



Universidad Nacional de Córdoba  
Facultad de Ciencias  
Agropecuarias



## **Área de Consolidación**

### **Sistemas de Producción Pecuarios**

# **ESTUDIO COMPARATIVO DE CALIDAD Y VALOR NUTRITIVO DE SILOS BOLSA DE MAIZ EN LA ZONA DE JAMES CRAIK – CORDOBA.**

#### **Integrantes:**

Pineda, Javier Andrés.

Sánchez, Miguel Eduardo.

Scaramuzza, Juan Pablo.

#### **Docente tutor:**

Ing. Agr. Larrauri, Mariana.

**Córdoba, 2015.-**

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar debemos agradecer a nuestra profesora tutora Ing. Agr. Mariana Larrauri por aceptarnos para realizar este trabajo. Su apoyo y confianza y su capacidad de guiarnos en cada etapa, sus ideas firmes y claras, fueron claves para que el trabajo tuviese buen desempeño y destacamos su disponibilidad y paciencia para con nosotros. Muchas gracias.

Agradecemos de manera especial al Ing. Agr. Gustavo Clemente por su tiempo ante nuestras dudas y por las explicaciones brindadas para comenzar con los muestreos. También por facilitarnos los materiales necesarios para la extracción de las muestras a campo. Extendemos este agradecimiento al Dr. Med. Vet. Daniel Osvaldo Gerbaudo quien fue el primero que nos aportó la idea de realizar este trabajo.

Agradecemos a la Ing. Agr. Verónica Aimar por facilitarnos los equipos y materiales para realizar los análisis de laboratorio. También agradecemos al Ing. Agr. Fernando Masías y la Ing. Agr. Luciana Martínez Luque quienes aportaron sus ideas y aliento para realizar el trabajo.

Al Dr. Enrique Lucini y al Dr. Rubén Grosó, junto a todo su equipo de trabajo, por brindarnos la posibilidad de trabajar en las instalaciones de sus respectivos laboratorios.

Agradecemos también a todos los productores que nos brindaron el material principal para realizar nuestro trabajo, los silos bolsa de maíz.

Y, por supuesto, el agradecimiento más profundo es para nuestras familias, sin su apoyo, colaboración e inspiración nos hubiera sido imposible llegar a la meta final de esta carrera y poder cumplir nuestro sueño, a todos y cada uno de ellos, muchas gracias.

Por último, agradecemos a la Facultad de Ciencias Agropecuarias - UNC, y todos sus profesores, por brindarnos la formación correspondiente para alcanzar nuestro objetivo: ser Ingenieros Agrónomos!

## RESUMEN

El silaje de maíz es una manera de conservar forraje a través de la compactación y posterior fermentación anaeróbica. El silaje de maíz es uno de los forrajes más importantes del mundo, porque presenta altos rendimientos de MS por ha, con buen valor energético y de alta palatabilidad. El objetivo del presente trabajo fue determinar la calidad y el valor nutritivo de silos bolsa de maíz producido en diferentes establecimientos lecheros ubicados en la zona de James Craik – Córdoba y comparar los resultados con los datos promedio de la zona. Se trabajó con muestras de silo bolsa de maíz y se realizaron las siguientes determinaciones: % MS, pH, densidad, cenizas, FDN, FDA, PB, tamaño de fibra, digestibilidad, energía y características organolépticas. La variable MS en la mayoría de los silos evaluados presentó valores por encima del 35% y valor de pH por debajo 4. El contenido de FDN mostró valores cercanos al 30,68%. El %FDA mostró valores menores al 17%. El contenido de PB fue superior al 7% en todas las muestras y el %Cenizas por debajo del 7%. Sólo 3 de los silos evaluados presentaron un óptimo contenido de fibra efectiva. En el análisis de componentes principales, las muestras analizadas T2, T4, T6-A, T7, T8, T10, T11, T13, T14 y la muestra de referencia TC+ (silo de alta calidad) mostraron los valores más altos de digestibilidad, energía y PB. Este comportamiento indica que la mayor parte de los silos evaluados se consideran de alta calidad. En el análisis de conglomerados se detectaron diferencias significativas entre los grupos para la mayoría de las variables evaluadas. El ensilado es un *proceso*, por lo que debemos poner particular atención en cada etapa del mismo, desde la elección del lote hasta el rumen.

# INDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS.....	2
INDICE DE CONTENIDOS .....	3
INDICE DE TABLAS.....	5
INDICE DE GRAFICOS.....	6
LISTA DE ABREVIATURAS.....	7
RESUMEN.....	8
INTRODUCCION.....	9
MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
Materiales.....	12
Metodologías.....	13
Metodologías para el objetivo 1. Determinar los parámetros relacionados al procesamiento y conservación del forraje.....	13
1. Materia Seca (% MS).....	13
2. Ph.....	13
3. Densidad (kg MS/m <sup>3</sup> ).....	13
Metodologías para el objetivo 2. Determinar parámetros relacionados con la composición química.....	15
1. Proteína Bruta (%PB).....	15
2. Fibra Detergente Neutra (%FDN).....	15
3. Fibra Detergente Acida (%FDA).....	16
4. Cenizas (%Cz).....	16
Metodologías para el objetivo 3. Determinar los parámetros relacionados con la digestión.....	17
1. Tamaño de Partícula, Fibra Efectiva.....	17
2. Digestibilidad de la MS (DMS).....	18
3. Energía Metabolizable (EM).....	18
Metodologías para el objetivo 4. Determinar las características organolépticas del forraje.....	19
RESULTADOS Y DISCUSION .....	20
1. Parámetros relacionados al procesamiento y conservación del forraje.....	20
2. Parámetros relacionados con la composición química.....	25
3. Parámetros relacionados con la digestión.....	28

4. Características organolépticas del forraje.....	32
5. Análisis comparativo de los resultados obtenidos con los datos promedios de la zona.....	33
• Análisis de Componentes Principales .....	33
• Análisis de conglomerados.....	36
CONCLUSIONES.....	38
BIBLIOGRAFÍA.....	40

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Evaluación de características organolépticas de silos de maíz.....	19
Tabla 2: Medias y desvío estándar de las variables: %MS, pH y Densidad de los silos muestreados.....	20
Tabla 3: Relación entre contenido de MS y pH para la evaluación de silajes.....	22
Tabla 4: Composición de la célula vegetal y análisis que determina cada fracción .....	24
Tabla 5: Media y desvío estándar de las variables: % Cz, %FDN, %FDA y %PB.....	25
Tabla 6: Valores promedio de silo bolsa de maíz en la Provincia de Córdoba.....	26
Tabla 7: Media y desvío estándar de las variables: Contenido de Fibra, % Digestibilidad y Energía Metabolizable (Mcal/kg MS).....	28
Tabla 8: Temperatura de silo, ambiente y diferencia de temperatura entre silo y ambiente de las muestras .....	33
Tabla 9: Medias y desvío estándar del análisis de conglomerados de las muestras analizadas y de referencia de las variables: %MS, pH, % Cenizas, FDN, FDA, PB, Digestibilidad y Energía.....	37

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Evolución de la digestibilidad y su relación con la FDA.....	29
Figura 2: Partición de la energía bruta de los alimentos.....	30
Figura 3: Características organolépticas de las muestras.....	32
Figura 4: Biplot del análisis de componentes principales.....	35
Figura 5: Dendograma del análisis de conglomerados.....	36

## LISTA DE ABREVIATURAS

Cz: Cenizas

DIVMS: Digestibilidad in Vitro de la Materia Seca

DMS: Digestibilidad de Materia Seca

EB: Energía Bruta

EM: Energía Metabolizable

FDA: Fibra Detergente Ácida

FDN: Fibra Detergente Neutra

HCE: Hidratos de Carbono Estructurales

MS: Materia Seca

NNP: Nitrógeno No Proteico

PB: Proteína Bruta

SDA: Solución Detergente Ácida

SDN: Solución Detergente Neutra

T1-T14: Tambo 1- Tambo 14

# INTRODUCCION

El silaje de maíz es una manera de conservar forraje a través de la compactación y posterior fermentación anaeróbica, permitiendo el desarrollo de bacterias que acidifiquen el medio con la producción de ácido. El motivo por el cual se realiza esta práctica radica en que el silaje permite al productor contar con reservas de buena calidad y palatabilidad para el ganado, durante los periodos de escasez de alimentos. (Wagner *et al.*, 2013).

Encontramos al silaje de maíz como uno de los forrajes más importantes del mundo porque presenta altos rendimientos de MS por ha, con buen valor energético y de alta palatabilidad. A su vez, presenta como ventaja que no requiere ningún tratamiento previo para ser ensilado debido a que posee buenas características a través del corte directo, la cosecha es rápida y los costos de almacenamiento son bajos. Sin embargo, para ser consumido por los animales, requiere de una suplementación estratégica ya que presenta una baja proporción de proteína bruta (PB) y minerales (específicamente calcio) (Romero, 2004).

Según Bragachini *et al.* (2015), en las últimas décadas, Argentina sufrió una evolución de la superficie destinadas a silaje de maíz y sorgo, en busca de una mayor eficiencia productiva de carne y leche. En los años 90, el 80% del escaso silaje de maíz que se producía era destinado a la producción de leche, siendo poco significativo el destino de estos forrajes a la producción de carne. A partir del año 2005 se ha originado anualmente un marcado incremento de la superficie de silo picado para leche, pero acompañado de un fuerte aumento de las hectáreas destinadas a la producción de carne (feedlot).

En la actualidad, un tercio de la producción de leche se produce a partir del consumo de silaje de maíz. Por otra parte, el 10% de los establecimientos productores de carne también consumen silaje de maíz, superando este porcentaje a la demanda total de todos los tambos argentinos. Para la campaña 2015/2016 la superficie de maíz para grano llegaría a las 2,7 millones de hectáreas y la superficie para silaje de maíz estaría entre 1,2 y 1,4 millones de hectáreas, lo que totaliza 4 millones de hectáreas (Bertoia, 2015).

Actualmente, se observa una gran difusión y adopción de las distintas estrategias para confeccionar silajes pero se desconoce, en muchos casos, el grado de eficiencia con que éstas prácticas son utilizadas y la calidad nutricional de los silajes resultantes de las mismas (Royo y Secanell, 2012).

#### OBJETIVO GENERAL

Determinar la calidad y el valor nutritivo de silos bolsa de maíz producido en diferentes establecimientos lecheros ubicados en la zona de James Craik – Córdoba y comparar los resultados obtenidos con datos promedio de la zona en estudio según Clemente y Monge (2008).

#### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar los parámetros relacionados al procesamiento y conservación del forraje
2. Determinar parámetros relacionados con la composición química
3. Determinar los parámetros relacionados con la digestión
4. Determinar las características organolépticas del forraje
5. Realizar un estudio comparativo de los resultados obtenidos con los datos promedios de la zona.

# MATERIALES Y MÉTODOS

## MATERIALES

Se trabajó con muestras de silo bolsa de maíz obtenidas durante el mes de septiembre de 2015 en diferentes establecimientos lecheros ubicados en la zona de James Craik, Córdoba. Se buscó que los silos presentaran la estabilidad necesaria para poder determinar su calidad. Las muestras se tomaron por triplicado a un total de 16 silos (n=48).

Para la toma de las muestras se procedió según lo descrito por Abdelhadi. (2006). Se tomaron 3 sub-muestras de 1,5 Kg cada una a diferentes alturas sobre el frente del silo (0,5 m; 1 m y 1,5 m). Las sub-muestras se homogeneizaron y se dispusieron en forma de círculo, se dividieron en 4 partes iguales y se tomaron las dos partes opuestas para el armado de la muestra definitiva compuesta de 1,5 Kg. Cada muestra fue perfectamente rotulada e identificada con los siguientes datos: nombre del establecimiento y productor, fecha de muestreo, número de muestra, condiciones del silo, tiempo de almacenamiento. Las muestras se colocaron en bolsas herméticas de polietileno quitándoles todo el aire en su interior y fueron trasladadas desde el campo en conservadoras con hielo para no alterar su calidad, hasta que se congelaron a -18°C para su uso posterior en el laboratorio (Salafia, *et al.*, 2014).

## **METODOLOGÍAS**

### ***METODOLOGÍAS PARA EL OBJETIVO 1. DETERMINAR LOS PARÁMETROS RELACIONADOS AL PROCESAMIENTO Y CONSERVACIÓN DEL FORRAJE.***

Sobre las muestras extraídas, se realizaron en el laboratorio las siguientes determinaciones:

**1. Materia Seca (% MS):** se determinó el % MS total a 105°C según la metodología propuesta por la AOAC (2000). Se colocó en un envase de aluminio 2 g de muestra y se registró su peso exacto. Las muestras se llevaron a estufa de circulación de aire forzado a 105 °C durante 3 horas. Al final del periodo de secado se registró el peso de la muestra seca más el envase de aluminio. El contenido de humedad del material se determinó por la diferencia de peso que se da entre el material fresco y el material seco luego del secado en la estufa según la siguiente fórmula:

$$\%MS \text{ a } 105^{\circ}C = [(P1-P2)/P3] \times 100. [Ec.1]$$

Donde: %MS: Porcentaje de Materia Seca a 105°C; P1: Peso del envase de aluminio mas la muestra seca; P2: Peso del envase de aluminio; P3: Peso de la muestra fresca.

**2. pH:** para determinar el pH se utilizó un pHmetro sobre un extracto acuoso formado por una fracción de 10 gr de silo de maíz y 100 ml de agua destilada luego de una hora de reposo a temperatura ambiente (Mier Quiroz, 2009).

**3. Densidad (kg MS/m<sup>3</sup>):** se utilizó un densímetro y se procedió de acuerdo al siguiente protocolo: se limpió la cara expuesta del silo y se introdujo el densímetro a una profundidad mínima de 18 cm y hasta que la resistencia lo permitiera. Posteriormente se retiró con el material y se midió la profundidad con un taco de madera graduado sobre el orificio dejado por el densímetro (Giménez R. y De León M., 2010)

El valor de densidad se determinó por estratos (superior, medio e inferior) de la siguiente manera: se tomaron 9 muestras, comenzando por las 3 centrales ubicadas a 0,5m, 1 m y 1,5 m medidos desde la parte superior de la bolsa hacia la parte inferior; posteriormente se tomaron las muestras del extremo derecho a la

misma altura que las anteriores y separadas de aquellas a 0,5 m y, finalmente, se procedió de la misma manera hacia el extremo izquierdo.

Se calculó la densidad de cada orificio considerando el peso de la muestra, la profundidad explorada por el densímetro y el diámetro del mismo. De las 3 muestras de cada estrato se tomó el valor promedio y se lo afectó por el %MS. La fórmula para el cálculo es la siguiente:

$$\text{Densidad (kg MS/m}^3\text{)} = \left[ \frac{Pm/1000}{\left( \left( \frac{\emptyset}{2} \right)^2 * 3,1416 * Prof. \right) / 1000000} \right] * \frac{\%MS}{100}. \text{ [Ec.2]}$$

Donde: Pm: Peso de la muestra fresca (gr);  $\emptyset$ : Diámetro del densímetro (cm); Prof: Profundidad explorada (cm).

## **METODOLOGÍAS PARA EL OBJETIVO 2. DETERMINAR PARÁMETROS RELACIONADOS CON LA COMPOSICIÓN QUÍMICA.**

Para determinar los parámetros vinculados a la composición química, primero se realizó un pre secado de las muestras a 60 °C hasta peso constante en estufa de circulación de aire forzado. Posteriormente se procedió a moler las muestras en molinillo utilizando una malla que permitió obtener partículas entre 1 – 1,5 mm. Una vez molidas, las muestras se conservaron en bolsas herméticas de polietileno perfectamente rotuladas a temperatura ambiente.

1. **Proteína Bruta (%PB):** se determinó el % PB según la metodología propuesta por la AOAC (2000) con pequeñas modificaciones. Se pesó 0,5 gr de muestra seca y se digirió con ácido sulfúrico al 98% y un catalizador (sulfato de potasio y sulfato de cobre) a 400°C durante 80 minutos hasta obtener un color verde traslúcido. Posteriormente se agregó 90 mL de agua destilada y 45 mL de hidróxido de sodio al 32 %. Para la destilación, se utilizó un digestor de nitrógeno Kjeldahl y 25 ml de ácido bórico al 2%. Se tituló con Ácido Sulfúrico al 0,1 N hasta obtener un cambio de color de verde a rosa intenso. Para el cálculo del %PB se contabilizó los mL de ácido sulfúrico, utilizado según la siguiente fórmula:

$$\% PB = (A4 * A5 * 1,4 * 6.38) / A1. [Ec.3]$$

Donde: A1: Muestra seca sin digerir; A4: mL de ácido sulfúrico utilizados en la titulación; A5: Normalidad del ácido sulfúrico.

2. **Fibra Detergente Neutra (%FDN):** se determinó el %FDN según la metodología propuesta por la AOAC (2000) con pequeñas modificaciones. Se pesó 0,3 gr de muestra seca y molida en tubos digestores y se agregó 25 ml de solución de Detergente Neutro (SDN) más 1 ml de alfa amilasa termoestable. Se dejó actuar la alfa amilasa durante 15 minutos y luego se colocaron los tubos en un digestor a 100-110°C durante 60 minutos, evitando la ebullición de la solución. Posteriormente la muestra se filtró y lavó con agua destilada a 90°C, alcohol y acetona para llevar a estufa a 105° durante 90 minutos para registrar su peso seco final. El % FDN se obtuvo por medio de la siguiente fórmula:

$$\% FDN = ((A1 - A2) - Cz) / A1 * 100. [Ec.4]$$

Donde: A1: Muestra sin digerir; A2: Muestra seca FDN a 105°; Cz: Cenizas del material sobrante luego de la digestión.

**3. Fibra Detergente Acida (%FDA):** siguiendo la metodología propuesta por la AOAC (2000) se determinó el %FDA utilizando la muestra seca obtenida de la digestión de FDN. Se pesó la muestra y colocó en tubos digestores con 25 mL de solución Detergente Acida (SDA) a 100-110°C durante 60 minutos. Posteriormente se filtró el material y se lavó con agua destilada a 90°C, alcohol y acetona para llevar a estufa a 105° durante 90 minutos para registrar su peso seco final. El material resultante de la digestión acida se incineró en un horno mufla a 650°C para corregir los valores de FDN y FDA. El valor final de % FDA se obtuvo por medio de la siguiente fórmula:

$$\% FDA = ((A3 - Cz) / A1) * 100. [Ec.5]$$

Donde: A1: Muestra sin digerir; A3: Muestra seca FDA a 105°; Cz: Cenizas.

**4. Cenizas (%Cz):** se determinó el %Cz siguiendo la metodología propuesta por la AOAC (2000). Se pesó 2 gr de muestra seca en cápsulas de porcelana y se incineró a 650° durante 6 horas. El valor del %Cz se obtuvo por medio de la siguiente fórmula:

$$\% Cz = \{[(T + Cz.) - T] / M\} \times 100. [Ec. 6]$$

Donde: T: Cápsula seca; Cz: Cenizas; M: Muestra seca. El valor obtenido, es relacionado con el % MS de cada muestra en particular.

### **METODOLOGÍAS PARA EL OBJETIVO 3. DETERMINAR LOS PARÁMETROS RELACIONADOS CON LA DIGESTIÓN.**

Para evaluar la digestión de las muestras de silo se determinó el tamaño de partículas y se calculó por fórmula la digestibilidad de la materia seca.

1. **Tamaño de partícula, Fibra Efectiva:** para determinar el tamaño de partículas se utilizó el separador de partículas de Penn State, desarrollado en la Universidad de Pensilvania, Estados Unidos (Heinrichs y Kononoff, 2002). Se trabajó con un set de tres bandejas dispuestas una encima de otra según el siguiente orden: bandeja superior (orificios de 19 mm), bandeja intermedia (orificios de 8 mm, retiene todas las partículas entre 19 y 8 mm) y la bandeja inferior (ciega, donde quedan retenidas todas las partículas menores a 8 mm). La metodología de trabajo fue la siguiente: se colocó 1 kg de forraje tal cual (materia verde) en la bandeja superior. Se operó sobre una superficie plana, se sacudió 5 veces en forma horizontal el set de bandejas y luego se giró un cuarto de vuelta; así hasta completar dos ciclos. De esta manera se completaron un total de 40 agitaciones. Todos los movimientos fueron horizontales y enérgicos de manera que el desplazamiento fuera entre 17 y 20 cm (Giordano *et al.*, 2010). Se registró el peso del material de cada una de las bandejas y se lo relacionó con el peso total de la muestra. La determinación de fibra efectiva se calculó por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{Fibra Efectiva} = (PB1 * 100) / PMtc. [Ec.7]$$

Donde: PB1: Peso de la fibra retenida en la bandeja superior; PMtc: Peso de la muestra total.

2. **Digestibilidad de la MS (DMS):** según Di Marco (2011), la digestibilidad de la MS se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\% DMS = 88,9 - (\%FDA * 0,779). [Ec.8]$$

Donde: DMS: Digestibilidad de MS; 88,9: Digestibilidad promedio del silaje de maíz; FDA: Fibra detergente ácida; 0,779: Factor de corrección en base seca para FDA.

3. **Energía Metabolizable (EM):** el contenido energético se determinó según las normas inglesas de alimentación utilizando el % digestibilidad de la MS (DMS) mediante la siguiente fórmula:

$$EM: 3,61 * DMS. [Ec.9]$$

Donde: EM: Energía metabolizable (Mcal/kg MS); 3,61=4,4 Mcal/kg MS (Energía Bruta) x 82 % (Energía digestible menos perdida por orina); DMS: digestibilidad de MS.

**METODOLOGÍAS PARA EL OBJETIVO 4. DETERMINAR LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DEL FORRAJE.**

Para realizar la evaluación de las características organolépticas (color, olor, textura y sabor) de cada muestra de silo se siguió la metodología propuesta por Gutiérrez (2009) con simples modificaciones. Al momento de evaluar la muestra se tomaron como referencia las características que se encuentran en el cuerpo de la Tabla 1.

**Tabla 1:** Evaluación de las características organolépticas de silos de maíz (Gutiérrez, 2009).

Tipo de silaje	Color	Olor	Textura	Sabor
Bien fermentado	Castañoclaro a verdoso	Agradable, avinagrado.	No se deshace con facilidad, masa compacta, firme.	Amargo y picante
Sobrecalentado o Caramelizado	Marrón intenso, no hay tonalidad verdosa	Atabacado y agradable.	Trozos se desprenden con facilidad del silaje	Dulce
Butírico (Fermentación clostridial)	Amarronado, verdeopaco	A Manteca rancia, desagradable.	Blanda, trozos se desprenden con facilidad del silaje	Desagradable
Pútrido (Fermentación clostridial)	Oscuro, verde a negro	Desagradable, a amoniacado	Blanda a mucilaginosa.	Muydesagradable.
Alcoholizado (Fermentación dominada por levaduras)	Amarronado, verdeopaco.	Alcohol.	Trozos se desprenden con facilidad del silaje	Alcoholizado
Mohoso	Oscuro con manchas blancas	Rancio	Muy floja	Muydesagradable

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS

Los datos fueron analizados con el software estadístico InfoStat ver 2013p (2013 - Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina). Se calcularon medias y desvíos estándar para cada variable. Se estimaron Modelos Lineales y Mixtos, test DCG para determinar diferencias significativas entre las medias de las muestras de las variables evaluadas ( $\alpha = 0.05$ ). (Di Rienzo *et al.*, 2012).

Se realizó un análisis de componentes principales (PCA) en la matriz de correlación de los datos estandarizados de todas las variables medidas. El propósito del PCA fue explorar las posibles asociaciones entre variables y entre las diferentes muestras de silo. Se realizó, además, un análisis de conglomerados (CA) para obtener grupos de muestras de silo con características similares. Medias, desviaciones estándar, ANOVA y DGC también se realizaron en las variables de los grupos obtenidos a partir del análisis de conglomerados (Di Rienzo *et al.*, 2012).

## RESULTADOS Y DISCUSION

### ***1-DETERMINAR LOS PARÁMETROS RELACIONADOS AL PROCESAMIENTO Y CONSERVACIÓN DEL FORRAJE.***

Una de las variables más utilizadas en el análisis de silos es la MS ya que nos indica en qué momento del ciclo vegetativo de la planta se realizó el ensilaje y además qué %MS tiene la materia verde que disponemos en el silo. La MS puede oscilar del 16 al 50% de modo que es el parámetro más variable (Gingins, 2013).

El momento de cosecha afecta la calidad del silaje obtenido. El consumo de silo se incrementa hasta que el %MS en planta llega alrededor del 35%, por lo tanto el momento óptimo de cosecha se sitúa alrededor de este porcentaje; en este momento se alcanzaría el mayor rendimiento de MS digestible por unidad de superficie. (Carrete *et al.*, 1997).

Por otra parte, desde un punto de vista empresarial, se recomienda tomar como piso para la cosecha del forraje un 35-38 %MS, ya que de esta forma se disminuirán los costos y aumenta la energía metabólica cosechada. (Cattani, 2009).

También es importante aclarar que el %MS afecta el correcto armado de la estructura del silo, es decir que con los contenidos de MS adecuados la forma circular de la bolsa se mantiene; mientras que a mayores contenidos de humedad el material en la bolsa tiene mayor peso específico y se incrementa su ángulo de talud, ejerciendo mayores fuerzas que deforman diferencialmente la bolsa, es por esto que la misma comienza a ceder y produce un sobre estiramiento desde su parte dorsal hacia los flancos. Como consecuencia, al perder la forma cilíndrica se pierde capacidad de almacenamiento (20-25%), se reduce el grosor del plástico modificando su permeabilidad y aumenta el riesgo de ruptura por menor resistencia (Clemente y Monge, 2008).

El pH de los silajes puede ser utilizado como un indicador del grado de fermentación y de la condición actual del material ensilado, siendo indeseables las fermentaciones aeróbicas que generan ácido butírico el cual hace que la disminución de pH sea lenta, en cambio cuando en el proceso ocurren fermentaciones anaeróbicas, están actuando bacterias lácticas, las cuales son

deseables porque producen un rápido descenso del pH, logrando la rápida estabilización de la masa y manteniendo las características del material ensilado (Wagner *et al.*, 2013).

Los silajes de maíz, por lo general, tienen un pH de 4 o menos que puede llegar hasta 3,5. El pH dentro del rango normal no significa que no haya problemas con el material ensilado, porque puede haber presencia de micotoxinas o pérdida de MS por fermentación ineficiente. (Servicios Técnicos Chr. Hansen Inc, 2014).

La densidad es uno de los factores físicos más importantes de los silos que muchas veces no es tenido en cuenta. Una alta densidad es importante para aumentar la capacidad de almacenaje y reducir la porosidad, en función de reducir las pérdidas por oxidación y preservar las condiciones de alto valor alimenticio del material (Salafia *et al.*, 2014).

La densidad está influenciada por el grado de compactación, %MS, cantidad de grano en el silaje y tamaño de partícula. Uno de los procedimientos más utilizados para esta determinación consiste en dividir la masa expresada en Kg. por el volumen que ocupa ésta, en el caso de los silos bolsa, la disponibilidad de forraje está determinada por el largo y diámetro de la bolsa (Gutiérrez, 2009).

**Tabla 2:** Media y desvío estándar de las variables analizadas: %MS, pH y Densidad de los silos muestreados.

Tambo	% MS	pH	Densidad (Kg MS/m <sup>3</sup> )		
			Superior	Intermedio	Inferior
<b>T 1</b>	35,05±1,23 <b>d</b>	3,95±0,09 <b>b</b>	89,78±4,39 <b>c</b>	108,03±4,54 <b>c</b>	149,31±0,93 <b>c</b>
<b>T 2</b>	40,78±4,72 <b>c</b>	3,98±0,06 <b>b</b>	105,35±15,87 <b>c</b>	146,05±16,11 <b>b</b>	234,37±8,69 <b>a</b>
<b>T 3</b>	43,04±1,96 <b>c</b>	3,97±0,01 <b>b</b>	142,37±48,9 <b>a</b>	155,53±13,29 <b>b</b>	185,13±4,30 <b>b</b>
<b>T 4</b>	40,67±0,13 <b>c</b>	3,89±0,07 <b>b</b>	98,17±2,57 <b>c</b>	157,86±5,59 <b>b</b>	188,84±20,66 <b>b</b>
<b>T 5-A</b>	29,98±1,56 <b>e</b>	3,78±0,08 <b>b</b>	126,50±12,12 <b>b</b>	157,01±3,52 <b>b</b>	181,77±14,88 <b>b</b>
<b>T 5-B</b>	35,70±0,00 <b>d</b>	3,88±0,00 <b>b</b>	139,15±0,00 <b>a</b>	175,63±0,00 <b>a</b>	185,67±0,00 <b>b</b>
<b>T 6- A</b>	49,93±8,28 <b>e</b>	3,83±0,06 <b>b</b>	112,44±5,99 <b>c</b>	159,18±30,63 <b>b</b>	195,67±3,82 <b>b</b>
<b>T 6- B</b>	37,12±0,98 <b>d</b>	4,03±0,03 <b>b</b>	99,06±2,53 <b>c</b>	156,82±7,17 <b>b</b>	194,80±8,29 <b>b</b>
<b>T 7</b>	33,40±1,43 <b>e</b>	3,85±0,11 <b>b</b>	105,71±8,34 <b>c</b>	141,99±14,33 <b>b</b>	163,90±9,84 <b>c</b>
<b>T 8</b>	35,54±1,94 <b>d</b>	3,96±0,06 <b>b</b>	124,62±8,75 <b>b</b>	186,28±6,80 <b>a</b>	203,73±4,81 <b>b</b>
<b>T 9</b>	31,19±0,59 <b>e</b>	3,83±0,04 <b>b</b>	112,12±3,77 <b>b</b>	154,09±15,54 <b>b</b>	211,42±14,71 <b>b</b>
<b>T 10</b>	29,14±0,83 <b>e</b>	3,84±0,07 <b>b</b>	107,84±0,50 <b>c</b>	163,02±7,35 <b>b</b>	193,27±5,72 <b>b</b>
<b>T 11</b>	32,53±1,73 <b>e</b>	3,88±0,09 <b>b</b>	117,08±16,89 <b>b</b>	162,03±10,23 <b>b</b>	211,63±30,78 <b>b</b>
<b>T 12</b>	64,03±3,38 <b>a</b>	4,31±0,03 <b>a</b>	120,15±0,00 <b>b</b>	125,95±0,00 <b>b</b>	195,96±0,00 <b>b</b>
<b>T 13</b>	47,82±5,30 <b>b</b>	4,15±0,10 <b>a</b>	136,55±6,72 <b>a</b>	136,76±0,06 <b>b</b>	174,28±5,56 <b>b</b>
<b>T 14</b>	36,99±0,24 <b>d</b>	3,88±0,13 <b>b</b>	149,17±24,21 <b>a</b>	189,79±13,25 <b>a</b>	208,77±60,82 <b>b</b>

\*Letras distintas indican diferencias significativas entre las muestras para las variables analizadas ( $\alpha=0,05$ ) n=3. Modelos lineales, generales y Mixtos (DGC)

Si analizamos la variable MS observamos que la mayoría de los silos evaluados se encuentran por encima del 35%MSy solo cinco silos se ubican por debajo de dicho valor (T5-A; T7; T9; T10 y T11) (Tabla 2). En estos últimos silos se observaron, además, pérdidas importantes de efluentes a los costados de la bolsa debido a una confección demasiado temprana del material a ensilar, lo que lleva a perder entre un 6 y un 8% de MS representada por nutrientes de altísima digestibilidad. Por otro lado, los silos que mostraron valores mayores al 35 %MS (T2; T3; T4; T6-A; T6-B; T12; T13 y T14) no presentarían una disminución en su calidad ya que la baja en la digestibilidad de la fibra se suplanta con el gran aporte de energía que ofrece el grano (Cattani, 2009).

En cuanto al pH, los valores de los silos analizados se encuentran por debajo de pH4; y sólo 3 de los silos se ubican levemente por encima de dicho valor de pH(T6-B; T12 y T13). (Tabla 2). Dicho comportamiento no significa que la

fermentación sea ineficiente, sino que es aconsejable relacionar el valor de pH con el contenido de MS para evaluar la estabilidad (Tabla 3). (Gutiérrez, 2009). Por ejemplo, la muestra T13, si bien presenta un elevado pH (4,15) al relacionarlo con el %MS (47,82%) podríamos decir que el silo es de excelente calidad

**Tabla 3:** Relación entre el contenido de MS y pH para la evaluación de silajes (Gutiérrez, 2009).

Calidad de Silo	Contenido de Materia Seca (%MS)				
	15 - 20	21 - 25	26 - 30	31 - 35	35 - 40
<b>Categorías</b>					
<b>Excelente</b>	< 4,0	< 4,2	< 4,4	< 4,6	< 4,8
<b>Bueno</b>	< 4,2	< 4,4	< 4,6	< 4,8	< 5,0
<b>Satisfactorio</b>	< 4,4	< 4,6	< 4,8	< 5,0	< 5,4
<b>Mediocre</b>	< 4,6	< 4,8	< 5,0	< 5,2	< 5,4
<b>Malo</b>	> 4,6	> 4,8	> 5,0	> 5,2	> 5,4

Para el presente trabajo se tomó como densidad mínima indispensable 225 kg MS/m<sup>3</sup>, lo que implicaría pérdidas de 18 % MS o menos. Observamos en la Tabla 2 que los silos muestreados no alcanzan dicho valor. Esta realidad normalmente se repite en todos aquellos lugares donde el silaje es un alimento esencial de las dietas de bovinos. (Clemente, 2009)

Un relevamiento realizado en silajes de cuatro cuencas lecheras (Villa María, Sur de Córdoba, Santa Fe y Abasto Bs As) arrojaron un resultado promedio de densidad de 148 kg MS/m<sup>3</sup>, lo que estimaría pérdidas de alrededor del 25 % del material ensilado (Clemente, 2009). En las muestras analizadas el promedio de las densidades de los tres estratos muestreados fue de: 113,25kg MS/m<sup>3</sup> en el estrato superior; 156,58 kg MS/m<sup>3</sup> en el estrato intermedio y 192, 56 kg MS/m<sup>3</sup> en el estrato inferior. Dichos valores de densidad implicarían pérdidas alrededor del 27 % para el estrato superior; 23 % para el estrato intermedio y 21 % para el estrato inferior.

## **2- DETERMINAR PARÁMETROS RELACIONADOS CON LA COMPOSICIÓN QUÍMICA.**

La fibra del alimento la constituyen los hidratos de carbono estructurales (HCE) de la pared celular (celulosa-hemicelulosa y lignina) y pectina. A diferencia de los hidratos de carbono solubles o no estructurales, los HCE son parcialmente digestibles y la digestibilidad depende del contenido de lignina de la pared de las células (Pendini, 2012).

Según Batch y Calsamiglia (2006), la fibra detergente neutra (FDN) se define como el contenido de celulosa, hemicelulosa y lignina; y la fibra detergente acida (FDA) es el contenido de celulosa más lignina, relacionada con la digestibilidad. Al estar directamente relacionadas con la digestibilidad influye en la velocidad de paso del alimento por el tracto digestivo del animal y, por lo tanto, también afecta el consumo de materia seca, siendo este menor a medida que aumenta el contenido de lignina en la fibra.

**Tabla 4:** Composición de la célula vegetal y análisis que determina cada fracción.

<b>Contenido Celular</b>	<b>Pared Celular</b>		
Proteína Bruta, Cenizas, Lípidos, Hidratos de carbono, Ácidos grasos	<b>FDN</b>		
	Hemicelulosa	<b>FDA</b>	
		Celulosa	<b>LDA*</b>
			Lignina

\*LDA= Lignina Detergente Acida

La capacidad de aportar proteína por parte de los forrajes es también un parámetro de calidad. En muchos alimentos, como el silo de maíz, su determinación no es significativa ya que al ser sus valores proteicos muy bajos se deberá recurrir a la utilización de otros alimentos para corregir esta deficiencia (Bassi, 2007).

Las proteínas están constituidas, en promedio, por un 16% de Nitrógeno por lo que si conocemos la cantidad de éste, se puede inferir su contenido proteico. La utilización del concepto de proteína bruta en los programas de nutrición animal y en evaluaciones alimenticias no es un parámetro exacto y se encuentra sobreestimado. Esto es así debido a que no todo el contenido nitrogenado proviene de las proteínas, si no que existen compuestos nitrogenados no proteicos (NNP) (Bassi, 2007).

Por último, la ceniza es el residuo remanente luego que toda la materia orgánica de la muestra ha sido completamente incinerada. Está compuesta de toda la materia inorgánica del alimento (minerales) como así también contaminantes inorgánicos (tierra y arena). Según Bragachini *et al.*, (2011) en caso de tener un alto porcentaje de cenizas, se produce una dilución del alimento, más precisamente la dilución de la digestibilidad por mayor presencia de minerales.

**Tabla 5:** Media y desvío estándar de las variables analizadas: % Cenizas, %FDN, %FDA y %PB de los silos muestreados.

<b>Tambo</b>	<b>% Cenizas</b>	<b>%FDN</b>	<b>%FDA</b>	<b>%PB</b>
<b>T 1</b>	6,39±0,50a	48,62±1,66a	17,71±3,96b	8,51±1,74b
<b>T 2</b>	5,99±1,40a	32,17±2,96c	9,91±1,51b	11,28±2,08a
<b>T 3</b>	5,49±0,95a	41,56±1,51b	13,67±4,40b	8,70±1,61b
<b>T 4</b>	6,97±0,23a	35,22±1,54c	13,80±2,82b	10,94±1,13a
<b>T 5-A</b>	5,99±0,60a	42,61±0,26b	19,66±3,48a	9,61±0,02b
<b>T 5-B</b>	5,62±0,00a	45,57±0,00a	21,03±0,00a	8,52±0,00b
<b>T 6- A</b>	5,62±0,30a	36,93±0,02c	16,38±4,65b	8,63±0,28b
<b>T 6- B</b>	6,81±1,18a	49,39±0,56a	19,53±5,46a	10,51±0,27a
<b>T 7</b>	6,23±1,29a	32,95±2,87c	15,18±2,18b	7,63±0,50b
<b>T 8</b>	4,73±0,52b	28,58±4,94d	11,56±4,81b	9,12±0,64b
<b>T 9</b>	6,16±0,39a	29,12±0,73d	21,26±8,59a	8,19±0,10b
<b>T 10</b>	5,99±0,88a	36,98±2,20c	14,61±0,66b	8,43±0,98b
<b>T 11</b>	4,84±0,63b	30,64±2,86d	13,05±3,98b	8,67±0,91b
<b>T 12</b>	3,91±1,08b	36,39±2,19c	16,25±1,53b	7,28±0,16b
<b>T 13</b>	5,69±0,23a	33,87±5,80c	21,90±12,61a	9,99±0,93b
<b>T 14</b>	6,23±0,69a	34,74±0,07c	15,91±1,58b	9,58±0,95b

\*Letras distintas indican diferencias significativas entre las muestras para las variables analizadas ( $\alpha=0,05$ ) n=3. Modelos lineales, generales y Mixtos (DGC).

Para el análisis de los resultados se consideró como parámetro de comparación los datos obtenidos a partir del relevamiento realizado por Clemente y Monge (2008) de la estructura de silos almacenados como bolsa en la provincia de Córdoba, para las variables %FDN, %FDA, %PB y %Cz. En la Tabla 6 se presentan los valores de referencia de dicho relevamiento.

**Tabla 6:** Valores promedio de silo bolsa de maíz en la provincia de Córdoba según Clemente y Monje (2008) para las variables %FDN, %FDA, %PB y %Cz.

	<b>%FDN</b>	<b>%FDA</b>	<b>%PB</b>	<b>%Cz</b>
<b>Silaje Menor Calidad</b>	52,09	29,91	7,46	7,41
<b>Silaje Mayor Calidad</b>	30,68	14,41	7,57	5,31

En cuanto al contenido de FDN, las muestras T2, T4, T6-A, T7, T10, T12, T13 Y T14 se encontrarían dentro de los silos de mayor calidad (Tabla 5) puesto que se acercan al valor de referencia 30,68 % (Clemente y Monge, 2008) (Tabla 6). Es importante destacar que cuando el %FDN es alto, la digestibilidad del forraje será menor, sin embargo es necesario un aporte de FDN no inferior al 25% del total de la dieta para que no se generen problemas digestivos (Bassi, 2007). Por el contrario, las muestras T1, T5-B y T6-B se consideran silos de menor calidad ya que presentan el mayor %FDN (48,62; 45,57 y 49,39 %, respectivamente).

Cuando analizamos el %FDA observamos que 11 silos muestreados se ubicarían dentro de los silos de mayor calidad por presentar un %FDA menor al 17% (Tabla 5). En contraposición, las muestras T5-A, T5-B, T6-B, T9 y T13 mostraron el mayor %FDA (19,66; 21,03; 19,53; 21,26; y 21,90%; respectivamente) por lo que se ubicarían dentro de los silos de menor calidad (Clemente y Monge, 2008). Esto significa que la digestibilidad de dichos silos resulta menor debido a que contienen en su composición una mayor proporción de lignina (Bassi, 2007).

Todas las muestras analizadas presentaron un %PB superior al 7%. (Tabla 5); por lo que se considerarían silos de mayor calidad, si tenemos en cuenta solo esta variable (Tabla 6). Así mismo, se destacan las muestras T2, T4 y T6-B por

presentar valores muy superiores (11,28; 10,94 y 10,51%; respectivamente) a los considerados como referencia por Clemente y Monge (2008). Según Wheeler (2006) el contenido de PB en la formulación de raciones completas de vacas lecheras debería ser del 12 al 19%, según el nivel de producción y periodo de lactancia en que se encuentre el animal. A su vez, cuando el nivel de participación del silo de maíz en la dieta es mayor al 30% se puede recomendar la suplementación con alimentos proteicos para aumentar la producción de sólidos totales en la leche.

Por último, el %Cenizas en las muestras se encuentra por debajo del 7% (Tabla 5) lo que nos indicaría que son silos de mayor calidad (Tabla 6) ya que a menor %Cz la digestibilidad del alimento es mayor por menor presencia de minerales (Bragachini *et al.*, 2011). Se destacan las muestras T8, T11 y T12 por presentar el menor %Cz (4,73; 4,84 y 3,91%; respectivamente).

### **3- DETERMINAR LOS PARÁMETROS RELACIONADOS CON LA DIGESTIÓN**

Uno de los primeros aspectos a considerar al momento de picar el silo es la longitud real de picado, que tiene su origen en aspectos nutricionales, estado y tipo de cultivo y categoría de hacienda a la que será destinado el forraje. (Martínez Peck, 2008). Según Piñeiro (2006), el tamaño de picado responde a un objetivo de alimentación de su función en la dieta. Esta no es una decisión menor: si queremos lograr una óptima calidad de producto final (silo), éste debe ser uniforme y debe efectuarse con maquinaria de precisión.

Podemos decir que para obtener un silo de óptima calidad existen dos premisas fundamentales: lograr un tamaño de picado lo suficientemente pequeño para una correcta compactación y, por otra parte, lo suficientemente grande para proveer al animal de fibra efectiva. (Gregoret y Gallardo, 2003).

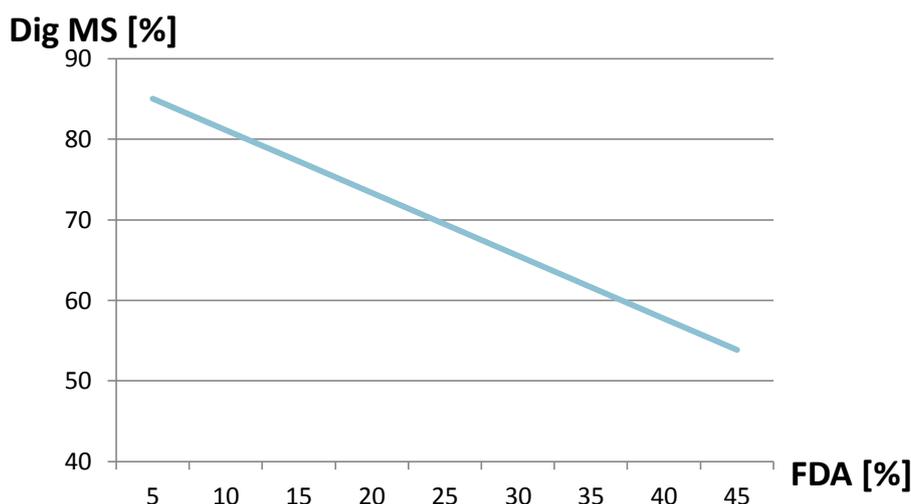
La fibra efectiva es la fracción de la FDN que influye sobre la masticación, la rumia (salivación y pH ruminal) y los movimientos del rumen (ciclo de mezcla). Analizar la FDN es muy útil pero no permite inferir su "efectividad". La FDNef puede ser cuantificada con el tamaño y homogeneidad de las partículas mediante la utilización del separador de partículas de Penn State (Gregoret y Gallardo, 2003). El tamaño de picado más conveniente es aquel donde el 50% de la masa a ensilar contenga partículas de 2 a 0.8 cm (Piñeiro, 2006).

El picado del silo demasiado fino facilitará la disponibilidad de carbohidratos del forraje para los microorganismos del rumen y también la compactación, pero aumentará la tasa de pasaje en el animal. Un picado demasiado grande dificultará la compactación, quedando mayor cantidad de oxígeno atrapado en el ensilaje generando un incremento en la temperatura, una mala fermentación y, por consiguiente, un producto de mala calidad. (Piñeiro, 2006).

Gregoret y Gallardo (2003) recomiendan que un silaje de maíz debe contar con un 5 a 15% de partículas mayores a 2 cm de longitud; 40 a 50% de partículas de un tamaño entre 0,8 a 2 cm y entre un 40 y 50% de las partículas con un tamaño inferior a 0,8cm. Por su parte, Cattani *et al.* (2010) define como tamaño correcto de picado el aproximado a 1,5 cm, que contenga entre un 7 y 12 % de partículas de

más de 2,5 cm (Fibra Efectiva) pero nunca mayor a 8–10 cm porque se observa un efecto de selección por parte de los animales en el comedero.

La digestibilidad es el %MS que será digerido en el tracto gastrointestinal. Bassi (2007) lo define como la proporción de alimento consumido que no se excreta en las heces y, por lo tanto, se considera absorbida. Según la cantidad y calidad de la fibra que posea el forraje, y más precisamente su grado de lignificación, será la digestibilidad del mismo (Figura 1).



**Figura 1:** Evolución de la Digestibilidad y su relación con la FDA (Bassi, 2007).

Independientemente de la metodología utilizada para evaluar la calidad, Di Marco (2011) considera que un forraje tiene alta calidad cuando tiene aproximadamente 70% de digestibilidad in Vitro de la MS (DIVMS), 50% FDN y más de 15% PB. Por lo contrario, en uno de baja calidad la DIVMS disminuye a menos del 50%, la FDN sube a más del 65% y la PB baja a menos de 8%.

La energía es requerida por los animales para sus funciones vitales y productivas, por lo tanto la capacidad de aportarla es de gran importancia al determinar el valor nutritivo de los alimentos. Según Bassi (2007), los animales poseen una demanda energética determinada para poder mantenerse, y todo lo que el alimento brinde por encima de esa demanda será utilizado por el metabolismo para las diversas producciones (leche, carne, lana, grasa, etc.). Del total de la energía bruta, solo una parte es aprovechada por los animales, ya que otra se pierde por excreciones (Figura 2).

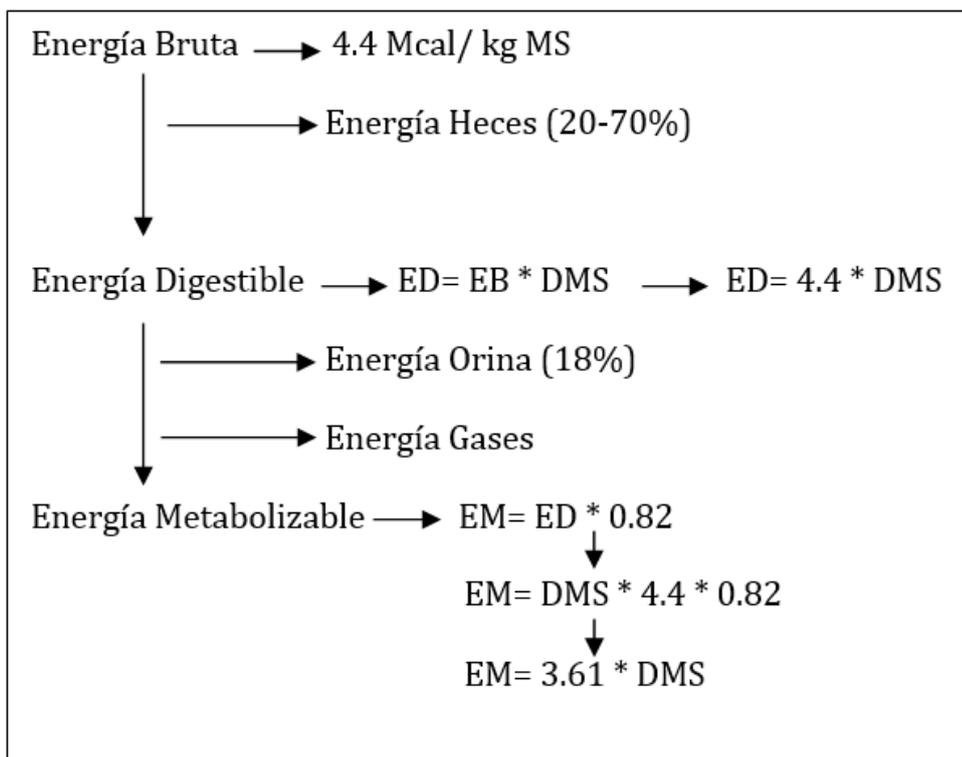


Figura 2: Partición de la energía bruta de los alimentos (Boetto *et al.*, 2009).

Una planta de maíz bien provista de grano tiene un valor energético que sufre pocos cambios a lo largo de su ciclo vegetativo pero lo que si cambia son los nutrientes que aportan esa energía. Mientras la planta avanza en su ciclo, todo lo que no es grano va perdiendo calidad. Por eso el valor energético del silaje, expresado como EM, es directamente proporcional al contenido de granos (Gingins, 2013).

Clemente y Monge (2008) obtuvieron mediante la evaluación de silos de maíz valores promedio de EM de 2,41 Mcal/kg MS para los silos de menor calidad y 2,8 Mcal/kg MS para los silos de mayor calidad.

**Tabla 7:** Media y desvío estándar de las variables analizadas: contenido de fibra, %Digestibilidad, Energía Metabólica (Mcal/Kg MS) de los silos muestreados.

Tambo	Contenido de Fibra (%)			% Dig	Energía(Mcal /Kg MS)
	> 19 mm	18 - 9 mm	< 9 mm		
T 1	8,00±0,04d	72,00±0,02b	21,00±0,05c	75,11±3,08a	2,71±0,11b
T 2	11,00±0,03d	52,00±0,03e	38,00±0,01a	81,18±1,18a	2,93±0,04a
T 3	9,00±1,69d	64,00±0,03c	28,00±0,025c	78,25±3,43a	2,82±0,13a
T 4	3,00±0,01e	66,00±0,00c	31,00±0,01b	78,15±2,19a	2,82±0,08a
T 5-A	6,00±0,02d	78,00±0,035a	17,00±0,01d	73,59±2,71b	2,66±0,1b
T 5-B	5,00±0,00d	79,00±0,00a	16,00±0,00d	69,84±0,00b	2,52±0,00b
T 6- A	2,00±0,01e	64,00±0,03c	34,00±0,03b	76,14±3,62a	2,75±0,13a
T 6- B	6,00±0,04d	67,00±0,04c	27,00±0,00c	73,68±4,25b	2,66±0,15b
T 7	3,00±0,01e	63,00±0,02c	34,00±0,02b	77,08±1,70a	2,78±0,06a
T 8	6,00±0,00d	71,00±0,035b	23,00±0,04c	79,90±3,75a	2,88±0,14a
T 9	20,00±0,01b	67,00±0,02c	13,00±0,03d	72,34±6,70b	2,61±0,24b
T 10	29,00±0,01a	55,00±0,02d	17,00±0,03d	77,52±0,52a	2,80±0,02a
T 11	24,00±0,02b	58,00±0,00d	19,00±0,02d	78,73±3,10a	2,84±0,11a
T 12	12,00±0,08d	45,00±0,05e	43,00±0,03a	76,24±1,19a	2,75±0,05a
T 13	11,00±0,01d	51,00±0,05e	39,00±0,06a	71,84±9,83b	2,59±0,36b
T 14	16,00±0,03c	56,00±0,01d	26,00±0,04c	76,50±1,23a	2,76±0,05a

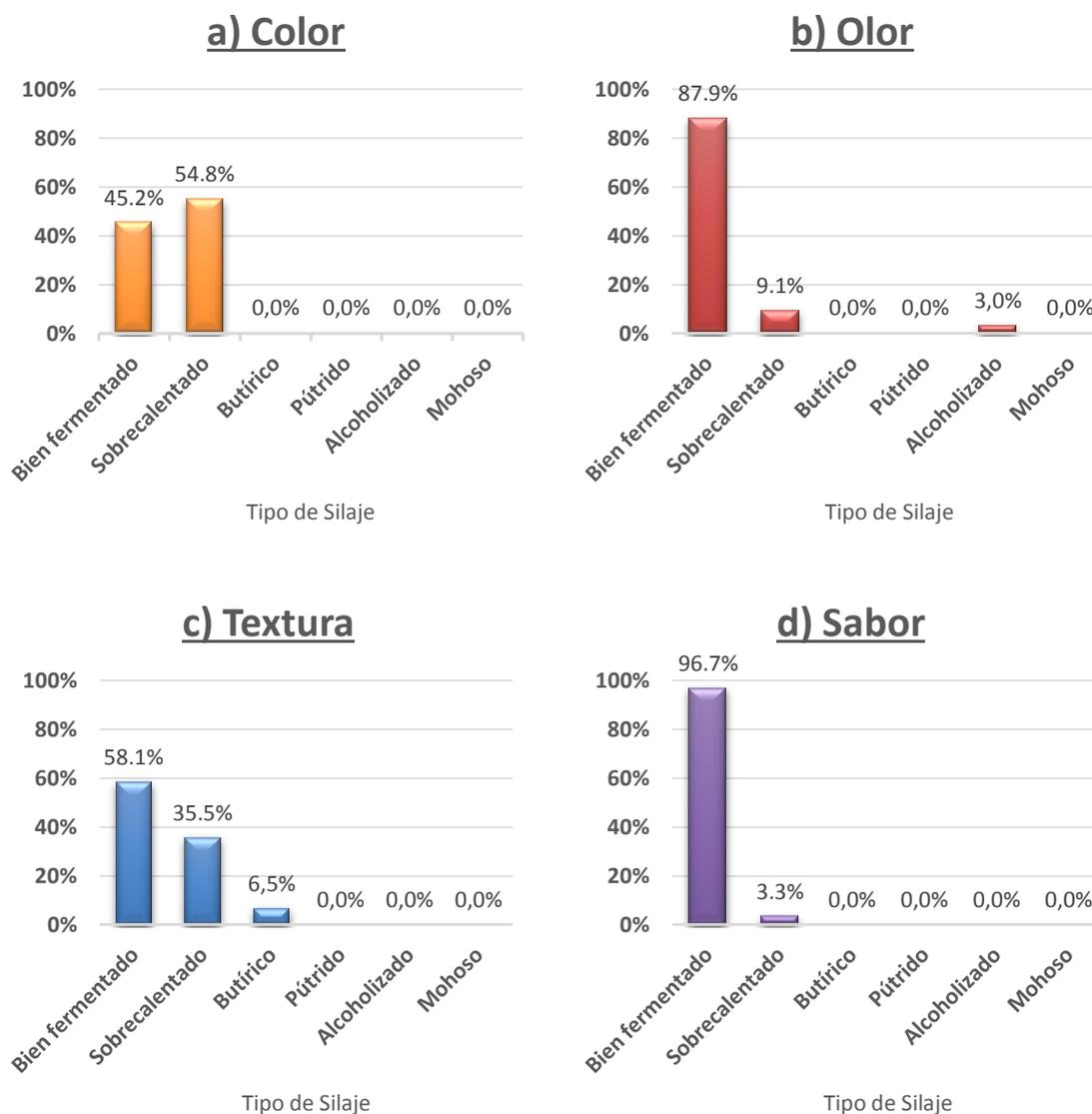
\*Letras distintas indican diferencias significativas entre las muestras para las variables analizadas ( $\alpha=0,05$ ) n=3. Modelos lineales, generales y Mixtos (DGC)

Analizando los datos de la Tabla 7, las muestras T2, T12 y T13 presentan el contenido de fibra en las tres bandejas (superior, intermedia e inferior), según lo recomendado por Gregoret y Gallardo (2003). La importancia del tamaño de fibra recomendado radica en que es necesaria para: una adecuada actividad de rumia, una apropiada relación de los productos de fermentación y buena capacidad reguladora de acidez ruminal (buffer).

Al referirnos a la Fibra Efectiva, según Cattani *et al.* (2010), las muestras de silo T1, T2, T3, T12 y T13 se encuentran entre los valores óptimos (entre el 7-12% de la fibra sea mayor a 2,5 cm en la bandeja superior).

#### 4. DETERMINAR LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DEL FORRAJE

Las características organolépticas pueden constituir un criterio subjetivo para evaluar los silos pero no existe una relación confirmada entre estos y la eficiencia de preservación o el valor nutritivo sobre una amplia gama de silajes. (Gutiérrez, 2009).



**Figura 3:** Características organolépticas de las muestras evaluadas. a) Color; b) Olor; c) Textura y d) Sabor

Con respecto a las características organolépticas de las muestras se analizaron 4 atributos (Figura 3). El 45,2% de las muestras evaluadas presentaron el tipo de silaje "bien fermentado" y el 54,8% "sobrecalentado"; para el atributo color; y el 58,1% y 35,5% para el atributo textura, respectivamente (Figura 3 a y c).

La evaluación del atributo color y textura debe correlacionarse con el %MS. Los silos con altos %MS no presentaban tonalidad verdosa (color) y los trozos se desprendían con facilidad del silaje (textura) lo que indicaría sobrecalentamiento de los mismos. Así mismo, los silos no presentaban dicha característica. Para confirmar el tipo de silo presente se midió la temperatura de los silos y la temperatura ambiente (Tabla 8). Gutierrez (2009) propone que una temperatura igual o ligeramente superior a la ambiental indica una adecuada estabilización del proceso fermentativo. En función de los resultados podríamos afirmar que ninguno de los silos muestreados se encontró dentro de tipo de silo “*sobrecalentado*”.

**Tabla 8:** Temperatura de silo, ambiente y diferencia de temperaturas entre silo y ambiente (°C) de los silos muestreados.

<i>Tambo</i>	<i>T° Silo (°C)</i>	<i>T° Ambiente (°C)</i>	<i>Diferencia de T°</i>
<b>T1</b>	19	25	6,0
<b>T2</b>	22	25	3,0
<b>T3</b>	21	29	8,0
<b>T4</b>	24	25	1,0
<b>T5-A</b>	25	23	-2,0
<b>T5-B</b>	22	25	3,0
<b>T6-A</b>	29	23	-6,0
<b>T6-B</b>	25	23,5	-1,5
<b>T7</b>	23	25	2,0
<b>T8</b>	19	20	1,0
<b>T9</b>	19	26	7,0
<b>T10</b>	22	25	3,0
<b>T11</b>	30	28	-2,0
<b>T12</b>	20	24	4,0
<b>T13</b>	19	21	2,0
<b>T14</b>	23	25	2,0

Por último, el 87,9% y 96,7% de los silos muestreados para los atributos olor y sabor, respectivamente, se ubicaron dentro del tipo de silo “*bien fermentado*” (Figura 3 b y d).

## **5. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS CON LOS DATOS PROMEDIOS DE LA ZONA**

Para realizar la comparación de las muestras de silos analizados con los silos de referencias (alta y baja calidad) según Clemente y Monge (2008) se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) y un análisis de conglomerados.

### *ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES*

El biplot obtenido de las dos componentes principales (CP) en el ACP se presenta en la Figura 4. Las dos primeras componentes principales explicaron el 74,8% de la variabilidad en las muestras de silo analizadas y las muestras de silo de referencia. La CP 1 representó el 51,9% de la variabilidad, mientras que la CP2 el 22,9%.

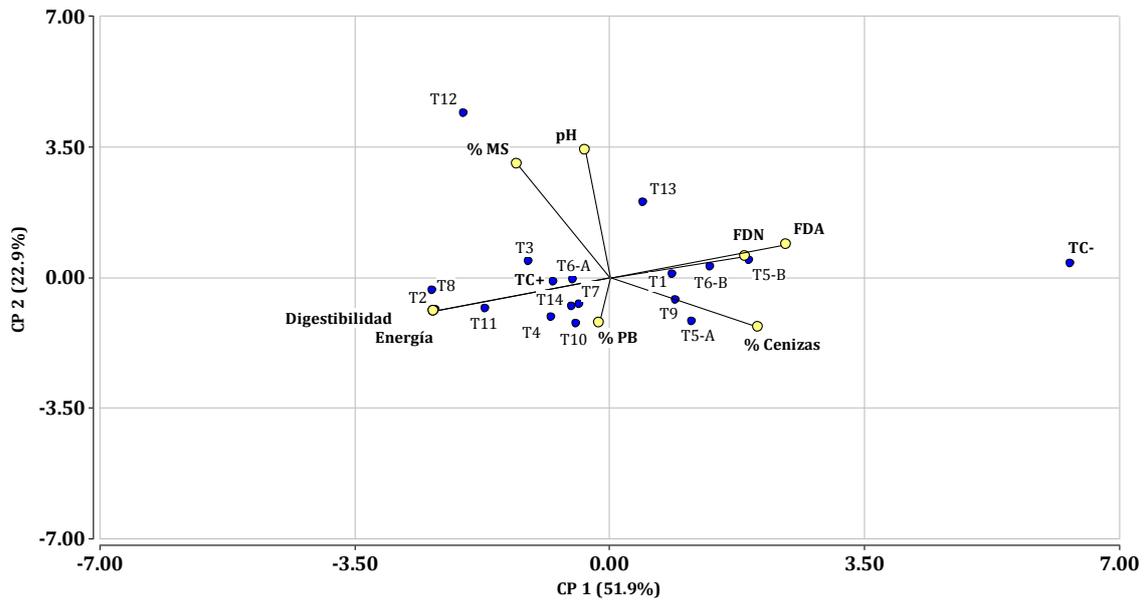
Las variables FDN, FDA y Cenizas se ubicaron en el lado derecho de la CP1, mientras que pH, %MS, Digestibilidad, Energía y %PB se ubicaron en el lado izquierdo.

Las muestras analizadas T2, T4, T6-A, T7, T8, T10, T11, T13, T14 y la muestra de referencia TC+ (silo de alta calidad) mostraron los valores más altos de digestibilidad, energía y PB. Este comportamiento indica que la mayor parte de los silos evaluados se consideran de alta calidad.

Las muestras de silos T1, T5-A, T5-B y T6-B mostraron los valores más altos de FDN, FDA y Cenizas. Así mismo, la muestra de referencia TC- no se asocia a ninguna de las muestras analizadas si tenemos en cuenta las variables evaluadas. La muestra T12 fue la que presentó el mayor %MS.

Las variables %MS y pH se encuentran correlacionadas positivamente ya que los vectores que la representan forman un ángulo menor a 90° (lado izquierdo del biplot). Lo mismo ocurre entre las variables FDN y FDA; y entre las variables cenizas, FDN y FDA(lado derecho del biplot).

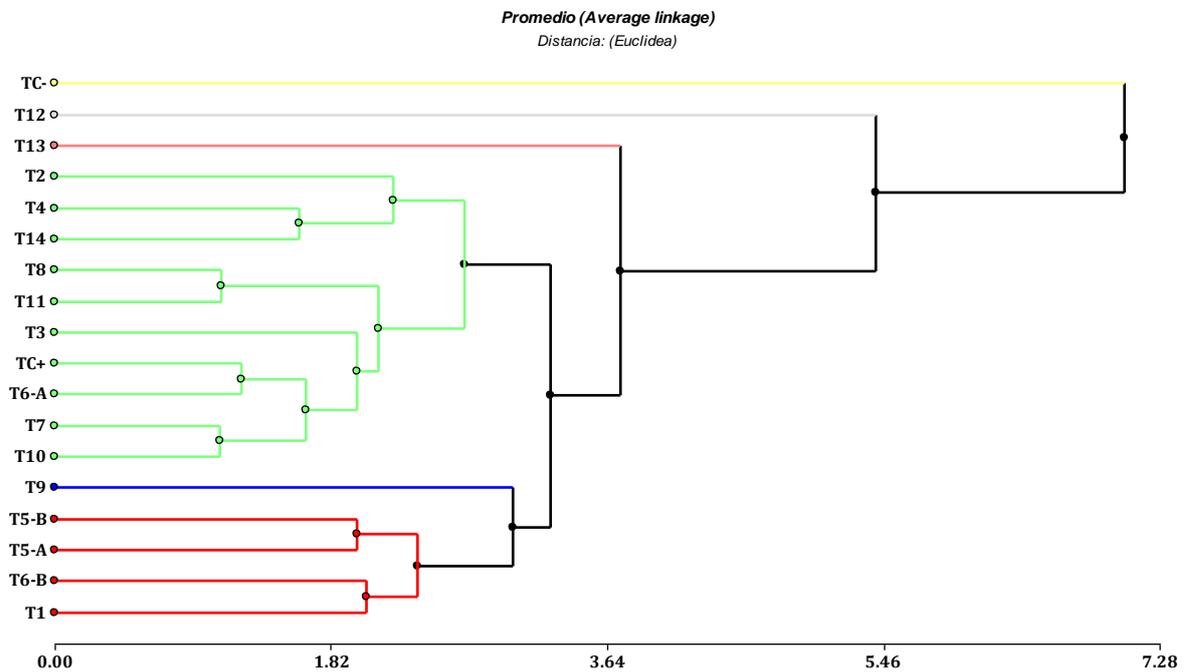
Las variables cenizas y FDA se correlacionan negativamente con las variables digestibilidad y energía por formar sus vectores un ángulo mayor a 90°



**Figura 4:** Biplot de la primera y segunda componente del Análisis de Componentes Principales (ACP). Variables: Porcentaje de Materia Seca (%MS), pH, % Cenizas, Porcentaje de Fibra Detergente Neutra (FDN), Porcentaje de Fibra Detergente Acida (FDA), Porcentaje de Proteína Bruta (%PB), Digestibilidad y Energía. Tratamientos: Muestras de silos analizados (Tn) y muestras de silo de referencia (TC-= silo de mala calidad; TC+= silo de buena calidad).

## ANÁLISIS DE CONGLOMERADOS

Los resultados del análisis de conglomerados de los silos muestreados y las muestras de silo de referencia (alta y baja calidad) teniendo en cuenta las variables evaluadas, se presentan con un dendograma en la Figura 5.



**Figura 5:** Dendograma del Análisis de conglomerados de las muestras de silos analizadas y las muestras de referencia agrupadas según las variables evaluadas: Porcentaje de Materia Seca (%MS), pH, % Cenizas, Porcentaje de Fibra Detergente Neutra (FDN), Porcentaje de Fibra Detergente Acida (FDA), Porcentaje de Proteína Bruta (%PB), Digestibilidad y Energía. Tratamientos)

**Tabla 9:** Medias y desvío estándar de las muestras de silos analizadas y las muestras de silo de referencia (alta y baja calidad) de las variables: %MS, pH, % Cenizas, FDN, FDA, PB, Digestibilidad y Energía del análisis de conglomerados.

<i>Variable</i>	<i>Grupo 1</i> (T1,T5-A,T5-B,T6-B)  n=3x4	<i>Grupo 2</i> (T9)  n=3x1	<i>Grupo 3</i> (TC-)  n=3x1	<i>Grupo 4</i> (T2,T3,T4,T6-A,T7,T8,T10,T11,T14,TC+)  n=3x10	<i>Grupo 5</i> (T12)  n=3x1	<i>Grupo 6</i> (T13)  n=3x1
<b>%MS</b>	34,22±3,22 <b>b</b>	31,90±0,59 <b>b</b>	25,81±0,00 <b>a</b>	33,76±5,71 <b>b</b>	64,03±3,38 <b>d</b>	47,82±5,30 <b>c</b>
<b>pH</b>	3,92±0,12 <b>a</b>	3,83±0,04 <b>a</b>	3,96±0,00 <b>a</b>	3,90±0,09 <b>a</b>	4,31±0,03 <b>b</b>	4,15±0,10 <b>b</b>
<b>Cenizas</b>	6.32±0,79 <b>b</b>	6,16±0,40 <b>b</b>	9,13±0,00 <b>c</b>	5,79±0,91 <b>b</b>	3,91±0,02 <b>a</b>	5,69±0,10 <b>b</b>
<b>FDN</b>	46,74±3,17 <b>b</b>	29,12±0,73 <b>a</b>	51,85±0,00 <b>b</b>	34,35±4,22 <b>a</b>	36,39±2,19 <b>a</b>	33,87±5,8 <b>a</b>
<b>FDA</b>	19,17±3,74 <b>a</b>	21,26±8,59 <b>a</b>	33,37±0,00 <b>b</b>	13,87±3,36 <b>a</b>	16,25±1,53 <b>a</b>	21,19±12,61 <b>a</b>
<b>PB</b>	9,44±1,21 <b>a</b>	8,19±0,10 <b>a</b>	8,68±0,00 <b>a</b>	9,17±1,48 <b>a</b>	7,28±0,16 <b>a</b>	9,99±0,93 <b>a</b>
<b>Digestibilidad</b>	73,70±3,17 <b>b</b>	72,34±6,70 <b>b</b>	61,21±0,00 <b>a</b>	78,09±2,62 <b>b</b>	76,24±1,19 <b>b</b>	71,84±9,83 <b>b</b>
<b>Energía</b>	2,66±0,11 <b>b</b>	2,61±0,24 <b>b</b>	2,28±0,00 <b>a</b>	2,82±0,09 <b>b</b>	2,75±0,05 <b>b</b>	2,59±0,36 <b>b</b>

\*Letras distintas indican diferencias significativas entre las muestras para las variables analizadas ( $\alpha=0,05$ ) n=3. ANAVA (DGC).

Los valores medios de las variables de cada grupo de muestras de silo obtenidos del análisis de conglomerados se presentan en la Tabla 9.

Se detectaron diferencias significativas entre los grupos para la mayoría de las variables evaluadas. EL Grupo 3 (TC-, muestra de referencia de baja calidad) obtuvo los valores más altos de %Cz, FDN, FDA y más bajos de %MS, Digestibilidad y energía con diferencias significativas respecto al resto de los grupos. El Grupo 4 (T2, T3, T4, T6-A, T7, T8, T10, T11, T14, TC+) presentó valores intermedios para todas las variables analizadas. Además en este grupo se encuentra la muestra de referencia TC+ (silo de alta calidad) lo que nos indicaría que son los silos con mejores características nutricionales. El Grupo 5 (T12) presentó el valor más alto de %MS y pH. La variable %PB no presentó diferencias significativas entre los grupos.

## CONCLUSIONES

La variable MS de la mayoría de los silos evaluados se encuentra por encima del 35 %MS.

Los valores de pH se encontraron por debajo de pH 4; y sólo 3 de los silos se ubican levemente por encima de dicho valor de pH. Se relacionó pH con el %MS para evaluar la estabilidad y se confirmó que los silos son de excelente calidad

La densidad de los silos muestreados fue levemente inferior a las recomendadas para la estructura silo bolsa.

El contenido de FDN y FDA de la mayoría de las muestras nos indica que son silos de buena calidad. El contenido de PB fue superior al 7% en todas las muestras evaluadas y el %Cenizas inferior al 7% lo que nos indica que son silos de alta calidad.

Ninguno de los silos presentó características organolépticas de tipo de silo "sobrecalentado". Por el contrario, todos los silos evaluados mostraron en los atributos olor y sabor "bien fermentado".

En el análisis comparativo las variables %MS y pH se encontraron correlacionadas positivamente, mientras que las variables cenizas y FDA se correlacionaron negativamente con las variables digestibilidad y energía. La muestra de referencia TC- no se asoció a ninguna de las muestras analizadas.

El ensilado es un proceso, por lo que debemos poner particular atención en cada etapa del mismo, desde la elección del lote hasta el rumen. Calidad es hacer todo bien desde el principio.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Abdelhadi, L.O., 2006. Perdidas en el uso de silaje de maíz. Est. El Encuentro, Research & Extension in Ruminant Nutrition. APRESID, Planteos Granaderos.
2. AOAC International (Association of Official Analytical Chemists). Official Methods of Analysis. 2000. Arlington, VA: AOAC International. Nro. 942.05.
3. Bach, A. y Calsamiglia, S. 2006. La Fibra en los Rumiantes: ¿Química o Física? Grupo de investigación en Nutrición, Manejo y Bienestar Animal. Universidad Autónoma de Barcelona. España.
4. Bassi, T. 2007. Conceptos básicos sobre la calidad de los forrajes. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Buenos Aires, Argentina
5. Bertoia, L. 2015. Maíz: el área para silo y grano podría igualarse. En: Clarín Rural, Buenos Aires, Argentina.
6. Boetto, G.C.; Gómez Demmel, A.M. y Melo, O. 2009. Programador de dietas para bovinos de leche. Argentina
7. Bragachini, M. A.; Gallardo, M.; Peireti, J.; Bianco Gaido, M. R.; Cattani, P. 2011. Forrajes conservados de alta calidad y aspectos relacionados al manejo nutricional. INTA –PRECOP II. Manual Teórico N6.
8. Bragachini, M.; Sánchez, F.; Urrets Zavalía, G.; Giordano, J.; Peiretti, J. 2015. Tecnología de picado para ensilado de cultivo de maíz. Módulo INTA Tecno Forraje.
9. Carrete, J. R.; Scheneiter, J. O.; Rimieri, P.; 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 Agropecuario. II (6): 2-5.
10. Cattani, P. 2009. ¿Maíz pasado? No se preocupe, no es tan grave. Revista Producir XXI, p 42.47.
11. Cattani, P.; Bragachini, M.; Peiretti, J. 2010. El tamaño de picado como factor de calidad. El Tribuno Campo.

12. 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.
13. Clemente, G. y Monge, J.L. 2008. Efecto de inoculantes bacterianos en las características de los silajes. Universidad Nacional de Villa María. Córdoba, Argentina.
14. Di Marco, O. 2011. Estimación de calidad de los forrajes. Revista Producir XXI. Facultad de Ciencias Agrarias. Unidad integrada Balcarce INTA Balcarce. Buenos Aires, Argentina.
15. Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M. G.; Gonzalez, L.; Tablada, M. & Robledo, C. W. 2013. InfoStat versión 2013p., en Grupo InfoStat, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina.
16. Gimenez, R. y De León, M. 2010. Calculo de densidad de ensilaje. Cámara Argentina de Contratistas Forrajeros. Hoja de Cálculo xls.
17. Gingins, M. 2013. Como interpretar un análisis de silaje de maíz. Revista Argentina de Producción Animal.
18. Giordano, J.M.; Gallardo, M.; Guerra, S. 2010. En busca de la fibra perdida. INTA - EEA. Rafaela. INTA - IIR. Castelar. INTA - AER. Esperanza. Argentina.
19. Gregoret, R. y Gallardo, M. 2003. Porqué es importante el tamaño de picado. EEA INTA Rafaela. Argentina.
20. Gutierrez, L. M. 2009. Evaluación práctica de silajes y henolajes empaquetados. Unidad Integral de Balcarce - Facultad de. Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Mar del Plata. - EEA Balcarce INTA. Argentina.
21. Servicios Técnicos Chr. Hansen Inc, Milwaukee, WI. 2014. FonaHolstein 2014. Evaluando la calidad del ensilaje.
22. Heinrichs, J. y Kononoff, P. 2002. Evaluando el tamaño de partículas de forrajes y RTM usando el Nuevo Separador de Partículas de Forrajes de Penn State. Departamento de Ciencias Animales. Cooperative Extension. College of Agricultural Sciences. Estados Unidos.

23. Matinez Peck, R. 2008. Como evaluar con precisión la calidad del maíz en silo. Diario La Nación, secc 5°-Campo.
24. Mier Quiroz, 2009. Caracterización del valor nutritivo y estabilidad aeróbica de ensilados en forma de micro silos para maíz forrajero. Tesis de Master. Universidad de Córdoba. Departamento de Producción Animal. España.
25. Pendini, C. R. 2012. Notas sobre Producción de Leche. Editorial Sima. Facultad de Ciencias Agropecuarias – U.N.C. Argentina.
26. Piñeiro, G. 2006. Cuidados en la confección de silos de maíz. Revista Producir XXI. Buenos Aires, Argentina.
27. Romero, L. A. 2004. Silaje de Maíz. Diario La Nación, INTA, CACF, CREA, Class y otros, 31 – 33.
28. Royo, L. y Secanell, E.; 2012. Confección y calidad de silajes. Ediciones INTA Reconquista. Voces y Ecos Nº 29. Argentina.
29. Salafia, A.; Morelli, N.; Canale, A.; Ferreyra, L.; Roccia, P.; Feresin, P.; Rogni, I. 2014. Relevamiento de calidad y densidad de Silo Maíz en la zona de Laboulaye y Canals. AER INTA Laboulaye. Córdoba, Argentina.
30. Wagner, B.; Asencio, V.; Caridad, J. 2013. Como preparar un buen silaje. IDIAF. Instituto dominicano de investigaciones agropecuarias y forestales. República Dominicana.
31. Wheeler, B. (2006). Recomendaciones para la alimentación de vacas lecheras.