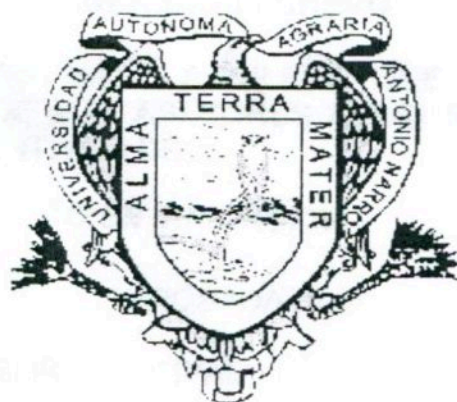


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"**

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**METODOLOGÍA PARA PRESERVACIÓN DE FORRAJE PARA
GANADO LECHERO.**

POR

IVÁN MATA AGUILERA.

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE DE 2006.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

**METODOLOGÍA PARA PRESERVACIÓN DE FORRAJE PARA
GANADO LECHERO.**

TESIS DEL C. IVÁN MATA AGUILERA QUE SE SOMETE A LA
CONSIDERACIÓN DE LOS ASESORES COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN


APROBADA POR:

ASESOR PRINCIPAL



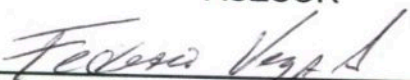
M.C. CARLOS EFREN RAMÍREZ CONTRERAS

ASESOR



M.C. JOSE GUADALUPE GONZALEZ QUIRINO

ASESOR



M.C. FEDERICO VEGA SOTELO

ASESOR.



M.C. ALAIN BUENDIA GARCIA

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS.



M.E. VICTOR MARTÍNEZ CUETO



TORREÓN COAHUILA MÉXICO

Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas
DICIEMBRE DE 2006

00099

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

**METODOLOGÍA PARA PRESERVACIÓN DE FORRAJE PARA
GANADO LECHERO.**

TESIS DEL C. IVÁN MATA AGUILERA QUE SE SOMETE A LA
CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN


APROBADA POR:

PRESIDENTE.




M.C. CARLOS EFREN RAMÍREZ CONTRERAS

VOCAL.



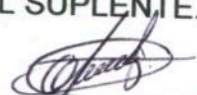
M.C. JOSE GUADALUPE GONZALEZ QUIRINO

VOCAL.



ING. FEDERICO VEGA SOTELO

VOCAL SUPLENTE.



M.C. ALAIN BUENDIA GARCIA

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS.



M.E. VICTOR MARTÍNEZ CUETO

TORREÓN COAHUILA MÉXICO

DICIEMBRE DE 2006

Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas

00099

AGRADECIMIENTOS.

Le doy gracias a Dios, por haberme permitido terminar la carrera satisfactoriamente, y por estar con migo en los momentos mas difíciles.

A mi "Alma Terra Mater" por gran generosidad de permitirme realizar mi sueño de ser un profesionista y ser uno más de sus buitres.

Al M. C. Carlos Efrén Ramírez, M. C. José Guadalupe González Quirino, M. C. Federico Vega Sotelo y M. C. Alain Buendía García por su apoyo y valiosa colaboración para la realización del trabajo de investigación.

Alos Ingenieros Luís Alfredo García Velásquez, Omar Gómez Gutiérrez y Moisés Carballo Galicia por su amistad y apoyo incondicional para que pudiera realizar mi trabajo de investigación.

Alos profesores y secretarias del Departamento de Riego y Drenaje, por su paciencia, amistad y apoyo incondicional en cada momento.

DEDICATORIA.

Con cariño y respeto a mis padres, Federico Mata Silva y Leticia Aguilera Flores, que con tanto sacrificio y esfuerzo me apoyaron a salir adelante, espero no defraudarlos.

A mi hermana Tania Zulema Mata Aguilera por su apoyo, consejos brindados que en todo momento me manifestó y por ser mi mejor amiga.

A mi novia Janeth Díaz Reyes por su amistad, amor y comprensión y por ser una de mis inspiraciones para superarme y ser alguien en la vida, gracias bonita.

A mis compañeros y amigos de clase por su amistad y todas las aventuras que vivimos juntos durante el transcurso de la carrera.

RESUMEN.

El estudio se realizó durante el ciclo primavera – verano de 1994. En la pequeña propiedad “el porvenir”, ubicada dentro del municipio de Francisco I. Madero, Coah., con la finalidad de encontrar la mejor práctica agronómica para la conservación de maíz forrajero, que brinde una mejor calidad, para tal efecto se sembró el híbrido de maíz HYTEST ABT 7887 el 8 de mayo, sobre el cual se evaluaron dos técnicas de ensilaje.

El propósito del presente trabajo fue determinar la técnica más apropiada para la preservación del ensilaje de maíz forrajero. En el trabajo, se tomaron seis muestras de silo del pozo con ácido propiónico y seis muestras del pozo sellado con plástico. Las muestras tomadas en cada pozo de silo fueron tomadas al azar con una distancia de 5 metros entre muestra. Las dimensiones fueron de 1 metro de ancho por 1 metro de largo con una profundidad de 10 cm. de profundidad.

Los parámetros evaluados fueron la pérdida de silo por la presencia de microorganismos indeseables en el silo de maíz. Así, como el costo total cada técnica utilizada.

En base a los resultados obtenidos el pozo de silo sellado con plástico no presenta pérdidas de silo, además de ser el mejor desde el punto de vista económico.

ÍNDICE.

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
III. METAS	3
IV. HIPOTESIS	3
V. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
5.1. Procesos de fermentación del ensilaje y su manipulación	4
5.1.1. Proceso del ensilaje	4
5.1.2. Fase 1 aeróbica	5
5.1.2.1. Fase 2 de fermentación	5
5.1.2.1.1. Fase 3 estable	5
5.1.2.1.2. Fase 4 de deterioro aeróbico	5
5.2. La microflora del ensilaje.....	7
5.2.1. Microorganismos benéficos	8
5.2.2. Microorganismos indeseables	10
5.2.3. Levaduras	10
5.2.3.1. Enterobacterias	11
5.2.3.1.1 Clostridios.....	13
5.2.3.1.2 Mohos	15
5.3. Aditivos para mejorar la fermentación del ensilaje	17
VI. MATERIALES Y METODOS	19
6.1. Características del área de estudio.....	19
6.1.1. Localización geográfica	19

6.2. Infraestructura	19
6.3. Equipo a utilizar	19
6.4 Método tradicional	22
6.5. Método no tradicional	22
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
VIII. CONCLUSIONES	25
IX. RECOMENDACIONES	26
X. FUENTE DE INFORMACION	27

ÍNDICE DE CUADROS.

Cuadro 1. Material y costo de cada tratamiento	20
Cuadro 2. Pérdida y costo en los tratamientos evaluados	23
Cuadro 3. Costo total de cada tratamiento	24

I. INTRODUCCIÓN.

La Comarca Lagunera principal cuenca lechera de México, donde la producción de forraje constituye parte de la actividad agrícola regional. En la temporada de invierno repercute más la escasez de alimento para el ganado, por lo cual es conveniente recurrir a prácticas de conservación de cultivos (ensilaje); para tratar de hacer un uso mas eficiente y disponer de ellos en los momentos críticos.

En la Comarca Lagunera, en la temporada de invierno el ganado lechero se alimenta de los siguientes cultivos: alfalfa verde y henificada, ensilaje de maíz, semilla de algodón y triticale, las cuales resultan insuficientes para cubrir la demanda de forraje verde durante el invierno, por esta razón los ganaderos tienen que recurrir a prácticas de ensilaje de cultivos de primavera – verano como maíz o sorgo para disponer de forraje durante este periodo crítico.

El ensilaje es un proceso para preservar el forraje por lo que los productores tienen que realizarlo para tener alimento para el ganado en la temporada invierno. Para abastecer la demanda de forraje los productores tendrían que sembrar cultivos de invierno, lo cual no es posible por la falta de agua.

Para obtener un ensilaje de calidad es recomendable que el silo esté en buen estado, ensilar lo mas rápido posible, cosechar con la humedad y madurez adecuada, distribuirlo uniformemente, compactar, cubrir y sellar bien el silo.

La experiencia de otros lugares nos indica que el maíz forrajero es uno de los mejores cultivos para producir ensilaje de alta calidad, por lo cual se requiere conocer las mejores prácticas agronómicas para que ayuden a maximizar su productividad y calidad de maíz para forraje. Debido a esto el cultivo ha adquirido importancia en la región, por lo que se considera

conveniente establecer experimentos que permitan determinar bajo que condiciones de humedad y madurez se obtiene la mayor productividad con menor presencia de microorganismos indeseables (p. ej. hongos) que afectan la calidad del ensilaje.

II. OBJETIVOS:

Determinar el método mas apropiado para la preservación del ensilaje de maíz forrajero.

III. METAS:

En un lapso de 40 dias determinar el mejor método de preservación de forraje.

IV. HIPÓTESIS:

Los dos métodos de preservación evaluados presentan iguales pérdidas de ensilaje.

V. REVISIÓN DE LITERATURA.

5.1. Proceso de fermentación del ensilaje y su manipulación.

El forraje fresco de cultivos como maíz, gramíneas, leguminosas, trigo y alfalfa, puede ser conservados por medio del ensilaje. En muchos países los forrajes ensilados son apreciados como alimento animal. En Europa, los agricultores de países como Holanda, Alemania y Dinamarca, almacenan más de 90 por ciento de sus forrajes como ensilaje. Aún en países con buenas condiciones climáticas para la henificación como Francia e Italia, cerca de la mitad del forraje es ensilado (Wilkinson *et al.*, 1996).

Para producir un ensilaje de buena calidad es esencial asegurar que se produzca una buena fermentación microbiana en el ensilado. El proceso de fermentación no depende sólo del tipo y la calidad del forraje, sino también de la técnica empleada para la cosecha y el ensilaje. El presente estudio muestra el conocimiento actual de los aspectos microbiológicos del ensilaje, con la finalidad de ayudar a elegir la estrategia más apropiada para producir un ensilaje de alta calidad.

5.1.1. Proceso del ensilaje.

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

excluir el aire, el proceso del ensilaje se puede dividir en cuatro etapas (Weinberg y Muck, 1996; Merry *et al.*, 1997).

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

5.1.2.1. 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 condiciones en el momento del ensilaje. Si la fermentación se desarrolla con éxito, la actividad BAC proliferará y se convertirá en la población predominante. A causa de la producción de ácido láctico y otros ácidos, el pH bajará a valores entre 3,8 a 5,0.

5.1.2.1.1. 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, carbohidrasas, y microorganismos especializados como *Lactobacillus buchneri* que toleran ambientes ácidos, continúan activos pero a menor ritmo. Más adelante se discutirá la actividad de *L. buchneri*.

5.1.2.1.2. Fase 4 - Fase de deterioro aeróbico. Esta fase comienza con la apertura del silo y 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 pájaros). El período de deterioro puede dividirse en dos etapas: la primera se debe al inicio

de la degradación de los ácidos orgánicos que conservan el ensilaje por acción de levaduras y, ocasionalmente por bacterias que producen ácido acético. Esto induce un aumento en el valor del pH, lo que permite el inicio de la segunda etapa de deterioro; en ella se constata un aumento de la temperatura y la actividad de microorganismos que deterioran el ensilaje como algunos bacilos.

La última etapa también incluye la actividad de otros microorganismos aeróbicos también facultativos como mohos y enterobacterias. El deterioro aeróbico ocurre en casi todos los ensilajes al ser abiertos y expuestos al aire. Sin embargo, la tasa de deterioro depende de la concentración y actividad de los organismos que causan este deterioro en el ensilaje. Las pérdidas por deterioro que oscilan entre 1,5 y 4,5 por ciento de materia seca diarias pueden ser observadas en áreas afectadas. Estas pérdidas son similares a las que pueden ocurrir en silos herméticamente cerrados y durante períodos de almacenaje de varios meses (Honig y Woolford, 1980).

Para evitar fracasos, es importante controlar y optimizar el proceso de ensilaje de cada fase. En la fase 1, las buenas prácticas para llenar el silo permitirán minimizar la cantidad de oxígeno presente en la masa ensilada. Las buenas técnicas de cosecha y de puesta en silo permiten reducir las pérdidas de nutrientes (CHS) inducidas por respiración aeróbica, dejando así mayor cantidad de nutrientes para la fermentación láctica en la Fase 2. Durante las Fases 2 y 3, el agricultor no tiene medio alguno para controlar el proceso de ensilaje. Para optimizar el proceso en las Fases 2 y 3 es preciso recurrir a aditivos que se aplican en el momento del ensilado y cuyo uso se discutirá más adelante. La Fase 4 comienza en el momento en que reaparece la presencia del oxígeno.

Para minimizar el deterioro durante el almacenaje, es preciso asegurar un silo hermético; las roturas de las cubiertas del silo deben ser reparadas inmediatamente. El deterioro durante la explotación del silo puede minimizarse manejando una rápida distribución del ensilaje. También se pueden agregar aditivos en el momento del ensilado, que pueden reducir las pérdidas por deterioro durante la explotación del silo.

5.2 La microflora del ensilaje.

La microflora del ensilaje juega un papel importante en el éxito del proceso de conservación. Puede dividirse en dos grupos principales: los microorganismos benéficos y microorganismos indeseables.

Los microorganismos benéficos son los microorganismos BAC. Los indeseables son organismos que causan el deterioro anaeróbico (p. ej. clostridios y enterobacterias) o deterioro aeróbico (ej. levaduras, bacilos, *Listeria* sp. y mohos). Muchos de estos organismos indeseables no sólo reducen el valor nutritivo del ensilaje sino que pueden afectar la salud de los animales o alterar la calidad de la leche, o ambas (p. ej.: *Listeria* sp., clostridios, hongos y bacilos).

5.2.1. Microorganismos benéficos - Bacterias que producen ácido láctico (BAC).

Las bacterias BAC pertenecen a la microflora epifítica de los vegetales. Su población natural crece significativamente entre cosecha y ensilaje. Esto se explica por la reactivación de células latentes y otras no cultivadas, y no por la inoculación de las máquinas cosechadoras o por el simple crecimiento de la población original. Las características del cultivo como contenido de azúcares, contenido de materia seca y composición de los azúcares, combinados con las propiedades del grupo BAC, así como su tolerancia a condiciones ácidas o de presión osmótica y el uso del substrato, influirán en forma decisiva sobre la capacidad de competencia de la flora BAC durante la fermentación del ensilaje (Woolford, 1984; McDonald *et al.*, 1991).

Los componentes BAC asociados con el proceso de ensilaje pertenecen a los géneros: *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Enterococcus*, *Lactococcus* y *Streptococcus*. La mayoría de ellos son mesófilos, o sea que pueden crecer en un rango de temperatura que oscila entre 5° y 50°C, con un óptimo entre 25° y 40°C. Son capaces de bajar el pH del ensilaje a valores entre 4 y 5, dependiendo de la especie y tipo de forraje. Todos los miembros del BAC son aeróbicos facultativos, pero muestran preferencia por la condición anaeróbica (Holzapfel y Schillinger 1992; Hammes *et al.*, 1992; Devriese *et al.*, 1992; Weiss, 1992; Teuber *et al.*, 1992).

Tomando en cuenta su metabolismo de los azúcares, los BAC pueden ser clasificados como homofermentadores obligatorios, heterofermentadores facultativos o heterofermentadores obligatorios. Los homofermentadores

obligatorios producen más de 85 por ciento de ácido láctico a partir de hexosas (azúcares C₆) como la glucosa, pero no pueden degradar las pentosas (azúcares C₅) como la xilosa.

Los heterofermentadores facultativos también producen principalmente ácido láctico a partir de hexosas, pero además pueden degradar algunas pentosas produciendo ácido láctico, ácido acético y/o etanol. Los heterofermentadores obligatorios degradan las hexosas y pentosas, pero se distinguen de los homofermentadores en que degradan las hexosas en proporciones equimolares de ácido láctico, CO₂, ácido acético y/o etanol (Hammes *et al.*, 1992; Schleifer y Ludwig 1995).

Los homofermentadores obligatorios reúnen especies como *Pediococcus damnosus* y *Lactobacillus ruminis*. Los heterofermentadores facultativos incluyen a *Lactobacillus plantarum*, *L. pentosus*, *Pediococcus acidilactici*, *P. pentosaceus* y *Enterococcus faecium*. Los heterofermentadores obligatorios incluyen miembros del género *Leuconostoc* y algunos *Lactobacillus* como *L. brevis* y *L. buchneri* (Devriese *et al.*, 1992; Weiss, 1992; Holzapfel y Schillinger, 1992; Hammes *et al.*, 1992).

5.2.2. Microorganismos indeseables.

5.2.3. Levaduras.

Las levaduras son microorganismos eucarióticos, anaeróbicos facultativos y heterotróficos. En todo ensilaje, la actividad de levaduras anaeróbicas como aeróbicas son indeseables. En condiciones anaeróbicas las levaduras fermentan azúcares produciendo etanol y CO_2 (Schlegel, 1987; McDonald *et al.*, 1991). La producción de etanol disminuye el azúcar disponible para producir ácido láctico, y un mal gusto en la leche (Randby *et al.*, 1999). En condiciones aeróbicas, muchas especies de levaduras degradan el ácido láctico en CO_2 y H_2O . La degradación del ácido láctico eleva el valor del pH del ensilaje, lo que a su vez permite el desarrollo de otros organismos indeseables (McDonald *et al.*, 1991).

La población de levadura puede alcanzar hasta 10^7 unidades formadoras de colonias (UFC) por gramo en las primeras semanas del proceso de ensilaje; un período prolongado de almacenaje reduce gradualmente la presencia de levadura (Johnson y Pahlow, 1984; Middelhoven y van Baalen, 1988; Driehuis y van Wixselaar, 1996). La supervivencia de la levadura durante el almacenaje depende de la severidad de la anaerobiosis y concentración de ácidos orgánicos.

La presencia de oxígeno facilita la supervivencia y desarrollo de la levadura durante el almacenaje (Johnson y Pahlow, 1984; Donald *et al.*, 1995),

mientras que un contenido elevado de ácido fórmico o ácido acético reduce su supervivencia (Driehuis y van Wixselaar, 1996; Oude El ferink *et al.*, 1999).

La actividad inicial de las levadura parece ser incrementada en forrajes que generan niveles bajos de pH (<5), por ejemplo, cuando se trata de materiales con alto contenido de azúcares como papas, cáscaras de naranja o remolacha azucarera, o cuando se emplean aditivos ácidos. En estas condiciones el ensilaje resultante tiene concentración alta de etanol y baja en ácido láctico (Henderson *et al.*, 1972; Ashbell *et al.*, 1987; Weinberg *et al.*, 1988; Driehuis y van Wixselaar, 1996). Posteriormente, se describen los aditivos desarrollados para reducir la actividad de la levadura en el ensilaje.

5.2.3.1. Enterobacterias.

Las enterobacterias son organismos anaeróbicos facultativos. Se considera que la mayoría de las enterobacterias presentes en el ensilaje no son patógenas, sin embargo, su desarrollo en el ensilaje es perjudicial porque compiten con los integrantes del BAC por los azúcares disponibles y además pueden degradar las proteínas.

La degradación proteica no sólo causa reducción del valor nutritivo del ensilaje, sino que también permite la producción de compuestos tóxicos tales como aminas biogénicas y ácidos grasos de cadena múltiple. Se conoce que las aminas biogénicas tienen un efecto negativo sobre la palatabilidad del ensilaje (Woolford, 1984; McDonald *et al.*, 1991; van Os y Dulphy, 1996),

especialmente en animales todavía no acostumbrados a su sabor (van Os *et al.*, 1997).

El amoníaco generado por la proteólisis aumenta el poder tampón del forraje ensilado, lo cual se opone a toda tendencia para un descenso rápido del pH del ensilaje. Un atributo de las enterobacterias es su habilidad en el proceso de ensilaje para reducir el nitrato (NO_3) a nitrito (NO_2). Las enterobacterias en el ensilaje pueden degradar el nitrito en amoníaco y óxido de nitrógeno (N_2O), éste también puede ser transformado en monóxido de nitrógeno (NO) y nitrato (Spoelstra, 1985, 1987). En presencia de aire, el NO es oxidado produciendo una mezcla de gases óxidos amarillo-marrones de nitrógeno (NO_2 , N_2O_3 , N_2O_4). Los gases de NO y NO_2 dañan el tejido pulmonar y pueden causar enfermedades con síntomas parecidos a la neumonía, conocida como enfermedad del ensilaje (Woolford, 1984).

Para evitar el contacto de los animales con estos gases de nitrógeno se recomienda que no sean estabulados cerca de los silos, cuando se llena el silo o durante su primera semana de almacenaje (O'Kiely *et al.*, 1999). A pesar de estos problemas, se considera útil que exista una leve reducción de nitritos, ya que los nitritos y el NO generados son inhibidores muy potentes de clostridios y mejoran la calidad del ensilaje (Woods *et al.*, 1981; Spoelstra, 1985).

Las enterobacterias no proliferan en ambientes con valores bajos de pH. Las técnicas de ensilaje que aseguren un rápido y significativo descenso del pH en el ensilaje, provocarán una inhibición del desarrollo de enterobacterias (McDonald *et al.*, 1991).

5.2.3.1.1. Clostridios

Los clostridios son bacterias anaeróbicas que forman endosporas. Muchas de ellas pueden fermentar carbohidratos como proteínas, por lo cual disminuye el valor nutritivo del ensilaje y al igual que las endobacterias crean problemas al producir aminos biogénicas. Además, la presencia de clostridios en el ensilaje altera la calidad de la leche ya que sus esporas sobreviven después de transitar por el tracto digestivo y se encuentran en las heces; esto puede resultar en contaminación de la leche, ya sea directamente o por ubres mal aseadas.

La especie de mayor importancia en la lechería es *Clostridium tyrobutyricum*, un organismo ácido tolerante. Además de fermentar carbohidratos, *C. tyrobutyricum* también degrada el ácido láctico en ácido butírico, H₂ y CO₂, según la reacción siguiente:



La fermentación butírica interfiere con la fermentación láctica del ensilaje, quesos, y es responsable de una abundante producción de gas, lo que resulta en quesos duros y semiduros el defecto conocido como "soplado tardío", común en quesos Emmental, Grana, Gouda y Parmesano (Gibson, 1965; Goudkov y Sharpe, 1965; Klijn *et al.*, 1995).

Problemas de salud 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* tiene baja tolerancia a medios ácidos y no se desarrolla en ensilajes bien fermentados. El botulismo en los animales es causado por ingestión de ensilaje contaminado con *C. botulinum* por la descomposición de un cadáver (p. ej.: ratón, pájaro) dentro del ensilaje (Kehler y Scholz, 1996).

Un "ensilaje clostridial" típico muestra alto contenido de ácido butírico (más de 5 g/Kg. de MS), pH alto (>5 en ensilajes con bajo contenido de MS), y alto contenido tanto de amoníaco y aminos (Voss, 1966; McPherson y Violante, 1966).

Las técnicas de ensilaje que permiten una caída rápida y significativa del pH evitan el problema, ya que tanto el desarrollo de enterobacterias como de clostridios se inhibe con valor bajo de pH. Sin embargo, los clostridios muestran mayor susceptibilidad a la falta de humedad (o sea, bajo valor a_w , baja actividad acuosa) que los integrantes del BAC (Kleter *et al.*, 1982, 1984; Huchet *et al.*, 1995).

Toda medida tomada para disminuir el valor a_w de un forraje, inducir su marchitez y por ende aumentar el valor del contenido de MS, permite la inhibición selectiva de clostridios (Wieringa, 1958). Finalmente, los nitritos y el NO u otros compuestos que pueden ser degradados en el ensilaje para producirlos, también inhiben el desarrollo de los clostridios (Spoelstra, 1983, 1985).

5.2.3.1.2 Mohos

Los mohos son organismos eucarióticos. Es fácil identificar un ensilaje infestado por mohos debido a los filamentos de diversos colores y gran tamaño que producen muchas especies. Los mohos se desarrollan en cualquier sitio del ensilaje donde encuentren *Trichoderma*, oxígeno, inclusive solo trazas. En un buen ensilaje ocurre sólo al inicio del almacenamiento y se restringe a la capa exterior de la masa ensilada, pero durante el deterioro aeróbico (Fase 4) todo el ensilaje puede ser invadido por moho.

Las especies identificadas frecuentemente en el ensilaje pertenecen a los géneros *Penicillium*, *Fusarium*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Byssochlamys*, *Absidia*, *Arthrinium*, *Geotrichum*, *Monascus*, *Scopulariopsis* y (*Pelhate*, 1977; *Woolford*, 1984; *Frevel et al.*, 1985; *Jonsson et al.*, 1990; *Nout et al.*, 1993).

Los mohos no solo disminuyen el valor nutritivo y palatabilidad del ensilaje sino que también son un riesgo para la salud de animales y personas. Las esporas de mohos pueden asociarse a ciertas afecciones pulmonares y reacciones alérgicas (*May*, 1993). Otros problemas de salud asociados con los mohos se relacionan con las micotoxinas (*Oldenburg*, 1991; *Auerbach*, 1996).

El tipo y la cantidad de toxina presente en el ensilaje, genera problemas de salud que pueden variar de ligeras molestias digestivas, pequeños problemas de fertilidad y disminución de las defensas naturales, hasta daños serios al hígado, riñones y abortos (*Scudamore y Livesey*, 1998).

Algunas especies de hongos que producen micotoxinas son: *Aspergillus fumigatus*, *Penicillium roqueforti*, y *Byssoschlamys nivea*. *P. roqueforti* especie ácido tolerante que puede desarrollarse aún en ambientes con poco oxígeno y alta concentración de CO₂, ha sido detectada como una especie predominante en diversos tipos de ensilaje (Lacey, 1989; Nout *et al.*, 1993; Auerbach *et al.*, 1998; Auerbach, 1996).

Existen muchas dudas sobre cuales son las condiciones bajo las que se producen las micotoxinas en el ensilaje. No todo el ensilaje fuertemente infestado por moho tiene forzosamente gran cantidad de micotoxina. No toda la micotoxina que pueden producir los mohos se encuentra necesariamente en un ensilaje infestado (Nout *et al.*, 1993; Auerbach, 1996).

Está confirmado que la aflatoxina B₁, micotoxina de *Aspergillus flavus*, puede ser transferida del ensilaje a la leche. No se sabe si esto mismo puede ocurrir con micotoxinas de *P. roqueforti* o *A. fumigatus* (Scudamore y Livesey, 1998).

Las técnicas de ensilaje que minimizan el ingreso de aire (p. ej. buena compactación y cierre hermético del ensilaje), y la inclusión de aditivos que inhiben el deterioro aeróbico, podrían prevenir o limitar el desarrollo de mohos.

5.3. Aditivos para mejorar la fermentación del ensilaje

La aplicación de técnicas apropiadas durante cosecha y ensilado no son suficientes para impedir que la fermentación inicial del ensilaje (Fase 2) se realice en forma inadecuada. Esto puede ocurrir por presencia escasa de microorganismos BAC apropiados o por baja concentración de carbohidratos hidrosolubles (CHS), o ambos.

La cantidad de carbohidratos hidrosolubles requeridos para inducir una buena fermentación depende del contenido de materia seca y capacidad tampón del forraje. Weissbach y Honig (1996) ilustran la relación entre estos factores, como sigue:

$$CF = MS (\%) + 8 \text{ CHS}/CT$$

Donde:

CF = coeficiente de fermentación

MS = contenido de materia seca

CHS = carbohidratos hidrosolubles

CT = capacidad tampón.

Los forrajes que contienen cantidad insuficiente de sustrato para fermentar o bajo contenido de materia seca arrojan un valor $CF < 35$. En tales condiciones, para inducir una buena fermentación es preciso aumentar el contenido de azúcares, agregándolos directamente (p. ej. usando melaza) o

introduciendo enzimas que puedan liberar otro tipo de azúcares presentes en el forraje. Los forrajes con valores de CF de 35 o más, tienen suficiente sustrato disponible para buena fermentación. Sin embargo, agregando ciertos BAC se puede acelerar y mejorar el proceso de ensilaje.

En casos de ensilaje con alto contenido de materia seca y poca disponibilidad de agua, la presencia de BAC que sea tolerante a la presión osmótica es el factor crítico para una buena fermentación. Este tipo de bacteria representa una porción muy pequeña de la microflora natural de los cultivos forrajeros (Pahlow y Weissbach, 1996). Los forrajes que contengan más de 50 por ciento de materia seca se consideran difíciles de ensilar (Staudacher *et al.*, 1999).

La fórmula de Weissbach y Honig (1996) no debe aplicarse a cultivos con baja concentración de nitritos, como es el caso de gramíneas y cereales inmaduros cuando se cosecha la planta entera, porque estos cultivos son más propensos a fermentaciones de clostridios que otros cultivos que tienen un contenido moderado de nitratos (Spoelstra, 1983, 1985).

Puede ser útil usar inoculantes que incrementen la fermentación láctica para inhibir la actividad de clostridios. La menor concentración de BAC que se requiere para inhibir la actividad de clostridios es, como mínimo, 100 000 unidades formadoras de colonias por gramo de forraje fresco (Weissbach y Honig, 1996; Kaiser y Weiss, 1997).

VI. MATERIALES Y MÉTODOS.

6.1. Características del área de estudio.

6.1.1. Localización geográfica.

El estudio se realizó en el ciclo de primavera – verano del 2004. En la pequeña propiedad "el porvenir " que se encuentra cerca al Ejido porvenir arriba del Municipio de Francisco I. Madero, Coah. Con ubicación geográfica entre los 103° 12' 10" de longitud w, 25° 59' 04" de latitud norte con altitud de 1150 msnm.

6.2. Infraestructura, superficie y patrón de cultivos.

La pequeña propiedad cuenta con una superficie de 90 has; de las cuales se explotan 70.5 has. La infraestructura de riego, cuenta con un estanque revestido con capacidad de 7200 m³ y un sistema de válvulas alfalferas con capacidad para regar toda la superficie; las cuales operan con un rebombeo con capacidad de 0.12 m³ s⁻¹; el sistema opera apartir de un pozo profundo con un gasto total de 0.43m³ s⁻¹.

6.3. Equipo utilizado.

1. Setenta hectáreas y 5 áreas de cultivo de maíz.
2. Se utilizó la rastra de discos para remover la tierra de los recibidores.
3. Máquina ensiladora.
4. Se utilizó la escrepa, para distribuir el silo en el pozo.
5. Tractores para la compactación de silo.
6. Camiones torton. Se utilizaron cuatro camiones para la transportación del silo

7. se utilizó inoculante Biosile para maximizar la cantidad de nutrientes a preservar en el forraje, promueve fermentación rápida y homogénea.
8. Plástico.
9. Lonas.

Cuadro 1: material y costo de cada método.

Metodos	Material	Cantidad	Costo (\$)	Subtotal (\$)
1 (Tradicional)	Inoculante	10 lts.	900.00	9000.00
	A.P	217.5 lts	18.00	3,915.00
	Lonas	13 Piezas	900.00	11,700.00
	Total			24,615.00
2 (No Tradicional)	Inoculante	10 lts.	900.00	9000.00
	Plastico	3 Rollos	1,236.00	3,708.00
	Lonas	13 Piezas	900.00	11,700.00
	Total			24,408.00

La siembra se realizó el 8 de mayo, utilizando la sembradora de precisión, el híbrido utilizado fue el HYTEST ABT 7887 y de acuerdo a la densidad de siembra recomendada en la región lagunera, que consiste en 24.94 Kg. de semilla por hectárea para obtener 110,000 plantas, con un 95 % de germinación. La fertilización consistió en la aplicación de una mezcla física (300kg/ha) 12 – 30 – 12, de nitrógeno, fósforo, y potasio, aplicándose la totalidad del fertilizante al momento de la siembra. Se realizaron labores de cultivo con la finalidad de eliminar las malezas existentes entre los surcos.

La aplicación de agua se efectuó de acuerdo al calendario de riego, recomendado para maíz en la región que consiste en la aplicación de tres riegos de auxilio, el primero a los 30 días después de la siembra y los dos restantes a 20 y 25 días. La aplicación del primer auxilio se efectuó el 7 de junio, el segundo el 20 de junio y el tercero el 16 de julio. En seguida se realizó una prueba de madurez del cultivo, para observar las condiciones óptimas de humedad y líneas de leche del grano.

La cosecha se realizó el 23 de agosto, la recolección se realizó con la maquina ensiladora, cosechando 6 surcos a laves, melga por melga. Se tomaron seis muestras en el pozo de ensilaje al azar a una distancia de 5 metros entre muestra. Las dimensiones fueron de 1 metro cuadrado con una profundidad de 10 cm. El proceso para almacenar los dos tipos de silo de maíz fueron: punto de corte exacto 1/3 a media línea de leche de la mazorca, cuando el producto alcanza un 30 a 35 % de materia seca.

El maíz debe estar picado alrededor de 9 mm capas de silo de 15 cm. compactar cada 15 cm. para no dejar aire en el interior.

En el pozo que se utilizó el ácido propionico se aplicó al momento de ir ensilando y en el otro pozo se selló con plástico al momento de llenado.

Los parámetros evaluados fueron: porcentaje de hongo presente en el silo y costo de la técnica de ensilaje.

6.4. Método tradicional.

En este método se utilizó una concentración de ácido propionico de 250 ml. por metro cuadrado, que es lo que aplica el productor. La adquisición de dicho ácido tuvo un costo de \$3,600 cada 200 litros, de donde el costo por litro corresponde a \$18,00. En una superficie de 870 metros cuadrados, la cantidad utilizada fue de 217.5 litros con un costo total de \$ 3,915.00. Además, se aplicó el inoculante biosile, se utilizó en una cantidad de 10 kilos. En un pozo de 2000 ton, el precio del inoculante fue de \$900.00 por kilo, invirtiéndose la cantidad de \$ 9000.00. En esta tecnología se pierden 65.5 toneladas por hongo, si la tonelada de silo tiene un precio de \$ 500 por lo tanto se pierde de silo la cantidad \$ 32,755.00. El costo total de la aplicación de esta tecnología fue de \$ 24,615.00.

6.5. Método no tradicional.

En este método se utilizó el inoculante biosile en una cantidad de 10 kilos para un pozo de 2000 toneladas con un precio de \$900.00 por kilo invirtiendo de inoculante la cantidad de \$9000.00. Tres rollos de plástico, con un costo total de \$ 3,708.00 y en la lona 11,700.00 por lo tanto costo total de esta tecnología fue de \$ 24,408.00.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Los resultados obtenidos de las muestras que se obtuvieron del pozo de silo con ácido propiónico al realizar el análisis visual todas presentaron infestación de hongo.

En el método tradicional se perdieron 75.3 Kg/m² lo cual equivale a una pérdida en el silo de aproximadamente 65.51 ton/silo lo cual generó una pérdida monetaria de \$ 32, 755.00. En cambio en el método no tradicional las pérdidas fueron nulas. Lo que implica que este proceso sea más adecuado para el ensilaje de maíz Cuadro 1.

Cuadro 2: Pérdida y costo en los métodos evaluados.

Métodos	Pérdidas (kg/m ²)	Costo (\$/ton)	Pérdida total (kg)	Costo (\$)
1	75.3	500.00	65,511.00	32,755.00
2	0.00	500.00	0.00	0.00

El análisis económico comparando los costos y pérdidas de cada uno de los métodos evaluados muestra que la tradicional resulta superior en costo con respecto a la no tradicional correspondiendo a \$ 57, 370.00 y \$24, 408.00 respectivamente Cuadro 2. Lo cual representa un ahorro del 43% del no tradicional con respecto al tradicional.

Cuadro 3: Costo total de cada método.

Metodos	Total (\$)	%
1 (Tradicional)	57,370.00	
2 (No Tradicional)	24,408.00	43

VIII. CONCLUSIONES.

En las condiciones bajo las cuales se realizó el presente trabajo se puede concluir.

El pozo de silo, en que se aplicó ácido propionico fue afectado por el aire y agua, lo cual ocasionó la presencia de microorganismos indeseables, ocasionando una pérdida de 65.5 toneladas de silo.

El pozo de silo sellado con plástico, no presentó condiciones favorables para el desarrollo de microorganismos indeseables.

El mejor método para preservar el silo de maíz en buen estado se obtuvo con la cubierta plástica.

IX. RECOMENDACIÓN.

Se recomienda sellar el pozo de silo con plástico por que no presentan microorganismos indeseables

X. FUENTE DE INFORMACIÓN.

López, B. L. 1991. Cereales. Primera Edición Editorial Mundi – Frensa. Deposito Legal: BI – 690 – 91 ISBN: 847114 – 324 - 0.

Reyes, O. S. 1980. El cultivo de Maíz en México. Edición del 25 aniversario 1954/1979. Centro de Investigación Agraria, Aquiles Serdan 28. México D.F.

Cimmyt – Purdue. 1981. Maíz de alta Calidad Proteica. Primera Edición. Editorial Limusa. S.A. Mexico1 D.F.

Robles, S. R. 1990. Producción de Granos y Forrajes. Quinta Edición. Editorial Limusa S. A de C.V. México D.F.

Doorenbos y Kassam. 1979 Informe de Investigación en Forrajes C. I. A. N. E.

Robles, S. R. 1982. Producción de Granos y Forrajes. Tercera Edición .

Bartolini, r. 1990. El Maíz Primera Edición mundi – Prensa. México D. F.

Berlign, I. J. 1982. Cultivos Forrajeros. Primera edición editorial trillas.

http://www.inia.cl/cobertura/quilamapu/pobycom/informativos/info_20.htm.

<http://www.tattersall.cl/revista/rev186/ensilaje.htm>.

<http://www.agromail.net/agro/datos/a489-2886html>.

<http://pasturasdeamerica.com/conservacion.asp>.

<http://www.pasturasdeamerica.com/conservacion/ensilado-maiz.asp>.

<http://www.pasturasdeamerica.com/conservacion/maiz-planta.asp>.

<http://www.pasturasdeamerica.com/conservacion/maiz-lehe.dos>.

<http://www.elsitioagricola.com/articulos/centeno/para%20silo%20que%20maiz%20sembr>.

<http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/maiz.asp#1.%20INTRODUCCION>.

www.supercampo.volsinectis.com.ar/edicion011/nota01.htm-36k.

www.fao.org/docrep/005/*8486/*8486s04.htm-69k.

www.elsitioagricola.com/articulos/centeno/para%20silo%20que%20maiz%20sembrar%20-%202003.asp-27k.