



UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

Trabajo Final presentado para optar al Grado de Ingeniero Agrónomo

Modalidad: Investigación

CARACTERIZACIÓN DEL VALOR NUTRICIONAL DE DIFERENTES
GENOTIPOS HÍBRIDOS DE MAÍZ ENSILADOS EN RÍO CUARTO

FRANCISCO FAVARO

DNI: 34.818.442

Directora: Méd. Vet. Maria Eugenia Ortiz

Codirectora: Méd. Vet. Maria Valeria Coniglio

Río Cuarto - Córdoba

Junio 2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: Caracterización del valor nutricional de diferentes genotipos híbridos de maíz ensilados en Rio Cuarto.

Autor: Francisco Favaro

DNI: 34818442

Directora: Maria Eugenia Ortiz

Codirectora: Maria Valeria Coniglio

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias del Jurado

Evaluadores:

Fecha de Presentación: ____/____/____.

Aprobado por Secretaría Académica: ____/____/____.

Secretario Académico

DEDICATORIA

A toda mi familia, por su apoyo incondicional en este largo camino.

A mi madre, por enseñarme las cosas más importantes de la vida y a nunca bajar los brazos.

A mi padre y hermana por sus consejos y porque siempre estuvieron a mi lado guiándome.

A mi abuelo Tito, mi inspiración y mi ejemplo a seguir.

A mis amigos y compañeros, que se mantuvieron a mi lado tanto en los momentos más lindos como en los más difíciles.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia por darme la posibilidad de estudiar y obtener un título universitario.

A la Universidad Nacional de Río Cuarto, que me abrió sus puertas y me brindó todas las herramientas para formarme como profesional.

Le agradezco a Eugenia Ortiz y Valeria Coniglio, que además de ser muy buenas profesionales son excelentes personas.

A mis amigos y compañeros que estuvieron presentes en este camino.

ÍNDICE

Índice de cuadros.....	I
Índice de figuras	II
Resumen.....	III
Summary.....	IV
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Generalidades	1
1.2 Conceptos	3
1.3 Procesos de ensilaje	4
1.3.1 Fase enzimática	4
1.3.2 Fase aeróbica	4
1.3.3 Fase anaeróbica	6
1.4 Factores que afectan el proceso de ensilado	7
1.4.1 Factores inherentes al vegetal	7
1.4.2 Factores ligados a la realización del ensilado	8
1.4.3 Acciones para realizar un buen ensilado	10
1.4.4 Aditivos	11
1.4.4.1 Tipos de aditivos	12
1.4.5 Inoculantes	12
2. HIPOTESIS Y OBJETIVOS	14
3. MATERIALES Y MÉTODOS	15
3.1 Material vegetal y ensayo experimental	15
3.2 Desarrollo en el laboratorio	15
3.2.1 Confección de microsilos	15
3.2.2 Acondicionamiento del material	17
3.2.3 Determinación de parámetros de calidad	17
3.3 Análisis estadísticos	18
4. RESULTADOS	19
5. DISCUSIÓN	23
6. CONCLUSIONES	24
7. BIBLIOGRAFÍA	25

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Criadero, nombre y tipo de ciclo de los genotipos híbridos de maíz evaluados durante el ciclo agrícola 2012/2013 en la localidad de Río Cuarto, provincia de Córdoba.....	15
Cuadro 2. Valores de calidad obtenidos en los silajes de diferentes híbridos de maíz evaluados.....	19
Cuadro 3. Cuadrado medio y significancia de los análisis de la varianza de las cuatro variables relacionadas con la aptitud para silaje de tres híbridos comerciales de maíz evaluados en la localidad de Río Cuarto, en la provincia de Córdoba.....	21
Cuadro 4. Valores medios de proteína bruta, fibra detergente ácida, materia seca y potencial hidrógeno, de cada híbrido evaluado en la localidad de Río Cuarto, en el sur de la provincia de Córdoba.....	22

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cambios en la microflora durante el proceso de fermentación de los ensilados	7
Figura 2. Corte de la espiga de maíz.....	9
Figura 3. Parcela de uno de los híbridos evaluados y corte de espiga de maíz indicando el momento de picado.....	15
Figura 4. Material picado listo para ensilar y pesado del mismo.....	16
Figura 5. Prensa hidráulica y microsilos terminados.....	16
Figura 6. Silaje de maíz recién extraído de microsilos y colocado en bandejas luego de su secado.....	17
Figura 7. Neutralizador y Destilador semiautomático de Kjeldahl para el análisis de proteína bruta y Digestor de fibra en el laboratorio de Nutrición Animal de la FAV de la UNRC.....	18
Figura 8. Porcentajes de Proteína Bruta del material ensilado luego de la apertura de los microsilos.....	19
Figura 9. Porcentajes de Materia Seca del material ensilado luego de la apertura de los microsilos.....	20
Figura 10. Determinaciones de pH del material ensilado, luego de la apertura de los microsilos.....	20
Figura 11. Porcentajes de Fibra Detergente Ácido del material ensilado luego de la apertura de los microsilos.....	21

RESUMEN

El maíz es uno de los cultivos más utilizados para elaborar ensilajes. Ofrece muchas ventajas como recurso forrajero en la cadena alimentaria de rodeos vacunos, utilizándose como suplemento o como único alimento. Muchos establecimientos han optado por intensificar su producción, incluyendo el ensilaje en el planteo de alimentación durante toda la cadena productiva. El objetivo del presente trabajo es evaluar la calidad nutricional de ensilados de tres genotipos híbridos de maíz utilizados en la zona de Río Cuarto. Los principales parámetros que definen la calidad son, entre ellos Proteína Bruta (%), Materia Seca (%), Fibra Detergente Ácida (%) y pH. Para esto se elaboraron microsilos en tubos de PVC. El ensayo se realizó al azar con tres repeticiones de cada genotipo. Se aplicaron análisis estadísticos univariados y se encontró diferencias estadísticamente significativas en cuanto a %FDA y %MS, mientras que para pH y %PB no se encontraron diferencias estadísticas significativas.

El momento de corte de la planta sería uno de los factores más importante a tener en cuenta para analizar los resultados. Los híbridos presentan diferencias en los días de madurez dando distintas proporciones de tallo, hojas y espigas que modifican la calidad final del material.

SUMMARY

Maize is one of the most used crops to produce silages. It offers many advantages as a forage resource within the food chain in cattle herds, used as a supplement or as the only food. Many establishments, have opted to intensify their production, where the silage form a very important part of the feeding proposal. The objective of the present work is to evaluate the nutritional quality of silage of three different maize genotypes used in the Rio Cuarto area. The main parameters that define are Gross Protein (%), Dry Matter (%), Fiber Acid Detergent (%) and pH. For this microsilos were made in PVC tubes. The experiment was carried out with a randomized complete design with three repetitions of each genotype. Univariate statistical analyzes were applied and statistically significant differences were found in terms of FDA and MS, whereas pH and PB not show statistical significant differences.

The cutting moment of the plant would be the most important factor to take into account to analyze the results, since the hybrids present different maturing times, thus giving different proportions of stem, leaves and spikes that modify the final quality of the material.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades

La utilización de ensilajes en los planteos intensivos de producción animal ha dejado de ser un recurso exclusivo de los sistemas lecheros, para formar parte de las dietas en otras alternativas productivas, llevadas a cabo en la región de Río Cuarto y sur de Córdoba (Montesano *et al.*, 2009).

Una de las principales características de estos forrajes conservados que favorece su utilización en la producción de carne bovina, es su alto potencial de producción de forraje de buena calidad. Este aspecto es de fundamental importancia para la intensificación de los sistemas de producción, ya que uno de sus objetivos es el incremento de la carga animal, sin disminución de las ganancias de peso individuales. Además esto permite un mayor grado de utilización de las pasturas durante su ciclo de crecimiento con efectos directos sobre la productividad total del sistema (De León, 2007).

La superficie sembrada con maíz para silaje aumentó de manera significativa desde mediados de la década del 90', acompañando a la creciente intensificación de los sistemas ganaderos, como consecuencia de sus múltiples ventajas tanto agronómicas como nutricionales (Carrete *et al.*, 1997).

Como indica De León (2012), sería importante el mejoramiento de una serie de factores de producción, con el objetivo de lograr una mayor eficiencia en el uso de los recursos, una mayor productividad y un mejor resultado económico de las empresas. Para alcanzar estos resultados De León (2012) asegura que es necesario obtener una alta producción de forraje, lograr un alto grado de cosecha del forraje producido, cubrir adecuadamente los requerimientos nutricionales del ganado y plantear modelos de producción seguros y estables.

Muchas son las ventajas que ofrece el silaje de maíz dentro de la cadena alimentaria del rodeo, ya que puede participar como suplemento energético cuando el contenido de grano del cultivo sea elevado, o como complemento balanceador (Correa Urquiza *et al.*, 2007).

Podría decirse entonces que permitiría implementar distintas estrategias en cuanto a su utilización, desde su uso como suplemento hasta su uso como único alimento, tanto en las épocas de restricción de oferta forrajera como en producciones a corral (De León, 2012).

Mediante la adición de nutrientes complementarios de acuerdo a los distintos tipos de requerimientos animales y sistemas de producción, los silajes permiten conformar dietas balanceadas en los casos en que se utilicen como principal fuente de alimentación. Para la formulación de dietas en base de maíz es necesario conocer el valor nutritivo del silo disponible. Lo cual se realiza mediante el análisis de las principales variables que lo definen: Fibra Detergente Neutra (FDN), Fibra Detergente Ácida (FDA), Digestibilidad y Proteína Bruta (PB). Luego se podrá planificar su corrección. Uno de los componentes que siempre es deficitario en éstos silajes es su contenido proteico, por lo que se requiere la adición de alguna fuente proteica (De León, 2007).

En los planteos lecheros el silo de maíz puede formar parte de la dieta del rodeo en producción, así como de las vacas secas (Bertino, 2013). Muchos establecimientos han optado por intensificar los planteos de recría de vaquillonas, donde los silos forman una parte muy importante del planteo de alimentación, siendo la base de la dieta. En las dietas de vacas en producción, el silo de maíz puede ser usado como un complemento de la dieta base, ocupando entre el 5 al 15% de la Materia Seca (MS) consumida. En estos planteos, Bertino (2013) asegura que la calidad del silo es muy importante, pero lo será más la calidad de la pastura base de la dieta así como los suplementos que se ofrezcan en estas condiciones.

A la hora de confeccionar un silaje de maíz, Piñeiro (2006), sugiere que un buen híbrido es aquel que tenga una proporción de espiga que supere el 50 %, y mayor proporción de grano, ya que aporta mayor digestibilidad (80%). De todos modos también es importante que guarde una relación proporcional con el resto de la planta (25% hoja, 35% tallo). Con respecto a esto, cabe aclarar que hace unos pocos años comenzaron a difundirse híbridos específicos para reservas forrajeras. El inconveniente que presentan estas variedades es que el mejoramiento genético que se realiza es para la producción de grano, las cañas son gruesas, resistentes al vuelco y con una maduración pareja entre espiga, tallos y hojas; esto provoca que cuando el grano se encuentra con la madurez óptima para picado, la planta está demasiado seca, haciendo que disminuya la digestibilidad de la fibra y dificultando la compactación, por lo que en estos materiales el picado debe comenzar antes, resignando la cantidad de energía acumulada en los granos. Los materiales especialmente desarrollados para ensilajes poseen tallos más finos y permiten que el grano llegue al estadio de grano pastoso duro, o lo que es igual, de línea de leche, con la planta aún verde, asegurando una reserva con alta concentración energética y bajo contenido de fibra indigestible (Ramírez *et al.*, 1999). El híbrido debe seleccionarse teniendo en cuenta el ciclo más apropiado para la zona. Si es de ciclo muy corto, el rendimiento total de MS del ensilaje de maíz se verá reducido, aunque ofrece la ventaja de una mayor relación grano/tallo del material cosechado. Si por el contrario, se siembra un ciclo muy largo, se pueden obtener mayores rendimientos de MS, aunque la proporción de grano en la MS total puede ser menor (Romero, 2004).

El momento ideal de picado del maíz para silo es cuando el cultivo alcanza un contenido total de MS entre el 30 y 35%, coincidiendo esto con un grano pastoso a semiduro (1/2 a 1/4 línea de leche). A éstos porcentajes, Keady *et al.* (2012) aseguraron que aumenta la ganancia diaria de peso en ganado de carne, debido a que mejora la ingesta y la eficiencia de conversión. Ferraretto y Shaver (2012) demostraron que si aumenta el contenido de MS por encima del 40% el rendimiento en producción de leche es afectada negativamente.

La altura de corte es una decisión de importancia en el momento de confección del silo. Estará en función del estado del cultivo y rendimiento del mismo. Con respecto al tamaño de picado responde a un objetivo de alimentación y de su función en la dieta. Si se quiere lograr una óptima calidad de producto final, debe ser uniforme y debe efectuarse con maquinaria de precisión para lograr un silaje de buena calidad (Piñeiro, 2006).

La calidad es dinámica en todo el proceso que involucra la producción del forraje conservado hasta que este llega a transformarse en productos animales. Es por esto, que la intención es abordar la calidad, pero desde el punto de vista de sus posibles modificaciones por condiciones generadas en los diferentes momentos, desde la siembra hasta la boca del animal (Monge y Clemente, 2017).

1.2 Conceptos

Es fundamental diferenciar previamente tres conceptos claves que nos ayudarán a comprender de la mejor manera sobre qué haremos referencia.

El ensilaje o ensilado es un método de conservación de forrajes en el que se inhibe el crecimiento de microorganismos degradadores de la materia orgánica, preservados con ácidos, sean estos agregados o producidos en un proceso de fermentación natural (Mannetje, 2001). Silaje es todo alimento húmedo, voluminoso, que se obtiene de almacenar el forraje verde y/o grano húmedo, en ausencia de aire y en determinadas condiciones de temperatura y humedad, lo que provoca su fermentación natural y acidificación. Esto permite su conservación por largo tiempo. Y por último, un silo es el lugar o construcción donde se almacena el forraje para que fermente y que luego sirve para conservarlo (Carrillo, 2003). Hay numerosos tipos, en la región pampeana la adopción del silo bolsa y “bunker” bien tapados y compactados reemplazaron a los viejos silos “puente”. En la actualidad, gracias al avance tecnológico que se produjo en el último período en cuanto a embolsadoras, el 70% del material picado se almacena en silos bolsa y el 30% en silos bunker, cuando el volumen ensilado supera 900 toneladas (Bragachini *et al.*, 2015).

Existe un gran número de especies vegetales que permiten elaborar silajes de buena calidad, dependiendo del nivel de carbohidratos que pueden aportar al mismo. Los cultivos de maíz y sorgo a diferencia de otros como alfalfa y tréboles, son más ricos en carbohidratos y tienen una escasa resistencia al descenso del pH (capacidad buffer) durante la fermentación en el ensilado, lo que permite mejores condiciones para el crecimiento de bacterias lácticas (Mayer, 1999).

Según Romero (2004) el silaje de maíz es uno de los forrajes más importantes del mundo, utilizándose ampliamente por los altos rendimientos de materia seca que produce por hectárea con buen valor energético, por presentar alta palatabilidad, no requerir pre oreo, es de rápida cosecha y posee bajos costos de almacenamiento. Con respecto al sorgo, puede producir menor kilaje de MV

(Materia verde) total por hectárea, pero generalmente, con mayor porcentaje de MS y mayor digestibilidad, lo que lo hace un producto apto para vacas de tambo y animales en invernada, ambos con grandes requerimientos diarios (Carrillo, 2003).

1.3 Proceso de ensilaje

El forraje que se ensila experimenta una serie de transformaciones como consecuencia de la acción de las enzimas de la planta y de los microorganismos (MO) presentes en la superficie foliar o que puedan incorporarse voluntariamente (aditivos) o accidentalmente (Cañete y Sancha, 1998).

Los cambios en el forraje verde se inician a partir del momento que se corta (fase enzimática), continuará en el silo en dos etapas, primero durante la fase aeróbica y finalmente con la fase anaeróbica (Mayer, 1999)

1.3.1 Fase enzimática

Desde el momento en que el forraje es cortado comienzan a actuar enzimas propias del vegetal, hidrolizando parte de las proteínas verdaderas, del almidón, de los Carbohidratos Solubles (CHOS) y de la hemicelulosa, causando pérdidas de distintos órdenes y generando azúcares que serán usados durante la fermentación láctica. Generalmente la reducción de la hemicelulosa es baja, mientras que las proteínas pueden sufrir cambios muy importantes por la acción de enzimas proteolíticas. Estas enzimas pueden convertir a parte de las proteínas verdaderas de la planta verde en nitrógeno proteico-péptido y aminoácidos libres (AA) y nitrógeno no proteico (NNP). En cambio, por la actividad de los MO estas sustancias proteicas son reducidas a amonio y aminas (Muck, 1988).

Las proteasas hidrolizan las proteínas vegetales en péptidos y aminoácidos. Ésta proteólisis disminuye a medida que el medio se acidifica, y se detiene cuando el pH desciende por debajo de 4. Esto explica que, incluso en buenos ensilados, el contenido de nitrógeno soluble sea mayor que el de la planta verde y que pueda representar más del 50% del nitrógeno total (Cañete y Sancha, 1998).

1.3.2 Fase aeróbica

Luego del picado y ensilado, las células del vegetal continúan respirando hasta que consumen todo el oxígeno de aire presente en la masa ensilada, liberando anhídrido carbónico, con desprendimiento de calor. Durante esta etapa, gran parte de los carbohidratos no estructurales, en especial el almidón, son transformados en azúcares simples (glucosa y fructuosa), que serán utilizados posteriormente por los MO que se encuentran en la superficie del vegetal (bacterias, mohos y levaduras), generando gases, ácidos grasos volátiles (AGV) y otros compuestos orgánicos

(Bertoia *et al.*, 1993). Esto perjudicará la actuación posterior de la flora láctica que no podrá encontrar una determinada cantidad de hidratos de carbono para garantizar una suficiente acumulación de ácido láctico. Por ello, es conveniente llenar y cerrar lo más rápidamente el silo. El aire aprisionado en el interior de un silo es desprovisto de oxígeno en menos de 12 horas, produciéndose un ligero aumento de la temperatura de la masa ensilada de 3 a 5 °C (Cañete y Sancha, 1998). Por esto cuanto más rápido se elimine el oxígeno menor es la reducción de los carbohidratos solubles y la producción de calor, y menor es el tiempo que transcurre hasta que se generan las condiciones favorables para el desarrollo de los microorganismos anaeróbicos (Mayer, 1999).

En una primera fase se registra el desarrollo de bacterias aerobias (*Klebsiella* y *Acetobacter*) que son más activas cuanto mayor sea la cantidad de aire aprisionado en el forraje. Estas emplean como sustrato o alimento los hidratos de carbono que pueden transformar en anhídrido carbónico o ácido acético, ácido cuya eficacia conservadora no es muy notable debido a su escasa capacidad acidificante. Tras un período de tiempo que varía entre 24 y 48 horas aparecen bacterias (*Leuconostoc* y *Streptococcus*) que transforman los azúcares en ácido láctico, que ayuda a bajar el pH más rápidamente. A medida que las concentraciones de este ácido son más abundantes, estas bacterias van disminuyendo al tiempo que aparecen otras (*Lactobacillus* y *Pediococcus*) que forman ácido láctico en grandes cantidades; esto sucede entre el 3° y 5° día. Desde aquí hasta el día 17 a 21 de la conservación, el ácido se va acumulando en cantidades crecientes al tiempo que el forraje se hace cada vez más inhabitable para otras bacterias. De modo que si durante este período se ha producido suficiente cantidad de ácidos como para llevar el pH a valores de 4,2 o inferiores, existe la garantía de que el forraje se conservará perfectamente por un período indefinido de tiempo, con un valor nutritivo semejante al que poseía al ser puesto en el silo. Por el contrario, si el forraje era pobre en azúcares (leguminosas, plantas jóvenes) o por el contrario se ha empobrecido antes de ensilarlo (respiración celular, fertilización nitrogenada) o simplemente las bacterias aerobias de la primera fase los han agotado, entonces las bacterias lácticas, formadas del ácido láctico conservador, no tendrán suficiente cantidad de azúcares a su disposición como para conseguir bajar el pH a 4,2 y ello permitirá el desarrollo de otros microbios que van a destruir el forraje poco a poco. En primer lugar actúan las bacterias del grupo *Clostridium* sacarolíticos que atacan a los hidratos de carbono formando ácido butírico de olor desagradable y escaso poder acidificante. Estas dificultan la actividad de las bacterias lácticas y destruyen el ácido láctico ya formado, con lo que la acidez de la masa disminuye y permite la proliferación de otros grupos bacterianos (*Clostridium* proteolíticos) que van a continuar el proceso de putrefacción que afecta ahora a las proteínas, originando amoníaco como producto final, el cual termina por neutralizar la acidez residual. La

masa, ya de por sí sin mucho valor alimenticio y posiblemente con sustancias de carácter tóxico, queda reducida a un producto podrido que ha perdido su aspecto original, con un desagradable y característico olor. A todo ello debe sumarse el efecto destructor de los hongos que se reproducen intensamente, en especial donde por defecto de compresión han quedado bolsas de aire, completando la destrucción del producto que queda prácticamente inservible. Al tiempo, que actúan las enzimas de la planta, se produce un desarrollo de los microorganismos presentes en la superficie del forraje en el momento de recolección. Finalmente es necesario considerar las fermentaciones debidas a mohos y levaduras, que tienen lugar por la presencia de oxígeno en el interior del ensilado bien sea por la falta de estanqueidad del silo, o porque hayan quedado bolsas de aire a causa de una deficiente compactación o por la apertura descuidada del mismo (Cañete y Sancha, 1998).

1.3.3 Fase anaeróbica

Una vez que el oxígeno ha sido desplazado, comienza la fase anaeróbica, que se caracteriza por la intervención de una gran diversidad de MO que consumen los jugos celulares liberados por la planta, especialmente azúcares (Mayer, 1999). Éstos se desarrollan más o menos intensamente en función de las circunstancias predominantes en el ensilaje. Algunos son beneficiosos al acidificar la masa del forraje y otros son perjudiciales al destruir parte de la proteína, incluso ácidos formados previamente, originando olor desagradable (Argamentería *et al.*, 1997).

En una primera etapa predominan las bacterias coliformes o enterobacterias, productoras de ácido acético, alcoholes y gas carbónico. Estas habitualmente abundan en el suelo, de ahí la importancia de no incorporar tierra durante la confección del silaje. Posteriormente a estas bacterias coliformes se desarrollan las bacterias lácticas. En todos los casos, estos complejos de MO consumen diferentes cantidades de azúcares solubles del medio. La fermentación láctica utiliza del 3.8 al 4 % de los azúcares del material puesto a fermentar, mientras que la butírica consume el 24% y la acética el 38% (Bragachini, 1997).

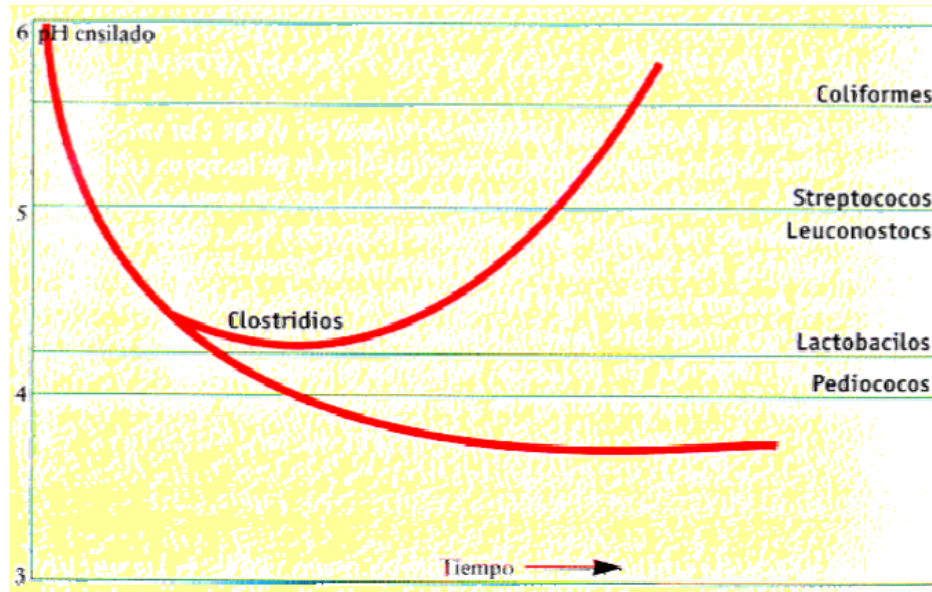


Figura 1: Cambios en la microflora durante el proceso de fermentación de los ensilados (Woolford, 1984).

1.4 Factores que afectan al proceso de ensilado

1.4.1 Factores inherentes al vegetal

La calidad fermentativa en un ensilado depende de la naturaleza del forraje de partida, haciendo referencia a contenido de MS, CHOS y capacidad tampón (CT) (Argentería *et al.*, 1997).

- Contenido de materia seca:

La ventana de picado de maíz es entre 32 y 40% de MS. Valores inferiores pueden derivar en una fermentación butírica o en un exceso de lixiviación de azúcares, mientras que niveles superiores pueden retrasar e incluso impedir que la fermentación se lleve a cabo (Bragachini *et al.*, 2015). Forrajes con contenidos de más del 70% de humedad son indeseables dado que el crecimiento de los *Clostridium* no se inhibe aun cuando el pH baje a 4, obteniéndose ensilajes de bajo valor nutrimental por pérdidas de efluentes, y poco apreciado por los animales (Alaniz Villanueva, 2008).

- Contenido de azúcares solubles:

Los microorganismos usan los carbohidratos hidrosolubles como la principal fuente de energía para su crecimiento. Los principales son la fructosa, sacarosa y fructosanos. El bajo contenido de carbohidratos hidrosolubles del forraje pueden limitar las condiciones de fermentación. Bajo esta condición el pH no baja como para llegar al estado de conservación (Alaniz Villanueva, 2008). El nivel mínimo de carbohidratos solubles en el forraje a ensilar oscila entre los 60 a 80 gramos/kg de MS para una apropiada fermentación en el ensilaje (Fisher y Burns, 1987). Este valor es superado fácilmente por el maíz a partir del estado de grano lechoso. Según Wilkinson (1978) a medida que la planta de maíz madura, los azúcares formados en las hojas y tallos son transferidos a la espiga y

almacenados en el grano. Durante este período, la proporción de grano en el total de la producción de MS del cultivo se incrementó, observándose pequeños cambios en la digestibilidad de la planta entera, al incrementar la digestibilidad de las espigas, que equilibra la declinación en la calidad de tallos y hojas (Kilkenny, 1978).

- Capacidad tampón:

En cuanto a la capacidad tampón (CT) es definida como la resistencia que presenta la planta a variaciones de pH. Depende básicamente de su composición en cuanto a proteína bruta, iones inorgánicos (Ca, K, Na) y la combinación de ácidos orgánicos (Jobim *et al.*, 2007). Se expresa como miliequivalentes de álcali por kg de MS (meqNaOH/Kg MS), necesarios para modificar el pH del forraje en dos unidades, después de haber eliminado los bicarbonatos que pueden actuar como tampón. En el rango de pH de 4 – 6, el 70 a 80% de la CT es atribuida a sales de ácidos orgánicos, ortofosfatos, sulfatos, nitratos y cloruros; y sólo entre un 10 y 20 % a proteínas. Las leguminosas (*Trifolium* spp, *Medicago sativa*) presentan altos valores de CT, entre 500 y 600 meqNaOH/Kg MS, a diferencia del maíz cuyo valor se aproxima a los 350 meqNaOH/Kg MS permitiendo una correcta acidificación de la masa forrajera (Martínez *et al.*, 1999). Al aumentar la edad de la planta se incrementa la proporción tallo/hoja, con lo cual los procesos metabólicos disminuyen. Como consecuencia, se reduce el contenido de ácidos orgánicos, lo que conlleva un descenso de la capacidad tampón con la maduración (De la Roza, 2005). Cuanto mayor sea el poder tampón más ácido láctico será necesario que se forme en el ensilado para poder alcanzar el pH óptimo de 4, y mayor cantidad de azúcares fermentables será necesaria para poder proporcionar dicho ácido láctico (Cañete y Sancha, 1998).

1.4.2 Factores ligados a la realización del ensilado

- Grado de madurez óptimo:

El proceso de ensilado no mejora la calidad inicial del forraje, sólo la conserva cuando se realiza de manera adecuada (Cañete y Sancha, 1998). Sin embargo, la madurez de cosecha si afecta la calidad del silaje de maíz obtenido, dado que influye sobre el contenido de humedad y sobre la digestibilidad del resto de la planta (Romero y Aronna, 2004). Para definir el momento de picado no sólo hay que observar los granos sino que debemos determinar el % de MS que posee el cultivo, dado que no existe una correlación marcada entre ambos parámetros (Bragachini *et al.*, 2015). Como se mencionó anteriormente, un indicador de la madurez del maíz para ensilaje sería la aparición y ubicación de la llamada “línea de leche”, que no es más que la interfase entre las porciones sólidas y líquidas del grano (Carrillo, 2003). A medida que la planta madura, ésta se mueve hacia la parte inferior del mismo y, por lo tanto, la composición y los valores de energía

varían cuando se lo cosecha en estados diferentes de madurez (Romero y Aronna, 2004). Como lo indica la figura 2, la línea de leche en el momento óptimo, debe estar situada entre la parte media y los dos tercios de la altura del grano (Carrillo, 2003).

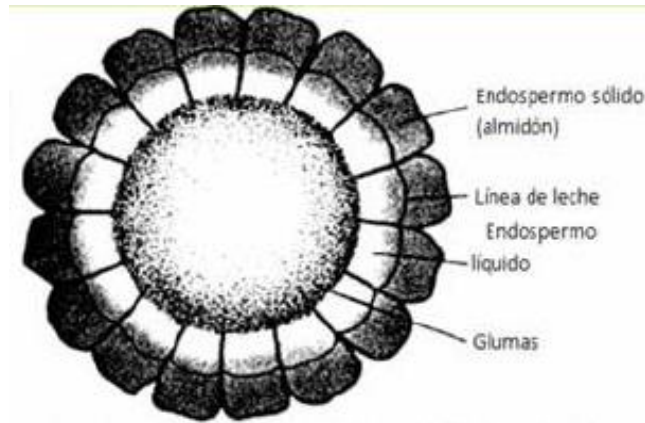


Figura 2: Corte de la espiga de maíz (extraído de Carrillo, 2003).

Los cultivos en secano están expuestos a bruscas variaciones climáticas que tienen un importante efecto sobre el rendimiento en grano y sobre la relación grano-planta. Esto determina que no siempre sea conveniente utilizar el criterio de la línea de leche del grano para elegir el momento de ensilaje. El estado ideal sería aquel que permita al híbrido acumular la máxima cantidad de MS digestible, considerando la planta total (Romero y Aronna, 2004). Para determinar el porcentaje de MS que posee el cultivo se puede cortar algunas plantas de distintas partes del lote, picarlas y establecer mediante microondas o estufa el contenido de humedad de las mismas (Bragachini *et al.*, 2015). Si el porcentaje de grano es bajo (menor al 25-30%) como consecuencia de una sequía o suelos de baja fertilidad, no sería aconsejable utilizar el concepto de estado de línea de leche. En este caso, debería ensilarse cuando la planta todavía esté verde, porque indicaría que mantiene su calidad. Así, este criterio de madurez debería ser utilizado sólo cuando el rendimiento en grano es elevado (35-40% o más) (Romero y Aronna, 2004). El momento óptimo de cosecha será cuando el valor nutritivo y las características físico químicas estén relacionadas, los forrajes jóvenes presentan un valor nutritivo elevado, pero su gran contenido en agua y materia nitrogenadas los hace inadecuados para ensilar. Por otra parte cuando son recolectados tardíamente presentan un alto contenido en glúcidos estructurales en sus paredes (celulosa, hemicelulosa y lignina) y bajo contenido en materias nitrogenadas, lo que determina un bajo valor nutritivo y un menor consumo, resultando también inadecuados para ensilar (Cañete y Sancha, 1998).

- Tamaño de picado:

El tamaño de picado estará definido por varios factores tales como, el uso eficiente de la maquinaria, facilidad de la compactación, aprovechamiento de la energía aportada por el grano, la movilidad ruminal y el correcto aprovechamiento del forraje en los comederos (Cattani *et al.*, 2010). Al momento de picar un cultivo para ensilar se presentan dos cuestiones, que en cierto modo parecen contrastantes: lograr un tamaño de partículas lo suficientemente pequeño como para no dificultar el correcto compactado del ensilaje y un tamaño lo suficientemente grande como para proveer al animal de FDN, asegurando una masticación normal y una adecuada rumia cuando el animal ingiera el forraje (Gallardo, 2003). Es por ello que se define como correcto, un picado aproximado a los 1,5 cm, con el grano bien partido, que tenga entre un 7 y un 12 % de partículas de más de 2,5 cm pero nunca mayor a 8-10 cm. Un tamaño menor a 8 mm aumenta la tasa de pasaje a nivel ruminal pudiendo ocasionar falta de eficiencia en el aprovechamiento de los nutrientes (Cattani *et al.*, 2010). Si el forraje tiene gruesos y grandes tallos, pueden quedarse bolsas de aire con más facilidad ya que la compactación del material es más difícil y consecuentemente pueden producirse fermentaciones de tipo aeróbico principalmente, aumentando la temperatura y elevándose el pH, que deteriora el ensilaje (Vieira da Cunha, 2009). Las recomendaciones que se encuentra publicadas sugieren que la mezcla final de alimentos procesados (mezclas de ensilajes/henos y concentrados) o un alimento fibroso en particular (ensilaje o heno picado) debe tener entre un 5 y 10% de partículas mayores a 2 cm., entre un 40 y 50% de partículas entre 0,8 y 2 cm. y el resto inferior a dicha longitud (Gallardo, 2003).

1.4.3 Acciones para realizar un buen ensilado

- Llenado del silo:

La buena conservación de un ensilado depende en gran parte de la rapidez de llenado del silo, siendo conveniente su realización en un solo día, cuando el tamaño del silo supera la capacidad de llenado diario (no siendo aconsejable superar las 72 horas), en este caso será necesario colocar sobre la parte ya ensilada una cubierta que la proteja durante la noche. En todo caso debe existir una buena coordinación entre los equipos de recolección, transporte y los de llenado y apisonado, con el fin de reducir al mínimo el tiempo de realización del silo.

La adecuada distribución del alimento sobre el silo es importante, debiéndose realizar en capas finas inclinadas y uniformes de 10 a 30 cm. de espesor como máximo. Se recomienda que la cantidad mínima de alimento que debe añadirse diariamente para mantener la calidad del ensilado sea una capa de 75 a 90 cm (Cañete y Sancha, 1998).

- Apisonado:

El apisonado tiene como finalidad expulsar la máxima cantidad de aire del ensilado e impedir que el aire exterior penetre en el mismo. El apisonado puede ser intenso cuanto más desecado y más groseramente picado esté el material, y menos intenso o no realizarlo cuando el contenido de agua del material es elevado y haya sido finamente picado, ya que se comprime de forma natural, y ello puede dar lugar a pérdidas elevadas de nutrientes por el escurrido de jugos (Cañete y Sancha, 1998). La densidad mínima indispensable sería de 225 kg MS/m³, que implicaría pérdidas del 18% de MS o menos. Un relevamiento realizado en silajes de cuatro cuencas lecheras (Villa María, Sur de Córdoba, Santa Fe y Abasto) arrojaron un resultado promedio de densidad de 148 kg MS/m³, lo que estimaría pérdidas de alrededor del 25% del material ensilado (Clemente, 2009).

- Cierre del silo:

Se debe cerrar inmediatamente finalizado su llenado mediante una cubierta, generalmente un plástico resistente. El objetivo de esta operación es asegurar la estanqueidad de su parte superior tanto al agua como al aire, para reducir la incidencia de las fermentaciones aeróbicas desfavorables. La cubierta debe ser aplicada íntimamente sobre el ensilado para evitar la formación de bolsas de aire. Para ello, es necesario que la parte superior del ensilado sea uniforme y tenga una forma cóncava que además facilite el escurrimiento del agua de lluvia que cae sobre ella, inmediatamente después del cerrado del silo, es necesario colocar una carga continua y homogénea, ello permitirá además el cierre hermético del silo, así como conservar sus cualidades durante el período de utilización (Cañete y Sancha, 1998).

1.4.4 Aditivos

El empleo de aditivos en el proceso de ensilados persigue mejorar la conservación y el valor nutritivo del alimento (Argamentaría, *et al*, 1997).

En ocasiones se puede obtener un ensilaje de satisfactoria calidad fermentativa sin usar aditivos, especialmente si los forrajes han sido pre marchitos por un corto período, picados adecuadamente, bien compactados y sellados. Sin embargo, al usar un aditivo se obtiene, en ocasiones, una serie de beneficios siempre y cuando se apliquen a forraje tierno, pues su acción es casi nula o nula en forraje de alto contenido en materia seca o sobre maduro. En general los aditivos para ensilaje controlan y/o mejoran la fermentación en el silo, reducen las pérdidas y mejoran la calidad nutritiva de los ensilajes para uso animal. A pesar de ello, los aditivos aun siendo muy eficientes no solucionan fallas del ensilaje como corte tardío o un pobre sellado (Castle, 1982).

1.4.4.1 Tipos de aditivos

Existen varias clasificaciones de aditivos, según Argamentaría *et al.* (1997), los aditivos pueden ser químicos o biológicos y se pueden clasificar en:

- *Conservantes*: Ac. fórmico, acético, láctico, propiónico, benzoico, capríico. Inhiben las fermentaciones indeseables actuando de diversas maneras, unos comunican a la masa del forraje una acidez inicial que favorece la actividad de las bacterias lácticas.
- *Inoculantes*: bacterias del ácido láctico: *Lactobacillus*, *pediococcus*, *streptococcus*. Tienen como papel principal elevar rápidamente el nivel de acidez del forraje a ensilar.
- *Enzimas*: amilasas, celulasas, hemicelulasas, pectinasas. Se encargan de la ruptura de las paredes celulares, aumenta el contenido de azúcares solubles, fermentados por bacterias lácticas, produciéndose la bajada de pH.
- *Sustratos*: melazas, glucosa, sacarosa, granos de cereales, pulpa de remolacha, pulpa de cítricos.
- *Nutrientes o Activadores*: amonio, urea, carbonato cálcico.

1.4.5 Inoculantes

La fermentación en el proceso de ensilado puede ser favorecida por la aplicación de inoculantes bacterianos. Estos son productos naturales o industriales que se agregan a la masa del forraje de manera que orientan o impiden ciertos tipos de fermentaciones, reduciendo las pérdidas y mejorando la estabilidad del silaje (Bragachini *et al.*, 2008).

Los inóculos tienen como papel primordial elevar rápidamente el nivel de acidez del forraje a ensilar para prevenir la ruptura de la proteína, aportando microflora láctica que puede no estar presente en cantidad suficiente en el forraje segado, lo que dejaría campo libre a otros microorganismos cuya acción puede no ser deseable (De la Roza, 2005).

Los inoculantes microbianos para ensilaje son seleccionadas bacterias ácido lácticas (BPAL) que se aplican para dominar la fermentación natural del cultivo que está ocurriendo en el silo. Se dividen en dos grupos dependiendo de cómo fermentan los azúcares de la planta: BPAL homofermentativas y BPAL heterofermentativas. Las bacterias homofermentativas como *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*, *Pediococcus spp.*, y *Enterococcus spp.*, producen principalmente ácido láctico. Las bacterias heterofermentativas como *Lactobacillus buchneri*, producen ácido láctico, ácido acético, etanol y bióxido de carbón. Generalmente ácido láctico es preferido en el silo porque es un ácido más fuerte que el ácido acético (Muck, 2008). El ácido láctico baja el pH más rápido, en consecuencia disminuye la respiración de la planta y actividad enzimática, inhibiendo otras bacterias. Sin embargo, el ácido acético es un mayor inhibidor de levaduras y mantiene una mayor estabilidad aeróbica que el ácido. Existe una ventaja potencial de

combinar ambos tipos de BPAL obteniendo una rápida reducción inicial en el pH controlada por las bacterias heterofermentativas produciendo más ácido acético (Contreras *et al.*, 2009).

Bolsen (1999), basado en 200 estudios de laboratorio y 28 ensayos en fincas, recomendó el uso de inoculantes bacterianos para todo tipo de ensilados, donde este tipo de aditivo mejoró la eficiencia de fermentación, recuperación de MS, la conversión alimentaria y aumento de peso por tonelada de ensilaje de maíz y sorgo forrajero. Para De la Roza (2005) y Argamentería *et al.* (1997) la adición de inoculantes no es contraproducente, pero el maíz forrajero fermenta muy bien sin la ayuda de los mismos y es dudoso que la escasa mejoría que podría aportar su uso compense económicamente.

2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

HIPÓTESIS

Distintos genotipos híbridos de maíz presentan diferente aptitud silera y mediante determinaciones químicas se puede predecir la calidad de los mismos.

OBJETIVOS

General

Evaluar la calidad nutricional de los distintos genotipos híbridos de maíz utilizados en la zona de Rio Cuarto.

Específicos

- Determinar los principales parámetros de calidad nutricional de ensilados de maíz a través de métodos químicos.
- Evaluar la calidad de microsilos de maíz elaborados en tubos de PVC (Policloruro de vinilo).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 *Material vegetal y ensayo experimental*

Se utilizaron tres genotipos de maíz pertenecientes a la tesis de Rossi (2013), cultivados en el campo experimental (CAMDOCEX) de la FAV-UNRC durante el ciclo agrícola 2012-2013, cuyo corte se efectuó entre los 100 y 120 días posteriores a la siembra, momento en que se tiene un 35-40% de materia seca según Bartolini (1990).

Se recibió el material ya picado por una chipeadora en partículas de aproximadamente 10 milímetros de longitud.

El ensayo se realizó al azar con tres repeticiones de cada genotipo.

Cuadro 1: Criadero, nombre y tipo de ciclo de los genotipos híbridos de maíz evaluados durante el ciclo agrícola 2012/2013 en la localidad de Rio Cuarto, provincia de Córdoba.

Criadero	Genotipo Híbrido	Ciclo
La Tijereta	LT 626 VT3P	Templado
Pionner	30F35HR	Tropical
UNRC	EXP UNRC	Templado



Figura 3: Parcela de uno de los híbridos evaluados (izquierda) y corte de espiga de maíz indicando el momento de picado (derecha).

3.2 *Desarrollo en Laboratorio*

3.2.1 *Confección de Microsilos*

La elaboración de los microsilos se realizó en el laboratorio perteneciente a la Cátedra de Nutrición Animal de la FAV-UNRC.

El material se introdujo en tubos plásticos de PVC de 50 cm de largo por 18 cm de diámetro, albergando una cantidad de 4 kg respondiendo a una densidad de 300 kg MS/m³ tomando como referencia los valores que Clemente (2009) considera adecuados. Por medio de una prensa

hidráulica se compactó a una presión preestablecida, luego se cerraron con tapas y por último fueron sellados herméticamente mediante el uso de cintas adhesivas plásticas, para asegurar el proceso de fermentación durante 60 días. Se realizaron tres repeticiones de cada material genético rotulando cada tubo.



Figura 4: Material picado listo para ensilar (izquierda) y pesado del mismo (derecha).

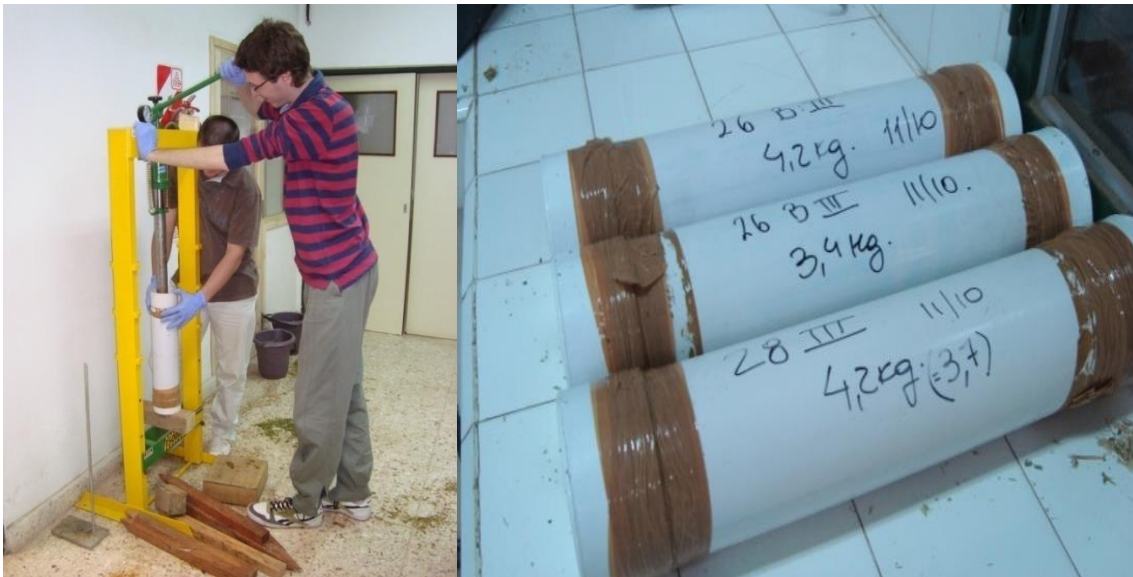


Figura 5: Prensa hidráulica (izquierda) y microsilos terminados (derecha).

3.2.2 Acondicionamiento del material

Al abrir los tubos luego de 60 días se realizaron las mediciones de pH y se procedió a secar el material ensilado a 65°C en estufa con calor forzado durante 8 horas y después se procesó mediante un molino tipo Wiley con criba de 1mm obteniendo así un tamaño uniforme de partículas.



Figura 6: Silaje de maíz recién extraído de microsilos (izquierda) y colocado en bandejas luego de su secado (derecha).

3.2.3 Determinación de parámetros de calidad

Se determinó la MS total, sometiendo una alícuota de cada muestra a una temperatura de 105 °C para eliminar el agua libre. Esta alícuota no puede ser usada para los análisis químicos debido a que a una temperatura mayor a 65 °C ocurre la reacción de Maillard alterando la estructura original de la muestra (AOAC, 1990).

En cuanto a la proteína bruta (PB) se obtuvo a partir del contenido de nitrógeno total, determinado por el método Kjeldahl, multiplicando por el factor 6,25, debido a que la mayoría de las proteínas de origen vegetal poseen un 16% de N promedio.

El valor de PB incluye a la proteína verdadera y a otros compuestos nitrogenados no proteicos (AOAC, 1990).

La fibra detergente ácida (FDA) es la porción de la muestra de un alimento que es insoluble en un detergente ácido. Está básicamente compuesta por celulosa, lignina y sílice. Su importancia radica en que se encuentra inversamente correlacionada con la digestibilidad (DG) del forraje (Van Soest *et al.*, 1991).



Figura 7: Neutralizador y Destilador semiautomático de Kjeldahl para el análisis de proteína bruta (izquierda) y Digestor de fibra (derecha) en el laboratorio de Nutrición Animal de la FAV de la UNRC.

3.3 Análisis estadístico

Se realizó estadística descriptiva mediante gráficos de barra. Este diagrama representa valores medios de una o más variables en relación a una o más variables de clasificación (Balzarini *et al.*, 2018).

Para la evaluación estadística se realizó un análisis univariado (ANAVA) para cada parámetro de calidad nutricional. La variable dependiente fue cada uno de los diferentes parámetros mientras que la variable de clasificación fue representada por los distintos genotipos y su repetición. A las variables se les realizó un análisis de la varianza paramétrico.

Los análisis univariados fueron realizados con el programa InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2018).

4. RESULTADOS

Los resultados que se obtuvieron de calidad en cuanto a porcentajes de PB, FDA y MS y los valores obtenidos de pH para los tres genotipos y sus repeticiones se muestran en el cuadro 2.

Cuadro 2: Valores de calidad obtenidos en los silajes de diferentes híbridos de maíz evaluados.

GENOTIPO	REPETICIÓN	PB (%)	FDA (%)	MS (%)	PH
LT626VT3P	1	8.60	23.02	29.78	4.03
LT626VT3P	2	8.43	19.65	30.19	4.05
LT626VT3P	3	8.62	17.92	31.15	3.8
P-30F35HR	1	9.67	26.41	21.92	3.88
P-30F35HR	2	7.52	23.88	24.43	3.86
P-30F35HR	3	8.34	24.85	21.29	3.74
EXP-UNRC	1	7.73	28.14	30.03	4.09
EXP-UNRC	2	7.77	24.19	29.08	3.91
EXP-UNRC	3	7.75	22.26	27.82	3.84

Los resultados de porcentajes de PB de los tres genotipos que se observan en la Figura 8 demuestran que los híbridos de La Tijereta y Pioneer obtuvieron los valores más altos cercanos a 8,5%, mientras que el genotipo de la UNRC presentó un valor de 7,7%.

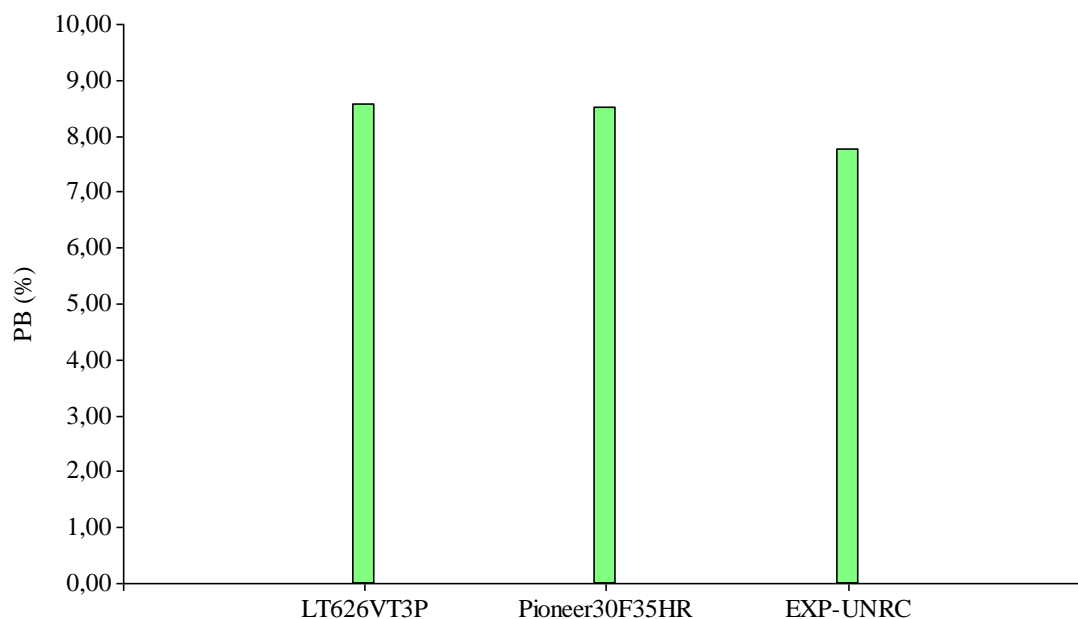


Figura 8: Porcentajes de Proteína Bruta del material ensilado luego de la apertura de los microsilos.

En cuanto a los porcentajes de MS obtenidos que se observan en la Figura 9, el genotipo de Pioneer muestra un valor inferior al resto, cercano a 22,5%. Mientras que los genotipos de La Tijereta y UNRC presentaron valores de 30,3% y 28,9%.

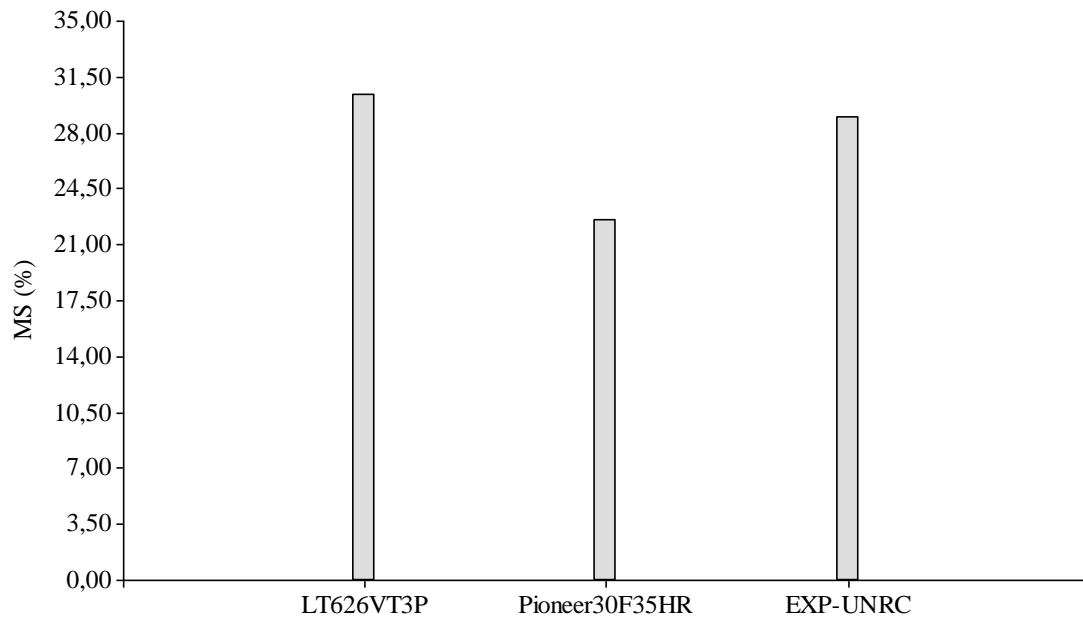


Figura 9: Porcentajes de Materia Seca del material ensilado luego de la apertura de los microsilos.

Los resultados de los valores obtenidos de pH de los tres genotipos que se observan en la Figura 10 demuestran a simple vista que no habría diferencias significativas, alcanzando todos valores cercanos a 4.

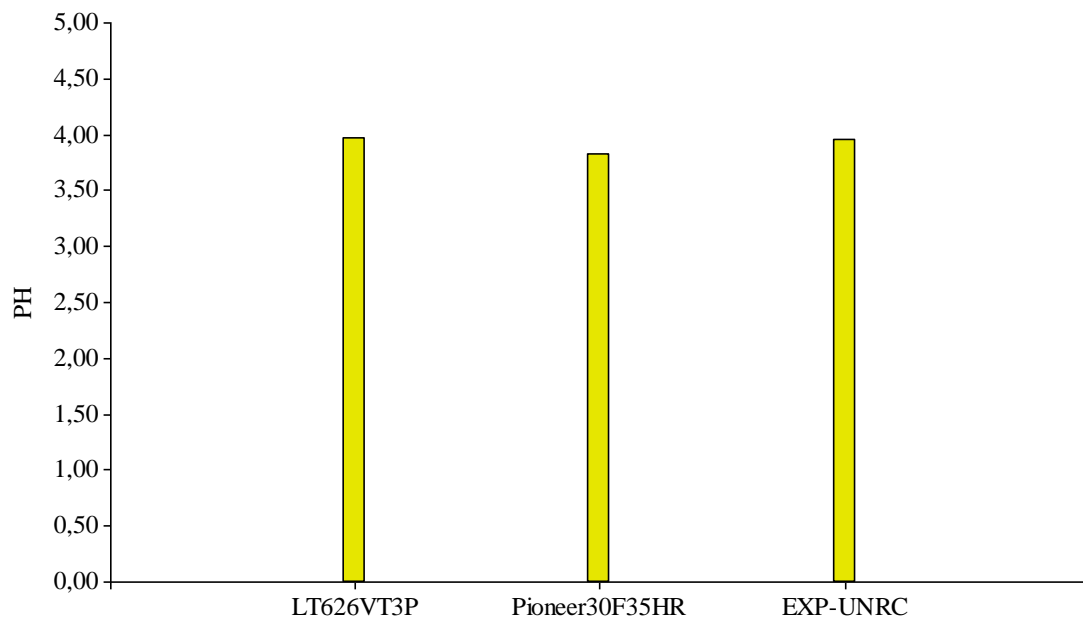


Figura 10: Determinaciones de pH del material ensilado, luego de la apertura de los microsilos.

En cuanto a los porcentajes de FDA obtenidos que se observan en la Figura 11, el genotipo perteneciente a La Tijereta muestra un valor inferior a los demás de 20,2%, que alcanzaron un 25% y 24,8% en cuanto al genotipo Pioneer y UNRC respectivamente.

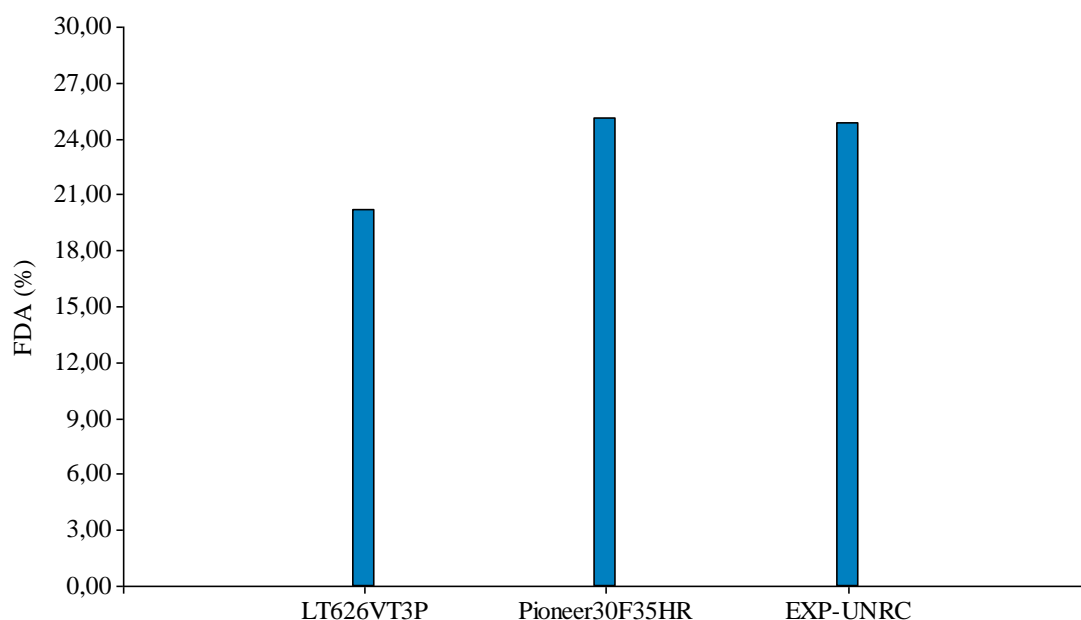


Figura 11: Porcentajes de Fibra Detergente Ácido del material ensilado luego de la apertura de los microsilos.

A las variables se les realizó un análisis de la varianza paramétrico, cuyos resultados se muestran en el cuadro 3. Se puede observar que hubo diferencias estadísticamente significativas en cuanto a %FDA y %MS, mientras que para pH y %PB no se observaron diferencias estadísticamente significativas.

Cuadro 3: Cuadrado medio y significancia de los análisis de la varianza de las cuatro variables relacionadas con la aptitud para silaje de tres híbridos comerciales de maíz evaluados en la localidad de Río Cuarto, en la provincia de Córdoba.

FV	gl	PB		FDA		MS		pH	
		CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.
Híbrido	2	0,61	ns	22,67	*	52,28	*	0,02	ns
Repeticiones	2	0,44	ns	14,53	*	0,99	ns	0,03	*
Error	4	0,38		1,41		1,74		3,9 E-03	
Total	8								

FV: fuente de variación; gl: grados de libertad; CM: cuadrado medio; Sig.: Significancia. *(p<0,05); ***(p<0,001); ns (no significativo). PB: Proteína bruta; FDA: Fibra detergente ácida; MS: Materia seca; pH: Potencial hidrógeno.

El Cuadro 4 presenta el valor medio del comportamiento de los tres genotipos con sus repeticiones para los cuatro parámetros relacionados a la calidad nutritiva. El valor promedio de las variables fue 8,27% para Proteína Bruta, 23,37% para Fibra Detergente Ácida, 27,3 para Materia Seca y 3,91 para pH.

Cuadro 4: Valores medios de proteína bruta, fibra detergente ácida, materia seca y potencial hidrógeno, de cada híbrido evaluado en la localidad de Río Cuarto, en el sur de la provincia de Córdoba.

Híbrido	PB (%)	FDA (%)	MS (%)	Ph
LT26V6T3P	8,55 A	20,2 A	30,37 A	3,96 A
PIONNER 30F35HR	8,51 A	25,05 B	22,55 B	3,83 A
EXP- UNRC	7,75 A	24,86 B	28,98 B	3,95 A
Promedio	8,27	23,37	27,3	3,91

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

5. DISCUSIÓN

Al analizar el comportamiento de las variables relacionadas con la aptitud para silaje de los híbridos comerciales de maíz evaluados, mediante el análisis univariado de la varianza (ANAVA), se encontró diferencias estadísticamente significativas en cuanto a %FDA y %MS, mientras que para pH y %PB no se observaron diferencias estadísticamente significativas.

Los valores de pH luego de los 60 días de almacenamiento estuvieron dentro de los parámetros normales como establecen Cañete y Sancha (1998), dado por el desarrollo de las bacterias productoras de ácido láctico (Mayer, 1999) que logran su descenso para asegurar la conservación del material ensilado con un valor nutritivo semejante al que poseía al momento de ensilar el forraje, evidenciando que hubo una correcta fermentación.

El momento de corte explicaría las diferencias encontradas en cuanto al porcentaje de MS. Los tres híbridos se cortaron en el mismo momento siguiendo el criterio de la línea de leche y sin tomar muestras continuas del porcentaje de MS que poseían cuando las plantas estaban de pie, contradiciendo a lo que recomiendan Bragachini *et al.*, (2015). Por este motivo el genotipo de Pionner alcanzó un nivel inferior al resto, ya que al ser tropical a diferencia de los demás que son templados, se caracteriza por tener alta proporción de tallo en donde se acumula mayor cantidad de agua. Por lo que éste necesitaría más tiempo para llegar a los mismos niveles de MS que los demás.

Los cultivos en secano están expuestos a variaciones climáticas que tienen efecto en la relación grano/planta. Ante esto, el estado ideal de corte sería aquel que permita a cada híbrido acumular la máxima cantidad de MS digestible considerando el total de la planta, cómo se observa en La Tijereta, evidenciando el corte más correcto. Para que no haya diferencias en éste parámetro de calidad, habría que ajustar el momento de corte en todos los híbridos, como lo indican Romero y Aronna (2004) y no utilizar sólo el criterio de línea de leche, más aun si el porcentaje de grano es bajo.

En cuanto al contenido de PB, no se observaron diferencias estadísticamente significativas y además los tres híbridos presentan valores de mediana calidad, parámetro importante para considerarlos aptos para elaborar silajes. Para optar por un híbrido entre los tres que fueron analizados, en cuanto a su calidad, el de La Tijereta podría definirse como el más apto. Se observa que el mismo posee un contenido FDA significativamente inferior a los demás, obteniendo un material de mayor digestibilidad y energía. Esto podría explicarse por la alta relación hoja/tallo, que recomiendan Ramirez *et al.*, (1999) para materiales destinados a elaborar silajes. Al poseer tallos más finos, es menor la proporción de fibra indigestible y la concentración de glúcidos estructurales (celulosa, hemicelulosa y lignina); a su vez cuenta con mayor proporción de hojas y granos, lo que le otorgaría mayor concentración energética.

6. CONCLUSIONES

- La elaboración de microsilos con tubos de PVC permitió obtener material ensilado adecuado para evaluar a través de métodos químicos la calidad de los diferentes genotipos de maíz.
- Los genotipos evaluados no presentaron diferencias en los parámetros de calidad de PB y pH.
- El genotipo tropical presentó menor porcentaje de MS y mayor porcentaje de FDA.

7. BIBLIOGRAFÍA

AOAC 1990. *Official Methods of Analysis*. Association of Official Analytical Chemists 1990. 15th Edition. Washington, DC, USA. 70-76.

ALANIZ VILLANUEVA, O. 2008. Adición de residuo de la industria cervecera al ensilaje de maíz como alternativa de forraje para ganado. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de investigación para el desarrollo Regional Durango. Maestría en ciencias en gestión Ambiental. 1-35.

ARGAMENTERIA, G., DE LA ROZA, A., L, SANCHEZ y MARTINEZ, A. 1997. El ensilado en Asturias. Centro de investigación Aplicada y Tecnología Agroalimentaria (CIATA), p: 1-127.

BALZARINI, M.G., GONZALES, L., TABLADA, M., CASANOVES, F., DI RIENZO, J.A., ROBLEDO, C.W. 2018. InfoStat. Manual de Usuario, Editorial Brujas, Córdoba, Argentina.

BARTOLINI, R. 1990. El maíz. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España. 204-235.

BERTINO, D. 2013. El silo de maíz en producción de carne y leche, en: www.sudesteagropecuario.com.ar. Consultado: 12/03/2014.

BERTOIA, L., FRUGONE, M., AMESTOY y SARTON. 1993. Ensilaje de Maíz. Criadero Morgan. 20 p.

BRAGACHINI, M., CATTANI, P., RAMIREZ, E. y RUIZ, S. 1997. Silaje de maíz y sorgo granífero, ISSN 0329-1650. Cuad. Act. Tec. N°2. 122 p.

BRAGACHINI, M., P. CATTANI, M. GALLARDO y PEIRETTI. 2008. Forrajes conservados de alta calidad y aspectos relacionados al manejo nutricional. Ediciones INTA, B. Aires, Argentina. Cap: 9. Consultado: 09-08-17.

BRAGACHINI, M., SANCHEZ, F., URRETS ZAVALIA, G., GIORDANO, J. y PEIRETTI, J. 2015. Tecnología de picado para ensilado de cultivo de Maíz. Módulo INTA Tecno Forraje.

BOLSEN, K. 1999. Silage management in North America in the 1990s, in: T.P. Lyons and K.A. Jacques (eds) *Biotechnology in the Feed Industry*. Proc. of the 15th. Annual symposium. Nottingham, UK: Nottingham Univ. Press. p. 233-244

CAÑETE, M. y SACHA, J. 1998. Ensilado de forrajes y su empleo en la alimentación de rumiantes, p.1-260.

CARRETE, J. R., SCHNEITER, J. O., RIMIERY, P. y DEVITO, C. 1997. Maíz para silaje: Efecto del momento de cosecha sobre la producción y el valor nutritivo del forraje. INTA EEA Pergamino, *Revista de Tecnología Agropecuaria*. II.

CARRILLO, J. 2003. Manejo de Pasturas. EEA INTA Balcarce.

CASTLE, M.E. 1982. Making high quality silage. In: *Silage for milk production* (J.A.F. ROO and P.C. Thomas, eds.). Technical Bulletin 2. NIRD-HRI. Printed in the college of estate management, reading, p. 105-122.

CATTANI, P., BRAGACHINI, M. y PEIRETTI, J. 2010. El tamaño de picado como factor de calidad. *El Tribuno Campo*. EEA INTA Manfredi.

CLEMENTE, G. 2009. Densidad de silajes: tenerla en cuenta es ganar más dinero en los tambos. Universidad Nacional de Villa María. *Revista Producir XXI*, p. 37-44.

CONTRERAS, F.E., MARSALLS, M.A. y LAURLAULT, L.M. 2009. Inoculantes microbianos para ensilaje: su uso en condiciones de clima cálido. MN State University. Servicio de Extensión Cooperativa. Facultad de Ciencias Agrarias, Ambientales y del Consumidor Circular: 642, p.1-8.

CORREA URQUIZA, A. y FORMIA, N. 2007. Suplementación de verdes de invierno con silo autoconsumo. *Agromercado Temático*, Bs. As. 133, p. 18-21.

DE LA ROZA B. 2005. El ensilado en zonas húmedas y sus indicadores de calidad. IV Jornadas de Alimentación Animal. Laboratorio de Mouriscade. Lalín (Pontevedra), p. 1-20.

DE LEON, M. 2007. Utilización de silajes en producción de carne bovina, EEA INTA Manfredi.

DE LEON, M. 2012. Impacto de los forrajes conservados en los sistemas de producción, 3ra Jornada Nacional de Forrajes Conservados, EEA INTA Manfredi, p. 79-83.

DI RIENZO, J.A., F.CASANOVES, M.G. BALZARINI, L. GONZALES, M.TABLADA y C.W. ROBLEDO. InfoStat versión 2018, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

FERRARETTO, L.F. y R.D. SHAVER. 2012. Meta-analysis: Impact of corn silage harvest practices on intake, digestion and milk production by dairy cows. *The Professional Animal Scientist*.

FISHER y BURNS. 1987. Quality analysis of summer-annual forages I. Sample preparation and chemical characterization of forages types and cultivars. *Agron. J.* 79: 236-242.

GALLARDO, M. 2003. Tecnologías para corregir y mejorar la calidad de los forrajes conservados. Circular planteos ganaderos, aapresid.org.ar. EEA INTA Rafaela – Santa Fe, p. 51-56.

KEADY, T.W.J., C.M. MARLEY y N.D. SCOLLAN. 2012. Grass and alternative forage silages for beef cattle and sheep: effects on animal performance. XVI International Silage Conference. Hämeenlinna, Finland, p. 152-165.

KILKENNY, J.B. 1978. Utilization of maize silage for beef production. In forage maize. Ed. E.S. Bunting et al. Agriculture Research Council. London.

MANNETJE, L.T. 2001. Uso del Ensilaje en el trópico privilegiando opciones para pequeños campesinos. Estudio FAO Producción y Protección Vegetal p. 161.

MARTINEZ, A., ARGAMENTERIA, A. y DE LA ROZA, B. 1999. Principios nutritivos y fermentativos de ensilados de hierba en función del tipo de pradera y del aditivo empleado en su elaboración. Poder contaminante de los efluentes generados. *Pastos.* XXIX (2), p. 171-188.

MAYER, A. 1999. Silaje de planta entera, Cap I:4-11. EEA INTA Bordenave, en: www.produccion-animal.com.ar. Consultado: 15/04/2014.

MONGE, J. y CLEMENTE, G. 2017. Calidad de Silaje. http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_silos/235-Calidad_de_silaje.pdf.

Consultado: 07/04/2014.

MONTESANO, A., BARANDA, N., VALLONE, P. y MASIERO, B. 2009. Producción sustentable de leche bovina en la provincia de Córdoba, EEA INTA Manfredi. Evaluación de híbridos de Maíz con destino a silaje o cosecha, en:

http://www.produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_silos/136-maiz.pdf.

Consultado: 15/05/2014.

MUCK. 1988. Factors Influencing Silage Quality and their Implications for Management.

MUCK, R.E. 2008. Improving alfalfa silage quality with inoculants and silo management. In Proceedings of 70th Annual Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers. Syracuse, NY: Cornell University. p. 137-146.

MULLBACH, P.R.F. 2001. Uso de aditivos para mejorar el ensilaje de los forrajes tropicales. Memorias de la conferencia electrónica de la FAO sobre el ensilaje en los trópicos. Estudio FAO producción y protección vegetal 161, p. 157-171.

PIÑEIRO, G. 2006. Cuidados en la confección de los silos de maíz, en: www.produccion-animal.com.ar. Consultado: 09/10/2014.

RAMIREZ, E., P. CATANI y S. RUIZ. 1999. Producción Animal. La importancia de la calidad del forraje y el silaje. En:

<http://produccionanimal.com.ar/produccionymanejoreservas/reservassilos/importanciadelacalidaddeforrajeyelsilaje.htm>. Consultado: 19-12-2017

ROMERO, L. 2004. Calidad en forrajes conservados. EEA INTA Rafaela, en: www.produccion-animal.com.ar. Consultado: 14/05/2014.

ROMERO, L. y ARONNA, S. 2004. Siembra de maíz para silaje. EEA INTA Rafaela. Campaña de forrajes conservados 2003-2004.

ROSSI, E.A. 2013. Evaluación de híbridos comerciales de maíz por su aptitud para silaje. Tesis de grado para optar al título de Ingeniero Agrónomo. UNRC.

VAN SOEST, P., ROBERTSON y B. LEWIS. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. DietarySci.*, 74: 3583-3597.

VIEIRA DA CUNHA, M. 2009. Conservacao de forragem. Pesquisador da Empresa Pernambucana de Pesquia Agropecuaria (IPA) e Doutotando do Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia da UFRPE, p. 1-26.

WILKINSON, J.M. 1978. The ensiling of forage maize: effects on composition and nutritive value. In forage maize. Ed. E. J. Bunting and al. Agriculture Research Council. London

WOOLFORD, M.K.1984. The silage fermentation. Microbiology Series nº14. Marcel Dekker Inc. p. 350.