

Zannier, Santiago

Caracterización del valor nutritivo de los silajes de maíz de la llanura pampeana y la mesopotamia argentinas

**Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria
Facultad de Ciencias Agrarias**

Este documento está disponible en la Biblioteca Digital de la Universidad Católica Argentina, repositorio institucional desarrollado por la Biblioteca Central "San Benito Abad". Su objetivo es difundir y preservar la producción intelectual de la Institución.

La Biblioteca posee la autorización del autor para su divulgación en línea.

Cómo citar el documento:

Zannier, Santiago. 2012. Caracterización del valor nutritivo de los silajes de maíz de la llanura pampeana y la mesopotamia argentinas [en línea]. Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina. Disponible en:
<http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/caracterizacion-valor-nutritivo-silajes.pdf> [Fecha de consulta:.....]

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA
ARGENTINA**

Facultad de Ciencias Agrarias

Ingeniería en Producción Agropecuaria

***“Caracterización del valor nutritivo de los
silajes de maíz de la Llanura Pampeana y la
Mesopotamia Argentinas”***

**Trabajo final de graduación para optar por el título de:
Ingeniero en Producción Agropecuaria**

Autor: Santiago Zannier

Profesor Tutor: María Elena Vago

Fecha: Julio de 2012

2) Resumen:

En este trabajo se buscó caracterizar el valor nutritivo de los silajes de maíz de la Llanura Pampeana (Buenos Aires, Santa Fe y sur de Córdoba) y Mesopotamia Argentina (Entre Ríos, Corrientes y Misiones) entre los años 2005 al 2010 inclusive. Para lograr este objetivo se trabajó con 296 muestras de silajes de planta entera de maíz correspondientes a las zonas antes mencionadas, que fueran analizadas en el Laboratorio de Evaluación Alimentos Para Uso Animal (LEAA) de la UCA Facultad de Ciencias Agrarias durante esos años. Los parámetros analizados fueron: Materia seca (MS), Proteína Bruta (PB), Fibra Detergente Neutro (FDN) y Fibra Detergente Ácido (FDA). Se evaluó si hubo cambios en la composición química de los silajes de maíz respecto a los parámetros analizados que permitieran pensar en una mejora en la calidad de los silajes de maíz durante estos años; un aumento en la calidad de los silajes se vería reflejado en un aumento del %FDN y %PB y una disminución en el % FDA.

Estos datos fueron analizados por Infostat. En él se estudiaron los valores medios, Desvío estándar, Coeficiente de Variación, valores máximos y mínimos para cada parámetro a lo largo de los años en estudio y luego se realizó el análisis de la varianza o ANOVA que mediante la comparación de la varianza de cada año se conoce si hay diferencia entre los distintos años. Luego mediante el Test de Tukey se estableció si esta diferencia es significativa o no.

De acuerdo a las muestras analizadas, se puede afirmar que existen cambios en la composición química de los silajes. Pero, como ninguno de los parámetros analizados muestra una tendencia definida en cuanto a sus valores, no se puede afirmar que haya una mejora en la calidad de los silajes a través de los años ya que los parámetros Proteína Bruta y Fibra detergente neutro no fueron aumentando paulatinamente o se mantuvieron constantes con los años sino que su variación fue aleatoria. Del mismo modo el parámetro Fibra detergente ácido no disminuyó con los años como se esperaba, sino que al igual que los otros parámetros estudiados, su comportamiento fue desordenado.

Por otra parte, debido a la gran variación de cada parámetro dentro de un mismo año, cabe destacar que es de vital importancia realizar un análisis químico de los silajes de maíz para lograr una correcta formulación de las raciones en donde se utilice este alimento y así eliminar sesgos entre el valor estimado y el valor real de la calidad del alimento suministrado a los animales.

3) Índice:

Resumen.....	2
Índice.....	3
Introducción y objetivos.....	4
• Introducción.....	4
• Ventajas y desventajas de la utilización de silajes.....	6
• La planta de Maíz: Composición y digestibilidad.....	7
• Factores que hacen a la calidad del silaje de maíz.....	9
• Características de un silaje de calidad.....	14
• Objetivos.....	15
Resultados y discusión.....	17
Conclusiones.....	27
Anexos.....	28
Bibliografía.....	37

4) Introducción y objetivos:

- **Introducción:**

Uno de los problemas más grandes que afronta un establecimiento ganadero es la falta de alimento debido a la estacionalidad de la oferta forrajera durante el año, que puede verse agravado por adversidades climáticas, por ejemplo una sequía prolongada como ocurrió en los años 2008 y 2009.

Buscando asegurar la oferta forrajera en calidad y cantidad para cubrir los requerimientos de los animales se utilizan entre otros alimentos a los forrajes conservados. Los métodos tradicionales de conservación de forrajes son los ensilados, henolados y henificados (Carillo, 2003). Siendo los ensilados mayoritariamente los que mantienen mejor las características del material original dentro del silo si el proceso se hace correctamente.

El silaje de maíz se utiliza principalmente como base de la dieta de vacas lecheras y novillos de engorde a corral, y para cubrir deficiencias de forraje invernal o para suplementar pasturas con desbalances nutricionales (Elizalde et al, 1992). La conversión del alimento está afectada por la digestibilidad del forraje, la cantidad consumida y la eficiencia en su utilización. Estos factores están interrelacionados y todos a su vez, condicionados por las características del animal y de la planta (Bertoia, 2010).

El valor nutricional del forraje cosechado está determinado principalmente por la tasa de producción animal que este forraje genera, es decir por la eficiencia en la conversión del alimento en producto animal (carne o leche). Si tomamos la producción de carne en forma global la eficiencia de conversión alimenticia (ECA) se puede definir como: cantidad de carne producida dividida por la cantidad de alimento consumido. La cantidad de carne producida, incluye la carne obtenida por los excedentes o rechazos de vacas de cría, además de los animales jóvenes producidos específicamente para faena. La cantidad de alimentos consumidos, incluyen la energía de los alimentos requeridos por el rodeo de cría, más aquella requerida para los animales criados para faena. En los animales en crecimiento generalmente se expresa la ECA como la relación entre la cantidad de alimento consumido y la ganancia de peso vivo logrado durante un período de prueba. Esta relación es generalmente llamada Relación de Conversión Alimenticia (RCA) e incluye la totalidad de los alimentos consumidos, independientemente sea utilizado para mantenimiento o crecimiento de los tejidos. Por ejemplo: Un novillo que ha consumido 10 kg de alimento por día creció 1,0 kg por día, tendría una RCA de 10:1. Tomando esta definición, podemos afirmar que los animales con un RCA menor son más rentables, ya que consumen menos alimentos por unidad de peso ganado. La RCA depende de numerosos factores, incluyendo su peso corporal para ser mantenido, su índice de ganancia de peso, su engrasamiento, su nivel de actividad física, el clima y el ambiente en el que está siendo criado y su eficiencia inherente para absorber nutrientes. La proporción de energía de la dieta requerida para mantenimiento aumenta en la medida que crece el animal. Consecuentemente, animales que crecen más rápido, para llegar a su objetivo de peso a una edad más temprana, estarán consumiendo alimentos por menos tiempo y usarán una menor proporción de la energía de la dieta para sus

requerimientos de mantenimiento y una mayor proporción será usada para la formación de tejidos.

En la Argentina, 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, 1997).

El silaje de maíz es el recurso fundamental que ha permitido en los tambos duplicar la producción de leche en sólo una década (Gorosito, 2006), calculándose que el 85 % de los tambos lo emplea (Bertoia, 2009). También ha comenzado a ser el motor de una nueva ganadería, pudiéndose afirmar que nos encontramos con valores cercanos al piso de producción, y aún así, supera en superficie a la empleada por la actividad lechera. Del total de hectáreas sembradas con maíz durante la campaña 2007-2008 (3.850.000 ha), aproximadamente el 20 % (770.000 ha) se destinó a silajes, concentrándose el 87 % en las provincias de Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe. El tambo empleó el 46 % (354.000 ha) del total, siendo el 54 % restante (416.000 ha) absorbido por los productores de carne (Bertoia, 2009).

El ensilaje es una técnica de preservación de forraje que se logra por medio de una fermentación láctica espontánea bajo condiciones anaeróbicas. Las bacterias epifíticas de ácido láctico (BAC) fermentan los carbohidratos hidrosolubles (CHS) del forraje produciendo ácido láctico y en menor cantidad, ácido acético. Al generarse estos ácidos, el pH del material ensilado baja a un nivel que inhibe la presencia de microorganismos que inducen la putrefacción. Una vez que el material fresco ha sido almacenado, compactado y cubierto para excluir el aire, el proceso del ensilaje se puede dividir en cuatro etapas (Weinberg y Muck, 1996; Merry *et al.*, 1997).

Fase 1 - Fase aeróbica. En esta fase -que dura sólo pocas horas- el oxígeno atmosférico presente en la masa vegetal disminuye rápidamente debido a la respiración de los materiales vegetales y a los microorganismos aeróbicos y aeróbicos facultativos como las levaduras y las enterobacterias. Además hay una actividad importante de varias enzimas vegetales, como las proteasas y las carbohidrasas, siempre que el pH se mantenga en el rango normal para el jugo del forraje fresco (pH 6,5-6,0).

Fase 2 - Fase de fermentación. Esta fase comienza al producirse un ambiente anaeróbico. Dura de varios días hasta varias semanas, dependiendo de las características del material ensilado y de las condiciones en el momento del ensilaje. Si la fermentación se desarrolla con éxito, la actividad BAC proliferará y se convertirá en la población predominante. A causa de la producción de ácido láctico y otros ácidos, el pH bajará a valores entre 3,8 a 5,0.

Fase 3 - Fase estable. Mientras se mantenga el ambiente anaeróbico, ocurren pocos cambios. La mayoría de los microorganismos de la Fase 2 lentamente reducen su presencia. Algunos microorganismos acidófilos sobreviven este período en estado inactivo; otros, como clostridios y bacilos, sobreviven como esporas. Sólo algunas proteasas y carbohidrasas, y microorganismos especializados, como *Lactobacillus buchneri* que toleran ambientes ácidos, continúan activos pero a menor ritmo.

Fase 4 - Fase de deterioro aeróbico. Esta fase comienza con la apertura del silo y la exposición del ensilaje al aire. Esto es inevitable cuando se requiere extraer y distribuir el ensilaje, pero puede ocurrir antes de iniciar la utilización del material ensilado cuando se producen daños en la cobertura del silo (p. ej. roedores, peludos y pájaros). El período de deterioro puede dividirse en dos etapas. La primera se debe al inicio de la degradación de los ácidos orgánicos que conservan el ensilaje, por acción de levaduras y ocasionalmente por bacterias que producen ácido acético. Esto induce un aumento en el valor del pH, lo que permite el inicio de la segunda etapa de deterioro; en ella se constata un aumento de la temperatura y la actividad de microorganismos que deterioran el ensilaje, como algunos bacilos. La última etapa también incluye la actividad de otros microorganismos aeróbicos -también facultativos- como mohos y enterobacterias. El deterioro aeróbico ocurre en casi todos los ensilajes al ser abiertos y expuestos al aire. Sin embargo, la tasa de deterioro depende de la concentración y de la actividad de los organismos que causan este deterioro en el ensilaje. Las pérdidas por deterioro oscilan entre 1,5 y 4,5 por ciento de materia seca diarias. Estas pérdidas son similares a las que pueden ocurrir en silos herméticamente cerrados y durante períodos de almacenaje de varios meses (Honig y Woolford, 1980).

Para disminuir o evitar pérdidas, es importante controlar y optimizar el proceso de ensilaje de cada fase. En la fase 1, las buenas prácticas para llenar el silo permitirán minimizar la cantidad de oxígeno presente en la masa ensilada. Las buenas técnicas de cosecha y de puesta en silo permiten reducir las pérdidas de nutrientes (CHS) inducidas por respiración aeróbica, dejando así mayor cantidad de nutrientes para la fermentación láctica en la Fase 2. Para optimizar el proceso en las Fases 2 y 3 es preciso recurrir a aditivos que se aplican en el momento del ensilado. La Fase 4 comienza en el momento en que reaparece la presencia del oxígeno. Para minimizar el deterioro durante el almacenaje, es preciso asegurar un silo hermético; las roturas de las cubiertas del silo deben ser reparadas inmediatamente. El deterioro durante la explotación del silo puede minimizarse manejando una rápida distribución del ensilaje. También se pueden agregar aditivos en el momento del ensilado, que pueden reducir las pérdidas por deterioro durante la explotación del silo.

Ventajas y desventajas de la utilización de silajes.

Ventajas:

1. Permite conservar para épocas críticas en la producción de forrajes grandes cantidades de energía y materia seca.
2. Conserva gran parte del valor nutritivo que tiene el forraje al momento del corte.
3. Permite producir una máxima cantidad de alimento por hectárea de terreno y acrecienta la capacidad del establecimiento ganadero para producir más animales.
4. Permite levantar las cosechas forrajeras del campo antes de lo que se podría de otro modo.

5. Contribuye a controlar la maleza que muchas veces se propaga con el heno o uso de rastros.
6. Aporta fibra digestible de calidad.
7. Es una fuente más apropiada de ciertas vitaminas, en especial caroteno que el forraje seco.
8. Es un alimento muy palatable.
9. Aporta Hidratos de Carbono altamente digestibles (almidón en grano).
10. El desperdicio es menor porque se consume toda la planta, lo cual es una consideración importante en los forrajes que tienen mucho tallo.
11. No tiene límites en cuanto a tiempo de almacenamiento, a conservación del valor nutritivo de las proteínas, carbohidratos y caroteno, en comparación con cualquier otro método de conservación, y ofrece una importante reserva en caso de sequía o cualquier otro fracaso de los cultivos forrajeros.
12. Se puede mecanizar por completo como sistema de alimentación, con lo cual se evita mucho trabajo y se economiza tiempo.
13. Prácticamente se elimina el peligro de pérdida por incendio respecto de los henificados

Desventajas:

1. Se requieren un silo o instalación de almacenaje y otros equipos especiales para mejorar los resultados.
 2. El contenido de vitamina D es mucho menor que en el heno curado al sol.
 3. Hay que manipular dos o tres veces más tonelaje que cuando el mismo forraje se seca para preparar heno, porque contiene más agua.
 4. Cuando se requieren aditivos se incurre en un gasto adicional.
 5. Puede ser un sistema caro de preservación de forraje, en particular si junto a él se da forraje seco.
 6. Reduce la cantidad de materia orgánica que se devuelve al suelo, que algunos tipos de suelo lo necesitan.
- (Ensminger, M. E.; 1983).

La planta de Maíz: Composición y digestibilidad.

El contenido de energía y la digestibilidad se ven afectados por la proporción de espiga y la calidad de la caña+hojas que presenta la planta de maíz. La digestibilidad de la espiga es bastante constante a través del tiempo. La proporción de espiga y la digestibilidad de la caña+hojas no son independientes; el crecimiento de la espiga es frecuentemente más rápido que el de la planta completa. Parte de la acumulación de la materia seca en el grano se realiza por translocación de sustancias altamente digestibles desde las células de la caña hacia

la espiga. Cuando se logra un elevado rendimiento a través de una intensa translocación, la digestibilidad de la caña es baja.

Los conocimientos de la calidad forrajera de un cultivo se han visto incrementados por el uso de los métodos analíticos propuestos por Van Soest. (Bertoia, L. M.; 2010). Estos métodos permiten discriminar entre los contenidos celulares, casi completamente digestibles (proteínas, azúcares, ácidos orgánicos, etc.) y los constituyentes de la pared celular (celulosa, hemicelulosa y lignina), parcialmente digestibles. Por lo tanto, el contenido de pared celular y su digestibilidad determinan la digestibilidad del forraje. Estas dos características dependen de la edad de la planta y de su estado de desarrollo, condiciones ambientales, prácticas culturales e híbridos utilizados, entre otros factores.

En etapas tempranas del desarrollo de la planta, la digestibilidad está determinada por el contenido y digestibilidad de la pared celular de la caña+hojas. Estas características cambian durante el desarrollo, ya que se modifican las estructuras celulares existentes, aparecen nuevas, asociadas con la formación y desarrollo de órganos (caña, panoja, espiga, etc.). Una forma de observar la variación de la digestibilidad del forraje es determinar a través del tiempo el contenido y digestibilidad de la pared celular. Las paredes celulares son órganos importantes por su significancia fisiológica, debido a que aumenta la resistencia del vegetal frente a factores de estrés bióticos (insectos) o abióticos (sequía). Como factor negativo paredes celulares muy lignificadas, reducen el consumo voluntario del animal. En un híbrido no es necesario limitar la cantidad total de pared celular, pero sí reducir la porción no digestible. En la caña y en las hojas la formación de pared celular cesa después de la formación del grano. La cantidad de pared celular no digestible sigue aumentando debido a que continúa su lignificación. Antes de la floración, el esbozo de espiga comienza a formar una buena cantidad de pared celular. Estas paredes son mucho más digestibles que las ya presentes en la caña y en las hojas. Al momento del picado, el 70 % de los compuestos menos digestibles de la pared celular se encuentran en estos dos órganos y sólo el 50 % de los compuestos más digestibles, aproximadamente. El consumo está influenciado por el contenido de pared celular, y por el porcentaje de digestibilidad de la misma. La cantidad o volumen de materia seca y su proporción digestible y no digestible presente en el rumen, determina cuánto de nueva materia seca será ingerida. Un rápido pasaje del alimento desde el rumen no es ventajoso cuando el porcentaje de digestibilidad es bajo ya que no da lugar a que este sea apropiadamente degradado por las bacterias ruminales. La velocidad de pasaje depende de muchos aspectos, tales como la relación entre azúcares solubles y almidón, y de la relación entre hidratos de carbono no estructurales (azúcares simples, almidón, etc.) y estructurales (celulosa, hemicelulosa). La tasa de pasaje es baja en el forraje de maíz que se ha cosechado tarde, ya que en ese estado tiene al mismo tiempo alto contenido de almidón y una pared celular poco digestible.

El consumo de materia seca del silaje también está influenciado por el contenido de humedad del cultivo en el momento del picado. Existe un rango óptimo: el consumo de materia seca está limitado cuando en el forraje el contenido de materia seca es menor del 30 %. En el rango de 30-35 % el efecto es favorable. Por encima del 35 % se produce una caída del consumo. Éste también está influenciado por el tamaño de la partícula del forraje conservado. El

contenido de fibra estimula la motilidad del rumen y la rumia, influenciando la tasa de digestión. El consumo es afectado por la palatabilidad o aceptabilidad del forraje por parte del animal. Estas características están fuertemente condicionadas por la calidad del proceso de conservación.

La eficiencia de conservación del forraje de maíz es comúnmente alta si la cosecha se realiza en el estado adecuado y con la técnica de picado correcta. Sin embargo, es conveniente considerar algunos aspectos más: Si bien el silaje de maíz es un alimento de excelente calidad, debe ser considerado como aportante de energía y de fibra de excelente calidad, pero es deficiente en muchos elementos minerales, tales como calcio, cobalto, magnesio, manganeso, fósforo y zinc. También carece de vitaminas o sus precursores. Además, el contenido de proteína bruta es insuficiente para cubrir el requerimiento de novillos y animales en terminación. Desde otra óptica, este bajo contenido de proteínas se transforma en una ventaja, ya que facilita su conservación a través del ensilaje y puede ser complementado excelentemente con forrajes de elevado contenido de proteínas como ser heno de leguminosas o algún otro concentrado proteico.

La eficiencia de utilización puede bajar drásticamente si los granos atraviesan el tracto digestivo sin ser digeridos. Esto sucede cuando están muy maduros al momento del picado y cuando no se toman precauciones especiales, tales como el tamaño del picado, que asegure su rotura en el momento de cosecha o la utilización de cracker. Frecuentemente, los granos muy duros o enteros no son masticados por los rumiantes.

La incorporación de nuevas herramientas como la selección de híbridos con mayor adaptación al medio, resistentes a plagas y enfermedades, mejores controles de plagas, enfermedades y malezas a nivel cultivo, nuevas maquinarias y tecnologías tanto aplicadas en el cultivo como durante el proceso de ensilaje, entre otros podrían afectar el valor nutritivo final de los SMz obtenidos que se traducirían en mayor número de litros de leche o de kilos de carne ganados. Este cambio en el valor nutritivo se evidenciaría por un aumento en el contenido de proteína bruta, un aumento en el contenido de FDN y una disminución en el contenido de FDA en los silajes obtenidos.

Un mayor conocimiento respecto a la calidad de este alimento a nivel nacional y su divulgación redundará al momento de suplementar o de realizar el correcto armado y balanceo de raciones.

Este tema requiere una especial atención de los investigadores y productores para que la producción y la calidad del cultivo por unidad de superficie sea maximizada a fin de reducir el costo por unidad de nutriente, y lograr un producto de mejor valor nutricional.

Factores que hacen a la calidad del silaje de maíz.

La calidad del silaje de maíz va a estar determinada por varios factores como: 1) *el tamaño de picado*: va a estar definido a su vez por el eficiente uso de la maquinaria, su correcto afilado y regulado, afectará también la facilidad de compactación, aprovechamiento de la energía aportada por el grano, la movilidad

ruminal y el correcto aprovechamiento del forraje en los comederos. El tamaño aconsejado por el INTA Rafaela debe estar entre un 5% y 10% de partículas mayores a 2cm, entre el 40% y 50% de partículas entre 0.8cm y 2cm, y el resto en partículas menores a 0.8cm. La importancia de este aspecto se explica en un correcto funcionamiento ruminal del animal al ingerir este alimento. Esta consideración es de suma importancia en los sistemas productivos donde los rumiantes están totalmente confinados. En el caso particular de cultivos demasiado secos, se tiende a disminuir el tamaño de picado para favorecer la compactación. (Piñero, G. 2010). El porcentaje de partículas mayores al rango normal (2cm), se justifica por la necesidad de contar con fibra efectiva en la ración. Esta fibra en el rumen cumple la función de estimular la rumia, con lo que obliga al animal a tragar saliva y con ello bicarbonato que ayuda a estabilizar el pH ruminal. Otra de las funciones de las fibras es la de raspar (scratch), las paredes internas del rumen limpiándolas y mejorando la capacidad de absorción de nutrientes a través de ella. La explicación de porque no se busca un tamaño menor de partículas se debe a que en los tamaños que tienen menos de 8 mm, la tasa de pasaje a nivel ruminal es muy alta lo cual es indeseable para su óptimo aprovechamiento. (Cattani, P et. al. 2010).

2) *Altura de corte:* El grano es el componente de la planta de maíz de máxima digestibilidad, en cambio la fracción vegetativa es de menor calidad y la misma varía con el estado de madurez, el híbrido y con la relación hoja/tallo. Debido a esto, en la mayoría de las situaciones de producción, el valor nutritivo del ensilaje de maíz aumenta cuando se incrementa la proporción de grano en la planta. Elevar la altura de corte cuando se ensila es una práctica que posibilita ese objetivo. Los tallos, que representan el 30-40% del peso de la fracción fibrosa, son los componentes de la planta de menor calidad y su digestibilidad disminuye hacia la base del mismo. Por lo tanto, al elevar la altura de corte del cultivo no sólo se aumenta la relación grano/planta, sino que también se excluye del material a ensilar la parte inferior del tallo y las hojas más viejas. Esta práctica, si bien produce un ensilaje con mayor digestibilidad y almidón, tiene la desventaja que reduce la cantidad de materia seca que se ensila por unidad de superficie (Aello, M. S. 2008). Este hecho se basa en que la digestibilidad del tallo es de aproximadamente 50% y de la espiga es de más del 80%.

Cuadro N°1: Mejora en la calidad por levantar altura de corte				
Altura de corte (cm)	Composición morfológica			DIVMS (%)
	Tallo (%)	Hoja (%)	Espiga (%)	
15	24	14	62	66,9
30	17	10	73	68,7
50	12	8	80	70,7

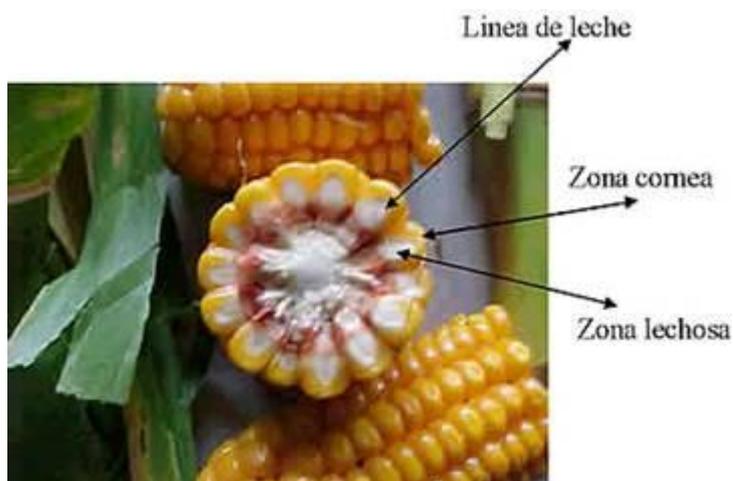
(Piñero, G. 2010).

3) *El momento de corte:* Debido al avance del estado fenológico de la planta las proporciones de hidratos de carbono, materia seca, proteína etc. varían considerablemente. El momento de corte es el factor que más influye sobre el volumen cosechado y la calidad del material a ensilar. Adelantar demasiado el

corte, cuando la humedad de la planta está alrededor del 75 % (grano lechoso) afecta el volumen cosechado. Si se lo compara con un corte al estado óptimo (65% de humedad) la pérdida de producción ronda entre los 4000 y 5000 kg de materia seca por hectárea (efecto considerable sobre el costo y sobre la cantidad almacenada). También este alto contenido de humedad puede afectar la conservación (malas fermentaciones de tipo butíricas), producir pérdida de nutrientes por la excesiva lixiviación, aumentar los costos de picado y del embolsado (se transporta más agua y se usan metros de bolsa para almacenarla).

De todas maneras, si se logra una buena conservación, la calidad del ensilaje puede ser buena (especialmente si la planta está en buenas condiciones), pero con poco grano. Cuando se corta al estado óptimo (30 - 35 % de materia seca o 70 - 65 % de humedad) se logra cosechar el mayor volumen de forraje con la mejor calidad por la excelente relación espiga-planta.

Cortes más tardíos, menores al 60 % de materia seca, no producen más volumen y afectan la calidad por el aumento en el contenido de celulosa y de lignina (FDA) de muy baja digestibilidad en los tallos y las hojas (esto no mejora aún con buen contenido de granos). En estas condiciones se hace más difícil el picado y la compactación para extraer el aire, lo que complica la conservación. También afecta la utilización del grano por parte del animal porque está muy duro, en la mayoría de los casos sin procesar y aparece luego entero en la bosta.



Corte transversal de la mitad superior de una espiga de maíz mostrando el desarrollo de la línea de leche. (Romero, L. 2005).

Cuando el grano de maíz va madurando en la espiga, se observa que el endosperma que se observaba líquido, lechoso, se va desplazando hacia el marlo y va siendo reemplazado por endosperma duro, la parte cornea. Para reconocer esto, se debe recorrer el lote, sacar espigas, cortarlas por la mitad y observar el estado del grano examinando la parte cornea (superior) y la parte lechosa (inferior en contacto con el marlo). Cuando la línea de leche ocupa de la mitad a un 1/3 del grano es el momento adecuado para picar.

El criterio de la “línea de leche” para elegir el momento óptimo de corte para ensilaje debería ser utilizado solo si el cultivo se desarrolló en condiciones

climáticas normales y el rendimiento en grano es elevado. Si, por el contrario, la planta ha sufrido estrés y se tienen pocas expectativas en cuanto a su rendimiento, el momento de corte estará determinado por la calidad de la planta entera. (Romero, L. 2005)

4) *La cantidad de grano:* debido a que es el componente con mayor porcentaje de digestibilidad y aporte de energía. El contenido de grano y la calidad del resto de la planta (tallos-hoja) están estrechamente relacionados. El grano es el componente de mayor calidad, por su concentración energética y comprende en situaciones normales entre 40 y 50% de la MS total (Van Olphen et. al. 2000). Si por diversas situaciones climáticas o de manejo se reduce la cantidad de granos, la calidad del tallo resulta proporcionalmente más importante para el valor nutritivo. Cuando el rendimiento en grano es elevado hay una importante removilización de azúcares del tallo hacia la espiga durante el llenado del grano, esta situación incrementa el contenido relativo de pared celular y por lo tanto la calidad del tallo podría disminuir sensiblemente. En síntesis: la variación en el número de granos altera la relación fuente/destino durante el llenado, por lo tanto se obtendrán diferentes relaciones carbohidratos solubles – almidón (Van Olphen et. al. 2000).

5) *La digestibilidad de la fracción vegetativa:* Como se dijo anteriormente, el silaje de maíz produce materia seca de alta calidad. Aproximadamente la mitad de la materia seca que se cosecha proviene de la mazorca y otro 50% del resto de la planta (vaina, tallo, área foliar). Por lo tanto no se debe tratar solamente de aumentar el contenido de los granos descuidando la calidad del resto de la planta ya que la digestibilidad final del silaje estará asociada tanto a la cantidad de mazorcas y grano como a la calidad de la planta, especialmente del tallo.

La digestibilidad in vitro de materia seca o DIVMS es una metodología química que se realiza en el laboratorio e involucra la incubación de muestras de forrajes con licor ruminal. Los componentes básicos de esta técnica "in vitro" son: el sustrato (forraje), la saliva artificial o solución buffer de nutrientes y el inóculo ruminal. La técnica empleada, Tilley y Terry, propone una incubación con licor ruminal durante 48 horas para digerir la fibra y una segunda etapa de digestión ácida intentando reproducir la degradación de las proteínas del alimento y bacterianas por las enzimas digestivas del abomaso de los rumiantes (Gaggiotti, M. et. al. 1996). La producción de forraje por unidad de superficie tiene importancia no solo desde el punto de vista económico sino también nutricional. La calidad del forraje que puede ofrecernos un maíz para silaje, varía en función del híbrido, del estado de madurez a la cosecha, fertilización, control de plagas y enfermedades, del año y sitio de siembra. El efecto del ambiente es muy importante (la variabilidad debido a este factor es igual o mayor que la debida al híbrido), y para un sitio dado la calidad intrínseca del híbrido y las condiciones ambientales durante el desarrollo del cultivo, condicionan la calidad del forraje.

Para el área de Pergamino, se han detectado diferencias en la digestibilidad in vitro del forraje de hasta 12,4 unidades porcentuales (53,1 a 65,5% en la campaña 96/97). Considerando las distintas campañas, la DIVMS de la planta entera osciló entre: 53,2 y 70,2 %, con una media de 64,4±3,9% (n= 62). Estos valores se relacionaron muy débilmente ($r = 0,18$) con el porcentaje de mazorca y

no se encontró asociación con ninguna otra variable morfológica, ni con la longitud de ciclo ni con el número de días desde floración a cosecha. Que exista una relación débil entre digestibilidad y porcentaje de mazorca no significa que este componente no sea importante. (Carrete, J.; 2002)

La fuerte relación hallada entre la fibra indigestible y la digestibilidad de la materia orgánica medida en rumiantes, plantea la importancia que adquiere también el resto de la planta en la determinación de la calidad del forraje y particularmente el tallo, que es el segundo componente morfológico en importancia.

La digestibilidad del resto de la planta excluyendo la mazorca es variable en función del contenido de pared celular, de la cantidad y calidad de la FDA (principal factor de anticalidad en las plantas) y de su distribución en la pared secundaria de las células vegetales. La digestibilidad del tallo es menor que la de la planta y osciló entre 43,3 y 55,2 % para diferentes híbridos, con una media de: $47,4 \pm 2,8$ % (n=26). Para los materiales evaluados en la EEA Pergamino, el contenido de fibra de la planta entera varió entre 39,4 y 60,5 %, con una media de: $51,5 \pm 4,5$ % (n= 50), estando medianamente relacionado con el porcentaje de tallo ($r = 0,69$). El tallo y la espiga son los componentes morfológicos de mayor contribución a la producción de biomasa en maíz. Existe una relación inversa entre contenido de mazorca y de tallo + hoja, de modo que los materiales con mayor porcentaje de mazorca tienen menor proporción de tallo y viceversa ($r = -0,95$). Los extremos estuvieron representados por el grupo semiprecoz (alto porcentaje de mazorca y bajo de tallo y hoja) y por el grupo semitardío (alto porcentaje de tallo y hoja y bajo de mazorca). Las condiciones ambientales antes de la floración, y en particular temperatura, afectan el contenido y la digestibilidad de la pared celular. De modo, que altas temperaturas desde el estado de 7 a 8 hojas hasta el llenado del grano incrementan la deposición de pared celular y su indigestibilidad. (Carrete, J.; 2002)

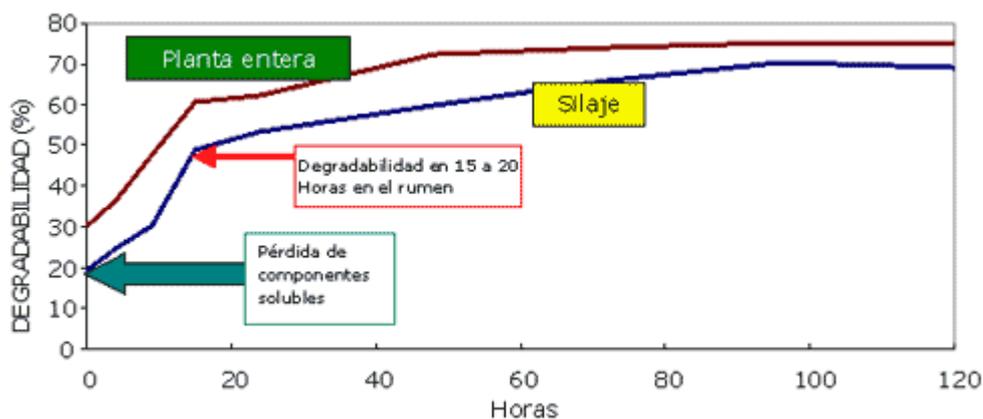
Luego de la floración, la digestibilidad de la planta puede incrementarse, decrecer o permanecer constante. Cuando la temperatura es moderada y la humedad no es limitante se produce un rápido llenado de los granos que mejora la relación entre carbohidratos y pared celular, y por ende se produce un incremento en la digestibilidad. Por el contrario, frente a deficiencias hídricas o temperaturas bajas, el llenado de los granos es más lento y se realiza, en gran medida, a partir de carbohidratos sintetizados antes de la floración y acumulados en el tallo, afectando estas condiciones a la digestibilidad. La capacidad que tienen algunos híbridos de mantener vivo gran parte de su tejido foliar (Stay green) durante el llenado de los granos, así como la sanidad foliar, son dos aspectos que contribuyen a mejorar la calidad del forraje. En situaciones ambientales extremas, que comprometen el tejido foliar, la digestibilidad se reduce.

6) *El proceso de ensilaje* Una vez que el contenido de humedad y la madurez han sido determinados para definir el momento de cosecha, los principales pasos a tener en cuenta son: a) cosechar el cultivo tan rápido como sea posible, b) almacenar y compactar el silaje de maíz tratando de excluir la mayor cantidad posible de oxígeno. Estos pasos asegurarán una rápida y eficiente fermentación, con pérdidas mínimas durante el ensilado, almacenamiento y

suministro. Las decisiones de manejo tomadas durante cosecha y almacenamiento son claves para producir silajes de maíz de la mayor calidad. (Romero, L. 2004).

La calidad del silaje nunca es igual al del material original. Como se muestra en la figura 1, las curvas de degradabilidad de una planta de maíz antes de ensilar y luego de ensilada son similares, pero difieren en la cantidad de fracción soluble, la cual en el silaje es menor debido a la pérdida de hidratos de carbono solubles y proteínas. Esto hace que la degradabilidad del silaje sea al menos un 10 a 15% menor que el de la planta antes de ser ensilada, dependiendo del contenido de materia seca (MS) del cultivo al momento de ensilar. Una regla general es que a menor contenido de MS aumentan las pérdidas, por eso se recomienda cosechar a un contenido de MS entre 30 a 35%.

Figura 1: Degradabilidad ruminal de la planta y silaje de maíz.



Fuente: (Di Marco, O.N., Aello, M.S., 2003).

Características de un silaje de calidad.

Las características fáciles de reconocer de un buen silaje son:
Olor: Posee un olor ácido avinagrado, bastante agradable, en contraste con el olor fétido u objetable del silaje malo.

Sabor: palatable, no amargo ni pungente.

Ausencia de moho y descomposición: no hay moho visible y no se lo nota viscoso ni rancio.

Uniformidad: el buen silaje es de humedad uniforme y de color verde o parduzco.

Aceptación por los animales: a los animales el buen silaje les agrada y prosperan con él. (Ensminger, M. E.; 1983).

Los parámetros químicos comúnmente utilizados para evaluar la calidad de los silajes de maíz son: materia seca (MS), proteína bruta (PB), fibra detergente

neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA). El % de MS, indica indirectamente la cantidad de agua presente en el forraje y permite expresar y comparar la composición de nutrientes sobre base seca. El % de PB se define como el contenido de nitrógeno de una muestra (incluyendo el de origen proteico y el no proteico), determinado por el método Kjeldhal y multiplicado por un factor 6.25 para la mayoría de los forrajes (se aplica este factor ya que las proteínas en promedio tienen un 16% de nitrógeno). El % de FDN se utiliza para estimar los componentes de la pared celular y se encuentra relacionado en forma inversa con el consumo voluntario del animal. El % de FDA representa el contenido de celulosa y de lignina de la pared celular relacionándose en forma inversa con el coeficiente de digestibilidad del alimento analizado. (Guaita, et al., 2005).

En el Laboratorio de Evaluación de Alimentos para Uso Animal (Leaa) de la Universidad Católica Argentina, Facultad de Ciencia Agrarias, se llevó adelante un trabajo para evaluar la calidad nutritiva de silajes de maíz de la llanura pampeana y mesopotamia argentina respecto a MS, PB, FDN y FDA durante los años 2003 a 2007 (Cereijo, 2008). En este trabajo, se observaron cambios en la composición química de silajes, aumentando significativamente el porcentaje de FDN y de PB a través de los años 2003 a 2007 sin embargo, FDA no respondió de igual modo, sin presentar una tendencia definida. Por tal motivo se encontró que existía una tendencia incipiente a un aumento en la calidad de los silajes de maíz analizados que se evidenciaría con un aumento del contenido de PB, un aumento de FDN y una disminución de FDA. Continuando esta línea de trabajo anteriormente expuesta se evaluaron muestras de silajes de maíz de la misma zona para los años 2005 al 2010 para observar si las tendencias se confirman y se pueden observar cambios significativos en la calidad de los silajes de maíz analizados a través de los años para estos parámetros. Debido a que el número de muestras y la totalidad de los parámetros analizados de los años 2003 y 2004 eran muy inferiores respecto a los años considerados; y en orden de tomar un rango de características que fueran representativas para este alimento, se decidió no incluirlos en este estudio.

- **Objetivos:**

Caracterizar el valor nutritivo de los silajes de planta entera de maíz procedentes de la Llanura Pampeana (Buenos Aires, Santa Fe y sur de Córdoba) y Mesopotamia Argentinas (Entre Ríos, Corrientes y Misiones) según los parámetros de materia seca, proteína bruta, fibra detergente neutro y fibra detergente ácido analizados en el Laboratorio de Evaluación de Alimentos para Uso Animal (Leaa), de la Facultad de Ciencias Agrarias desde el año 2005 al año 2010 inclusive.

Objetivos específicos:

1. Calcular la media para los parámetros PB, FDA, FDN, MS de los silajes maíz de la Región Pampeana y Mesopotamia Argentina desde el año 2005 al 2010

2. Calcular si existe diferencia significativa entre las medias de cada año para cada parámetro y observar las variaciones dentro de cada año.

Hipótesis:

- 0) A través de los años se observan cambios significativos en la calidad de silajes de maíz respecto a PB, FDN y FDA.
- 1) El contenido de PB y FDN aumenta con los años.
- 2) El contenido de FDA disminuye con los años.

5) Materiales y métodos:

Se trabajó con 350 muestras de silaje de maíz que fueron analizadas en el Laboratorio de Evaluación de Alimentos para Uso Animal (LEEA) durante los años 2005, 2006, 2007, 2008, 2009 y 2010 presentando así un rango representativo de características físico químicas. Estas muestras provenían de silajes de maíz de planta entera de la Llanura Pampeana (Buenos Aires, Sur de Córdoba, Sur de Santa Fe, Este de La Pampa) y de la Mesopotamia (Entre Ríos, Corrientes, Misiones). Las muestras de silaje fueron evaluadas por química húmeda. Se les determinó: **Materia Seca (MS)**: por secado de las muestras en estufa con circulación forzada de aire a 65°C hasta peso constante. Las determinaciones se expresan en base seca. **Proteína Bruta (PB)**: por el método Kjeldahl AOAC 2001.11. **Fibra Detergente Neutro (FDN) y Fibra Detergente Ácido (FDA)**: mediante la tecnología Filter Bag Technique (Ankom 200).

Con los valores de estos parámetros se determinó usando el Software estadístico Infostat: valores máximos y mínimos, media, normalidad, homocedasticidad, desvío estándar, coeficiente de variación, Prueba de Shapiro, Prueba de Levene, ANOVA, Test de Tuckey.

El modelo estadístico utilizado fue un Diseño Completamente Aleatorizado o DCA el cual analiza los datos tomados aleatoriamente sin tener en cuenta posibles interacciones entre los tratamientos.

Los valores mínimos son los valores menores del conjunto de observaciones y máximos son los valores máximos del conjunto de observaciones. Los valores medios son la suma de los valores observados dividida por el número total de observaciones. La normalidad indica que los valores se distribuyen normalmente o forman una campana de Gauss, para poder apreciar ésta distribución se emplean los gráficos de frecuencias o Histogramas. La misma se comprueba mediante la prueba de Shapiro-Wilks. La homocedasticidad consiste en suponer que todos los tratamientos tienen la misma variabilidad y se comprueba mediante la prueba de Levene. El desvío estándar (DE) es una medida de variabilidad de las observaciones comparadas con la media, cuanto más próximas estén las observaciones al valor de la media menor será el desvío y viceversa. El coeficiente de variación (CV) es una medida de dispersión que sirve para comparar variables que están a distintas escalas pero que están correlacionadas con un factor común. ANOVA o análisis de la varianza es un método que sirve para saber si hay diferencias significativas entre los parámetros para los diferentes años con un riesgo del $\alpha\%$. Se evaluará el efecto de los distintos años mediante un Test de Tukey (permite comparar todos los pares posibles de medias, se calculan las diferencias entre las medias de los tratamientos y se comparan con una diferencia mínima significativa que si la superan se considera que las medias difieren significativamente con un riesgo del $\alpha\%$).

6) Resultados y discusión:

En función de los resultados obtenidos de los parámetros analizados para todos los años se realizaron los siguientes histogramas (ver figuras 2, 3, 4 y 5).

Figura N°2: Histograma correspondiente al porcentaje de Materia Seca.

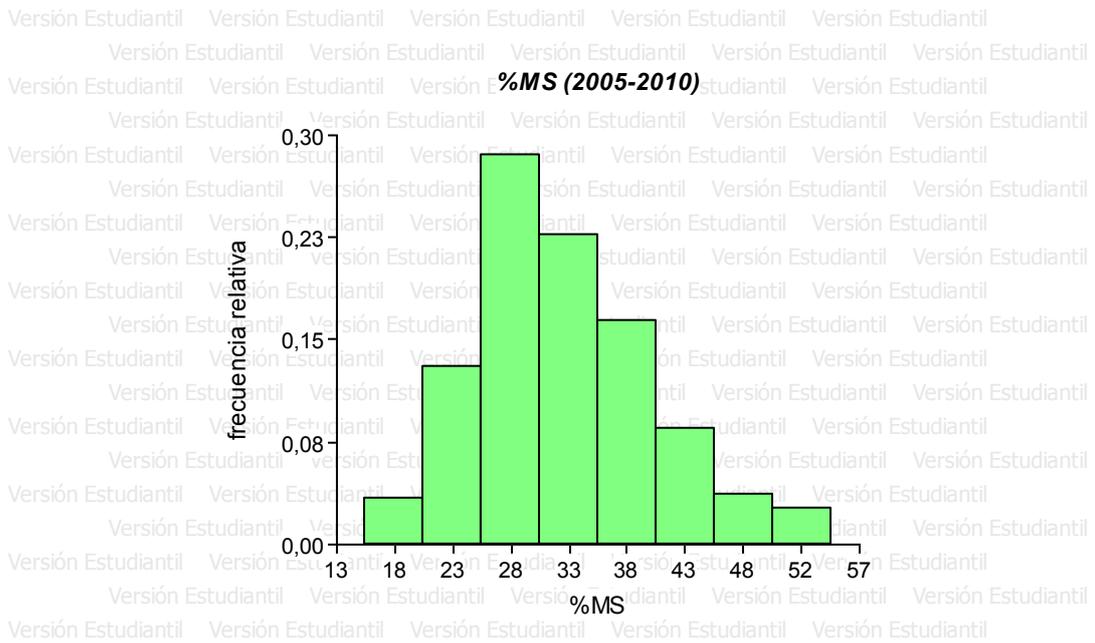


Figura N°3: Histograma correspondiente al porcentaje de Proteína Bruta.

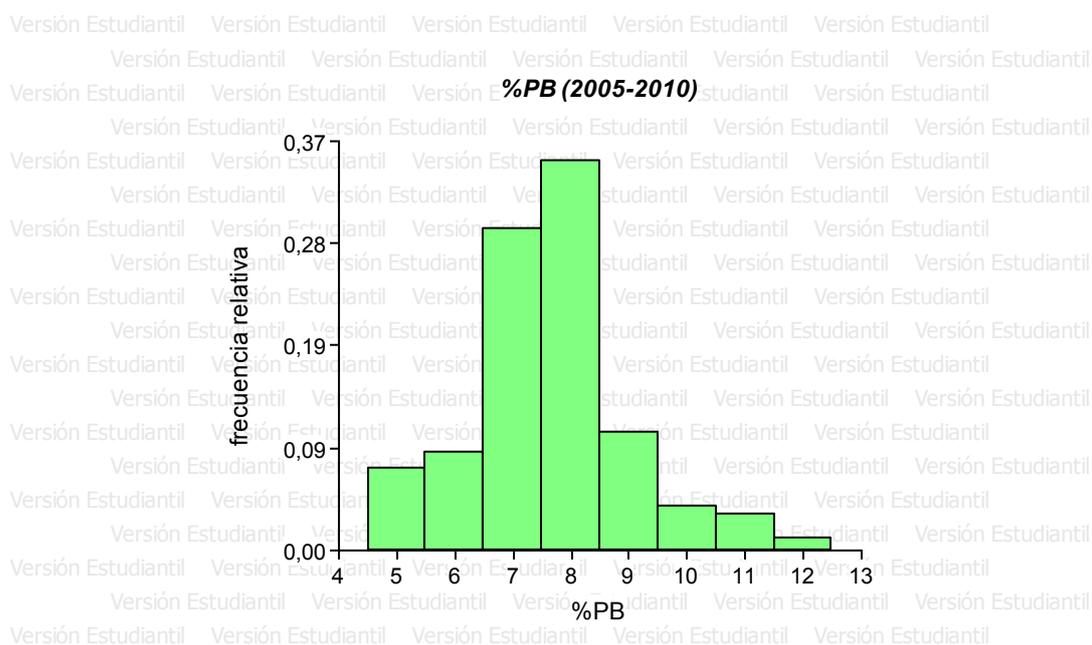


Figura N°4: Histograma correspondiente al porcentaje de Fibra Detergente Neutro.

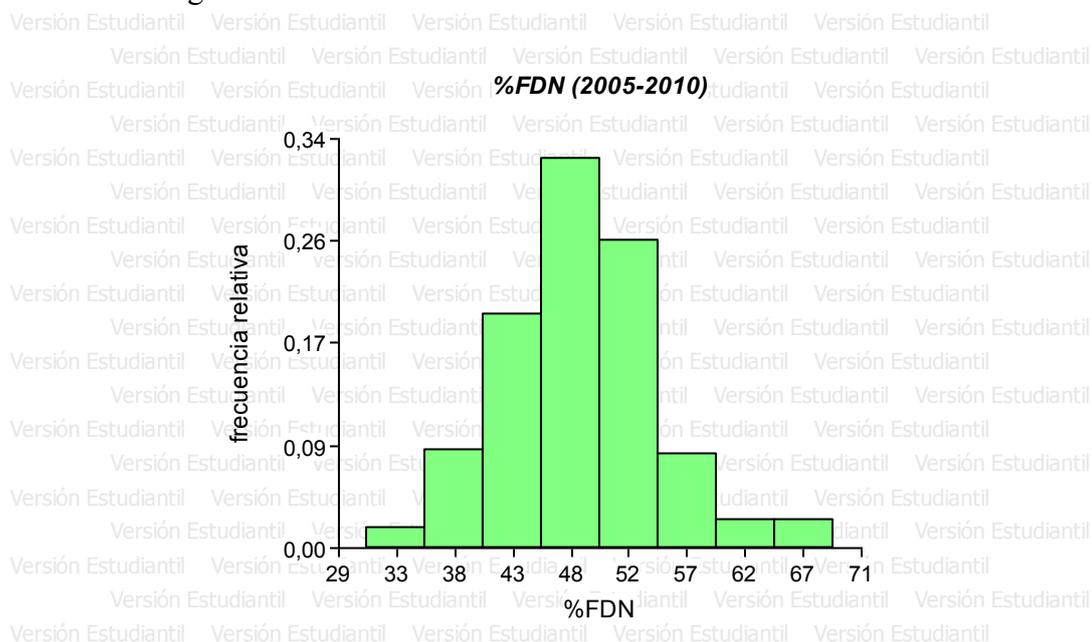
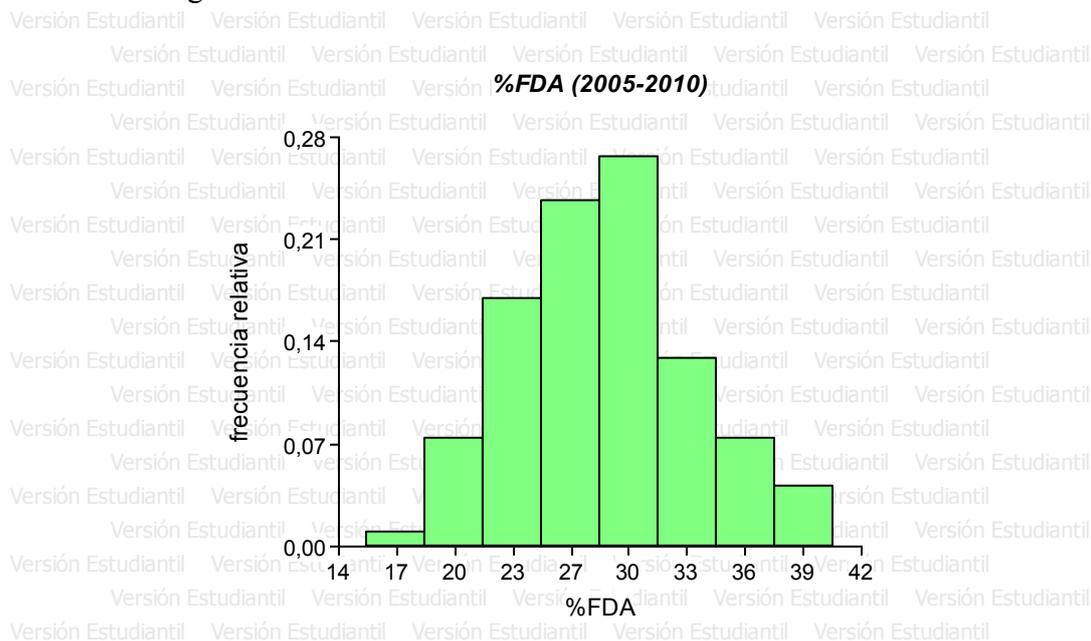


Figura N°5: Histograma correspondiente al porcentaje de Fibra Detergente Ácido.



A continuación se presenta la tabla Nro. 1, que contiene los valores medios, desvío estándar, coeficiente de variación, valores máximos y mínimos para cada uno de los parámetros analizados para la totalidad de las muestras.

Tabla N°1: Medidas Resumen Global de los parámetros a lo largo de los años.

<i>Parámetro</i>	<i>n</i>	<i>Media</i>	<i>D.E.</i>	<i>C.V.</i>	<i>Mín.</i>	<i>Máx</i>
Proteína Bruta (%)	271	7,50	1,47	19,58	4,17	12,6
Fibra Detergente Neutro (%)	293	48,43	6,31	13,04	31,10	69,04
Fibra detergente ácido (%)	296	28,16	4,83	17,16	15,35	40,88
Materia Seca (%)	266	32,49	7,44	22,9	15,88	54,81

N: cantidad de muestras.

D.E.: desvío estándar.

C.V.: coeficiente de variación.

Mín.: valor mínimo.

Máx.: Valor máximo.

Para el parámetro %PB, sobre un total de 271 muestras analizadas, la media fue de 7,50% con un mínimo de 4,17% y un máximo de 12,60%. Para el

parámetro %FDN, sobre un total de 293 muestras analizadas, la media fue de 48,43% con un mínimo de 31,10% y un máximo de 69,04%. Para el parámetro %FDA, de un total de 296 muestras analizadas, la media fue de 28,16% con un mínimo de 15,35% y un máximo de 54,81%. y para el parámetro %MS de un total de 266 muestras, la media fue de 32,49% con un mínimo de 15,88% y un máximo de 54,81%.

Los valores encontrados concuerdan con valores publicados por (Inza, A. G., et al. 2008) (Aello et. al. 2008) (Giaggiotti, M. et. al. 1996) (Romero, L. et al. 1998). (Jaurena, G et. al 1994). (The Pioneer Forraje Manual 1990). (Di Marco, O. N. et. al. 2002). (Cereijo, A. 2008). (Juan, N. A. et. al. 2002). (Shroeder, G. F. et. al. 2000). (Guaita, M. S. et. al. 2005) (Martin, G. O. 2005). Esto mostraría que el pool de muestras analizado es representativo del alimento en estudio. Se pueden observar diferencias entre éstos valores debido a la gran cantidad de factores bióticos y abióticos que influyen durante todo el proceso afectando los resultados como ser la elección del híbrido a sembrar, clima, densidad de siembra, momento de corte, altura de corte, nivel de fertilización, tamaño de picado entre otros. Estas variaciones son más marcadas en los parámetros %MS, %FND y %FNA.

Previo a someter los datos al análisis de la Varianza, se estudiaron los supuestos del modelo estadístico utilizado. Homocedasticidad y normalidad, cuyos resultados se muestran a continuación en la tabla N°2.

Tabla N°2: Análisis de los supuestos del modelo estadístico.

<i>Supuestos</i>	<i>Normalidad</i>	<i>Homocedasticidad</i>
<i>Parámetro</i>	<i>Prueba de Shapiro</i>	<i>Prueba de Levenne</i>
<i>Proteína Bruta (%)*</i>	0,0049	0,0143
<i>Fibra Detergente Neutro (%)</i>	0,4894	0,0662
<i>Fibra detergente ácido (%)*</i>	0,0068	0,0369
<i>Materia Seca (%)*</i>	0,2143	0,0903

**: Datos modificados aplicando el Logaritmo de su valor y bajando el nivel de significación a 0.01% para que se ajustaran apropiadamente al modelo.*

Al someter los valores al análisis de la varianza para averiguar si hay diferencias significativas entre los años se encontró que habían años en los que los valores de los parámetros entre los distintos años diferían significativamente. Se encontró que en todos los años habían diferencias significativas por lo que mediante el uso del Test de Tukey se determinó cual de ellos era el o los que diferían entre sí encontrándose los siguientes resultados:

Tabla N°2: Análisis de los parámetros durante los años estudiados.

<i>Parámetro</i>		2005	2006	2007	2008	2009	2010	<i>p-valor</i>
Proteína bruta (%)	Media	7,17a	7,5ab	8,65b	7,51ab	7,44a	7,2a	0,0005
	D.E.	1,6	1,25	1,7	0,75	1,67	1,47	
	máx.	10,38	11,06	12,6	9,85	11,7	10,79	
	mín.	4,52	5,12	6,56	6,3	4,44	4,17	
	n	29	51	30	32	56	73	
Fibra detergente neutro (%)	Media	47,01ab	51,09b	50,19b	45,05a	49,35ab	47,18ab	0,0001
	D.E.	6,09	7,45	6,57	4,06	6,65	4,86	
	máx.	60,2	69,04	66	53,73	66,49	58,84	
	mín.	36,98	38,21	36,29	35,04	31,1	34,59	
	n	30	50	30	29	68	86	
Fibra detergente ácido (%)	Media	24,08a	27,38b	23,69a	27,85bc	30,68c	29,43bc	<0,0001
	D.E.	3,42	5,57	3,09	2,08	4,29	4,25	
	máx.	31,27	40,39	29,6	34,21	40,88	38,33	
	mín.	18,85	19,35	18,6	23,18	15,35	16,73	
	n	27	51	30	30	73	85	
Materia Seca (%)	Media	34,22b	27,98a	32,21ab	28,93ab	34,54b	34,4b	<0,0001
	D.E.	7,99	5,23	7,32	3,89	7,86	7,46	
	máx.	48,74	38,65	48,18	37,02	52,35	54,81	
	mín.	25,13	15,88	20,49	21,78	22,34	18,05	
	n	26	51	32	21	60	76	

N: Cantidad de muestras

D.E.: Desvío estándar

Máx.: valores máximos

Min.: valores mínimos

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

Figura N°6: Valores de Proteína bruta (%) para cada año.

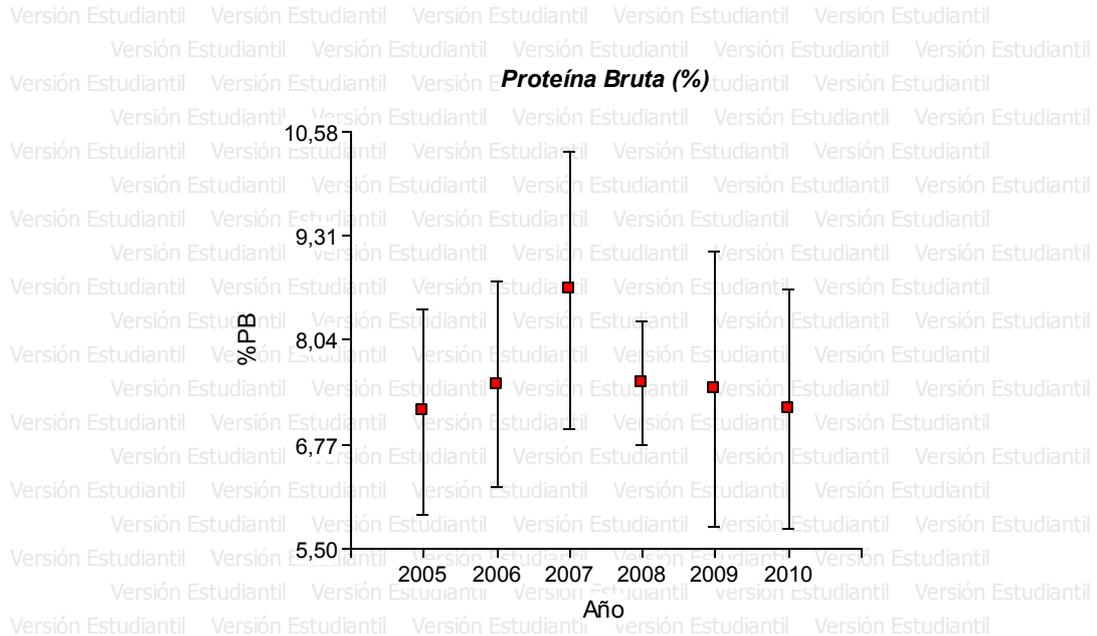


Figura N°6: Los puntos rojos indican la media de los valores para ese año y las barras adyacentes el desvío estándar de las muestras tomadas ese año.

Para el parámetro %PB se encontró que el año 2007 los niveles fueron significativamente mayores a los años 2005, 2009 y 2010, no siendo significativa la diferencia respecto a los años 2006 y 2008. Aunque la cantidad de proteína en los silajes de maíz es un parámetro que tiende a permanecer estable sin grandes variaciones. Estas diferencias se pueden deber al uso de fertilizantes nitrogenados en los cultivos lo que redundaría en un aumento en el rendimiento de materia seca, aumentando además el contenido proteico del grano (Soto, P. et. al.) y a la sequía que contribuye con un aumento de la fracción no digenstible y una disminución de la proporción de grano entre otros factores (Rincón-Tuexi, J. A.; et. al.). Aunque se hayan encontrado diferencias entre los años ésta no es progresiva ni sigue alguna tendencia por lo que no se puede decir que a partir de este parámetro los silajes de maíz hayan experimentado una mejora en su calidad.

Figura N°7: Valores de Fibra detergente neutro (%) para cada año.

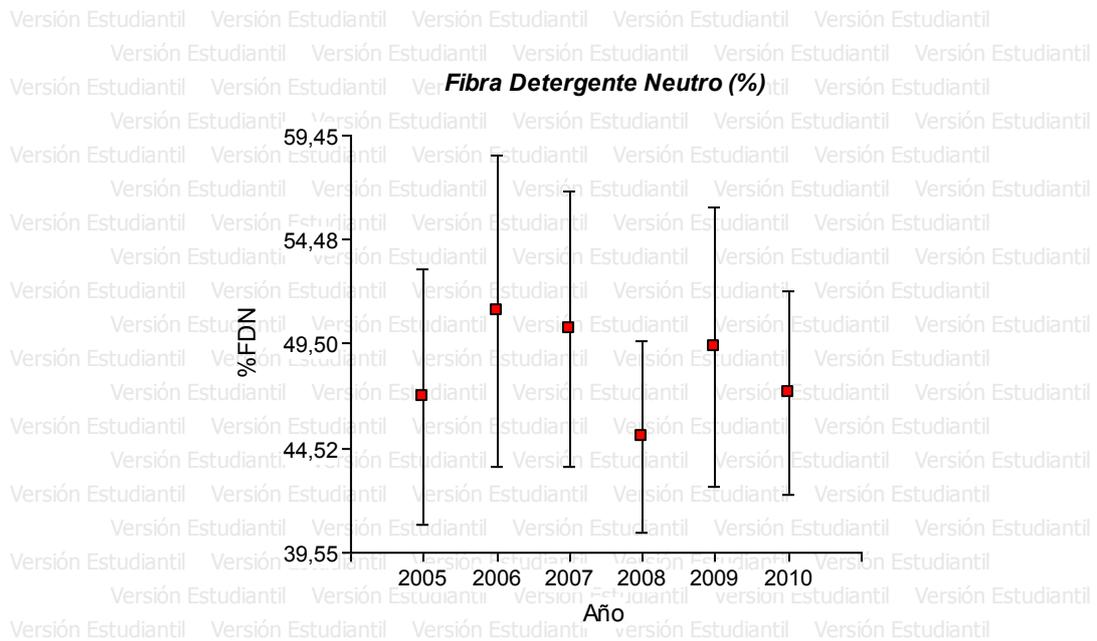


Figura N°7: Los puntos rojos indican la media de los valores para ese año y las barras adyacentes el desvío estándar de las muestras tomadas ese año.

Analizando los datos del parámetro %FDN se encontraron diferencias significativas entre los años 2006 y 2007 con respecto al año 2008 el cual registró el porcentaje más bajo de todos los años. Cabe resaltar entre éstos la marcada variación entre sus valores máximos correspondientes a casi 12 y 15 puntos porcentuales respectivamente. Esto es atribuible a las diferencias entre los híbridos elegidos, calidad de la fracción vegetativa (Bertoia, L.; 2009), madurez a cosecha, (Romero, L; 2004) altura de corte, (Aello, M.S; et. al. 2008) entre otros factores anteriormente expuestos. Se puede apreciar el elevado porcentaje de fibra registrado en el año 2009 con respecto a los años 2008 y 2010, esto pudo haber sido causado por la seca que azotó el país el mismo año.

Figura N°8: Valores de Fibra Detergente Ácido (%) para cada año.

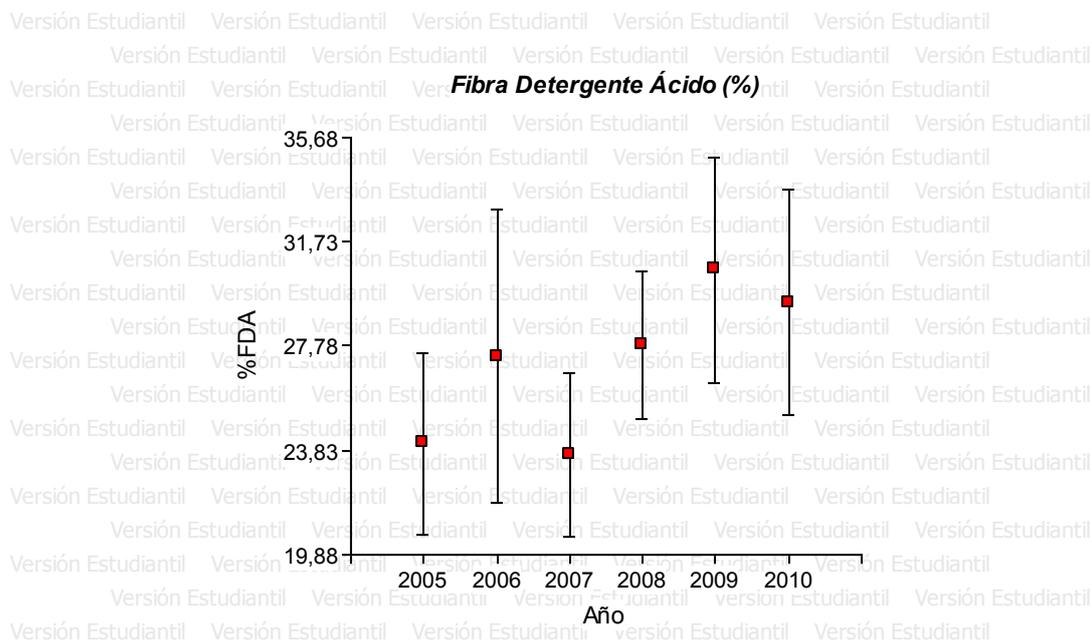


Figura N°8: Los puntos rojos indican la media de los valores para ese año y las barras adyacentes el desvío estándar de las muestras tomadas ese año.

El % de Fibra Detergente Ácido fue entre los parámetros analizados, el que se comportó de manera más errática. Los años 2005 y 2007 no presentaron diferencias significativas al igual que los años 2008 y 2010. Luego para todas las combinaciones de años restantes su diferencia fue significativa lo que convirtió a esta medida en la más variable. Los altos valores registrados en el año 2009 es posible que se deban entre otras cosas a la gran sequía registrada durante esa campaña agrícola. La falta de humedad afecta a la fracción vegetativa bajando el rendimiento y afectando la calidad del silaje por el reemplazo de la fibra digestible por lignina (indigestible) (Romero, L: 2004). En cuanto a las diferencias significativas existentes entre los demás años: 2006, 2008 y 2010 con respecto a 2005 y 2007, en base a la información expuesta en la búsqueda bibliográfica, se puede observar que el %FDA varía considerablemente de acuerdo al momento de corte debido a que el avance del estado fenológico de la planta modifica las proporciones de los parámetros analizados y la altura de corte del material ya que al aumentar el porcentaje de tallo traerá consigo un aumento de la cantidad fibra, en ambos casos se demostró que las diferencias analizadas a partir de éstas situaciones son determinantes para la calidad final del silaje. Otras de las causas analizadas anteriormente que afectan directamente al %FDA son la calidad de la fracción vegetativa, híbrido utilizado, estrés hídrico y uso de fertilizantes entre otros.

Figura N°9: Valores de Materia seca(%) para cada año.

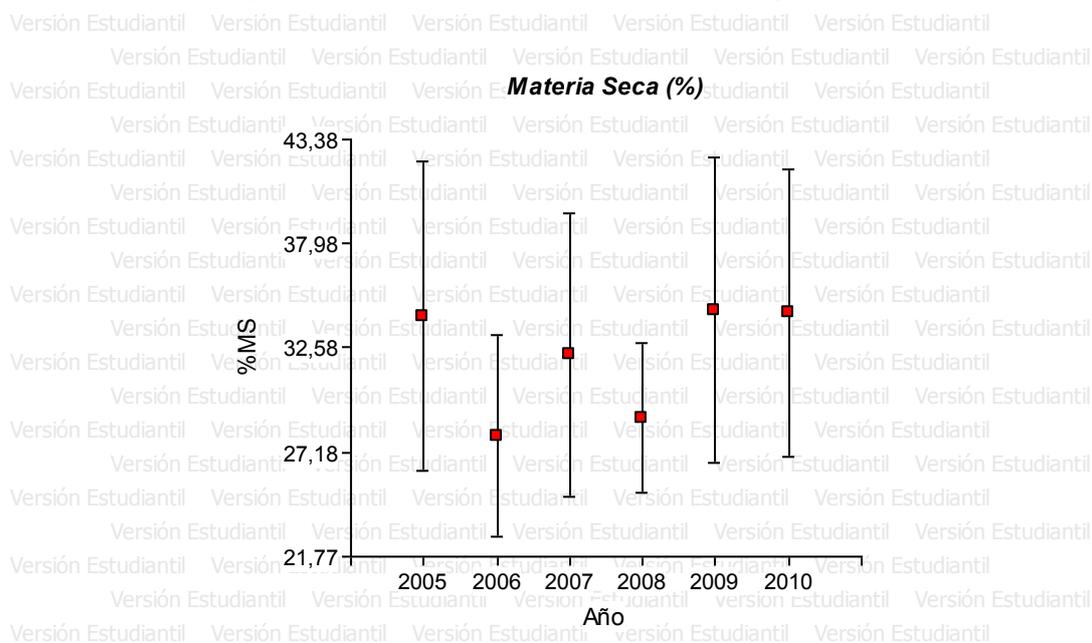


Figura N°9: Los puntos rojos indican la media de los valores para ese año y las barras adyacentes el desvío estándar de las muestras tomadas ese año.

El valor del porcentaje de Materia Seca en los años 2005, 2009 y 2010 se mostró casi invariable, aunque fueron éstos los años que mostraron ser los más altos para este parámetro. Estos años difieren significativamente del año 2006, año que mostró el menor valor promedio. Los años 2007 y 2008 fueron intermedios entre estos valores, no siendo significativa su diferencia respecto de los otros. Se podría pensar que la sequía del año 2009 pudo afectar la calidad de los silajes confeccionados ese año pero ya que los valores de ese año no difieren significativamente de los años 2005 y 2010, no se puede atribuir a la seca el mayor porcentaje de materia seca registrado ese año. En los años 2009 y 2010 se puede encontrar si se compara este parámetro con el porcentaje de fibra detergente ácido que ambos mostraron en esos años sus valores más elevados lo cual invitaría a pensar una correlación entre los mismos por alguna razón coyuntural o de criterio al momento de confeccionar el silaje como ser una disminución en la altura del corte para lograr más kilogramos de alimento por hectárea renunciando a la calidad alimenticia del silaje (Aello, M. S. 2008) o un momento de corte tardío (Romero, L. 2005) lo que llevó a que el porcentaje de lignina presente en el alimento sea mayor. Para este parámetro la influencia de la sequía del año 2009 no fue tan marcada como lo fue para otros parámetros ya descriptos.

7) Conclusiones:

Se pudo observar que en las muestras de silajes de planta entera de maíz provenientes de la Pampa húmeda y la Mesopotamia analizadas en el laboratorio LEAA durante los años 2005, 2006, 2007, 2008, 2009 y 2010, existieron cambios en la composición química ya que hay diferencias significativas entre los años para los distintos parámetros analizados. Debido a que ninguno de ellos muestra una tendencia definida en cuanto a sus valores, no se puede afirmar que haya una mejora en la calidad de los silajes ya que los parámetros Proteína Bruta y Fibra detergente neutro no fueron aumentando paulatinamente con los años sino que su variación fue aleatoria. Del mismo modo, el parámetro Fibra detergente ácido, no disminuyó con los años como se esperaba sino que al igual que los otros parámetros estudiados, su comportamiento fue desordenado.

Por otra parte, debido a la gran variación de cada parámetro dentro de un mismo año, cabe destacar que es de vital importancia realizar un análisis químico de los silajes de maíz para lograr una correcta formulación de las raciones en donde se utilice este alimento y así eliminar sesgos entre el valor estimado y el valor real de la calidad del alimento suministrado a los animales.

8) Anexos:

Medidas resumen

Variable	n	Media	D.E.	CV	Mín	Máx
%MS	267	32,52	7,45	22,90	15,88	54,81
%PB	272	7,49	1,48	19,81	3,74	12,60
%FDN	294	48,41	6,32	13,05	31,10	69,04
%FDA	297	28,13	4,84	17,20	15,35	40,88

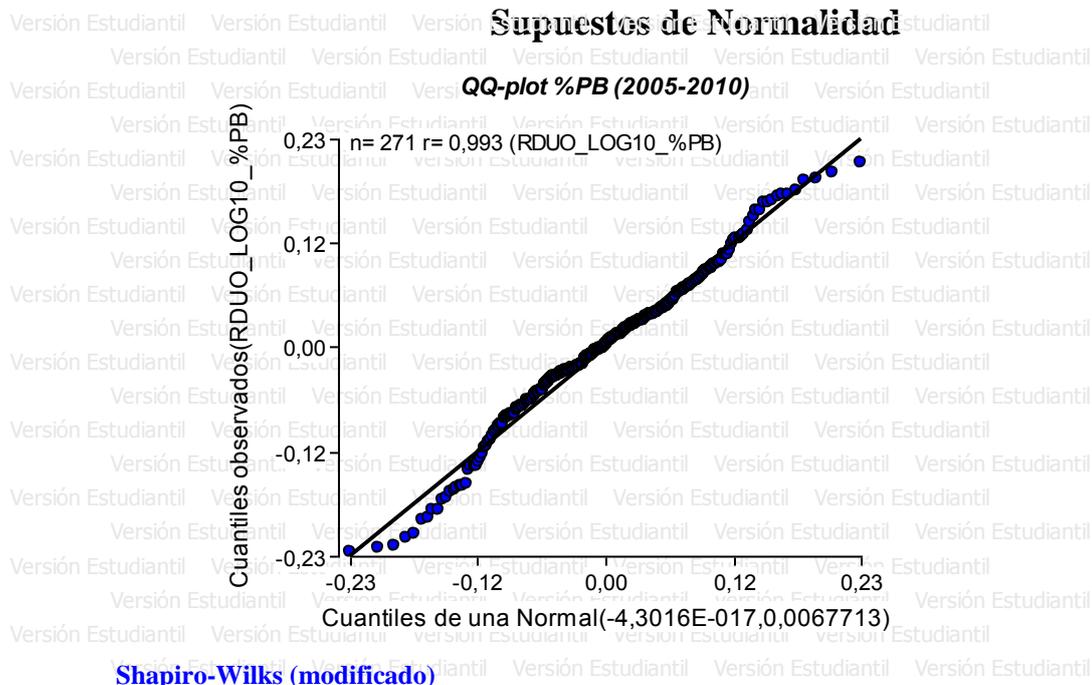
Análisis %PB durante años 2005-2010

Medidas resumen

Año	Variable	n	Media	D.E.	CV	Mín	Máx
2005	%PB	29	7,17	1,26	17,60	4,52	10,38
2006	%PB	51	7,50	1,25	16,65	5,12	11,06
2007	%PB	30	8,65	1,70	19,63	6,56	12,60
2008	%PB	32	7,51	0,75	10,03	6,30	9,85
2009	%PB	56	7,44	1,67	22,43	4,44	11,70
2010	%PB	73	7,20	1,47	20,40	4,17	10,79

Los datos de %PB fueron modificados usando el logaritmo de su valor y el nivel de significación se bajó al 0.01 para poder cumplir con los supuestos del modelo.

Supuestos de Normalidad



Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO LOG10 %PB	271	0,00	0,08	0,98	0,0049

Supuestos de Homocedasticidad

Prueba de Levene

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS LOG10 %PB	271	0,05	0,03	84,00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,04	5	0,01	2,90	0,0143
Año	0,04	5	0,01	2,90	0,0143
Error	0,73	265	2,8E-03		
Total	0,77	270			

Anova %PB

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

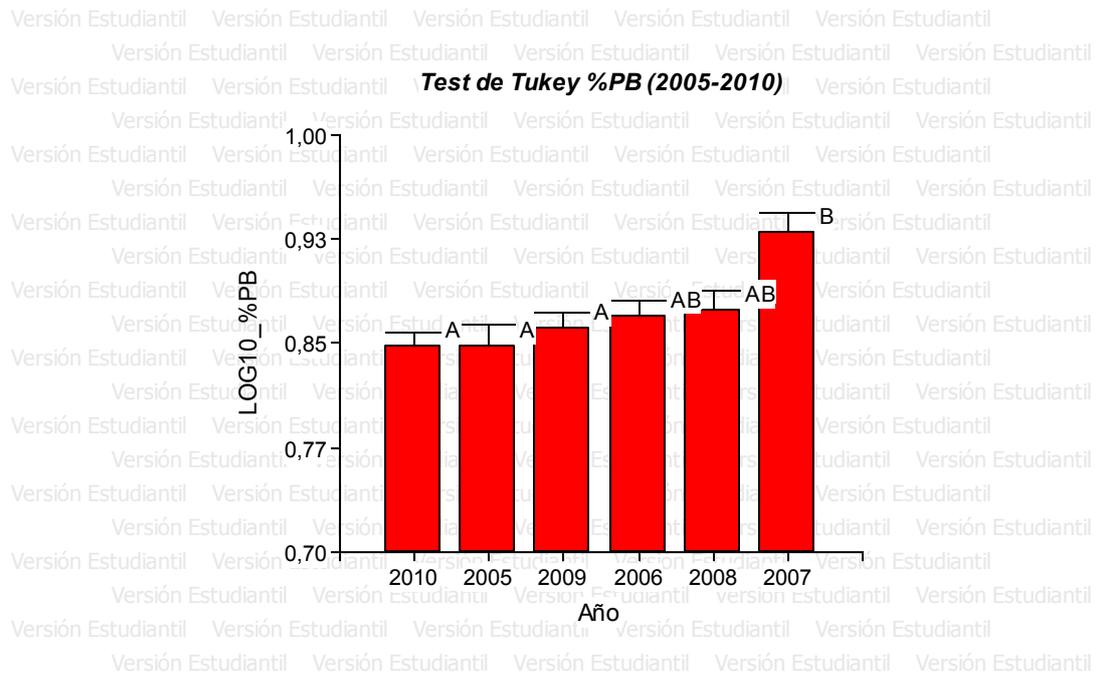
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,16	5	0,03	4,59	0,0005
Año	0,16	5	0,03	4,59	0,0005
Error	1,83	265	0,01		
Total	1,99	270			

Test: Tukey Alfa=0,01 DMS=0,06213

Error: 0,0069 gl: 265

Año	Medias	n	E.E.		
2010	0,85	73	0,01	A	
2005	0,85	29	0,02	A	
2009	0,86	56	0,01	A	
2006	0,87	51	0,01	A	B
2008	0,87	32	0,01	A	B
2007	0,93	30	0,02		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,01$)



Análisis del %FND (2005-2010)

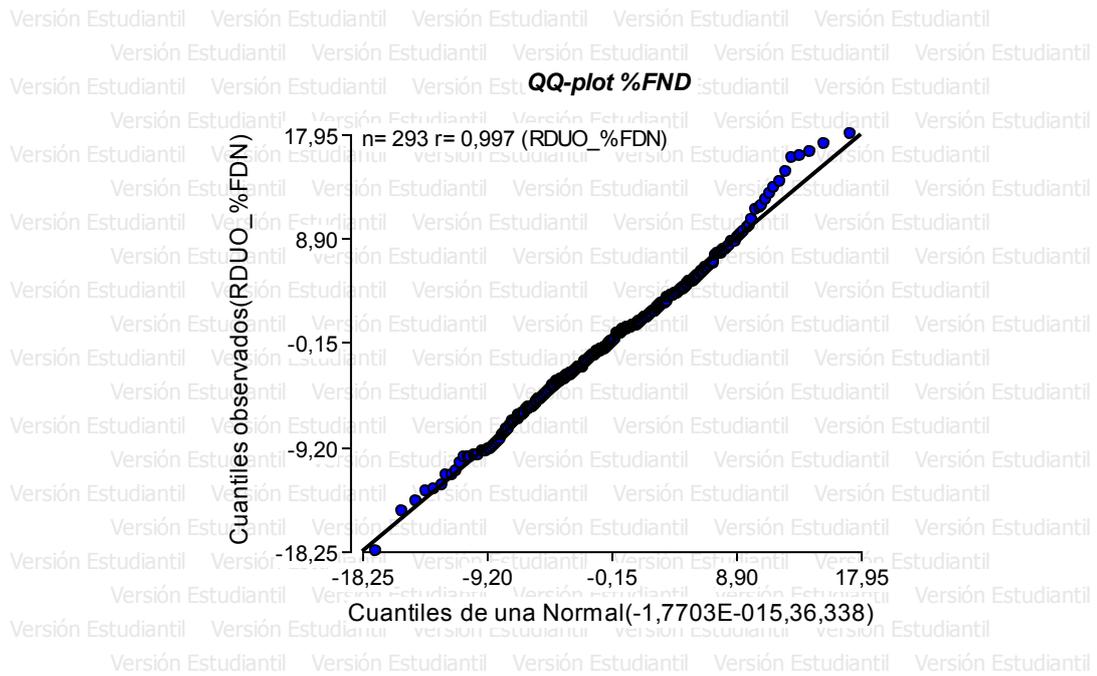
Medidas resumen

Año	Variablen	Media	D.E.	CV	Mín	Máx
2005	%FND	30	47,01	6,09	12,96	60,20
2006	%FND	50	51,09	7,45	14,59	69,04
2007	%FND	30	50,19	6,57	13,09	66,00
2008	%FND	29	45,05	4,60	10,21	53,73
2009	%FND	68	49,35	6,65	13,47	66,49
2010	%FND	86	47,18	4,86	10,29	58,84

Supuestos de Normalidad

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO %FND	293	0,00	6,03	0,99	0,4894



Supuestos de Homocedasticidad

Prueba de levenne

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS %FND	293	0,04	0,02	80,49

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	148,19	5	29,64	2,09	0,0662
Año	148,19	5	29,64	2,09	0,0662
Error	4061,83	287	14,15		
Total	4210,02	292			

Anova

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1030,34	5	206,07	5,57	0,0001
Año	1030,34	5	206,07	5,57	0,0001
Error	10610,76	287	36,97		
Total	11641,10	292			

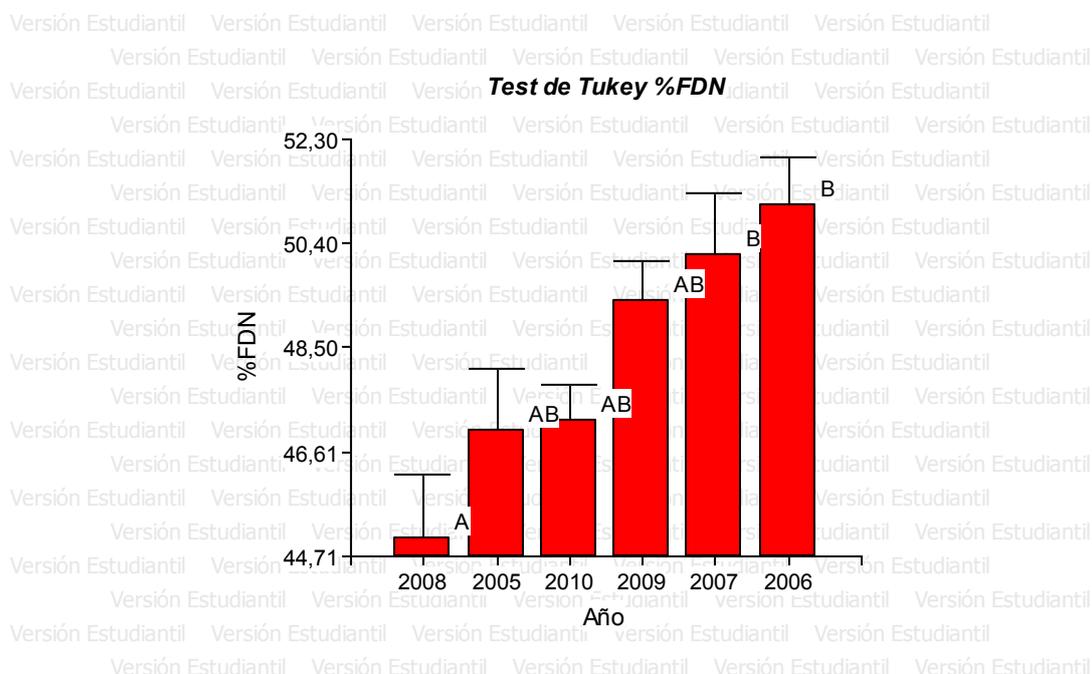
Test: Tukey Alfa=0,01 DMS=4,44539

Error: 36,9713 gl: 287

Año	Medias	n	E.E.		
2008	45,05	29	1,13	A	
2005	47,01	30	1,11	A	B

2010	47,18	86	0,66	A	B
2009	49,35	68	0,74	A	B
2007	50,19	30	1,11		B
2006	51,09	50	0,86		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,01$)



Análisis del %FDA de años 2005-2010

Medidas resumen

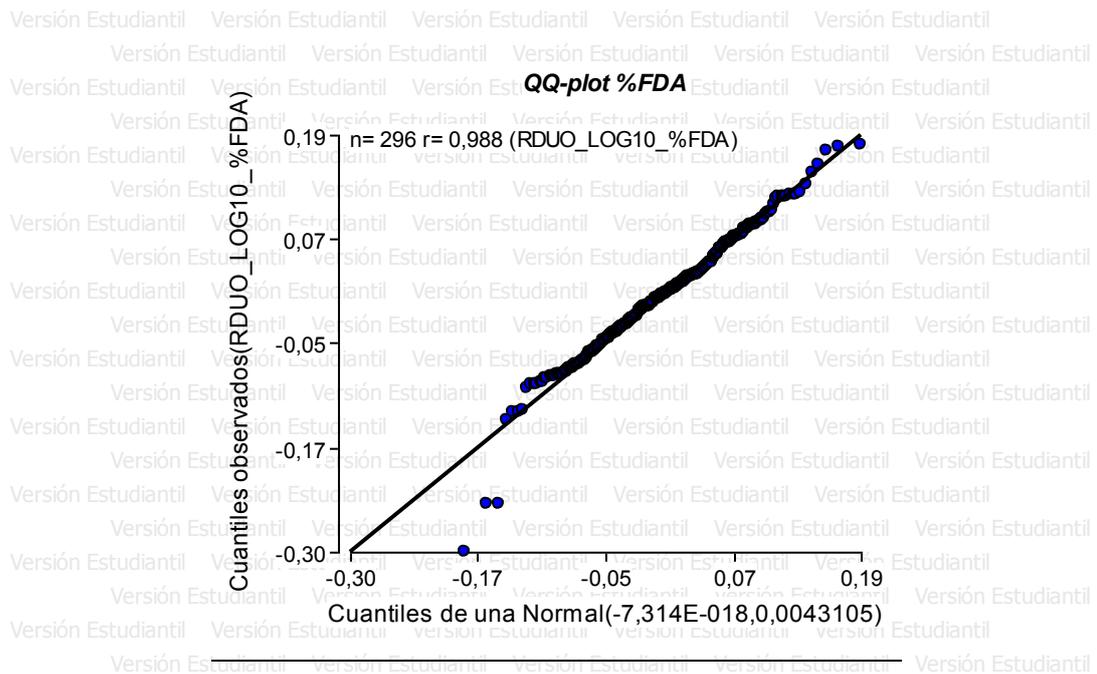
Año	Variable	Media	D.E.	CV	Mín	Máx
2005	%FDA	27	24,08	3,42	14,21	31,27
2006	%FDA	51	27,38	5,57	20,33	40,39
2007	%FDA	30	23,69	3,09	13,05	29,60
2008	%FDA	30	27,85	2,80	10,04	34,21
2009	%FDA	73	30,68	4,29	13,97	40,88
2010	%FDA	85	29,43	4,25	14,44	38,33

Supuestos de Normalidad

Los datos de %PB fueron modificados usando el logaritmo de su valor y el nivel de significación se bajó al 0.01 para poder cumplir con los supuestos del modelo.

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO LOG10 %FDA	296	0,00	0,07	0,98	0,0068



Supuestos de Homocedasticidad

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS_LOG10_%FDA	296	0,04	0,02	83,71

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,02	5	4,2E-03	2,41	0,0369
Año	0,02	5	4,2E-03	2,41	0,0369
Error	0,51	290	1,8E-03		
Total	0,53	295			

Anova

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

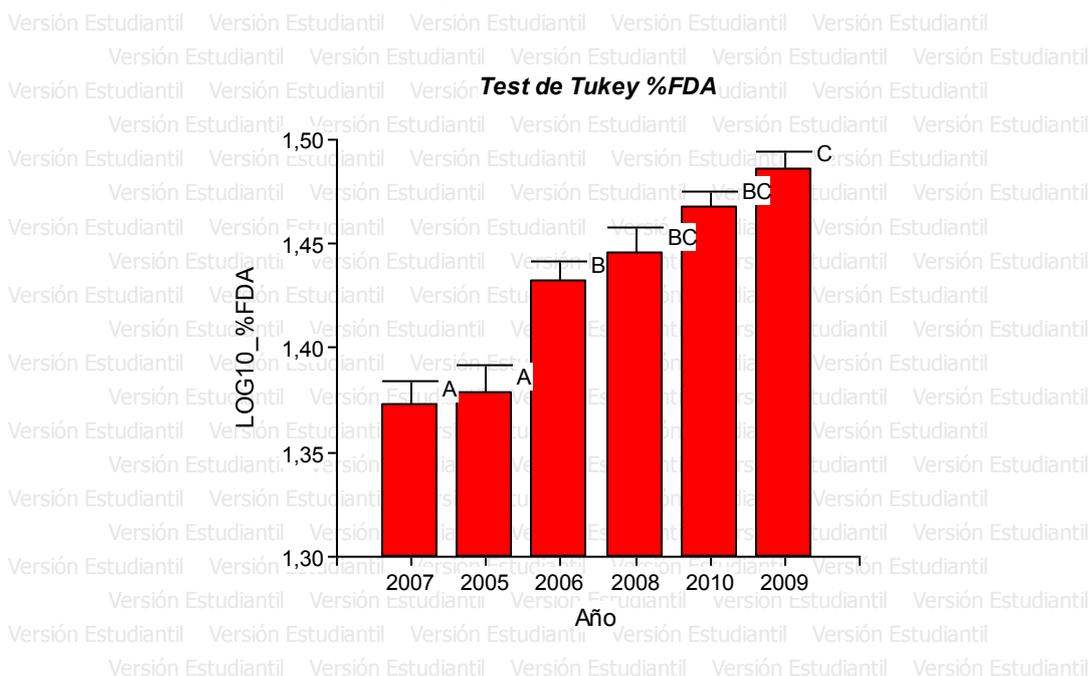
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,43	5	0,09	19,75	<0,0001
Año	0,43	5	0,09	19,75	<0,0001
Error	1,27	290	4,4E-03		
Total	1,70	295			

Test: Tukey Alfa=0,01 DMS=0,04838

Error: 0,0044 gl: 290

Año	Medias	n	E.E.			
2007	1,37	30	0,01	A		
2005	1,38	27	0,01	A		
2006	1,43	51	0,01		B	
2008	1,44	30	0,01		B	C
2010	1,46	85	0,01		B	C
2009	1,48	73	0,01			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,01$)



Análisis del %MS años 2005-2010

Medidas resumen

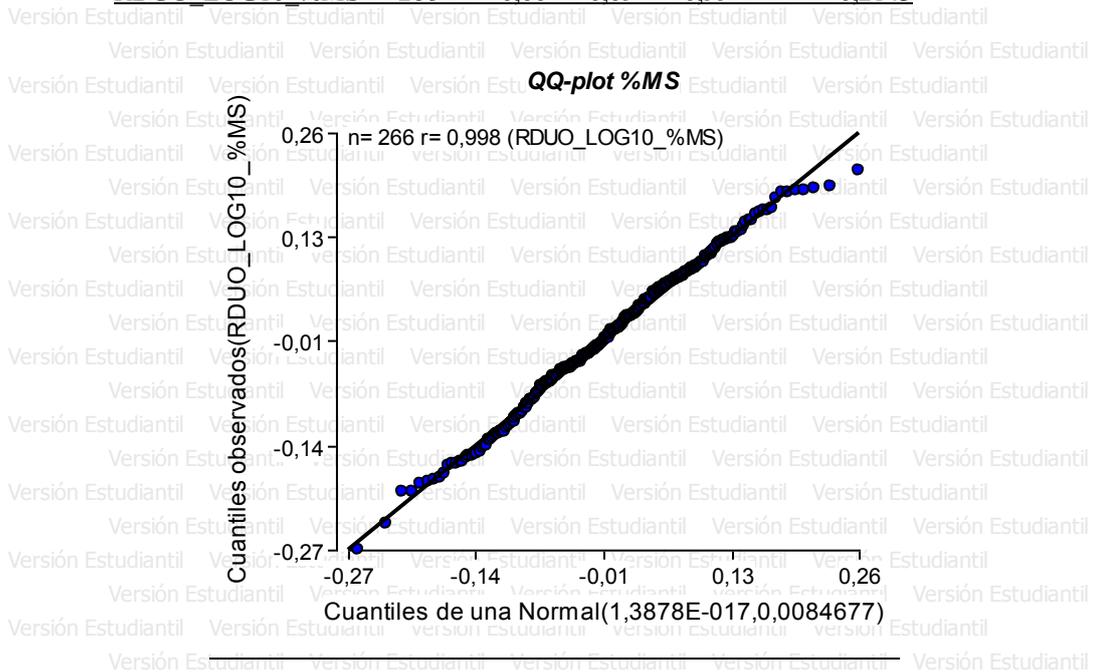
Año	Variablen	Media	D.E.	CV	Mín	Máx
2005	%MS	26	34,22	7,99	23,36	25,13 48,74
2006	%MS	51	27,98	5,23	18,68	15,88 38,65
2007	%MS	32	32,21	7,32	22,73	20,49 48,18
2008	%MS	21	28,93	3,89	13,44	21,78 37,02
2009	%MS	60	34,54	7,86	22,77	22,34 52,35
2010	%MS	76	34,40	7,46	21,70	18,05 54,81

Supuestos de Normalidad

Los datos de %PB fueron modificados usando el logaritmo de su valor y el nivel de significación se bajó al 0.01 para poder cumplir con los supuestos del modelo.

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO_LOG10_%MS	266	0,00	0,09	0,99	0,2143



Supuestos de Homocedasticidad

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS_LOG10_%MS	266	0,04	0,02	71,68

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,03	5	0,01	1,93	0,0903
Año	0,03	5	0,01	1,93	0,0903
Error	0,74	260	2,9E-03		
Total	0,77	265			

Anova

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,34	5	0,07	7,87	<0,0001
Año	0,34	5	0,07	7,87	<0,0001
Error	2,24	260	0,01		
Total	2,58	265			

Test: Tukey Alfa=0,01 DMS=0,07158

Error: 0,0086 gl: 260

Año	Medias	n	E.E.		
2006	1,44	51	0,01	A	
2008	1,46	21	0,02	A	B
2007	1,50	32	0,02	A	B
2005	1,52	26	0,02		B
2010	1,53	76	0,01		B
2009	1,53	60	0,01		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,01$)

9) Bibliografía:

- Abdelhadi, L.O; (2005) “*Los silajes en la producción animal: importancia de la calidad*”
http://www.avpa.ula.ve/eventos/xi_seminario/Conferencias/Articulo-12.pdf
- Aello, M.S., Di Marco, O.N., Parodi, G.M. y Gutiérrez, L.M.; (2008) “*Corte de dos híbridos de maíz a alturas de 15 ó 50 cm en el rendimiento del ensilaje y del rastrojo dejado por el corte alto*”
http://www.alpa.org.ve/ojs/index.php/ojs_files/article/viewFile/596/517
- Bertoia, L.M., Rodríguez, J.I. y Borlandelli, M.; (2008) “*Maíz para silaje: el momento de corte y su relación con el rendimiento y la calidad forrajera*” http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_silos/116-maiz.pdf
- Bertoia, L.M.; (2009) “*Híbridos Graníferos o Híbridos Forrajeros ¿es lo mismo?*” http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_silos/134-granifero_forrajeros.pdf
- Bertoia, L.M.; (2010) “*Ensilaje de maíz: calidad técnica y biológica*” Rev. Angus Bs. As.; 250; 23-25 <http://www.produccion-animal.com.ar>
- Bianco, A.M.; (2009) “*Confección y calidad de las reservas forrajeras*” <http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/PRODUCCION%20LECHERA/TEORICOS/11%20-%20Reservas%20forrajeras%20en%20el%20tambo.pdf>
- Bragachini, M., Catán, P., Ramírez, E., Ruiz, S. (1997). “*Silaje de maíz y sorgo granífero*”. INTA EEA Manfredi, Proyecto Propefo, Cuaderno de actualización técnica II. 122pág.
- Carrete, J. (2002) “*Maíz para silaje*” <http://www.produccion-animal.com.ar/>
- Carrete, J. (2003) “*Manejo de pasturas*” INTA EEA Balcarce. Editorial Hemisferio Sur.
- Carrete, J.; (2000) “*Maíz para silaje*” http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_silos/13-maiz_para_silaje.htm
- Carrillo, J.; “*Manejo de pasturas*” EEA INTA Balcarce, 450p, Ediciones INTA (2003).
- Cattani, P., Bragachini, M. Peiretti J.; (2010) “*El Tamaño de picado como factor de calidad*” http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_silos/141-picado.pdf

- Cattani, P., Bragachini, M., Peiretti, J.; (2010) “*El tamaño de picado como factor de calidad en el silo*”
<http://www.econoagro.com/verArticulo.php?contenidoID=877>
- Centeno, A., Cortés, E., Ciacci, M.B.; (2010) “*Evaluación de híbridos de maíz para silo campaña 2009-2010*” http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_silos/148-informe_maices_sileros_09-10.pdf.
- Cereijo, M.A.; “*Evaluación de la calidad nutritiva de los silajes de maíz de la Región Pampeana y Mesopotamia Argentinas*” Trabajo final de graduación. Universidad Católica Argentina, Facultad de Ciencias Agrarias (Junio 2008).
- Di Marco, O.N., Aello, M.S.; (2007) “*Calidad nutritiva de la planta de maíz para silaje*” http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_silos/85-maiz_silaje.pdf
- Oscar N. Di Marco y Mario S. Aello. (2003). “*Calidad nutritiva de la planta de maíz para silaje*”. Unidad Integrada Balcarce, Facultad de Ciencias Agrarias (UNMdP)-INTA EEA Balcarce.
http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_silos/55-calidad_nutritiva_maiz_silaje.pdf
- Di Marco, O.N., y Aello, M.S.; (2002) “*¿Qué es y qué se puede esperar del silaje de maíz en el engorde de vacunos?*” http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_silos/19-silaje_maiz.htm
- Diario “La Nación” edición online, sábado 01 marzo de 2008, “*Cómo evaluar con precisión la calidad del maíz en silo*”
<http://www.lanacion.com.ar/991618>
- Elizalde, J.C., Santini, F.J.; (1992) “*Factores nutricionales que limitan las ganancias de peso en bovinos en el período otoño-invierno*”. Argentina, INTA EEA Balcarce, Boletín Técnico n° 104.23p.
- Ensminger, M. E.; Olentine, C. G. (h). “*Alimentos y nutrición de los Animales*” Editorial “El Ateneo” (1983) Págs. 131-139.
- Fregona, F., Prieto, C., Nescier, I. De los M., Romero, L.; (2007) “*Productividad, composición morfológica y parámetros nutritivos de híbridos de maíz para silaje en dos épocas de siembra*”
http://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8180/publicaciones/bitstream/1/461/4/face_vet_v6_n1_2_p43_50.pdf
- Gaggiotti, M., Romero, L. A., Bruno, O. A., Comeron, E. A., Quaino, O. R.; (1996) “*Tabla de composición química de alimentos*” Editorial Perfil. INTA. Centro Regional Santa Fe. EEA Rafaela.

- Guaita, M., Fernández, H.; “*Tablas de composición química de alimentos para rumiantes*” INTA EEA Balcarce, Centro regional Buenos Aires Sur. Ediciones INTA (2005).
- Gómez, L.G.; (2011) “*Jornadas de actualización sobre silaje*” <http://inta.gob.ar/documentos/jornada-de-actualizacion-sobre-silaje>
- Gorosito, R.; (2006) “*La historia del nuevo maíz para silaje*” http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_silos/39-maiz_para_silaje.pdf
- Hoing, H., Woolford, M. K., (1980) “*Changes in silage on exposure to air*”. Occasional Symposium of the British Grassland Society, N°11, p 76-87.
- Inza, A.G., Igarza, L., Landi, H.G. y Mogni, S.; (2007). “*Composición química y digestibilidad in vitro de silaje de maíz procedente de la pampa húmeda en el período 2004-2006*” <http://www.aapa.org.ar/congresos/2006/NaPdf/NA57.pdf>
- Inza, A.G., Mogni, S., Landi, H.G. e Igarza, L.; (2008) “*Composición química y digestibilidad in vitro de silaje de forrajes de la Pampa Húmeda*” http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_silos/111-pampa_humeda.pdf
- Jaurena, G., Vidart, S., y Danelon, J.L.; (1994) “*Tablas de composición de forrajes de la región pampeana*” http://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/08-composicion_forrajes_pampeana.pdf
- Juan, N.A., Azcárate, M.P., Pordomingo, A.J; (2001) “*Valor nutritivo de forrajes, granos y suplementos disponibles en la región de influencia del INTA Anguil*” http://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/06-inta_anguil.pdf
- Martín. G. O., (2005, Enero-Febrero). Cultivos: Reflexiones sobre el silaje de maíz. Revista Producción, N° 152
- Mc Donald, P.; Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D., Morgan, C.A.; “*Nutrición animal*” Ed. Acribia Zaragoza España, 2002.
- Merry, R. J., Lowes, K. F., Winters, A. L. (1997). “*Current and future approaches to biocontrol in silage*”. Proceedings of the eighth International Symposium of Forage Conservation. p17-27.
- Oude Elferink, S., Driehuis, F., Gottschal, J. y Spoelstra, S.; (2000) “*Los procesos de fermentación del ensilaje y su manipulación*” <http://www.fao.org/DOCREP/005/X8486S/x8486s04.htm>
- Parnell, P.; (1996) “*Eficiencia de conversión alimenticia*” <http://www.imperialrural.com.ar/imperio/estructura/miriam%20archivos/Bovinos/parte1.htm>

- Piñero, G.; “*Manual Práctico Lactosilo*”. Tercera edición 2010.
<http://www.produccion-animal.com.ar>
- Rincón-Tuexi, J. A., Castro-Nava, S., López Santillan, J. A., Revista Internacional de Botánica Experimental 75:31-40 (2006)
http://www.revistaphyton.fund-romuloraggio.org.ar/vol75/Rincon_Tuexi.pdf
- Romero, L.A., Gaggiotti, M., Bruno, O., Comerón E. y Baroni, A.; (1999) “*La calidad de los silajes de maíz en campos de productores de las tres últimas campañas*” http://rafaela.inta.gov.ar/productores97_98/p38.htm
- Romero, L.A., Mattera, J.; (2009) “*Silaje de maíz: efectos de la fertilización nitrogenada y el distanciamiento*”
<http://inta.gob.ar/documentos/silaje-de-maiz-efectos-de-la-fertilizacion-nitrogenada-y-el-distanciamiento>
- Romero, L.A.; (2004) “*Calidad en forrajes conservados*”
<http://www.produccion-animal.com.ar>
- Romero, L.A.; (2005) “*Maíz para silo, el momento de corte*”
http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_silos/66-maiz_para_silo_momento_corte.htm
- Romero, L.A.; (2010) “*Factores claves a tener en cuenta para lograr silajes de maíz y sorgo de alta calidad*” http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_silos/145-factores_6.pdf
- Shroeder, G.F., Elizalde, J.C. y Fay; “*Caracterización del valor nutritivo de los silajes de maíz producidos en la Provincia de Buenos Aires*”. Revista Argentina de Producción Animal, volumen 20, n° 3-4, 161-177, (2000).
- Soto, P., Jahn, E., Arredondo, S.; “*Mejoramiento del porcentaje de proteína en maíz para silaje con el aumento y la parcialización de la fertilización nitrogenada*” Agricultura Técnica Vol. 64 N°2, Abril 2004
http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-28072004000200004&lng=en&nrm=iso&ignore=.html
- Van Olphen, P., Dalla Valle, D., Ferrero, J., Gutiérrez, L.M., Viviani Rossi, E.; (2004) “*Maíz: contenido de granos y calidad del silaje*”
http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_silos/147-maiz.pdf.
- Weinberg, Z. G. and R. E. Muck. 1996. “*New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage*”. FEMS Microbiol. Rev. 19(1):53-68.