

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**  
**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**  
**DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL**



**COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ENSILAJE DE MAÍZ NATIVO**

**Por:**

**PEDRO CERVANTES MARTÍNEZ**

TESIS

**Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

Saltillo, Coahuila, México

Marzo 2023

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**  
**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**  
**DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL**

**COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ENSILAJE DE MAÍZ NATIVO**

**POR:**

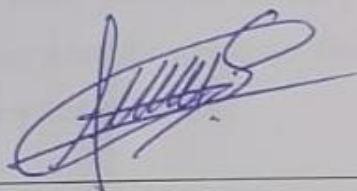
**PEDRO CERVANTES MARTÍNEZ**

**TESIS**

Que somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

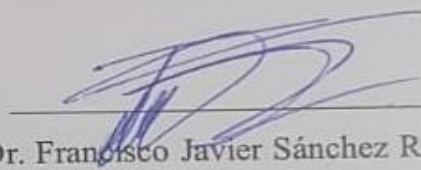
**INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

Aprobada por:



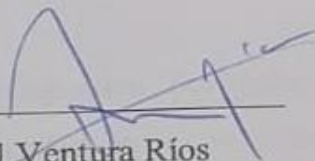
Dr. Alejandro García Salas

Director



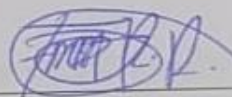
Dr. Francisco Javier Sánchez Ramírez

Codirector



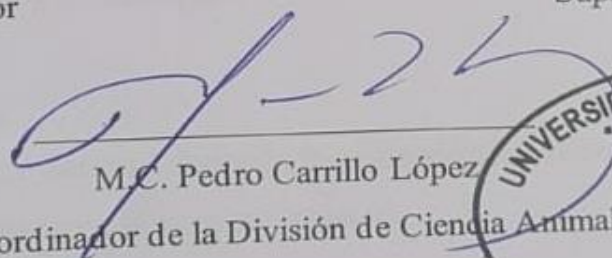
Dr. Joel Ventura Ríos

Asesor



M.C. Fidel Maximiano Peña Ramos

Suplente



M.C. Pedro Carrillo López

Coordinador de la División de Ciencia Animal

Saltillo, Coahuila, México

Marzo 2023.



## **AGRADECIMIENTOS**

**A Dios**, por permitirme llegar a este momento tan importante en mi vida, por permitirme culminar mi carrera profesional de la mejor manera posible, por nunca dejarme solo, por siempre cuidarme, por siempre protegerme en esta aventura, por darme esa fuerza y valentía para enfrentar las cosas.

**A mi ALMA TERRA MATER, la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, por darme la oportunidad de formarme profesionalmente. Agradezco infinitamente a todo el personal que en esta casa de estudios labora y que nos permiten alcanzar nuestros sueños.

### **A mis padres Flavio Raymundo Cervantes Jiménez y Catalina Martínez López**

A ustedes que son el cimiento para la construcción y formación de mi vida profesional, sentaron en mí las bases de la responsabilidad y deseos de superarme día a día. A ustedes que me dieron la vida, por creer y confiar en mí, por todos los sacrificios que hicieron en estos años, porque me impulsaron a seguir adelante. Gracias por este gran regalo que me brindaron, por sus consejos, paciencia y comprensión.

**A mis hermanos** por estar ahí cuando más los he necesitado, por sus consejos y regaños que me han guiado para ir por el camino correcto.

**A mi tutor, Dr. Alejandro** por haberme dado la oportunidad de realizar un trabajo de investigación y por confiar en mí, por siempre brindarme su apoyo y su tiempo, por sus consejos, por todos sus conocimientos y enseñanzas.

### **A mis familiares y amigos**

A mis tíos, primos y amigos dentro y fuera de la universidad, a todos los que de alguna manera estuvieron conmigo ofreciéndome su apoyo y amistad.

## **DEDICATORIA**

### **A mis padres Flavio Raymundo Cervantes Jiménez y Catalina Martínez López**

Este título se los dedico a ustedes orgullosamente, con cariño y amor. A ustedes por sus esfuerzos, preocupaciones y por todo su apoyo que siempre me han brindado. Gracias a sus consejos he llegado a culminar una de mis más grandes y anheladas metas, por su confianza depositada en mí. A ustedes que a lo largo de la vida me guiaron siempre por el buen camino, me brindaron su apoyo y consejos y en los momentos difíciles me alentaron a seguir adelante, anhelando mi preparación para enfrentarme a la vida hoy se ven culminados sus esfuerzos y nuestros deseos.

### **A mis hermanos Josefina, Eloina, Miguel Ángel, Jorge Antonio y Cristina**

Porque son los mejores hermanos, porque he aprendido mucho de cada uno de ustedes; cada uno me ha enseñado diferentes formas de ver la vida y de vivirla. Ustedes que siempre me han apoyado incondicionalmente, a pesar de todo son indispensables en mi vida, parte de mi formación es gracias a ustedes y porque he sido afortunado de poder compartir mi infancia con ustedes, gracias por todo.

### **A mis abuelos paternos Amparo, Juan (+) y maternos Manuel, Epifania**

Fueron las personas después de mis padres y hermanos que más se preocuparon por mí. Me enseñaron muchas cosas vitales para la vida, gracias por sus consejos y bendiciones.

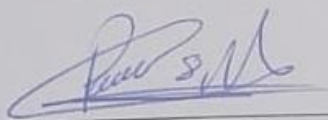
## DECLARATORIA DE NO PLAGIO

Saltillo, Coahuila, marzo de 2023

DECLARO QUE:

El trabajo de investigación titulado “Composición química del ensilaje de maíz nativo” es una producción personal, donde no se ha copiado, replicado, utilizado ideas, citas integrales e ilustraciones diversas, obtenidas de cualquier tesis, obra intelectual, artículo, memoria, sin mencionar de forma clara y exacta su origen o autor. En este sentido, lo anterior puede ser confirmado por el lector, estando consciente de que en caso de comprobarse plagio en el texto o que no se respetaron los derechos de autor; esto será objeto de sanciones del Comité Editorial y/o legales a las que haya lugar; quedando, por tanto, anulado el presente documento académico sin derecho a la aprobación del mismo, ni a un nuevo envío.

Atentamente



---

Pedro Cervantes Martínez

## Composición química del ensilaje de maíz nativo

Pedro Cervantes Martínez

### RESUMEN

El objetivo del presente experimento fue evaluar las características morfoestructurales, composición química, energía y digestibilidad del ensilado de maíz nativo de Saltillo Coahuila con fin forrajero. Se utilizaron 16 plantas de maíz, 50% fueron cosechadas a 30 cm de altura y 50% a 50 cm de altura en el mes de mayo y fueron ensiladas. El experimento se llevó acabo en las instalaciones de la “Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro” Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Las características morfoestructurales no fueron diferentes ( $p>0.05$ ). El contenido de PC y AGV fue mayor en la planta de maíz cuando fue cortada a 50 cm ( $p<0.05$ ). La digestibilidad del ensilado fue similar ( $p>0.05$ ) entre tratamientos. El ensilado de maíz nativo de Saltillo Coahuila, puede ser aprovechado como una fuente de forraje para la alimentación animal, dado que posee características químicas deseables como fuente de proteína y energía para rumiantes.

**Palabras clave:** Características morfoestructurales, composición química, digestibilidad, energía.

## ABSTRACT

The objective of this experiment was to evaluate the morphostructural characteristics, chemical composition, energy, and digestibility of native creole corn silage from Saltillo, Coahuila for forage purposes. 16 maize plants were used, 50% were harvested at 30 cm height and 50% at 50 cm height in the month of May and they were ensiled. The experiment was carried out at the facilities of the "Antonio Narro Autonomous Agrarian University" Buenavista, Saltillo, Coahuila, Mexico. The morphostructural characteristics were not different ( $p>0.05$ ). The PC and AGV content was higher in the maize plant when it was cut at 50 cm ( $p<0.05$ ). Silage digestibility was similar ( $p>0.05$ ) between treatments. Native corn silage from Saltillo, Coahuila, can be used as a source of forage for animal feed, since it has desirable chemical characteristics as a source of protein and energy for ruminants.

**Key words:** Morphostructural characteristics, chemical composition, digestibility, energy.

## ÍNDICE

|       |  |    |
|-------|--|----|
| I     | INTRODUCCIÓN.....  | 1  |
| 1.1   | OBJETIVOS .....  | 2  |
| 1.1.1 | Objetivo general.....  | 2  |
| 1.1.2 | Objetivo particular .....  | 2  |
| 1.2   | HIPOTESIS.....   | 2  |
| II    | REVISIÓN DE LITERATURA.....  | 2  |
| 2.1   | Características generales del cultivo de maíz ( <i>Zea mays</i> L.)..... | 2  |
| 2.2   | Descripción agronómica del cultivo de maíz.....                          | 3  |
| 2.3   | Descripción morfológica de la planta de maíz.....                        | 4  |
| 2.4   | Factores climáticos que afectan al cultivo de maíz forrajero.....        | 5  |
| 2.4.1 | Radiación solar .....  | 5  |
| 2.4.2 | Temperatura.....   | 6  |
| 2.4.3 | Humedad .....  | 6  |
| 2.5   | Ensilaje de maíz .....   | 7  |
| 2.5.1 | Fases de una fermentación normal.....                                    | 7  |
| 2.5.2 | Fases de una fermentación anormal.....                                   | 8  |
| 2.6   | Preparaciones previas a la cosecha.....                                  | 9  |
| 2.6.1 | Contenido de humedad y madurez.....                                      | 9  |
| 2.6.2 | Longitud de corte y tamaño de partículas .....                           | 10 |
| 2.6.3 | Exclusión de oxígeno .....   | 10 |
| 2.7   | Prácticas de manejo para el tipo de silo.....                            | 10 |
| 2.8   | Posibles problemas en el cultivo de maíz para ensilaje.....              | 11 |
| III   | MATERIALES Y MÉTODOS .....   | 11 |



|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....  | 12 |
| V CONCLUSIÓN.....               | 15 |
| VI RECOMENDACIONES.....         | 15 |
| VII REVISIÓN DE LITERATURA..... | 16 |

## I INTRODUCCIÓN

El uso de maíz para forraje, ya sea como planta en pie o ensilado, es una práctica común en todos los países de agricultura tecnificada ya que ayuda a resolver la estacionalidad de la producción forrajera; se adapta para la conservación y posterior alimentación del ganado debido a su alto volumen de producción en un solo corte. El forraje de maíz es un alimento excelente para los rumiantes debido al elevado contenido de energía que aporta el grano, a través del almidón; se usa como fuente de energía y su bajo aporte de proteína se compensa con pastas o harinas, como es la soya.

El forraje de maíz ha sido empleado con mucha frecuencia en las regiones subtropicales, formando las reservas generalmente ensilada (Boschini y Elizondo, 2004); también es un ingrediente ampliamente utilizado en la alimentación del ganado lechero, por eso es importante conocer su método de conservación y obtener una buena aportación del mismo en la dieta. El contenido de materia seca (MS) en toda la planta se recomienda que sea de 30 a 35%, es decir, 70 a 65% de humedad y el avance de línea de leche varía de 1/2 a 2/3 (Hugo Alonso, 2009), la digestibilidad de la planta completa también varía entre híbridos (Hereford, 2010) el rendimiento de MS está influido por innumerables parámetros genético ambientales. Las características ambientales y el manejo del cultivo son los principales responsables del rendimiento y la calidad del forraje producido por el cultivo de maíz. El almidón es muy importante para la nutrición de las vacas lecheras, especialmente para aquellas de alta producción, pertenece a la fracción nutricional de los alimentos conocidos como Carbohidratos No Fibrosos (CNF) (Meléndez, 2003). Por lo anterior, es necesario evaluar la calidad del ensilado de maíz cosechado a diferentes alturas de corte, con el objetivo de mejorar su calidad nutritiva para ser usado en la alimentación animal.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivo general**

Analizar la composición química del ensilado de maíz nativo de Coahuila, cosechado a diferentes alturas de corte para obtener información sobre su aportación nutrimental, mediante un análisis bromatológico.

### **1.1.2 Objetivo particular**

Conocer la digestibilidad y aporte nutrimental del maíz nativo de Coahuila ensilado, para considerar su incorporación en la alimentación animal.

## **1.2 HIPOTESIS**

Las plantas cosechadas a mayor altura presentarán mayor digestibilidad después del proceso del ensilaje.

## **II REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 Características generales del cultivo de maíz (*Zea mays* L.)**

En la región norte centro de México la cosecha de maíz para forraje se ha incrementado rápidamente con el paso del tiempo, gracias al mejoramiento genético. El alto rendimiento en la producción de maíz con fin forrajero en las regiones lecheras del país plantea la necesidad de crear estrategias de trabajo que faciliten obtener fuentes de germoplasma y optimizar el aprovechamiento del potencial genético existente (Hernández *et al.*, 2003). El ensilaje de maíz es un forraje de amplio uso para la alimentación del ganado lechero, por su alto contenido energético. Para obtener el máximo de producción/hectárea y obtener un alto consumo de materia seca (MS), es importante cosechar el maíz cuando presenta el grano pastoso a duro (Vyhmeister *et al.*, 1986).

El maíz para forraje tiene una alta producción de MS, niveles bajos en proteína y minerales, pero, un alto valor energético. En México, los ensilados de maíz tienen bajo nivel en cuanto al valor de energía neta de lactancia (ENL), menor a 1.5 mcal/kg de MS a diferencia de los ensilados de maíz en Europa y Estados Unidos de América. La madurez de la mazorca es uno de los parámetros más importantes que determinan el valor energético de la planta a ensilar (Hernández *et al.*, 2003).

El maíz destinado para la producción de forraje, es uno de los forrajes más importante en la mayoría de los establos lecheros. El ensilaje provee a las vacas de los establos lecheros una fuente de energía con altos rendimientos de producción, forraje altamente digestible para los rumiantes y con mayor gustocidad debido a su contenido de energía, mayor que cualquier otro forraje. La calidad de los forrajes puede variar debido a la edad de la planta y mazorca, se caracterizan por la digestibilidad total de la fibra y almidón del forraje. Probablemente la digestibilidad de la fibra es más importante en establos lechero donde el ensilaje de maíz forma la mayor parte del forraje en la dieta, la fibra digestible es de mayor importancia para bovinos de alta producción de leche en inicios de lactancia todo esto debido a la demanda de energía por el cual debe de ingerir grandes cantidades de MS (Heindrichs *et al.*, 2001).

## **2.2 Descripción agronómica del cultivo de maíz**

El maíz pertenece a la familia de las Poáceas (gramíneas) y es la única especie cultivada del género *Zea*. El maíz crece en diferentes climas, pero la mejor producción se obtiene en climas cálidos o templados dependiendo de la duración del día (Rodríguez *et al.*, 2015).

El cultivo de maíz es de gran importancia en las zonas rurales, pues constituye una de las principales fuentes de ingreso económico para el pequeño y mediano productor, así como también es la base de alimentación para los humanos y parte de los animales. Las tecnologías tradicionales aplicadas en el manejo del cultivo minimizan las posibilidades de mejorar los rendimientos e incrementar su ganancia (Ríos *et al.*, 2007).

Todas las variedades de maíz pueden cultivarse para forraje. Las de mayor rendimiento son las regionales de porte alto; los híbridos por su porte reducido generalmente producen menos cantidad total de forraje. Un buen cultivo de maíz forrajero puede producir entre 60 y 80 t ha<sup>-1</sup>. El maíz como forraje para el ganado vacuno es un alimento de alto contenido energético, pero deficiente en proteína. En un ensilaje de maíz generalmente las hojas son más digestibles que los tallos, ya que los tallos contienen niveles más altos de lignina en comparación con las hojas (Cabrales *et al.*, 2007).

Entre algunas formas de aprovechamiento del maíz se tiene a la producción de elote (estado fenológico lechoso) que representa mayores ventajas respecto al aprovechamiento del grano, además, una vez cosechado el elote, permite aprovechar el forraje para ensilado o para uso directo en la alimentación del ganado (González *et al.*, 2013).

### **2.3 Descripción morfológica de la planta de maíz**

Se reportan ciertas descripciones asociados al estado vegetativo, floración y fructificación. Altura de la planta, número de hojas, altura de la mazorca, grosor del tallo, cobertura de la mazorca, número de mazorca por planta longitud de la mazorca y número de granos en la mazorca (Pardey y Nathaly, 2015).

Para entender su amplitud de adaptación ambiental y características morfológicas apropiadas para diversos usos, las poblaciones de maíz se agrupan con base en la categoría de raza (Rodríguez *et al.*, 2014). Las características de espiga, altura de mazorca y planta, hileras en la mazorca, longitud y ancho de grano, son caracteres importantes para describir la variabilidad morfológica de maíz.

Las poblaciones cultivadas de maíz no son puras en términos de pertenecer a una raza, por el contrario, muestran combinaciones de características morfológicas de dos o más razas (Chávez *et al.*, 2011). La variación morfológica y fenológicas de las poblaciones de maíz se asocia con los patrones altitudinales y geográficos de donde proceden (Flores *et al.*, 2012).

La taxonomía numérica de características cuantitativas dominó el estudio de las poblaciones, razas y complejos raciales del maíz durante dos décadas prácticamente en todo el mundo. La importancia de estos estudios, en ese entonces y ahora, es el conocimiento de la variabilidad para los programas de mejoramiento del maíz para un mayor rendimiento tanto forrajero como en grano (Hernández y Serranos, 2009).

## **2.4 Factores climáticos que afectan al cultivo de maíz forrajero**

### **2.4.1 Radiación solar**

La radiación solar como factor ambiental, es importante para los seres vivos porque es la fuente de energía para procesos físicos y biológicos, de ella dependen los vegetales para elaborar carbohidratos mediante la fotosíntesis. La radiación, al interactuar con otros factores como la temperatura y precipitación, influyen en el crecimiento y rendimiento de los cultivos. Los efectos de la radiación solar sobre las plantas se clasifican en fotoenergéticos, que involucran la fotosíntesis y fotoestimuladores, relacionados con el crecimiento y los movimientos násticos (López *et al.*, 2013).

Debido a los efectos del calentamiento global, las temperaturas extremadamente altas se han convertido en un factor clave que afecta la calidad del ensilaje al acelerar el proceso de fermentación no sabemos qué y cómo cambian las comunidades microbianas en el ensilado en condiciones de alta temperatura. Para desarrollar una técnica de fermentación de ensilaje en respuesta al calentamiento global, se debe aplicar tecnología avanzada para determinar los cambios dinámicos (Hao *et al.*, 2020).

Los factores incontrolables relacionados con el clima son las principales razones de la inestabilidad de la calidad del ensilaje en zonas calurosas. El mismo proceso del ensilaje puede favorecer la producción de micotoxinas debido al calor producido por la fermentación del forraje (Alpizar-Solís, 2015).

## 2.4.2 Temperatura

Los cambios de temperatura del ensilaje durante la exposición aeróbica parecen verse afectados principalmente por el crecimiento de mohos. La estabilidad aeróbica del ensilaje suele calcularse por los cambios de temperatura y los niveles de CO<sub>2</sub> del ensilaje aumentarían durante el deterioro aeróbico. Los cambios de temperatura y microbios durante la exposición aeróbica podrían ser un indicador directo para determinar la vida útil del ensilado de maíz (Seong *et al.*, 2018).

La temperatura del ensilaje durante y después de la fermentación, también puede influenciar en el crecimiento de ciertas cepas de hongos, la composición nutricional. También existen factores exógenos, el tiempo y temperatura de almacenamiento que tienen gran impacto en el proceso de ensilaje (Alpizar-Solís, 2005).

Los componentes bacterias epifíticas de ácido láctico (BAC) que se asocian con el proceso de ensilaje pertenecen a los géneros: *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Enterococcus*, *Lactococcus* y *Streptococcus* que pueden crecer en un rango de temperaturas que oscila entre 5° y 50 °C, con un óptimo entre 25° y 40 °C (Garcés *et al.*, 2004). Las bacterias del ácido láctico tienen temperaturas óptimas para el crecimiento y la reproducción, por lo general no superiores a 40 °C (Hao *et al.*, 2020).

## 2.4.3 Humedad

El clima y el proceso de ensilaje tienen un papel preponderante en el desarrollo de hongo con y sin capacidad toxigénica. Los forrajes cosechados en clima seco presentan menor crecimiento fúngico que los cosechados en condiciones húmedas. La mayoría de micotoxinas son producidas, en condiciones específicas de humedad y temperaturas mayores (Alpizar-Solís, 2015).

La altura de corte está determinada para diferentes situaciones como lo es: el contenido de materia seca, el cual será mayor a medida que se coseche más alto, considerando que la humedad se acumula en la base del tallo (Morand y Celsa, 2020).

La importancia de la humedad en el ensilado va desde el punto de cosechar la planta hasta el momento de proporcionárselo a los animales. La humedad en el ensilaje de buena calidad, se puede observar al ejercer presión sobre un puño de forraje, este no debe humedecer la mano y una vez que se deja de ejercer presión, el forraje se suelta (Améndola *et al.*, 2018).

## **2.5 Ensilaje de maíz**

### **2.5.1 Fases de una fermentación normal**

**Fase aeróbica.** Esta fase dura pocas horas, el oxígeno atmosférico presente en la masa vegetal disminuye rápidamente debido a la respiración de los microorganismos aeróbicos como las levaduras y enterobacterias (Garcés *et al.*, 2004). Las horas o días inmediatamente posteriores al ensilado, se dan procesos de respiración de las células de las plantas cuando todavía existe una cantidad más o menos importante de aire dentro de la masa del silo (Mangado-Urdániz, 2006).

**Fase de fermentación.** Se inicia al producirse un ambiente anaeróbico. Puede durar de días a semanas dependiendo de las características del material ensilado y de las condiciones ambientales del momento del ensilaje. Debido a la producción de ácido láctico y otros ácidos, el pH bajará a valores entre 3,8 y 5,0 (Garcés *et al.*, 2004). La fermentación se inicia una vez consumido el oxígeno presente en la masa de ensilado, actúan bacterias anaeróbicas que degradan los hidratos de carbono (HC) en ácido láctico o en ácido butírico y en AGV's (Mangado-Urdániz, 2006).

**Fase estable.** En esta parte del proceso la mayoría de los microorganismos de la fase dos lentamente reducen su presencia. Algunos microorganismos acidófilos sobreviven este periodo en estado inactivo; otros, como clostridium y bacilus sobreviven como esporas y pueden fermentar



carbohidratos y proteínas, por lo cual disminuyen el valor nutritivo del ensilaje. Si el ambiente se mantiene sin aire ocurren pocos cambios (Garcés *et al.*, 2004).

**Fase de deterioro aeróbico.** Ocurre en todos los ensilajes al ser abiertos y expuestos al aire para su empleo, pero puede ocurrir antes por daño de la cobertura del silo. La fase 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 por bacterias que producen ácido acético, esto aumenta el pH lo que permite el inicio de la segunda etapa. En ella consta un aumento de la temperatura y la actividad de microorganismos que deterioran el ensilaje, los bacilos (microorganismos aeróbicos) (Garcés *et al.*, 2004).

### 2.5.2 Fases de una fermentación anormal

Su calidad es afectada por la composición química del material a ensilar, el clima y los microorganismos empleado entre ellos. El oxígeno es perjudicial para el proceso por que habilita la acción de microorganismos aerobios que degradan el forraje ensilado hasta CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O. las levaduras son microorganismos anaeróbicos facultativos y heterótrofos cuya presencia en el ensilaje es indeseable (Garcés *et al.*, 2004).

**Presencia de micotoxinas.** Son metabolitos secundarios producidos por ciertas especies de hongos cuando se exponen a ciertas condiciones ambientales. Dentro de las micotoxinas más importantes se encuentran las aflatoxinas (especialmente las B1) y la zearalenona. Algunas especies de hongos contaminantes son adquiridas en el material a ensilar durante la cosecha en campo y durante el proceso del ensilado (Alpízar-Solís, 2015).

Los mohos disminuyen el valor nutritivo, la palatabilidad del ensilaje y son un riesgo para la salud de los animales y las personas. Las enterobacterias son organismos anaerobios facultativos y la mayoría de las que se encuentran en el ensilaje no son patógenas. Su desarrollo en el ensilaje es perjudicial por que compiten con las BAC por los azúcares disponibles y porque degradan las

proteínas, siendo así, una reducción del valor nutritivo del ensilaje y genera compuestos tóxicos como aminos biogénicas y ácidos grasos de cadena múltiple (Garcés *et al.*, 2004).

## **2.6 Preparaciones previas a la cosecha**

Antes de afrontar el cultivo de maíz para forraje debemos conocer diversos aspectos ambientales, siendo conveniente tener análisis de su punto de madurez para proceder a cosechar. La disponibilidad de medios y equipos (tractores, aperos, personal, instalaciones) en el momento adecuado para evitar retardos en la cosecha (Mangado-Urdániz, 2006).

Todas las prácticas recomendables a la hora de hacer un ensilado de forrajes tienen por objetivo el reducir en el tiempo la fase aerobia y favorecer la fermentación láctica en la fase anaerobia. Una buena práctica de conservación del forraje de maíz, planta entera mediante ensilado son: Estado de la planta en el momento de cosecha, intensidad del picado, transporte y llenado del silo, pisado de la masa a ensilar, sellado del silo y evitar contaminaciones de la masa del silo (Mangado-Urdániz, 2006).

### **2.6.1 Contenido de humedad y madurez**

El momento de cosecha para lograr el objetivo del 32 – 35 % de materia seca es aquel en el que los tres estados del llenado del grano (lechoso, pastoso, vítreo) se reparten en tres partes iguales sobre los granos de la corona central de las mazorcas (Mangado-Urdániz, 2006).

Las posibilidades de que ocurran fermentaciones anormales son mínimas cuando el grado de humedad de los forrajes es del orden del 70 al 75 %. El momento óptimo de corte constituye un factor determinante en la calidad de los forrajes. En la medida que la edad de la planta aumenta, los carbohidratos solubles disminuyen y aumentan los estructurales, disminuyendo su valor nutritivo. Por otra parte, en una planta demasiado tierna los rendimientos son menores por su mayor contenido acuoso (Silveira y Reinaldo, 2006).

### **2.6.2 Longitud de corte y tamaño de partículas**

La planta que se va a ensilar se deben de cortar en el momento óptimo, que es cuando tienen el máximo de elementos nutritivos digestibles; y, además, los carbohidratos solubles están en su concentración máxima. Estos carbohidratos solubles son de vital importancia para lograr un ensilado de calidad. El picado es una operación fundamental para lograr un ensilado de calidad, el tamaño óptimo debe ser de 2 a 2,5 cm (Silveira y Reinaldo, 2006).

El quebrado de los granos en la elaboración del silo, permite aprovechar la energía disponible en los mismos. El picado se debe de realizar cuando el forraje tenga entre el 65% y 70% de humedad,  $\frac{1}{2}$  a  $\frac{3}{4}$  de línea de leche lo cual le da mejor fermentación al material a ensilar y mayor facilidad de eliminación de aire (José Peiretti, 2004)

### **2.6.3 Exclusión de oxígeno**

El cultivo a ensilar debe ser cosechado y almacenado en el silo lo más rápido posible. Es necesario conseguir una rápida eliminación del oxígeno de la masa ensilada para limitar el proceso de respiración inicial y evitar fermentaciones aeróbicas putrefactivas que derivan en pérdidas de material por descomposición, el compactado debe realizarse inmediatamente cuando el material es almacenado (Gustavo, 2014).

El prensado debe ser eficientemente bueno para eliminar en su totalidad el oxígeno acumulado dentro del material a ensilar. Si hay oxígeno en el silo, pueden desarrollarse los microorganismos aerobios que atacan la materia seca, disminuyéndola (Silveira y Reinaldo, 2006).

## **2.7 Prácticas de manejo para el tipo de silo**

Los silos son los depósitos que se utilizan para el forraje con el fin de preservarlo en forma de ensilado. Pueden ser de distintas formas y dimensiones:

Los silos de torre son los más costosos, pero son los, más ventajosos ya que ocurren pocas pérdidas del material. Además, se puede mecanizar la producción del ensilaje y su extracción mediante un tornillo sinfín en su base que se distribuya el alimento hasta los comederos.

En los silos de trinchera las pérdidas son menores que los de silos superficiales. Consisten en una zanja en el suelo de 60 a 180 cm de profundidad y de una anchura múltiple de la trocha del tractor para facilitar el apisonamiento, las paredes deben de estar inclinadas hacia dentro para facilitar la comprensión del forraje.

Los silos tipo bunker se construyen sobre la superficie del suelo, pueden ser de hormigón o tablas. Siguiendo los mismos principios que en el caso de los silos de trinchera, aunque tienen menos pérdidas, no son muy utilizados por su gasto en construcción (Silveira y Reinaldo, 2006).

## **2.8 Posibles problemas en el cultivo de maíz para ensilaje**

La selección del maíz para la siembra y obtención del forraje puede influenciar al ensilaje en el rendimiento del material cosechado, contenido de grano al momento de la cosecha y la digestibilidad. Si el híbrido es de ciclo muy corto, el rendimiento total de MS del ensilaje se verá reducido, pero ofrece una mayor relación grano/tallo del material cosechado.

La madurez a cosechar afecta la calidad del ensilaje, dado que influye sobre el contenido de humedad y digestibilidad del resto de la planta. La cosecha del cultivo debe realizarse tan rápido como sea posible, si el llenado se prolonga, se produce una excesiva respiración que lleva al aumento de las pérdidas del material (Romero y Soledad, 2004).

## **III MATERIALES Y MÉTODOS**

El experimento del ensilaje de la planta de maíz criollo se realizó el 10 de mayo, en las instalaciones de la “Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro” (UAAAN), ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, con coordenadas 25° 20’ Longitud N y 101° 2’ Longitud

W; a una altura de 1,786 msnm (RUOA, 2023). Las plantas de maíz se cosecharon en el día 50, 60, 70 de su ciclo productivo, a una altura de 30 y 50 cm. Para la elaboración de los 10 microsilos, se utilizó una báscula, un machete y cuchillos para llevar a cabo el picado de la planta de maíz en segmentos de 2.5 cm. Cada microsilo llenado tenía que ser compactado para eliminar el oxígeno en el frasco, el cual después fue sellado para poderlo someterlo a la fermentación anaeróbica. Posteriormente, los microsilos, fueron colocados en un lugar fresco y seguro para asegurar la fermentación. Para poder someter el ensilado al análisis químico, los ensilados se mantuvieron en fermentación durante 30 días, desde el día 10 de mayo al 10 de junio del 2022. Al culminar el tiempo deseado de conservación, se seleccionaron 6 muestras de ensilado y fueron enviadas al laboratorio SERVICIOS GAQ ubicado en el estado de Querétaro, para realizar el análisis bromatológico.

#### IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las características morfoestructurales de la planta de maíz con respecto a la altura de corte, fueron similares (Cuadro 1). Con base a investigaciones previas, Castañeda *et al.*, (2005) reportaron resultados similares al del presente estudio, cuando la planta de maíz fue cosechada a una altura de 15 vs 30 cm.

Cuadro 1. Características morfoestructurales de la planta de maíz nativo del estado de Coahuila ensilado a dos alturas de corte.

| Altura (cm)      | Peso tallo (gr) | Peso vaina (gr) | Peso hoja (gr) | Peso elote (gr) | Peso espiga (gr) |
|------------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|------------------|
| 30               | 123.5 a         | 38.9 a          | 3.7 a          | 127.6 a         | 12.4 a           |
| 50               | 91.6 a          | 27.7 a          | 3.7 a          | 84.2 a          | 5.9 a            |
| <b>P&lt;0.05</b> | <b>0.07</b>     | <b>0.29</b>     | <b>0.42</b>    | <b>0.36</b>     | <b>0.41</b>      |

<sup>a,b</sup> literales diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ( $p<0.05$ ).

La composición química del ensilaje de maíz, fueron similares para las variables: materia seca, pH, proteína soluble, Fibra Detergente Neutro (FDN), Fibra Detergente Ácido (FDA), lignina y cenizas. El contenido de Proteína cruda (PC) fue mayor a una altura de corte de 50 cm (9.1%), con respecto al corte de 30 cm (8.3%) (equivalente a 0.7 unidades porcentuales) ( $p \leq 0.05$ ). Al igual que la humedad, fue mayor a la altura de corte de 50 cm (75.8%) superando en 7.1% (5 unidades porcentuales) a la altura de 30 cm ( $p \leq 0.05$ ).

(Elizondo-Salazar, 2011) evaluó el rendimiento y calidad de dos genotipos de maíz (hibrido y criollo) ambos cosechados a dos alturas diferentes 15 y 45 cm sobre el nivel del suelo, donde demuestra que aumentar la altura de corte no incrementa significativamente la calidad nutricional del forraje. Por otra parte, (Jiménez *et al.*, 2009), indicaron que valores elevados de humedad en la planta al momento del proceso de ensilado podrían generar una pérdida importante de nutrimentos del ensilado. (Ramírez *et al.*, 1999) concluyeron que ensilajes de maíz con valores bajos de FDN (45-50%) y FDA (25-30%) son los ideales ya que contienen altos niveles de energía. La lignina es un componente de la fibra que no tiene valor energético para el rumiante, además, restringe el consumo de la MS por parte del animal. (Peralta *et al.*, 2013) reportaron que el porcentaje de FDN y FDA presentes en la planta de maíz son considerados un estándar esencial para la caracterización de ensilajes, altas concentraciones de ellos se asocian con baja digestibilidad a nivel ruminal.

Cuadro 2. Composición química de la planta de maíz nativo del estado de Coahuila ensilado a dos alturas de corte.

| Altura (cm)      | MS           | pH          | PC          | PS          | FDN          | FDA          | LIG.         | CEN.         | HUM.          |
|------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| 30               | 350.5 a      | 3.7 a       | 8.4 b       | 51.9 a      | 47.7 a       | 30.8 a       | 3.7 a        | 5.9 a        | 70.8 b        |
| 50               | 256.5 a      | 3.7 a       | 9.1 a       | 53.9 a      | 47.0 a       | 30.2 a       | 3.5 a        | 6.1 a        | 75.8 a        |
| <b>P&lt;0.05</b> | <b>0.31</b>  | <b>0.42</b> | <b>0.02</b> | <b>0.61</b> | <b>0.90</b>  | <b>0.86</b>  | <b>0.81</b>  | <b>0.82</b>  | <b>0.0002</b> |
| <b>CV (%)</b>    | <b>36.23</b> | <b>0.41</b> | <b>2.96</b> | <b>9.49</b> | <b>16.42</b> | <b>16.33</b> | <b>19.47</b> | <b>17.92</b> | <b>0.39</b>   |

MS: Materia Seca; pH: Potencial Hidrogeno; PC: Proteína Cruda; PS: Proteína Soluble; FDN: Fibra Detergente Neutro; FDA: Fibra Detergente Ácido; LIG: Lignina; CEN: Cenizas; HUM: Humedad <sup>a,b</sup> literales diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ( $p < 0.05$ ).

Las características de digestibilidad del ensilaje de maíz obtenidos de los cortes de altura de 30 *versus* 50 cm presentaron similitud ( $p \leq 0.05$ ; Cuadro 3). (Ibáñez *et al.*, 2018) reportaron resultados de un experimento, donde la digestibilidad de la materia seca (75-80 %), es una de las variables importantes para la calidad del forraje aun cortándolas a diferentes alturas. Por otra parte, Carrete (2002) menciona que la digestibilidad puede incrementarse, decrecer, o permanecer constante cuando la temperatura en el ambiente es moderada y la humedad en el suelo no son limitantes, se produce un llenado rápido de los granos que mejora la relación entre carbohidratos y pared celular, y por ende se produce un incremento en la digestibilidad.

Cuadro 3. Digestibilidad de la planta de maíz nativo del estado de Coahuila ensilado a dos alturas de corte.

| Altura (cm)      | PDER. (%PB) | D30          | D120         | D240         |
|------------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| 30               | 76.0 a      | 24.1 a       | 28.1 a       | 29.3 a       |
| 50               | 76.9 a      | 25.6 a       | 31.1 a       | 32.4 a       |
| <b>P&lt;0.05</b> | <b>0.63</b> | <b>0.48</b>  | <b>0.28</b>  | <b>0.28</b>  |
| <b>CV (%)</b>    | <b>3.32</b> | <b>10.29</b> | <b>10.78</b> | <b>10.90</b> |

**PDER:** Proteína Degradada en Rumen; **%PB:** Proteína Bruta; **D30:** Digestibilidad de la FND 30 horas; **D120:** Digestibilidad de la FND 120 horas; **D240:** Digestibilidad de la FND 240 horas. <sup>a,b</sup> literales diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ( $p < 0.05$ ).

Las variables de la energía de la planta fueron similares para: almidón, Ácidos Grasos Totales (AGT), Energía Neta de Lactancia (ENL), Energía Neta de Ganancia (ENG) y Carbohidratos No Fibrosos (CNF). El contenido de AGV fue mayor a una altura de corte de 50 cm (8.0%), superando en 17.6% (equivalente a 1.2 unidades porcentuales) a la altura de corte de 30 cm ( $p < 0.05$ ). (Klein, 1994) indicó que debe considerarse que un alto contenido de carbohidratos fermentables de ensilajes de maíz de buena calidad (alto contenido de grano) genera una alta proporción de ácido propiónico en el rumen; este Ácido Graso Volátil (AGV), es el principal precursor del aporte energético del rumiante, ya que a partir de él se genera la glucosa. (Ramos, 2019) mencionaron que un alto contenido de AGV'S en los ensilados da una calidad de conservación, el verdadero

interés de su determinación se centra en el efecto que tiene su concentración sobre la digestibilidad de los ensilados, esto debido a que las altas concentraciones de los ácidos volátiles en el material conservado dan mayor aporte de energía al rumiante.

Cuadro 4. Energía de la planta de maíz nativo del estado de Coahuila ensilado a dos alturas de corte.

| Altura (cm)      | ALMIDÓN<br>(%MS) | AGT.<br>(%MS) | AGV.        | ENL.        | ENG.         | CNF.         |
|------------------|------------------|---------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| 30               | 16.4 a           | 1.3 a         | 6.8 b       | 1.4 a       | 0.9 a        | 36.9 a       |
| 50               | 13.3 a           | 1.1 a         | 8.0 a       | 1.4 a       | 0.9 a        | 36.4 a       |
| <b>P&lt;0.05</b> | <b>0.56</b>      | <b>0.44</b>   | <b>0.03</b> | <b>0.81</b> | <b>0.81</b>  | <b>0.93</b>  |
| <b>CV (%)</b>    | <b>45.54</b>     | <b>23.09</b>  | <b>6.46</b> | <b>7.67</b> | <b>16.96</b> | <b>22.81</b> |

**AGT:** Ácidos Grasos Totales; **AGV:** Ácidos Grasos Volátiles; **%MS:** Materia Seca **ENL:** Energía Neta Lactancia; **ENG:** Energía Neta Ganancia; **CNF:** Carbohidratos No Fibrosos. <sup>a,b</sup> literales diferentes en la misma columna indican diferencia significativa (p<0.05).

## V CONCLUSIONES

El maíz nativo cortado a 50 cm sobre el nivel del suelo mejoro mediante el proceso de ensilaje el contenido de proteína cruda.

El Contenido de ácidos grasos volátiles fue mayor en el maíz nativo cortado a una altura de 50 cm sobre el nivel del suelo.

La digestibilidad del maíz nativo cortado a 30 cm y 50 cm no mejoro la digestibilidad de la materia seca.

## VI RECOMENDACIONES

- Tener en cuenta el estado fisiológico que caracteriza a la planta al momento de ensilar.



- Considerar el tamaño de picado de la planta.
- En caso de bajos niveles de almidón en la planta, considerar suministrar aditivos.

## VII REVISIÓN DE LITERATURA

Alpizar-Solís, C. (2015). Presencia de hongos y contaminación con micotoxinas en ensilajes para alimentación de rumiantes. *Ciencias Veterinarias*, 7-31.

Herrera-Camacho, J., Chay-Canul, A. J., Casanova-Lugo, F., Piñeiro-Vázquez, A. T., Márquez-Benavides, L., Santillán-Ferreyra, E., José, Arce-Menocal. (2018). Avances de la investigación sobre producción animal y seguridad alimentaria en México. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 1-117.

Cabrales, R., Montoya, R., Jaime, Rivera. Evaluación agronómica de 25 genotipos de maíz (*Zea mays*) con fines forrajeros en el valle del sinú medio. *Revista MVZ Córdoba*, 2007, vol. 12, p. 76-103.

Chávez-Servia, J. L., Diego-Flores, P., José, C, Carrillo-Rodríguez. (2011). Complejos raciales de poblaciones de maíz evaluadas en San Martín Huamelulpan, Oaxaca. *Ra Ximhai*, 107-115.

Cobos, P., Sánchez, M., Trinidad, S., Cetina, A., & Vargas, H. (2001). Importancia del tipo de muestra en la estimación del valor nutritivo de leguminosas y arbustivas, y potencial de un inocuo de bacterias degradadoras de aserrín en sistemas silvopastoriles. In II Conferencia electrónica de agroforestería para la producción animal en América Latina. Disponible desde internet en: <http://www.fao.org/docrep/006/y4435s/y4435s0h.htm> (con acceso 11/10/2013).

Depetris, G. (2014). Uso del ensilaje de planta entera en la alimentación de vacunos para carne de pastoreo y feedlot. *INTA EEA Balcarce*, 64-79.

- Díaz-López, E., Loeza-Corte, J. M., Campos-Postelín, J. M., Morales-Rosales, E. J., Dominguez-López, A., Omar, Franco-Mora. (2013). Eficiencia en el uso de la radiación, tasa de asimilación neta e integral térmica en función del fósforo en maíz (*Zea mays* L.). *Agrociencia*, 135-146.
- Diego-Flores, P., Carrillo-Rodríguez, J. C., Chávez-Servia, J. L., Fernando, Castillo-González. (2012). Variabilidad en poblaciones de maíz nativo de la Mixteca Baja Oaxaqueña, México. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 44(1), 157-171.
- Fernández-González, I., Jaramillo-Villanueva, J. L., Hernández Guzmán, J. A., Cadena-Iñiguez, P. (2014). Evaluación agronómica y sensorial de ocho genotipos de maíz (*Zea mays* L.) para la producción de elote. *Agro Productividad*, 249.
- Garcés-Molina, A. M., Berrio-Roa, L., Ruíz-Alzate, S., Serna-DLeón, J. G., Andrés, F, Builes-Arango. (2004). Ensilaje como fuente de alimentación para el ganado . *LASALLISTA de investigación*, 66-71.
- G-W, Roth, Heindrichs A.-J. (2001). Producción y manejo del ensilaje de maíz. *ABT México*, 05-14.
- Hao, G., Yang, S., Yanhong, Y., Quifan, R., Xia, W., Dandan, L., Yimin, C., Zhang, Xinquan. (2020). Comunidad Microbiana y Dinámica de Fermentación del Ensilaje de Maíz Preparado con Bacterias Ácido Lácticas Resistentes al Calor en un Ambiente Caliente. *microorganismos*, 719.
- Hernández-Serranos, J. A. (2009). El origen y la diversidad del maíz en el continente americano. *Greenpeace*, 03-38.
- Jhan-B, E., Hugo, Vyhmeister-B. (1986). perdidas de grano en las fecas de vacas alimentadas con ensilaje de maíz. *AGRICULTURA TECNICA*, 41-44.
- Mangado-Urdániz, J. M. (2006). Como realizar correctamente el ensilaje de maíz. *AFRIGA*, 56-62.
- Balbi, N. C., Victorio, Morand. (2020). Maíz para silo de planta entera: efecto de genotipo y altura de corte en la producción y calidad para alimentación animal. *Información Tecnológica*, 231-240.
- Meléndez, Pedro (2003). El almidón y su importancia en la nutrición de las vacas lecheras. 1-6

- Núñez-Hernández, G., Contreras-Gonzalez, E. F., Rodolfo, Faz-Contreras. (2003). Características agronómicas y químicas importantes en híbridos de maíz para forraje con alto nivel energético. *Tec Pec Mex*, 37-48.
- Pardey-Rodriguez, C., Nathaly, M. C. (2015). Descripción morfológica de 13 introducciones de maíz procedente del departamento del Magdalena. Santa Marta, Colombia: Universidad de Magdalena. 21-39
- Peiretti, J. (2004). Ensilado con eficiencia: manteniendo la calidad nutricional del cultivo en pie hasta la boca del animal . *Sitio Argentino de Producción Animal*, 1-5.
- Rios, A. M. (2007). Evaluación agronómica de cuatro híbridos de maíz (*Zea mays* L.). *LA GRANJA*, 30-33.
- Rocandio-Rodríguez, M., Santacruz-Varela, A., Córdova-Téllez, L., López-Sánchez, H., Castillo-González, F., Lobato-Ortiz, R., Ortega-Paczka, R. (2014). Caracterización morfológica y agronómica de siete razas de maíz de los Valles Altos de México. *Revista fitotecnia mexicana*, 37(4), 351-361.
- Romero, L., Arona, S., Rafaela, I. E. (2003). Siembra de maíz para silaje. Proyecto regional de Lechería. *Campaña de Forrajes Conservados*, 2004. 1-4.
- Ramírez, E., Catani, P., Silvana, Ruiz. (1999). La importancia de la calidad del forraje y el silaje. *Sitio Argentino de Producción Animal*, 2, 23-28.
- Seong-Shin, L., Hyuk-Jun, L., Dimas-Hand, V, P., Young-Ho, J., Sang-Bum, K., Dong-Hyeon, K., Kim, Sam-Churl. (2018). Temperatura y cambios microbianos del ensilaje de maíz durante la exposición aeróbica. *AJAS*, 988-995.
- Silveira-Prado, E.A., Reinaldo Franco-Franco. (2006). Conservación de forrajes. *REDVET*, 1-37.
- Solís, Carlos Alpizar. (2015). Presencia de hongos y contaminación con micotoxinas en ensilajes para alimentación de rumiantes. *Ciencias Veterinarias*, 7-31.
- Fassio, A., Ibañez, W., Fernández, E., Cozzolino, D., Pérez, O., Restaino, E., ... & Vergara, G. (2018). El cultivo de maíz para la producción de forraje y grano y la influencia del agua. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). Serie técnica, (239), 31-37.
- Carrete, J. R., & Scheneiter, O. (2002). Maíz para silaje. *Bases para el Manejo del Cultivo de Maíz* por GH Eyhérbide, 219-234.
- Elizondo-Salazar, J. A. (2011). Influencia de la variedad y altura de cosecha sobre el rendimiento y valor nutritivo de maíz para ensilaje. *Agronomía Costarricense*, 35(2), 105-111.

- Jiménez, M. C., Bourrillón, A. R., & WingChing-Jones, R. (2009). Valor nutricional del ensilaje de maíz cultivado en asocio con vigna (" *Vigna radiata*"). *Agronomía costarricense: Revista de ciencias agrícolas*, 33(1), 133-146.
- Castañeda, F. G., Ramo, A. P., Hernández, G. N., & González, C. A. J. (2005). Efecto de la densidad y altura de corte en el rendimiento y calidad del forraje de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 28(4), 393-397.
- Klein, F. (1994). Utilización de ensilaje de maíz en producción de leche. *Estación Experimental*. 1-14.
- Ramos, A. C. (2019). Conservación de forrajes (X): calidad del ensilado (2). *Frisona española*, 39(229), 86-93.
- Boschini-Figueroa, C., & Elizondo-Salazar, J. A. (2004). Desarrollo productivo y cualitativo de maíz híbrido para ensilaje. *Agronomy Mesoamerican*, 31-37.
- Ramírez, H. (2009). Ensilado de maíz para ganado lechero. Consejos prácticos ilustrados para mejorar la calidad del ensilado. *Sitio Argentino de Producción Animal*. 1-6
- Hereford, Bs, As., (2010). Siembra de maíz para silaje. *Sitio Argentino de Producción Animal*, 75(650), 80-83.