

SAGARPA

SECRETARÍA DE AGRICULTURA,
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,
PESCA Y ALIMENTACIÓN



MICROSILOS: UNA ALTERNATIVA PARA PEQUEÑOS PRODUCTORES

Manuel de Jesús Flores Nájera, Ricardo Alonso Sánchez Gutiérrez, Ramón Gutiérrez
Luna, Francisco Guadalupe Echavarría Cháirez



inifap
Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Centro de Investigación Regional Norte Centro
Campo Experimental Zacatecas

Calera de Víctor Rosales, Zacatecas

Diciembre de 2014

Folleto para Productores Número 38, ISBN: 978-607-37-0322-2

**SECRETARIA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,
PESCA Y ALIMENTACIÓN**

LIC. ENRIQUE MARTÍNEZ Y MARTÍNEZ
Secretario

LIC. JESÚS AGUILAR PADILLA
Subsecretario de Agricultura

LIC. JUAN MANUEL VERDUGO ROSAS
Subsecretario de Desarrollo Rural

M.C. RICARDO AGUILAR CASTILLO
Subsecretario de Alimentación y Competitividad

**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS
Y PECUARIAS**

DR. LUIS FERNANDO FLORES LUI
Director General

DR. MANUEL RAFAEL VILLA ISSA
Coordinador de Investigación, Innovación y Vinculación

MC. JORGE FAJARDO GUEL
Coordinador de Planeación y Desarrollo

MTRO. EDUARDO FRANCISCO BERTERAME BARQUIN
Coordinación de Administración y Sistemas del INIFAP

CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL NORTE CENTRO

DR. HOMERO SALINAS GONZÁLEZ
Director Regional

DR. URIEL FIGUEROA VIRAMONTES
Director de Investigación

DR. HÉCTOR MARIO QUIROGA GARZA
Director de Planeación y Desarrollo

ING. HÉCTOR MANUEL LOPEZ PONCE
Director de Administración

DR. FRANCISCO ECHAVARRÍA CHÁIREZ
Director de Coordinación y Vinculación en Zacatecas

MICROSILOS: UNA ALTERNATIVA PARA PEQUEÑOS PRODUCTORES

- *Manuel de Jesús Flores Nájera
- *Ricardo Alonso Sánchez Gutiérrez
- *Ramón Gutiérrez Luna
- *Francisco G. Echavarría Cháirez

*Investigadores. Campo Experimental Zacatecas. INIFAP

MICROSILOS: UNA ALTERNATIVA PARA PEQUEÑOS PRODUCTORES

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Progreso No. 5,

Barrio de Santa Catarina

Delegación Coyoacán,

C.P. 04010 México, D.F.

Teléfono (55) 3871-7800

ISBN: 978-607-37-0322-2

Primera edición 2014

No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotocopia por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de la Institución.

Cita correcta:

Flores, M.J., Sánchez, R.A., Gutiérrez, R y Echavarría, F.G. 2014. Microsilos: Una alternativa para pequeños productores. Folleto para Productores No. 38. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC-INIFAP.18 p.

Tabla de contenido

Introducción.....	1
El proceso del ensilaje.....	2
Fase aeróbica	3
Fase de fermentación	3
Fase estable	4
Fase de deterioro aeróbico	4
Cosecha	5
Etapa de madurez.....	5
Altura de corte.....	6
Tamaño de partícula	6
Uso de aditivos en la elaboración de ensilajes	6
Tipos de silos	7
Silo bunker.....	8
Silo trinchera.....	8
Microsilos.....	9
Elaboración de ensilaje de maíz en microsilos tipo bolsa	10
Características agronómicas del cultivo de maíz	10
Cosecha del forraje y uso de aditivos	10
Picado del forraje	11
Llenado y apisonado.....	13
Sellado de bolsa	14
Calidad nutritiva del ensilaje	13
Literatura citada.....	17

Introducción

El ensilaje es la fermentación de los carbohidratos solubles del forraje por medio de bacterias que producen ácido láctico en condiciones anaeróbicas (McDonald *et al.*, 1991). A través de este proceso el forraje es almacenado en tiempos de cosecha conservando la calidad y palatabilidad, lo cual permite posteriormente tener forraje en buenas condiciones nutricionales durante la época de escases. El ensilaje se almacena en silos bajo condiciones anaeróbicas, para este fin existen varios tipos y la selección del apropiado depende del tipo de explotación ganadera, recursos económicos y topografía del terreno entre otros. Para grandes productores de ganado por ejemplo, la demanda ensilaje requiere de silos de grandes dimensiones, y sobre todo de maquinaria pesada para su construcción y elaboración. En cambio para pequeños productores, la construcción de silos debe ser de acuerdo a las posibilidades económicas del productor y necesidades nutricionales del rebaño. Para este tipo de productores, el uso de microsilos para almacenar y conservar el forraje es una

opción económica viable ya que no requiere de grandes superficies de terreno para su construcción.

La presente publicación tiene como objetivo proporcionar información al productor sobre el uso de microsilos como un método económico para conservar el valor nutritivo del forraje durante periodo de escases.

El 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 del ácido láctico 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 aeróbicos 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 a 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 extracción 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 igualmente 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 pueden oscilar entre 1,5 y 4,5 por ciento de materia seca (Honig y Woolford, 1980).

Cosecha

Etapa de madurez

Una vez que el cultivo se ha desarrollado se debe tomar la decisión de cuando cosechar el forraje que se destinará al ensilaje, y para ello se debe tomar en cuenta el estado de madurez. Por ejemplo, el forraje de maíz se debe cosechar con un contenido de 65% de humedad; en este estado se maximiza el rendimiento de materia seca y las pérdidas de forraje durante la cosecha, almacenaje y alimentación del ganado se

minimizan (Roht y Heinrich, 2001). Este contenido de humedad se obtiene cuando la línea de leche ésta a la mitad del grano; la línea de leche es la interface que marca en el grano la división entre la porción líquida o suave del grano y sólida.

Altura de corte

La altura de corte recomendada para el cultivo del maíz es de 15 cm del ras del suelo, cosechando a esta altura se maximiza el rendimiento de forraje por hectárea.

Tamaño de partícula

La longitud de la partícula a la cual se pica el maíz para ensilar es muy importante para que el forraje pueda ser compactado y eliminar adecuadamente la mayor cantidad de aire del silo, el tamaño de partícula recomendado es de 1.5 a 2.0 cm (Wheaton *et al.*, 1993).

Uso de aditivos en la elaboración de ensilajes

El empleo de aditivos en el proceso de ensilado, tiene como fin contribuir a la creación de condiciones óptimas que permitan mejorar la conservación y valor nutritivo del ensilado. Idealmente, un aditivo debería cumplir las siguientes

características: (a) que sea fácil y seguro de manejar, (b) que reduzca las pérdidas de materia seca, que no aumente la producción de efluente, (c) que mejore la calidad higiénica del ensilado inhibiendo el desarrollo de microorganismos indeseables, (d) que limite las fermentaciones secundarias, (e) que potencie la estabilidad una vez abierto el silo, (f) que incremente el valor nutritivo con una mejora en la eficiencia de utilización. Los aditivos se pueden agrupar en cuatro grandes categorías: los estimulantes de la fermentación (enzimas, cultivos microbianos y substratos), los inhibidores de la fermentación (esterilizantes directos e indirectos y acidificantes directos), absorbentes (naturales y sintéticos) y los inhibidores de la descomposición anaeróbica.

Tipo de silos

Un silo, es una estructura diseñada para almacenar grano y forrajes, y otros materiales a granel. Los silos más comunes para la conservación de forrajes son los silos torre, bunker o trinchera; los silos subterráneos y de fosa son poco utilizados.

Silo bunker

Los silos bunker se construyen a nivel del suelo y consisten en dos paredes inclinadas y un piso, que se construye de concreto o de otro material de recubrimiento adecuado (madera). El bunker se llena y se recubre con hules gruesos para sellarlos herméticamente una vez terminado su llenado, evitando la entrada de agua y aire que son perjudiciales para la preservación del forraje. En este tipo de silos se construyen por general muy cercanos al rebaño ganadero y para su buen funcionamiento pueden ser abiertos por ambos lados para servir el ensilaje.

Silo trinchera

Este tipo de silo es muy similar al tipo bunker, sólo que la construcción se realiza bajo la superficie del suelo. Una de las ventajas es que son de bajo costo, reducen la pérdida por escurrimientos, pueden ser usados por largos periodos de tiempo, siempre y cuando, él plástico sea cubierto por tierra, pero hay mayores pérdidas del material ensilado por

descomposición debido a un área de mayor exposición y contacto con el suelo.

Microsilos

Los microsilos son estructuras de menor escala cuya capacidad está determinada por la cantidad de ensilaje que se desea almacenar, entre estos se encuentran tanques de plástico, madera o lámina y/o bolsas de plástico. Las ventajas del uso de bolsas de plástico como silos incluyen su bajo costo, la evitación de pérdidas por filtración y la exposición al aire, flexibilidad en la producción y el almacenamiento, y la facilidad de manipulación. Hay algunas desventajas con respecto al uso de silos tipo bolsa, que incluyen la facilidad de perforación especialmente si se ensila a longitudes rígidas la vegetación. Si se almacena al aire libre, el "sitio debe estar libre de rastrojos y objetos punzantes;" una lona se puede colocar sobre el suelo como una precaución extra y evitar la existencia de roedores e insectos, que pueden dañar el ensilado (Schroeder, 2004). Las bolsas utilizadas en los silos pueden variar en tamaño, precio, y calidad. Si se va ensilar pequeñas cantidades de forraje que

oscilan entre 30 a 50 kg se recomienda utilizar bolsas calibre 200 a 300.

Elaboración del ensilaje de maíz en microsilo tipo bolsa

Características agronómicas del cultivo

Para evaluar la calidad nutritiva del ensilaje elaborado en microsilos se utilizó la variedad de maíz Cafime cuyo ciclo vegetativo es de 112 días. La fecha de siembra fue el 22 de Julio de 2014 y la densidad de siembra 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 55 días después de la siembra. La fórmula de fertilización fue 80-40-00, se aplicó la mitad del nitrógeno y todo el fosforo en la siembra y el resto del nitrógeno alrededor de 40 días después de la siembra.

Cosecha del forraje y uso de aditivos

Generalmente la cosecha del forraje para propósitos de ensilaje se lleva a cabo cuando el grano ha alcanzado una madurez de 1/3 a 1/2 de línea de leche y la planta completa presenta un contenido de materia seca entre un 30 a 35% de

materia seca. Sin embargo, con el objetivo de determinar la calidad nutritiva del ensilaje a una edad vegetativa temprana del maíz, la elaboración del ensilaje se lleva cabo durante el estado fenológico hoja de bandera, la cual para la variedad de maíz Cafime se presenta a los 55 días después de la siembra. Adicionalmente, para mejorar el proceso de fermentación del forraje se evaluaron 3 aditivos (melaza, yogur y aditivo comercial), los cuales fueron agregados al forraje picado considerando el 2% del peso.

El ensilaje se elaboró en microsilo tipo bolsa con capacidad de 30 kg. Después de 25 días de ensilado, las bolsas de fueron abiertas para obtener una muestra de 25 gramos para medir el pH y al mismo tiempo se colectó una muestra de mayor tamaño (1.5 kg), para medir la calidad nutritiva del ensilaje (materia seca, proteína cruda, fibra detergente acida, fibra detergente neutra y energía metabolizable).

Picado del forraje

Para la elaboración del ensilaje en microsilo bolsa, se utiliza una picadora de motor a gasolina con 9 caballos de fuerza

(Figura 1), una rozadera o machete para cortar la planta de maíz, bolsas de polietileno (60x70cm); y un silo manual para apisonar el forraje. El picado de la planta de maíz se realiza por dos operadores, uno de ellos introduce la planta 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 va 2 a 3 centímetros. Para una llenar una bolsa de 30 kg de forraje picado se utilizan alrededor de 80 plantas de maíz en estado fenológico hoja de bandera. Una vez picado el forraje, este es vaciado y compactado en bolsas de polietileno (60X90 cm), utilizando para ello, un compactador manual con capacidad de hasta 60 kg (Figura 2).



Figura 1. Picado del forraje utilizando una picadora con motor a gasolina.

Llenado y apisonado

La buena conservación de un ensilado depende en gran parte de la rapidez de llenado del silo, siendo conveniente su realización en un solo día, cuando el tamaño del silo supera la capacidad de llenado diario (no siendo aconsejable superar las 72 horas). El apisonado tiene como finalidad expulsar la máxima cantidad de aire del ensilado e impedir que el aire penetre en el mismo. El apisonado puede ser intenso cuanto más picado este el material, y menos intenso o no realizarlo cuando el contenido de agua del material es elevado. En el caso particular del microsilo, el apisonado en bolsa (Figura 2) 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 2. Llenado y apisonado del forraje en microsilo mediante palanca manual.

Sellado de bolsa

El cierre del microsilo se debe hacer inmediatamente finalizado su llenado 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 quede sellado. El objetivo de esta operación es asegurar que la bolsa quede completamente sellada de su parte superior para evitar la entrada del agua, y aire principalmente, lo anterior permitirá reducir la incidencia de las fermentaciones aeróbicas desfavorables (Figura 3).



Figura 3. Microsilo tipo bolsa perfectamente terminado.

Calidad nutritiva del ensilaje de maíz elaborado en microsilo

Para fines de esta publicación se proporcionan únicamente resultados de materia seca, proteína cruda y energía metabolizable (EM).

La calidad nutritiva del ensilaje elaborado en microsilos se encuentra dentro del rango aceptable comparado a los ensilajes elaborados en silos tipo trinchera o tipo bunker (Cuadro 1). Sin embargo, cuando el forraje se corta a una temprana edad tal como sucedió en el presente estudio, el contenido de materia seca fue relativamente menor al contenido de materia seca del ensilaje cortado 1/3 de línea de leche. El contenido correcto de MS de la planta antes del

ensilado debe ser de un 30 a un 35% (Ashbell y Weinberg, 2001), así la degradación del ácido láctico y la producción de amoníaco por bacterias butíricas se ven considerablemente atenuadas (Mier-Quiroz, 2009).

El pH es una variable que nos indica la calidad fermentativa del ensilaje y nos proporciona información si disponemos de un alimento deseable. Cuando los valores de este en el ensilaje son menores a 4 tal como los encontrados en el ensilaje elaborado en microsilo; la presencia de microorganismos que inducen la putrefacción se inhiben manteniendo el ensilado en buenas condiciones.

La proteína cruda es un parámetro importante debido a su influencia directa en la producción animal. Para ensilados de maíz el contenido de proteína cruda debe fluctuar entre un 8 y 10% sobre materia seca. El ensilaje elaborado en microsilo se encuentra dentro del rango aceptable, siendo mayor esta variable para el ensilaje con aditivo comercial, yogur y melaza comparado con el ensilaje sin aditivos.

El maíz cosechado en estado fenológico hoja de bandera y ensilado en microsilo proporciona de 2.0 a 2.2 megacalorías de energía metabolizable por kg de materia seca de. Para una cabra adulta con un peso promedio de 50 kg representa el 90% de sus requerimientos de mantenimiento diario (NRC, 2007).

Cuadro 1. Contenido de materia seca (MS), pH, proteína cruda (PC) y energía metabolizable (EM) en muestras de ensilaje con diferentes aditivos.

Ensilaje	MS %	pH	PC %	EM Mcal/kg MS
Maíz sin aditivo	13.7	3.3	8.7	2.0
Maíz con melaza	15.1	3.2	11.0	2.2
Maíz con yogur	16	3.2	10.6	2.1
Maíz con aditivo comercial	14.6	3.3	14.2	2.1
Ensilaje tipo trinchera	30-35	3-4	6H17	2.4

EM= Energía Metabolizable (Mcal/kg MS)

Literatura citada

Ashbell G. Y Z.G. Weinberg. 2001. Ensilaje de cereales y cultivos forrajeros en el trópico. Memorias de la conferencia electrónica de la FAO sobre el ensilaje en los trópicos. Estudio FAO producción y protección vegetal 161, pp. 111-119.

Honig, H and Woolford, M.K. 1980. Changes in silage on exposure to air. Journal forage conservation in the 80's. pp. 76-87.

McDonald, P., A. R. Henderson and S. J. E. Heron. 1991. The biochemistry of silage. Second Edition. Chalcombe publications. Britain, 340p.

Mier-Quiroz, M. 2009. Caracterización del valor nutritivo y estabilidad aeróbica de ensilados en forma de microsilos para maíz forrajero. Tesis de Maestría. Universidad de Córdoba, España. 64p

NRC. 2007. Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, goats, Cervids and New World Camelids. Natl. Acad. Press.

Washington, DC. Roht, G.W and A.J. Heinrich. 2001. Agronomy facts 18. College of Agricultural Sciences. Agricultural Research and Cooperative Extension. Pennsylvania State University. 7p

Schroeder, JW 2004. Silage Fermentation and Preservation. AS-1254. <http://www.ag.ndsu>.

Weinberg, Z.G and Muck, R.E. 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. G4590 Missouri University Extension. 50p

AGRADECIMIENTOS

A la Fundación Produce Zacatecas A.C.
Por el apoyo financiero al proyecto:

*TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA EN LA PRODUCCIÓN DE
FORRAJES DE CORTE Y SU CONSERVACIÓN (ENSILAJES EN
LA PRODUCCIÓN DE LECHE)*

Del cual se desprende esta publicación

REVISIÓN TÉCNICA

Ing. Manuel Reveles Hernández
Dr. Luis Roberto Reveles Torres

DISEÑO DE PORTADA

Dr. Manuel de Jesús Flores Nájera

GRUPO COLEGIADO DEL CEZAC

Presidente: Dr. Jaime Mena Covarrubias
Secretario: Dr. Francisco G. Echavarría Cháirez
Comisión Editorial y Vocal: Dr. Alfonso Serna Pérez
Vocal. Dr. Guillermo Medina García
Vocal: Ing. Manuel Reveles Hernández
Vocal: Dr. Jorge A. Zegbe Domínguez
Vocal: Dr. Luis Roberto Reveles Torres

La presente publicación se terminó de imprimir en el mes de
Diciembre de 2014 en la Imprenta Mejía, Calle Luis Moya No. 622
C.P. 98500, Calera de V.R., Zac. México
Tel. (478) 98 5 22 13

Su tiraje constó de: 500 ejemplares

DIRECTORIO

CAMPO EXPERIMENTAL ZACATECAS

Dr. Francisco G. Echavarría Cháirez

Director de Coord. y Vinculación

PERSONAL INVESTIGADOR

Nombre	Programa de Investigación
Dr. Alfonso Serna Pérez	Fertilidad de Suelos y Nutrición Vegetal
Ing. José Ángel Cid Ríos	Frijol y Garbanzo
M.C. Blanca I. Sánchez Toledano*	Socioeconomía
M.C. Enrique Medina Martínez	Maíz
M.C. Francisco Rubio Aguirre	Pastizales y Cultivos Forrajeros
Dr. Guillermo Medina García	Agrometeorología y Modelaje
Dr. Jaime Mena Covarrubias	Sanidad Forestal y Agrícola
Dr. Jorge A. Zegbe Domínguez	Frutales
M.C. Juan José Figueroa González	Frijol y Garbanzo
Dr. Luis Roberto Reveles Torres	Recursos Genéticos: Forestales, Agrícolas, Pecuarios y Microbianos
Ing. Manuel Reveles Hernández	Hortalizas
Dr. Manuel de Jesús Flores Nájera	Carne de Rumiantes
Ing. Miguel Servín Palestina*	Fertilidad de Suelos y Nutrición Vegetal
M.C. Nadiezhda Y. Z. Ramírez Cabral*	Agrometeorología y Modelaje
Dr. Ramón Gutiérrez Luna	Pastizales y Cultivos Forrajeros
Dra. Raquel Karina Cruz Bravo	Inocuidad de Alimentos
Ing. Ricardo A. Sánchez Gutiérrez*	Pastizales y Cultivos Forrajeros
Dr. Rodolfo Velásquez Valle	Sanidad Forestal y Agrícola
M.C. Valentín Melero Meraz	Frutales
MC. Mayra Denise Herrera	Inocuidad de alimentos

*Becarios