

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL



CALIDAD NUTRICIA DEL ENSILAJE DE MAÍZ
TRATADO CON DIFERENTES ADITIVOS

Por:

IVÁN OLVERA LEAL

T E S I S

Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Mayo de 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

CALIDAD NUTRICIA DEL ENSILAJE DE MAÍZ TRATADO CON DIFERENTES
ADITIVOS

T E S I S

Por:


IVÁN OLVERA LEAL

Elaborada Bajo la Supervisión del Comité Particular de Asesoría y Aprobada
Como Requisito Parcial para Obtener el Título De:


INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Comité Particular

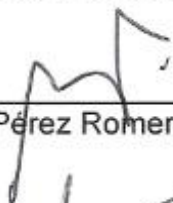
Asesor principal


Dr. Luis Lauro de León González

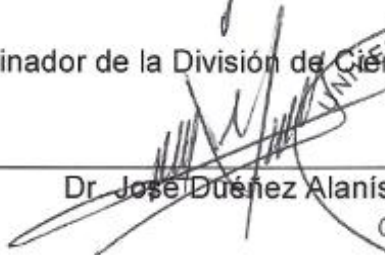
Asesor


Dr. Manuel de Jesús Flores Nájera

Asesor


M. C. Luis Pérez Romero

Coordinador de la División de Ciencia Animal


Dr. José Duéñez Alanís

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Mayo de 2016



DEDICATORIA

Dedico este trabajo a todos los que estuvieron conmigo apoyándome incondicionalmente.

A mi padre Jorge Olvera Peña quien me ha dado apoyo incondicional económica y moralmente, porque a pesar de mis errores y tropiezos seguiste apoyándome, nunca te rendiste y no permitiste que yo lo hiciera, esto es por ti padre sin ti no lo hubiera podido lograr.

A mi madre Aida Leal Robledo quien me dio la vida, quien me ha brindado su apoyo y que siempre ha sido ejemplo de fortaleza y entereza; ya que en los momentos difíciles siempre haz estado al pie del cañón para ayudarnos a salir adelante.

A mis hermanos

JORGE GUADALUPE

GUSTAVO

MIGUEL ÁNGEL

CÉSAR

A mi sobrino Ángel Baruch. Uno de mis mejores amigos y que me ha enseñado tantas cosas que sólo un niño nos puede brindar, por su confianza hacia a mí y su gran cariño.

A mi esposa Judith Celene Rivas Bañuelos. Ya que es una gran mujer, que me ha brindado su apoyo en todo momento y a su lado he vivido los momentos más felices de mi vida.

A mis profesores

Aquellos que se fueron convirtiendo en buenos amigos y que me compartieron sus conocimientos, a los que me hicieron batallar y por qué no, hasta sufrir ya que me forzaron a dar el máximo de mí y eso me hizo ser una persona más fuerte, ya que dicen que en esta vida de todos podemos aprender.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por allanarme el camino y por siempre ponerme en el lugar indicado.

Al Dr. Luis Lauro de León González por su amistad y por compartir conmigo sus conocimientos y que con su experiencia me supo orientar para llegar a la culminación de este trabajo.

Agradezco al Dr. Manuel De Jesús Flores Nájera, por la dirección y apoyo brindado en la realización de este trabajo de tesis, así como también por la gran oportunidad que me dio. Gracias por su confianza y amistad.

Al MC. Luis Pérez Romero, por su apoyo y disposición para la realización de este trabajo.

Al Dr. Francisco G. Echavarría Cháirez, Director de Coordinación y Vinculación del Campo Experimental Zacatecas. INIFAP.

A la fundación Produce Zacatecas A.C. Por el apoyo financiero al proyecto titulado: Transferencia de tecnología en la producción de forrajes de corte y su conservación (ensilajes en la producción de leche).

Al INIFAP Campo Experimental Zacatecas, por proporcionarme todos los medios para la realización de este trabajo.

MANIFIESTO DE HONESTIDAD ACADÉMICA

El que suscribe Iván Olvera Leal, pasante de la carrera de Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Con matrícula 303149 y autor de esta tesis, manifiesto que:

1.- Reconozco que el plagio académico constituye un delito que está penado en nuestro país.

2.-Las ideas, opiniones, datos e información publicados por otros autores y utilizadas en la presente tesis han sido debidamente citadas reconociendo la autoría de la fuente original.

3.-Toda la información consultada ha sido analizada e interpretada por el suscrito y redactada según su criterio y apreciación, de tal manera que no se ha incurrido en el copiado y pegado de dicha información.

4.- Reconozco la responsabilidad sobre los derechos de autor de los materiales bibliográficos consultados por cualquier vía y manifiesto no haber hecho mal uso de ninguno de ellos.

5.-Entiendo que la función y alcance de mi Comité de Asesoría, están circunscritos a la orientación y guía respecto a la metódica de la investigación realizada en esta tesis, así como del análisis e interpretación de los resultados obtenidos y, por lo tanto, eximo de toda responsabilidad relacionada al plagio académico a mi Comité de Asesoría y acepto que cualquier responsabilidad al respecto es únicamente por parte mía.

ATENTAMENTE

Iván Olvera Leal

Tesista de Licenciatura/UAAAN

ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN	xi
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Justificación	2
1.2 Objetivo General	3
1.3 Objetivos Específicos.....	3
1.4 Hipótesis.....	4
2 REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1 Conservación de Forrajes.....	5
2.2 Métodos de Conservación de Forraje.....	5
2.2.1 Henificación	5
2.2.2 Henilaje	5
2.2.3 Ensilaje	6
2.2.4 Breve Historia del Ensilaje	6
2.2.5 Proceso de Formación del Ensilaje.....	7
2.2.6 Ensilaje de Maíz.....	9
2.2.7 Factores que Modifican la Calidad del Ensilaje.....	9
2.2.7.1 Factores Relacionados con el Forraje	9
2.2.7.2 Relacionados con la Realización del Ensilaje	11
2.3 Uso de Aditivos en los Ensilajes.....	13
2.3.1 Conservantes.....	14
2.3.2 Inoculantes.....	14
2.3.3 Enzimas	15
2.3.4 Nutrimentos.....	15
2.3.5 Sustratos.....	15
2.4 Microorganismos Indeseables en el Proceso de Fermentación del Ensilaje	16
2.5 Tipos de Silos	18
2.5.1 Tipos de Silos más Utilizados	18
3 MATERIALES Y MÉTODOS	20
3.1 Sitio de Estudio.....	20

3.2 Manejo del Cultivo	21
3.3 Elaboración de Ensilaje en Microsilo	21
3.3.1 Picado del Forraje	22
3.3.2. Preparación del Forraje con Aditivos	23
3.3.3 Llenado y Apisonado.....	23
3.3.4 Sellado de Bolsa	24
3.4 Diseño Experimental	24
3.5 Medición de la Calidad Nutricia del Ensilaje	25
3.6 Análisis de Datos	25
4 RESULTADOS.....	26
4.1 Materia Seca	26
4.2 pH.....	26
4.3 Proteína Cruda	26
4.4 Fibra Detergente Ácida.....	27
4.5 Fibra Detergente Neutra	28
4.6 Carbohidratos no Fibrosos	29
4.7 Total de Nutrimientos Digestibles.....	30
4.8 Cenizas.....	31
4.9 Energía Neta de Lactancia	32
5 DISCUSIÓN	34
6 CONCLUSIONES	36
7 LITERATURA CITADA.....	37

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1 Composición química del ensilaje de maíz	11
Tabla 2 Aditivos utilizados en la elaboración de ensilaje.....	13
Tabla 3 Valores promedio de materia seca y pH en ensilaje demaiz tratado con melaza, yogur e inoculante comercial.....	26

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Ubicación del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Zacatecas.....	20
Figura 2	Ubicación de la parcela experimental	21
Figura 3	Picado del forraje de maíz.	22
Figura 4	Llenado y apisonado del forraje.....	23
Figura 5	Microsilo tipo bolsa terminado.	24
Figura 6	Contenido promedio (\pm EEM) de proteína cruda (PC) en ensilajes de maíz tratados con diferentes aditivos.....	27
Figura 7	Contenido promedio (\pm EEM) de fibra detergente ácida (FDA) en ensilajes de maíz tratados con diferentes aditivos.....	28
Figura 8	Contenido promedio (\pm EEM) de fibra detergente neutra (FDN) en ensilajes de maíz tratados con diferentes aditivos.....	29
Figura 9	Porcentaje promedio (\pm EEM) de carbohidratos no fibrosos (CNF) en ensilajes de maíz tratados con diferentes aditivos.....	30
Figura 10	Porcentaje promedio (\pm EEM) de total de nutrimentos digestibles (TND) en ensilajes de maíz tratados con diferentes aditivos.	31
Figura 11	Porcentaje promedio (\pm EEM) de cenizas en ensilajes de maíz tratados con diferentes aditivos.	32
Figura 12	Contenido promedio (\pm EEM) de energía neta de lactancia (ENL) en ensilajes de maíz tratados con diferentes aditivos.....	33

Correo electrónico; Ivan Olvera Leal, yiyo_010185@hotmail.com

RESUMEN

El objetivo de la presente tesis fue para determinar la calidad nutricia del ensilaje de maíz tratado con diferentes aditivos. Para tal efecto se implementó, un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones. El ensilaje fue elaborado en micro silos tipo bolsa con capacidad de 30 kg. Los tratamientos fueron: ensilaje sin tratar, ensilaje tratado con melaza (2%), ensilaje tratado con yogur (2%) y ensilaje tratado con inoculante comercial (biosile[®] 120 ml). En todos los tratamientos se evaluó la materia seca, pH y contenido nutricional del ensilaje (PC, FDA, FDN, CNF, TND, ENL y Cenizas). No hubo diferencia significativa en el contenido de materia seca entre tratamientos ($P \geq 0.05$). Tampoco hubo diferencias significativas entre tratamientos sobre el pH contenido en el ensilaje ($P \geq 0.05$). Sin embargo, el contenido de PC en los ensilajes fue diferentes entre tratamientos, siendo más alta esta variable para los ensilajes tratados con melaza y yogur que el ensilaje sin tratar ($P \leq 0.001$). También la FDA y la FDN difirieron entre tratamientos. Las menores cantidades la obtuvieron los ensilajes tratados con melaza, yogur e inoculante comercial, mientras que la mayor cantidad la obtuvo el ensilaje sin tratar ($P \leq 0.001$). Los CNF fueron mayores para los ensilajes tratados con melaza y yogur, mientras que las menores cantidades las obtuvieron los ensilajes tratados con inoculante comercial y el ensilaje sin tratar ($P \leq 0.01$). El contenido de TND fue mayor para los ensilajes tratados con melaza, yogur e inoculante comercial, mientras que la menor cantidad la obtuvo el ensilaje sin tratar ($P \leq 0.01$). El porcentaje promedio de cenizas fue mayor para los ensilados tratados con melaza e inoculante comercial, en comparación a los ensilados tratados con yogur y sin tratar ($P \leq 0.001$). La ENL fue mayor para los ensilados tratados con melaza, yogur e inoculante comercial, mientras que la menor cantidad fue para el ensilaje sin tratar ($P \leq 0.001$). Los resultados de la presente tesis permiten concluir que la melaza y el yogur mejoran la calidad nutricia del ensilaje de maíz, similar a la obtenida con el inoculante comercial.

Palabras clave: Ensilaje, valor nutritivo, forraje, aditivos.

1. INTRODUCCIÓN

Debido a la estacionalidad de las lluvias y a la intensidad del frío (heladas), en el norte del territorio nacional y en las zonas altas de México, la producción de forrajes está limitada a un período muy corto del año, de ahí la necesidad de buscar opciones que permitan contar con forrajes durante la época de sequía en la cual la producción de estos es baja o nula. Por lo tanto, si queremos asegurar la alimentación de nuestro ganado durante todo el año, debemos de tomar en cuenta los métodos de conservación, tales como; ensilaje, henificación y henilaje y/o adoptar el más adecuado a nuestras necesidades y condiciones.

De los métodos existentes el que más destaca es el ensilaje ya que facilita la recolección del forraje en condiciones extremas, donde es difícil utilizar otro método; puede ser empleado en forrajes donde es complicado el henificado como es el caso del maíz (Cañeque y Sancha, 1998). Además, permite que se conserven con un mínimo de pérdidas de materia seca y nutrimentos y, mantiene una buena gustosidad para el ganado (Roza, 2005). El ensilaje es un método de conservación de forraje en estado húmedo mediante una fermentación ácido láctica, el cual es almacenado en unos compartimientos especiales denominados silos, que mantienen al forraje protegido del aire, la luz y la humedad exterior (Argamentería *et al.*, 1997).

Es de gran importancia tomar en cuenta la calidad del ensilado así como los factores que la determinan, la calidad final del ensilado depende tanto de el forraje a ensilar como de la aplicación adecuada del método. Entre los factores del forraje destacan; la altura de corte, el nivel de humedad o cantidad de materia seca, la resistencia a la compactación y la calidad fermentativa, determinada por la concentración de ácidos orgánicos, nitrógeno amoniacal y pH (Santana, 2004). Así, también se deben de tomar en cuenta el manejo adecuado del forraje y la aplicación correcta de la técnica de ensilaje, los factores más importantes en este punto son; tamaño de partícula, el llenado, apisonado y cierre del silo.

Si bien, la calidad está en gran medida determinada por estos factores, el uso de aditivos en algunos forrajes, sobre todo aquellos con bajos contenidos de

azúcares y materia seca, juegan un papel muy importante en el proceso de formación del ensilaje. Lara (2011), define los aditivos como cualquier sustancia o mezcla de sustancias, productos y subproductos de origen orgánico o inorgánico que se añaden a los forrajes durante la preservación y que directa o indirectamente modifican sus valores químicos mejorando la gustosidad y/o el valor nutritivo. Mier (2009), señala que en forrajes con buena calidad fermentativa como es el caso del maíz se puede no usar aditivos, especialmente si los forrajes han sido pre marchitos por un corto período, picados adecuadamente, bien compactados y sellados. Sin embargo, al usar un aditivo se obtienen una serie de beneficios siempre y cuando se apliquen a forrajes en estado de madurez óptimo y con los niveles de materia seca y carbohidratos óptimos, pues su acción es nula en forrajes de alto contenido en materia seca o madura.

En general, los aditivos para ensilado controlan y/o mejoran la fermentación y reducen las pérdidas de nutrimentos. A pesar de ello, los aditivos aun siendo muy eficientes no solucionan fallas del ensilado como un corte tardío, mala compactación o un mal sellado del silo, por lo tanto, nuestro trabajo tiene como objetivo principal determinar si los aditivos como melaza, yogur e inoculante comercial (*Lactobacillus buchneri* y *Pediococcus* spp.) mejoran la calidad nutritiva del ensilaje de maíz.

1.1 Justificación

En el norte de México, al igual que en otras partes del territorio nacional, la alimentación del ganado productor de leche se basa principalmente de ensilaje de maíz. Este alimento es de un excelente valor energético cuando es cosechado y fermentado en condiciones anaeróbicas favorables. El maíz ensilado es un forraje que cada día es más utilizado porque produce buenos rendimientos, tiene un alto contenido de energía, es muy digestible, el animal lo consume sin problemas y se puede cosechar en forma mecanizada. Sin embargo, para obtener una buena calidad del ensilaje, existen factores diferentes que pueden modificar su valor nutritivo, entre los que se destaca, la variedad de la semilla, factores asociados al proceso del ensilado (MS, carbohidratos hidrosolubles, capacidad tampón, grado

de madurez fisiológica) y factores ligados a la realización del ensilado (tamaño de partícula, pre marchitamiento). No obstante, existen también otros factores que pueden modificar el proceso fermentativo y en consecuencia la calidad nutricia del ensilaje. Tal es el caso del uso de aditivos que son usados generalmente para acelerar el proceso de fermentación anaeróbica del forraje. A este respecto, algunos estudios sugieren que el uso de aditivos comerciales, incrementan el valor nutricional del ensilaje cuando es cosechado el maíz en un estado de madurez avanzado. Sin embargo, pocos estudios reportan resultados sobre el valor nutricional del ensilaje de maíz cuando es cosechado en un estado de madurez temprano (hoja bandera) y sobre todo, cuando este ensilaje es tratado con melaza, yogur e inoculante comercial. De tal manera que la finalidad del presente estudio va dirigido aquellos productores que tienen por actividad elaborar ensilajes de maíz para la alimentación de su ganado.

1.2 Objetivo General

Determinar la calidad nutricia del ensilaje de maíz tratado con diferentes aditivos.

1.3 Objetivos Específicos

Determinar la calidad nutricia del ensilaje de maíz cosechado en hoja bandera tratado con melaza como aditivo.

Determinar la calidad nutricia del ensilaje de maíz cosechado en hoja bandera tratado con yogur como aditivo.

Determinar la calidad nutricia del ensilaje de maíz cosechado en hoja bandera tratado con inoculante biosile® como aditivo.

Determinar la calidad nutricia del ensilaje de maíz cosechado en hoja bandera sin aditivo.

1.4 Hipótesis

El ensilaje de maíz cosechado en hoja bandera tratado con melaza es de mejor calidad nutricia, que el ensilaje sin aditivo.

El ensilaje de maíz cosechado en hoja bandera tratado con yogur es de mejor calidad nutricia, que el ensilaje sin aditivo.

El ensilaje de maíz cosechado en hoja bandera tratado con inoculante comercial es de mejor calidad nutricia, que el ensilaje sin aditivo.

El ensilaje de maíz cosechado en hoja bandera sin aditivo, es de igual calidad nutricia, que los tratamientos.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Conservación de Forrajes

La conservación de forrajes pretende o tiene como finalidad el almacenar los forrajes o los excedentes de forraje que hay en la época de abundancia (lluvias), para ser usados en la época de escasez (sequía). Se busca que dichos forrajes conserven la mayor cantidad de los nutrimentos que tenían al momento de ser cortados (Moreno y Sueiro, 2009).

2.2 Métodos de Conservación de Forraje

2.2.1 Henificación

Método de conservación de forrajes, que consiste en poner a secar el forraje directamente al sol, con el objetivo de eliminar el agua que se encuentra en los tejidos de la planta, hasta lograr un contenido de humedad por debajo del 20 por ciento (Cattani, 2011). La calidad del forraje henificado está determinada por el forraje que le da origen y por un buen manejo del mismo, desde que se inicia el henificado hasta que se ofrece a los animales, esto ayuda a minimizar las pérdidas. Sin embargo, se debe tener en cuenta que la calidad del forraje conservado en forma de heno nunca será superior al forraje de origen.

2.2.2 Henilaje

El henilaje se define como un método de conservación de forrajes que consiste en cortar el forraje y someterlo a un pre marchitamiento por un tiempo corto hasta lograr que el contenido de materia seca sea de un 50 por ciento (Moreno y Sueiro, 2009). Una vez logrado ese porcentaje de MS se realiza el empaquetado con un plástico con la finalidad de generar condiciones herméticas en el rollo o paquete y

evitar la entrada de aire. Una vez que se ha sellado el paquete, el forraje continúa respirando, esto hace que se consuma el oxígeno presente y se inicie la fermentación anaeróbica de los azúcares de las plantas produciendo ácido láctico que disminuye el pH (4.5-5) y conservan el forraje (Moreno y Sueiro, 2009).

2.2.3 Ensilaje

El ensilaje es un método de conservación basado en un proceso de fermentación. Mannetje (1999), señala que es un método de conservación de forrajes en el cual el forraje es puesto en un depósito llamado silo, acomodado por capas, eliminando el aire mediante la compactación y cubriéndolo finalmente. Con la finalidad de producir una fermentación ácido láctica e inhibir el crecimiento de microorganismos degradadores de la materia orgánica.

Por su parte McDonald *et al.* (1991), definieron al ensilaje como la fermentación de los carbohidratos solubles del forraje por medio de bacterias que producen ácido láctico en condiciones anaeróbicas.

2.2.4 Breve Historia del Ensilaje

El inicio de la técnica de ensilaje no se sabe con exactitud, pero se cree que se empezó a ensilar forraje hace aproximadamente 3,000 años debido a que en las ruinas de Cartago al norte de África a 17 km de la ciudad de Túnez, fueron hallados restos de ensilaje de forraje que datan del año 1200 A.C. Por otra parte, en el museo de Nápoles en Italia, se exhiben pinturas egipcias de 1000-1500 A.C., mostrando las reservas de forraje semejando un silo de piedra (Vieyra, 2006).

Valencia *et al.*, (2011) señalaron que la primera noticia que se tiene documentada sobre ensilaje, data del año 1786. Se encontró en las memorias de la Universidad de Agricultura de Young, en un artículo del profesor John Symonds, de la Universidad de Cambridge, en el cual se describen los estudios realizados en Italia relativos al del uso de hojas en la alimentación del ganado, las que una vez

cortadas de los árboles, se ponían en recipientes de madera, se compactaban y posteriormente se tapaban con arena, para ser utilizadas en la época de estiaje. Se descubre en Londres en el año 1852, el proceso de ensilaje de gramíneas y leguminosas en fosas similares a las que se utilizan en nuestros días. En 1873 se empieza a utilizar en los Estados Unidos, en donde se extendió rápidamente como ensilaje de maíz, en la década de 1920, los primeros productos que se conservaron fueron los granos, posteriormente su uso se extendió a raíces, tubérculos y hierbas frescas y finalmente a las leguminosas (Vieyra, 2006). En Finlandia en 1933, se comenzaron a agregar ácidos y minerales diluidos al forraje en el momento del ensilaje para prevenir la fermentación butírica y disminuir el pH. En los últimos 20 años lo que más ha tomado fuerza en la investigación sobre ensilajes, ha sido la utilización de aditivos, que mejoren la fermentación ácido láctica del forraje. En la actualidad existen gran variedad de aditivos que se usan en los ensilajes como bacterias lácticas, enzimas y levaduras, entre otros (Martínez, 2003).

2.2.5 Proceso de Formación del Ensilaje

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

Fase 1 - Fase aeróbica. En esta fase que dura sólo pocas horas el oxígeno atmosférico presente en la masa vegetal disminuye rápidamente debido a la respiración de los materiales vegetales y a los microorganismos aeróbicos y anaeróbicos como las levaduras y las enterobacterias. Además, hay una actividad importante de varias enzimas vegetales, como las proteasas y las carbohidrasas,

que mantienen siempre que el pH fluctúe en el rango normal para el jugo del forraje fresco (pH 6.5-6.0).

Fase 2 - Fase de fermentación. Esta fase comienza al producirse un ambiente anaeróbico. Dura de varios días hasta varias semanas, dependiendo de las características del material ensilado y de las condiciones en el momento del ensilaje. Si la fermentación se desarrolla con éxito, la actividad de las bacterias ácido lácticas proliferará y se convertirá en la población predominante. A causa de la producción de ácido láctico y otros ácidos, el pH bajará a valores entre 3.8 - 5.0.

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

Fase 4 - Fase de deterioro aeróbico. Esta fase comienza con la apertura del silo y la exposición del ensilaje al aire. Esto es inevitable cuando se requiere extraer y distribuir el ensilaje, pero puede ocurrir antes de iniciar la explotación por daño de la cobertura del silo (p. ej. roedores o aves). El período de deterioro puede dividirse en dos etapas. La primera se debe al inicio de la degradación de los ácidos orgánicos que conservan el ensilaje, por acción de levaduras y ocasionalmente por bacterias que producen ácido acético. Esto induce un aumento en el valor del pH, lo que permite el inicio de la segunda etapa de deterioro; en ella se constata un aumento de la temperatura y la actividad de microorganismos que deterioran el ensilaje, como algunos bacilos. La última etapa también incluye la actividad de otros microorganismos aeróbicos como mohos y enterobacterias. El deterioro aeróbico ocurre en casi todos los ensilajes al ser abiertos y expuestos al aire. Sin embargo, la tasa de deterioro depende de la concentración y de la actividad de los organismos que causan este deterioro en el ensilaje. Las pérdidas por deterioro oscilan entre 1.5 y 4.5 por ciento de materia seca (Honig y Woolford, 1980).

2.2.6 Ensilaje de Maíz

El forraje de maíz es uno de los más utilizados para la producción de ensilaje ya que es de fácil recolección y manejo, representa una mezcla de grano y fibra digestible, esto lo hace una de las fuentes principales de energía para la alimentación de rumiantes principalmente en los productores de leche, mejorando su producción (Mier, 2009).

2.2.7 Factores que Modifican la Calidad del Ensilaje

Existen diversos factores que determinan la calidad final del ensilaje, relacionados con el material a ensilar, como con la realización correcta del ensilado.

2.2.7.1 Factores Relacionados con el Forraje

La calidad fermentativa en un ensilado depende del contenido materia seca, carbohidratos hidrosolubles y capacidad tampón (Argamentería *et al.*, 1997).

Contenido de materia seca. Se recomienda un contenido de materia seca del 30-35 por ciento del forraje antes de ensilarlo, ya que es un factor importante para el éxito de la fermentación (Ashbell y Weinberg, 1999). De esta forma, la degradación del ácido láctico y la producción de amoníaco por bacterias butíricas se ven considerablemente atenuados (Cañeque y Sancha, 1998).

Contenido de azúcares solubles. Este es un factor muy importante debido a que los microorganismos usan los carbohidratos hidrosolubles como la fuente principal de energía de las bacterias ácido lácticas. Los principales son la fructosa, sacarosa y fructosanos. Un bajo contenido de carbohidratos hidrosolubles del forraje limita las condiciones de la fermentación. Bajo esta condición, el pH no baja como para llegar al estado de conservación. Normalmente se requiere un mínimo de seis a 12 por ciento de carbohidratos hidrosolubles, para una fermentación apropiada del ensilaje (Alaniz, 2008).

Cuando un material no contiene cantidades suficientes de azúcares, es necesario añadirle melaza o alguna otra fuente de azúcares que faciliten su fermentación (Mannetje, 1999), generalmente esto ocurre en forrajes maduros.

Capacidad tampón. Se define como la resistencia que tiene la planta a los cambios en el pH. La capacidad tampón está relacionada o depende de la composición de la planta en cuanto a proteína bruta, iones inorgánicos (Ca, K, Na) y la combinación de ácidos orgánicos; otro factor que afecta dicha capacidad es la edad de la planta debido a que aumenta la proporción tallo/hoja, con lo cual los procesos metabólicos disminuyen. Como consecuencia, se reduce el contenido de ácidos orgánicos, por lo tanto hay un descenso de la capacidad tampón con la maduración (Roza, 2005). Cuanto mayor sea la capacidad tampón será necesario que se forme más ácido láctico en el ensilado para poder alcanzar el pH óptimo de cuatro y, mayor cantidad de azúcares fermentables serán consumidos por los microorganismos para producir dicho ácido (Cañeque y Sancha, 1998).

Grado de madurez óptimo. El proceso de ensilaje no mejora la calidad inicial del forraje o del alimento, limitándose a conservarla cuando se realiza en forma adecuada. En forrajes, el momento óptimo de cosecha será cuando el valor nutricional y las características físico químicas se cumplan, por ejemplo, los forrajes jóvenes presentan un valor nutricional elevado, pero debido a su gran contenido de agua y bajo porcentaje de materia seca, los hace poco recomendables para ensilar, ya que la producción por hectárea es baja, aunque el consumo sea elevado. Por otra parte, cuando son recolectados muy maduros, aunque aumente su producción por hectárea, presentan un alto contenido de carbohidratos estructurales en sus paredes (celulosa, hemicelulosa y lignina) y un contenido bajo en materias nitrogenadas, lo que determina un valor nutricional bajo y un menor consumo, por lo que tampoco se recomiendan (Cañeque y Sancha, 1998).

Composición química del ensilaje de maíz. El forraje de maíz es de los más utilizados para ensilaje, ya que tiene un alto contenido de carbohidratos hidrosolubles, para ser transformados en ácido láctico, presenta un bajo poder tampón que permite que el pH baje rápidamente y además, que una vez ensilado

el contenido de materia seca es alto. El ensilaje de maíz debe tener un pH bajo, cercano o por debajo de cuatro. En cambio, la proteína muestra un rango que va de 9.37 a un 7.58 por ciento. Mientras que para el caso de minerales el rango va desde 6.40 a 4.80 por ciento. Por otro lado, la fibra bruta muestra un rango que va de 28.21 a 19.71 por ciento, mientras que la fibra detergente neutra tienen un rango que va de 55.22 a 41.35 por ciento y, la fibra detergente ácida va de 32.58 por ciento a 22.66 por ciento, mientras que para el caso del almidón, éste tiene un rango de 10.50 por ciento a 33.30 por ciento. Con esto podemos observar que el ensilaje de maíz es un alimento con elevado valor energético, valor protéico bajo y contenido en minerales bajo. El contenido en almidón es elevado y, un contenido de fibra bajo (Tabla1) (Calsamiglia *et al.*, 2004).

Tabla 1. Composición química del ensilaje de maíz.

Materia seca	pH	Cenizas	PB	NH₄	FB	FDN	FDA	Almidón
<20	3.80	6.40	9.37	0.89	28.21	55.22	32.58	10.50
20-25	3.73	6.26	9.20	0.25	27.13	52.38	30.29	12.63
25-30	3.76	5.43	8.28	0.21	23.17	47.63	26.17	24.22
30-35	3.80	4.94	7.62	0.23	20.98	44.53	23.94	28.23
>35	3.89	4.80	7.58	0.23	19.71	41.38	22.66	33.30

PB= Proteína bruta; NH₄=Amonio; FB= Fibra bruta; FDN= Fibra detergente neutra; FDA= Fibra detergente ácida. (Calsamiglia *et al.*, 2004).

2.2.7.2 Relacionados con la Realización del Ensilaje

Tamaño de partícula. Este es un factor muy importante en el proceso de llenado del silo, ya que un tamaño de partícula adecuado, nos va a permitir una mejor compactación del forraje y, a expulsar la mayor cantidad de aire posible con la finalidad de evitar fermentaciones indeseables (Wheaton *et al.*, 1993).

Gallardo (2003), comenta que los alimentos mezclados, tales como, ensilaje con heno picado y concentrados deben tener entre un cinco y 10 por ciento de

partículas mayores a dos cm, entre un 40 y 50 por ciento de partículas entre 0.8 y 2 cm y el resto más pequeñas.

Altura de corte. La altura de corte recomendada es de 15 cm del ras del suelo, cosechando a esta altura se maximiza la producción de forraje.

Pre marchitamiento. Si tenemos un forraje con un contenido alto de humedad se puede reducir ésta mediante el prensado o exponiéndolo al aire libre durante un período de tiempo corto (6-24 horas), hasta obtener contenidos de materia seca entre 30 y 40 por ciento, siempre y cuando no sobrepasemos estos contenidos, ya que ello inhibiría también el desarrollo de la flora microbiana beneficiosa y además dificultaría el prensado del forraje, obligando a un picado más fino del mismo (Cañeque y Sancha, 1998).

Llenado y apisonado. La forma correcta para el llenado del silo es por medio de capas de forraje picado, el tamaño de la capa va desde los 20 hasta los 80cm, dicho tamaño depende del tipo de silo y de la herramienta utilizada para el apisonado del forraje, una vez hecha la capa el forraje se debe apisonar, con la finalidad que este quede bien compactado y así expulsar la mayor cantidad de aire posible asegurándonos que no quede aire entre las capas que conlleve a una mala fermentación del mismo. Si se pretende utilizar aditivos, estos deben ser esparcidos en cada capa, procurando que el aditivo quede bien distribuido. Así sucesivamente hasta obtener el llenado total del silo. El tiempo o la velocidad con la que se llene el silo, puede determinar la calidad del ensilaje; cuando los llenados se hacen rápido disminuye el tiempo de exposición del forraje al aire, con esto se disminuyen las pérdidas por respiración y se acorta la fase aeróbica del proceso. En el caso de silos de grandes dimensiones el llenado se debe de hacer en tres días o un máximo de cinco para posteriormente ser sellado (Hiriart *et al.*, 1998).

Cosecha del maíz para ensilaje. Se recomienda cosecharlo cuando el contenido de humedad es del 65 por ciento, en este estado la producción de materia seca es

mayor, y durante la cosecha, almacenaje y alimentación del ganado, las pérdidas de forraje se minimizan (Roth y Heinrichs, 2001). Dicho contenido se tiene cuando la línea de leche está a la mitad del grano; la línea de leche es la división entre la porción líquida y sólida del grano.

2.3 Uso de Aditivos en los Ensilajes

La utilización de los aditivos en los ensilajes es importante ya que crea condiciones óptimas que permiten la conservación y valor nutritivo del forraje. Es importante que los aditivos cumplan ciertas características para ser tomados en cuenta, algunas de estas son: que sean fáciles y seguros de manejar, que reduzcan las pérdidas de materia seca, que no aumenten la producción de efluente (líquidos), que mejoren la calidad higiénica del ensilado inhibiendo el desarrollo de microorganismos indeseables, que limiten las fermentaciones secundarias, que mejoren la estabilidad una vez abierto el silo y que aumenten el valor nutritivo, pero sobre todo, que justifiquen su utilización ya que el uso del aditivo genera un gasto extra (Argamentería *et al.*, 1997)

Tabla 2. Aditivos utilizados en la elaboración de ensilaje.

Conservantes	Inoculantes	Enzimas	Sustratos	Nutrientos
Ácidos:				
Ác. Sulfúrico	Bacterias del	Amilasas	Melazas	Amonio
Ác. Fosfórico	ácido láctico:	Celulasas	Glucosa	Uréa
Ác. Fórmico	Lactobacillus	Hemicelulasas	Sacarosa	Carbonato
Ác. Acético	Pediococcus	Pectinasas	Lactosuero	cálcico
Ác. Láctico	Streptococcus		Granos	Sal común
Ác. Propiónico	Otras		Cereales	Otros
Ác. Benzoico			Pulpas	minerales
Ác. Caproico				
Sales de Ácido				

(Woolford, 1984).

2.3.1 Conservantes

La importancia o función de estos es que inhiben fermentaciones indeseables. Además, que algunos aportan una acidez inicial al forraje, que favorece la actividad de las bacterias lácticas. Otros tienen acción bacteriostática, limitando la multiplicación de bacterias no deseables. También tienen efecto sobre la flora láctica, el forraje se acidifica muy poco y conserva casi todos sus azúcares, pero se estabiliza precisamente gracias a esa mínima vida bacteriana. Existen conservantes con efecto bacteriostático y acidificante a la vez (Roza, 2005).

2.3.2 Inoculantes

Estos aditivos elevan rápidamente el nivel de acidez del material a ensilar para prevenir la ruptura de la proteína, además aportan microorganismos lácticos que pueden no estar presentes en cantidad suficiente, lo que dejaría campo libre a microorganismos indeseables (Roza, 2005).

Los inoculantes utilizados para ensilaje están compuestos por bacterias ácido lácticas seleccionadas (BPAL) y, se dividen en dos grupos; por su forma en cómo fermentan los azúcares:

BPAL homofermentativas. Las bacterias homofermentativas como *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*, *Pediococcus* spp. y *Enterococcus* spp., producen principalmente ácido láctico.

Las bacterias heterofermentativas como *Lactobacillus buchneri*., además de producir ácido láctico también producen, ácido acético, etanol y bióxido de carbono. Por lo general se prefiere el ácido láctico, debido a que su acidez es más fuerte que la del ácido acético (Muck, 2008). Esto hace que la bajada del pH sea más rápida, disminuyendo la respiración de la planta y la actividad enzimática, inhibiendo otras bacterias. Sin embargo, el ácido acético es un inhibidor de levaduras y mantiene una mayor estabilidad aeróbica que el ácido láctico.

2.3.3 Enzimas

En los ensilajes actúan enzimas capaces de degradar las paredes celulares de las plantas, como celulasas, pectinasas y hemicelulasas o algunas mezclas de éstas. Al romperse las paredes celulares, se incrementa el contenido de carbohidratos hidrosolubles, estos son fermentados por las bacterias ácido lácticas, favoreciendo la acidificación.

2.3.4 Nutrientos

Un aditivo considerado como nutriente, es aquel que aumenta el contenido de proteína del ensilaje, por lo general se utilizan productos nitrogenados, pero es necesario ajustar muy bien la dosis para prevenir intoxicaciones, aplicarlo de forma muy homogénea y tomar todas las precauciones necesarias en el tapado, apisonado y cierre del silo. La urea agregada a residuos con alto contenido de materia seca (MS) y bajo poder tampón, aumentan el contenido de proteína bruta y pueden mejorar la estabilidad aeróbica del ensilado al momento de la apertura del silo (Guamán, 2013).

2.3.5 Sustratos

Por lo general los aditivos utilizados como sustratos en los ensilajes son aquellos que tienen altos contenidos de azúcares son rápidamente utilizados por las bacterias ácido lácticas que los hidrolizan y transforman en ácido láctico. Generalmente se utiliza la melaza, residuo proveniente de la industria azucarera con un 50-75 por ciento de sacarosa; lacto suero en polvo, subproducto de la fabricación de quesos que contiene entre un 50 y 75 por ciento de azúcares. Otro producto empleado con frecuencia es la pulpa seca de remolacha, que refuerza su acción como aditivo con su fuerte poder de retención de agua, lo que permite reducir de forma notable las pérdidas en los jugos por incremento del contenido en materia seca (Roza, 2005).

2.4 Microorganismos Indeseables en el Proceso de Fermentación del Ensilaje

Bacterias Productoras de Ácido Acético. Estas bacterias son tolerantes a los ambientes ácidos y sólo sobreviven en presencia de oxígeno. Las bacterias de este tipo que han sido encontradas en muestras de ensilaje, pertenecen al género *Acetobacter*, las cuales en el ensilaje son dañinas porque pueden iniciar un deterioro aeróbico, ya que pueden oxidar el lactato y el acetato produciendo CO₂ y agua. Aunque generalmente el deterioro aeróbico se debe o es producido por levaduras, existe evidencia que estas bacterias pueden iniciar un deterioro aeróbico en el ensilaje de maíz cuando incluye toda la planta, grano y forraje (Stefanie *et al.*, 1999).

Clostridios. Son bacterias anaeróbicas. Uno de los problemas principales que se tiene con estas bacterias es que muchas de ellas pueden fermentar tanto carbohidratos como proteínas, por lo cual disminuyen el valor nutricional del ensilaje. Además, la presencia de clostridios en el ensilaje altera la calidad de la leche ya que sus esporas sobreviven en su paso por el tracto digestivo y se encuentran en las heces; esto puede resultar en la contaminación de la leche, ya sea directamente o por ubres mal aseadas. También, problemas de salud serios pueden ser causados por ciertos tipos de clostridios. Una especie extremadamente tóxica es *Clostridium botulinum* que provoca el botulismo y, puede ser fatal para el ganado bovino. Afortunadamente, *C. botulinum* es poco tolerante a los medios ácidos y por ende no se desarrolla en ensilajes bien fermentados. El botulismo en los animales es causado por ingestión de ensilaje contaminado con *C. botulinum* y corresponde casi siempre a la descomposición de un cadáver (p ej.: roedor, ave) dentro del ensilaje (Stefanie *et al.*, 1999).

Enterobacterias. Son organismos anaeróbicos facultativos. Este tipo de bacterias aunque no son patógenas se consideran dañinas debido a que compiten con las bacterias ácido lácticas, por los azúcares disponibles y, porque además degradan las proteínas, haciendo que el valor nutricional del forraje se reduzca. Por otra parte,

la degradación de proteínas produce aminas piogénicas y ácidos grasos de cadena múltiple, dándole un sabor desagradable al ensilaje, reduciendo la gustosidad especialmente en animales no acostumbrados todavía a su sabor (Stefanie *et al.*, 1999). Dichas bacterias no se encuentran presentes en ambientes con valores bajos de pH. Por lo tanto si utilizamos técnicas con las que se logre un rápido y significativo descenso del pH en el ensilaje, provocaremos un nulo desarrollo de las enterobacterias (McDonald *et al.*, 1991).

Levaduras. Son microorganismos eucarióticos, anaerobios facultativos y heterotróficos. Estos microorganismos se consideran dañinos o indeseables en los ensilajes, debido a que fermentan azúcares produciendo etanol lo que conlleva a una disminución del azúcar disponible para producir ácido láctico, además de que la leche adquiere un sabor desagradable. En condiciones aeróbicas, podemos encontrar gran cantidad de levaduras que degradan el ácido láctico en CO₂ y H₂O. Al degradarse el ácido láctico se eleva el pH del ensilaje, lo que permite el desarrollo de otros organismos indeseables (McDonald *et al.*, 1991).

Mohos. Son organismos eucarísticos, es muy fácil saber cuándo un ensilaje fue invadido por mohos ya que se pueden observar a simple vista filamentos de gran tamaño y de diversos colores, Los mohos solo sobreviven en presencia de oxígeno. En ensilajes bien realizados sólo los vamos a encontrar en la capa inferior debido al alto contenido de humedad y en la capa superior ya que es la que en cierta manera es la menos compacta y la más expuesta al oxígeno. Además, los podemos encontrar durante el deterioro aeróbico (Fase 4) todo el ensilaje puede ser invadido por mohos.

Las especies que se han identificado más frecuentemente en el ensilaje pertenecen a los géneros *Penicillium*, *Fusarium*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Byssochlamys*, *Absidia*, *Arthrinium*, *Geotrichum*, *Monascus*, *Scopulariopsis* y *Trichoderma* (Stefanie *et al.*, 1999). Los mohos no sólo disminuyen el valor nutricional y la gustosidad del ensilaje sino que también son un riesgo para la salud de los animales y las personas, ya que pueden producir daños pulmonares y reacciones

alérgicas (Stefanie *et al.*, 1999). Además, de que producen micotoxinas, si la cantidad de toxina es poca los problemas de salud pueden variar desde ligeras molestias digestivas, pequeños problemas de fertilidad y una disminución de las defensas naturales, pero si la cantidad de toxinas es elevada se pueden presentar daños serios al hígado o a los riñones y abortos (Scudamore y Livesey, 1998). Para inhibir el desarrollo de los mohos se debe de prestar mucha atención al momento de compactar y cerrar el silo con la finalidad de evitar bolsas de aire en el forraje y la entrada de aire al mismo, además, la utilización de algunos aditivos que potencien la estabilidad aeróbica, va a evitar la proliferación de estos microorganismos indeseables.

2.5 Tipos de Silos

Silo: Es un depósito o construcción donde se almacena o se guardan granos, pastos o forrajes picados con el fin de producir la fermentación anaeróbica de la masa forrajera.

2.5.1 Tipos de Silos más Utilizados

Aéreos o de torre. Son los menos comunes ya que para su construcción se ocupan materiales como ladrillo, bloques de cemento, cemento armado, piedra, láminas metálicas, lo que hace que tengan un elevado costo. Tienen techo que proporciona una buena protección contra la lluvia. Con relación a otros silos, presentan una mejor compactación del forraje, menores pérdidas superficiales del ensilaje, pero producen mayores pérdidas por jugos exprimidos. Estos silos además de costosos, requieren maquinaria complicada para llenarlos y vaciarlos (Jiménez y Moreno, 2000).

Subterráneos o de trinchera. En comparación con el anterior este tipo de silo es más barato, el llenado y vaciado es más fácil y no requiere de maquinaria compleja, no hay pérdida por efluentes, pero tienen el riesgo de presentarse más

perdidas de forraje, debido a que la superficie expuesta es mayor (Holguín e Ibrahim, 2005).

Éstos se construyen cavando un hueco o zanja en el suelo, poco profundo con paredes inclinadas hacia afuera y lisas. Lo malo de este tipo de silos es que presentan pérdidas adicionales por filtración de humedad. Se pueden construir en terrenos de relieve inclinado, pero no se recomienda su construcción en terrenos pedregosos y arenosos.

Horizontal (tipo Bunker). Este tipo de silos es de los más utilizados, es muy parecido al de trinchera sólo que se construye a nivel de piso con bardas de piedra con su respectiva inclinación y piso de cemento, lo que los hace un poco costosos, sin embargo, si se logra un buen llenado del silo y compactado del forraje las fermentaciones siempre son las deseables, además que si el sellado de éste es bueno, las pérdidas se reducen al mínimo (Ojeda, 1999).

Horizontal de montón. Este tipo de silo es de los más sencillos y menos costosos, ya que no tiene construcción alguna, el forraje se deposita directamente sobre la tierra, en un piso cementado o cubierto por un plástico. Dicho forraje se acomoda de forma circular, en la medida que el forraje se va acumulando se compacta mediante pisoteo o se utiliza un pisón, un rodillo u otro equipo y, como su nombre lo indica, hasta formar un montón. Una vez finalizado el proceso se cubre con plástico y se colocan materiales pesados encima para ayudar a la compactación (Deere & Company, 2005).

De vacío (de bolsa), micro silos. En este tipo de silo el forraje se coloca dentro de bolsas plásticas, se recomienda que la capacidad de la bolsa sea de 30 a 60 kg para facilitar su manejo, después de extraer la mayor cantidad de aire, por medio de la compactación del forraje; enseguida se deben cerrar herméticamente. Con este sistema, se facilita el manejo del material, especialmente lo relacionado con el llenado, apisonamiento y sellado; no requiere maquinaria complicada ni costosa y, es uno de los más recomendables para el pequeño productor (Lane, 1999)

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Sitio de Estudio

El trabajo se desarrolló en el Campo Experimental Zacatecas perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en los 22°54' de latitud norte y 102°39' de longitud oeste y 2197 msnm, con una temperatura media anual de 14.6°C y precipitación media anual de 416 mm, la cual se presenta en mayor proporción en verano (junio a septiembre). El suelo del área de estudio es clasificado como Kastañozem, con un pH de 7.5, 1.26 por ciento de materia orgánica y textura Franco Arenosa (Echavarría *et al.*, 2014).



Figura 1. Ubicación del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Zacatecas.

Fuente: Google Maps, 2015

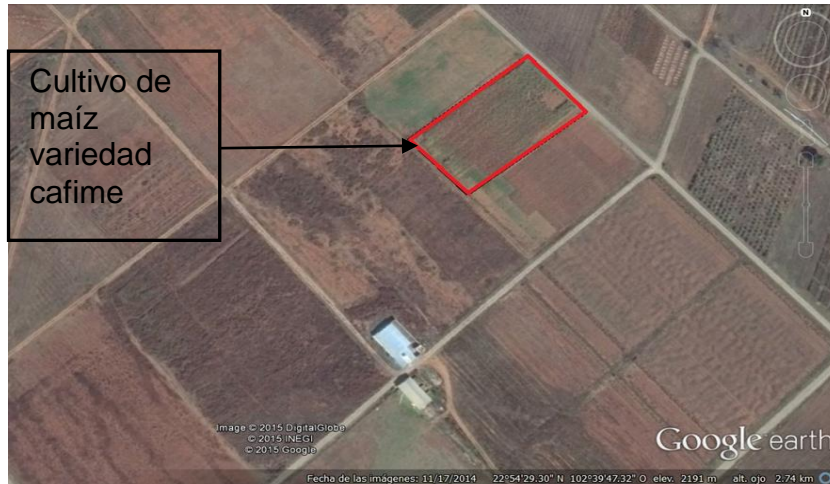


Figura 2. Ubicación de la parcela experimental
Fuente: Google Maps, 2014.

3.2 Manejo del Cultivo

Para evaluar la calidad nutricia del ensilaje se utilizó la variedad de maíz Cafime cuyo ciclo vegetativo es de 112 días. La preparación del terreno consistió de barbecho, rastreo y nivelación. La fecha de siembra fue el 22 de julio de 2014 y la densidad de semilla fue de 15 kg por ha. Para el establecimiento del cultivo se utilizó un riego de presembrado y solamente se aplicó un riego de auxilio a los 40 días después de la siembra. La fórmula de fertilización fue 80-40-00, se aplicó la mitad del nitrógeno y todo el fósforo en la siembra y el resto del nitrógeno alrededor de 40 días después de la siembra.

Con el objetivo de determinar la calidad nutricia del ensilaje a una edad vegetativa temprana del maíz, la elaboración del ensilaje se llevó a cabo durante el estado fenológico hoja bandera, la cual para la variedad de maíz Cafime se presenta a los 55 días después de la siembra.

3.3 Elaboración de Ensilaje en Microsililo

El ensilaje se elaboró en microsililo tipo bolsa con capacidad de 30 kg. Después de 25 días de ensilado, las bolsas fueron abiertas para obtener una muestra de 25 gramos para medir el pH y al mismo tiempo se colectó una muestra de mayor

tamaño (2.2 kg), para medir la calidad nutricia del ensilaje (materia seca, proteína cruda, fibra detergente ácida, fibra detergente neutra, carbohidratos no fibrosos, total de nutrimentos digestibles, cenizas y energía neta de lactancia).

3.3.1 Picado del Forraje

Para la elaboración del ensilaje en microsilaje tipo bolsa, se utilizó una picadora de motor a gasolina con nueve caballos de fuerza (Figura3), una rozadera o machete para cortar la planta de maíz, bolsas de polietileno (60x90cm) y un compactador manual. El picado de la planta de maíz se realizó por dos operadores, uno de ellos introduce la planta de maíz en la tolva de abastecimiento de la máquina, mientras que el otro operador sostiene la bolsa en la cual va a ser depositado el forraje picado. El tamaño de partícula del forraje fue de dos a tres centímetros. Para llenar una bolsa de 30 kg de forraje picado se utilizaron alrededor de 80 plantas de maíz en estado fenológico hoja de bandera. Una vez picado el forraje, éste fue preparado con aditivos y compactado en bolsas de polietileno (60X90 cm), utilizando para ello un compactador manual con capacidad de hasta 60 kg (Figura 4).



Figura 3. Picado del forraje de maíz.

3.3.2. Preparación del Forraje con Aditivos

Una vez picado el forraje, este fue puesto en caja de plástico con capacidad de 30 kilogramos aproximadamente, con la finalidad de agregar el aditivo y mezclar uniformemente. La melaza y el yogur fueron agregados al dos por ciento del peso total del forraje, para una bolsa de 30 kg se agregaron 600 g de melaza o yogur comercial de la marca lactigurt®. Para el inoculante comercial de la marca Biosile®, se agregaron 120 ml por cada 30 kg de forraje.

3.3.3 Llenado y Apisonado

Una vez picado el forraje y agregado el aditivo, este es depositado en una bolsa de polietileno para ser apisonado; esta actividad tuvo como finalidad expulsar la máxima cantidad de aire del ensilado e impedir que el aire penetre en el mismo. En el caso particular del microsilo, el ensilaje apisonado en bolsa (Figura4) debe realizarse con cierta precaución a fin de evitar rupturas de la bolsa al momento de ejercer fuerza de la palanca sobre el forraje.



Figura 4. Llenado y apisonado del forraje.

3.3.4 Sellado de Bolsa

Al momento de finalizar el llenado del microsilo tipo bolsa, inmediatamente se procedió a cerrar mediante torsión de la bolsa hasta sacar todo el aire inmerso en ella, al finalizar este proceso, la bolsa se amarra con un hilo hasta que quedo sellado. El objetivo de esta operación fue asegurar que la bolsa quedara completamente sellada de su parte superior para evitar la entrada de agua y, aire principalmente, lo anterior permite reducir la incidencia de las fermentaciones aeróbicas desfavorables (Figura5).



Figura 5. Microsilo tipo bolsa terminado.

3.4 Diseño Experimental

El diseño experimental utilizado fue bloques completamente al azar con tres repeticiones. Los tratamientos fueron: ensilaje sin aditivo, ensilaje con dos por ciento de melaza, ensilaje con dos por ciento de yogur y ensilaje con inoculante comercial Biosile® (*Lactobacillus buchneri* y *Pediococcus* spp.) cuatro ml kg⁻¹.

La unidad experimental fue una muestra de 2.2 kg de ensilaje de maíz. Esta muestra fue cosechada en la etapa de hoja bandera y embuche.

3.5 Medición de la Calidad Nutricia del Ensilaje

Las muestras de forraje con las que se determinaron los porcentajes de materia seca fueron procesadas en un molino Giley con criba de un milímetro. A todas las muestras se les determinó el porcentaje de PC mediante el método de Dumas por combustión AOAC (AOAC, 1996), utilizando el equipo LECO. El contenido de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácida (FDA) se determinaron con la técnica de detergentes (Bering y Van Sotes, 1970) usando un analizador de fibra ANKOM. Las variables totales de nutrimentos digestibles (TDN), valor relativo del forraje (VRF) y energía neta para lactación (ENL) se calcularon utilizando las ecuaciones adaptadas por Horrocks y Vallentine (1999).

3.6 Análisis de Datos

Los datos de todas las variables fueron analizadas mediante un ANOVA a una vía (efecto tratamiento). La comparación entre tratamientos fue realizada mediante la prueba de Tuque. Todo el procedimiento estadístico fue realizado usando el paquete estadístico SYSTAT 13 (2013).

4. RESULTADOS

4.1 Materia Seca

El contenido de materia seca (MS) en el ensilaje no presentó diferencias significativas entre tratamientos ($P \geq 0.05$). Los valores promedio de esta variable fluctuaron entre 14.1 a 16 por ciento de MS (Tabla 3).

Tabla 3. Valores promedio de materia seca y pH en ensilaje de maíz tratado con melaza, yogur e inoculante comercial.

Tratamiento	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	MS (%)	pH
Ensilaje sin aditivo	2200	299	13.6	3.3
Ensilaje con melaza	2200	332	15.1	3.7
Ensilaje con yogur	2200	353	16.1	3.2
Ensilaje con inoculante comercial	2200	322	14.6	3.3

MS= materia seca; pH= potencial de hidrógeno.

4.2 pH

El pH contenido en el ensilaje de maíz no presentó diferencias entre tratamientos ($P \geq 0.05$). Los valores promedio para esta variable fluctuaron entre 3.2 a 3.7 (Tabla 3).

4.3 Proteína Cruda

La cantidad de proteína cruda en los ensilajes mostró diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0.001$). La mayor cantidad la obtuvo el ensilaje tratado con inoculante comercial (141.9 g/kg MS), mientras que la menor cantidad la obtuvo el ensilaje sin aditivo (87.1 g/kg MS). Los valores de PC de los ensilajes tratados con melaza (110 g/kg MS) y yogur (106.4 g/ kg MS) no presentaron diferencias

significativas entre ellos, pero estos valores fueron mayores a los obtenidos por el ensilaje sin aditivo (Figura 6).

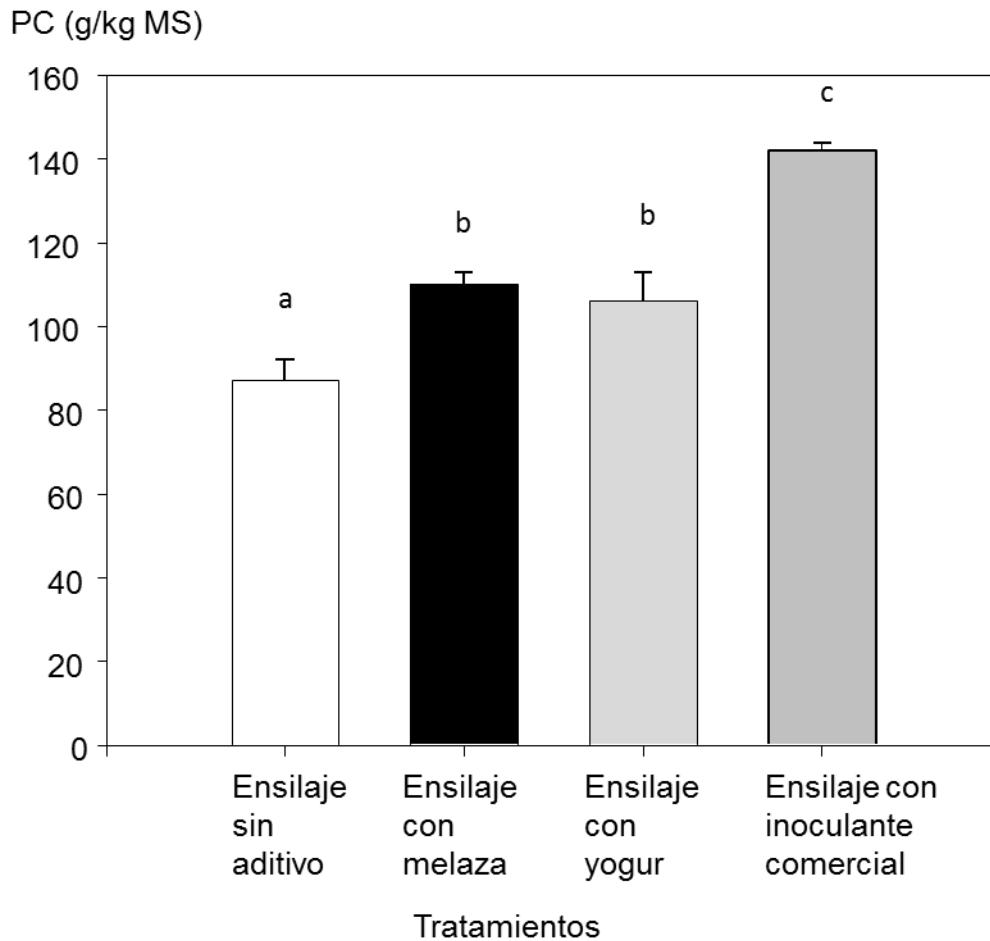


Figura 6. Contenido promedio (\pm EEM) de proteína cruda (PC) en ensilajes de maíz tratados con diferentes aditivos.

*Letras diferentes representan diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0.05$).

4.4 Fibra Detergente Ácida

Los valores promedio de fibra detergente ácida (FDA) de los ensilajes tratados con diferentes inoculantes fueron diferentes entre tratamientos ($P \leq 0.001$). La menor cantidad la obtuvieron los ensilajes tratados con melaza (370 g/kg MS), yogur

(404g/kg MS) e inoculante comercial (373 g/kg MS), mientras que la mayor cantidad la obtuvo el ensilaje sin aditivo (441 g/kg MS) (Figura 7).

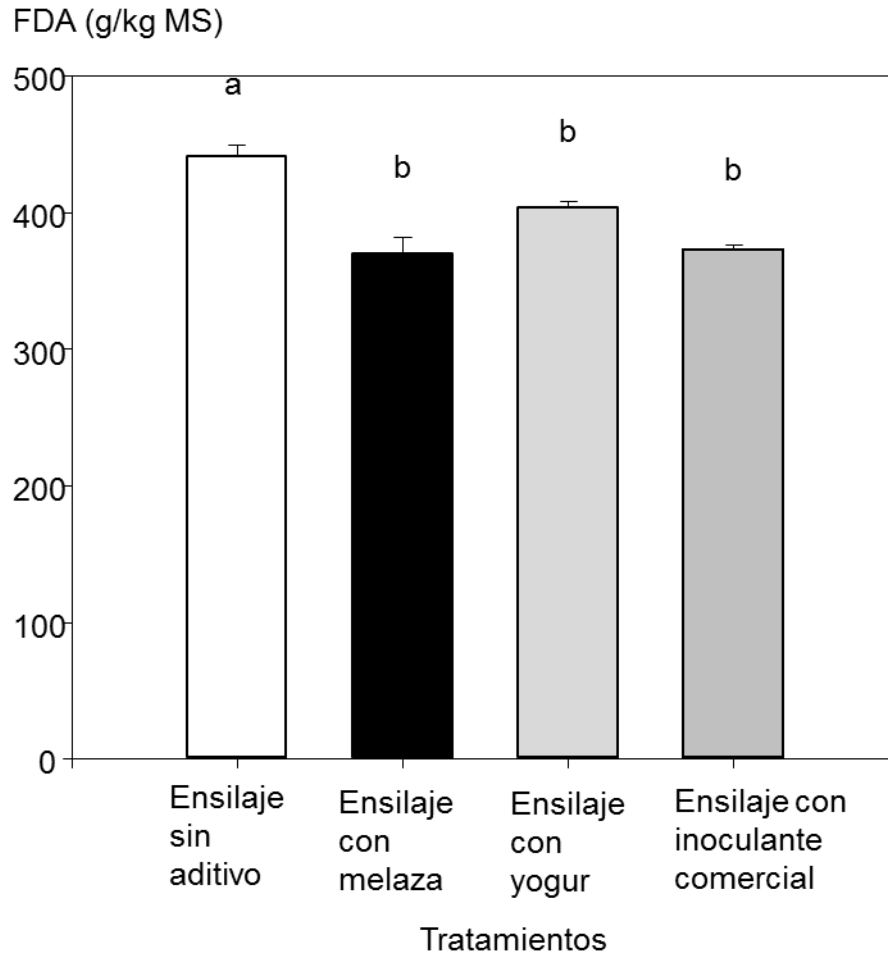


Figura 7. Contenido promedio (\pm EEM) de fibra detergente ácida (FDA) en ensilajes de maíz tratados con diferentes aditivos.

*Letras diferentes representan diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0.05$).

4.5 Fibra Detergente Neutra

Los valores promedio de fibra detergente neutra (FDN) de ensilajes tratados con inoculantes difirieron entre tratamientos ($P \leq 0.001$). La menor cantidad de FDN la obtuvieron los ensilajes tratados con melaza (589 g/kg MS), yogur (624 g/kg MS) e

inoculante comercial (624 g/kg MS), comparado con el ensilaje sin aditivo (682 g/kg MS) (Figura 8).

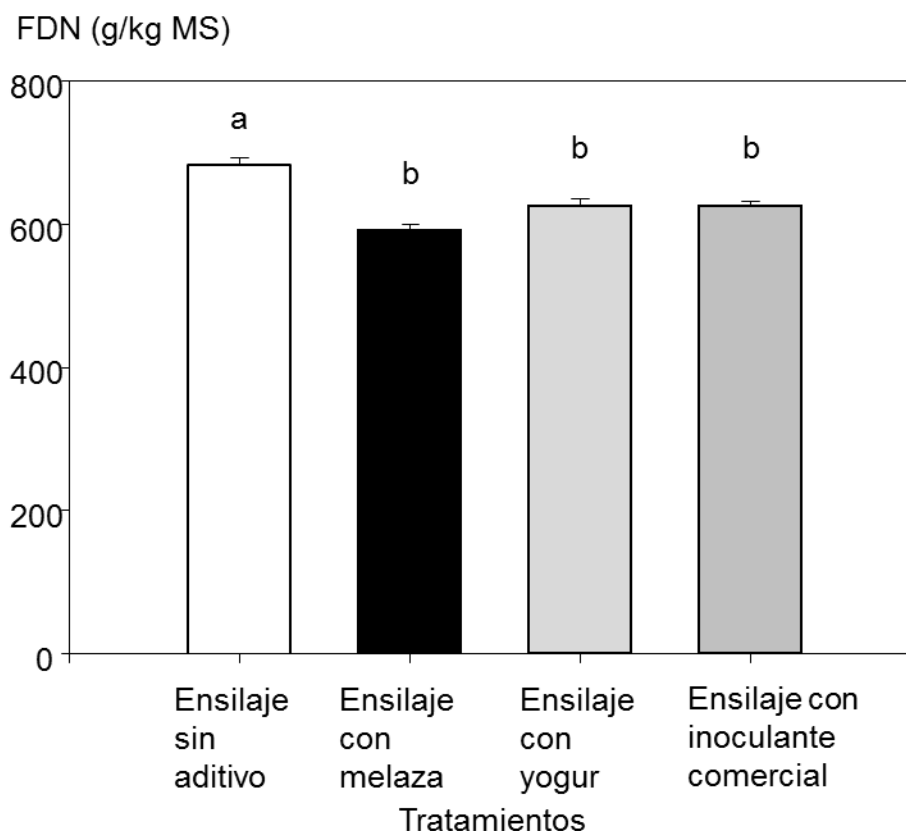


Figura 8. Contenido promedio (\pm EEM) de fibra detergente neutra (FDN) en ensilajes de maíz tratados con diferentes aditivos

*Letras diferentes representan diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0.05$)

4.6 Carbohidratos no Fibrosos

El porcentaje de carbohidratos no fibrosos (CNF) en ensilajes de maíz fue diferente entre tratamientos ($P \leq 0.01$). La mayor cantidad de CNF la obtuvieron los ensilajes tratados con melaza (21.3%) y yogur (19.1%), mientras que las menores cantidades las obtuvieron las muestras de ensilaje sin aditivo (15.2%) y los tratados con inoculante comercial (15.4%) (Figura 9).

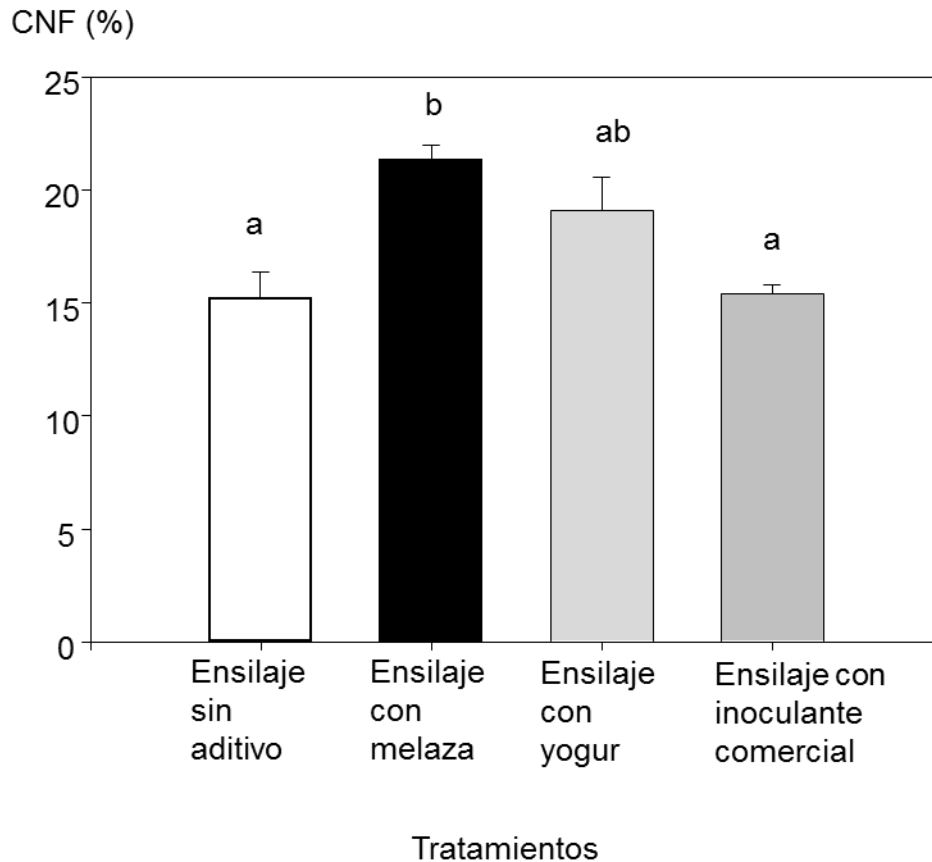


Figura 9. Porcentaje promedio (\pm EEM) de carbohidratos no fibrosos (CNF) en ensilajes de maíz tratados con diferentes aditivos.

*Letras diferentes representan diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0.05$).

4.7 Total de Nutrientos Digestibles

El contenido total de nutrientes digestibles (TND) en ensilajes de maíz tratados con diversos aditivos fue diferente entre tratamientos ($P \leq 0.01$). Las mayores cantidades las obtuvieron los ensilajes tratados con melaza (58.4%) y yogur (57.7%), mientras que la menor cantidad la obtuvo el ensilaje sin aditivo (55,2%) y, el ensilaje tratado con inoculante comercial obtuvo (56.9%) (Figura 10).

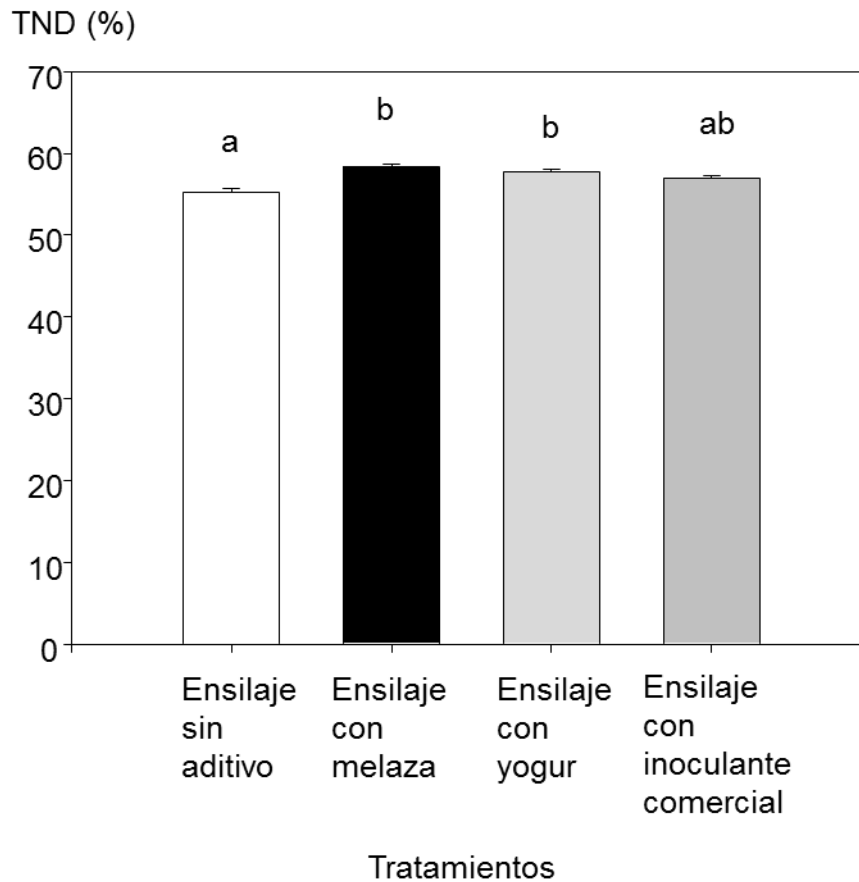


Figura 10. Porcentaje promedio (\pm EEM) de total de nutrientes digestibles (TND) en ensilajes de maíz tratados con diferentes aditivos.

*Letras diferentes representan diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0.05$).

4.8 Cenizas

El porcentaje promedio de cenizas en el ensilaje difirió entre tratamientos ($P \leq 0.001$). Los ensilajes con menor cantidad de cenizas fueron los tratados con yogur (8.4 %) y sin aditivo (8.6 %), mientras que los ensilajes tratados con melaza (9.0 %) e inoculante comercial (9.4%) presentaron los mayores porcentajes de cenizas (Figura 11).

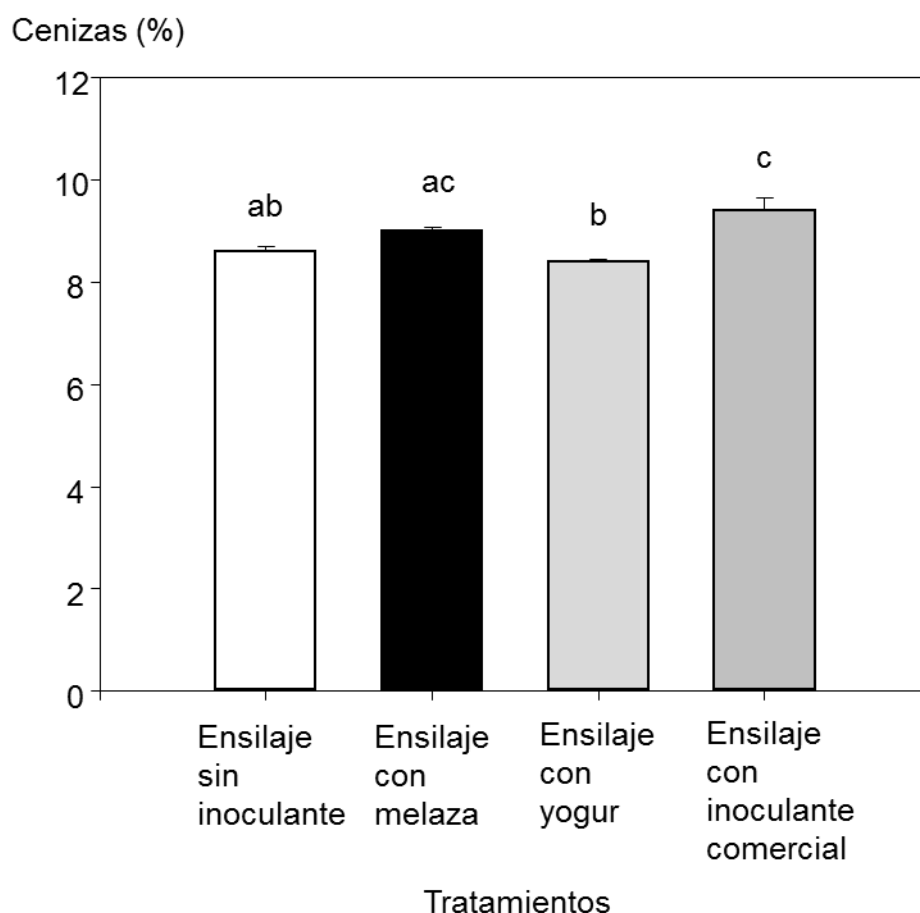


Figura 11. Porcentaje promedio (\pm EEM) de cenizas en ensilajes de maíz tratados con diferentes aditivos.

*Letras diferentes representan diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0.05$).

4.9 Energía Neta de Lactancia

El contenido de energía neta de lactancia (ENL) en los ensilajes tratados con diferentes aditivos, difirió significativamente entre tratamientos ($P \leq 0.001$). La mayor cantidad la obtuvieron los ensilajes tratados con melaza (1.33 Mcal/kg), yogur (1.30 Mcal/kg) e inoculante comercial (1.31 Mcal/kg), mientras que la menor cantidad la obtuvo el ensilaje sin aditivo (1.21 Mcal/kg) (Figura 12).

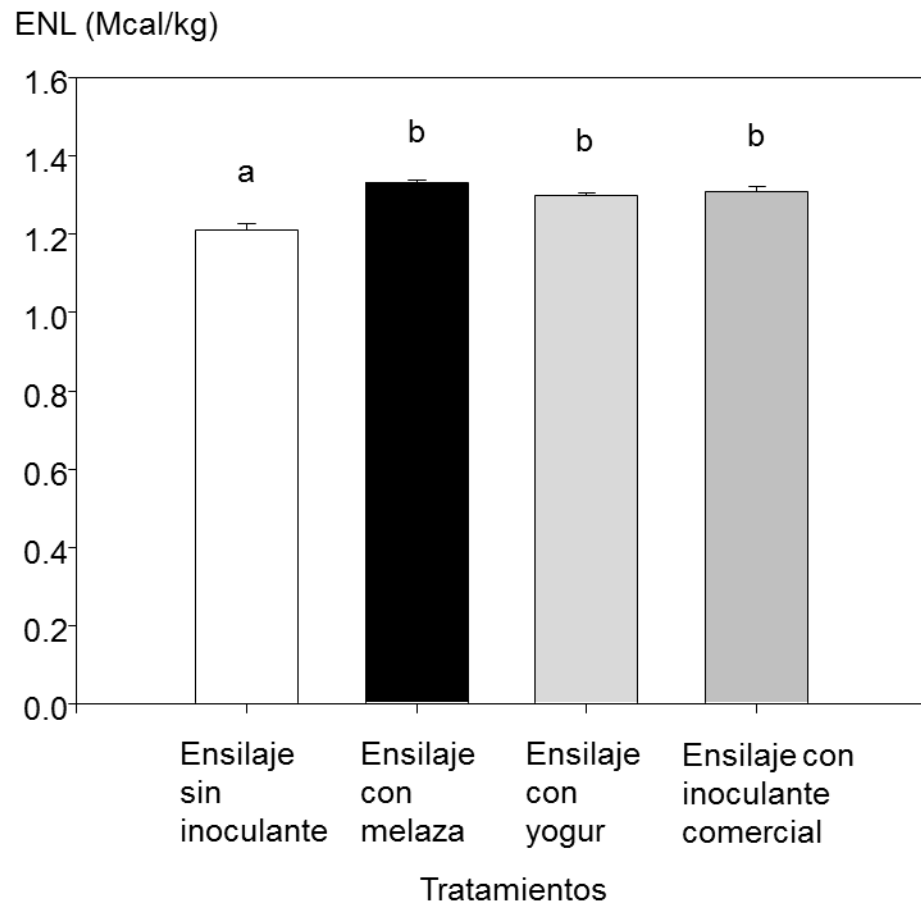


Figura 12. Contenido promedio (\pm EEM) de energía neta de lactancia (ENL) en ensilajes de maíz tratados con diferentes aditivos.

*Letras diferentes representan diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0.05$)

5. DISCUSIÓN

Los resultados de la presente tesis permiten concluir que la melaza y el yogur mejoran la calidad nutricia del ensilaje de maíz, similar a la calidad obtenida con el inoculante comercial. En efecto, la incorporación de melaza o yogur en el forraje mejoró de manera notable el contenido de PC, FDA, FDN, CNF, TND, cenizas y ENL del ensilaje, similar a lo datos obtenidos con el inoculante comercial. Así, el ensilaje tratado con melaza incrementó la cantidad de proteína cruda en un 26 por ciento con respecto al ensilaje sin tratar, mientras que el ensilaje tratado con yogur el incremento fue de un 22 por ciento. Estudios realizados al respecto indican que la melaza es un excelente aditivo en la fermentación anaeróbica de los forrajes, puesto que enriquece el material vegetativo con carbohidratos y llena los poros gaseosos, reduciendo con ello la afluencia de oxígeno en el ensilaje (Qamar, 2009). Sin embargo, la melaza no sólo tiene un efecto significativo en el proceso fermentativo del ensilaje, sino que también ha demostrado ser un aditivo importante en las características nutricias del ensilaje. Al igual que en el presente estudio, Dönmeza *et al.* (2003) demostraron que la incorporación de melaza en el ensilaje de maíz incrementó un 35 por ciento el contenido de proteína cruda en comparación al ensilaje sin aditivo. Es probable que la incorporación de melaza en el forraje incrementó de manera significativa el contenido de ácido láctico en el ensilaje debido a que, la melaza sirve como fuente de energía para las bacterias ácido lácticas (Baytok *et al.*, 2005). De esta manera, el pH se mantuvo bajo y el ensilaje se preservó mejor reduciendo la presentación de una proteólisis en el ensilado (Ruiz *et al.*, 2009). Con respecto al contenido de PC del ensilaje inoculado con yogur comercial, existen pocos estudios que indiquen el efecto del yogur sobre el contenido de proteína cruda en ensilajes de maíz. Sin embargo, este inoculante se emplea con mayor frecuencia en ensilajes en la industria de la pescadería donde se utiliza como inoculante láctico (Toledo y Llanes, 2006). En estos estudios el uso de yogur no modificó el contenido de proteína cruda de los ensilajes, sin embargo en nuestro estudio tuvo un incremento del 22 por ciento. La fibra detergente acida (FDA), es el porcentaje indigestible de la planta presente en el forraje. Ésta contiene principalmente celulosa, lignina y sílice (Eskandari *et*

al., 2009). Valores bajos de FDA representan valores altos de energía y digestibilidad, los cuales son deseables para los rumiantes. En el presente estudio, los ensilajes tratados con melaza, yogur e inoculante comercial presentaron cantidades menores de FDA en comparación al ensilado sin tratar. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en estudios realizados en ensilajes de zacate bermuda, en los que se reportó que al aumentar la dosis de melaza en el ensilaje, se redujeron las concentraciones de FDA, lo cual mejoró la digestibilidad de la materia seca (Nayigihugu *et al.*, 1995).

La fibra detergente neutra (FDN), representa la pared estructural o celular en el forraje. Esta variable está inversamente relacionada a la cantidad que un animal es capaz de consumir. Así, forrajes con bajos valores de FDN tendrán altos niveles de consumo que aquellos con valores altos. Por lo tanto, un valor bajo de FDN es deseable para los rumiantes (Eskandari *et al.*, 2009). Los ensilajes tratados con melaza, yogur e inoculante comercial obtuvieron valores más bajos de FDN que los obtenidos por el ensilaje sin tratar. Nuestros resultados son similares a los obtenidos por Dönmeza *et al.* (2003), quienes demostraron que la melaza redujo un 18 por ciento las concentraciones de FDN relativo al ensilaje sin tratar.

Los carbohidratos no fibrosos (CNF), son los azúcares y almidones de los forrajes. De hecho, son la fuente principal de energía para el crecimiento de los microorganismos del rumen, que al ser digeridos en el intestino delgado, constituyen la fuente de aminoácidos. El ensilaje tratado con melaza produjo mayores cantidades de CNF en comparación a los ensilajes tratados con inoculante comercial o sin tratar. Sin embargo, los valores obtenidos en el presente estudio son menores a los reportados por Kononoff *et al.* (2003); estos autores reportaron un 46.2 por ciento de CNF en ensilajes cosechados en un tercio de línea de leche. La baja cantidad obtenida en nuestro estudio se debió probablemente a la cosecha del forraje en hoja bandera.

El contenido de TND se refiere a los nutrimentos del forraje que están disponibles para los animales y estos valores están asociados a las concentraciones de FDA del forraje. En ensilajes de maíz los rangos de TND fluctúan entre 55 a 75 por

ciento (Flores y Figueroa, 2010). En el presente estudio, los valores de TND se ubican dentro del rango normal publicado por estos autores. No obstante, los mayores valores fueron para los ensilajes tratados con melaza, yogur e inoculante comercial, respectivamente.

Las cenizas, son el contenido total mineral del forraje. La deficiencia de elementos minerales puede afectar la utilización del forraje y puede perjudicar la habilidad de los microorganismos para digerir la fibra y síntesis de proteína (Eskandari *et al.*, 2009). El porcentaje de cenizas contenida en el ensilaje fue mayor para el ensilaje tratado con inoculante comercial y melaza, seguido del ensilaje tratado con yogur.

La energía neta de lactancia es la porción de la energía total que contiene un forraje o alimento que utiliza el animal para producir leche y mantener las funciones de su cuerpo (Schoereder, 2004; NRC, 2001). La energía neta de lactancia contenida en los ensilajes resultó ser mayor para los tratados con aditivos que para el ensilaje sin tratar. De hecho, la ENL fluctuó entre 1.21 a 1.33 Mcal/kg. Estos valores son similares a los reportados por Flores y Figueroa, (2010), los cuales reportaron rangos que van desde 1.27 a 1.62 Mcal/kg.

6. CONCLUSIONES

La melaza utilizada como aditivo, mejoró la calidad nutricia del ensilaje de maíz cosechado en hoja bandera. Los resultados de la variable estudiada demostraron ser superiores comparados con el ensilaje sin aditivo (testigo), por lo tanto se acepta la hipótesis planteada.

El yogur utilizado como aditivo, mejoró la calidad nutricia del ensilaje de maíz cosechado en hoja bandera. Los resultados de la variable estudiada demostraron ser superiores comparados con el ensilaje sin aditivo (testigo), por lo tanto se acepta la hipótesis planteada.

El inoculante comercial utilizado como aditivo, mejoró la calidad nutricia del ensilaje de maíz cosechado en hoja bandera. Los resultados de la variable estudiada demostraron ser superiores comparados con el testigo, por lo tanto se acepta la hipótesis planteada.

El ensilaje de maíz cosechado en hoja bandera sin aditivo, fue de menor calidad nutricia, con respecto a los tratamientos. El ensilaje sin tratar es de menor calidad, por lo tanto se rechaza la hipótesis planteada.

7. LITERATURA CITADA

Alaniz V., O. 2008. Adición de residuo de la industria cervecera al ensilaje de maíz como alternativa de forraje para ganado. Tesis. Maestría. Instituto Politécnico Nacional Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Regional Durango. Durango, Dgo. p. 35.

AOAC (Association of Analytical Communities).1996. Official methods of analysis. Assoc. of Anal Chem. 16th ed. Arlington, VA.

Argamentería G. A., B. de la Roza D., A. Martínez F., M. Sánchez y A. Martínez M. 1997. El ensilado en Asturias. Asturias: Servicio de Publicaciones del Principado de Asturias. p. 127.

Ashbell, G. y Z. Weinberg. 1999. Ensilaje de cereales y cultivos forrajeros en el trópico. Memorias de la Conferencia Electrónica de la FAO. FAO. p.111-119.

Baytok, E., T. Aksu., M. Akif K., and M. Habip. 2005. The effects of formic acid, molasses and inoculants as silage additives on corn silage composition and ruminal fermentation characteristics in sheep. Turk J Vet Anim Sci. 29 (2005): 469-474.

Calsamiglia, S., A. Ferret. y A. Bach. 2004.Tablas FEDNA de valor nutritivo de forrajes y subproductos fibrosos húmedos. Fundación para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid. p. 70.

Cañeque M., V. y J.L. Sancha S. 1998. Ensilado de forrajes y su empleo en la alimentación de rumiantes. Mundi Prensa. Madrid. p. 1-270

Cattani A., P. 2011. Sitio argentino de Producción Animal. Disponible en:http://www.produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_henos/30-Henificacion.pdf. Consultado: 28 de septiembre de 2014.

Deere & Company, I. 2005. John Deere. Disponible en:http://www.deere.com/es_MX/ag/homepage/tips/ensilaje.html. Consultado: 2 de septiembre de 2014.

Dönmeza A. N., M.A. Karşlı., A. Çınar., T. Aksu., and E. Baytok. 2003. The effects of different silage additives on rumen protozoan number and volatile fatty acid concentration in sheep fed corn silage. *Small Ruminant Research*. 48: 227–231.

Echavarría Ch., F.G., A. Serna P., M.J. Flores N., G. Medina G., R. Gutiérrez L., H. Salinas G., y J.C. López G. 2014. Sistema de producción de forrajes de temporal una opción para la reconversión productiva. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC. INIFAP. Folleto técnico Núm. 53.

Eskandari, H., A. Ghanbari. and A. Javanmard. 2009. Intercropping of cereals and legumes for forage production. *Not Sci Biol.*(1): 07-13.

Flores M., A. y U. Figueroa. 2010. Producción y ensilaje de maíz forrajero de riego. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Zacatecas. Calera de Víctor Rosales, Zacatecas. Folleto técnico Núm. 30. 36 p.

Gallardo, M. 2003. Tecnologías para corregir y mejorar la calidad de los forrajes conservados. Santa Fé, Argentina. INTA. p. 51-61.

Georing H., K. and P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis: apparatus, reagents, procedures, and some applications. *Agric. Handbook*. p. 379.

Google Maps. 2015. Google Maps. Disponible en: <https://www.google.com/maps/@22.8998586,102.6555817,93263m/data=!3m1!1e3>. Consultado: 04 de octubre de 2015.

Google Maps. 2014. Google Maps. Disponible en: <https://www.google.com/maps/@22.9077756,102.6635775,729m/data=!3m1!1e3>. Consultado: 10 de noviembre de 2014.

Guaman T., D. 2013. Elaboración del ensilado a partir de torta de palmiste como suplemento nutricional para la alimentación animal. Tesis. Licenciatura. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. p. 134.

Hiriart A., M.E., K. Bolsen W. y B. Brent. 1998. Un estudio de los cambios químicos y microbianos en el ensilaje de maíz: Efecto de aditivo biológico y sellado. Conferencia Internacional de Ensilaje. Escocia. p. 174-178.

Holguín V., A. y M. Ibrahim. 2005. Ensilaje: estrategia de conservación de forrajes para la época seca. Disponible en: http://www.fao.org/fileadmin/templates/lead/pdf/07_article02_es.pdf. Consultado: 15 de diciembre de 2014,

Honig, H. and M.K. Woolford. 1980. Changes in silage on exposure to air. Journal Forage Conservation in the 80's. 111-119.

Horrocks R.,D. and J.F. Vallentine. 1999. Harvested forage. Academic Press. London, UK.

Jiménez, J. F. y Moreno, M. J. 2000. El ensilaje: Una alternativa para la conservación de forrajes. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria. Bucaramanga, Colombia. p. 16-19.

Kononoff P., J., A.J. Heinrichs., and H.A. Lehman. 2003. The effect of corn silage particle size on eating behavior, chewing activities, and rumen fermentation in lactating dairy cows. *Journal Dairy Science*. 86:3343–3353.

Lane R., I. 1999. Ensilaje en pequeñas bolsas plásticas. *Memorias de la Conferencia Electrónica de la FAO sobre el Ensilaje en los Trópicos*. FAO. Roma. p. 81-83.

Lara M., J. 2011. Aditivos para el mejoramiento del ensilaje del maíz forrajero. Servicio Profesional. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. p. 1-40.

Mannetje L., ít. 1999. Introducción a la conferencia sobre el uso del ensilaje en el trópico. *Memorias de la Conferencia Electrónica de la FAO sobre el Ensilaje en los Trópicos*. FAO. Roma. p.1-4.

Martínez A., M. 2003. Uso de aditivos como mejoradores del ensilaje de maíz. Tesis. Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. p. 64.

McDonald, P. Henderson, A. R., and Heron, S. J. 1991. *The biochemistry of silage*. 2nd ed. Chalcombe Publications. Britain. p. 340.

Mier, Q. M. 2009. Caracterización del valor nutricional y estabilidad aeróbica de ensilajes en forma de microsilos para maíz forrajero. Tesis. Maestría. Universidad de Córdoba. Córdoba, España. p. 59.

Moreno, E. y N. Sueiro. 2009. *Curso de Pasturas*. Disponible en: <http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/PASTURAS%20CRS/Seminarios%202009/Conservacion%20de%20Forrajes.pdf>. Consultado: 09 de octubre de 2014.

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

NRC (National Research Council). 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7th ed. Washington, D.C. p.13.

Nayigihugu V. Kellogg., D.W. Johnson, Z.B. Scott, M. and K.S Anschutz. 1995. Effects of adding levels of molasses on composition of Bermuda grass (*Cynodon dactylon*) silage. *Journal of Animal Science* 73, Suppl.1. p. 200.

Ojeda G., F. 1999. Técnicas de cosecha y de ensilado. Memorias de la Conferencia Electrónica de la FAO sobre el Ensilaje en los Trópicos. FAO. Roma. p. 137-146.

Qamar M., B. 2009. Effect of molasses and corn as silage additives on the characteristics of mott dwarf elephant grass silage at different fermentation periods. *Pakistan Vet. J.* 29(1):19-23.

Roth G., W. and A.J. Heinrichs. 2001. Corn silage production and management. *Agronomy Facts* 18. Pennsylvania State University. p. 7.

Roza D., B. de la. 2005. El ensilado en zonas húmedas y sus indicadores de calidad. IV Jornadas de Alimentación Animal. Pontevedra: Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentaria del Principado de Asturias. p. 20.

Ruiz B., O., A. Castillo, A. Anchondo, C. Rodríguez, O. Beltrán, O. La O y J. Payán. 2009. Efectos de enzimas e inoculantes sobre la composición del ensilaje de maíz. *Arch. Zootec. Chihuahua, México* 58 (222):163-172.

Santana L., D.R. 2004. Enzimas fibrolíticas e emurchecimiento no controle de perdas da ensilagem e na digestão de nutrientes em bovinos alimentados com rações contendo silagem de Capim Tanzania. Tesis. Doctorado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. p. 1-64.

Schoereder J., W. 2004. Corn silage management. University Cooperative. North Dakota State. Disponible en:<https://www.ag.ndsu.edu/pubs/ansci/dairy/as1253.pdf>. Consultado: 15 de marzo de 2015.

Scudamore, K. A., and T. C. Livesey. 1998. Occurrence and significance of mycotoxins in forage crops and silage: a review. *Journal of the Science of Food and Agricultural*. 77:1-7.

Stefanie J., W., E. Oude., F. Driehuis E., J. Gottschal C. y S. Spoelstra F. 1999. Los procesos de fermentación del ensilaje y su manipulación. Memorias de la Conferencia Electrónica de la FAO sobre el Ensilaje en los Trópicos. FAO. Roma. p.17-30.

SYSTAT 13. 2013. Chicago, IL., USA.

Toledo, J. y J. Llanes. 2006. Estudio comparativo de los residuos de pescado ensilados por vías bioquímica y biológica. *Revista Aqua TIC*. 25: 28-33.

Valencia C., A., A. Hernández B. y B. López D. 2011. El ensilaje: ¿qué es y para qué sirve? *Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Universidad Veracruzana*. XXIV (2).

Vieyra C., M. 2006. El ensilaje como método de conservación de forrajes. Servicio Profesional. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. p. 1-28.

Weinberg Z., G. and R.E. Muck. 1996. New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. FEMS Microbiology Reviews.19:53-68.

Wheaton H., F., F. Martz. and F. Meinershagen. 1993. Corn silage. University Extension. Missouri, USA. p. 50.

Woolford M., K. 1984. The silage fermentation. Microbiology Series n° 14. Marcel Dekker Inc. p. 350.