentación, con el mínimo de pérdidas y la máxima “tolerancia” aeróbica del material cuando la bolsa se abra y comience el uso de la reserva.

#### **d) Exclusión de aire (hermeticidad)**

Recordemos que la fermentación y la producción de ácidos no comienza hasta que el oxígeno desapareció de la masa de grano, por lo que es central compactar el material hasta el límite recomendado por el fabricante de la bolsa, procurar un llenado uniforme, sin “bolsones” de aire ni superficie muy despareja a la vista y el tacto para asegurar el máximo de exclusión de oxígeno desde el comienzo del proceso.

También vigilar y “mantener” la integridad de la bolsa, reparando pinchaduras y roturas, porque la “aireación” del material revierte el proceso, comenzando así una etapa de oxidación degradativa del material que termina en la pérdida completa del mismo como alimento apto para rumiantes.

#### **e) Velocidad de fermentación**

La velocidad de fermentación, el logro del pH de estabilidad lo más rápidamente posible es generalmente un resultado multi causal, producto de el correcto manejo de todas las variables descriptas anteriormente.

El logro de una caída rápida del pH nos permitirá alcanzar la fase de estabilidad minimizando pérdidas en fermentaciones secundarias e ineficientes, y el lograr este objetivo en el menor tiempo posible bajará el riesgo del material guardado previniendo desvíos indeseables del proceso de fermentación.

#### **El contenido de grano entero o muy groseramente partido**

La presencia de “grano entero” en el material es ciertamente el mayor problema individual de calidad de los ensilajes de grano húmedo de sorgo.

El grano de sorgo, aún con alta humedad, es extremadamente resistente a la digestión, de

hecho el mecanismo natural de diseminación de la especie sorgo es a través de los pájaros, que ingieren semillas en un lugar y las deponen en otro, dispersando la especie a diferentes nichos cuando la semilla está madura.

Normalmente esto ocurre debido a un imperfecto trabajo de los rolos de las máquinas ensiladoras, debido a problemas de ajuste de la luz entre rodillos, a desgaste de los mismos, a variaciones en el calibre de los granos de sorgo que provienen de distintas zonas de la chacra o a varias de estas causas en conjunto.

La presencia de granos mal partidos o enteros en la masa de ensilaje castiga en forma severa el aprovechamiento del material por parte de los animales, reduciendo su potencial de respuesta y limitando severamente su valor como suplemento energético.

El grano entero es la principal causa de divorcio entre la respuesta animal esperada a partir de resultados de análisis del laboratorio de nutrición y la respuesta real de campo,

porque el informe del laboratorio, debido al protocolo de análisis, para procesar ese grano primero lo seca y luego lo muele con un molino analítico a tamaños de partícula equivalentes a malla 1 mm, cosa que los animales que reciben grano entero no pueden hacer.

En resumen es de importancia central el lograr una enérgica moliendo del grano a guardar en la bolsa para lograr las mejores respuestas a la hora de suplementar los animales.

### **Buenas prácticas de confección (BPC)**

A modo de consideraciones finales se incluye el cuadro siguiente, que resume las principales prácticas recomendadas de confección de EGH, los efectos de esas prácticas y los beneficios resultantes.

El cuadro pretende en forma sumaria destacar lo que podrían nominarse como “puntos críticos” del proceso de confección, con el objetivo de maximizar la calidad de la reserva, su potencial de vida útil, y la mejor respuesta animal posible.

<b>Práctica</b>	<b>Razón</b>	<b>Beneficio</b>
Ensilar grano con 27 a 32% de humedad.	Optimiza el proceso de fermentación.	Reduce pérdidas de nutrientes. Permite confeccionar ensilajes con temperaturas normales.
Minimizar el tiempo entre chacra y bolsa.	Optimiza el proceso de fermentación en tiempo y calidad Reduce el gasto de azúcares solubles en respiración. Reduce el calentamiento	Reduce “desvíos” de la fermentación, producto más estable y mejor aceptado Reducción de la pérdida de nutrientes y energía. Más azúcares para la fermentación. Ensilajes con pH más bajo.
Usar correcto tamaño de molienda. Llenado rápido de la bolsa. Lograr buena presión de compactación. Cuidadoso sellado del ensilaje.	Mejora el aprovechamiento por los animales. Minimiza la aireación del material. Reduce el aire atrapado en la masa de grano.	Mejora la respuesta animal. Reduce pérdidas de nutrientes. Aumenta la disponibilidad de azúcares para la fermentación. Reduce las posibilidades de calentamiento. Minimiza daños por temperatura elevada. Permite una más rápida caída del pH, así como mayores niveles de acidez (pH más bajos). Mayor estabilidad del ensilaje. Menor solubilización de la fracción proteína (menor N-NH3).
Dejar estabilizar la fermentación al menos 21 días antes de abrir la bolsa.	Permite finalizar el proceso de fermentación y alcanzar la estabilización del material guardado.	Permite alcanzar pH inferiores. Mejor nivel de ácidos grasos volátiles. Mayor estabilidad aeróbica del material luego de abierta la bolsa.

## VALOR NUTRITIVO DE ENSILAJES DE SORGO DE PLANTA ENTERA Y GRANO HÚMEDO EN LA REGIÓN ESTE

Ing. Agr., MSc. Pablo J. Rovira; Ing. Agr. José I. Velazco<sup>1</sup>

El cultivo de sorgo dentro de los establecimientos agropecuarios en la región Este ha tenido una gran expansión en los últimos años asociado a su rusticidad en ambientes limitantes y a la intensificación de los sistemas de producción animal. Concretamente, la tecnología de ensilaje de grano húmedo o de planta entera es común observar en predios invernadores de la región. Existe abundante información sobre el valor nutritivo de dichas reservas de alimento, pero fundamentalmente se origina en las regiones más intensivas, localizada en el litoral y sur del país. Aspectos característicos de cada región, como el clima, tipo de suelo, materiales adaptados y/o la calidad y disponibilidad de servicios de maquinaria así como la experiencia del productor, pueden afectar el valor nutritivo del silo. Por tal motivo, el objetivo del presente trabajo fue caracterizar el valor nutritivo de silos de sorgo de planta entera y de grano húmedo en la región Este del país.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Entre marzo y agosto de 2008 se muestrearon 19 silos de sorgo, 12 de grano húmedo y 7 de planta entera, correspondiendo a 11 establecimientos agropecuarios distribuidos en los departamentos de Maldonado, Rocha, Treinta y Tres y Cerro Largo. En la mayoría de los casos cada silo se muestreó tomando entre 5-10 puñados del frente abierto del silo y formando 2 muestras compuestas de 1 Kg. cada una. Cuando el silo aún no estaba abierto para consumo animal, se tomaron las muestras a través de un corte en el nylon de cobertura. En 5 de los 19 silos tanto el muestreo como el envío del resultado del análisis del valor nutritivo del silo fueron suministrados directamente por el productor.

Una vez tomadas las muestras eran inmediatamente refrigeradas. Una muestra era enviada al Laboratorio de Nutrición Animal

de INIA La Estanzuela para análisis de Digestibilidad de la Materia Orgánica (DMO), Proteína Cruda (PC), Fibra Detergente Neutra (FDN), Fibra Detergente Ácida (FDA), Cenizas (C), acidez (pH), nitrógeno amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) y cálculo de la Energía Metabolizable (EM). La segunda muestra era enviada al Departamento de Toxinas Naturales del Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU) para el análisis de hongos (*Fusarium*, *Aspergillus*, *Alternaria* y *Penicillium*) y de micotoxinas (Aflatoxinas B1, B2, G1 y G2, Zearalenona y Ocratoxina A).

En 9 silos de sorgo, 6 de planta entera y 3 de grano húmedo, se tomó una muestra de 200 gramos para cuantificar el aporte de materia seca de las distintas fracciones. En muestras de silo de planta entera se separó el grano del resto del material (hojas y tallo), mientras que en las muestras de grano húmedo se separaron las fracciones de grano entero, grano quebrado o partido, y grano molido (aquella fracción que pasa por un tamiz de 2 mm).

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Silo planta entera de sorgo

El cuadro 1 muestra el valor nutritivo de 7 silos de planta entera localizados en la Región Este del país. El principal rol de los ensilajes de planta entera en los sistemas de producción animal es el aporte de fibra para mantenimiento de carga animal en situaciones de escasez de forraje y/o elevadas dotaciones. Los parámetros de Fibra Detergente Neutro (FDN) y Fibra Detergente Ácida (FDA) son especialmente importantes en alimentos con alto contenido de fibra. El nivel de FDN influirá el consumo de materia seca. A mayor valor de FDN, menor consumo de silo al ser el nivel de ingesta limitado por el llenado físico del rumen. En tanto el nivel de FDA afectará la digestibilidad del alimento. Cuanto mayor sea el valor de FDA, menor la digestibilidad y menor el contenido energético del silo.

<sup>1</sup> Programa Nal. Carne y Lana, INIA T. y Tres

Cuadro 1. Valor nutricional de ensilajes de planta entera de sorgo en la Región Este.

Parámetro	Valor (media $\pm$ desvío estándar)
Materia Seca, %	32,5 $\pm$ 4,5
Proteína Cruda, %	6,9 $\pm$ 1,7
Digestibilidad Materia Orgánica, %	59,8 $\pm$ 4,5
Fibra Detergente Ácida, %	41,6 $\pm$ 3,7
Fibra Detergente Neutro, %	60,1 $\pm$ 4,8
Cenizas, %	8,7 $\pm$ 1,7
Energía Metabolizable, Mcal/Kg. MS	1,9 $\pm$ 0,2
pH	3,7 $\pm$ 0,2
N-NH <sub>3</sub> , %	8,9 $\pm$ 1,7

El valor promedio obtenido de digestibilidad de la materia orgánica (DMO = 59,8%) se puede considerar dentro del rango esperable para ensilajes de planta entera de sorgo. En la actualidad, existen materiales como los híbridos de nervadura marrón o de caña azucarada, que permiten lograr silos de muy buen volumen y calidad, manteniendo las ventajas tradicionales del cultivo de sorgo (rusticidad, adaptación a ambientes, seguridad, etc.). Si se compara con la digestibilidad de los ensilajes de maíz, cultivo tomado como referencia, Vaz Martins *et al* (2006) reportaron un valor promedio de DMO de 64,4%, recabando 8 años de análisis de muestras enviadas al Laboratorio de Nutrición Animal del INIA La Estanzuela,

El pH promedio registrado es adecuado para el logro de ensilajes de buena calidad. El cultivo de sorgo es rico en carbohidratos solubles y ofrece baja resistencia al descenso del pH durante la fermentación en el proceso de ensilado, permitiendo mejores condiciones para el crecimiento de las bacterias lácticas responsables del descenso del pH.

En 6 silos de planta entera se cuantificó el aporte del grano tanto en base fresca como en base seca. En promedio la proporción de grano dentro del silo fue de 13% (base fresca). En base seca el aporte realizado por el grano fue de 19% del total de la materia seca (máx. 29%, mín. 12%), siendo el restante 81% aportado por las fracciones de hoja y tallo (Figura 1). Visualmente se observó que el grano en la mayoría de los casos estaba entero, no siendo afectado físicamente por la acción de la cortadora y

picadora de forraje. La baja relación grano/planta de los ensilajes de sorgo muestreados, sumado a que el grano estaba prácticamente intacto, no sólo afecta el valor nutritivo desde el punto de vista energético, por el bajo contenido en almidón, sino que también determina un menor consumo por su elevado contenido en fibra. Por tal motivo, muchos productores priorizan el volumen cosechado para silo (materiales sileros), y no tanto el aporte del grano (materiales graníferos), conscientes de la dificultad para quebrar el grano de sorgo en el proceso de ensilaje de planta entera.

En 4 muestras se encontraron hongos del género *Penicillium*. La toxina más común producida por este hongo es la ocratoxina A, que si bien no se detectó (límite de detección: 2,5  $\mu$ g/Kg.) es posible detectar al hongo y no a la micotoxina y viceversa. En el caso de ganado vacuno, ocratoxina A es degradada en el rumen por lo cuál no tiene implicancias tóxicas a no ser a niveles muy elevados de consumo y/o en terneros con el rumen aún en desarrollo. No se encontraron micotoxinas excepto en una muestra en donde se detectó zearalenona a un nivel de 0,085 mg/Kg. La zearalenona es un metabolito producido por varios hongos del género *Fusarium*, el cuál puede producir efectos estrogénicos en los animales. Sin embargo, la concentración encontrada fue muy baja y los bovinos en particular, se consideran relativamente resistentes a esta micotoxinas comparado con otras especies (cerdos) (Whitlow y Hagler, 2002).



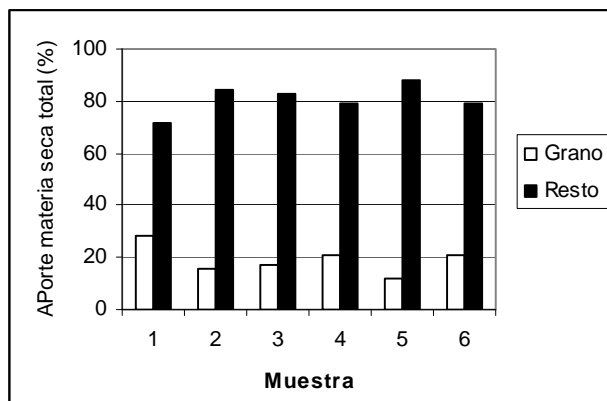


Figura 1. Aporte del grano y del resto (hoja, tallo) en silos de planta entera de sorgo (base seca)

### Silo grano húmedo de sorgo

El cuadro 2 muestra el valor nutritivo de 12 silos de grano húmedo localizados en la Región Este del país. El valor promedio de humedad del grano está dentro del rango recomendado para grano húmedo (25-35%), aunque se registraron valores mínimos y máximos de 17,3% y 40,1%, respectivamente. Una humedad excesivamente baja en el

grano (<20%) dificulta el proceso de quebrado y partido al momento del embolsado, disminuye la velocidad de la tarea y dificulta la compactación del material dentro de la bolsa afectando el proceso de fermentación y por lo tanto el valor nutritivo del ensilaje. En el otro extremo, un grano excesivamente húmedo (>40%) puede producir pérdidas importantes por efluentes así como el desarrollo de fermentaciones indeseables.

Cuadro 2. Valor nutricional de ensilajes de grano húmedo de sorgo en la Región Este

Parámetro	Valor (media ± desvío estándar)
Humedad, %	27,2 ± 7,9
Proteína Cruda, %	8,8 ± 1,4
Digestibilidad Materia Orgánica, %	75,9 ± 7,4
Fibra Detergente Ácida, %	11,8 ± 1,3
Fibra Detergente Neutro, %	28,4 ± 11,8
Cenizas, %	2,2 ± 0,4
Energía Metabolizable, Mcal/Kg. MS	3,1 ± 0,03
pH	4,7 ± 0,8
N-NH <sub>3</sub> , %	2,2 ± 0,7

Como característica principal del grano húmedo se destaca su bajo contenido proteico y alto aporte de energía. El bajo contenido de proteína del grano húmedo de sorgo hace que no sea recomendable su utilización como único suplemento en esquemas de suplementación sobre campo natural, fundamentalmente en categorías jóvenes en activo crecimiento (terneros). En una experiencia realizada en INIA Treinta y Tres en el invierno de 2009 (información aún no publicada) se encontró una respuesta positiva en la ganancia de peso de terneros

sobre campo natural cuando se agregó una fuente proteica (expeller de girasol o concentrado proteico) al grano húmedo de sorgo.

La energía metabolizable del silo fue el parámetro con menor coeficiente de variación (<1%), probablemente debido al protocolo de análisis de las muestras. Una vez llegadas al laboratorio, las muestras son secadas a peso constante y luego sufren un proceso de molido fino. En el campo, dentro de la bolsa, los ensilajes de grano húmedo pueden

presentar un contenido variable de grano entero de sorgo. Cuando se realizó la separación física de las distintas fracciones en silos de grano húmedo (entero, quebrado, molido), se encontró una alta variación no solo entre silos sino también dentro de un mismo silo en diferentes ubicaciones de la bolsa. Ensilajes de grano húmedo de sorgo con altas proporciones de grano entero tienden a tener pobres desempeños como suplementos debido a que la energía retenida en el grano no puede ser utilizada por los microorganismos del rumen debido a las estructuras físicas del grano. Cuando el proceso de quebrado es deficiente, el grano entero tiende a aparecer en la bosta sin digerir (Acosta 2007).

El parámetro que presentó el mayor coeficiente de variación (41%) fue la fibra detergente neutro (FDN). El mínimo y máximo de FDN fue 16% y 49%, respectivamente. Valores altos de FDN reflejan un aumento del contenido de material fibroso dentro del silo, generalmente proveniente de la panoja de la planta (raquis, etc.). Al incrementar la fibra en el silo de grano húmedo se incrementa el volumen total de materia seca del silo (más toneladas) aunque la digestibilidad y valor

energético de dicha fibra es sensiblemente menor a la energía aportada por el grano.

El pH promedio de los ensilajes muestreados (pH = 4,7) está dentro del rango adecuado para mantener el valor nutritivo del material embolsado. Analizando los datos se encontró una relación alta y negativa ( $r = -0,80$ ) entre la humedad del grano y el pH del silo, en donde a medida que se incrementó la humedad del grano el pH del silo disminuyó, al menos en el rango de 17-40% de humedad del grano (Figura 2). Esto es debido a que un grano más húmedo es más fácil de procesar (quebrar, partir) al momento del embolsado resultando en una mejor compactación dentro de la bolsa asegurando la ausencia de aire y la proliferación de bacterias lácticas responsables del descenso del pH del silo. La longevidad y conservación de la calidad del material embolsado en un silo con pH elevado (pH > 5) probablemente se vea comprometida, lo que en términos prácticos implica la utilización del silo por parte de los animales en el corto plazo a los efectos de evitar pérdidas significativas del valor nutritivo asociadas a fermentaciones indeseables.

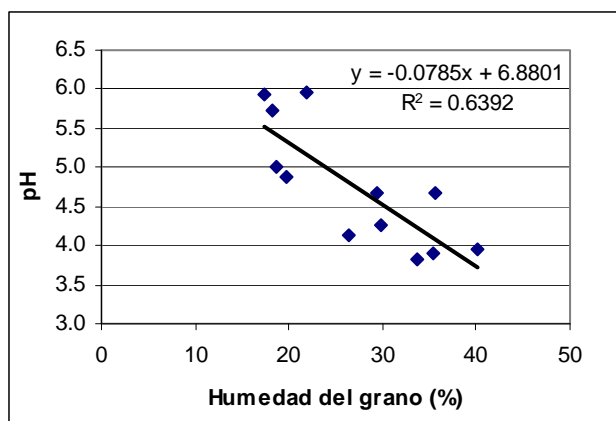


Figura 2. Relación entre pH del silo y humedad del grano

Por último, en relación a los hongos y micotoxinas en ensilajes de grano húmedo, en 2 muestras se detectaron hongos del género *Penicillium* y en 1 muestra se encontró la micotoxina zearalenona (0,085 mg/Kg.), con las mismas implicancias desde el punto de vista de salud animal ya descritas en la sección de ensilajes de planta entera. Cabe

agregar que el riesgo de las micotoxinas no es sólo para el animal, sino también para la salud de las personas ya sea a través de la manipulación de alimento animal contaminado o a través del consumo de alimentos (cereales, leche, carne) con residuos de micotoxinas.

## CONCLUSIONES

Los resultados de los análisis, tanto de planta entera como de grano húmedo, se encuentran dentro del rango esperado para ensilajes de sorgo. Esto confirma el éxito de la adopción de la tecnología en la Región Este. Aspectos claves como el momento del corte, procesamiento del material y confección del ensilaje, son las principales determinantes del valor nutritivo del silo.

## AGRADECIMIENTOS

A todos los productores y técnicos que colaboraron con el presente trabajo, ya sea permitiendo y/o realizando el muestreo así como suministrando información.

## LITERATURA CITADA

Acosta, Y. 2007. Suplementación del ganado con ensilaje de grano húmedo de sorgo: potencial y limitantes. 2007. Producción Animal. Unidad Experimental Palo a Pique. Actividades de Difusión 511. INIA Treinta y Tres. pp. 41-48.

Vaz Martins, D., L. Olivera, D. Cozzolino. 2006. Ensilajes de maíz como componente en la dieta en la fase de terminación de novillos. Revista INIA Nº 7. pp.5-8.

Whitlow, L.W. and W.M. Hagler. 2002. Mold and Mycotoxin Issues in Dairy Cattle: Effects, Prevention and Treatment. Cooperative Extension. NC State University

## EFFECTO DEL AGREGADO DE FUENTES PROTEICAS AL GRANO HÚMEDO DE SORGO EN EL CRECIMIENTO DE TERNEROS SUPLEMENTADOS SOBRE CAMPO NATURAL

Ing. Agr., MSc. Pablo J. Rovira; Ing. Agr. José I. Velazco<sup>1</sup>

### INTRODUCCIÓN

El uso del ensilaje de grano húmedo de sorgo en la alimentación de bovinos se ha incrementado significativamente en los últimos años en los establecimientos ganaderos del Uruguay. El éxito de la adopción de la tecnología se basa en que permite obtener en forma rentable un volumen importante de energía, el nutriente de mayor demanda y de mejor respuesta en sistemas de producción animal. Consiste en la cosecha del grano de sorgo con 25 a 35% de humedad y posterior quebrado y embolsado del grano en condiciones anaeróbicas hasta su utilización por parte del ganado. La conservación del valor nutritivo del material se basa en el pH ácido dentro de la bolsa como consecuencia de la proliferación de bacterias productoras de ácido láctico en ausencia de aire (Nishino, 2008).

En los sistemas más intensivos de producción, el grano húmedo de sorgo se utiliza en la etapa final del engorde de los animales, ya sea sobre pasturas de alta calidad (praderas, verdes) o formando parte de dietas balanceadas en corrales de feedlot. En sistemas más extensivos de producción, en establecimientos criadores o de ciclo completo, es común observar la suplementación de categorías de recría (terneros/as, vaquillonas) con grano húmedo de sorgo sobre campo natural. En estas condiciones, se debe considerar que si bien los ensilajes de grano húmedo de sorgo aportan energía, son alimentos carentes en proteína, por lo que para su mejor uso se debe tener en cuenta el balance entre dichos nutrientes en la dieta (Acosta, 2007).

La inclusión de fuentes proteicas de origen vegetal (soja, girasol) o de origen sintético (urea) es una alternativa válida para incrementar el contenido de proteína cruda de

los ensilajes de grano húmedo (Pordomingo et al, 2002; Jobim et al, 2008). Es de esperar que el incremento del nivel de proteína en el silaje se refleje en una mejora del desempeño productivo de los animales suplementados. En Argentina, Montiel et al (2005) incrementaron la ganancia diaria de peso (+14%) de terneros suplementados con grano húmedo de sorgo al agregar urea en la dieta.

El objetivo general del presente experimento fue evaluar el efecto de la adición de distintas fuentes proteicas al grano húmedo de sorgo en la respuesta animal de terneros pastoreando pasturas de baja calidad durante el invierno. La hipótesis de trabajo fue que la adición de fuentes proteicas al ensilaje de grano húmedo de sorgo mejora la ganancia de peso y la eficiencia de conversión del suplemento de terneros pastoreando campo natural en el invierno.

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### General

La etapa de suplementación se realizó entre el 1º de julio y el 8 de octubre de 2009 (100 días) en la Unidad Experimental Palo a Pique de INIA Treinta y Tres (Uruguay). Se utilizaron 17,5 ha de campo natural con predominancia de especies estivales, fundamentalmente *Cynodon dactylon* (gramilla), sin pastoreo desde abril hasta el inicio del ensayo. Se utilizaron 56 terneros cruza Hereford x Aberdeen Angus provenientes del rodeo de cría de la Unidad Experimental con 9 meses de edad y  $188 \pm 14$  kg de peso vivo (PV). Al inicio del experimento fueron dosificados contra parásitos externos e internos y luego re-dosificados en función del conteo de huevos por gramo (hpg) en las heces.

Los animales fueron asignados al azar en los siguientes tratamientos: 1) Testigo sin suplementación (**T**), 2) Suplementación con sorgo grano húmedo (**SGH**), 3)

<sup>1</sup> Programa Nal. Carne y Lana, INIA T. y Tres

Suplementación con SGH + Expeller de Girasol (**SGH + EG**), y 4) Suplementación con SGH + Suplemento proteico (**SGH + SP**). En todos los casos la dotación fue de 3,2 terneros/ha en régimen de pastoreo continuo. En los tratamientos con suplementación se utilizaron 16 terneros en 5 ha, mientras que en el tratamiento testigo se utilizaron 8 terneros en 2,5 ha.

El sorgo grano húmedo fue cosechado, quebrado y embolsado el 7 de abril de 2009. Se mantuvo herméticamente cerrado hasta el 9 de junio de 2009, fecha en la cual comenzó el periodo de acostumbamiento de los animales a la suplementación (21 días). El suplemento se ofreció todos los días temprano en la mañana. El nivel de suplementación durante el periodo experimental fue de 1,0% del peso vivo (base seca). En los tratamientos con adición de fuentes proteicas, tanto expeller de girasol como suplemento proteico, las mismas se incorporaron diariamente en mezcla con el grano húmedo de manera de ofrecer dietas iso-energéticas (2,9-3,0 Mcal EM/kg MS) variando la fuente y el nivel de proteína. El expeller de girasol y el suplemento proteico (40% de proteína según etiqueta) fueron adquiridos a nivel comercial.

Luego de finalizada la etapa de suplementación y hasta el 30 de diciembre de 2009 (83 días) los animales provenientes de todos los tratamientos fueron manejados en forma conjunta sobre campo natural y praderas para observar el efecto de los distintos tratamientos invernales en el desempeño productivo de los terneros en el mediano plazo (primavera).

#### Determinaciones

Al inicio del experimento y cada 21 días se registró el peso vivo (PV) sin ayuno de los animales. Luego de cada pesada se ajustó la cantidad de suplemento por animal en función de la evolución del peso vivo. Se estimó la eficiencia de conversión del suplemento a carne mediante la relación entre el consumo de suplemento y la ganancia diaria individual de peso vivo comparado con la ganancia de

peso vivo del tratamiento testigo sin suplementación.

La disponibilidad de materia seca (kg/ha MS) en el campo natural se determinó en 3 momentos del ensayo (16/06, 28/07, 23/09), mediante el corte con tijera eléctrica de 5 muestras por tratamiento, utilizando cuadros de 50 por 20 cm. Los cortes se realizaron al ras del suelo. En cada tratamiento el muestreo fue realizado en forma dirigida, intentando seleccionar áreas representativas del potrero. Previo al corte se registró la altura promedio del tapiz (cm) a ser muestreado dentro de cada cuadro de muestreo. En cada fecha de muestreo se tomó una muestra representativa y se determinó la relación verde/seco.

Al inicio y fin del experimento se enviaron al Laboratorio de Nutrición Animal de INIA La Estanzuela muestras de materia seca (general) y de las fracciones verde y seca del campo natural para el análisis (base seca) de digestibilidad materia orgánica (DMO), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácida (FDA) y cenizas (C). Adicionalmente, al inicio y mediados del experimento se tomaron muestras del silo de grano húmedo para estimar, además de los parámetros arriba mencionados, la acidez (pH) y el nitrógeno amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) del silo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Características de la pastura

En el Cuadro 1 se presenta la disponibilidad y altura del tapiz en las 3 fechas de corte. Ambas variables no resultaron afectadas por el tratamiento tanto dentro de cada fecha de corte como promediando sobre las fechas de corte ( $P>0.05$ ). La disponibilidad y altura promedio (media  $\pm$  d.e.) fueron  $2649 \pm 1124$  kg/ha MS y  $10,8 \pm 4,9$  cm, respectivamente. La alta disponibilidad de forraje del campo natural al inicio del periodo experimental (3248 kg/ha MS) fue debido a la sub-utilización del forraje durante el periodo estival previo que permitió la transferencia de forraje hacia el invierno.

Cuadro 1. Disponibilidad (kg/ha MS) y altura (cm) del campo natural en 3 fechas de corte (media  $\pm$  d.e.).

Tratamiento <sup>1</sup>	Fecha de corte					
	16/06		28/07		23/09	
	Disponible	Altura	Disponible	Altura	Disponible	Altura
Testigo	3216 $\pm$ 964 <sup>a</sup>	12,4 $\pm$ 5,6 <sup>a</sup>	3363 $\pm$ 908 <sup>a</sup>	13,0 $\pm$ 6,7 <sup>a</sup>	1659 $\pm$ 298 <sup>a</sup>	10,8 $\pm$ 3,3 <sup>a</sup>
SGH	2853 $\pm$ 967 <sup>a</sup>	13,0 $\pm$ 6,4 <sup>a</sup>	3243 $\pm$ 648 <sup>a</sup>	13,2 $\pm$ 6,7 <sup>a</sup>	1886 $\pm$ 1198 <sup>a</sup>	10,9 $\pm$ 2,9 <sup>a</sup>
SGH+EG	3375 $\pm$ 1279 <sup>a</sup>	12,2 $\pm$ 6,2 <sup>a</sup>	2235 $\pm$ 801 <sup>a</sup>	10,2 $\pm$ 3,7 <sup>a</sup>	1498 $\pm$ 824 <sup>a</sup>	9,7 $\pm$ 3,4 <sup>a</sup>
SGH+SP	3547 $\pm$ 972 <sup>a</sup>	15,4 $\pm$ 9,4 <sup>a</sup>	3328 $\pm$ 855 <sup>a</sup>	13,8 $\pm$ 5,2 <sup>a</sup>	1586 $\pm$ 611 <sup>a</sup>	11,9 $\pm$ 1,6 <sup>a</sup>

<sup>1</sup> SGH: Sorgo Grano Húmedo, EG: Expeller Girasol, SP: Suplemento Proteico

<sup>a</sup> Letras diferentes dentro de una misma columna difieren significativamente (P<0.05)

Existió un efecto significativo de la fecha de corte en las características del campo natural promediando sobre los tratamientos (P<0.05). El campo natural presentó una menor disponibilidad de forraje en la última fecha de corte (23/09) comparado con el promedio de las 2 primeras fechas de corte (1657 y 3145 kg/ha MS, respectivamente). En el mismo sentido, la altura del tapiz disminuyó de 12,8 cm (promedio 16/06 y 28/07) a 6,7 cm (23/09). El efecto significativo de la fecha de corte en la disponibilidad y altura del tapiz fue debido al consumo de forraje por parte de los animales asociado a la baja tasa de crecimiento del campo natural en el invierno.

El porcentaje de restos secos en proporción a la disponibilidad de forraje (base seca) en las

3 fechas de corte fueron 57% (16/06), 84% (28/07) y 45% (23/09), promediando sobre los tratamientos. La elevada proporción de restos secos en todos los tratamientos fue debido a la transferencia y pérdida de calidad del forraje al pasar del verano hacia el invierno. La composición química de las distintas fracciones del campo natural, verde y seco, fue significativamente diferente (Figura 1). La mayor variación se observó en la digestibilidad de la materia orgánica, correspondiendo a valores de 59 y 30%, en el forraje verde y seco, respectivamente. Los valores de proteína cruda, parámetro de especial importancia en categorías jóvenes en crecimiento, fueron de 8,9% (fracción verde) y 6,1% (fracción seca).

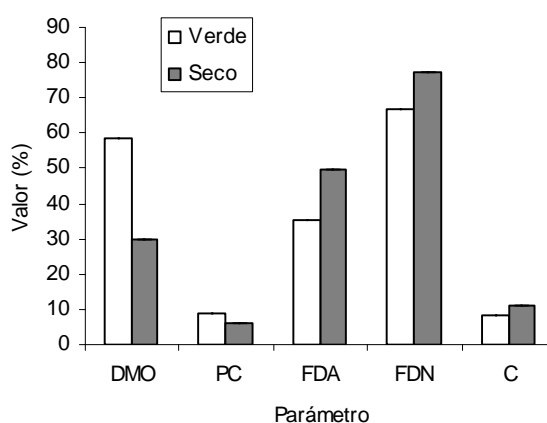


Figura 1. Composición química de las fracciones del forraje del campo natural (DMO: Digestibilidad Materia Orgánica, PC: Proteína Cruda, FDA: Fibra Detergente Ácida, FDN: Fibra Detergente Neutro, C: Cenizas). Fuente: Laboratorio Nutrición Animal – INIA La Estanzuela.

La figura 2 presenta la composición química del forraje al inicio y final del periodo experimental promediando sobre los

tratamientos. El cambio más importante correspondió al valor de proteína cruda, el cual se incrementó de 6,6 a 9,1% desde el

inicio hacia el fin del ensayo, respectivamente. Dicho incremento estuvo asociado a la mayor proporción de la fracción verde en la última fecha de muestreo. El único

parámetro que disminuyó fue la fibra detergente neutro, correspondiendo a valores de 75,9 y 72,6%, al inicio y fin del experimento, respectivamente.

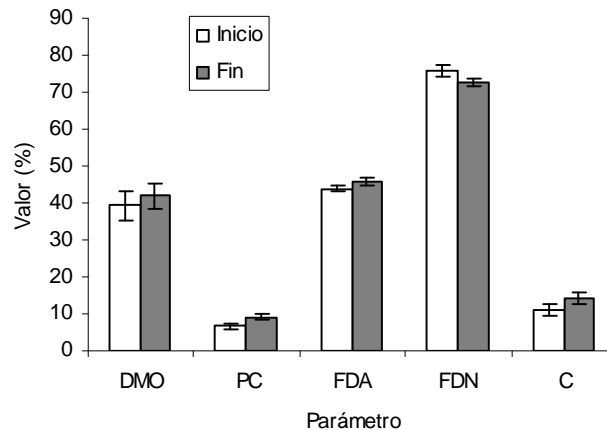


Figura 2. Composición química del forraje del campo natural al inicio y final del experimento (DMO: Digestibilidad Materia Orgánica, PC: Proteína Cruda, FDA: Fibra Detergente Ácida, FDN: Fibra Detergente Neutro, C: Cenizas). Valores expresados en base seca. Las líneas verticales en cada columna indican desviación estándar. Fuente: Laboratorio Nutrición Animal – INIA La Estanzuela.

### Valor nutritivo y consumo de los suplementos

La composición química del silo de grano húmedo y de las fuentes de proteína utilizadas se presenta en el Cuadro 2. El valor nutricional del grano húmedo de sorgo estuvo dentro del rango esperado destacándose el bajo valor proteico y el alto aporte de energía. El nitrógeno amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) y la acidez del silo (pH), ambos parámetros relacionados a la conservación del silo, también estuvieron dentro del rango esperado.

El expeller utilizado en el presente trabajo se destacó por su contenido medio de proteína y alto en energía. La variabilidad en el valor nutricional es una característica de los sub-productos de origen industrial, en el caso del expeller de girasol está asociada a la eficiencia de extracción del aceite de la semilla. En el caso del suplemento proteico de origen comercial, la proteína fue principalmente de origen vegetal aunque incluyó un máximo de 6,5% de urea según etiqueta de la planta elaboradora.

Cuadro 2. Composición química de los suplementos utilizados.

	Sorgo grano húmedo	Expeller de girasol	Suplemento proteico
Materia seca, %	73,6	90,4	90,4
Proteína cruda, %	7,1	29,6	31,1
Fibra detergente ácido, %	12,8	22,8	32,8
Fibra detergente neutro, %	29,0	38,0	46,9
Cenizas, %	1,9	9,6	8,4
Energía metabolizable, Mcal/kg MS	3,0	2,7	2,4
N-NH <sub>3</sub> , %	1,8	-	-
pH	4,8	-	-

Fuente: Laboratorio de Nutrición Animal (INIA La Estanzuela) y Laboratorio Bioagro (Paysandú)

En los tratamientos con adición de fuentes proteicas, el expeller de girasol y el suplemento proteico representaron un 22 y 23% de la mezcla con el grano húmedo, respectivamente (Cuadro 3). Las dietas

fueron iso-energéticas, variando el nivel de proteína. El aporte diario de proteína se incrementó un 71 y 83% al adicionar expeller de girasol o un suplemento proteico al grano húmedo de sorgo, respectivamente.

Cuadro 3. Consumo de materia seca y aporte de energía metabolizable (EM) y proteína cruda (PC) proveniente del suplemento (base seca).

	Tratamiento			
	Testigo	SGH	SGH + EG	SGH + SP
Consumo, MS kg/a/día				
SGH	-	1,99	1,56	1,58
EG	-	-	0,44	-
SP	-	-	-	0,47
EM, Mcal/a/día	-	6,0	5,9	5,9
PC, g/a/día	-	141	241	258

SGH: Sorgo Grano Húmedo, EG: Expeller de Girasol, SP: Suplemento Proteico.

### Respuesta animal

#### Etapa de suplementación

En la Figura 3 se presenta la evolución del peso vivo promedio del grupo de animales de cada tratamiento. El peso vivo inicial  $\pm$  d.e. fue  $188 \pm 14$  kg ( $P > 0.05$ ). Al término del periodo de suplementación se detectaron diferencias significativas en el peso vivo final (PVF) de los animales. En primer lugar, los animales suplementados registraron mayor PVF que los animales sin suplementación ( $221 \pm 20$  kg y  $182 \pm 13$  kg, respectivamente)

( $P < 0.05$ ). En segundo lugar, considerando los tratamientos con suplementación, la inclusión de una fuente proteica al sorgo grano húmedo (SGH) incrementó el PVF de los terneros comparado con el tratamiento de sólo SGH ( $229 \pm 16$  kg y  $206 \pm 21$  kg, respectivamente) ( $P < 0.05$ ). Por último, dentro de los tratamientos con agregado de fuentes proteicas, no hubo diferencias significativas en el PVF de terneros suplementados con expeller de girasol (EG) o suplemento proteico (SP) ( $227 \pm 15$  kg y  $232 \pm 16$  kg, respectivamente) ( $P > 0.05$ ).

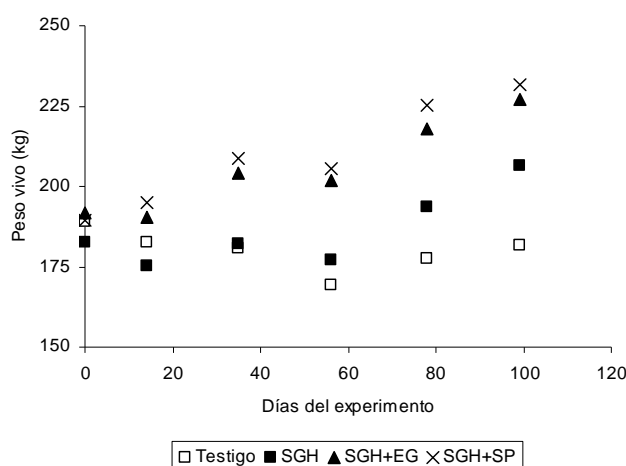


Figura 3. Evolución de peso vivo promedio de terneros en los distintos tratamientos (SGH: Sorgo Grano Húmedo, EG: Expeller de Girasol, SP: Suplemento Proteico).

La ganancia diaria de peso individual (media  $\pm$  d.e.) en los 99 días de suplementación fue -

$82 \pm 90$  g (testigo sin suplemento),  $248 \pm 77$  g (SGH),  $363 \pm 117$  (SGH + EG) y  $419 \pm 142$  g



(SGH + SP) (Cuadro 4). La pérdida de peso vivo de los terneros sin suplementación estuvo asociada a un consumo insuficiente de energía digestible y a una ineficiente utilización de dicha energía debido a la falta de proteína (Lippke and Ellis, 1989).

Existió un efecto significativo ( $P < 0.05$ ) de la adición de fuentes proteicas en la ganancia de peso individual comparado con la suplementación con SGH sin fuente adicional de proteína (391 y 248 g/a/día, respectivamente). Dicho incremento en la ganancia de peso vivo (+ 58%), demostró que la deficiencia de proteína fue limitante para el crecimiento animal. Si bien la tecnología de grano húmedo de sorgo incrementa el valor nutritivo y la digestibilidad del grano comparado con el grano seco, debido a una mayor disponibilidad ruminal de carbohidratos y proteína (Stock et al, 1987; Streeter et al, 1989), no fue suficiente por sí sola, al menos en el nivel de suplementación utilizado, para satisfacer los altos requerimientos

nutricionales de animales jóvenes en crecimiento. La suplementación proteica aportó nitrógeno en el rumen que captó parcialmente la energía aportada por el grano húmedo de sorgo con el consecuente incremento en la síntesis de proteína microbiana y pasaje de proteína metabolizable al intestino.

No hubo efecto significativo ( $P = 0.15$ ) del tipo de fuente proteica (expeller de girasol o suplemento proteico) en la ganancia de peso individual, aunque numéricamente los animales del tratamiento SGH + SP lograron un 15% más de ganancia diaria individual que los animales del tratamiento SGH + EG. La eficiencia de conversión de la proteína adicional a peso vivo fue de 0,115 y 0,146 kg/a/día de ganancia de peso por cada 100 g de proteína adicionada de expeller de girasol y suplemento proteico, respectivamente, comparado con el tratamiento de suplementación con SGH.

Cuadro 4. Ganancia de peso promedio individual por periodo y total en los distintos tratamientos

	Tratamientos <sup>1</sup>			
	Testigo	SGH	SGH + EG	SGH + SP
Ganancia, g/a/d				
0-56 d	- 346 ± 114 a	- 96 ± 128 b	181 ± 182 c	246 ± 240 c
56-99 d	284 ± 145 a	679 ± 132 b	586 ± 125 b	594 ± 156 b
0-99 d	- 82 ± 90 a	248 ± 77 b	363 ± 117 c	419 ± 142 c

Nota: SGH: Sorgo Grano Húmedo, EG: Expeller de Girasol, SP: Suplemento Proteico.

<sup>abc</sup> Letras diferentes dentro de una misma fila difieren significativamente ( $P < 0.05$ ).

Cuando se analizó la ganancia de peso vivo por periodo de suplementación la respuesta al agregado de fuentes proteicas fue más significativa durante el primer periodo (0-56 d) comparado con el segundo periodo (56-99 d). En el primer periodo la calidad del campo natural fue más limitante para el crecimiento de los terneros determinando una mayor respuesta al agregado de las fuentes proteicas. En el segundo periodo, comprendido entre fines de agosto y principios de octubre, la disminución de la severidad y frecuencia de temperaturas extremas (heladas) y el rebrote del campo natural incrementaron el aporte proteico proveniente de la pastura.

La respuesta positiva a la suplementación proteica también se reflejó en una mejor

eficiencia de conversión del suplemento a peso vivo medida como los kg de ración necesarios para depositar 1 kg de peso vivo adicional comparado con el tratamiento testigo sin suplementación. La eficiencia de conversión, expresada en base seca, fue de 6,0 (SGH), 4,5 (SGH + EG) y 4,1 (SGH + SP). Los animales con suplementación proteica fueron más eficientes en la conversión del suplemento a peso vivo debido a una mejor disponibilidad y sincronía de los nutrientes energía y proteína en el rumen.

#### Etapa post-suplementación

Entre el 8 de octubre y el 30 de diciembre de 2009 (83 días) todos los animales se manejaron en forma conjunta sobre un área de campo natural y praderas. La ganancia

media de peso de todos los animales fue 628 ±127 g/a/día, siendo menor a la esperada debido a las condiciones climáticas adversas (seca) registradas durante dicho periodo.

Los animales del tratamiento SGH fueron los que presentaron el mayor ritmo de ganancia de peso, siendo 11% superior que el promedio de ganancia de los animales que habían tenido suplementación proteica durante el invierno (670 y 602 g/a/día, respectivamente) (Cuadro 5). Esto determinó que se acortara la brecha en peso vivo de los animales en los distintos tratamientos de suplementación, si bien los animales

suplementados con fuentes proteicas siguieron siendo más pesados que los animales del tratamiento SGH al 30 de diciembre (278 y 262 kg, respectivamente) (P<0.05).

Al final del periodo, el peso vivo final de los terneros en los tratamientos SGH y SGH + EG fue significativamente igual (P>0.05) aunque con una diferencia numérica de 8 kg (262 y 274 Kg., respectivamente). Los animales del tratamiento SGH + SP siguieron siendo significativamente más pesados (P<0.05) que los animales del tratamiento SGH (282 y 262 kg, respectivamente).

Cuadro 5. Evolución de peso de los animales en la etapa post-suplementación (08/10/09 – 30/12/09)

	Tratamientos <sup>1</sup>			
	Testigo	SGH	SGH + EG	SGH + SP
Peso inicial, kg	182 ± 13	206 ± 21	227 ± 15	232 ± 16
Peso final, kg	236 ± 25 a	262 ± 30 b	274 ± 21b c	282 ± 22 c
Ganancia, g/a/día	648 ± 158 ab	670 ± 139 a	567 ± 121 b	638 ± 91 ab

<sup>1</sup> SGH: Sorgo Grano Húmedo, EG: Expeller Girasol, SP: Suplemento Proteico  
<sup>abc</sup> Letras diferentes dentro de una misma fila difieren significativamente (P<0.05).

En el periodo post-suplementación, los animales del tratamiento testigo (sin suplementación invernal) presentaron una ganancia de peso intermedia. Dichos animales siguieron siendo más livianos al 30 de diciembre comparados con el peso vivo promedio de los animales suplementados (236 y 278 kg, respectivamente) (P<0.05). No hubo un crecimiento compensatorio significativo en la primavera que permitiera la recuperación de los animales sin suplementación en el invierno, probablemente debido al ritmo de ganancia moderado registrado durante la primavera asociado a las condiciones climáticas.

#### Análisis del costo de la suplementación

Para el análisis económico de la suplementación se estimó el costo del grano húmedo en 92 US\$/ton embolsada, que surge

de la relación entre el costo total del cultivo (460 US\$/ha) y del rendimiento en grano obtenido (5 ton/ha, base fresca). Para el expeller de girasol y el suplemento proteico se utilizó el precio real a la fecha de la compra de 250 y 335 US\$/ton, respectivamente, puesto en el campo. No se incluyeron otros costos asociados a la suplementación (mano de obra, gasoil, etc.) ya que se consideraron iguales para todos los tratamientos.

El costo de la suplementación (100 días) fue de 25, 32 y 37 US\$/animal en los tratamientos SGH, SGH + EG, y SGH + SP, respectivamente (Figura 4). La inclusión de una fuente proteica incrementó entre un 28% (expeller de girasol) y 48% (suplemento proteico) el costo de la suplementación comparado con el suministro único de sorgo grano húmedo.

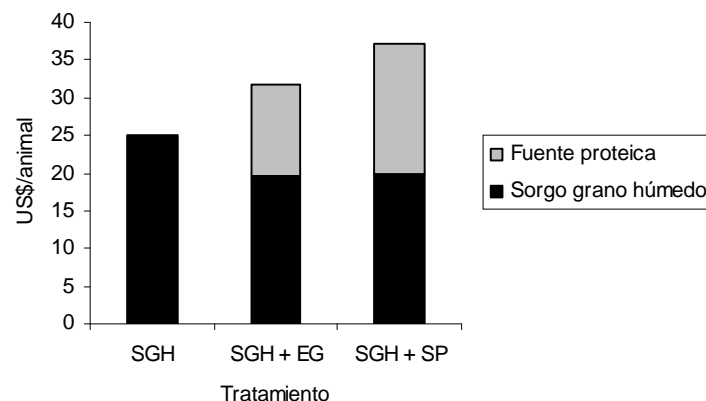


Figura 4. Costo (US\$/animal) de la dieta en 100 días de suplementación. Nota: SGH: Sorgo Grano Húmedo, EG: Expeller de Girasol, SP: Suplemento Proteico.

La relación insumo/producto (costo de la suplementación para depositar 1 kg de peso vivo adicional comparado con el testigo) fue de 0.77, 0.73 y 0.75 US\$/Kg. para los tratamientos de SGH, SGH + EG, y SGH + SP, respectivamente.

Comparando los tratamientos que incluían fuentes proteicas, los kg adicionales obtenidos comparados con el tratamiento de sólo grano húmedo de sorgo tuvieron un costo de 0,61 y 0,71 US\$/kg para los tratamientos de expeller de girasol y suplemento proteico, respectivamente.

## CONCLUSIONES

El agregado de fuentes proteicas al ensilaje de grano húmedo de sorgo incrementó la ganancia diaria y el peso vivo final de terneros sobre pasturas naturales de baja calidad en los meses de invierno.

Comparando las fuentes proteicas, el suplemento proteico se comportó mejor que el expeller de girasol desde el punto de vista de la respuesta animal.

Si bien el agregado de fuentes proteicas al grano húmedo de sorgo aumentó el costo de la suplementación por animal la relación insumo/producto fue favorable, especialmente cuando se utilizó el expeller de girasol.

## LITERATURA CITADA

Acosta, Y. 2007. Suplementación del ganado con ensilaje de grano húmedo de sorgo: potencial y limitantes. In Producción Animal ed. INIA Treinta y Tres (Uruguay). Actividades de Difusión 511. pp.41-48.

Jobim, C.C., Macedo, F.A.F, Branco, A.F. and Alcalde, C.R. 2008. Quality of high moisture corn silage added of whole soybean, whole sunflower or urea. In Multifunctional Grasslands in a Changing World ed. International Committee of XXI IGC/IRC Congress (Guangzhou, China). 79p.

Lippke, H. and Ellis, W.C. 1989. Protein supplements fed to yearlings steers grazing common Bermudagrass pastures. In Forage Research ed. Texas A&M University. pp.5-7.

Montiel, M.D., Depetris, G.I, Santini, F.J., Chicatun, A. y Villareal, F.L. 2005. Evaluación de agregado de urea a un silaje de grano húmedo de sorgo alto tanino y su comparación con el maíz en el engorde a corral. INTA EEA Balcarce (Buenos Aires, Argentina). Consultado on-line el 28/12/09. Sitio:

<http://www.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/ganaderia/bovinos/nutricion/urea.html>

Nishino, N. 2008. Progress in silage research in relation to animal production and food safety. In

Multifunctional Grasslands in a Changing World ed. International Committee of XXI IGC/IRC Congress (Guangzhou, China). pp.639-644.

Pordomingo, A.J., Juan, N.A. y Azcarate, M.P. 2002. Grano de maíz húmedo conservado con urea en dietas de engorde a corral. Rev. Arg. Prod. Anim. 22: 101-113.

Scollan, N.D., Sargeant, A., McAllan, A.B. and Dhanoa, M.S.. 2001. Protein supplementation of grass silages of differing digestibility for growing steers. J. Agric. Sci. 136: 89-98.

Stock, R.A., Brink, D.R., Kreikemeier, K.K. and Smith, K.K.. 1987. Evaluation of early-harvested and reconstituted grain sorghum in finishing steers. J. Anim. Sci. 65: 548-556.

Streeter, M.N., Wagner, D.G., Owens, F.N. and Hibberd, C.A. 1989. Combinations of high-moisture harvested sorghum grain and dry-rolled corn: effects on site and extent of digestion in beef heifers. J. Anim. Sci. 67:1623-1633.

## UTILIZACIÓN DE ENSILAJES DE GRANO HÚMEDO DE SORGO SOBRE PASTURAS SEMBRADAS

Ing. Agr. José I. Velazco<sup>1</sup>

### INTRODUCCIÓN

El ingreso de la agricultura de secano en áreas que hasta hace pocos años estaban reservadas para la ganadería ha traído un sinnúmero de consecuencias. Una de las primeras lecturas que se podría hacer es que la ganadería está siendo desplazada a zonas que resultan marginales a la agricultura. Definir qué áreas resultan marginales a la agricultura es una tarea difícil de realizar ya que existe un compromiso muy grande entre rendimientos y precios de los cultivos. Dicho de otra manera, un cultivo resulta rentable aún rindiendo poco si el valor del grano es elevado. Esto explica por qué campos que hasta hace poco tiempo no resultaban de interés para las empresas agrícolas, hoy están dentro de los planteos agrícolas pagando rentas que superan ampliamente el margen ganadero.

Esta situación inicialmente adversa origina oportunidades para las empresas que deciden mantenerse en la actividad pecuaria. Una de las oportunidades que se pueden asociar a la expansión agrícola es la disponibilidad de maquinaria en zonas en las que un tiempo atrás resultaba escasa y obsoleta. Junto con la disponibilidad de maquinaria aparecen empresas abocadas a brindar servicios de contratos que se profesionalizan mejorando implementos y capacitando a sus operarios para brindar un mejor servicio. Otra oportunidad ligada a la anterior es la disponibilidad de granos para alimentar ganado que por encontrarse en la cercanía de los establecimientos viabiliza su uso. En conclusión podemos decir que el arribo de las empresas agrícolas trae, además de un aumento importante en los valores de los arrendamientos, la tecnología asociada a su actividad y acerca el grano a los establecimientos ganaderos.

En los últimos años la demanda por sorgo se ha incrementado sensiblemente asociada a la mayor utilización de suplementos para el ganado. Es así que la inclusión de sorgo como reserva de alimento ha pasado a ocupar un lugar importante en la planificación de los sistemas de producción. Dichas reservas pueden variar en su forma (silos de grano húmedo, grano seco, silo de planta entera, pastoreo diferido en pié para otoño invierno, fardos) variando también las características del alimento que se almacena. Una máxima que aplica a la conservación de los alimentos es que la calidad del alimento conservado nunca supera la calidad del material que le da origen por lo que los métodos para conservar alimentos deberán procurar hacer mínimas las pérdidas de calidad.

El objetivo del presente artículo es comentar algunas particularidades asociadas a la utilización de silaje de grano húmedo de sorgo en la suplementación de novillos sobre pasturas sembradas.

### ALGUNAS DEFINICIONES RELACIONADAS A LA SUPLEMENTACIÓN

El objetivo de la suplementación en producción animal fue definido en el año por 1988 por Horn de la siguiente manera: "Adicionar algo que falta ya sea en cantidad o calidad para que la producción animal obtenida en pastoreo se mantenga o aumente a través del aumento en la carga y/o de la ganancia en peso vivo". Se desprende de la presente definición que las necesidades (o requerimientos) de los animales deberán ser conocidas así como las características de la oferta que realiza la pastura para así detectar posibles deficiencias o desbalances. Solo así se podrá proceder a adicionar lo que está haciendo falta.

El sistema "suplementación" está formado por tres componentes en permanente interacción

<sup>1</sup> Programa Nal. Carne y Lana, INIA T. y Tres

que son articulados por el hombre. Ellos son el animal, el forraje y el suplemento.

### El animal

Los animales tienen requerimientos definidos de acuerdo a sus características y las metas productivas previstas. Dicho de otra manera, los animales necesitan cantidades conocidas de nutrientes para lograr la producción establecida. Es necesario por un lado definir las características del animal y por otro la expectativa de aumento de peso. Dentro de las características de los animales están las que comúnmente se registran (raza, sexo, peso, edad). A éstas características se puede adicionar tasa de ganancia previa y tamaño adulto para así tener la descripción mas precisa del animal y definir sus requerimientos. La expectativa de aumento de peso será función del esquema de producción

que se tenga (edad de salida, peso y nivel de terminación).

A la hora de implementar un sistema de suplementación se debería tener en cuenta qué animales suplementar de acuerdo a las necesidades del sistema de producción y las eficiencias que se pueden obtener. Los animales jóvenes aumentan de peso con mayor eficiencia que los de mayor edad, los animales livianos más que los pesados y los machos más que las hembras. Las mejores eficiencias se deben a menores requerimientos de mantenimiento y a la composición de las ganancias (deposición de músculo mas que grasa). En el cuadro 1 puede verse un ejemplo donde se comparan animales y funciones fisiológicas con fines meramente ilustrativos.

Cuadro 1. Requerimientos diarios de energía metabolizable (EM) y proteína bruta (PB) para diferentes funciones fisiológicas.

	EM (Mcal)	PB (grs)
<b>Mantenimiento</b>		
Novillo 200 Kg	5.4	116.3
Novillo 400 Kg	9.1	194.4
<b>Ganancia de peso (1 kg/día)</b>		
Novillo 200 kg	10.5	294.4
Novillo 400 kg	16.8	360.6

Desde un punto de vista más amplio, puede que en algunos casos, la opción mas conveniente sea suplementar los animales mas grandes y/o mas pesados para lograr el un grado de terminación necesario para la venta a frigorífico. En estos casos la eficiencia de la suplementación se verá a nivel de producto (novillo gordo) y no de kilogramos engordados.

Un último comentario lo merece el Frame o tamaño adulto y el crecimiento compensatorio. El frame score es un compromiso entre la altura del animal (medida en el anca) y su edad y define la precocidad con que el animal se engrasa. Animales más precoces (frame menor) se engrasan a pesos menores por lo que su peso maduro es menor. El requerimiento energético para ganar un kilo de peso será diferente si se trata de un animal de alto peso adulto ya que éste

deposita una proporción mayor de músculo que de grasa. El crecimiento compensatorio es la expresión de mayor eficiencia de transformación de alimento en carne que presentan los animales que sufren restricciones nutricionales (breves y no muy intensas). Luego de la restricción, estos animales experimentan una tasa de crecimiento mayor que sus pares no restringidos.

### El forraje

Dos son los atributos que caracterizan el forraje: cantidad (Cuadro 2) y calidad (Cuadro 3). Considerando que en el presente artículo se centra en suplementación sobre pasturas sembradas, corresponde caracterizar las opciones forrajeras que se encuentran con mayor frecuencia en los sistemas invernadores pastoriles.

Cuadro 2. Rendimiento promedio de pasturas expresado en toneladas/ha.

	Anual	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
Raigrás + N	7.0	0.8	2.8	3.4	---
Avena + N	4.5	1.5	2.0	1.0	---
Pradera* 1er año	6.0	---	0.9	3.3	1.8
Pradera 2do año	9.0	2.0	1.8	3.8	1.4
Pradera 3er año	6.0	1.2	1.0	3.0	0.8
Pradera 4to año	5.5	1.0	0.8	3.0	0.7

\* corresponde a una mezcla de Festuca, Trébol Blanco y Lotus.

La información que se presenta en la tabla 2 corresponde a producciones anuales y estacionales de pasturas sembradas (promedio de varios años) y es simplemente a título ilustrativo.

El cuadro 3 muestra el resumen de algunos resultados de análisis realizados en el laboratorio de nutrición animal de La Estanzuela a pasturas sembradas.

Cuadro 3. Valor nutritivo de pasturas según especie y estación del año.

Pastura	Estación	Digestibilidad (%)	PB (%)	EM (Mcal/kg de MS)
Raigrás	Otoño	70	18	2.63
	Invierno	73	26	2.78
	Primavera	76	17	2.91
Avena	Otoño	66	16	2.51
	Invierno	68	18	2.58
	Primavera	65	13	2.37
Pradera*	Otoño	62	19	2.33
	Invierno	64	20	2.47
	Primavera	63	17	2.32
	Verano	64	16	2.43

\* corresponde a una mezcla de Festuca, Trébol Blanco y Lotus.

### El suplemento

Los suplementos se pueden clasificar de diversas maneras en función de su aporte a la dieta de los animales. Dentro de los *concentrados* están los energéticos (por excelencia los granos), los *proteicos* (expellers y otros subproductos industriales), los *balanceados* comerciales (normalmente formulados para distintas especies, categorías, etc.) y los bloques (formulados para que los animales se auto – suministren el alimento lamiéndolo). De acuerdo con el objetivo del presente artículo, centraremos el análisis en el silo de grano húmedo de sorgo.

El silaje es una técnica de conservación de alimentos con humedad media (25 a 40%) en ausencia de aire. Los granos que más comúnmente se ensilan con éste método son el maíz y el sorgo. Las características que presenta el sorgo en cuanto a rusticidad y adaptación a las condiciones de suelo y clima que se dan en Uruguay explican su creciente presencia en los sistemas ganaderos. El ensilaje consiste en exponer el grano a condiciones de anaerobiosis en las que se da

una fermentación láctica que origina una caída del pH garantizando la conservación del alimento en medio ácido. Una alternativa tecnológica de gran aceptación por parte de los productores y técnicos es la conservación en silos – bolsa. La máquina que se emplea para embolsar el grano es la encargada también de quebrarlo previamente y compactarlo dentro de la bolsa lo que genera las condiciones necesarias para que el proceso de ensilaje comience.

El cuadro 4 muestra el valor nutritivo de 12 silos de grano húmedo localizados en la Región Este del país. El detalle de la metodología para el muestreo y procesamiento de las muestras así como los comentarios pormenorizados del relevamiento realizado se encuentran en el capítulo “VALOR NUTRITIVO DE ENSILAJES DE SORGO DE PLANTA ENTERA Y GRANO HÚMEDO EN LA REGIÓN ESTE”. El valor promedio de humedad del grano está dentro del rango recomendado para grano húmedo (25-35%), aunque se registraron valores mínimos y máximos de 17,3% y 40,1%, respectivamente.

Cuadro 4. Valor nutricional de ensilajes de grano húmedo de sorgo en la Región Este

Parámetro	Valor (media $\pm$ desvío estándar)
Humedad, %	27,2 $\pm$ 7,9
Proteína Cruda, %	8,8 $\pm$ 1,4
Digestibilidad Materia Orgánica, %	75,9 $\pm$ 7,4
Fibra Detergente Ácida, %	11,8 $\pm$ 1,3
Fibra Detergente Neutro, %	28,4 $\pm$ 11,8
Cenizas, %	2,2 $\pm$ 0,4
Energía Metabolizable, Mcal/kg MS	3,1 $\pm$ 0,03
pH	4,7 $\pm$ 0,8
N-NH <sub>3</sub> , %	2,2 $\pm$ 0,7

Como característica principal del grano húmedo se destaca su bajo contenido proteico y alto aporte de energía. El bajo contenido de proteína del grano húmedo de sorgo hace que no sea recomendable su utilización como único suplemento en esquemas de suplementación sobre campo natural. Cuando la suplementación se realiza sobre pasturas sembradas, el nivel de proteína de las mismas define el balance de la dieta siendo en muchos casos suficiente para lograr niveles aceptables de producción.

El sorgo necesita ser procesado para lograr un aprovechamiento eficiente por parte de los rumiantes por lo que es necesario que la máquina que lo embolsa, previamente lo quiebre. El Sorgo molido o quebrado tiene un valor nutricional de entre 85% a 95% con respecto al maíz quebrado. Al procesar el grano se rompen las estructuras que cubren la semilla, se producen partículas de menor tamaño que aumentan la superficie de digestión. Ensilajes de grano húmedo de sorgo con altas proporciones de grano entero tienden a tener pobres desempeños como suplementos. Esto es debido a que la energía retenida en el grano no puede ser utilizada por los microorganismos del rumen (explicado por la estructura física del grano). Cuando el proceso de quebrado es deficiente, el grano entero tiende a aparecer en la bosta sin digerir (Acosta 2007).

#### RESPUESTA A LA SUPLEMENTACIÓN CON SILAJE DE GRANO HÚMEDO DE SORGO

Es bueno tener en cuenta que el efecto de la suplementación con silaje de grano húmedo difiere de acuerdo con el forraje que los animales estén consumiendo. Cuando el forraje es de alta calidad, el animal sustituirá

parte del forraje que estaba comiendo para pasar a comer el suplemento. El efecto sobre la ganancia de peso individual puede no ser muy grande pero aumentará la receptividad de la pastura al liberarse forraje. Corrigiendo la carga se logrará una mejora en la producción medida por superficie o en su defecto un alargamiento del período de pastoreo (si la carga no fuera alterada).

La incorporación del silaje es muy frecuente en esquemas productivos intensivos. Para el caso de las invernadas, la suplementación energética durante el otoño y el invierno sobre praderas y verdeos es una práctica de creciente adopción ya que impacta muy favorablemente en los indicadores físicos y económicos de producción. Si bien la práctica es similar, las particularidades del otoño y el invierno ameritan un análisis separado.

#### Suplementación otoñal

La suplementación "correctiva" durante el otoño se da cuando el suplemento corrige los desbalances en la composición de las pasturas sembradas que, frecuentemente, presentan niveles bajos de carbohidratos solubles y contenidos bajos de materia seca. Las mejores respuestas a la suplementación se dan durante el otoño cuando el nivel de nitrógeno es alto ya que se balancea la dieta obteniendo respuestas que pueden duplicar las obtenidas solo a pasto. Esto se debe a la complementariedad de la dieta. En éste caso el efecto que se describe es el de adición; los animales ven restringida su capacidad máxima de consumo debido a las características del forraje. La suplementación completa la ración diaria produciendo un efecto aditivo; el animal suplementado tiene una ganancia media diaria mayor que el que no recibe suplemento.



La información generada por la investigación es consistente con relación a la respuesta diferencial que se obtiene corrigiendo los desbalances propios de los verdes "tiernos" durante el otoño. Por ejemplo, una serie de trabajos realizados en la década de los 90 en INTA Marcos Juárez (Argentina) muestra un diferencial en ganancia media diaria de 250 gramos para niveles bajos de suplementación (entre 0.5 y 0.7% del Peso vivo).

### **Suplementación sobre verdes de invierno**

En invierno y sobre verdes sazonados (posterior a las primeras heladas intensas de fines de otoño) la problemática del desbalance otoñal desaparece. La principal función del grano en este caso es el aumento de la carga ya que la sustitución de pastura por grano "libera" recursos que permiten el aumento de la carga. Dicho aumento permite sostener buenas ganancias de peso en áreas relativamente pequeñas.

Cuando se suplementan animales pesados (400 kg o más) sobre verdes de invierno, el efecto que se busca es acelerar el ritmo de engorde reduciendo así el largo de la invernada. Los últimos 100 kg son siempre los más costosos ya que la tasa de deposición de tejidos grasos aumenta con relación al músculo. Esto ocurre porque la retención de proteína (músculo) se da durante las etapas de crecimiento (recrea) siendo muy baja durante la terminación.

Los posibles desbalances de los verdes de invierno dependen de las características de las especies y variedades que se empleen y de las características edafo – climáticas. Los desbalances son, frecuentemente a nivel de energía de la dieta por lo que la corrección con grano pasa a ser la alternativa más oportuna. La corrección de la dieta a través de la suplementación con silaje da estabilidad a las ganancias de peso durante todo el período de utilización del verdeo (100 a 120 días). Las características climáticas del invierno pueden hacer que la proyección de producción de pasto sea mayor que la realmente observada; en estos casos el grano da estabilidad a la dieta de los animales.

Experiencias realizadas en la Unidad Experimental Palo a Pique de INIA Treinta y

tres establecen un piso de producción en el entorno de los 800 gramos/novillo/día durante todo el período de pastoreo del verdeo. La incorporación de niveles bajos de grano de sorgo (0.5 – 0.7% del PV) permitió sostener dichas ganancias incluso en años en que los testigos no suplementados ganaron en el entorno de los 500 gramos considerando todo el período. Dichas experiencias y resultados son coincidentes con trabajos realizados en INTA Gral. Villegas donde establecieron que la suplementación con niveles bajos a medios de grano incrementó entre el 20 y el 50% la receptividad del verdeo. Esto permite aumentos de la producción/ha que pueden llegar hasta el 75% cuando se realiza un correcto ajuste de la carga.

Para todos los casos en que el grano se emplea en la suplementación sobre verdes o praderas durante el invierno, la asignación de forraje (kg de pasto por kg de novillo) define la respuesta a la suplementación en asociación directa con la ganancia diaria de peso. Cuando se comparan esquemas de suplementación sobre pasturas de calidad, la mejor relación entre ganancia individual y producción por hectárea se da a niveles bajos de asignación de forraje (en el entorno del 2%) y niveles medios de suplementación con grano (0.75% del peso vivo).

### **Suplementación sobre praderas sembradas de alta calidad y producción**

El empleo de pasturas sembradas es frecuente en sistemas intensivos de producción de carne y su óptimo aprovechamiento redundando en mayores eficiencias productivas. Los componentes que explican la producción/ha son la ganancia individual y la carga. El uso estratégico de suplementos energéticos (como el grano húmedo de sorgo) permite sostener elevadas cargas a lo largo del año sosteniendo e incluso aumentando las ganancias diarias.

Un factor clave a la hora de evaluar el impacto de la suplementación es la eficiencia de conversión. "La eficiencia es la relación entre un ingreso y un egreso; entre una entrada y una salida; entre un recurso y un producto". Para nuestro caso, la eficiencia de conversión del suplemento en peso vivo animal se define como la cuota parte de la

ganancia que es atribuible a la incorporación del suplemento. Dicha definición se refiere a la diferencia que existe entre la ganancia de un animal alimentado exclusivamente con pasto y uno que es alimentado con la misma

pastura pero se le agrega el suplemento. En el cuadro 5 se resume una experiencia realizada en la década del 90 por el Ing. Agr. Risso (INIA) comparando diferentes niveles de oferta de forraje y niveles de suplemento.

**Cuadro 5. Efecto del nivel de oferta de forraje y de suplementación con concentrado sobre la ganancia media diaria y la utilización del forraje de novillos pastoreando una pradera sembrada.**

Oferta de pastura	Concentrado kg/animal/día	GMD kg/animal/día	Utilización del forraje (%)	Eficiencia de conversión
Alto	0	0,90	57%	
	2	1,05	58%	14
	4	0,96	48%	74
Bajo	0	0,17	82%	
	2	0,81	78%	3
	4	0,84	48%	6

En el cuadro se diferencian, en primera instancia, dos situaciones contrastantes en lo que refiere a oferta de pasturas (pradera de segundo año). En los escenarios planteados de alta y baja oferta de forraje, es muy evidente la interacción existente entre el pasto y el suplemento. La mejor respuesta productiva se obtiene con asignaciones bajas y moderados niveles de suplementación (asignación baja y suplementación media). La producción animal que se explica por la suplementación es un aspecto que puede determinar la conveniencia o no de suplementar. Para calcular la eficiencia de conversión (kg de suplemento empleado/kg de carne adicional producida) se deberá tener en cuenta la producción de carne de los animales no suplementados.

#### **ALGUNAS CONSIDERACIONES FINALES**

Las deficiencias y desbalances dietarios en los novillos durante el otoño – invierno representan una oportunidad de mejora de la eficiencia de los sistemas de producción intensiva de carne. La incorporación del silo de grano húmedo de sorgo se presenta como una oportunidad alcanzable ya que ha aumentado grandemente la disponibilidad de sorgo en las zonas históricamente ganaderas. La tecnología asociada al grano húmedo de sorgo se encuentra hoy disponible prácticamente en todas las regiones del país. Una consideración no menor es la referente a la disponibilidad de proteína asociada al grano ya que éste es deficiente en dicho parámetro. Con relación a este punto, la incorporación del sorgo en suplementaciones

sobre pasturas sembradas durante el otoño invierno aparece como una alternativa que combina energía y proteína en cantidades suficientes para sostener altas ganancias de peso.

La incorporación de la suplementación (y más aún si se trata de grano húmedo de sorgo) requiere personal capacitado, estructura y logísticas adecuadas y una organización que compromete la capacitación del personal a cargo.

Toda intensificación en la producción debería estar sustentada por un análisis pormenorizado de riesgos y costos asociados para así determinar que nivel de producción es el que mejor ajusta a los objetivos de la empresa ganadera.

Finalmente, la conveniencia de suplementar no debería ser evaluada exclusivamente en la relación precio del grano / precio de la carne; lo correcto sería incorporar el impacto que tiene sobre todo el sistema de producción.

#### **LITERATURA REVISADA**

Baldi, F., Mieres, J., Bancho, G. 2008. Suplementación en Invernada Intensiva: “La suplementación sigue siendo una alternativa económicamente viable”. En: Serie de Actividades de Difusión INIA N° 532.

Cibils, R. Vaz Martins, D., Risso, D. 1996. ¿Qué es suplementar? En: Serie Actividades de Difusión INIA N° 96.

Mieres, J. 2004. Guía para la alimentación de rumiantes. Serie Técnica INIA N° 142.

Pordomingo, A. 2003. Suplementación con granos a bovinos en pastoreo. En: Boletín de difusión EEA INTA Anguil, La Pampa - Argentina.

Risso, D. Aunchaín, M., Cibils, R., Zarza, A. 1991. Suplementación en invernadas del litoral. En: Serie Técnica INIA N° 15

Risso, D. Berretta, E., Morón, A. 1996. Producción y manejo de pasturas. Serie Técnica INIA N° 80.

Ustarroz, E., De León, M. Utilización de Pasturas y suplementación con granos en invernada. Boletín de difusión INTA EEA Manfredi - Argentina.

## ANÁLISIS DEL COSTO DEL ENSILAJE DE GRANO HÚMEDO Y COMPARACIÓN ECONÓMICA CON OTRAS ALTERNATIVAS DE SUPLEMENTACIÓN

Ing. Agr., MSc. Pablo J. Rovira<sup>1</sup>

Para la elaboración de los costos se tomó como referencia el precio de los servicios e insumos en la zafra de cultivos de verano 2009/10 en base a información suministrada por empresas comerciales, contratistas, productores y técnicos de la región.

Los valores que se muestran a continuación deben tomarse como guía recomendando que cada productor o técnico haga una estimación de sus propios costos los cuales varían en función de los recursos disponibles y/o de las oportunidades comerciales.

### ANÁLISIS DEL COSTO POR HECTÁREA

En el cuadro 1 se detalla el costo de los servicios contratados (sin gasoil). Se supone que el productor no tiene ninguna de la maquinaria requerida para la siembra, manejo agronómico, cosecha y embolsado del cultivo (excepto tractor). Se asumió un rendimiento de 5 ton/ha a los efectos de calcular el costo del embolsado, único costo variable.

Cuadro 1. Costo de los servicios contratados suponiendo un rendimiento de 5 ton/ha

Servicio	Valor por unidad	US\$/ha
Siembra	37 US\$/ha	37
Pulverización <sup>1</sup>	7,5 US\$/ha	22,5
Refertilización (urea)	7,5 US\$/ha	7,5
Cosecha	60 US\$/ha	60
Embolsado y bolsa <sup>2</sup>	15 US\$/m lineal	75
<b>TOTAL</b>		<b>202</b>

<sup>1</sup> Dos aplicaciones de herbicida previo a la siembra y una aplicación de insecticida en estado vegetativo del cultivo.

<sup>2</sup> Embolsadora de 5 pies de diámetro con capacidad de 1,0 tonelada/m lineal de bolsa.

En el cuadro 2 se detalla el costo de los insumos. Todos los insumos son puestos en el establecimiento. Se asumió un flete de 9 US\$/ton en el caso del fertilizante para una distancia de 35 km. El paquete tecnológico aplicado en el cultivo es el recomendado y el más usado a nivel comercial. El consumo de

gasoil se estimó en 35 litros/ha correspondiendo a 15 l/ha para la siembra y manejo del cultivo (siembra directa, pulverizaciones, refertilización), 15 l/ha para la cosecha y 5 l/ha para el acarreo hacia la bolsa y quebrado del grano (Perrachón y Riani 2002, Martínez y Staneck, sin fecha)

Cuadro 2. Costo de los insumos del cultivo de sorgo.

Insumo	Valor por unidad	Cantidad por ha	US\$/ha
Semilla	5,5 US\$/kg	10,0 kg	55,0
Curasemilla	30,0 US\$/l	0,05 l	1,5
Fosfato de Amonio	0,47 US\$/kg	130 kg	61,1
Glifosato <sup>1</sup>	2,5 US\$/l	8,0 l	20,0
Coadyuvante	27 US\$/l	0,04 l	1,1
Atrazina 90%	9,0 US\$/l	1,7 kg	15,3
Metolaclor	15,0 US\$/l	1,0 l	15,0
Antídoto	260 US\$/l	0,04 l	10,4
Urea	0,44 US\$/kg	75 kg	33,0
Insecticida	34,0 US\$/l	0,05 l	1,7
Gasoil	1,4 US\$/l	35 l	49,0
<b>TOTAL</b>			<b>263</b>

<sup>1</sup> Incluye primera aplicación de 5 l/ha y segunda aplicación de 3 l/ha

<sup>1</sup> Programa Nal. Carne y Lana, INIA T. y Tres

De lo expuesto surge que el costo total para la confección de un silo de grano húmedo a partir de un cultivo de sorgo con un rendimiento de chacra de 5 ton/ha asciende a **465 US\$/ha**, correspondiendo un 43% y 57% del costo total a los servicios contratados e insumos, respectivamente. En el análisis no se incluyó el costo de renta de la tierra ni el costo del asesoramiento agronómico para el manejo y seguimiento del cultivo.

### ANÁLISIS DEL COSTO POR TONELADA EMBOLSADA

Siguiendo con el ejemplo anterior, el costo de la tonelada embolsada de un silo de grano

húmedo a partir de un cultivo de sorgo de 5 ton/ha de rendimiento sería de 93 US\$/ton (base fresca, 28% humedad) o de 108 US\$/ton (base seca, corregido a 14% de humedad).

El rendimiento en grano es la principal variable en determinar el costo de la tonelada embolsada. Al incrementar el rendimiento en grano el costo de la tonelada embolsada disminuye significativamente (Figura 1) debido a una dilución de los costos del cultivo (servicios, siembra, mantenimiento y cosecha).

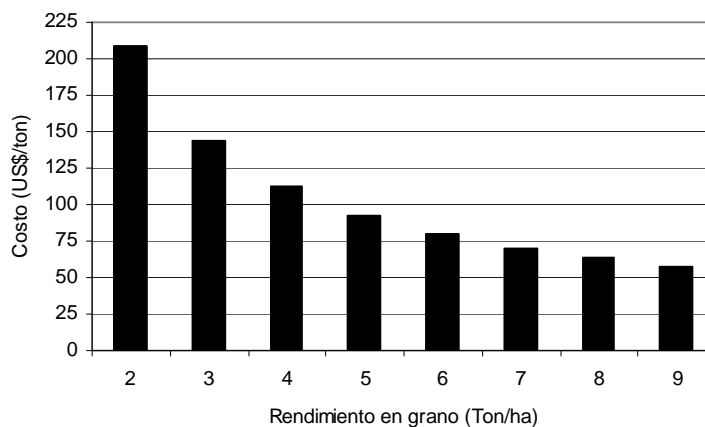


Figura 1. Evolución del costo de la tonelada embolsada (US\$/ton) en función del rendimiento en grano del cultivo (base fresca).

El grano de sorgo debe estar al menos quebrado o partido para que efectivamente sea aprovechable por el animal, por lo cual el resultado económico de la tecnología no depende únicamente del rendimiento en chacra del cultivo sino que más importante aún es que el grano haya sido correctamente procesado por la embolsadora. De nada sirve obtener un rendimiento excelente si el grano no se encuentra quebrado y/o molido dentro de la bolsa.

### COMPARACIÓN ECONÓMICA DEL ENSILAJE DE GRANO HÚMEDO DE SORGO CON OTRAS ALTERNATIVAS DE SUPLEMENTACIÓN

#### Grano seco de sorgo producido en el propio establecimiento

Otra posibilidad es que el productor decida producir en su establecimiento grano seco de sorgo para la alimentación del ganado. En este caso se asume que el productor cosecha el cultivo con un 18% de humedad y un rendimiento de chacra de 4.5 ton/ha (equivalente al rendimiento de 5 ton/ha de grano húmedo con 28% de humedad del ejemplo anterior).

Los costos de los servicios e insumos se presentan en el cuadro 3 y toman como referencia los presentados para grano húmedo en los cuadros 1 y 2. La diferencia con el grano húmedo es la ausencia de los costos del embolsado (bolsa y embolsadora), menor costo del servicio de cosecha y un menor consumo de gasoil, fundamentalmente durante la cosecha.

El costo total del cultivo asciende a 375 US\$/ha, pero se deben agregar los costos de i) secado del grano, ii) quebrado y embolsado del grano, y iii) fletes asociados. El cuadro 4 presenta una estimación de dichos costos.

Cuadro 3. Costo de los servicios e insumo (US\$/ha) para producir grano seco de sorgo.

	US\$/ha	Comentarios
Servicios	117	Ver Cuadro 1 como referencia. No se incluyó servicio de embolsado y el costo de la cosecha se redujo a 50 US\$/ha
Insumos	258	Ver Cuadro 2 como referencia. Se calculó una reducción de 10% en el consumo de gasoil.
<b>TOTAL</b>	<b>375</b>	

Cuadro 4. Costo de los servicios de secado, quebrado, embolsado y fletes del grano de sorgo.

	US\$/ton	US\$/ha <sup>1</sup>	Comentarios
Secado	8	36	Supone bajar la humedad de 18 a 14%
Quebrado y embolsado	30	130	Se aplica al grano después de secado
Fletes	9	79	Distancia de 35 km a la planta procesadora (ida y vuelta)
<b>TOTAL</b>	<b>47</b>	<b>245</b>	

<sup>1</sup> Se asume un rendimiento de 4,5 ton/ha (base fresca)

De los cuadros 3 y 4 surge que el costo total para obtener 1 tonelada de grano de sorgo seco y molido en el campo, pronto para suministrar a los animales, a partir de un cultivo sembrado en el propio establecimiento con un rendimiento de 4.5 ton/ha, es de 138 US\$/ton, correspondiendo un 60% a costos del cultivo y un 40% a costos asociados al procesamiento del grano de sorgo necesario para su utilización por parte de los animales. Resulta un 28% superior al costo de la tonelada del grano húmedo de sorgo embolsado calculado previamente (108 US\$/ton, base seca). Debido a los altos costos del procesamiento del grano entero de sorgo algunos productores han comenzado a "canjear" dicho grano por ración balanceada en las empresas comerciales.

Desde el punto de vista nutricional, a igual nivel de procesamiento del grano, el grano húmedo tiene mayor digestibilidad y energía

que el grano seco, aunque es difícil detectar diferencias productivas en los niveles de suplementación comúnmente utilizados (1% del peso vivo).

#### Suplementos disponibles a nivel comercial

El costo de la tonelada embolsada de silo de grano húmedo define la competitividad de la tecnología comparada con otras alternativas de suplementación animal. La figura 2 muestra la evolución del costo de la tonelada embolsada de grano húmedo de sorgo comparado con el precio de 4 suplementos disponibles a nivel comercial en la Región: ración balanceada para terneros (16% proteína), ración balanceada para novillos (12% proteína), afrechillo de arroz entero y grano de sorgo (embolsado, seco y molido). Para hacer la comparación, se utilizó el costo de la tonelada de grano húmedo en base seca (corregida a 14% de humedad).

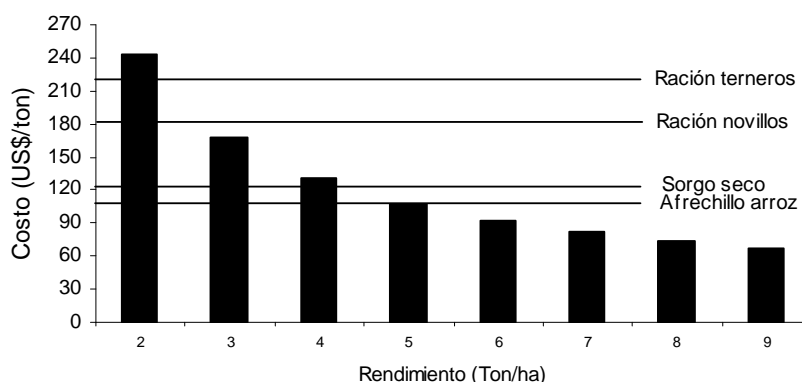


Figura 2. Evolución del costo de la tonelada embolsada de grano húmedo de sorgo (base seca) comparado con el precio de 4 suplementos disponibles a nivel comercial puestos en el establecimiento. (Nota: precios de referencia al momento de realizar el análisis).

De la figura 2 surge que cuando se obtienen rendimientos superiores a 5 ton/ha de sorgo en base seca (equivalente aprox. a 5,7 ton/ha en base húmeda) el ensilaje de grano húmedo de sorgo se transforma en la opción más económica considerando únicamente el costo por tonelada. Como referencia, en la zafra 2008/09 el rendimiento promedio del cultivo de sorgo para grano seco fue 4.764 kg/ha (Methol, 2009). En un análisis económico más avanzado debería compararse el costo por kg de proteína o por

Mcal de energía metabolizable, según cuál sea el nutriente más limitante o de mayor interés, de los distintos suplementos disponibles.

Finalmente, el cuadro 5 discute las principales ventajas y desventajas operativas y comerciales de la tecnología de ensilaje de grano húmedo de sorgo, que junto al análisis económico, deben considerarse al momento de planificar y definir la opción de suplementación más apropiada.

Cuadro 5. Principales ventajas y desventajas operativas y comerciales del ensilaje de grano húmedo de sorgo.

Ventajas	Desventajas
Independencia de las fluctuaciones de precios de los suplementos a nivel comercial.	Se requieren conocimientos para el manejo agronómico del cultivo de sorgo.
Independencia de la disponibilidad o no de los suplementos en el mercado.	Riesgos climáticos durante el ciclo del cultivo.
Ahorro en el costo de los fletes.	Riesgo de fallas en la confección del ensilaje (grano entero, aire en la bolsa, hongos, etc.).
Bolsa de grano húmedo colocada en el potrero de suplementación.	Cuidado y mantenimiento de la integridad de la bolsa durante el almacenamiento.
Posibilidad de realizar fardos del rastrojo de sorgo.	Extracción y suministro del silo.

**LITERATURA CITADA**

Cámara Uruguay de Servicios Agropecuarios (CUSA). Tarifas de labores. Consultado en Internet el 04/05/2010. Disponible en <http://www.cusa.org.uy/tarifasvigentes.html>.

Dirección de Estadísticas Agropecuarias (DIEA). Anuario de Precios de Productos, Insumos, Bienes de Capital y Servicios del Sector Agropecuario. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Disponible <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,27,O,S,0,MNU;E;2;16;10;6;MNU>

Methol M. 2009. Maíz y Sorgo. Informe semestral de coyuntura. DIEA-MGAP.

Perrachón J, Riani V. 2002. Siembra directa y su impacto económico. Revista del Plan Agropecuario. pp.39-42.

Martínez y Staneck S.A. Costos de confección de silaje. Consultado en Internet el 19/04/2010. Disponible en [http://www.martinezstaneck.com.ar/Castellano/Articulos/Costo\\_silaje\\_sistema\\_123.xls](http://www.martinezstaneck.com.ar/Castellano/Articulos/Costo_silaje_sistema_123.xls)



## AGRADECIMIENTOS

A las siguientes personas que de una u otra forma colaboraron para que este trabajo fuera posible:

**Administración:** Saavedra, Alicia  
Castro, Pablo

**Biblioteca:** Mesones, Belky

**Personal:** Der Gazarián, Verónica

**Secretaría:** Alvarez, Olga<sup>1</sup>  
Crossa, Eloisa<sup>3</sup>

**Servicios Auxiliares:**

Mesa, Dardo  
Bas, Rafael  
Domínguez, Miguel  
Figueroa, Mauro  
Sosa, Bruno

**Servicio de Operaciones:**

Hernández, Jorge  
Alonzo, Jorge  
Bauzil, Raúl  
Escalante, Ruben  
Ituarte, Gerardo  
Píriz, Carlos

**Unidad de Comunicación y Transferencia  
de Tecnología**

Segovia, Carlos<sup>2</sup>

**Unidad de Informática:**

Sosa, Martín

---

<sup>1/</sup> Diagramación y Edición  
<sup>2/</sup> Impresión y compaginación  
<sup>3/</sup> Compaginación