

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE VETERINARIA

**“DINÁMICA DEL pH DE GRANOS HÚMEDOS DE SORGO ENSILADOS EN
SILO-BAG Y MICROSILOS CON DISTINTOS NIVELES DE HUMEDAD”**

por

HUGO PÉREZ, Ismael



**TESIS DE GRADO presentada como uno de
los requisitos para obtener el título de Doctor
en Ciencias Veterinarias
Orientación: Medicina Veterinaria**



MODALIDAD: Ensayo experimental

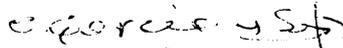
**MONTEVIDEO
URUGUAY
2011**

PAGINA DE APROBACIÓN

Presidente de Mesa:


.....
Dra. Analía Pérez Ruchel

Segundo Miembro (Tutor):


.....
Dra. Carmen García y Santos

Tercer Miembro:

.....
Ing. Agr. María de Jesus Marichal

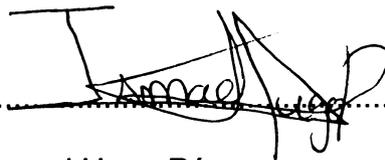
Cotutor:

.....
Dr. Gonzalo Suárez

Fecha:

28/09/11
.....

Autor:


.....
Ismael Hugo Pérez

FACULTAD DE AGRICULTURA

Aprobado en 11 (once)

NA



AGRADECIMIENTOS

- A mi tutora la Dra. Carmen García y Santos por su apoyo, orientación y disposición
- A Alejandra Capelli, Rafael González, Santiago Sosa y Rosmari Domínguez, por su ayuda y compañía
- A mi co-tutor, Gonzalo Suárez por sus aportes
- Al Departamento de Nutrición, por el préstamo de materiales y consultas en este trabajo
- A mi familia tanto de Mercedes como de España y amigos, por su apoyo y ayuda
- A mi padre por su paciencia, valores y por ser un ejemplo como persona y profesional
- A mi madre, hermanos y hermanas porque a pesar de la distancia me dieron apoyo
- A la Facultad de Veterinaria del Uruguay por la posibilidad de formarme en esta linda profesión
- A los productores Silvio Marzarolli, Alvaro Muraciale, Mauro Guagani y J. Francisco Ferreira por sus donaciones sin las cuales el experimento no hubiese sido posible



Cuadros

Cuadro I: Origen de los sorgos utilizados en el experimento 17
Cuadro II: Tabla con el porcentaje de humedad de cada silo al día 0 23
Cuadro III: Tabla con el pH y desvío estándar de los microsilos (H1, H2 y H3)
de sorgo de los distintos productores..... 25

Figuras

Figura 1: Foto de plantas de sorgo 7
Figura 2: Gráfica composición de la microflora del ensilaje 12
Figura 3: Foto de máquina ensiladora 13
Figura 4: Foto de silos sellados 15
Figura 5: Foto de extracción de las muestras de sorgo del silo con calador 18
Figura 6: Foto de la compactación de los microsilos 19
Figura 7: Organigrama de la elaboración de los microsilos 19
Figura 8: Foto de los microsilos experimentales en el laboratorio 20
Figura 9: Foto del phimetro, vaso de precipitados y muestra 21
Figura 10: Foto de lectura del pH..... 21
Figura 11: Gráfica de evolución del pH de los silos y microsilos H2..... 24

TABLA DE CONTENIDO

Página

PÁGINA DE APROBACIÓN	II
AGRADECIMIENTOS	III
LISTA DE CUADROS Y FIGURAS	IV
1. RESUMEN	1
2. SUMMARY	2
3. INTRODUCCIÓN	3
4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
4.1. SORGO	4
4.1.1. <u>Clasificación</u>	4
4.1.2. <u>Características de sorgos forrajeros y graníferos</u>	6
4.1.3. <u>Momento de la cosecha del sorgo</u>	6
4.2 SILOS	7
4.2.1. <u>Introducción</u>	7
4.2.2. <u>Aditivos para ensilaje</u>	8
I). Estimulantes de la fermentación	8
II). Inhibidores de la fermentación	9
III). Nutrientes	10
IV). Absorbentes.....	10
4.2.3. <u>Microorganismos del silo</u>	10
4.2.4. <u>Proceso de ensilaje en silo-bag de sorgo grano húmedo</u>	12
5. OBJETIVOS	15
5.1.1 OBJETIVO GENERAL	15
5.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
6. HIPÓTESIS	16
7. MATERIALES Y MÉTODOS	16
7.1.1. Actividades de campo	16
7.1.2. Actividades de laboratorio	18
7.1.3. Análisis estadístico	22
8. RESULTADOS	23
8.1. HUMEDAD INICIAL DE LAS MUESTRAS DE SORGO	23
8.2. SILOS DE CAMPO Y MICROSILOS H₂	24
8.3. MICROSILOS DE LABORATORIO	25
9. DISCUSIÓN	27
10. CONCLUSIONES	30
11. BIBLIOGRAFÍA	31
12. ANEXO	35

1. RESUMEN

El objetivo del trabajo fue estudiar el impacto de los distintos niveles de humedad sobre la evolución del pH en el transcurso del tiempo, en ensilaje de sorgo de grano húmedo de campo y microsilos experimentales (con y sin agregado de inoculante). Cuatro productores remitentes de Conaprole, fueron elegidos para la obtención de las muestras de silaje de silos de grano húmedo, dos con inoculantes y dos sin inoculante. Con esas muestras se realizaron microsilos experimentales. En total se estudiaron ciento ocho microsilos, veintisiete por cada productor. Estos 27 microsilos resultaron de: tres tratamientos distintos de humedad, baja, media y alta (H_1 , H_2 y H_3), por tres aperturas (al día 30, al día 90 y al día 180) y por tres réplicas. Estas mismas aperturas se realizaron a nivel de campo con cada productor. Las humedades H_1 (15% a 25%) y H_3 (33% a 42%), se establecieron en el laboratorio, la H_2 (26% a 32%) fue la humedad de campo. El rango de humedad establecido fue entre 15% y 42%. Para la lectura del pH se utilizó un phmetro digital. Con los resultados obtenidos del presente trabajo, fue posible, bajo condiciones de humedad, anaerobiosis y compactación, la utilización de microsilos de laboratorio como representación de los silos a campo, con las ventajas que esto conlleva. En cuanto a los tratamientos de humedad diferencial, los valores del pH no tuvieron diferencia significativa ($p < 0.05$), a lo largo del experimento. Esto se pudo haber debido posiblemente a la acción de las bacterias ácido lácticas (BAL) que fueron capaces de actuar sobre los microsilos logrando la estabilidad indistintamente de la humedad y dentro del rango del estudio.

2. SUMMARY

The aim of this work was to study the impact of different levels of humidity on the evolution of pH over a period of time in silages of wet grain sorghum and experimental silages (with and without the addition of inoculant). Four Conaprole producers were chosen to obtain samples of silages of wet grain sorghum, two with inoculants and two without them. Experimental silages were made with these samples. A total of one hundred and eight experimental silages were studied, twenty seven for each producer. These 27 experimental silages resulted from: three different moisture treatments, low, medium and high (H1, H2 and H3), for three openings (at day 30, day 90 and day 180) and for three replicates. These same openings were made at field level with each producer. Humidities H1 (15% to 25%) and H3 (33% to 42%), were established in the laboratory, the H2 (26% to 32%) was the soil moisture. The moisture range was set between 15% and 42%. A digital pH meter was used for the pH reading. The results of this work, which was possible under wet, anaerobiosis and compaction conditions, enabled the usage of laboratory experimental silages, with the advantages this entails, as a representation of the countryside grains ensiled. Regarding the moisture differential treatment based on the evolution of pH during silage periods, there were no significant difference ($p < 0.05$) between the different pH ranges. This could be possibly due to the action of lactic acid bacteria (LAB), which were able to act upon the experimental silages achieving stability regardless the humidity and within the range of the study.

3. INTRODUCCIÓN

(19)

En el Uruguay, al igual que en el resto del mundo, los avances tecnológicos para intensificar los sistemas de producción de carne o leche, han conducido a un aumento en la disponibilidad de alimentos. Esto se debe a la necesidad de satisfacer los requerimientos nutricionales de los animales. La clave que permite manejar cualquier sistema de producción animal es el control de la ingesta de energía (Acosta, 2010).

Una de las estrategias tecnológicas utilizadas, es la producción de granos y/o ensilajes que aporten energía para balancear dietas, complementando o sustituyendo las pasturas naturales cuando estas son escasas. Esto permite una conservación de los granos húmedos por más tiempo sin pérdidas en la calidad nutricional. Si bien esta tecnología ya hace un tiempo que está disponible en Uruguay, en los últimos años se ha visto incrementado el uso de ensilaje de grano húmedo como suplemento (Chalkling y Bradesco, 1997).

Los silos más usados son los de plásticos desechables (silo-bag) y silos de compresión al vacío. Ambos tipos de silos requieren poca mecanización, se pueden hacer en cualquier parte de la explotación y permiten conservar grandes cantidades de forrajes (Gil y Eusse, 2000).

Entre los granos más utilizados en la alimentación del ganado, tenemos maíz y sorgo. El uso de este último se ha incrementado, en parte debido al precio favorable en relación a otros cereales, básicamente el maíz y en parte a sus características de cultivo, por lo que ha aumentado el área de siembra en los últimos años. La superficie destinada al cultivo de sorgo de acuerdo a los datos del anuario 2010 fue de 35.300 hectáreas (DIEA, 2010).

El uso de los silos de sorgo de grano húmedo como suplemento en la producción intensiva de leche y carne en nuestro país, hace imprescindible estudios en estos ensilajes para mejorar su calidad. El contenido de humedad del material a ensilar guarda estrecha relación con el pH de la reserva, y el pH a su vez es el principal responsable de la calidad y de la longevidad del material guardado (Acosta, 2010).

Este trabajo se centra en el control y registro de variables como humedad y pH en los sorgos ensilados en silo-bag y en los mircrosilos elaborados con diferentes niveles de humedad, evaluados al día 0, 30, 90 y 180 del experimento.

4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

4.1. SORGO

El sorgo es el cuarto cultivo cerealero de importancia en el mundo y es también un forraje importante. Es sumamente cultivado en las partes más secas de África y Asia para el consumo humano, proporciona una buena malta y es importante en la producción de bebidas en África y especialmente en China (Suttie, 2003).

Entre las características más importantes del sorgo se encuentran, el alto rendimiento en los suelos de la región, la resistencia a sequías debido a su capacidad para extraer el agua fuertemente retenida en el suelo, su eficiencia en el uso de ésta, la tolerancia a inundaciones temporarias y a que prospera en suelos pesados (Suttie, 2003; Carámbula, 2007).

El sorgo se utiliza como verdeo de verano (Carámbula, 2007). Las plántulas sobreviven la marchitez hasta por dos semanas tras la cuales recomienzan su crecimiento. Es un cultivo apropiado para condiciones cálidas y no resiste las heladas (Suttie, 2003).

En Uruguay la superficie destinada al cultivo de sorgo en el año 2010 fue de 35.300 hectáreas, de donde se obtuvieron 3.916 kg por hectárea, según datos obtenidos del anuario 2010 de la DIEA del MGAP.

4.1.1. Clasificación:

Según el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de Argentina el sorgo se clasifica en cuatro grupos (Coria, 2008):

1. Forrajero: Con baja producción de granos, importante como verdeo de verano, con elevadas producciones de materia seca (MS), alta capacidad de rebrote y macollaje. A su vez dentro de éste grupo encontramos sorgos con características que los diferencian como son:

a) Sudán: Los adaptados a pastoreo directo, con alto volumen de forraje por hectárea.

b) Azucarados: Caracterizados por poseer tallos dulces succulentos de gran altura (1,70 a 3,50 m) con altos rendimientos en materia seca al estado de grano lechoso-pasto (Carámbula, 2007).

c) Nervadura marrón (BMR): Presentan un menor contenido de lignina entre un 30 a 60% inferior a la normal, debido a una mutación genética. Por esta característica estos tipos de sorgos presentan una mayor digestibilidad de la

materia seca. Aptos para el pastoreo directo y para la confección de silaje (Coria, 2008).

d) Fotosensitivos: Son híbridos mejorados para retrasar su entrada en floración hasta los 110 a 120 días, este alargamiento de la etapa vegetativa produce un mayor crecimiento de tallos y hojas de sorgo, pudiendo llegar hasta los 3 metros de altura. Este tipo de sorgo permite planificar los turnos de pastoreo a diferencia de los sudán (Martin, 2005).

2. Graníferos: Son sorgos con alto potencial para producir grano, de bajo aprovechamiento en pastoreo directo, poseen buena producción de forraje total por hectárea. Poseen buena aptitud para ensilar. Tiene una altura media de 1,30 metros. Un 30-65% del rendimiento de estos sorgos corresponde al componente grano (Coria, 2008).

3. Doble Propósito: Se caracterizan por contar una altura intermedia (1,60-2,30m), con tallos gruesos y hojas más o menos anchas dependiendo del híbrido. Son capaces de producir un volumen de materia seca por hectárea importante, con una proporción muy alta de granos en su composición (Lus, 2008).

4. Sileros: Alcanzan una altura de 2,6m. Estos son una mezcla entre los sorgos graníferos y forrajeros azucarados generando una aceptable relación hoja-tallo-panoja, que permite generar un buen ensilado, de buena producción de materia seca por hectárea y aceptable calidad (Coria, 2008).

Los sorgos que se utilizan para ensilaje, son de diferente genotipo, variando el porcentaje de taninos entre 0.2 a 6.9% en base fresca de acuerdo al híbrido (Evers y col., 1999). Los taninos son metabolitos secundarios de las plantas, químicamente son polímeros de compuestos fenólicos que tienen la habilidad de formar complejos con varios tipos de moléculas, principalmente proteínas y (en menor medida) carbohidratos (Reed, 1995).

Existen dos grupos de taninos: los taninos hidrolizables y los taninos condensados, presentando los primeros una mayor susceptibilidad a la hidrólisis y una mayor solubilidad (Reed, 1995). La presencia de taninos, es una ventaja agronómica ya que reduce el ataque de pájaros e insectos y mejora la conservación de la planta en el almacenamiento, pero es una limitante desde el punto de vista nutricional (Russell y Lolley, 1989).

4.1.2. Características de sorgos forrajeros y graníferos

Los sorgos forrajeros ofrecen grandes posibilidades tanto por su alta producción de materia seca, como por su amplitud de usos: pastoreo directo, cortes, henificación, henolaje y ensilaje (Figura 1).

Dentro de los usos de los sorgos típicamente graníferos podemos destacar (Uriarte, 2010):

- Los sorgos almacenados en silos de grano húmedo como reserva de alta concertación energética para animales con altos requerimientos.
- Los silos de planta entera como reserva de alta concentración energética, con valores de calidad similares al silo de maíz.
- Los silos de sorgo de grano húmedo con agregado de urea.

4.1.3 Momento de la cosecha del sorgo

Para hacer silo de grano húmedo, el momento de la cosecha debe ser correctamente identificado ya que cosechar antes de la madurez fisiológica también implica cosechar menos nutrientes por hectárea, debido a que el grano está inmaduro.

El momento correcto de corte se registra generalmente con una humedad del 35% aproximadamente, a nivel de campo este momento es difícil de identificar, la madurez del grano se hace visible cuando los tejidos vasculares han cicatrizado y se observa el punto negro en la inserción del grano (Chalkling y Brasesco, 2003). Otra característica para identificar el momento de cosecha es cuando 1/3 de la panoja esté con grano pastoso (Piñeiro, 2010).

El material a ensilar debe tener un mínimo de humedad (25%) para que el proceso de fermentación ocurra. Por otro lado, el exceso de humedad puede conducir a procesos de fermentación indeseables (Acosta, 2010).



Figura 1. Plantas de sorgo

4.2. SILOS:

4.2.1 Introducción

El ensilamiento es un método antiguo usado para preservar el valor nutritivo de los forrajes a través del empaquetado y almacenamiento en condiciones limitadas de aire que ayudan a que se produzca la fermentación. El silo es el lugar o construcción donde se produce dicho fenómeno y que permite conservar el forraje y/o grano (Contreras-Govea y col., 2009).

El ensilaje o ensilado es un conjunto de procesos bio-físicos-químicos a que se somete el forraje verde hasta la obtención de un producto estable. Estos procesos son los que componen la fermentación. Una vez transcurrido el tiempo de fermentación natural se obtiene el silaje, que es el alimento húmedo, voluminoso de forraje verde y/o grano húmedo, contenido en el silo (Benintende y Hass, 2010).

El ensilaje de los granos se puede hacer por almacenamiento en silos torta o trinchera, pero los más difundidos son los silos-bolsa o silo-bag. Entre las ventajas de los silo-bag están, la cosecha anticipada, reducción de costos y simplicidad operativa. La pérdida del valor nutritivo de los granos y la contaminación por hongos toxicogénicos al momento de la apertura, serían las principales desventajas del silo-bag (Chalkling y Bradesco, 1997).

Otro tipo de silos son los silos de laboratorio, con capacidad aproximada de 1 a 30 Kg. de materia fresca (MF). Son silos experimentales destinados al estudio

de los procesos que ocurren durante el ensilado, simulando la conservación de forrajes. Estos silos permiten realizar todos los análisis necesarios para caracterizar las fermentaciones que tienen lugar, realizar análisis estadísticos y así establecer el marco teórico de los tratamientos estudiados. Además permiten discriminar variantes, como las ambientales y reducir el espectro de muestras a evaluar (Ojeda y col. 1990).

Los silos-bolsa o silo-bag frecuentemente son usados para la conservación de grano húmedo. Este se define como el grano cosechado con una humedad comprendida entre el 23 y 40%, que es conservado sin previo secado, en condiciones de anaerobiosis. Si bien la técnica ofrece ventajas considerables, debe ser aplicada correctamente para obtener los resultados deseados (Chalkling y Bradesco, 1997).

Una humedad excesivamente baja (< 20%) de grano dificulta, al momento del embolsado, el proceso de quebrado y partido, disminuyendo la velocidad de la tarea y dificultando la compactación del material dentro de la bolsa. Por otro lado un grano excesivamente húmedo (>40%) puede producir pérdidas por efluentes, así como el desarrollo de fermentaciones indeseables. Por otra parte, a medida que aumenta la humedad del grano a la hora de ensilar, más ácido será el silo dentro del rango de 17%-40% de humedad (Rovira y Velazco, 2010).

También las etapas de almacenamiento o procesamiento, dependiendo del nivel de humedad y temperatura del ensilado, pueden estar sujetas a contaminación y traer aparejado problemas como la pérdida del valor nutritivo o la contaminación con micotoxinas (Ciegler, 1978).

Factores ambientales como temperatura y humedad (Coulombe, 1993) y daños mecánicos, problemas en la cosecha o almacenamiento, que puedan afectar la integridad de los granos, afectan en el crecimiento de hongos y bacterias (Fernández y Malaguido, 2003).

4.2.2 Aditivos para ensilaje

En el proceso de ensilaje de ciertas especies con alto contenido de proteínas se adicionan algunas sustancias o materiales que mejoran el producto ensilado y preservación, favoreciendo las fermentaciones lácticas, corrigiendo la humedad excesiva del material ensilado e impidiendo la formación de hongos y bacterias del género *Clostridium* (Gil y Eusse 2000).

I) Estimulantes de la fermentación

Inoculantes. El uso de inoculantes biológicos para ensilados se ha convertido en una práctica común en años recientes. Son aditivos inocuos que poseen bacterias vivas y a veces también enzimas. Estos microorganismos

seleccionados generan de forma natural una rápida acidificación del material ensilado (descenso del pH) lo que permite la estabilización del forraje, dominar la fermentación de los cultivos en el silo, evitar la proliferación de hongos y micotoxinas. Además, permite una conservación más prolongada en el tiempo y mejor aprovechamiento del ensilado por los animales (McDonald y col., 1991).

Los inoculantes para ensilados pueden ser clasificados de acuerdo a como fermentan la glucosa. Los homofermentadores producen solo ácido láctico y dentro de ellos se encuentran especies de *Lactobacillus* como *Lactobacillus plantarum*, y especies de *Pediococcus* spp, y *Enterococcus* spp. La otra categoría, los heterofermentadores producen ácido láctico, ácido acético o etanol y dióxido de carbono, dentro de esta categoría encontramos al *Lactobacillus buchneri*. El ácido láctico es mas fuerte que el ácido acético (Contreras-Govea y col., 2009).

La presentación de los inoculantes en el mercado es en estado polvo para diluir en agua, la dosis comercialmente recomendada varía entre 5 y 10 g/ton. de materia fresca. El inoculante se aplica durante el proceso de ensilaje mediante un mixer respetando las instrucciones del fabricante (Contreras-Gevea y Muck, 2006).

Las enzimas que son utilizadas, son celulolíticas, actúan hidrolizando las uniones de las cadenas de celulosa y hemicelulosa del forraje, liberando azúcares fermentecibles que aceleran la fermentación láctica por parte de las bacterias del aditivo (Piñeiro, 2010).

II) Inhibidores de la fermentación

El ácido propiónico y sus mezclas con otros ácidos como el acético son usados para reducir las pérdidas por fermentaciones secundarias durante la apertura del silo y para aumentar la vida útil del mismo. Ambos ácidos inhiben el desarrollo de hongos y levaduras. El propiónico es el inhibidor más fuerte (Chalkling y Bradesco, 1997).

Estos productos pueden ser agregados durante el ensilado, a razón de 0,2 al 1% de MF. A menudo, estos aditivos son usados cuando se comienza a extraer el silaje y existe calentamiento del material ensilado, ya sea en el silo o en los comederos. En tales casos, el producto es pulverizado en la cara del silo (Ramírez, 1999).

III) Nutrientes

La urea incrementa el contenido de nitrógeno del ensilaje, pero su desdoblamiento en amoníaco (NH₃), dificulta la estabilización del pH e incrementa el contenido de nitrógeno soluble, ya de por si elevado en los ensilajes. Esto obliga a suministrar este aditivo en forrajes ricos en azúcares fermentescibles y con baja capacidad amortiguadora del pH (como el maíz, sorgo y la caña de azúcar) (Gil y Eusse 2000).

La melaza es la fuente de carbohidrato más frecuentemente usada como aditivo a dosis de 3-5 por ciento, como sustrato para las bacterias del ensilaje (Bareeba y Titterton, 1999).

IV) Absorbentes

Los absorbentes son empleados para forrajes con bajo contenido en MS para evitar pérdidas de nutrientes provocadas por un escurrimiento excesivo del ensilaje. Algunos que se usan son la pulpa seca de remolacha azucarera, la pulpa de cítricos y paja. Esta última es útil pero tiene el efecto negativo de bajar el tenor nutritivo del ensilaje (McDonald y col., 1991).

4.2.3 Microorganismos del silo

Durante el ensilaje los microorganismos de mayor relevancia son las bacterias ácido lácticas (BAL), las enterobacterias, los *clostridios* y los hongos (Stirling, 1951; Beck, 1989).

Las bacterias ácido lácticas son aeróbicas facultativas y crecen en un rango de pH de 3,5 a 7 (Figura 3). El pH es una expresión que indica la concentración de iones de hidrógeno en una solución acuosa dentro de una escala que va desde el 0 al 14. Las BAL fermentan carbohidratos y ácidos orgánicos generando como producto principal ácido láctico (Barnes y col.2003).

Dentro del grupo de las BAL, están las homofermentativas, (que son las que sólo producen ácido láctico y las heterofermentativas que además de producir ácido láctico producen ácido acético y etanol). Las más deseables dentro de las BAL son las homofermentativas debido a que hacen uso muy eficiente de los carbohidratos produciendo exclusivamente ácido láctico derivando en una fuerte caída en el pH (Barnes y col.2003).

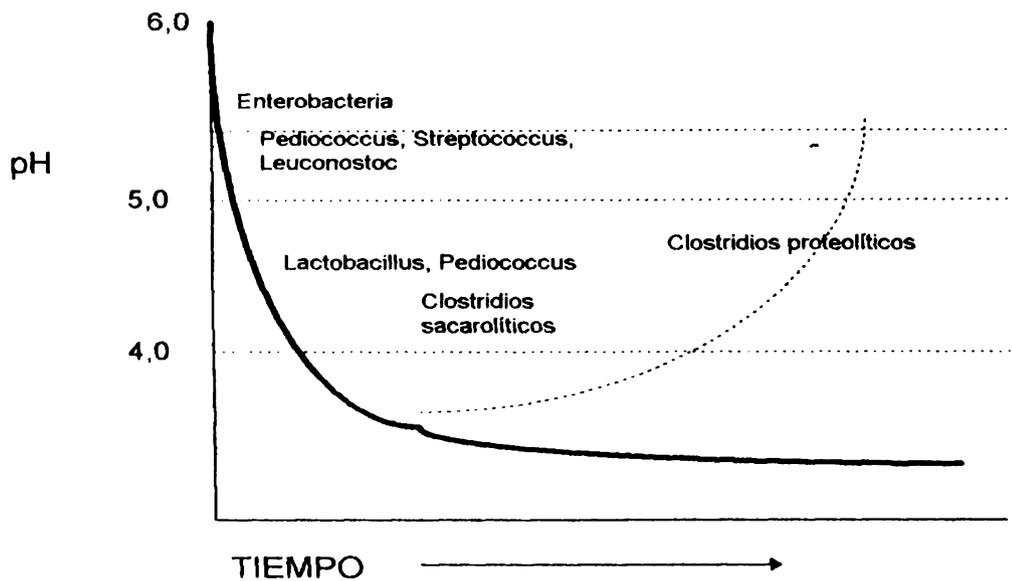
Otro de los microorganismos presentes en el ensilaje son las enterobacterias (*E.coli*, *Klebsiella*, *Enterococcus*) (Figura 2), también llamadas coliformes presentes en el tracto digestivo de los animales y del hombre. Los factores que determinan su crecimiento son un pH entre 5,5-7, presencia de oxígeno y la presencia de carbohidratos. Estos carbohidratos son fermentados por las bacterias, produciendo principalmente ácido acético y etanol. Debido a la producción de endotoxinas y éstas bacterias son indeseables, además dichas bacterias colaboran en la degradación de las proteínas, desaminando y decarboxilando aminoácidos, para producir amonio. Este producto no colabora en la disminución del pH (Gibson y col., 1958, 1961).

Los *clostridios* crecen en condiciones de pH de 4,2 a 7 y anaerobiosis (Figura 2). La presencia de estas bacterias pone en peligro la estabilidad del ensilaje y producen NH_3 y aminas muy tóxicas estas características los hacen indeseables. Las fermentaciones prolongadas favorecen su proliferación, además de los ensilajes ricos en agua (MS < 18%), temperaturas elevadas y acidez moderada (pH > 4,5).

Para evitar la presencia de estas bacterias, es necesario lograr una acidificación rápida, mantener la temperatura baja y la estabilidad del ensilaje a un punto crítico de pH (4-4.5) (Gibson y col. 1958; Woolford y Pahlow, 1984; Weissbach y Haacker, 1988; Barnes y col.2003). El rango mínimo de humedad en el que dichas bacterias se desarrollan está en el entorno del 10% (Brooks y col., 2003).

Por último, los hongos, que se dividen en unicelulares o levaduras y pluricelulares o mohos. Estos crecen en condiciones de aerobiosis y a un pH de 3 a 8. Oxidan carbohidratos a dióxido de carbono y agua. Además los mohos producen una pérdida neta del valor nutritivo del ensilaje y potentes toxinas, por estas razones son indeseables en los silos (McDonald y col., 1991).

Los hongos proliferan en la superficie del ensilado, debido a la entrada de aire durante el período de almacenamiento o cuando se expone el ensilaje al aire por un periodo prolongado durante la alimentación. Los hongos unicelulares (levaduras), toleran cierta anaerobiosis en el silo y fermentan glucosa a etanol, y en presencia de oxígeno utilizan los carbohidratos residuales y el ácido láctico como fuente de energía, participando de esta forma en el deterioro aeróbico del silo una vez abierto (McDonald y col., 1991).



Fuente: adaptado de Woolford. 1984.

Figura 2. Composición de la microflora del ensilaje en la medida que avanza la fermentación en el tiempo y su relación con el pH.

4.2.4 Procesos del ensilado de sorgo de grano húmedo en silo-bag

Se realiza con una máquina que efectúa el quebrado del grano y mediante un sin-fin que embute y compacta el grano (Figura 3) en una bolsa de 1,5 o 2,7 metros de diámetro. La compactación se regula según el grado de frenaje de la ensiladora y tractor. Esta actividad debe ser realizada sobre un terreno limpio, parejo y se debe trabajar en contra de la pendiente para así lograr una mejor compactación (Chalking y Bradesco, 1997).



Figura 3. Máquina ensiladora.

El quebrado del grano se efectúa con el objetivo de mejorar la compactación y facilitar el ataque de las bacterias fermentativas, logrando de este modo acelerar la estabilización del silo, reduciendo pérdidas de calidad (Chalkling y Bradesco, 1997).

El sellado del silo se realiza para evitar nuevas entradas de aire y agua a la masa ya ensilada. Si esto ocurre se reinician los procesos oxidativos indeseables y con ellos las pérdidas de cantidad y calidad de la masa ensilada (Urdániz, 2006).

El material de sellado suele ser plástico, generalmente polietileno, debe ser nuevo, de primer y único uso de buenas características mecánicas y resistente frente a la exposición de rayos ultravioletas del sol (Figura 4). Para esto se usa plástico bicolor, con la parte blanca hacia el exterior para reflejar los rayos del sol y evitar el calentamiento y la parte negra hacia el interior evitando el paso de la luz (Urdániz, 2006).

El material ensilado sufre varios procesos desde que es cosechado hasta el momento de suministro; pudiendo identificarse diferentes fases:

Fase 1 - Fase aeróbica. Durante la cosecha y el ensilaje el material es atacado por microorganismos, además se dan procesos de respiración del grano, con utilización de carbohidratos por parte de las células vegetales. Por lo tanto cuanto menor sea el intervalo cosecha-ensilaje y mejor sea la compactación, menor será la pérdida de nutrientes por respiración y las bacterias lácticas tendrán más sustrato para actuar; posibilitándose así una mejor conservación. En caso de que el grano sea expuesto durante un excesivo período al aire, por el intervalo cosecha almacenaje o por lenta pérdida de aire dentro del silo, puede producirse una excesiva respiración. Esta situación puede determinar el calentamiento del grano con la consiguiente pérdida de calidad, la cual puede llevar a una reducción de la digestibilidad de las proteínas (por desnaturalización). Las prácticas de manejo a tener en cuenta para reducir las pérdidas en esta fase son: cosechar con la madurez y humedad adecuadas, manejar el menor tiempo posible entre cosecha y ensilado, adecuado procesamiento del grano ensilado, rápido llenado del silo, correcta compactación y sellado de la estructura (Barnes y col.2003).

Fase 2 - Fase de fermentación. Esta fase comienza cuando ha desaparecido el aire del silo y el pH ha bajado significativamente, puede durar desde varios días hasta varias semanas (Oude Elferink y col., 2001). Incluso puede llevar hasta 40 días aproximadamente (Kalan, 2010). Durante esta fase se dan procesos de fermentación anaeróbica. En esta fase se produce el desarrollo de bacterias lácticas, responsables de la producción de ácido láctico, el cual es fundamental para obtener una adecuada conservación. Esta fase es la más larga y se extenderá hasta que el pH baje a 4-4,5 (Chalkling y Brasesco, 2003).

Fase 3 - Fase de estabilización: Al alcanzar ese pH (4-4,5) la mayoría de los microorganismos de la fase anterior lentamente reducen su presencia (Oude Elferink y col., 2001), el medio se estabiliza y el material ensilado se conserva sin perder más calidad (Chalkling y Brasesco, 2003). Es importante tener en cuenta que el nivel de pH del silo es un buen indicador de la calidad y tipo de fermentación ocurrida. El pH final del silo depende en gran medida del material ensilado, en el caso del silo de sorgo húmedo el pH óptimo se encuentra entre 4 y 4.5 (Chalkling y Brasesco, 2003).

Fase 4 - Fase de apertura: Esta etapa ocurre durante el suministro del silo. Es una de las fases determinante del aprovechamiento del material ensilado (Chalkling y Brasesco, 2003).



Figura 4. Silos sellados.

5. OBJETIVOS

5.1.1 Objetivo general

Estudiar la dinámica del pH a lo largo del tiempo, en silos de sorgo de grano húmedo de campo y microsilos experimentales elaborados con distintos niveles de humedad (con y sin agregado de inoculante).

5.1.2 Objetivos específicos

1. Evaluar el pH de las muestras de silo de campo al inicio y en las aperturas a los 30, 90 y 180 días de ensilaje.
2. Evaluar el pH en los microsilos experimentales de laboratorio al día 0, 30, 90 y 180 de realizados con distintas humedades al día 0.
3. Comparar los resultados obtenidos en silos a campo con los microsilos de laboratorio.

6. HIPÓTESIS

Existe correlación positiva entre la evolución del pH de los silos de sorgo de grano húmedo a campo y los microsilos del laboratorio en el transcurso del tiempo.

Los distintos niveles de humedad aplicados en los microsilos afectan el pH de los mismos en el transcurso del tiempo.

7. MATERIALES Y METODOS

7.1.1 Actividades de campo

Las muestras de granos de sorgo del estudio fueron colectadas de 4 establecimientos lecheros remitentes de Conaprole de distintos departamentos, al momento de la cosecha y ensilado, con humedades de campo entre 26-32%. Un volumen aproximado de 90kg de sorgo por establecimiento fue trasladado al laboratorio de Toxicología, en bolsas plásticas, herméticamente cerradas e identificadas para la elaboración de los microsilos. Los establecimientos fueron seleccionados de acuerdo a las variedades de sorgo utilizadas, al uso o no de inoculante y asegurándose que el tiempo de ensilaje fuese superior a 180 días. En el cuadro I se describen los datos de las muestras utilizadas en el estudio.

Cuadro I. Origen de los sorgos utilizados en el experimento

Productores	Fecha siembra	Fecha de cosecha	Variedad de sorgo	Características	Lugar
1	27/11/09	12/05/10	Morgan 108 Híbrido	Alto en taninos. Sin inoculantes	Flores
2	02/01/10	10/05/10	Flash 10 Granífero.	Bajo en taninos Sin inoculante	Flores
3	15/12/09	04/05/10	Aca 558 Híbrido	Alto en taninos Con inoculante	Canelones
4	28/12/09	08/06/10	546 Granífero	Alto en taninos. Con inoculante	San José

A los 30, 90 y 180 días de ensilaje se visitaron dichos establecimientos para obtener muestras de los silos en estudio. Las muestras fueron extraídas con calador (Figura 5), realizando perforaciones a ambos lados y de acuerdo al largo del silo. En cada perforación se obtenían muestras de la parte alta, media y baja del silo. Esta operación se realizó seis veces a lo largo de cada silo (tres orificio de cada lado), cada orificio de perforación se selló con cinta pato, de forma adecuada, así se logró mantener la estabilidad del silo.

De cada silo se obtuvo una muestra homogeneizada de aproximadamente 5Kg, las cuales se depositaron en bolsas de plástico, identificadas con el nombre de cada productor y trasladadas al Laboratorio de Toxicología de la Facultad de Veterinaria para su valoración (determinación del pH).



Figura 5. Extracción de las muestras del silo de sorgo con calador.

7.1.2 Actividades de laboratorio

Una vez en el Laboratorio de Toxicología de la Facultad de Veterinaria se midió el pH y la humedad de cada muestra extraída en el campo, los datos obtenidos se registraron (Cuadro II) y guardaron para su posterior análisis. Con los 90kg obtenidos de los silos de campo de cada productor, se realizaron 27 microsilos, en envases herméticos de plástico de 3 litros de capacidad.

Los granos eran compactados manualmente (Figura 6). Un tercio de los sorgos de cada productor se envasaban de forma inmediata en 9 microsilos (para ser abiertos en 3 aperturas distintas x 3 réplicas) con la humedad de cosecha (26-32%). Otro tercio de los granos de cada muestra fueron rociados con agua con aspersor manual para realizar los 9 microsilos de humedad alta (33-42%). Por último los restantes, se colocaron a secar por 48 horas, sobre papel a temperatura ambiente con un ventilador, para hacer los microsilos con humedad baja (entre 15 y 25%). La elaboración de los microsilos se representa en el organigrama (Figura 7). La humedad de las muestras fue determinada al día 0 usando la estufa y utilizando la fórmula: $\text{peso inicial de la muestra} - \text{peso final (posterior al secado en estufa } 60^{\circ}\text{C por 48 horas)} \text{ sobre peso inicial} \times 100$ (Cuadro II). Esta operación se hizo tres veces por cada silo y microsilo, para obtener un promedio.

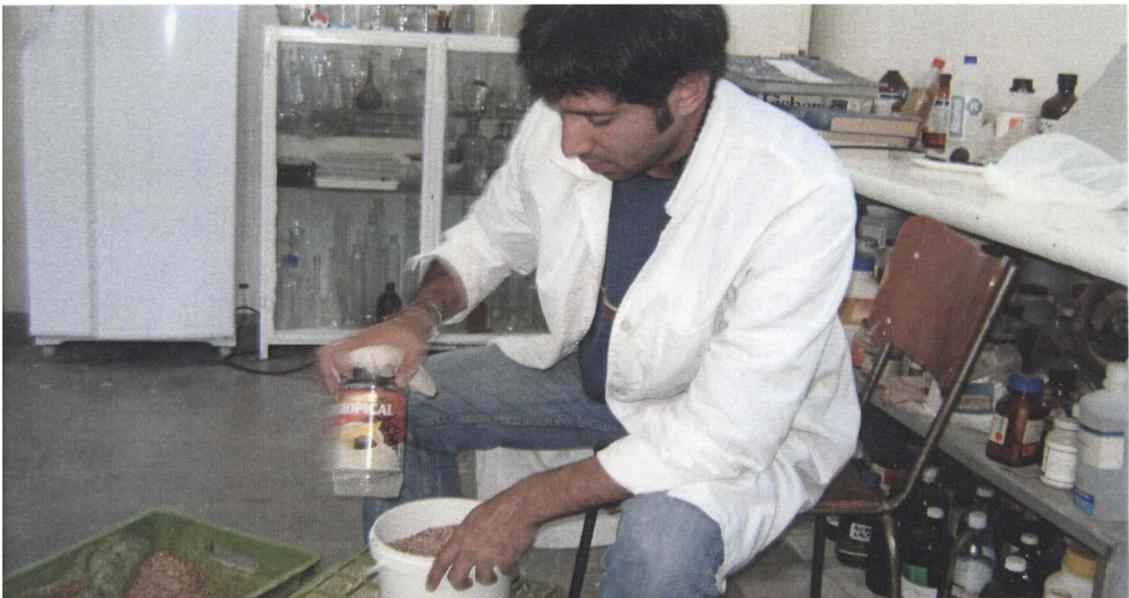


Figura 6. Compactación de los microsilos.

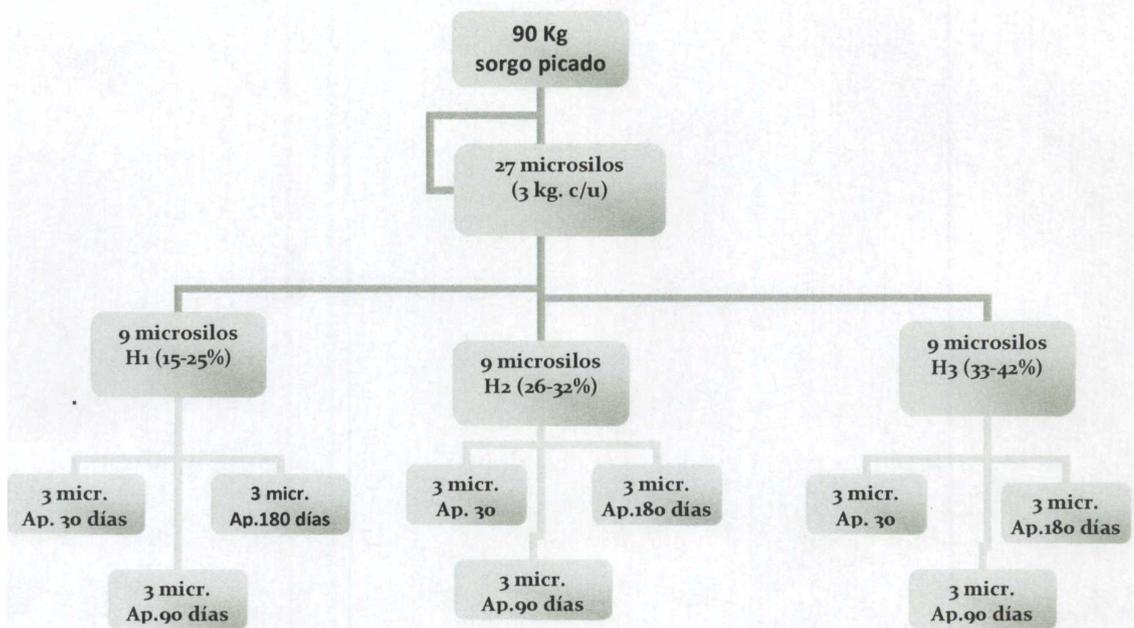


Figura 7. Organigrama de la elaboración de microsilos con los 90 Kg de sorgo picado, previo al ensilado.

Una vez finalizada la tarea de ensilado cada microsilo fue identificado con un número para cada productor (1, 2, 3 y 4), la humedad con la que se almacenaron (H_1 , H_2 y H_3) y el momento de la futura apertura (Ap.1 para los de apertura del día 30, Ap.2 para los de apertura del día 90 y por último los Ap.3 para los de apertura del día 180) (Figura 8).

Los sorgos de los productores (3) y (4) destinados al ensilaje, recibieron la aplicación de inoculante (bacterias homofermentativas) al momento de ensilaje a campo, los microsilos de laboratorio de estos productores fueron elaborados con granos de sorgo con inoculante.

Los microsilos se guardaron en un lugar seco, fuera del alcance de los rayos solares y a temperatura ambiente. El total de los microsilos de laboratorio fue de 108 (27 microsilos por 4 productores). Se hicieron 27 por cada productor = 3 de cada H x 3 aperturas x 3 réplicas.



Figura 8. Microsilos experimentales en el laboratorio de toxicología.

Una vez transcurrido el tiempo de ensilaje, éstos se abrieron en el momento establecido para la apertura y se tomaron tres muestras de aproximadamente 10 gramos de cada microsilo. Estos diez gramos de microsilo se introdujeron en un vaso de precipitado y se le agregó 50 ml. de agua destilada, se homogeneizaron los componentes en vaso y se tomó el valor de pH con un ph-metro digital marca Oakton ph 10 Series (Figura 9 y 10). Esta operación se hizo con las muestras de cada microsilo y de las muestras extraídas en el campo.



Figura 9. Ph-metro, con vaso de precipitado (abajo a la derecha) y la muestra de microsilo que en ese momento se evaluaba (abajo a la izquierda)



Figura 10. Lectura del pH de las muestras

7.1.3 Análisis estadístico

Los datos fueron expresados con el valor medio, desvío estándar y/o rango. Para la comparación de los valores medios, se realizó ANOVA para mediciones repetidas, previa chequeo de la normalidad de los datos, con posterior evaluación de las diferencias a cada momento mediante test de Bonferroni. Las diferencias se indican en el texto con distintas letras ($p < 0,05$) (Cuadro III). El grado de relación entre las variables cuantitativas se determinó mediante un análisis de Coeficiente de correlación de Pearson (Figura 12).

8. RESULTADOS

8.1 Humedad inicial de las muestras de sorgo

Cuadro II. Porcentaje de humedad de cada silo al día 0.

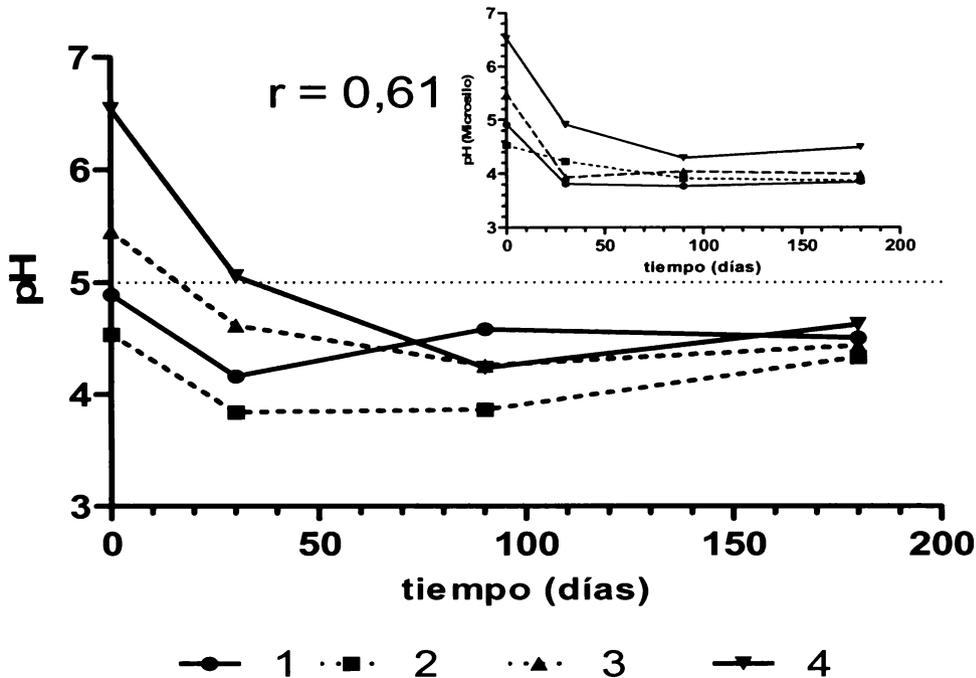
Productor	Humedad (%)
1	30,4
2	32
3	27
4	27

8.2 Silos de campo y microsilos H₂



La evolución del pH de los silos a campo en el transcurso del tiempo, y la correspondiente evolución del pH en los microsilos de laboratorio se representa en la figura 12.

Figura 12. Gráfica de la evolución del pH de los silos y microsilos con humedad H₂ a lo largo del tiempo.



Los distintos números representan las distintas muestras de cada productor. La gráfica inserta corresponde a la representación de la evolución del pH de los microsilos de laboratorio en el transcurso del tiempo. Los números 1, 2 corresponden a los números de los productores que no usaron inoculante y el 3 y 4 son los productores con inoculante. La $r = 0,61$ corresponde al índice de correlación entre los silos de campo con los microsilos de laboratorio.

Al día 0 el rango de pH para las muestras de los silos de campo y los microsilos de laboratorio fue de 4.52-6.53. Al día 30 el pH fue descendiendo en las muestras de todos los productores. Al día 90 todos los silos y microsilos habían alcanzado la estabilidad, manteniendo esta tendencia hasta finalizado el experimento.

Los microsilos experimentales tuvieron un pH levemente más bajo que los silos a campo. La correlación entre la evolución del pH de los silos a campo y la evolución del pH de los microsilos experimentales fue de 0.61, es una correlación media.

8.3 Microsilos de laboratorio

Los valores de pH de los microsilos se representan como media y desvío estándar, en sus diferentes rangos de humedad para los cuatro productores en los distintos días de apertura. Para el análisis estadístico se utilizó el ANOVA para mediciones repetidas con Post-test de Bonferroni.

Cuadro III. PH de los microsilos (H1, H2 y H3) de sorgo de los distintos productores

	Sorgo del productor	H1 pH y desvío estándar	H2 pH y desvío estándar	H3 pH y desvío estándar
Día 0	1	4,89± 0,01	4,89± 0,01	4,89± 0,01
	2	4,51± 0,01	4,51± 0,01	4,51± 0,01
	3	5,95± 0,03	5,95± 0,03	5,95± 0,03
	4	6,53± 0,03	6,53± 0,03	6,53± 0,03
Día 30	1	3,79±0,02	3,80±0,01	4,20±0,22^b
	2	4,04±0,04	4,22±0,03^b	4,07±0,06
	3	4,16±0,21	3,92±0,03^b	3,73±0,01^c
	4	6,18±0,13	4,90±0,01^b	4,19±0,02^c
Día 90	1	3,79±0,02^{ab}	3,73±0,05	3,94±0,07^b
	2	3,84±0,06	3,90±0,02	3,88±0,02
	3	3,88±0,01	4,01±0,02	3,97±0,02
	4	4,88±0,01	4,28±0,02^b	4,60±0,01^{ab}
Día 180	1	3,83±0,06	3,84±0,11	3,86±0,03
	2	3,88±0,07	3,87±0,01	3,90±0,05
	3	3,87±0,12	3,98±0,12	3,86±0,06
	4	4,68±0,33	4,48±0,26	4,45±0,33

H₁= 15-25% H₂= 26-32% H₃= 33-42%

Distintas letras (^{a, b, c}) en las filas indica diferencia estadísticamente significativa (p<0.05).

En los resultados de todos los productores se observó un efecto interacción entre tiempo y humedad. La evolución de los niveles del pH fue similar en los distintos tratamientos de humedad para cada uno de los productores, en los distintos periodos de apertura. No hubieron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre el pH de todos los productores al día 0 y al día 180 (tanto para los productores que habían usado inoculante como los que no). Logrando alcanzar un pH estable, en el entorno al 4-4.5 ya en el día 30 de ensilaje. El periodo de estabilidad en el caso del productor 4 se logró después de los 30 días de ensilaje.

9. DISCUSIÓN

En este experimento se logró reproducir los mismos procesos de fermentación que ocurrieron normalmente en los silos a campo, en los microsilos de laboratorio, bajo las mismas condiciones de humedad que en el campo. Esto fue demostrado mediante el seguimiento de la evolución del pH de los silos experimentales.

Las ventajas de usar microsilos según Ojeda y col. (1990), son: permitir la amplificación del número de tratamientos a estudiar además de contar con un elevado número de repeticiones y reducción de costos. No obstante, según estos autores, estos silos presentan limitaciones como, disponibilidad limitada de ensilaje que impediría su evaluación con animales, lo que tiene especial relevancia en estudios con ensilajes orientados a los sistemas de producción animal. Otra de las limitaciones es que las pequeñas cantidades de material ensilado suelen ser poco representativas de los conservados en silos de campo.

Otra limitación según Ojeda y col. (1990), es que las condiciones de ensilaje (velocidad de llenado, presión, la dinámica térmica en el material, la relación masa ensilada a superficie, condiciones de anaerobiosis y otros) difieren sustancialmente de aquellas condiciones a las que se someten los silos de campo.

Todas estas limitaciones mencionadas (Ojeda y col., 1990), no fueron consideradas como tales en este estudio, si bien las condiciones de campo y laboratorio no fueron las mismas, desde el punto de vista químico del pH, el silo a campo y el microsilo de laboratorio tuvieron el mismo comportamiento de pH.

En el día 30 de ensilaje el pH de prácticamente todos los microsilos H₂ experimentales, habían llegado a alcanzar la estabilidad con un pH en el entorno de 4-4.5, determinando una buena calidad y una adecuada fermentación láctica (Chalkling y Bradesco, 2003). Este rango de pH se mantuvo hasta el día en que finalizó el experimento. Los silos a campo se comportaron de manera similar a los microsilos de laboratorio, aunque estos últimos tuvieron siempre un pH más ácido.

El pH de silo y microsilos del productor 4, demoró más tiempo en alcanzar la estabilidad. Esto podría ser debido a que el pH inicial fue el más alto (6.53). Después del día 30, tuvo la misma tendencia que el resto de las muestras.

La correlación entre la evolución del pH de los silos de campo con la evolución del pH de los microsilos experimentales fue de 0,61 ($r = 0,61$), es una correlación positiva media. Esto nos permite afirmar que el diseño utilizado en este experimento fue adecuado, con las ventajas que el uso de microsilos de laboratorio conlleva.

Los principios de compactación, hermeticidad y anaerobiosis permitieron que se llevaran a cabo los procesos de fermentación probablemente por parte de las BAL, a una humedad del rango de 27-32 % en los silos de campo y los microsilos experimentales.

En las condiciones del ensilaje del experimento, las bacterias del ensilaje tomaron como sustrato azúcares fermentables del sorgo, librando como metabolito ácidos, lo que llevó al brusco descenso de pH hasta niveles en el entorno de 4-4.5, siendo consecuente con la literatura consultada (Barnes y col., 2003). El mismo pH frena el desarrollo de las bacterias presentes en el ensilaje, impidiendo que se lleven a cabo procesos catabólicos permitiendo así la estabilidad de los microsilos (Oude Elferink y col., 2001).

La humedad inicial del grano es la variable de mayor efecto sobre la calidad final de la reserva y sobre la cual tenemos la mejor capacidad de intervención. La fermentación solo ocurriría en medios acuosos, para que esta se logre satisfactoriamente, el material a ensilar debe contener un mínimo de humedad. El exceso de humedad, podría conducir a procesos de fermentación defectuoso. En la práctica, la variable humedad en el grano a cosechar, es determinada por el productor. A la hora de ensilar se busca una humedad en el entorno del 26 al 30% (Acosta, 2010).

El contenido de humedad del material a ensilar guarda 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 de la calidad y de la longevidad del material guardado (Acosta, 2010).

En este estudio se ajustó a las muestras de cada productor con destino a ensilar en laboratorio, con tres tipos de humedades, la primera baja, con un rango de 15 a 25%, la segunda con un rango de 26 a 32% y la tercera > a 32%. Esto se realizó para ver las repercusiones que podían tener los distintos niveles de humedad sobre el pH de los silos y de esta forma sobre su calidad.

Como se mencionó anteriormente las fermentaciones ocurren en medios acuosos, las bacterias precisan, en parte, de agua para moverse según la literatura consultada (Contreras-Govea y col., 2009). Debido a esto, a mayor tenor de humedad del sorgo, se esperaba que mayor iba a ser la velocidad de desplazamiento de las BAL hacia el sustrato (azúcares) y por ende mayor iba a ser la producción de ácido láctico (más bajo sería el pH) y de esta forma se lograría alcanzar más rápido la estabilidad de los microsilos con humedades altas.

Esto no fue así, ya que tanto para los microsilos tratados con humedad baja (15 a 25%), humedad media (26 a 32%) y humedad alta (33 a 42%), la evolución del pH fue similar para cada uno de los productores. Ya al día 30 los microsilos habían alcanzado el pH de estabilidad (entorno al 4-4.5), a excepción de los microsilos de humedad baja (H₁) del productor 4 que al día 30 tenía un pH medio de 6.18.

Esto pudo deberse a la producción de NH_3 , producto de la desnaturalización de proteínas llevadas a cabo por el desarrollo de bacterias indeseables como las enterobacterias y los clostridios. Su desarrollo pudo haber sido favorecido por una fermentación prolongada, una temperatura de ensilaje elevada y una acidez moderada ($\text{pH} > 4.5$), esto último es importante porque el pH de partida de las muestras del productor 4 fue el más alto (6.53). Todo esto fue consecuente con la literatura consultada (Woolford y Pahlow, 1984).

En la misma literatura citada (Woolford y Pahlow, 1984) se menciona que la humedad alta favorece el desarrollo de dichos clostridios, esta condición no se cumplió en los microsilos de humedad baja ya que el porcentaje de humedad más alto que podrían tener sería de un 25%. Según Brooks (2003), dichos clostridios son capaces de vivir con humedad baja de hasta 10%, lo cual explica su presencia y desarrollo, ya que la humedad mínima con que se trabajó en el laboratorio fue de 15%.

La estabilidad de los microsilos del productor 4 con humedad baja no se logró hasta después del día 30 cuando el bajo pH generado por el ácido producido inhibe el crecimiento de las bacterias, cuando lo correcto es que dicha estabilidad se alcance en varias semanas, según literatura consultada (Oude Elferink y col., 2001), otro trabajo indica que puede llevar hasta 40 días (Kalan, 2010). Esto es indicativo de un silo de mala calidad que no debe ser utilizado como fuente de alimento para los animales.

Los resultados obtenidos (con los distintos tratamientos de humedades) no concuerda con lo encontrado por Acosta (2010), dónde se encontró que el sorgo ensilado con humedades mayores al 32 % o inferiores al 25% no logran alcanzar la estabilidad debido a que tienen pH superiores a 4.75 comprometiendo la vida útil de estos materiales en plazos medianos y largos.

Otros autores (Rovira y Velazco, 2010) afirman que hay una relación alta y negativa ($r = -0,80$) entre la humedad del grano y el pH del silo, en dónde a medida que se incrementó la humedad del grano el pH disminuyó, al menos en el rango de 17-40% de humedad del grano. Esto es debido a que un grano más húmedo es más fácil de procesar al momento del embolsado, resultando en una mejor compactación dentro de la bolsa asegurando la ausencia de aire y la proliferación de BAL responsables del descenso del pH del silo.

El rango de humedad utilizado en el laboratorio para los microsilos, con un límite inferior de 15% y un límite superior mayor al 32%, permitió el desarrollo de las bacterias productoras de ácido y con éstas la producción de ácido láctico que llevó al pH a un rango aproximado de 4 en un plazo adecuado para lograr la estabilidad de la mayoría de los microsilos.

10. CONCLUSIONES

El uso de microsilos en el laboratorio como representación de los silos a campo es posible, puesto que se reproducen los mismos fenómenos de fermentación que ocurren a campo. Esto permite realizar distintos estudios sobre los silos, sin la necesidad de desplazarse hacia el campo, reduciendo costos además de contar con un número mayor de muestras.

La humedad es un factor determinante en la calidad y en la perdurabilidad de los silos, ésta permite que las BAL actúen y disminuyan el pH en plazos adecuados debido a la producción de ácido láctico. Con una humedad baja, media y alta la evolución del pH en los microsilos fue prácticamente idéntica. Es decir que, las BAL fueron capaces de actuar con una humedad entre 15% y 42% de la misma manera, logrando así la estabilidad del silo.

11. BIBLIOGRAFÍA

1. Acosta, Y. (2010). Ensilaje de grano húmedo de sorgo: detalles de confección y su efecto sobre el valor nutricional. Jornada de divulgación de ensilaje de grano húmedo de sorgo. INIA, 41 p.
2. Bareeba, F.B., Titterton, M. (1999). Ensilaje de gramíneas y leguminosas en los trópicos. Uso del ensilaje en el trópico privilegiando opciones para pequeños campesinos. Memorias de la conferencia electrónica de la FAO sobre el ensilaje de los trópicos. Roma, Italia (2000). Disponible en: <http://books.google.com.uy/books?id=IUU1ihKYVgkC&pg=PA48&dq=La+m elaza+es+la+fuelle+de+carbohidrato+m%C3%A1s+frecuentemente+usada +como+aditivo.+Es+%C3%BAtil+para+suplementar+forrajes&hl=es&ei=lyU 4TpGKBK6x0AH7 IXmAw&sa=X&oi=book result&ct=result&resnum=1&ved=0CC4Q6AEwAA#v=onepage&q=La%20melaza%20es%20la%20fuelle% 20de%20carbohidrato%20m%C3%A1s%20frecuentemente%20usada%20c omo%20aditivo.%20Es%20%C3%BAtil%20para%20suplementar%20forraje s&f=false> Fecha de consulta: 02/07/11
3. Barnes, F.R., Nelson, J.C., Collins, M., Kenneth, J.M. (2003). Forages: the science of grassland agriculture, Volumen 2. 6a.ed. Iowa. Blackwell, 556 p.
4. Beck, R. (1989). Taxonomie und Physiologie der Milchsäurebakterien in silagen, PhD Thesis, Technische Universität München, 159 p.
5. Benintende, S., Hass, W., (2010) Ensilaje. Disponible en: http://www.fca.uner.edu.ar/academicas/deptos/catedras/microbiologia/unidad_19_%20ensilaje.pdf . Fecha de consulta: 21/06/11
6. Brooks, J.P., Tanner, B.D., Josephson, K.L., Gerva, C.P., Pepper, I.L. (2003). Health related water microbiology 2003. Selected proceedings of the 12th international symposium on health related water microbiology, Cape Town, South Africa, 14-19 September 2003. Disponible en: <http://proxy.timbo.org.uy:443/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=lbh&AN=20043129325&lang=es&site=ehost-live>. Fecha de consulta: 02/08/11
7. Carámbula, M. (2007). Verdeos de Verano. Volumen 1. Montevideo. Hemisferio Sur. 240 p.
8. Ciegler, A. (1978). Fungi that produce mycotoxins: conditions and occurrence. Mycopathologia 65: 5-11.

9. Contreras-Gevea, F., Muck, R. (2006). Microbial Inoculants for Silage. Focus on Forage 8 (4): 1-4.
10. Contreras-Govea, E. F., Marsalis, A. M., Lauriault, M. L. (2009). Inoculantes microbiales para ensilaje: Su uso en condiciones de climas cálido. Disponible en: http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:VNcycRsLdeAJ:aces.nmsu.edu/pubs/circulars/cr642_spanish.pdf+inoculantes+microbiales+para+ensilaje&hl=es&pid=bl&srcid=ADGEESqUdyKGI02iTCTdDmaddL7UXeR3fXihKfWj3Aewhn0r2H2psf9krQy4yMAeH6ScMTqnhMOH1GXa6Us8_DmLcwWrZ87vAzK17EneEMac4xHnfEkNsnhHIVslJr6w1LYCoDcl2Mz2&sig=AHIEtbS-zjwsvW6AVx0z5oldx7eDv0USfw . Fecha de consulta: 21/06/11
11. Coria, L. M. (2008). Calidad de sorgos según tipos de corte y momento de cosecha. Disponible en: http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:urgZvWcmJ6oJ:www.produccionovina.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%2520artificiales/154-calidad_sorgo_segun_tipo_y_corte.pdf+tipos+de+sorgos+segun+inta+argentina+a%C3%B1o&hl=es&pid=bl&srcid=ADGEESiad_xjVMAj1I19EsJnsLqskxf3uMWAFFWGrFTyaDseotx-2E_x54AAUTvtMTwHA9O0gA6u8LKawTUO_FAALoSo_Hsz8v7U87ppuKqdcwQinlneX_8TjryoelUQxVE81LnKkC9&sig=AHIEtbQZWDN_b1R-LmqDFi0miUPfRXoMTA . Fecha de consulta: 19/06/11
12. Coulombe, R. A. Jr. (1993). Symposium: Biological Action of Mycotoxins. Journal of Dairy Science 76: 880-891.
13. Chakling, D., Brasesco, R. (1997). Ensilaje de grano húmedo: una alternativa promisorio. Montevideo. Plan Agropecuario-INIA, 47 p.
14. Chakling, D., Brasesco, R. (2003). Ensilaje de grano húmedo: una alternativa promisorio. Disponible en: http://www.produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_silos/28-ensilaje_grano_humedo.htm .Fecha de consulta: 21/06/11.
15. DIEA. (2010). Anuario estadístico agropecuario 2010. Disponible en: <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxp001.aspx?7,5,352,O,S,0,MNU;E;27;6;MNU;> . Fecha de consulta: 03/08/11.
16. Evers, A.D., Blakeney, A. B., Brien, L. O. (1999). Cereal structure composition. Australian Journal of Agricultural Research, 50; 629-650.

17. Fernández, P.C.C., Malaguido, A. (2003). Micotoxinas en rumiantes. XXXI Jornadas Uruguayas de Buiatría. Paysandú, Uruguay, p. 1-5.
18. Gibson, T., Stirling, A.C., Keddie, R.M., Rosenberg, R.F. (1958). Bacteriological changes in silages as affected by laceration of the fresh grass. *Journal of Applied Microbiology*, 24; 60-70.
19. Gibson, T., Stirling, A.C., Keddie, R.M., Rosenberg, R.F., (1961). Bacteriological changes in silages made at controlled temperatures. *Journal of General Microbiology*, 19; 112-129.
20. Gil, C.H., Eusse, J., B. (2000). El Ensilaje en la alimentación del ganado vacuno. Bogotá. Tercer Mundo, 18 p.
21. Kalan, R., (2010). Uso y manejo de reservas forrajeras. Ensilaje. Disponible en:
http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:rwyBdUpkoPEJ:cursosagropecuarios.org.ar/Alumnos/Material-de-Estudio/Silaje.ppt+ph+del+silo+de+sorgo+fase+de+estabilizacion&hl=es&gl=uy&pid=bl&srcid=ADGEESh27RjlcCWfSeaPjhBVkbbB3bc8yKnl8ypWVkpOKcMlhgmseOxAoP91v7BZurh3oplg_1pSG3hjrl2Z8ZB_S8T6vMwBzRn7LEmwYBIEmzL_ME9JBnoH7MUxvRBmDfLXkcOB-Gid&sig=AHIEtbRLSXd2HpT0B89p3QZHKtAeMpFt9w . Fecha de consulta: 15/08/11.
22. Lus, J., (2008). Sorgos para silo y para grano. Sileros clásicos, graníferos y doble propósito. Disponible en:
http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:K1REhcDbIhJ:www.gapp.com.ar/biblioteca/pdf/GAPPnews-Septiembre-2009.pdf+que+son+sorgos+doble+proposito+que+tipos&hl=es&pid=bl&srcid=ADGEEsQlZLOqKqbr_VPqNUBmtcJxDqm_LJyccij0vJPbW_Izweir860pSgR5J8hDxobNNKCxTEWXv9bQXv761Ujg2tL60V3aPtVEr219x4v8zwMJvg002aXIKhrp5QkSsAflglPuqXT&sig=AHIEtbTw9zsWfCjChWg7laCvmjoE2xJsrA . Fecha de consulta: 19/06/11.
23. Martin, O.G. (2005). Cultivos: Sorgos forrajeros. La nueva generación. Disponible en: http://www.produccion.com.ar/2005/05ago_11.htm .Fecha de consulta: 19/06/11
24. McDonald, P., Henderson, A.R., , Heron, S.J.E. (1991). *The Biochemistry of Silage*. 2a. ed. Marlow. Chalcombe Publications. 33p.
25. Ojeda, F., Caceres, O., Esperance, M. (1990). *Nutrición de rumiantes: Guía metodológica de investigación*. San José. RISPAL-IICA, 344p.

26. Oude Elferink, S. J. W. H., Driehuis, F., Gottschal, J. C. , Spoelstra, S. F. (2001). Estudio 2.0 - Los procesos de fermentación del ensilaje y su manipulación. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/005/X8486S/x8486s04.htm> . Fecha de consulta: 23/06/11
27. Piñeiro, G. (2010). Manual práctico Lactosilo para lograr silos de alta calidad. Disponible en: http://www.ensiladores.com.ar/tecnica/manual_becker/Manual_Lactosilo.pdf Fecha de consulta: 24/06/11
28. Ramírez, E. (1999). Aditivos en la confección de silaje. Disponible en: <http://www.infogranjas.com.ar/ganaderia-y-pesca/321-alimentacion-animal-silos/1597-aditivos-en-la-confeccion-de-silaje-> . Fecha de consulta: 24/06/11
29. Reed, J. D. (1995). Nutritional Toxicology of Tannins and Related Polyphenols in Forage Legumes. Journal of Animal Science. 73; 1516-1528.
30. Rovira, J. P. , Velazco, I. J. (2010). Valor nutritivo de ensilajes de sorgo de planta entera y grano húmedo de la región este. Jornada de divulgación de ensilaje de grano húmedo de sorgo. INIA, 41 p.
31. Ruseel, R.W. , Lolley, J.R.(1989). Deactivation of tannin in high tannin milo by treatment with urea. Journal of Dairy Science 72(9); 2427-2430.
32. Stirling, A.C. (1951). Bacteriological changes in experimental laboratory silages. Proceedings of The Society for Applied Bacteriology, 14; 151-156.
33. Suttie, J.M. (2003). Conservación de heno y paja para pequeños productores y en condiciones pastoriles. Disponible en: http://books.google.com.uy/books?id=wN0AFUjtRDQC&pg=PA74&dq=suttie+2003+fao+sorgo&hl=es&ei=ypUoTp75C-nw0gHN8rHgCg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CCwQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false . Fecha de consulta: 21/07/2011
34. Urdániz, M. M. J. (2006). Como realizar correctamente el ensilaje de maíz. Disponible en: <http://www.itgganadero.com/itg/portal/documentos2.asp?id=72> .Fecha de consulta: 30/06/2011.
35. Uriarte, T.V. (2010). Sorgo ganadero: granífero y forrajero. Disponible en: <http://www.engormix.com/MA-agricultura/pasturas/articulos/sorgo-ganadero-granifero-forrajero-t2987/p0.htm> Fecha de consulta: 4/06/2011.

36. Weissbach, F., Haacker, K. (1988). Über die Ursachen der Buttersäuregärung in Silagen aus Getreideganzpflanzen. Das wirtschaftseigene Futter, 34; 88-99.
37. Woolford, M. K., Pahlow, G. (1984). The silage fermentation. En: Wood, B.J.B., Microbiology of Fermented Foods. 2a. ed. London, T.J. International, Padstow, p.73-102.

12. Anexos

Resultados de la lectura del pH en los distintos días de apertura de los distintos microsilos de sorgo de todos los productores

		1			2			3			4			5		
		pH														
DIA 0	H1	5,99	5,91	5,93	5,92	5,97	5,95	4,51	4,5	4,51	4,89	4,88	4,9	6,5	6,53	6,56
	H2	5,99	5,91	5,93	5,92	5,97	5,95	4,51	4,5	4,51	4,89	4,88	4,9	6,5	6,53	6,56
	H3	5,99	5,91	5,93	5,92	5,97	5,95	4,51	4,5	4,51	4,89	4,88	4,9	6,5	6,53	6,56
DIA 30	H1	6,20	6,30	6,25	4,06	4,4	4,03	4	4,05	4,08	3,8	3,77	3,8	6,11	6,09	6,33
	H2	3,70	4,23	4,05	3,92	3,9	3,95	4,2	4,22	4,25	3,81	3,8	3,8	4,89	4,9	4,9
	H3	3,99	3,85	3,97	3,72	3,74	3,74	4	4,1	4,1	3,97	4,22	4,41	4,18	4,19	4,21
DIA 90	H1	6,02	6,34	6,69	3,88	3,89	3,88	3,91	3,82	3,8	3,8	3,77	3,79	4,87	4,88	4,88
	H2	4,00	3,95	3,90	4,02	3,99	4,03	3,89	3,92	3,89	3,76	3,76	3,68	4,26	4,29	4,28
	H3	3,99	4,05	4,03	3,99	3,97	3,95	3,87	3,88	3,9	4,02	3,91	3,9	4,61	4,59	4,61
DIA 180	H1	3,81	3,85	3,83	4	3,84	3,76	3,88	3,81	3,95	3,85	3,87	3,76	4,56	5,05	4,42
	H2	3,80	3,85	3,83	4,12	3,95	3,88	3,87	3,88	3,86	3,78	3,96	3,77	4,78	4,36	4,3
	H3	3,77	3,75	3,77	3,8	3,89	3,9	3,77	3,75	3,77	3,87	3,88	3,83	4,29	4,82	4,23