

Producción y ensilaje de MAÍZ FORRAJERO de riego



Miguel Angel Flores Ortiz
Uriel Figueroa Viramontes

**GOBIERNO
FEDERAL**

**MÉXICO
2010**

SAGARPA

inifap

Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS
Centro de Investigación Regional Norte Centro
Campo Experimental Zacatecas

Folleto Técnico No. 30

ISBN: 978-607-425-501-0

Diciembre 2010



25 Aniversario Ciencia y Tecnología para el Campo

Vivir Mejor

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

Lic. Francisco Javier Mayorga Castañeda
Secretario

MC. Mariano Ruiz-Funes Macedo
Subsecretario de Agricultura

Ing. Ignacio Rivera Rodríguez
Subsecretario de Desarrollo Rural

Dr. Pedro Adalberto González Hernández
Subsecretario de Fomento a los Agronegocios

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

Dr. Pedro Brajchich Gallegos
Director General

Dr. Salvador Fernández Rivera
Coordinador de Investigación, Innovación y Vinculación

M.Sc. Arturo Cruz Vázquez
Encargado del Despacho de la Coordinador de Planeación y Desarrollo

Lic. Marcial A. García Morteo
Coordinador de Administración y Sistemas

CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL NORTE CENTRO

Dr. Homero Salinas González
Director Regional

Dr. Uriel Figueroa Viramontes
Director de Investigación

Dr. José Verástegui Chávez
Director de Planeación y Desarrollo

M.A. Jaime Alfonso Hernández Pimentel
Director de Administración

M.Sc. Agustín F. Rumayor Rodríguez
Director de Coordinación y Vinculación en Zacatecas

PRODUCCIÓN Y ENSILAJE DE MAÍZ FORRAJERO DE RIEGO

Miguel Ángel Flores Ortíz

Investigador del Programa de Forrajes
Campo Experimental Zacatecas-INIFAP

Uriel Figueroa Viramontes

Director de Investigación – CIRNOC – INIFAP

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES,
AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL NORTE CENTRO

CAMPO EXPERIMENTAL ZACATECAS
CALERA, ZACATECAS, MÉXICO

Producción y ensilaje de maíz forrajero de riego

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES AGRÍCOLAS Y
PECUARIAS

Progreso No. 5

Barrio de Santa Catarina

Delegación Coyoacán

C.P. 04010, México D.F.

Tel. (55) 3871-7800

ISBN: 978-607-425-501-0

Primera Edición 2010

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 o por otros medios, sin el permiso previo y por escrito de la institución

Cita Correcta:

Flores O., M.A. y U. Figueroa V. 2010. Producción y ensilaje de maíz forrajero de riego. Folleto Técnico No. 30. Campo Experimental Zacatecas, CIRNOC-INIFAP. Calera, Zacatecas, 41 p.

Contenido

1. Introducción	1
2. Características del maíz como forraje	2
3. Tecnología de producción	4
Preparación del terreno	4
Época, método y densidad de siembra.....	7
Variedades e Híbridos	8
Fertilización	12
Riegos	28
Control de plagas	29
Control de maleza.....	31
4. Cosecha y ensilado.....	32
Etapas de madurez.....	32
Altura de corte	34
Tamaño de partícula	35
Llenado y tapado del silo.....	35
Utilización del silo	36

INTRODUCCIÓN

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 (Roth y Heinrichs, 2001; Bates, 1998). Este forraje, se utiliza para la crianza de todo tipo de rumiantes, pero tiene especial importancia para el ganado lechero porque la producción de leche es altamente dependiente de la cantidad de energía que consume la vaca lactante; además de energía, la vaca necesita ingerir fibra de calidad para que su rumen funcione adecuadamente. Estos requerimientos de nutrientes crean la necesidad de utilizar forrajes energéticos de alta digestibilidad, y el maíz cumple con estas especificaciones (Staples, 2003).

El ensilaje es una forma de conservar el forraje en húmedo mediante fermentación para preservar su calidad nutritiva por un largo periodo de tiempo lo mas cercano a la que tenía al momento de ser cosechado (Harris, 2003).

El objetivo de la presente publicación es describir la tecnología de producción del maíz forrajero para ensilaje bajo condiciones de riego y el proceso de ensilado.

Características del maíz como forraje

El maíz (*Zea mays* L.) es originario de México y América Central. Esta especie tiene una amplia distribución geográfica de los 50° de latitud norte a los 40° de latitud sur y desde los 0 a 3,300 msnm, y es cultivado en regiones tropicales, subtropicales y templadas (Ruíz *et al.*, 1999).

El maíz como forraje es muy utilizado y apreciado en la producción animal por su valor energético, además, el ensilaje de este cultivo es una práctica que va ganando popularidad porque al conservarlo de esta forma la calidad del forraje es muy similar a la que tiene la planta en pie al momento de la cosecha, tiene una alta palatabilidad, y el ensilaje es mas flexible que el henificado porque no depende del clima (Schoerder, 2004; Bates, 1998; Wheaton *et al.* 1993).

El Cuadro 1 muestra la distribución de los componentes de rendimiento del maíz forrajero, en los híbridos la mayor proporción de la biomasa proviene de la mazorca, lo cual proporciona el valor energético al cultivo por ser el grano la parte de la planta que contiene la mayor cantidad de energía digestible, seguido por las hojas, brácteas, olote y tallos (Schoerder, 2004).

Cuadro 1. Materia seca (%) aportada por las diferentes partes de la planta de maíz forrajero.

Parte de la planta	Rango observado (% de la materia seca)
Grano	15-60
Hojas	15-25
Tallo	20-40
Olote	6-10
Brácteas	6-8

Valores expresados en porcentaje en base seca

El Cuadro 2 muestra la composición química del maíz forrajero, observándose que el contenido de proteína es de 8%, porcentaje que es mas bajo que el de otros cultivos forrajeros, por ejemplo, los cereales cosechados en etapa floración que pueden llegar a 16%. (Flores y Sánchez, 2010), pero, su principal valor es la energía neta de lactancia que aporta la cual puede llegar 1.62 Mcal/kg de materia seca; 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).

Cuadro 2 Variación del contenido de nutrientes del ensilaje de maíz

Nutriente	Valor promedio	Rango
Proteína cruda (%)	8.0	6 – 17
Fibra detergente ácido (%)	28.0	20 – 40
Fibra detergente neutro	48.0	30 – 58
Total de nutrientes digestibles	67.0	55 – 75
Energía neta de lactancia (Mcal/kg)	1.49	1.27 - 1.62
Calcio (%)	0.26	0.10 - 0.40
Fósforo (%)	0.30	0.10 - 0.40

Valores expresados en porcentaje en base seca, excepto la energía neta de lactancia

TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN

Preparación de la cama de siembra

Uno de los pasos más importantes para tener éxito en el establecimiento y producción del cultivo es la preparación adecuada del terreno para crear una cama de siembra firme que permita a la semilla estar en contacto con el suelo húmedo y así obtener una buena germinación, emergencia y establecimiento de las plántulas y un desarrollo óptimo de las plantas de maíz. Una buena preparación de la cama de siembra aumenta la infiltración,

retención y movimiento del agua en el suelo y promueve un crecimiento vigoroso de las raíces (Conway, 2010).

En maíz forrajero, las practicas de preparación de suelo son barbecho, rastreo, nivelación y surcado.

Barbecho. Consiste en pasar el arado sobre el terreno para voltear los primeros 25 a 30 cm de suelo. Los objetivos de voltear el terreno son: 1) incorporar los residuos del cultivo anterior y la maleza existente en el terreno para facilitar su descomposición, 2) aflojar el suelo para que el sistema radical de la planta tenga un buen desarrollo, 3) mejorar la infiltración y retención del agua en el suelo y 4) reducir la presencia de plagas y malezas durante el ciclo del cultivo y 5) aumentar la aeración del suelo. Esta práctica se realiza en forma mecánica con arado de discos o con arado vertical de rejas. Se recomienda barbechar al menos 15 días antes de sembrar.

Rastreo. Es el paso de la rastra de discos sobre el terreno para deshacer los terrones grandes que quedan después del barbecho, para obtener una superficie mullida que permita el contacto de la semilla con el suelo y eliminar la maleza pequeña que nació después del barbecho. El rastreo se lleva a cabo a una profundidad de 12 a 15 cm y se recomienda rastrear lo más cercano al momento de la

siembra para eliminar la mayor cantidad de maleza. Si el terreno esta muy duro es posible que se requieran dos pasos de rastra, de ser así, estos se hacen en forma cruzada, es decir el segundo paso se realiza en sentido perpendicular al primero.

Nivelación. Esta práctica es necesaria para una distribución uniforme del agua de riego y hacer un uso eficiente de la misma. Se realiza después del rastreo con una escropa niveladora o con un tablón o riel. El objetivo es tapar los huecos del terreno y eliminar las zanjas y bordos que quedan por efecto del rastreo.

Surcado y trazo del riego. El surcado se efectúa con el propósito de conducir el agua del riego de pre-siembra. La distancia entre surcos recomienda es de 0.76 m. y la longitud de los surcos no debe exceder los 100 m para evitar perdidas por percolación; la pendiente de estos debe de ser de 1 a 5% para evitar erosión hídrica (perdida de suelo). cuando la pendiente excede mas del 5% se recomienda hacer surcos en contornos, con respecto a las a las curvas del nivel del terreno. Los surcos se trazan en forma perpendicular a la pendiente del terreno.

Época, densidad y método de siembra

Para las condiciones de Zacatecas, la época de siembra para el maíz forrajero de riego inicia el 20 de abril y termina el 30 de mayo. Sembrar antes o después de esta fecha se corre el riesgo de sufrir daños en el cultivo a causa de heladas tardías (al inicio del ciclo) o tempranas (al final de ciclo). En el caso de la región de los Cañones la siembra puede iniciar desde el 20 de febrero, porque las condiciones de clima son mas calientes y la ocurrencia de heladas es menor que en el altiplano

El número de plantas que se siembran por hectárea afecta el rendimiento del cultivo, la calidad del forraje cosechado y el costo de producción, por ello es importante sembrar el número correcto de semillas por unidad de superficie. La densidad de siembra recomendada en maíz forrajero es mayor que la de maíz para grano Para maíz para ensilaje la recomendación es sembrar 80,000 plantas/hectárea, incrementar el número de plantas arriba de lo recomendado incrementa el rendimiento de materia seca pero en un porcentaje que no paga el costo de la semilla, por ejemplo, Cox y Cherny (2001) incrementaron la densidad de 80,000 a 116,000 plantas por hectárea y el rendimiento de materia seca solo aumentó 3.7%. Además, las altas densidades de siembra impactan negativamente la

calidad del ensilaje porque se incrementa el contenido de fibra detergente neutro y fibra detergente ácido reduciendo la digestibilidad del forraje, esto debido a que se aumenta la producción de materia seca, pero la de grano se reduce o permanece constante (Contreras *et al.*, 2010; Núñez y Faz, 2002; Widdicombe y Thelen, 2002; Cox y Cherney, 2001, Cusicanqui y Lauer, 1999).

En caso de que el suelo sea de baja fertilidad o productividad la densidad de siembra deberá bajarse para obtener el mayor rendimiento de forraje (Lauer, 2009)

El método de siembra recomendado es sembrar en surcos con una separación de 0.76 m.

Variedades e híbridos

La selección del híbrido o variedad es el inicio para obtener una producción de forraje rentable y un ensilaje de alta calidad. Para condiciones de riego se recomienda sembrar híbridos, porque han sido formados para que buena parte de su biomasa provenga de la mazorca, lo cual es necesario para producir un forraje de alto contenido energético.

La selección de la variedad o híbrido se debe basar en los siguientes aspectos: 1) rendimiento de forraje, se deben escoger los híbridos que produzcan más forraje, 2)

Cantidad de mazorca o grano que producen; un buen ensilaje requiere de que la planta lleve una alta cantidad de grano para que ocurra un proceso de fermentación adecuado y el ensilaje presente un alto contenido de energía. Se recomienda escoger híbridos y variedades que produzcan al menos 40% de su peso como mazorca 3) calidad nutricional, hay que tomar en cuenta la digestibilidad y contenidos de fibra detergente ácido, fibra detergente neutro, proteína cruda y de energía neta de lactancia que producen cada híbrido o variedad (Bagg, 2001). Los mejores híbridos son los que tienen bajos valores de fibra y altos en digestibilidad y energía neta de lactancia. En los Cuadros 3 y 4 se muestra las características de rendimiento y calidad de híbridos evaluados en el Campo Experimental Zacatecas. Otro aspecto a tomar en cuenta es el costo de la semilla, ya que algunos híbridos son muy caros y su rendimiento es igual a otros más baratos.

Cuadro 3. Rendimiento de forraje seco y distribución de la biomasa de híbridos de maíz forrajero evaluados en el Campo Experimental Zacatecas

Híbrido	Forraje seco (ton/ha)	Materia seca (%)	Altura (m)		% de la biomasa			
			Total	Mazorca	Tallo	Hoja	Brácteas	Mazorca
JPX-33	29.9	36.3	2.74	1.27	28.2	19.1	10.6	42.3
Oso	27.7	33.7	2.60	1.27	26.7	18.9	7.0	47.3
Pantera	27.6	34.0	2.75	1.38	26.5	23.6	11.7	38.1
JPX-75	27.5	29.7	2.74	1.38	34.9	19.4	11.3	34.3
SB-302	27.0	33.3	2.69	1.53	25.9	18.5	10.6	45.0
JPX-36	26.6	30.3	2.75	1.40	28.2	19.8	9.6	42.3
Cronos	26.5	34.0	2.64	1.28	33.9	18.9	6.6	40.6
8285	26.4	37.7	2.48	1.05	23.8	17.4	7.1	51.7
3025W	25.4	33.7	2.47	1.05	27.5	21.5	7.9	43.1
A 7573	25.0	29.7	2.47	1.20	23.2	20.4	9.7	46.6
AS-905	24.3	31.7	2.82	1.32	29.3	22.2	11.9	36.5
Eros	23.4	31.0	2.74	1.34	26.2	21.6	7.3	44.9
Río Grande	23.2	30.0	2.62	1.27	28.1	21.7	8.6	41.6
Vulcano	23.1	32.3	2.53	1.31	25.4	26.1	10.7	37.7
A-3	20.7	27.7	2.59	1.39	27.3	21.3	15.1	36.3

Cuadro 4. Parámetros de calidad nutricional de híbridos de maíz forrajero evaluados en el Campo Experimental Zacatecas

Híbrido	PC	FDA	FDN	TND	ENL
	(%)				Mcal/kg de MS
JPX-75	7.91	33.1	57.8	60.6	1.34
Río Grande	7.75	30.1	52.4	62.2	1.35
Eros	7.70	34.2	57.8	58.5	1.27
3025W	7.70	30.7	56.1	60.0	1.31
SB-302	7.28	32.9	56.1	61.3	1.33
Vulcano	7.19	30.9	54.5	60.7	1.32
A-3	6.99	34.5	59.2	59.0	1.29
Oso	6.96	30.2	50.5	63.4	1.37
JPX-36	6.95	33.1	58.3	60.0	1.32
Pantera	6.79	37.3	62.4	57.0	1.23
A 7573	6.46	32.8	58.0	60.7	1.32
Cronos	6.24	31.0	55.7	62.3	1.34
AS-905	6.18	33.8	56.6	61.1	1.33
8285	6.09	30.1	53.9	62.7	1.36
JPX-33	5.43	32.0	56.4	61.5	1.33

PC=Proteína cruda; FDA=Fibra detergente ácido; FDN=Fibra detergente neutro; TDN=Total de nutrientes digestibles; ENL=Energía neta de lactancia

Fertilización

La fertilización adecuada del maíz para ensilaje es esencial para obtener el rendimiento potencial del híbrido o variedad y del terreno, si no se abastecen adecuadamente los requerimientos de nutrientes, el rendimiento disminuirá en función de la magnitud de la deficiencia.

El maíz extrae cantidades importantes de elementos como nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S) y en menor cantidad otros conocidos como elementos menores o micronutrientes (Cuadro 5).

Cuadro 5. Cantidades de nutrimentos extraídas por un cultivo de maíz para ensilaje

Nutrimento	Extracción		
	Por ton de MS	En 18 ton/ha MS	
	----- kg -----		
Nitrógeno	N	14.0	252
Fósforo	P ₂ O ₅	5.6	101
Potasio	K ₂ O	13.2	238
Calcio	Ca	3.6	65
Magnesio	Mg	1.8	32
Azufre	S	1.5	27
Fierro	Fe	0.072	1.30
Cobre	Cu	0.005	0.09
Manganeso	Mn	0.07	1.26
Zinc	Zn	0.016	0.29
Boro	B	0.008	0.14

Nitrógeno

El nitrógeno es el nutrimento que más requiere el maíz forrajero y el que más comúnmente limita el rendimiento. El nitrógeno que toman las plantas del suelo puede venir de los fertilizantes, del estiércol o del nitrógeno residual del suelo. Cuando se aplica nitrógeno en exceso, puede perderse del suelo por diferentes procesos, como volatilización de amonio (NH_4^+) y lixiviación de nitrato (NO_3^-), el cual puede contaminar el acuífero.

Cuanto nitrógeno aplicar. El recomendar una sola dosis de nitrógeno para todos los predios no es práctico porque se tiene la desventaja de no considerar diferencias de rendimiento del cultivo en diferentes suelos, ni se toma en cuenta el nitrógeno aprovechable en el suelo, esto puede conducir a pérdidas económicas por aplicar fertilizante en exceso u obtener un rendimiento de forraje menor al potencial del híbrido o variedad y terreno, por aplicar fertilizante de menos.

Para hacer más eficiente el uso de fertilizantes en un cultivo de maíz forrajero, se recomienda:

- a) Analizar el suelo para conocer la reserva de N aprovechable.
- b) Estimar un rendimiento esperado o meta de rendimiento.

- c) Conocer el requerimiento de N por ton de materia seca (MS) producida.

Con la información anterior, una fórmula general para estimar la dosis de N es:

$$\text{Dosis N} = \left(\frac{\text{Meta de rendimiento X N extraído}}{\text{Eficiencia}} \right) - \text{Suministro de N}$$

Para estimar la dosis de N se siguen los siguientes pasos:

- 1. Definir una meta de rendimiento.** Es importante que la meta de rendimiento sea realista. Representa el potencial productivo del híbrido o variedad en un tipo suelo; se estima en base al historial de la parcela y a la experiencia del productor. Si se llevan registros de producción por año, una estimación realista es considerar los últimos cinco años y tomar el promedio de los dos más productivos; se expresa en ton/ha de MS.
- 2. Estimar la demanda de N del maíz.** La demanda de N se obtiene multiplicando la meta de rendimiento por el **N extraído**. El **N extraído** es el N removido por el cultivo en la parte aérea; se estima que el maíz forrajero extrae un promedio de 14 kg N/ha por ton MS (Cuadro 5). En el

Cuadro 6 se anota la demanda de N a diferentes niveles de producción de maíz forrajero

Cuadro 6. Demanda de N para obtener diferentes rendimientos de maíz forrajero.

Rendimiento forraje verde (ton/ha)	36	42	48	55	61
Rendimiento de forraje seco (ton/ha) a 33% materia seca	12	14	16	18	20
Demanda de N	----- kg/ha -----				
	168	196	224	252	280

NOTA IMPORTANTE: Cuando no se tienen análisis de laboratorio ni se aplicó estiércol, los datos anotados en este cuadro se toman como recomendación de fertilización nitrogenada para diferente meta de rendimiento.

3. Calcular la cantidad de N que se requiere aplicar. El requerimiento de N como fertilizante se obtiene al dividir la demanda de N entre la **Eficiencia**. La eficiencia se refiere al N que aprovecha el cultivo por cada unidad que se aplica como fertilizante. Esta eficiencia esta en función del sistema de riego; en general se considera que en un sistema de riego por gravedad la eficiencia es entre 40 y 60%. Es decir, en una parcela bien nivelada con riegos ligeros y frecuentes, la eficiencia puede llegar al 60% (por cada 100 kg de fertilizante, el cultivo absorbe 60 kg y de los otros 40 kg una parte se pierde y la otra

puede permanecer en el suelo). En el caso de riego por aspersión, la eficiencia puede aumentar a 60–70%. En el Cuadro 7 se anota el requerimiento de fertilizante de maíz a diferentes niveles de productividad y eficiencias.

Cuadro 7. Requerimiento de N como fertilizante de maíz forrajero.

	Rendimiento (ton/ha MS)				
	12	14	16	18	20
Requerimiento de N-fertilizante	----- kg/ha de N -----				
Riego por Aspersión	240	280	320	360	400
Riego por Gravedad	280	327	373	420	467

4. Calcular el suministro de N. Se refiere al nitrógeno en el suelo que puede ser aprovechado por el cultivo durante el ciclo y puede provenir de diversas fuentes. Las cantidades estimadas en este paso se restan del requerimiento de N:

- a) N del suelo en forma de nitrato. El N residual se estima en kg/ha a partir de la concentración de nitrato (mg/kg o ppm) en muestras compuestas de suelo tomadas a 0-30 cm de profundidad. El valor

anterior se multiplica por un factor de 3.75 para obtener kg/ha de N, asumiendo una densidad aparente (Da) de 1.35 g/cm^3 , a una profundidad de 30 cm y eficiencias de uso del N de 60% en riego por gravedad y 70% en riego por aspersión. En el Cuadro 8 se anota el N aprovechable a diferentes concentraciones de nitratos en el suelo

Cuadro 8. Nitrógeno aprovechable de acuerdo a la concentración de nitratos en el suelo.

Nitratos (mg/kg)	Nitrógeno aprovechable (kg/ha)	Nitratos (mg/kg)	Nitrógeno aprovechable (kg/ha)
5	19	30	113
10	38	35	131
15	56	40	150
20	75	45	169
25	94	50	188

- b) El N proveniente de la mineralización de la materia orgánica. Se considera que cada unidad de materia orgánica (MO) del suelo aporta 16 kg/ha de N aprovechable. Es decir, el valor de MO que reporte el análisis de suelo en laboratorio se multiplica por 16

para obtener los kg/ha de N aprovechable de esta fuente (Cuadro 9).

Cuadro 9. Nitrógeno aprovechable a diferentes contenidos de materia orgánica en el suelo

Materia orgánica en el suelo (%)	Nitrógeno aprovechable (kg/ha)	Materia orgánica en el suelo (%)	Nitrógeno aprovechable (kg/ha)
0.6	10	1.6	26
0.8	13	1.8	29
1.0	16	2.0	32
1.2	19	2.2	35
1.4	22	2.4	38

- c) Cultivo anterior. En las unidades de producción de forraje-leche, se debe considerar el N aprovechable cuando el maíz forrajero se siembra después de alfalfa. La cantidad de N aprovechable después de un cultivo de alfalfa depende de la densidad de plantas al quitar la alfalfa y de la textura del suelo, según se anota en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Nitrógeno aprovechable en el suelo después de un cultivo de alfalfa.

Condición de la alfalfa	Densidad de población	N aprovechable	
		Franco-arenosa y arenosa	Otras texturas
	plantas/m ²	kg/ha de N	
Buena	> 45	60	120
Regular	15 – 45	40	80
Mala	< 15	20	40

- d) El N incorporado en estiércol y abonos orgánicos. En los sistemas de producción intensiva de forraje-leche es necesario considerar al estiércol como un fertilizante orgánico, con cierto porcentaje de N y otros nutrimentos que serán disponibles al cultivo. En el caso de N, alrededor de un 45% del N total que reporta el análisis de laboratorio se mineraliza durante la descomposición de la MO y pasa de formas orgánicas a formas inorgánicas (amonio y nitrato), las cuales pueden ser absorbidas por el cultivo. Un vez que ocurre esto, el N inorgánico es susceptible a pérdidas en el suelo, igual que cualquier fertilizante. En el caso de compostas de estiércol, solo un 20% del N total se mineraliza a formas aprovechables por el cultivo. Como guía

general, cuando se utiliza estiércol que ha sido apilado por algún tiempo, es necesario calcular el peso seco de la dosis que se va a aplicar, utilizando el porcentaje de humedad que se reporta en el análisis de laboratorio. Con en valor anterior se puede obtener la cantidad de N aprovechable para el maíz forrajero con la siguiente formula:

N aprovechable = Dosis de abono x N total x Factor de conversión

El factor de conversión depende del tipo de abono (estiércol o composta) y si se aplicó el mismo año de la siembra de maíz o el año anterior. En el Cuadro 11 se asienta anota el factor de conversión de acuerdo a los criterios anteriores.

Cuadro 11. Factor de conversión para obtener N aprovechable (kg/ha) al aplicar estiércol o composta

Época de aplicación	Estiércol	Composta
En el ciclo actual	4.5	2.0
En el ciclo anterior	0.5	0.3

Ejemplo 1:

Se va a sembrar maíz forrajero en un suelo de textura franco-arcillosa, con riego por gravedad; el suelo tiene 20 mg/kg de N aprovechable (nitratos) y 1.8% de materia orgánica. La meta de rendimiento es de 18 ton/ha de materia seca. El cultivo anterior fue alfalfa y al retirarla la cobertura era de 12 plantas/m².

Cuadro	Concepto	Valor
6	Demanda de N, 18 ton/ha MS	252 kg/ha N
7	Requerimiento de N como fertilizante	<u>420 kg/ha N</u>
	Suministro:	
8	Nitratos, 20 mg/kg	75 kg/ha N
9	Materia orgánica, 1.8 %	29 kg/ha N
10	Alfalfa, mala condición, textura no arenosa	40 kg/ha N
	Total:	<u>144 kg/ha N</u>
	Dosis de N (kg/ha) = 420 – 144 = <u>276 kg N/ha</u>	

Ejemplo 2:

Se va a sembrar maíz forrajero en un suelo de textura franco-arenosa, con riego por aspersión; el suelo tiene 10 mg/kg de N aprovechable (nitratos) y 1.4% de materia orgánica. La meta de rendimiento es de 20 ton/ha de

materia seca. Previo a la siembra se incorporaron 52 ton/ha de estiércol en peso seco (80 ton/ha en húmedo); el análisis de estiércol reporta un 35% de humedad y 1.1% de N total. El cultivo anterior fue avena.

Cuadro	Concepto	Valor
6	Demanda de N, 20 ton/ha MS	280 kg/ha N
7	Requerimiento de N como fertilizante	<u>400 kg/ha N</u>
	Suministro:	
8	Nitratos, 10 mg/kg	38 kg/ha N
9	Materia orgánica, 1.4 %	22 kg/ha N
11	Estiércol, 50 ton/ha (peso seco) x 1.1 x 4.5 =	248 kg/ha N
	Total:	<u>308 kg/ha N</u>
	Dosis de N (kg/ha) = 400 – 308 = <u>92 kg N/ha</u>	

Fósforo

A diferencia del nitrógeno en el suelo, que sufre de cambios y pérdidas ocasionados principalmente por microorganismos, los cambios del fósforo (P) en el suelo consisten mayormente en transformaciones químicas. Los cultivos toman el **fósforo soluble** del suelo en forma fosfatos (H_2PO_4^- y HPO_4^{2-}). Sin embargo, el fósforo soluble en el suelo representa un porcentaje mínimo del fósforo total

en el suelo. La mayor parte del fósforo en el suelo se encuentra en forma **inorgánica**, formando parte de minerales y sales en combinación con fierro, aluminio y calcio, este último abundante en los carbonatos de los suelos de zonas áridas. Otra forma del fósforo en el suelo se encuentra fijada o adsorbida a minerales del suelo pero que puede ser parcialmente **extractable o aprovechable** por los cultivos. En el caso de suelos calcáreos de zonas áridas, el fósforo que se aplica como fertilizante reacciona con el calcio presente en el suelo y se precipita como fosfato de calcio. El fósforo como nutrimento es requerido por los cultivos en cantidades inferiores al nitrógeno; una cosecha de 18 ton/ha de MS de maíz forrajero puede extraer 252 kg/ha de N y solo unos 100 kg/ha de unidades de P como pentóxido de fósforo (P_2O_5), que es la forma en que se mide el contenido de P en los fertilizantes (Cuadro 12).

Por otro lado, el estiércol de bovino lechero aporta en promedio 7 kg P_2O_5 /ton de estiércol (en peso seco), que puede ser aprovechable por el cultivo durante el primer año de aplicación. Es decir, aun aplicaciones mínimas de 40 ton/ha de estiércol con 0.5% de P, aportan 280 kg/ha de fósforo aprovechable (P_2O_5), por lo que no sería necesario fertilizar la mayoría de los cultivos forrajeros.

El análisis de suelo en el laboratorio es importante para determinar la cantidad de fósforo aprovechable presente en el suelo. En el Cuadro 12 se anota la clasificación de suelos en base al resultado de laboratorio de fósforo extractable por el método Olsen.

Cuadro 12. Clasificación del suelo de acuerdo al contenido de fósforo.

Clasificación	Resultado de Laboratorio	
	mg P/kg (ppm)	kg P ₂ O ₅ /ha
Muy Bajo	< 5	< 48
Bajo	5 – 15	48 – 140
Medio	16 – 20	140 – 184
Alto	21 – 35	184 – 324
Muy Alto	> 35	> 324

Un suelo clasificado como Muy Bajo en concentración de fósforo Olsen aporta menos de 47 kg/ha de P₂O₅ aprovechable (a 0-30 cm de profundidad). Normalmente un suelo clasificado como Medio en fósforo, puede aportar mas de 140 kg/ha de P₂O₅, por lo que no sería necesario aplicar más fósforo al maíz. Considerando lo anterior, es importante realizar análisis de suelo y tomar en cuenta la cantidad de fósforo aprovechable para estimar la cantidad de fertilizante a aplicar. El Cuadro 13 muestra una guía general de la

cantidad de fósforo a aplicar con base en el análisis de suelo y la meta de rendimiento del maíz forrajero.

Cuadro 13. Dosis de fósforo recomendada en base al P Olsen en el suelo y la meta de rendimiento

P en el Suelo mg/kg (ppm)	Meta de rendimiento (ton/ha MS)				
	12	14	16	18	20
	----- kg/ha de P como fertilizante (P ₂ O ₅) -----				
0	75	90	100	120	140
5	30	40	60	70	80
10	0	0	20	30	40
> 15	0	0	0	0	0

Un técnico puede auxiliarle en la interpretación de los resultados del laboratorio, así como en la estimación del fósforo aprovechable y de la cantidad de fertilizante que es necesario aplicar. El INIFAP, en el Campo Experimental La Laguna, tiene disponible un programa de computadora en MS-Excel que realiza todos los cálculos anteriores y estima dosis de fertilizantes para nitrógeno y fósforo, así como dosis de estiércol y composta. Para utilizarlo se requiere tener disponibles los análisis de laboratorio de suelo y del estiércol o composta a utilizar. El programa se puede solicitar en CD a la dirección del INIFAP-Laguna que aparece en la contraportada de este folleto.

Otros nutrimentos

En condiciones promedio, los suelos del norte de México abastecen las cantidades de potasio y otros nutrimentos que requiere el maíz forrajero. En condiciones de suelos arenosos y cuando se observan síntomas de alguna deficiencia en el cultivo (amarillamiento, coloración fuera de lo normal, quemaduras en las hojas, etc.), es recomendable realizar análisis de suelo y de planta en un laboratorio. En el Cuadro 14 se anotan los rangos óptimos de nutrientes en la planta en diferentes etapas de muestreo.

Cuadro 14. Rangos óptimos de nutrimentos en maíz en diferentes etapas fenológicas

Nutrimento	Etapa del cultivo		
	Plántula 24 – 45 días	3ª Hoja 45 – 80 días	Hoja de la mazorca en floración
	----- % -----		
N	4.0 – 5.0	3.5 – 4.5	2.76 – 3.75
P	0.4 – 0.6	0.35 - 0.50	0.25 – 0.50
K	3.0 – 5.0	2.0 – 3.5	1.75 – 2.75
Ca	0.51 – 1.60	0.2 – 0.8	0.3 – 0.6
Mg	0.3 – 0.6	0.2 – 0.6	0.16 – 0.40
S	0.18 – 0.40	0.18 – 0.40	0.16 – 0.40
	----- ppm -----		
Fe	25 – 60	20 – 60	19 – 75
Cu	6 – 25	6 – 25	5 – 40
Mn	40 – 160	20 – 150	19 – 75
Zn	40 – 500	25 – 250	50 – 250
B	6 – 20	6 – 20	3 – 15

Aplicación del fertilizante

Si se utilizan fertilizantes granulados es recomendable aplicar el 100% del fósforo y solo el 40% del nitrógeno al momento de la siembra, el 60% restante del nitrógeno se aplica en la escarda, antes del primer riego de auxilio. Si se tiene la infraestructura para utilizar fertilizantes líquidos y sistema de riego por gravedad, se recomienda fraccionar la dosis total estimada de acuerdo al Cuadro 15.

Cuadro 15. Porcentaje de la dosis de N total estimada que se recomienda aplicar en diferentes etapas del cultivo.

Etapa	Días después de siembra	Fracción de la dosis total (%)
Siembra	0 – 30	15
Crecimiento rápido	30 – 50	40
Floración – jilote	50 – 75	30
Llenado de grano	75 – 100	15

RIEGOS

Para producir el maíz forrajero para ensilaje se requieren cinco riegos de una lámina de 10-12 cm. El primer riego es el de presiembra, el primer riego de auxilio se aplica a los 30-35 días, el segundo a los 55 días, el tercero cuando inicia la floración femenina (Jilotear), el cual es muy importante para tener una buena polinización y formación del grano, el

cuarto riego se aplica a los 20 días después, cuando el elote se esta formando y llenando grano, este riego es muy importante para tener una buena producción de mazorcas. La cantidad de agua y la frecuencia de riegos varían de acuerdo a la cantidad de lluvia que se reciba durante el ciclo vegetativo y la distribución de la misma. El tipo de suelo también influye, los suelos arenosos requieren riegos más frecuentes que los que requieren los suelos francos o arcillosos.

CONTROL DE PLAGAS

El control de plagas es indispensable para evitar pérdidas importantes de rendimiento. Las plagas del maíz se agrupan en dos categorías las plagas del suelo y plagas del follaje.

Plagas del suelo. Se alimentan de la raíz reduciendo la capacidad de la planta para absorber agua y nutrientes del suelo lo que ocasiona que las plantas tengan un desarrollo pobre, marchitamiento, acame y disminución de rendimiento y si la infestación es grave la muerte de las mismas. Las principales plagas del suelo son la **gallina ciega**, nombre que recibe las larvas de varias especies de escarabajos entre las cuales destacan lo géneros *Phyllophaga* sp, *Macroductylus* sp, *Euetheola* sp, *Cyclocephala* sp) y el

gusano de alambre el cual comprende varias especies del género *Agrostis*. El control de estas plagas se debe realizar antes de la siembra con aplicaciones de insecticidas al suelo, los productos recomendados son carbofuran 5% G terbufos 5% G en dosis de 20 Kg /ha. El criterio a seguir para definir si se requiere el control de la plaga mediante la aplicación de insecticidas es cuando en un cubo de suelo de 30 x 30 x30 cm se encuentran de tres a cuatro larvas de la plaga (Medina *et al.*, 2007: C.E.SLP-INIFAP, 2010). Una práctica que ayuda a controlar estas plagas es barbechar el terreno después de la cosecha para exponer las larvas a la superficie y que sean consumidas por depredadores, como pájaros, o sean eliminadas por las condiciones climáticas adversas para estos organismos

Las plagas del follaje esencialmente se alimentan de hojas tanto tiernas como maduras y de la savia que circula en ellas. El **gusano cogollero** (*Spodoptera frugiperda*) es la plaga mas importante del maíz, afecta al cultivo desde que emerge hasta que alcanza una altura de 50 cm (Medina *et al.*, 2007), los gusanos se albergan en el cogollo de la planta del cual se alimentan causando daño a las hojas que posteriormente emergerán reduciendo el rendimiento del cultivo. El control se debe efectuar cuando el 20% de las plantas presenten daño; los insecticidas recomendados son

el endosulfan, malation, cloropirifos, metomilo y metamidofos en dosis de 0.3 a 0.4 l/ha, también los hay en presentaciones granuladas las cuales se aplican al cogollo con un salero. **Araña roja** (*Olygonychus mexicanus*) es un ácaro que vive en el envés de las hojas y se alimenta de la savia causando manchas amarillentas que van extendiéndose hasta cubrirla por completo. Este ácaro ataca al cultivo durante las épocas más calientes y secas del ciclo del cultivo e inicia su ataque en las hojas inferiores de la planta. El control de la araña roja se lleva a cabo con insecticidas sistémicos como oxidemeton metilo (0.4 kg de i.a/ha), ometoato (0.42 kg de i.a/ha) y dimetoato (0.25 kg de i.a/ha). El criterio para iniciar el control es cuando aparecen las primeras colonias de la plaga en las hojas inferiores. **Gusano soldado** (*Pseudaletia unipuncta*). Esta plaga ocasionalmente puede causar daño al maíz y se controla con los mismos insecticidas que el gusano cogollero.

Control de maleza

La maleza se debe controlar oportunamente con énfasis en los primeros 40 días del ciclo del cultivo, el control se puede efectuar mecánicamente mediante escardas o cultivos, la primera de ellas se realiza a las tres

semanas de emergida la planta, la segunda a los 15 después de la primera. Si el control es químico se puede llevar a cabo aplicando 2,4-D Amina en dosis de 1.0 a 1.5 L/ha.

COSECHA

Etapa de madurez

Una vez que el cultivo se ha desarrollado se debe tomar la decisión de cuando cosechar el forraje, y para ello se considera el estado de madurez porque determina el contenido de grano, la digestibilidad y contenido de humedad del forraje (Schoerder, 2004).

La cantidad de agua que contiene el forraje al momento de ser cosechado es el factor más importante en determinar la calidad del ensilaje, si el maíz se cosecha con un alto contenido de agua (>70%) se produce una fermentación indeseable porque es dominada por bacterias formadoras de ácido butírico y también hay fuertes pérdidas de nutrientes digestibles por efecto del escurrimiento del agua del forraje que los arrastra. Por el contrario, si el forraje se cosecha muy seco (< 60% de humedad) se dificulta la compresión del mismo produciendo calentamiento del forraje, la producción de mohos y retarda la fermentación

anaeróbica, que es la deseable, así mismo se reduce la capacidad de almacenamiento del silo (Muller *et al.* 2001).

El forraje de debe cosechar con un contenido de 65% de humedad, en este punto 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** esta 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 la sólida (Figura 1). En algunos híbridos o variedades, especialmente los de grano blanco, es difícil de identificar la línea de leche a simple vista, una manera de reconocer su ubicación es mordiendo el grano o presionándolo con la uña para separar la porción sólida de la líquida.

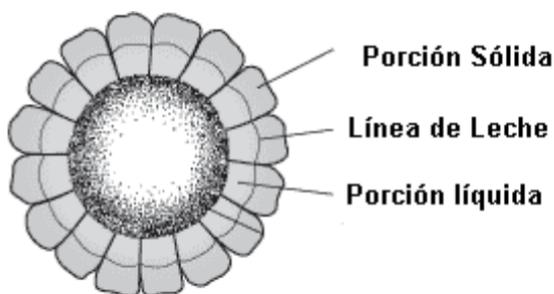


Figura 1. Esquema del corte transversal de una mazorca mostrando la línea de leche

Altura de corte

La altura de corte recomendada es de 15 cm, del ras del suelo, cosechando a esta altura se maximiza el rendimiento de forraje y de leche por hectárea. Si las plantas de maíz se encuentran estresadas por falta de agua concentran nitratos en la base del tallo que pueden ocasionar envenenamiento del ganado, en este caso se recomienda elevar la altura de corte a 30 cm. (Coulter, 2009; Lauer, 2003).

ENSILADO

El ensilaje es el método para conservar el maíz y otros cultivos y se logra al bajar el pH de la masa de forraje mediante la producción de ácido láctico que se genera por la fermentación anaeróbica de los carbohidratos hidrosolubles presentes en la planta. Dentro del silo el pH baja entre 3.8 y 5.0 lo que detiene la actividad de microorganismos que inducen a la pérdida de calidad del forraje (Stefanie *et al*, 2000). Para ensilar el maíz, este se pica, se coloca en el silo, se compacta para eliminar el aire y se cubre para crear las condiciones anaeróbicas.

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 firmemente y eliminar la mayor cantidad de aire del silo, el tamaño de partícula recomendado es de 1.5 a 2.0 cm, si el maíz está muy maduro y su contenido de humedad es menor que el especificado como óptimo, el picado debe ser más fino para poder compactar el forraje (Wheaton *et al.*, 1993).

Llenado y tapado del silo

El llenado y tapado del silo debe realizarse lo más rápido posible para eliminar el aire de la masa de forraje y evitar pérdidas de nutrientes. La forma correcta de llenar el silo es esparciendo capas de maíz picado de una altura no mayor a 0.3 m y apisonarla con el tractor para extraer el aire de la masa de forraje. Una vez que se ha llenado el silo este se debe tapar con un plástico y sobre el se colocan llantas o una capa de tierra de 3-5 cm para evitar que entre al aire al silo (Tovar *et al.* 2009)

El llenado y tapado del silo debe realizarse en un máximo de cinco días, esto es importante para eliminar lo más pronto posible la respiración celular que continua después de cosechada la planta. Después de cosechada la

planta sus células continúan respirando consumiendo los carbohidratos que utilizan las bacterias formadoras de ácido láctico, reduciendo por ende la producción de ácido láctico y la adecuada fermentación del forraje. Otro efecto de la respiración es que eleva la temperatura del silo afectando negativamente la calidad del forraje porque se forman compuestos nitrogenados indigestibles y aumentan los componentes fibrosos de la planta. El buen sellado del silo es importante para evitar la entrada del aire y la proliferación de levaduras y mohos que consumen carbohidratos y elevan la temperatura del silo (Coblentz, S/F).

Extracción del forraje del silo

El ensilaje de maíz tarda aproximadamente 21 días en completar el proceso de fermentación y estar listo para su uso, a partir de aquí la forma en que se extrae el forraje determina que la calidad del ensilaje se conserve o se deteriore. Una vez que el silo se abre hay que minimizar el contacto del forraje ensilado con el aire para evitar el crecimiento de levaduras y mohos que consumen los azúcares y otros nutrientes de la planta. El forraje debe extraerse del silo diariamente en la cantidad necesaria para alimentar los animales por ese día, El corte de la cara del silo debe ser uniforme y en los silos de trinchera o de pila

(que son los utilizados en Zacatecas) el ancho de corte mínimo de la cara es de 15 cm por día, después de remover el forraje se debe tapar la cara del silo para reducir su exposición al aire (Jones *et al.* 2004).

LITERATURA CITADA

- Bagg, J. 2001. Selecting corn silage hybrids. Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. Disponible en línea: <http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/field/selhybrid.htm>
- Bates, G. 1998. Corn Silage. SP434D. Agricultural Extension Service. The University of Tennessee. 8p
- Campo Experimental San Luis Potosí (C.E.SLP). 2010. Tecnología de producción para el cultivo de maíz para forraje de temporal en el Altiplano de San Luis Potosí. Tecnología No. 34. Campo Experimental San Luis Potosí – INIFAP.
- Coblents, W. s/f. Principles of silage making. University of Arkansas, Division of Agriculture Cooperative Extension Service FSA3052-PD-4-05R. Disponible en línea: http://www.uaex.edu/Other_Areas/publications/PDF/FSA-2032.pdf
- Contreras G. F.E., M. Marsalis, and L. Lauriault 2010. Corn plant density effects on silage. New Mexico State University Cooperative Extension Service Guide A-416.
- Conway, T.M. 2010. Proper seedbed preparation is key to a successful planting. Natural Resource Conservation Service. Salina, Kansas. Disponible en línea <http://www.ks.nrcs.usda.gov/news/coneds04/SeedbedPrep04.html>
- Coulter J. 2009. Harvest strategies to optimize corn silage quality and yield. Cropping issues in Northwest Minnesota. Vol 6. No 12. Disponible en línea.

http://www.nwroc.umn.edu/cropping_issues/2009/Issue12/08_18_09_no6.htm.

Cox, W.J. and D.J. Cherney. 2001. Row spacing, plant density, and nitrogen effects on corn silage. *Agronomy Journal* 93:597-602.

Cusicanqui, J.A, J. Lauer. 1999. Plant density and hybrid influence on corn forage yield and quality. *Agronomy Journal* 91; 911-915

Flores O., M.A. y R.A. Sánchez G. 2010. Producción y calidad de forraje de cereales menores. En: Memorias del 1er Congreso Internacional de Manejo de Pastizales. Tuxtla Gutierrez Chiapas, del 13 al 15 de Octubre del 2010.

Harris Jr., B. 2003. Harvesting, storing, and feeding silage to dairy cattle. CIR 565. Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. 7p.

Jones, C.M., A.J. Heinrichs, G.W. Roth, and V.A. Ishler. 2004. From Harvest to feed: Understanding silage management. Pennsylvania State University, Agricultural Research and Extension Service. 5M6/04acg4674

Lauer, J. 2003. Keys to higher corn forage yields. U of Wisconsin. Disponible en línea: <http://www.uwex.edu/ces/forage/wfc/proceedings2003/cor nsilageyields.htm>

Lauer J. 2009. Corn plant density for maximum grain and silage production. In *Agronomy advice*, University of

Wisconsin, Division of Cooperative Extension. Disponible en línea: <http://corn.agronomy.wisc.edu/AA/A062.aspx>

Medina G., G., J.A. Zegbe D., B. Cabañas C., J. Mena C., J.A Ruiz C., A.G. Bravo L., M.D. Amador D., R. Zandate H., M.Reveles H., R. Gutiérrez S., G. Díaz P., J. Madero T. y S. Rubio D. 2007. Potencial productivo de especies agrícolas en el Distrito de Desarrollo Rural Río Grande Zacatecas, Libro Técnico No. 6. Campo Experimental Zacatecas-CIRNOC-INIFAP., Calera, Zacatecas, México.

Mueller, J.P., J.T. Green, and W.L. Kjelgaard. 2001. Corn silage harvest techniques. In: National Corn Handbook-49. Disponible en línea: <http://corn.agronomy.wisc.edu/Management/pdfs/NCH49.pdf>.

National Research Council 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. Seventh revised edition. Washington, D.C. p 13.

Núñez H. G. y R. Faz C. 2002. Manejo de la fecha de siembra y densidad de plantas en maíz forrajero. En: Producción y utilización del maíz forrajero en la Región Lagunera Libro Técnico. Campo Experimental La Laguna-INIFAP, Matamoros, Coahuila, México.

Roth, G.W and A.J. Heinrichs. 2001. Agronomy Facts 18. College of Agricultural Sciences. Agricultural Research and Cooperative Extensión. Pennsylvania State University 7p

Ruiz C., J.A., G. Median G., C. Ortiz T., R. Martínez P., I.J. González A., H.E. Flores L. y K.F. Byerly M. 1999. Requerimientos agroecológicos de cultivos. Libro Técnico

No. 3. Centro de Investigación Regional del Pacífico
Centro-INIFAP.

Schoerder, J.W. 2004. Corn silage management. AS-1253.
North Dakota State University Cooperative Extension
Service. Disponible en línea:
<http://www.ag.ndsu.edu/pubs/ansci/dairy/as1253w.htm>.

Staples, Ch. R. 2003. Corn silage for dairy cows. DS
21. Florida Cooperative Extension Service, Institute of
Food and Agricultural Sciences, University of Florida. 7p.

Stefanie, J.W.H, O. Eferink, F. Driehuis, J.C. Gottschal y F.S.
Spoelstra. 2000. Los procesos de fermentación del ensilaje
y su manipulación. En: Mannelje L'T *et al.* (Eds) Uso en
del ensilaje en el trópico privilegiando opciones para
pequeños campesinos. Memoria de la conferencia El
Ensilaje en los Trópicos Roma 1-15 de septiembre de
2000.

Tovar G., M.R., C. Pérez M., G. Nuñez H., L. Ortega R., M.A.
Flores O. y V. Alemán M. 2009. Proceso de Producción
de forrajes. En: Vera A. H.R. *et al.* (Eds) Producción de
leche de bovino en el sistema familiar. Libro Técnico No.
24. Centro de Investigación Regional Golfo Centro-
INIFAP

Wheaton, H, F. Martz, and F. Meinershagen. 1993. Corn
Silage. G4590 Missouri University Extension.

Widdicombe, W.D. and K.D.Thelen. 2002. Row width and
plant density effect on corn forage hybrids. *Agronomy
Journal* 94: 326-330.

REVISIÓN TÉCNICA Y EDICIÓN

Dr. Rodolfo Velásquez Valle
Dr. Guillermo Medina García

FORMACIÓN Y DISEÑO DE PORTADA

L.C. y T.C. Diana Sánchez Montaña

Si usted requiere de mayor información acuda o comuníquese al

Campo Experimental Zacatecas
Km 24.5 Carretera Zacatecas-Fresnillo
Calera, Zacatecas CP 98500
Tel (478) 985-0198 y 985-0199
Fax (478) 985-0363

Correo electrónico: dirección@zacatecas.inifap.gob.mx
Página web: <http://www.zacatecas.inifap.gob.mx>

La información del presente folleto se generó del proyecto optimización de procesos para los sistemas de producción lechera en Zacatecas, financiado por la Fundación Produce Zacatecas A. C.

Esta publicación se terminó de imprimir en Diciembre de 2010
Imprenta Mejía
Calle Luis Moya No. 622 Sur
Calera de Víctor Rosales, Zacatecas
Tiraje 500 ejemplares

DIRECTORIO

CAMPO EXPERIMENTAL ZACATECAS

M.C. Agustín F. Rumayor Rodríguez
Director de Coordinación y Vinculación

PERSONAL INVESTIGADOR

Dr. Alfonso Serna Pérez	Suelo y Agua
M.C. Blanca I. Sánchez Toledano	Socioeconomía
M.C. Enrique Medina Martínez	Maíz y Frijol
M.C. Francisco Rubio Aguirre	Pastizales y Forrajes
Dr. Francisco G. Echavarría Cháirez	Suelo y Agua
Dr. Guillermo Medina García	Modelaje
Dr. Jaime Mena Covarrubias	Sanidad Vegetal
Dr. Jorge A. Zegbe Domínguez	Frutales Caducifolios
M.V.Z. Juan Carlos López García.....	Caprinos-ovinos
I.T.A. Juan José Figueroa González.....	Frijol
Dr. Luis Roberto Reveles Torres.....	Recursos genéticos
M.C. Ma. Dolores Alvarado Nava.....	Valor Agregado
Ing. Ma. Guadalupe Zacatenco González	Frutales Caducifolios
Ing. Manuel Reveles Hernández.....	Hortalizas
MC. Manuel de Jesús Flores Nájera.....	Ovinos-Caprinos
Dr. Mario Domingo Amador Ramírez.....	Sanidad Vegetal
Dr. Miguel Ángel Flores Ortiz.....	Pastizales y Forrajes
Ing. Miguel Servin Palestina.....	Suelo y Agua
M.C. Nadiezhda Y. Z. Ramírez Cabral	Modelaje
Dr. Ramón Gutiérrez Luna	Pastizales y Forrajes
Ing. Ricardo A. Sánchez Gutiérrez	Bioenergéticos
Dr. Rodolfo Velásquez Valle	Sanidad Vegetal
M.C. Román Zandate Hernández	Frijol



www.inifap.gob.mx

www.inifap-nortecentro.gob.mx

www.zacatecas.inifap.gob.mx