



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RIO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMIA Y VETERINARIA**

Trabajo final presentado
para optar al Grado de Ingeniero Agrónomo

**“Inoculación de picado de sorgo azucarado (*Sorghum bicolor* (L)
Moench) y posterior conservación para lograr un silaje de alta calidad”.**

Por: Chapado, Luis

D.N.I: 32.175.781

Director: Maffioli, Roberto Pedro

Río Cuarto – Córdoba

2012.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO

Facultad de Agronomía y Veterinaria

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: “**Inoculación de picado de sorgo azucarado**
(*Sorghum bicolor (L) Moench*) y posterior conservación para lograr un silaje de
alta calidad”.

Autor: Chapado, Luis

DNI: 32.175.781

Director: Maffioli, Roberto Pedro

Aprobado y corregido de acuerdo a las sugerencias del Jurado Evaluador:

Pagliaricci Héctor

Pereyra Telmo

Fecha de presentación: ___/___/_____

Aprobado por Secretaría Académica: ___/___/_____

Secretario Académico

Facultad de Agronomía y Veterinaria

AGRADECIMIENTOS

En esta etapa tan importante de mi vida quiero agradecer a mi familia por su incondicional apoyo en todo el transcurso de la carrera, que me ayudaron en todo momento para lograr mi Formación Profesional.

A mis amigos y compañeros de estudio.

A la Universidad Nacional de Río Cuarto y a la Facultad de Agronomía y veterinaria.

A los profesores: Ing. Agr. Maffioli, Roberto Pedro, Med. Vet. Ortiz, M. Eugenia, Ing. Agr. Godio Leopoldo e Ing. Agr. Bonamico Natalia por su constante apoyo en este proyecto.

Índice General

INDICE GENERAL

I- Resumen	8
II- Summary	10
III- Introducción.....	12
IV- Antecedentes.....	16
V- Hipótesis y objetivos.....	20
VI- Materiales y Métodos.....	22
7.1- Ubicación del ensayo.....	23
7.2- Caracterización climática de la región.....	23
7.3 - Evaluación.....	23
7.4- Materiales utilizados	24
7.5- Inoculación.....	24
7.6- Diseño experimental.....	25
7.7- Determinaciones.....	25
VII- Resultados y Discusión.....	29
VIII- Conclusiones.....	36
IX- Bibliografía consultada	38
X- Anexos.....	44

Índice de Cuadros y Tablas

INDICE DE CUADROS

Cuadro n° 1: fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), proteína bruta (PB), cenizas (C), lignina detergente ácido (LDA), Digestibilidad Química (dig.), Energía Metabólica (EM) y potencia Hidrógeno (pH) de las muestras tomadas a las 72 horas.....	30
Cuadro n° 2: fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), proteína bruta (PB), cenizas (C), lignina detergente ácido (LDA), Digestibilidad Química (dig.), Energía Metabólica (EM) y potencia Hidrógeno (pH) de las muestras tomadas a los 20 días.....	31

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Comparación de medias de Materia Seca.....	44
Tabla 2: Comparación de medias de Cenizas.....	44
Tabla 3: Comparación de medias de Proteína Bruta.....	45
Tabla 4: Comparación de medias de Fibra Detergente Neutro.....	46
Tabla 5: Comparación de medias de Contenido Celular.....	46
Tabla 6: Comparación de medias de Fibra Detergente Ácido.....	47
Tabla 7: Comparación de medias de Lignina Detergente Ácido.....	48
Tabla 8: Comparación de medias Digestibilidad Química.....	48
Tabla 9: Comparación de medias Energía Metabólica.....	49
Tabla 10: Comparación de medias Potencial Hidrogeno (pH).....	50

I - Resumen

RESUMEN

El ensilaje es un método de conservación que resulta de la fermentación microbiana de un forraje con humedad suficiente. Los forrajes conservados cumplen diferentes roles en la alimentación del ganado, para suplementar dietas durante la escases de forraje en invierno, como también para aumentar la carga animal del sistema. El objetivo del presente trabajo es evaluar la calidad del silaje luego del agregado de un inoculante a través de diferentes parámetros como fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), proteína bruta (PB), cenizas (C), lignina detergente ácido (LDA) y potencial Hidrógeno (pH) como parámetro fermentativo en comparación a un silo sin inocular. El ensayo sobre inoculación de picado de sorgo fue realizado en el establecimiento “La buena idea” propiedad de Germán Vicente ubicado a 10 Km. de la localidad de Coronel Charlone, partido General Villegas, Buenos Aires, Argentina, con un diseño completamente aleatorizado (diseño simple al azar) con dos tratamientos (silaje inoculado y silaje sin inocular) y tres repeticiones ($r = 3$) para cada tratamiento, cuya unidad experimental era un silo al que se le asignaron dos sitios de muestreo donde se recogió el forraje para su análisis correspondiente. A las 72 horas de confeccionado el silaje se tomaron dos submuestras en cada estación de muestreo del silaje inoculado y sin inocular, a 50 centímetros de profundidad. Se unificaron las dos submuestras logrando un tamaño final de muestra de 1 a 2 kilogramos, dichas muestras fueron enviadas al laboratorio para su posterior análisis y evaluación. El análisis de varianza arrojó que no se encontraron diferencias significativas entre el tratamiento inoculado y sin inocular.

Palabras claves: Silaje, fermentación microbiana, fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), potencial Hidrógeno (pH).

II - Summary

SUMMARY

Inoculation of chopped Sorghum bicolor (L) var. Saccharatum. nc and subsequent conservation to achieve a high quality silage. Silage is a method of conservation resulting from microbial fermentation of a forage with adequate moisture. Conserved forages play different roles in livestock feed to supplement diets for the shortage of fodder in winter, as well as to increase the stocking of the system.

The aim of this study was to evaluate the quality of the silage after the addition of an inoculant composed of 6 lactic acid bacteria and cellulolytic enzymes by different parameters such as neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (FDA), crude protein (CP) , ash (C), acid detergent lignin (ADL) and power Hydrogen (pH) as a parameter fermentation compared to a silo without inoculation.

The essay on inoculation of chopped sorghum was made in establishing "Good idea" Vincent Germain property located 10 km from the town of Coronel Charlone, party General Villegas, Buenos Aires, Argentina, with a completely randomized design (design simple random) with two treatments (inoculated silage and silage uninoculated) and three repetitions ($r = 3$) for each treatment, which was a silo experimental unit to which assigned two sampling sites where the crop was collected for analysis accordingly. At 72 hours the silage made two sub-samples were taken at each sampling station in the inoculated and uninoculated silage, at a height of 1.5 meters and 0.5 meters deep silo. Two sub-samples were pooled achieving a final sample size of 1 to 2 kg, these samples were sent to the laboratory for further analysis and evaluation. The analysis of variance courage that significant differences were found between inoculated and uninoculated treatment.

Keywords: silage, microbial fermentation, neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (FDA), potential hydrogen (pH).

III - Introducción

INTRODUCCIÓN

El rol de los forrajes conservados en los sistemas de producción de carne y leche de la Argentina ha ido evolucionando a través del tiempo. En el pasado, la producción y el almacenamiento de reservas forrajeras eran considerados como un “seguro” contra emergencias que pudieran disminuir la producción de forraje, tales como periodos prolongados de sequía, anegamiento, temperaturas extremas o ataques de plagas y enfermedades, además son excelentes recursos para equilibrar las dietas durante todo el año. En la actualidad los forrajes conservados de alta calidad son considerados un componente vital en los sistemas de alimentación animal que buscan aumentar la producción ganadera mediante el incremento de la carga animal y/o la producción individual. (Basigalup y Gallardo, 2007).

Se denomina silaje a todo material vegetal húmedo conservado por fermentación. La fermentación es un proceso natural donde la intervención de los microorganismos presentes en la masa ensilada crean un nivel de acidez, producto de su propio metabolismo, que impide que otros microorganismos puedan descomponer el forraje. La conservación de la hierba mediante el ensilaje difiere fundamentalmente de la henificación ya que esta se basa en la deshidratación, mientras que el primero en la fermentación por ciertas bacterias. El ensilaje permite que el forraje, rico en carbohidratos solubles, se conserve en estado succulento con su máximo valor alimenticio, sin que su ingestión pueda tener una influencia perniciosa sobre el crecimiento y la salud de los animales. (Silveira y Reinaldo, 2006)

La digestibilidad del forraje influye notablemente en los márgenes productivos de la actividad pecuaria, a medida que ésta disminuye, también lo hace el nivel de consumo, impactando negativamente en los márgenes operativos de la empresa. (Bragachini et al., 2008 a).

El objetivo de aplicar aditivos en el silaje, es asegurar que el desarrollo de bacterias lácticas predomine durante el proceso de fermentación, produciendo ácido láctico en cantidad suficiente para asegurar un buen silaje. (Oliveira, 1995 a).

El silaje de maíz o sorgo es uno de los forrajes conservados más importantes en los sistemas de producción modernos, utilizado por las siguientes ventajas: altos rendimientos de forraje por hectárea con buen nivel energético, voluminoso, palatable y bajo costo de producción por kilogramo de materia seca digestible. (Bragachini et al., 2008 b).

La fermentación en el proceso de ensilaje puede ser favorecida por la aplicación de inoculantes bacterianos. Estos son los aditivos para silaje que más se utilizan, aunque no son los únicos. La mayoría contienen bacterias homofermentativas de tipo lácticas y suplementos para que las mismas garanticen velocidad y eficiencia en la fermentación.

Los aditivos son productos naturales o industriales que se agregan en cantidades más o menos importantes a la masa del forraje o grano. Estos orientan o impiden ciertos tipos de fermentaciones, reduciendo de esta manera las pérdidas y mejorando la estabilidad del silaje.

La mayoría de los inoculantes bacterianos que existen en el mercado, aplican entre 90 billones y 1 trillón de bacterias por tonelada de cultivo a ensilar. El principal efecto en la adición de bacterias lácticas al cultivo durante el ensilado, debería ser una mejora en la fermentación que ayude a preservar el cultivo, durante su almacenaje en el silo, y acelerar los procesos fermentativos además de un rápido descenso del pH. Por ello, se han elegido inoculantes cuyas bacterias desarrollan rápidamente el ácido láctico que además son las que menos cantidad de hidratos de carbono soluble consumen para la formación de ácidos. (Bragachini et al, 2008 c).

Cada producto generalmente contiene una o más cepas de *Lactobacillus plantarum* y otras especies de lactobacilos, como *pediococcus* o *estreptococcus*. Estas bacterias crecen rápidamente bajo una gran variedad de condiciones y producen mayormente ácido láctico cuando crecen en los azúcares del cultivo. (Ramírez, 1999 a).

El uso de inoculantes en recursos forrajeros tiene como fin lograr una mejor conservación en el tiempo y aprovechamiento, además de aumentar el valor nutritivo. (Piñeiro, 2006 a).

El principal tipo de aditivo usado para silaje en muchos países son los inoculantes que contienen la bacteria productora del ácido láctico. Estos inoculantes actúan consiguiendo una fermentación más rápida y efectiva, gracias a lo cual se obtiene un silo de mejor calidad, con mayor valor nutritivo.

El ensilaje es el resultado natural de la fermentación del forraje que consiste en que la bacteria productora del ácido láctico fermenta la glucosa del forraje y lo convierte en ácido láctico (principalmente) y ácido acético.

Así mismo, esto conlleva un aumento en la producción individual por animal y por lo tanto un mayor beneficio. Durante años se han llevado a cabo numerosos estudios demostrando que los inoculantes además de mejorar la conservación, razón tradicional por la que se usan, tienen otras ventajas:

- Reducen las pérdidas de silaje.
- Mejoran la digestión de los forrajes.
- Aumentan el consumo de forrajes.
- Aumentan la producción de leche.

Esta producción de ácido, principalmente láctico, hace que el pH que contiene la materia seca del forraje se reduzca a 3.6 – 4.2, lo cual inhibe el crecimiento de las principales bacterias negativas, coliformes y clostridios. (Seale, 2003 a).

La inoculación cumple un rol muy importante, ya que la planta de Sorgo o Maíz no posee una cantidad importante de azúcares para la correcta fermentación. Por lo tanto, la aplicación de inoculantes permite lograr un silaje de calidad. (Piñeiro, 2006 b).

El principal efecto en la adición de bacterias ácido-lácticas al cultivo durante el ensilado, debería ser una mejora en la fermentación que ayude a preservar el cultivo, durante su almacenaje en el silo, y acelerar los procesos fermentativos además de un rápido descenso del pH. Por ello, se han elegido inoculantes cuyas bacterias desarrollan rápidamente el ácido láctico que además son las que menos cantidad de hidratos de carbono soluble consumen para la formación de ácidos.

Esto debería producir una rápida fermentación y por lo tanto, una reducción en el pH del silo.

Las bacterias típicas de cada cultivo no sólo producen ácido láctico, sino que también producen ácido acético y etanol, mientras que las bacterias de los inoculantes producen mayormente ácido láctico.

Debido a que el ácido láctico es un ácido más fuerte que el acético, el pH del silo debería ser más bajo cuando se aplican inoculantes.

Una rápida disminución del pH ayuda a limitar la actividad de las enzimas de la planta. Un punto principal, es el de impedir que las proteínas se transformen en NNP (nitrógeno no proteico), principalmente si el silo se va a suministrar a vacas lecheras, por lo que un rápido descenso del pH ayudaría a disminuir la pérdida de proteínas. (Bragachini et al., 2008 d).

La idea de la inoculación pasa por proteger de la mejor manera el alimento, aumentando la cantidad de bacterias productoras de ácido láctico. Además, se impide el crecimiento de hongos y la consecuente producción de micotoxinas. (Oliveira, 2006 b).

IV - Antecedentes

ANTECEDENTES

En experiencias comparativas entre un silaje de Maíz inoculado y otro sin inocular se han obtenido diferencias significativas en todos los parámetros medidos, como es el caso de la digestibilidad, con ganancias en términos porcentuales. (Salvador, 2006).

En ensayos realizados se encontraron diferencias entre el silaje de sorgo forrajero sin tratar y el inoculado, cosechado en la etapa de grano lechoso con 61,5% FDN. En el silo tratado se incrementó en 9,2 a 15,3% el ácido láctico, acético y el total de ácidos grasos volátiles. En un ensayo de alimentación de bovinos, la inoculación no influyó en la digestibilidad de la MS o de componentes de fibra de ensilados y raciones basadas en silaje. (Froetschel et al. 1995).

Estudios revelan que es recomendable el uso de inoculantes bacterianos para todo tipo de forraje ensilado, basándose en resultados de más de 200 estudios de laboratorio y 28 ensayos en establecimientos agropecuarios, donde este tipo de aditivo mejoró consistentemente la eficiencia de la fermentación, la recuperación de la MS, la conversión alimentaria y el aumento de peso por tonelada de ensilaje de maíz y sorgo forrajero. (Bolsen, 1999).

En diferentes estudios realizados en EEUU y Europa entre 1990 y 1995, utilizando alfalfa, tréboles, verdeos de invierno y silajes de maíz, se comprobó que los inoculantes trabajaban eficientemente en la reducción del pH y la conversión a ácido láctico dentro de la fermentación (60% de los casos positivos).

La efectividad varió con el cultivo. Los inoculantes actuaron mejor con gramíneas, alfalfa y tréboles (el pH disminuyó en el 64% de los test) y no actuaron tan bien con silo de maíz (bajas de pH en el 44% de los casos). Los niveles de amoníaco disminuyeron en un porcentaje similar, induciendo una mejor preservación de la proteína en silajes inoculados.

En diferentes estudios realizados en Estados Unidos y Europa utilizando alfalfa, tréboles, verdeos de invierno y silaje de maíz, el contenido de materia seca mejoró en menos del 50% de los casos. De todas maneras, en los casos en que hubo mejoras, éstas fueron en promedio de un 6% superior, comparado con los testigos sin tratar. (Bragachini et al., 2008 e).

En un estudio realizado en el que se aplicaron tres cepas diferentes de *Lactobacillus plantarum* en silos de maíz, alfalfa y sorgo, después de 30 días se comprobó que en cada cultivo predominaba la cepa originalmente aislada en el mismo. Esto sugiere que cada cepa crece mejor en el cultivo en la que fue encontrada, debido a que cada una se desarrolla mejor con los nutrientes específicos de cada cultivo. (Bragachini et al, 2008 f).

No hay duda que los silos de alfalfa y pasturas deben incluir inoculantes por el alto contenido de proteína, que actúa como amortiguador de la caída de pH en el silo. En el caso del maíz y del sorgo, donde la presencia de proteínas no es tan elevada y la disponibilidad de azúcares solubles es suficiente, la incorporación de inoculantes evita la formación de hongos (responsables de la producción de micotoxinas), levaduras y Clostridios. La alta palatabilidad que tiene el ácido láctico, permite lograr un mayor consumo de materia seca, las enzimas permiten disponer de una mayor fuente de glucosa, que es el sustrato utilizado por las bacterias lácticas para desarrollarse. (Chase, 2009).

La inoculación con bacterias lácticas producen una rápida reducción del pH 3.8- 4.2, evitando el desarrollo de hongos y posterior producción de micotoxinas. (Oliveira, 1995 c).

Con silajes inoculados se logran disminuir las pérdidas de MS del 10 % (valor normal en un silo por respiración durante el proceso de fermentación) al 5 % y aumentar la producción de leche a razón de 0,9 litros por cada kilo de MS consumida. (Pichard y Bolson, 2009).

Los inoculantes producen una rápida estabilización del forraje evitando la proliferación de hongos. Estudios revelan que la aplicación de inoculantes en silajes de Maíz o Sorgo mejoran la digestibilidad de la materia seca (MS) en un 4 a 5 %, también favorecen la conservación en el tiempo, produciendo una rápida reducción del pH a niveles de 3,8-4,2, logrando de esta manera mayor y mejor aprovechamiento del silaje por parte de los animales. (Piñeiro, 2006 c).

La inoculación mejora un 5% la digestibilidad de la MS ensilada, pero en promedio de diferentes ensayos realizados se llega a que el cultivo sin inocular logre un silaje con 62% de digestibilidad, con inoculante se logra un 67% (recordar que en Europa y en USA los promedios están entre 70 y 75%, mientras que en nuestro país apenas llegan al 60%). (Cairó, 2006 a).

Al evaluar el efecto del inoculante sobre el silaje de grano húmedo de Sorgo, este no tuvo efecto sobre la materia seca, ni sobre los carbohidratos solubles del silaje. A pesar de esto sí se observa un aumento significativo de la digestibilidad de la materia orgánica y esto se puede deber a la disminución significativa de los valores de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA), lo que impacta positivamente sobre la digestibilidad de la materia orgánica y el consumo potencial por parte del animal. Respecto a la calidad fermentativa el uso del inoculante baja significativamente el nivel del pH del grano de sorgo ensilado, protegiéndolo del ataque de hongos y levaduras. Sobre el tenor de proteína el inoculante no tuvo efecto significativo. (Gutiérrez y Rossi, 2004 a).

Cuando el inoculante bacteriano domina la fermentación del forraje, cambian los productos finales formados durante el ensilado. En un proceso de fermentación normal las bacterias lácticas producen además del ácido láctico, ácido acético, alcohol y CO₂. El inoculante bacteriano produce mayormente ácido láctico.

Todos estos cambios en los productos de la fermentación bajan el pH del silo y reducen las pérdidas de materia seca durante el ensilado en aproximadamente un 2%. Algunos inoculantes pueden mejorar la performance animal por incremento del consumo, ganancia de peso, producción de leche y/o eficiencia en la conversión. Estas mejoras son debidas principalmente al aumento de la digestibilidad aunque también contribuyen otros factores: Niveles reducidos de alcohol y ácido acético incrementan la palatabilidad del silaje y ayudan a mejorar el desarrollo microbiano en el rumen. (Ramírez, 1999 b).

Estudios de investigación reportaron que los inoculantes mejoran la ganancia de peso en ganado de carne y la producción de leche de vacas en lactación. Cuando el ensilaje inoculado tuvo un efecto positivo, el aumento promedio en ganancia de peso esperado fue de 5%, mientras la producción de leche aumento 3%. (Kung y Muck, 1997).

V - Hipótesis

Objetivo

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.

HIPÓTESIS:

- La aplicación de inoculante al silaje logra una mejor fermentación, permitiendo obtener un silo de mejor calidad y con mayor valor nutritivo, trayendo aparejado una disminución en el pH, y un incremento en la digestibilidad de la masa ensilada.

OBJETIVO:

- Evaluar la calidad del silaje inoculado a través de parámetros relacionados con la composición química del mismo, fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), proteína bruta (PB), cenizas (C), lignina detergente ácido (LDA) y potencial Hidrógeno (pH) como parámetro fermentativo en comparación a un silaje sin inocular.

VI – Materiales y Métodos

MATERIALES Y MÉTODOS

7.1 - UBICACIÓN DEL ENSAYO:

El trabajo se desarrolló en el campo “La buena idea” propiedad de Germán Vicente ubicado a 10 Km. de la localidad de Coronel Charlone a los 34° 66' Latitud Sur y 63° 36' Longitud Oeste a 122 msnm., partido General Villegas, Buenos Aires, Argentina.

El ensayo se realizó sobre el silaje de Sorgo, el cultivo se sembró el 29 de noviembre del 2009 en un lote de 25 hectáreas que presentaba un rastrojo de Sorgo de la campaña 08/09, al cual se le practicó una labor de descompactación con un subsolador a una profundidad de 25-30 cm. y sobre otro lote con la misma superficie que presentaba una pastura degradada base alfalfa, dicho lote también fue descompactado con subsolador y posteriormente se pasó una rastra de disco doble acción y rolo. Los lotes fueron sembrados con Sorgo silero de PANNAR, var. “silage king” el 29 de noviembre, a una densidad de 14 plantas/m a 0,52 m. entre líneas. Al momento de la siembra se fertilizó con 50 kilogramos de urea y 50 kilogramos de (FDA) fosfato di amónico. El picado e inoculación del sorgo se realizo 20 Marzo del 2010.

7.2 - CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DE LA REGIÓN:

El clima predominante de la zona es templado con invierno seco, presentando un régimen de precipitaciones Monzónico, con una media anual de 855 milímetros. El período libre de heladas se extiende por aproximadamente 260 días, generalmente desde el mes de octubre a abril. El mes más frío del año es julio, con una temperatura media de 8,4 °C, mientras que el mes más cálido es enero con una temperatura media de 25 °C. (Laboulaye AERO, 2010).

7.3 - EVALUACIÓN:

En el proyecto de Trabajo Final, se evaluó la calidad del silaje de sorgo inoculado comparado con uno sin inocular.

Lo que se quiso estudiar al realizar el procedimiento de inoculación es la mejora en la calidad del forraje ensilado, ya que según antecedentes los inoculantes utilizados poseen una concentración de bacterias lácticas 1000 veces mayor que un silaje sin inocular con 100 unidades formadoras de colonias (UFC), este tipo de bacterias tienen una alta eficiencia para producir ácido láctico. Además los inoculantes de silo, llevan también enzimas que degradan los azúcares que forman estructuras en los forrajes y los llevan a compuestos solubles de más fácil aprovechamiento por parte de las bacterias. Por esta razón al inocular un material para ensilarlo, el tiempo de fermentación necesario para estabilizar el silaje se reduce

marcadamente bajando el pH a niveles de 3.2 – 4.2. Todo esto se traduce en grandes ventajas para el silo inoculado como el aumento de la Digestibilidad y la reducción de pérdidas de material

7.4 - MATERIALES UTILIZADOS

Los materiales que se utilizaron para llevar a cabo el ensayo fue un híbrido de Sorghum bicolor (L) Moench comercializado por la empresa PANNAR variedad “Silage King”, picadora CLASS 890, embolsadora IMPECOR, silobolsa de 75 metros de lar y 9 pies de diámetro e inoculante enzimático para silos forrajeros de LACTOSILO (BECKER UNDERWOOD), el cual contenía seis cepas de bacterias lácticas y enzimas celulolíticas. Entre las bacterias se encontraban:

- Lactobacilus curvatus (aislado de silaje de maíz).
- Bacteria láctica sorgo S1 (aislada de silaje de sorgo).
- Lactobacilus plantarum.
- Lactobacilus acidophilus.
- Pediococcus acidilactici.
- Enterococcus faecium.

El picado del cultivo se realizó con picadora CLASS 890, la misma tenía incorporado un kit de inoculación por aspersión, en el cual fue incorporado el inoculante para realizar el tratamiento, posteriormente fue embolsado con maquina IMPECOR, obteniendo así los silajes con los distintos tratamientos.

7.5 - INOCULACIÓN

TRATAMIENTO

En un recipiente limpio y libre de residuos tóxicos se diluyó el inoculante en agua potable libre de cloro, a temperatura ambiente, manteniendo el recipiente cerrado para evitar la entrada de aire. La dosis a utilizada para el caso del sorgo fue de 5 gramos por tonelada de materia verde a ensilar. Se utilizó dos litros de agua por tonelada para lograr un mojado más eficiente.

Luego se colocó el caldo en el depósito para inoculante de la picadora autopropulsada, se inoculó a través de un aspersor incorporado en la picadora en el momento del picado.

7.6 - DISEÑO EXPERIMENTAL

El ensayo fue realizado a través de un diseño completamente aleatorizado (diseño simple al azar) con dos tratamientos (silaje inoculado y silaje sin inocular) y tres repeticiones ($r=3$) para cada tratamiento, cuya unidad experimental era un silo al que se le asignaron dos lugares de muestreo donde se recogió el forraje para su análisis correspondiente.

- La toma de muestras se efectuó después de las 72 horas y a los 20 días de la confección.
- A las 72 horas se tomaron dos submuestras en cada estación de muestreo de los silajes inoculados y sin inocular, a 50 centímetros de profundidad del silo. Se juntaron las dos submuestras logrando un tamaño final de muestra de 1 a 2 kg.
- A los 20 días se repitió la operación de toma de muestras de silaje.
- Las muestras se colocaron en doble bolsa plástica eliminando todo el aire. Se mantuvo en un ambiente fresco y posteriormente se congelaron hasta que fueron llevadas al laboratorio para su análisis.

7.7 - DETERMINACIONES

La calidad se midió en el laboratorio de Nutrición Animal de la UNRC donde fueron llevadas las muestras y molidas en dicho lugar, determinándose posteriormente (MS) materia seca, (FDN) fibra detergente neutro, (FDA) fibra detergente ácido, (PB) proteína bruta, (C) cenizas, (LDA) lignina detergente ácido y (pH) potencia Hidrógeno.

DETERMINACIÓN DEL pH

Posiblemente es la medida más simple y que nos da una visión general de la calidad fermentativa y de estabilidad del ensilado. Su medida es sencilla y rápida ya que consiste simplemente en introducir la sonda de un peachimetro en un volumen del líquido extraído por prensado o maceración. (AOAC, 1990 a).

DETERMINACIÓN DE LA MATERIA SECA:

El agua de la muestra, se elimina por medio de evaporación inducida por calor. La cantidad de muestra residual después del procedimiento constituye la materia seca. (AOAC, 1990 b).

Materia seca para conservación: Primero se realiza el secado de la muestra en estufa de aire forzado a 60 °C, y luego se equilibra con la humedad ambiente para conservar adecuadamente la muestra para el

análisis de calidad. Luego la muestra que se va a analizar debe ser secada a 65 ° ya que a una temperatura mayor se produce la reacción de Maillard modificando la estructura original de la muestra.

Materia seca total: se obtiene sometiendo a una muestra a 105 °C para eliminar toda el agua libre. Esta alícuota no va a ser utilizada para el análisis químico.

DETERMINACIÓN DE CENIZAS:

La materia seca de un vegetal se compone de materia orgánica (MO) y de una fracción inorgánica o mineral (MI). Los minerales se mantienen inalterables a altas temperaturas, es posible separarlos de la fracción orgánica por un proceso de calcinado. Las cenizas corresponden al residuo inorgánico que deja una muestra al ser incinerada a 500-600 °C. (AOAC, 1990 c).

Para calcularla se realiza el siguiente procedimiento:

Cálculos:

Peso de MS _____ 100%

Peso de Cenizas (C) _____ X%

% C: $\text{Peso de C} / \text{Peso MS} \times 100$

MÉTODOS QUÍMICOS PARA LA DETERMINACIÓN DE NUTRIENTES.

ANÁLISIS PROXIMAL DE WEENDE:

La evaluación química es el punto de partida para cualquier otra evaluación. A los fines de análisis los constituyentes de la MS de alimento PB y C. (AOAC, 1990 d).

- **Proteína Bruta.**
- **Cenizas.**

DETERMINACIÓN DE LAS FRACCIONES:

Materia Seca: secado en estufa de aire forzado a 105 °C hasta peso constante.

Cenizas: Calcinado en mufla a 550 ° C durante 3 horas.

Proteína bruta: Valoración del Nitrógeno Proteico y No Proteico (excepto nitratos, Nitritos y Compuestos con N azoado) por el método de Kjeldahl.

SISTEMA ANALÍTICO DE VAN SOEST:

Es un método rápido para dividir los carbohidratos de los alimentos en fracciones relacionadas con su disponibilidad nutricional. (Van Soest, P.J., 1966).

- **Fibra Detergente Neutro.**
- **Contenido Celular + Pectina.**
- **Fibra Detergente Ácido.**
- **Lignina Detergente Ácido.**

DIGESTIBILIDAD:

Degradación de las macromoléculas del alimento a compuestos simples. En mamíferos se lleva a cabo por hidrólisis ácida en el estomago y por enzimas digestivas en el intestino delgado. En rumiantes por fermentación por microorganismos que se encuentran en el rumen y también por enzimas del intestino.

El valor potencial de un alimento para suministrar un determinado nutriente, puede conocerse mediante análisis químico, pero el valor real que tiene para el animal es siempre inferior, ya que durante la digestión, absorción y metabolismo se producen pérdidas.

Para conocer estos valores lo primero que hay que considerar es la porción del alimento que no es absorbida y que se excreta por las heces. Esto da lugar al concepto de digestibilidad, que se define con más exactitud como la proporción del alimento que no es excretada con las heces, y se supone por lo tanto que ha sido absorbida.

Solamente se determinará la digestibilidad a través del Método Químico.

DIGESTIBILIDAD QUÍMICA

El método consiste en la determinación química del % de (PC) y de cada uno de los constituyentes, y en la estimación por medio de ecuaciones de la digestibilidad de la misma en función del contenido de lignina que posee.

La digestibilidad de la Materia Seca se obtiene por la sumatoria del % de (CC) y el % de (PC) digestible. (AOAC, 1990 e).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis estadístico se utilizó el análisis de varianza y para comparación de medias la Prueba LSD de Fisher ($p \leq 0.05$). Para ello se utilizó el paquete de análisis estadísticos InfoStat® (Di Rienzo et al., 2010).

VII – Resultados y Discusión

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro N° 1 y 2 se observan los resultados del análisis del ensayo para cada tratamiento (silaje inoculado y silaje sin inocular), en el cual se realizó un promedio de las tres repeticiones, calculándose también el error estándar, se detallan las fracciones en base seca y su unidad correspondiente.

Cuadro N°1: materia seca (MS), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), proteína bruta (PB), cenizas (C), lignina detergente ácido (LDA), Digestibilidad Química (dig.), Energía Metabólica (EM) y potencia Hidrógeno (pH).

Muestras		Tratamiento		Tratamiento	
		s/inocular (3 días)		inoculado (3 días)	
		Media	Error Estándar	Media	Error Estándar
ANÁLISIS DE:	Unidad				
Materia Seca (en base tal cual)	%	26.59	0.2	28.63	0.38
Fracciones (en base seca):					
Cenizas	%	7.52	0.07	7.69	0.07
Proteína Bruta (PB)	%	6.75	0.09	6.15	0.13
Fibra Detergente Neutro (FDN)	%	58.44	0.53	54.58	0.7
Contenido Celular (CC)	%	41.56	0.53	45.42	0.7
Fibra Detergente Acido (FDA)	%	30.3	0.53	30.47	0.38
Lignina Detergente Acido (LDA)	%	5.45	0.19	5.72	0.21
Digestibilidad. Química (Van Soest)	%	51.41	0.75	52.93	1.07
Energía Metabólica (EM)	Mcal/Kg.M.S	1.85	0.03	1.91	0.04
pH		3.91	0.05	3.75	0.04

Cuadro N°2: fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), proteína bruta (PB), cenizas (C), lignina detergente ácido (LDA), Digestibilidad Química (dig.), Energía Metabólica (EM) y potencia Hidrógeno (pH) de las muestras tomadas a los 20 días.

Muestras		Tratamiento		Tratamiento	
		s/inocular (20 días)		inoculado (20 días)	
		Media	Error Estandar	Media	Error Estandar
ANALISIS DE:	Unidad				
Materia Seca (en base tal cual)	%	26.66	0.48	27.71	0.45
Fracciones (en base seca):					
Cenizas	%	7.37	0.2	7.54	0.15
Proteína Bruta (PB)	%	6.67	0.19	6.27	0.09
Fibra Detergente Neutro (FDN)	%	51.27	0.66	51.4	0.69
Contenido Celular (CC)	%	48.73	0.66	48.6	0.69
Fibra Detergente Acido (FDA)	%	28.4	0.55	30.42	0.42
Lignina Detergente Acido (LDA)	%	4.59	0.14	5.61	0.19
Digestibilidad. Química (Van Soest)	%	58.53	0.54	55.53	0.94
Energía Metabólica (EM)	Mcal/Kg.M.S	2.11	0.02	2.00	0.04
pH		3.69	0.10	3.73	0.07

MATERIA SECA

Como puede observarse en el cuadro no hay interacción entre la inoculación y el tiempo ($p=0.2469$), tampoco hay efecto del tiempo en el que fueron tomadas las muestras ($p=0.3081$).

La aplicación de Lactosilo tuvo efecto sobre la materia seca existiendo diferencias estadísticamente significativas entre los silos inoculados y sin inocular ($p=0.0043$). En el caso de las muestras tomadas a los 3 días el porcentaje de MS fue un 7 % superior en el silaje inoculado que en el silaje sin inocular, pero no hubo diferencias significativas entre las muestras tomadas a los 20 días. En experiencias comparativas de silajes inoculados y sin inocular se han obtenido diferencias en el porcentaje de materia seca con ganancias

en términos porcentuales (Salvador, 2006). Con silajes inoculados se lograron disminuir las pérdidas de MS en un 5 % (Pichard y Bolson, 2009).

CENIZAS

No hay interacción entre la inoculación y el tiempo ($p > 0.9999$) y tampoco hay un efecto del tiempo en el que fueron tomadas las muestras ($p = 0.2939$).

La aplicación de Lactosilo no tuvo efecto sobre las cenizas, siendo no significativas las diferencias entre los silos inoculados y sin inocular para las muestras tomadas a los 3 y 20 días ($p = 0.2473$).

PROTEINA BRUTA

Se puede observar que no hay interacción entre la inoculación y el tiempo ($p = 0.4349$) y tampoco hay efecto del tiempo en el que fueron tomadas las muestras ($p = 0.8695$).

En este caso la aplicación de inoculante Lactosilo no produjo un efecto positivo en el contenido de proteína bruta, ya que es menor en el silaje no inoculado que en el silaje sin inocular, tanto en las muestras tomadas a los 3 como a los 20 días existiendo diferencias estadísticamente significativas. ($p = 0.0045$).

Estudios realizados en el INTA Balcarce por Gutiérrez y Rossi revelaron que la aplicación del aditivo Lactosilo no tuvo efecto significativo sobre el valor de PB. (Gutiérrez y Rossi, 2004 b).

FIBRA DETERGENTE NEUTRO

Si hay interacción entre la inoculación y el tiempo ($p = 0.0151$) y también se observa un efecto del tiempo en el que fueron tomadas las muestras ($p < 0.0001$).

La FDN de los silos inoculados presentaron valores cercanos a los óptimos, los cuales se esperan en silajes de buena calidad forrajera, los silajes no inoculados presentaron valores más altos que los silajes inoculados para muestras tomadas a los 3 días, siendo estas diferencias estadísticamente significativas ($p = 0.0207$). Para muestras tomadas a los 20 días el análisis no arrojó diferencias significativas. Esto se explica ya que el silaje inoculado al tener una fermentación óptima en menor tiempo, posee menor utilización del material ensilado para lograr su estabilidad, por lo tanto el porcentaje de fibra es mayor en silajes sin inocular.

En experiencias realizadas sobre inoculación de silajes de Sorgo se observó la disminución de FDN y FDA, lo que impactó positivamente sobre la digestibilidad y el consumo potencial por parte del animal. (Gutiérrez y Rossi, 2004 c).

CONTENIDO CELULAR

Si hay interacción entre la inoculación y el tiempo ($p=0.0151$) y también hay efecto del tiempo en el que fueron tomadas las muestras ($p<0.0001$).

La aplicación de inoculante Lactosilo tuvo un efecto positivo en el contenido celular, presentando diferencias estadísticamente significativas con un ($p=0.0207$), en muestras tomadas a los 3 días. En muestras tomadas a los 20 días el efecto fue positivo ante la aplicación de inoculante, pero las diferencias no fueron significativas. En el caso de las muestras tomadas a los 3 días el contenido celular del silaje inoculado arrojó un valor que superó en un 8 % al contenido celular del silaje sin inocular. Esto se debe a que el contenido celular se va a utilizar en menor cantidad para una posterior fermentación por parte de enzimas lácticas.

FIBRA DETERGENTE ACIDO

Se puede observar que no hay interacción entre la inoculación y el tiempo ($p=0.0871$) y tampoco hay efecto del tiempo en el que fueron tomadas las muestras ($p=0.748$).

La FDA tanto en silos inoculados como no inoculados no presenta diferencias estadísticamente significativas con un ($p= 0.0505$), para muestras tomadas a los 3 y 20 días, estos valores son los esperados en un silo de alta calidad lo que permite que la digestibilidad y el consumo sean favorables.

LIGNINA DETERGENTE ACIDO

Se puede observar que no hay interacción entre la inoculación y el tiempo ($p=0.0748$), pero si hay efecto del tiempo en el que fueron tomadas las muestras ($p=0.0285$).

Con respecto a las muestras tomadas a los 3 días no hay diferencias significativas para silajes inoculados y sin inocular, para muestras tomadas a los 20 días se observan diferencias estadísticamente significativas entre la LDA de los silos inoculados y los no inoculados con un ($p=0.0076$).

DIGESTIBILIDAD QUÍMICA

Se puede observar que hay interacción entre la inoculación y el tiempo ($p=0.0289$) y también hay efecto del tiempo en el que fueron tomadas las muestras ($p=0.0005$).

La Digestibilidad Química no presenta diferencias estadísticamente significativas entre silos inoculados y silos sin inocular con un valor ($p= 0.4109$) en muestras tomadas a los 3 días, pero si hay diferencias estadísticamente significativas para muestras tomadas a los 20 días, siendo mayor la digestibilidad en el silaje no inoculado. Debido a que los valores de FDA Y FDN se mantienen prácticamente constantes entre silos inoculados y sin inocular, la digestibilidad química de estos silajes no varía, pero es similar a silajes de calidad óptima. Cuando se analiza el contenido de Lignina, se observa que

las muestras tomadas a los 20 días presentan menor porcentaje relacionándose esto con mayor digestibilidad química.

Durante años se han llevado a cabo varios estudios demostrando que los inoculantes además de mejorar la conservación tienen la ventaja de mejorar la digestibilidad de los forrajes. (Seale, 2003 b).

La inoculación mejora un 5% la digestibilidad de la MS ensilada, pero en promedio de diferentes ensayos realizados se llega a que el cultivo sin inocular logre un silaje con 62% de digestibilidad, con inoculante se logra un 67% (recordar que en Europa y en USA los promedios están entre 70 y 75%, mientras que en nuestro país apenas llegan al 60%). (Cairó, 2006 b).

ENERGÍA METABÓLICA

Si hay interacción entre la inoculación y el tiempo ($p=0.0265$) y también se observa un efecto del tiempo en el que fueron tomadas las muestras ($p<0.0005$).

La EM presenta valores similares en los silos inoculados y los silos sin inocular, siendo las diferencias no significativas estadísticamente ($p=0.3920$), si se observa diferencia estadísticamente significativa en las muestras tomadas a los 20 días. En general al no haber diferencias marcadas en FDN, FDA, LDA, no hay impacto en la digestibilidad química de Van Soest y por lo tanto en EM.

La EM presente en ambos tratamientos es relativamente baja debiéndose esto a un bajo porcentaje de grano ya que el sorgo fue picado en forma temprana no habiéndose desarrollado la totalidad de los granos de la panoja.

PH

Se puede observar que no hay interacción entre la inoculación y el tiempo ($p=0.1748$) y tampoco hay efecto del tiempo en el que fueron tomadas las muestras ($p=0.1118$).

El pH no presenta diferencias estadísticamente significativas entre silos inoculados y silos sin inocular ($p=0.4501$) para muestras tomadas a los 3 y 20 días.

El pH de todos los silos es óptimo lo que asegura la calidad del silaje obtenido en el tiempo, esto es debido a la alta presencia de lactobacilos naturales como los aplicados con el inoculante, que produjeron una rápida fermentación de los carbohidratos presentes en la masa ensilada. Con estos valores de pH se protege en mayor grado al silo del ataque de hongos y levaduras.

El principal efecto en la adición de bacterias lácticas al cultivo durante el ensilado, debería ser una mejora en la fermentación que ayude a preservar el cultivo, durante su almacenaje en el silo, y acelerar los procesos fermentativos además de un rápido descenso del pH. Sin embargo, varios estudios revelan que la

efectividad del inoculante varía con el cultivo, actuando mejor con alfalfa y tréboles, no siendo el caso del maíz y sorgo. (Bragachini et al, 2008 g).

VIII - Conclusiones

CONCLUSIONES

Los silajes de sorgo inoculado con Lactosilo y sin inocular fueron evaluados a través de la fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), proteína bruta (PB), cenizas (C), lignina detergente ácido (LDA) y potencial Hidrógeno (pH). El inoculante tuvo un efecto heterogéneo de estos parámetros, siendo el objetivo principal lograr una mejor fermentación, disminución del pH y un incremento de la digestibilidad.

La adición del inoculante Lactosilo, tuvo una mínima respuesta positiva sobre el porcentaje de MS, FDN, CONTENIDO CELULAR, y no se obtuvieron respuestas o las mismas no eran significativas sobre DIGESTIBILIDAD QUÍMICA, CENIZAS, PROTEÍNA BRUTA, FDA, LDA y ENERGÍA METABÓLICA, respecto de los silajes inoculados y sin inocular para las muestras tomadas a los 3 y 20 días.

Respecto a la calidad fermentativa, independientemente del uso del Lactosilo el pH de todos los silos fue óptimo, lográndose una rápida estabilización protegiendo a los silos al ataque de diferentes organismos hasta el momento del consumo. Esto revela que a pesar de que existan estos productos, es fundamental prestar atención a que cultivo se va a aplicar y en qué estado se encuentra éste.

Independientemente de la aplicación de inoculantes es importante tener en cuenta cada etapa del ensilado para reducir al mínimo las pérdidas de calidad, ya que son decisiones de bajo o nulo costo pero de un alto impacto.

IX – Bibliografía consultada

BIBLIOGRAFÍA:

AOAC 1990 a. **Official Methods of Analysis.** Association of Official Analytical Chemists. 15th Edition. Washington, DC, USA.

AOAC 1990 b. **Official Methods of Analysis.** Association of Official Analytical Chemists. 15th Edition. Washington, DC, USA.

AOAC 1990 c. **Official Methods of Analysis.** Association of Official Analytical Chemists. 15th Edition. Washington, DC, USA.

AOAC 1990 d. **Official Methods of Analysis.** Association of Official Analytical Chemists. 15th Edition. Washington, DC, USA.

AOAC 1990 e. **Official Methods of Analysis.** Association of Official Analytical Chemists. 15th Edition. Washington, DC, USA.

BASIGALUP, D. H, Y M. GALLARDO 2007. **El cultivo de alfalfa en Argentina.** Ediciones INTA, B. Aires, Argentina. Cap: 16. P. 173-192. **Consejos técnicos. Hacer un buen silo hoy es mejorar la producción de mañana.** DIARIO EL LITORAL. En: www.ellitoral.com/index.php/.../REG-02.html. Consultado: 09-09-2009.

BOLSEN, 1999. **Uso de aditivos para mejorar el ensilaje de los forrajes tropicales.** En: <http://www.fao.org/docrep/005/X8486S/x8486s0b.htm>. Consultado: 11-09-2009.

BRAGACHINI, M., P. CATTANI, M. GALLARDO, Y J. PEIRETTI. 2008 a. **Forrajes conservados de alta calidad y aspectos relacionados al manejo nutricional.** Ediciones INTA, B. Aires, Argentina. Cap: 6. P.135.

BRAGACHINI, M., P. CATTANI, M. GALLARDO, Y J. PEIRETTI. 2008 b. **Forrajes conservados de alta calidad y aspectos relacionados al manejo nutricional.** Ediciones INTA, B. Aires, Argentina. Cap: 6. P.137.

BRAGACHINI, M., P. CATTANI, M. GALLARDO, Y J. PEIRETTI. 2008 c. **Forrajes conservados de alta calidad y aspectos relacionados al manejo nutricional.** Ediciones INTA, B. Aires, Argentina. Cap: 9. P.224.

BRAGACHINI, M., P. CATTANI, M. GALLARDO, Y J. PEIRETTI. 2008 d. **Forrajes conservados de alta calidad y aspectos relacionados al manejo nutricional.** Ediciones INTA, B. Aires, Argentina. Cap: 9. P.224.

BRAGACHINI, M., P. CATTANI, M. GALLARDO, Y J. PEIRETTI. 2008 e. **Forrajes conservados de alta calidad y aspectos relacionados al manejo nutricional.** Ediciones INTA, B. Aires, Argentina. Cap: 9. P.225.

BRAGACHINI, M., P. CATTANI, M. GALLARDO, Y J. PEIRETTI. 2008 f. **Forrajes conservados de alta calidad y aspectos relacionados al manejo nutricional.** Ediciones INTA, B. Aires, Argentina. Cap: 9. P.226.

BRAGACHINI, M., P. CATTANI, M. GALLARDO, Y J. PEIRETTI. 2008 g. **Forrajes conservados de alta calidad y aspectos relacionados al manejo nutricional.** Ediciones INTA, B. Aires, Argentina. Cap: 9. P.226.

CAIRÓ, G. 2006 a. **Mayor seguridad inoculando su silo.** En: http://www.engormix.com/mayor_seguridad_inoculando_silo_s_articulos_1026_AGR.htm
Consultado: 23-10-2009.

CAIRÓ, G. 2006 b. **Mayor seguridad inoculando su silo.** En: http://www.engormix.com/mayor_seguridad_inoculando_silo_s_articulos_1026_AGR.htm
Consultado: 23-10-2009.

CHASE, 2009. L. E. Department of Animal Science, Cornell University. **Pautas para la evaluación de silos.**
En:<http://www.nutrefeed.com.ar/BOLETIN/Pautas%20para%20la%20Evaluacion%20de%20Silos.pdf>.
Consultado: 09-09-2009.

DI RIENZO, J.A., CASANOVES F., BALZARINI M.G., GONZALEZ L., TABLADA M., ROBLEDO C.W. **InfoStat versión 2010**. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

FROETSCHER 1995. **Uso de aditivos para mejorar el ensilaje de los forrajes tropicales**. En: <http://www.fao.org/docrep/005/X8486S/x8486s0b.htm>. Consultado: 20-11-2009.

GUTIÉRREZ Y ROSSI, 2004 a. **Efecto de la aplicación de un inoculante enzimático en la calidad nutricional y fermentativa: Silaje de grano húmedo de sorgo**. En: http://www.ensiladores.com.ar/tecnica/manual_becker/Manual_Lactosilo.pdf. Consultado: 10-09-2009.

GUTIÉRREZ Y ROSSI, 2004 b. **Efecto de la aplicación de un inoculante enzimático en la calidad nutricional y fermentativa: Silaje de grano húmedo de sorgo**. En: http://www.ensiladores.com.ar/tecnica/manual_becker/Manual_Lactosilo.pdf. Consultado: 12-04-2012.

GUTIÉRREZ Y ROSSI, 2004 b. **Efecto de la aplicación de un inoculante enzimático en la calidad nutricional y fermentativa: Silaje de grano húmedo de sorgo**. En: http://www.ensiladores.com.ar/tecnica/manual_becker/Manual_Lactosilo.pdf. Consultado: 12-04-2012.

INFOSTAT®, 2008. **Paquete de análisis estadísticos: software estadístico. Versión 2008**.

LABOULAYE AERO, 2010. **Clima en Laboulaye aero**. En: <http://clima.meteored.com/clima-en-laboulaye+aero-875340.html>. Consultado: 20-11-2009.

OLIVEIRA, A.S. 1995 a. **Inoculación en ensilajes y su importancia para una correcta conservación evitando el desarrollo de micotoxinas**. En: <http://www.lactosilo.com/LinkClick.aspx?fileticket=ehHAh6jG7jg%3D&tabid=141&mid=1014>. Consultado: 09-09-2009.

OLIVEIRA, A.S. 2006 b. **Tecnología para apuntar a silos con mayor calidad.** DIARIO LA NACION. En: http://www.lanacion.com.ar/nota.asp?nota_id=781526. Consultado: 10-09-2009.

OLIVEIRA, A.S. 1995 c. **Inoculación en ensilajes y su importancia para una correcta conservación evitando el desarrollo de micotoxinas.** En: <http://www.lactosilo.com/LinkClick.aspx?fileticket=ehHAh6jG7jg%3D&tabid=141&mid=1014>. Consultado: 07-09-2011.

PIÑEIRO, G. 2006 a. **Tecnología para apuntar a silos con mayor calidad.** DIARIO LA NACION. En: http://www.lanacion.com.ar/nota.asp?nota_id=781526. Consultado: 10-09-2009.

PIÑEIRO, G. 2006 b. **Tecnología para apuntar a silos con mayor calidad.** DIARIO LA NACION. En: http://www.lanacion.com.ar/nota.asp?nota_id=781526. Consultado: 10-09-2009.

PIÑEIRO, G. 2006 c. **Mejorando los resultados del silo.** Revista Producir XXI. Febrero 2006. P. 26.

PICHARD, G. Y BOLSON, K. 2009. **Pautas para la evaluación de silos.** NUTREFEED. En: <http://www.nutrefeed.com.ar/BOLETIN/Pautas%20para%20la%20Evaluacion%20de%20Silos.pdf>. Consultado: 10-09-2009.

RAMÍREZ, E. 1999 a. **Aditivos en la confección de silaje.** En: www.produccionbovina.com.ar. Consultado: 09-09-2009.

RAMÍREZ, E. 1999 b. **Aditivos en la confección de silaje.** En: www.produccionbovina.com.ar. Consultado: 09-09-2009.

SALVADOR, C. 2006. **Tecnología para apuntar a silos con mayor calidad.** DIARIO LA NACION. En: <http://www.lanacion.com.ar>. Consultado: 10-09-2009.

SEALE, D. 2003 a. **Uso de inoculantes para mejorar la calidad del silo.** DIARIO PLANETA SEMEXESPAÑA. En: http://semex.es/index.php?mod=archive_document_detail&id=55&fil_id_category=2. Consultado: 12-09-2011.

SEALE, D. 2003 b. **Uso de inoculantes para mejorar la calidad del silo.** DIARIO PLANETA SEMEXESPÑA. En: http://semex.es/index.php?mod=archive_document_detail&id=55&fil_id_category=2. Consultado: 12-09-2011.

SILVEIRA, P. E. A. Y F. F. REINALDO. 2006. **Conservación de forrajes: segunda parte.** Revista Electrónica de Veterinaria REDVET, ISSN 1695-7504.pdf
En: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n111106/110606>. Consultado: 10-09-2009.

VAN SOEST, P.J. 1966. **Estimation of the true digestibility of forages by the in vitro digestion of cell walls.** Proc. 10th Int. Grasslands Congr., Helsinki. 438-441 p.

KUNG Y MUCK. 1997. **Inoculantes microbiales para ensilaje: Su uso en condiciones de clima cálido.** Universidad Estatal de Nuevo México. México.
En: http://aces.nmsu.edu/pubs/_circulars/cr642_spanish.pdf. Consultado: 10-09-2009.

X – Anexos

MATERIA SECA

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
materia seca	12	0.69	0.58	2.49

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8.47	3	2.82	6.07	0.0185
Inoculación	7.19	1	7.19	15.48	0.0043
Tiempo	0.55	1	0.55	1.18	0.3081
Inoculación*Tiempo	0.73	1	0.73	1.56	0.2469
Error	3.72	8	0.46		
Total	12.18	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.28342

Error: 0.4646 gl: 8

Inoculación	Tiempo	Medias	n		
s/inocular	3	26.59	3	A	
s/inocular	20	26.66	3	A	
inoculado	20	27.71	3	A	B
inoculado	3	28.63	3		B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

Estadística descriptiva

Inoculación	Tiempo	Variable	n	Media	D.E.	E.E.	Mín	Máx
inoculado	3	materia seca	3	28.63	0.66	0.38	27.92	29.21
inoculado	20	materia seca	3	27.71	0.79	0.45	26.83	28.34
s/inocular	3	materia seca	3	26.59	0.35	0.20	26.23	26.92
s/inocular	20	materia seca	3	26.66	0.83	0.48	25.82	27.48

CENIZAS

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Cenizas	12	0.26	0.00	3.07

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.15	3	0.05	0.94	0.4654
Inoculación	0.08	1	0.08	1.56	0.2473
Tiempo	0.07	1	0.07	1.26	0.2939
Inoculación*Tiempo	0.00	1	0.00	0.00	>0.9999
Error	0.43	8	0.05		
Total	0.58	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.43547

Error: 0.0535 gl: 8

Inoculación	Tiempo	Medias	n	
s/inocular	20	7.37	3	A
s/inocular	3	7.52	3	A
inoculado	20	7.54	3	A
inoculado	3	7.69	3	A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

Estadística descriptiva

Inoculación	Tiempo	Variable	n	Media	D.E.	E.E.	Mín	Máx
inoculado	3	Cenizas	3	7.69	0.13	0.07	7.58	7.83
inoculado	20	Cenizas	3	7.54	0.26	0.15	7.32	7.82
s/inocular	3	Cenizas	3	7.52	0.12	0.07	7.40	7.64
s/inocular	20	Cenizas	3	7.37	0.34	0.20	6.98	7.62

PROTEINA BRUTA

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Proteína bruta	12	0.67	0.54	3.43

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.78	3	0.26	5.31	0.0263
Inoculación	0.75	1	0.75	15.22	0.0045
Tiempo	1.4E-03	1	1.4E-03	0.03	0.8695
Inoculación*Tiempo	0.03	1	0.03	0.68	0.4349
Error	0.39	8	0.05		
Total	1.17	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.41657

Error: 0.0490 gl: 8

Inoculación	Tiempo	Medias	n			
inoculado	3	6.15	3	A		
inoculado	20	6.27	3	A	B	
s/inocular	20	6.67	3		B	C
s/inocular	3	6.75	3			C

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

Estadística descriptiva

Inoculación	Tiempo	Variable	n	Media	D.E.	E.E.	Mín	Máx
inoculado	3	Proteína bruta	3	6.15	0.22	0.13	6.01	6.40
inoculado	20	Proteína bruta	3	6.27	0.15	0.09	6.12	6.42
s/inocular	3	Proteína bruta	3	6.75	0.15	0.09	6.62	6.91
s/inocular	20	Proteína bruta	3	6.67	0.32	0.19	6.30	6.90

FIBRA DETERGENTE NEUTRO

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
FDN	12	0.91	0.88	2.08

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	102.67	3	34.22	27.15	0.0002
Inoculación	10.42	1	10.42	8.26	0.0207
Tiempo	80.29	1	80.29	63.71	<0.0001
Inoculación*Tiempo	11.96	1	11.96	9.49	0.0151
Error	10.08	8	1.26		
Total	112.75	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2.11372

Error: 1.2603 gl: 8

Inoculación	Tiempo	Medias	n		
s/inocular	20	51.27	3	A	
inoculado	20	51.40	3	A	
inoculado	3	54.58	3		B
s/inocular	3	58.44	3		C

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

Estadística descriptiva

Inoculación	Tiempo	Variable	n	Media	D.E.	E.E.	Mín	Máx
inoculado	3	FDN	3	54.58	1.21	0.70	53.41	55.82
inoculado	20	FDN	3	51.40	1.20	0.69	50.03	52.21
s/inocular	3	FDN	3	58.44	0.91	0.53	57.40	59.11
s/inocular	20	FDN	3	51.27	1.15	0.66	50.11	52.41

CONTENIDO CELULAR

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Contenido Celular	12	0.91	0.88	2.44

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	102.67	3	34.22	27.15	0.0002
Inoculación	10.42	1	10.42	8.26	0.0207
Tiempo	80.29	1	80.29	63.71	<0.0001
Inoculación*Tiempo	11.96	1	11.96	9.49	0.0151
Error	10.08	8	1.26		
Total	112.75	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2.11372

Error: 1.2603 gl: 8

Inoculación	Tiempo	Medias	n	
s/inocular	3	41.56	3	A
inoculado	3	45.42	3	B
inoculado	20	48.60	3	C
s/inocular	20	48.73	3	C

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

Estadística descriptiva

Inoculación	Tiempo	Variable	n	Media	D.E.	E.E.	Mín	Máx
inoculado	3	Contenido Celular	3	45.42	1.21	0.70	44.18	46.59
inoculado	20	Contenido Celular	3	48.60	1.20	0.69	47.79	49.97
s/inocular	3	Contenido Celular	3	41.56	0.91	0.53	40.89	42.60
s/inocular	20	Contenido Celular	3	48.73	1.15	0.66	47.59	49.89

FIBRA DETERGENTE ACIDO

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
FDA	12	0.62	0.48	2.75

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	9.00	3	3.00	4.43	0.0411
Inoculación	3.59	1	3.59	5.29	0.0505
Tiempo	2.84	1	2.84	4.19	0.0748
Inoculación*Tiempo	2.58	1	2.58	3.80	0.0871
Error	5.42	8	0.68		
Total	14.43	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.55029

Error: 0.6779 gl: 8

Inoculación	Tiempo	Medias	n	
s/inocular	20	28.40	3	A
s/inocular	3	30.30	3	B
inoculado	20	30.42	3	B
inoculado	3	30.47	3	B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

Estadística descriptiva

Inoculación	Tiempo	Variable	n	Media	D.E.	E.E.	Mín	Máx
inoculado	3	FDA	3	30.47	0.66	0.38	30.01	31.22
inoculado	20	FDA	3	30.42	0.73	0.42	29.82	31.24
s/inocular	3	FDA	3	30.30	0.92	0.53	29.41	31.24
s/inocular	20	FDA	3	28.40	0.95	0.55	27.42	29.32

LIGNINA DETERGENTE ACIDO

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
LDA	12	0.75	0.65	5.94

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2.40	3	0.80	7.94	0.0088
Inoculación	1.26	1	1.26	12.53	0.0076
Tiempo	0.72	1	0.72	7.11	0.0285
Inoculación*Tiempo	0.42	1	0.42	4.19	0.0748
Error	0.81	8	0.10		
Total	3.20	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.59731

Error: 0.1006 gl: 8

Inoculación	Tiempo	Medias	n	
s/inocular	20	4.59	3	A
s/inocular	3	5.45	3	B
inoculado	20	5.61	3	B
inoculado	3	5.72	3	B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

Estadística descriptiva

Inoculación	Tiempo	Variable	n	Media	D.E.	E.E.	Mín	Máx
inoculado	3	LDA	3	5.72	0.36	0.21	5.42	6.12
inoculado	20	LDA	3	5.61	0.33	0.19	5.28	5.93
s/inocular	3	LDA	3	5.45	0.33	0.19	5.20	5.82
s/inocular	20	LDA	3	4.59	0.25	0.14	4.38	4.86

DIGESTIBILIDAD QUÍMICA

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Digestibilidad	12	0.83	0.77	2.70

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	87.69	3	29.23	13.46	0.0017
Inoculación	1.64	1	1.64	0.75	0.4109
Tiempo	70.71	1	70.71	32.55	0.0005
Inoculación*Tiempo	15.35	1	15.35	7.06	0.0289
Error	17.38	8	2.17		
Total	105.07	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2.77512

Error: 2.1724 gl: 8

Inoculación	Tiempo	Medias	n		
s/inocular	3	51.41	3	A	
inoculado	3	52.93	3	A	B
inoculado	20	55.53	3		B
s/inocular	20	58.53	3		C

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

Estadística descriptiva

Inoculación	Tiempo	Variable	n	Media	D.E.	E.E.	Mín	Máx
inoculado	3	Digestibilidad	3	52.93	1.86	1.07	51.06	54.78
inoculado	20	Digestibilidad	3	55.53	1.63	0.94	54.48	57.41
s/inocular	3	Digestibilidad	3	51.41	1.29	0.75	50.01	52.56
s/inocular	20	Digestibilidad	3	58.53	0.94	0.54	57.53	59.40

ENERGÍA METABÓLICA

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Energía metabólica	12	0.83	0.77	2.76

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.12	3	0.04	13.14	0.0019
Inoculación	2.4E-03	1	2.4E-03	0.82	0.3920
Tiempo	0.09	1	0.09	31.23	0.0005
Inoculación*Tiempo	0.02	1	0.02	7.37	0.0265
Error	0.02	8	2.9E-03		
Total	0.14	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.10212

Error: 0.0029 gl: 8

Inoculación	Tiempo	Medias	n		
s/inocular	3	1.85	3	A	
inoculado	3	1.91	3	A	B
inoculado	20	2.00	3		B
s/inocular	20	2.11	3		C

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

Estadística descriptiva

Inoculación	Tiempo	Variable	n	Media	D.E.	E.E.	Mín	Máx
inoculado	3	Energía metabólica	3	1.91	0.07	0.04	1.84	1.97
inoculado	20	Energía metabólica	3	2.00	0.06	0.04	1.95	2.07
s/inocular	3	Energía metabólica	3	1.85	0.05	0.03	1.80	1.89
s/inocular	20	Energía metabólica	3	2.11	0.04	0.02	2.07	2.14

PH

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
pH	12	0.43	0.22	3.09

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.08	3	0.03	2.01	0.1907
Inoculación	0.01	1	0.01	0.63	0.4501
Tiempo	0.04	1	0.04	3.19	0.1118
Inoculación*Tiempo	0.03	1	0.03	2.22	0.1748
Error	0.11	8	0.01		
Total	0.19	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.21904

Error: 0.0135 gl: 8

Inoculación	Tiempo	Medias	n		
s/inocular	20	3.69	3	A	
inoculado	20	3.73	3	A	B
inoculado	3	3.75	3	A	B
s/inocular	3	3.91	3		B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

Estadística descriptiva

Inoculación	Tiempo	Variable	n	Media	D.E.	E.E.	Mín	Máx
inoculado	3	pH	3	3.75	0.07	0.04	3.68	3.81
inoculado	20	pH	3	3.73	0.12	0.07	3.62	3.86
s/inocular	3	pH	3	3.91	0.08	0.05	3.82	3.98
s/inocular	20	pH	3	3.69	0.17	0.10	3.50	3.83