

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**Evaluación de métodos de labranza primaria del suelo y
aplicación de estiércol en la producción de maíz forrajero**

Por

JOSÉ APOLINAR RAMÍREZ IBARRA

TESIS

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

INGENIERO AGRÓNOMO

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

JUNIO DE 2009

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

**Evaluación de métodos de labranza primaria del suelo y
aplicación de estiércol en la producción de maíz forrajero**

**TESIS PRESENTADA
POR**

JOSÉ APOLINAR RAMÍREZ IBARRA

**Elaborada bajo la supervisión del comité de asesoría y aprobada como
requisito parcial para obtener el título de:**

INGENIERO AGRÓNOMO

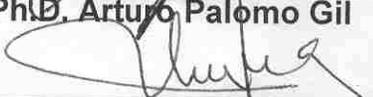
COMITÉ PARTICULAR

Asesor principal:



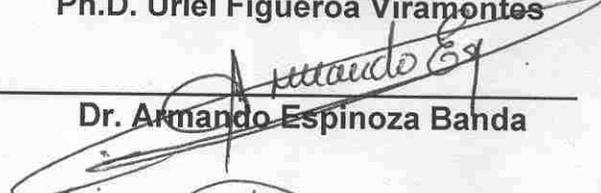
Ph.D. Arturo Palomo Gil

Asesor:



Ph.D. Uriel Figueroa Viramontes

Asesor:



Dr. Armando Espinoza Banda



M.C. Víctor Martínez Cueto
Coordinador de la División de Agronomía



**Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Evaluación de métodos de labranza primaria del suelo y
aplicación de estiércol en la producción de maíz forrajero

TESIS PRESENTADA
POR

JOSÉ APOLINAR RAMÍREZ IBARRA

Elaborada bajo la supervisión del comité de asesoría y aprobada como
requisito parcial para obtener el título de:

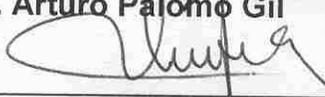
INGENIERO AGRÓNOMO

JURADO

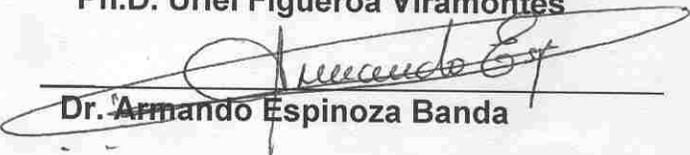
Presidente:


Ph.D. Arturo Palomo Gil

Vocal:


Ph.D. Uriel Figueroa Viramontes

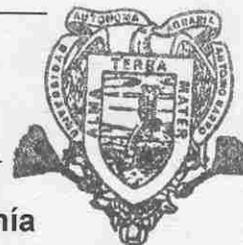
Vocal:


Dr. Armando Espinoza Banda

Vocal suplente:


MC. Oralía Antuna Grijalva


M.C. Víctor Martínez Cueto
Coordinador de la División de Agronomía



Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro como institución, por darme la oportunidad de concluir mi carrera.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias por darme las facilidades para realizar el presente trabajo de tesis.

Al CONACYT por el apoyo otorgado para la realización de la presente tesis dentro del proyecto "OPTIMIZACIÓN EN EL USO DE ENERGÍA MECÁNICA COMO BASE PARA EL DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS DE LABRANZA DE CONSERVACIÓN APLICADAS A LAS PRÁCTICAS DE PREPARACIÓN DE CAMA DE SIEMBRA EN VARIAS REGIONES DE MÉXICO", con Clave: SAGARPA-2004-C01-135/A-1.

Al personal del Rancho Ampuero, por las facilidades otorgadas para el trabajo de investigación.

Al Doctor Uriel Figueroa Viramontes por darme la oportunidad de practicar lo aprendido en clases y sobre todo por la paciencia que me ha tenido.

A mis asesores de tesis por su apoyo para la realización del presente trabajo.

A todas las personas que apoyaron en el trabajo tanto de campo como de laboratorio: Esmeralda, Vicente, Adolfo y mis compañeros tesistas del INIFAP Monce, Anselmo, Alejandro, y Mónica.

Al señor Fernando Abusaíd, MVZ. Sergio Wong Yong y Francisco y Rosalio Hernández.

DEDICATORIAS

A un poder superior que para mi es Dios, por darme todo lo que me ha dado y haberme dado la vida aquí y ahora, en el lugar que él sabe que es el mejor para mi.

A todas las personas con quienes he coincidido en tiempo y espacio y que me han compartido su experiencia, tiempo y parte de su vida, por que con su existencia son motivo de mi aprendizaje y crecimiento para tratar de ser mejor persona. En especial a las personas que día con día trabajan la tierra con fe, gusto y esperanza.

A mis Padres, por haberme enseñado a dar mis primeros pasos.

A mis hermanos Petra, Delia, Aída y Ricardo, por ser como son, cada uno diferente, pero cada uno con una gran virtud.

A mis amigos del equipo de Charrería de la Universidad Autónoma Chapingo, por el compañerismo, amistad y por todo lo vivido en su tiempo.

A mis compañeros del equipo de Tae Kwon Do de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

A los profesores que más que dar clases, dan su vida por enseñar: Mauro García Frías, Agustín Cabral Martell, Sergio Arroyo (qepd) y Oscar Ojeda.

A mis compañeros de aula, por el tiempo que hemos compartido durante nuestra formación académica.

INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIAS.....	II
INDICE DE CUADROS.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
RESUMEN.....	VIII
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	4
2.1.- Objetivo.....	4
2.2.- Hipótesis.....	4
III. REVISIÓN DE LITERATURA	5
3.1.- Maíz forrajero	5
3.1.1.- Clasificación Taxonómica del Maíz.....	5
3.1.2.- Ventajas del maíz como forraje.....	5
3.1.3.- Características de híbridos de maíz de alto rendimiento y calidad nutricional de forraje	6
3.1.4.- Necesidades de suelo del cultivo de maíz.....	6
3.1.5.- Importancia del Nitrógeno	7
3.1.5.1.- El ciclo del nitrógeno.....	7
3.1.6.- Rendimiento de forraje.....	9
3.2.- Estiércol	10
3.2.1.- Estiércol como abono.....	10
3.2.2.- Aportación de nutrimentos en el estiércol.....	11
3.2.3.- Efectos del estiércol sobre el pH	11
3.3.- La materia orgánica en el suelo	12

3.3.1.- Incorporación de materia orgánica al suelo	12
3.3.2.- Descomposición de la materia orgánica	12
3.3.3.- Fuentes de materia orgánica	13
3.3.4.- Consideraciones sobre el uso de abonos orgánicos como fuentes de nutrientes	13
3.4.- Labranza.....	14
3.4.1.- Tipos de labranza.....	14
3.4.1.2.- Labranza primaria.....	14
3.4.1.3.- Labranza secundaria.....	15
3.4.2.- Historia de la labranza en México.....	15
3.4.3.- Situación actual de la labranza de conservación.....	15
3.4.4.- Sistemas de labranza.....	16
3.4.4.1.- Labranza convencional.....	16
3.4.4.2.- Labranza de conservación.....	17
3.4.4.3.- Labranza reducida	18
3.4.5.- Desventajas del laboreo excesivo	19
3.5.- Efectos de la labranza.....	19
3.5.1.- Efecto de la labranza en la materia orgánica.....	19
3.5.2.- Efecto de la labranza en el desarrollo radicular de los cultivos.....	20
3.5.3.- Efecto de la labranza en la producción de cultivos en México.....	21
3.6.- Elección del sistema de labranza.....	21

IV. MATERIALES Y MÉTODOS22

4.1.- Ubicación geográfica y características del sitio	22
4.2.- Tratamientos.....	22
4.3.- Manejo agronómico	26
4.3.1.- Riegos	26
4.3.2.- Fertilización	26
4.3.3.- Control de plagas.....	26
4.3.4.- Control de malezas	27
4.3.5.- Variables evaluadas.....	27

V. RESULTADOS Y DISCUSION.....30

5.1.- Preparación del terreno 30

5.1.1.- Tiempo de preparación y consumo de diesel.....	30
--	----

5.2.- Parámetros de rendimiento. 31

5.2.1.- Interacción labranza x estiércol para hojas secas	32
5.2.2.- Rendimiento	33

5.3.- Análisis final de suelo..... 34

5.3.1.- Materia orgánica.....	34
5.3.2.- Nitrógeno	36

5.4.- Análisis de planta 36

5.4.1.- Nitrógeno y proteína cruda.....	36
5.4.2.- Distribución de materia seca por órganos.....	37
5.4.2.1.- Distribución de materia seca en hojas	37

VI. CONCLUSIONES.....	39
VII. LITERATURA CITADA.....	41
VIII. ANEXOS	46

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Pag
1	Extracción de nutrimentos por un cultivo de maíz para ensilaje.	7
2	Composición nutrimental de estiércol y composta de bovino lechero.	11
3	Características del suelo al inicio del ciclo PV de 2008.	25
4	Calendario de riegos.	26
5	Tiempo de preparación y diesel consumido durante la preparación del terreno. INIFAP-CELALA 2008.	31
6	Densidad de plantas, altura de planta y otras variables medidas en campo durante la cosecha. INIFAP-CELALA 2008.	32
7	Interacción labranza x estiércol para hojas secas. INIFAP-CELALA 2008	33
8	Rendimiento de maíz forrajero. INIFAP-CELALA 2008.	34
9	Contenido de N y materia orgánica en el suelo, analizados al final del ciclo. INIFAP-CELALA 2008.	35
10	Resultados del análisis de planta de maíz forrajero. INIFAP-CELALA 2008.	37
11	Porcentaje de distribución de la materia seca por órganos. INIFAP-CELALA 2008.	38
12	Distribución de las parcelas en campo.	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		pag.
1	Ciclo del Nitrógeno.	8
2	Arado vertical con siete cinceles y rodillos desmenuzadores.	23
3	Arado de cuatro discos.	23
4	Rastra con dos barras de 14 discos cada una.	24

RESUMEN

La producción de forrajes en la comarca lagunera se realiza bajo un sistema intensivo de producción y laboreo del suelo. De las labores de preparación del suelo, el subsoleo y el barbecho son las que más tiempo y combustible consumen. Por lo tanto, la labranza reducida es quizá, en el corto y mediano plazo, una de las opciones más viables para mejorar la eficiencia de producción. Bajo este concepto se puede sembrar maíz reduciendo al mínimo el paso de maquinaria sobre el terreno, utilizando implementos adaptados o especializados para labranza de conservación. Además del ahorro en costos de producción, la importancia de este sistema es que se mejoran las propiedades físicas y se conserva la materia orgánica del suelo. Lo anterior es importante en regiones productoras de forrajes, como La Comarca Lagunera, donde se hace un uso intensivo del estiércol y la labranza reducida puede ayudar a conservar la materia orgánica por más tiempo en el suelo.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar los beneficios de la labranza reducida en la producción de maíz forrajero. El trabajo se realizó en el Campo Experimental La Laguna (INIFAP), durante el ciclo primavera-verano de 2008. Se evaluaron tratamientos de labranza y aplicación de estiércol en maíz forrajero variedad SB 302, con un diseño de parcelas divididas. En las parcelas grandes se evaluaron los siguientes tratamientos de labranza primaria: a) Arado

vertical; b) Arado convencional de discos + rastra y c) Rastra convencional. En las parcelas chicas se evaluaron dos dosis de estiércol: 0 y 40 ton/ha. Las variables evaluadas fueron: a) Consumo de diesel y tiempo en la preparación primaria del suelo, b) Rendimiento de forraje y otros parámetros fitométricos y c) Contenido de nitrógeno y materia orgánica en suelo.

Los resultados indicaron, que para llevar a cabo la preparación del terreno, se invirtió más tiempo y se gastó más combustible con arado convencional de discos + rastra que con los otros dos tratamientos. Con la labranza reducida se puede ahorrar tiempo y combustible sin disminuir los rendimientos de materia seca.

No se encontró efecto de los factores principales, labranza y estiércol, en número de hojas verdes, número de hojas secas, altura de planta, altura de mazorca y densidad de planta. Se encontró mayor porcentaje de distribución de materia seca en hojas al no aplicar estiércol que al hacerlo.

Al aplicar estiércol y complementar con fertilizante químico se puede obtener una producción de materia seca igual o mayor que al aplicar sólo fertilizante químico. Al aplicar estiércol se aumenta el contenido de materia orgánica en el estrato 0 - 30 centímetros.

Palabras clave: Labranza reducida, *Zea mays* L., abonos orgánicos, nitrógeno residual, estiércol, materia orgánica.

I. INTRODUCCIÓN

La producción de forrajes en la comarca lagunera se realiza bajo un sistema intensivo de producción y laboreo del suelo. El maíz forrajero ocupa un lugar importante dentro del padrón de cultivos por el alto rendimiento energético que aporta a las raciones para el ganado bovino lechero. Actualmente en la región la producción promedio de forraje de maíz por hectárea es de 51 toneladas de forraje fresco y 15 toneladas de forraje seco (Reta et al., 2002).

De las 80,000 has sembradas con forrajes en el 2006, los cultivos que ocuparon mayor superficie fueron alfalfa, maíz para ensilaje, sorgo forrajero, avena y otros cereales de invierno (SAGARPA, 2007). En el año 2007 se sembraron en la región lagunera un total de 34 770 hectáreas de maíz forrajero, con un rendimiento promedio de 43.16 ton/ha de forraje fresco obteniendo una producción de 1 500 508 toneladas (SAGARPA, 2008).

Entre las ventajas que presenta el maíz como cultivo forrajero, se pueden mencionar las siguientes: un alto potencial respecto a la posibilidad de aumentar su rendimiento de forraje; el cultivo establecido ocupa el terreno durante temporadas cortas, dando oportunidad a la rotación de cultivos, además de que el forraje obtenido puede ser ensilado para utilizarse en épocas de sequía o cuando escasea el forraje (De la Cruz, 2002).

La labranza en general son las prácticas agrícolas cuya finalidad es la preparación de la cama de siembra, el control de las malas hierbas, la incorporación de los fertilizantes y residuos vegetales. Labranza primaria es aquella que remueve y muelle el suelo para reducir la compactación, generalmente comprende las operaciones realizadas previas a la siembra por equipos mecánicos, encaminadas a obtener una condición de suelo que asegure una favorable germinación y desarrollo del cultivo. Las principales prácticas de labranza primaria son el subsoleo, barbecho y rastra.

De las labores de preparación del suelo, el subsoleo y el barbecho son las que más tiempo y combustible consumen (Berlijin, 1990). La labranza de conservación en diferentes modalidades se ha sugerido como una alternativa viable para recuperar la fertilidad física, biológica y química de los suelos (Mora, *et al.* 2001). La labranza reducida es quizá, en el corto y mediano plazo, una de las opciones más viables para mejorar la eficiencia de producción de granos, ya que bajo este concepto sembrar el maíz reduciendo al mínimo el paso de maquinaria sobre el terreno, utilizando en lo posible los implementos convencionales o en su defecto implementos adaptados o especializados para cero labranza. Además del ahorro en costos de producción la importancia de este sistema es que se dejan los residuos de cosecha sobre el terreno, lo que permite mejorar propiedades físicas y conservar la materia orgánica del suelo. Lo anterior es importante en regiones productoras de forrajes, como La Comarca Lagunera, donde se hace un uso intensivo del estiércol y la labranza reducida ayudaría a conservar la materia orgánica por más tiempo en el suelo.

Las técnicas de preparación del suelo están en continua evolución. La preparación clásica o convencional se viene usando cada vez menos por la necesidad creciente de ahorro de trabajo y energía, de ahí que el impacto de utilizar labranza reducida permita ahorros considerables (Reyes *et al.*, 2002; Mendoza, *et al.*, 2001).

II. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1.- Objetivo

Evaluar y validar los beneficios de la labranza reducida en la producción de maíz forrajero.

2.2.- Hipótesis

Mediante técnicas e implementos de labranza reducida, es posible economizar al menos un 40 % de la energía mecánica utilizada durante las operaciones de labranza primaria.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1.- *Maíz forrajero*

Este cultivo ha adquirido importancia y se siembra al igual que el sorgo forrajero para el ensilaje, porque las plantas de maíz contienen más o menos los mismos nutrientes que ese cultivo, aunque en menor cantidad el contenido de azúcar (Mondragón, 1982).

3.1.1.- Clasificación Taxonómica del Maíz

Robles (1982) indica que la clasificación taxonómica del maíz es la siguiente.

Reino.....Vegetal
División.....Tracheophyta.
Subdivisión.....Pteropsidae.
Clase.....Angiospermas.
Subclase.....Monocotiledonea.
Grupo.....Glumiflora.
Orden.....Graminales.
Familia.....Graminae.
Tribu.....Maydeae
Género.....*Zea*.
Especie.....*Mays*.

3.1.2.- Ventajas del maíz como forraje

El maíz es un cultivo adaptado a gran diversidad de ambientes; es una especie cuyo ciclo de fotosíntesis se realiza por el ciclo del carbono C4 y se

caracteriza por tener una alta capacidad de producción de materia seca que lo hace atractivo como forraje para la producción de leche (Peña *et al.*, 2002).

3.1.3.- Características de híbridos de maíz de alto rendimiento y calidad nutricional de forraje

- Alto rendimiento de materia seca (más de 19 ton ha⁻¹).
- Alto rendimiento de mazorca (más de 45%).
- Concentración baja de fibra detergente neutro (menos de 55%).
- Alta digestibilidad in vitro (más de 73%).
- Alta concentración de energía neta de lactancia (más de 1.4 Mcal/kg de materia seca). (Núñez, 2006).

Las variedades son con más follaje escogiendo las más altas; se utiliza más semilla, con lo cual se logra mayor población de plantas por hectárea. El tratamiento de fertilización es propiamente el mismo y en algunos casos se aumentará un poco el nivel de nitrógeno (Mondragón, 1982).

3.1.4.- Necesidades de suelo del cultivo de maíz

Para la obtención de altos rendimientos, el maíz requiere de suelos con pendiente menor a 1%, la profundidad debe ser mayor de 50 cm y de preferencia mayor a 1m, las texturas medias son las idóneas para el maíz aunque prospera satisfactoriamente en otras como las arcillosas. Requiere de suelos con buen o moderadamente buen drenaje superficial e interno. Es además, sensible a la salinidad, requiriendo suelos con conductividad eléctrica

menor a 2.7 mmhos/cm para evitar una baja de rendimiento superior al 10%. El pH óptimo es alrededor de 7 (Mendoza *et .al.*, 2003).

Cuadro 1. Extracción de nutrimentos por un cultivo de maíz para ensilaje.

Nutrimento		Extracción por ton de MS
		kg
Nitrógeno	N	14.0
Fósforo	P	5.6
Potasio	K	13.2
Calcio	Ca	3.6
Magnesio	Mg	1.8
Azufre	S	1.5
Fierro	Fe	0.072
Cobre	Cu	0.005
Manganeso	Mn	0.07
Zinc	Zn	0.016
Boro	B	0.008

MS= Materia seca. (Núñez, 2006).

3.1.5.- Importancia del Nitrógeno

El nitrógeno es el constituyente esencial de los aminoácidos, nucleoproteínas y nucleótidos, es esencial para la división y expansión celular y por lo tanto para el crecimiento de las plantas.

3.1.5.1.- El ciclo del nitrógeno

En la Figura 1 se ilustra de una manera sencilla el ciclo del nitrógeno. En condiciones adecuadas de temperatura, aireación, humedad y pH del suelo, los organismos del suelo transforman la mayor parte del nitrógeno procedente de fertilizantes, residuos de cosecha y estiércol en nitrato, proceso conocido como nitrificación. Se pueden dar pérdidas de N, ya sea por lixiviación, verticalmente

hacia capas más profundas; por volatilización, sobre todo cuando el fertilizante se deja expuesto sobre el suelo y se tienen condiciones de humedad y altas temperaturas o cuando se fija el amonio a las partículas del suelo.

El nitrógeno es absorbido por las plantas principalmente en forma del ion nitrato (NO_3^-) o amonio (NH_4^+). Casi todo el nitrógeno que absorben las plantas se halla en forma de nitrato. En primera por que el nitrato (anión) es móvil en el suelo y se desplaza en el agua hacia las raíces de las plantas, donde es absorbido. Por otra parte el amonio (catión), es fácilmente ligado a la superficie de las partículas del suelo (anión). (Manual de fertilizantes para cultivos de alto rendimiento, 2007).

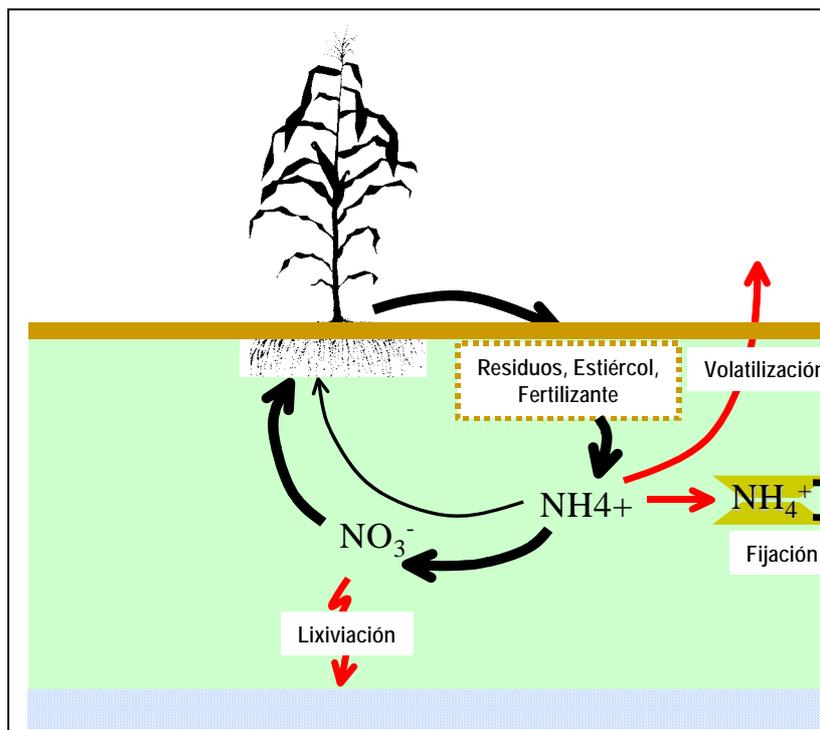


Figura 1. Ciclo del Nitrógeno.

El amonio (NH_4^+) es la forma de N más común en los fertilizantes comerciales, por lo que los fertilizantes nitrogenados en riego por gravedad tienen una eficiencia del 60%.

3.1.6.- Rendimiento de forraje

El cultivo de maíz para forraje provee un alto rendimiento de biomasa por unidad de área, desde 40 a 90 ton ha^{-1} de forraje verde, en un corto tiempo y el valor nutritivo va de bueno a excelente, dependiendo de la etapa de crecimiento en que se encuentre en el momento de la cosecha. La producción de materia seca por hectárea oscila de 14.5 a 15.4 ton ha^{-1} en híbridos precoces de origen templado, de 13.8 a 14.4 ton ha^{-1} en híbridos intermedios templados y de 14.1 a 14.9 ton ha^{-1} en híbridos intermedios tropicales (Núñez *et al.*, 2001). Pero hay reportes en donde se mencionan rendimientos de más de 20 ton ha^{-1} de materia seca en híbridos comerciales (Peña *et al.*, 2002).

Por lo general se considera que híbridos altamente productores de grano son los mejores en calidad forrajera (Peña *et al.*, 2003), ya que un alto porcentaje de mazorcas o un alto índice de cosecha favorecen incrementos en la calidad nutritiva del forraje (Peña *et al.*, 2003).

3.2.- Estiércol

3.2.1.- Estiércol como abono

El estiércol puede considerarse como abono o enmienda, ya que al aplicarse al suelo estimula el crecimiento de las plantas de manera indirecta, es decir, mejorando las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del suelo. Sin embargo como fertilizante, al aplicarse al suelo estimula el desarrollo de las plantas de manera directa ya que aporta nutrimentos esenciales. Por lo anteriormente mencionado, los residuos orgánicos como los estiércoles, biosólidos, residuos de cosecha y compostas, pueden considerarse como abono y como fertilizante (Chaney *et al.*, 1992) citado por (Cueto *et al.*, 2005). La forma más común de aplicar materia orgánica a los suelos es por medio de estiércol vacuno y de aves, el estiércol porcino tiene la desventaja de ser foco de lombrices y otros parásitos capaces de infectar al hombre (PASOLAC, S/F). El estiércol de origen animal en general se utiliza por los productores agrícolas principalmente como mejorador de las propiedades físicas del suelo o para incrementar la materia orgánica del mismo. Sin embargo deberá de considerarse como un fertilizante orgánico, ya que contiene prácticamente todos los nutrimentos esenciales para el desarrollo de las plantas. El uso y manejo inadecuado de estos residuos orgánicos puede ocasionar problemas de contaminación similares a los que son originados con los fertilizantes químicos (Cueto *et al.*, 2005).

3.2.2.- Aportación de nutrimentos en el estiércol

El estiércol es fuente de nutrimentos, principalmente macroelementos. En base a los valores del Cuadro 2, cada tonelada de estiércol aporta 12.5, 6.4 y 27.5 kg de N-P-K, respectivamente. Los valores de macroelementos generalmente son menores en compostas, mientras que los valores de microelementos se concentran durante el proceso. (Figueroa¹, 2007).

Cuadro 2. Composición nutrimental de estiércol y composta de bovino lechero.

Nutrimento	Estiércol ¹	Composta ¹	Rango en
			composta ²
% en base seca			
N	1.25	1.15	1.0 -2.0
P	0.64	0.49	0.3 – 1.5
K	2.75	1.24	2.0 – 3.0
Ca	5.30	4.15	2.0 – 6.0
Mg	1.07	0.84	0.5 – 1.5
Fe	0.83	0.86	
Mn	0.030	0.034	
Zn	0.017	0.019	
Cu	0.006	0.005	

¹Figueroa *et al.*, 2002; ²Van Horn, 1995.

3.2.3.- Efectos del estiércol sobre el pH

El pH óptimo para suelos agrícolas es de ligeramente ácido a neutro (6.1 – 7.3), porque en ese rango la mayoría de los nutrimentos se encuentran disponibles para el cultivo. Para los suelos de las zonas áridas de México cuyos valores de pH son mayores de 7.0, se recomienda la aplicación de abonos, ya que a dosis altas pueden llegar a reducir el valor del pH del suelo. (NRCS, 1992).

3.3.- La materia orgánica en el suelo

La materia orgánica es la principal variable que afecta las propiedades físicas del suelo. Los suelos con alto contenido de materia orgánica tienden a presentar mayor conductividad hidráulica, mayor porosidad, menor densidad aparente y menor compactación, lo que se refleja en un medio ambiente propicio para la penetración radicular y por ende en una alta fertilidad natural. En los suelos con alto nivel de materia orgánica pueden lograrse los máximos rendimientos alcanzables para la variedad, clima y manejo del cultivo, ya que ésta es fuente de nutrimentos , tales como nitrógeno, fósforo, azufre y actúa también como agente quelatante de micronutrimentos como Fe y Mn, como fuente de ácidos húmicos y fúlvicos (Ruiz, 2001).

3.3.1.- Incorporación de materia orgánica al suelo

Consiste en devolver al suelo residuos vegetales para ayudar a mantener la productividad de éste al conservar la materia orgánica. Además los residuos vegetales son una de las herramientas más valiosas que el agricultor puede utilizar para reducir la erosión que causen el viento y el agua (CP, 1992).

3.3.2.- Descomposición de la materia orgánica

En suelos agrícolas, del total de las aportaciones orgánicas, hasta un 70% se mineraliza rápidamente en uno o dos años, y el resto se transforma en humus, incorporándose a la estructura del suelo (Rodríguez, 1996).A medida que pasa el tiempo la tasa de descomposición se va reduciendo hasta llegar al

nivel de descomposición del humus o materia orgánica nativa del suelo, que varía del 1 al 4% anual, dependiendo de el manejo de la labranza, temperatura, humedad, aireación y contenido de arcilla. Los primeros favorecen su descomposición, mientras que a mayor contenido de arcilla se retrasa su descomposición en relación a los suelos de textura gruesa. (Castellanos, s/f).

3.3.3.- Fuentes de materia orgánica

La materia orgánica presente en la mayoría de los suelos agrícolas proviene de residuos de cultivos, composta y estiércol. Los residuos que exhiben menores relaciones C:N, se descomponen más rápido. Los estiércoles y compostas también pueden utilizarse como fuentes de materia orgánica del suelo, pero deben tenerse precauciones, en vista de que contienen concentraciones altas de sales que provocan efectos nocivos en las condiciones del suelo y en el crecimiento de los cultivos (CPHA, 2007). La forma más común de aplicar materia orgánica a los suelos es por medio de estiércol vacuno y de aves, el estiércol porcino tiene la desventaja de ser foco de lombrices y otros parásitos capaces de infectar al hombre (PASOLAC, S/F).

3.3.4.- Consideraciones sobre el uso de abonos orgánicos como fuentes de nutrimentos

Los abonos orgánicos deben usarse racionalmente, pues contienen mucho más fósforo del que requieren los cultivos en relación con el nitrógeno. Por ello se deben usar sobre la base del nutrimento que se encuentra en mayor concentración y que es requerido en menor cantidad por el cultivo, que

normalmente es el fósforo, y suministrar el resto del nitrógeno mediante fertilizantes minerales. Pues si se trata de suministrar todo el N mediante el abono, normalmente se sobredosifica el P y K, haciendo un uso ineficiente del abono (Castellanos *et al.*, s/f).

3.4.- Labranza

3.4.1.- Tipos de labranza

La labranza en general son las prácticas agrícolas cuya finalidad es la preparación de la cama de siembra, el control de las malas hierbas, la incorporación de los fertilizantes y residuos vegetales, el rompimiento de costras calcáreas y el mejoramiento de las características del suelo para controlar el riego y la erosión (CPHA, 2007).

3.4.1.2.- Labranza primaria.

Es aquella que remueve y muelle el suelo para reducir la compactación, y para enterrar o mezclar materiales vegetales y fertilizantes en la capa labrada. Es más agresiva y profunda y deja mayor rugosidad (CP, 1992). Generalmente comprende las operaciones realizadas previas a la siembra por equipos mecánicos, encaminadas a obtener una condición de suelo que asegure una favorable germinación y desarrollo de las plantas cultivadas (Jiménez y Lamo, 1998; Figueroa S. B., 2002).

3.4.1.3.- Labranza secundaria.

Remueve el suelo a una profundidad menor que la labranza primaria, proporciona pulverización adicional y nivelación y elimina malezas. El rastreo cruzado y la formación definitiva del surco o cama de siembra es la operación final de la labranza secundaria (CP, 1992).

3.4.2.- Historia de la labranza en México

La agricultura prehispánica tenía enfoque conservacionista, sembraban a piquete con una estaca y no se invertía el perfil del suelo. La roza-tumba y quema de los trópicos tenía períodos de descanso suficientemente largos para permitir la rehabilitación total del suelo. La agricultura europea, principalmente mediterránea ingresó al Continente Americano nuevos cultivos, herramientas, aperos de trabajo y sobre todo la fuente de energía generada por equinos y bovinos, para jalar el arado conocido como “arado egipcio” o “arado de palo” que rotura la tierra, haciendo un trabajo parecido al de un cincel (Claveran *et al.*, 2001).

3.4.3.- Situación actual de la labranza de conservación

Paralelamente al mejor conocimiento y dominio de la LC, es urgente implementar el paradigma de la agricultura conservacionista. Para esto será necesario considerar la agricultura como un ecosistema (de allí el término de agroecosistema) y enfocar los esfuerzos de investigación a optimizar la productividad del sistema completo y no sólo de un producto o práctica. Un

enfoque de sistemas también implicaría la aplicación de la teoría agroecológica, para incrementar a través del tiempo y espacio la biodiversidad de microorganismos, plantas y animales, así como el abastecimiento continuo de materia orgánica y el reciclamiento biológico de nutrientes (Altieri, 1995, citado por Claveran *et al*, 2001).

El sistema de labranza convencional se traduce en altos costos de operación y empobrecimiento del suelo. La estrategia entonces, para disminuir costos de producción y mejorar las condiciones físicas y químicas de los terrenos es la utilización de labranza reducida, y labranza de conservación, dejando mediante éstos sistemas los residuos de cosecha sobre el terreno (Mendoza *et .al*, 2003).

3.4.4.- Sistemas de labranza

3.4.4.1.- Labranza convencional

Este término indica la forma más acostumbrada para la preparación del terreno. Aunque este método tiene muchas variaciones, usualmente implica trabajar el terreno con una rastra de discos, una cultivadora o una rastra de cinceles antes de la aradura. Si el maíz sigue a maíz, generalmente se desmenuzan los restos de la cosecha anterior antes de la labor preparatoria al barbecho. Después del barbecho, la preparación del terreno se completa con una o más labores como el paso de una rastra de discos, de una cultivadora o de una rastra de dientes (Delorit y Ahlgren, 1982).

Una cama razonablemente pareja y firme proporciona buenas condiciones de suelo para la germinación de la semilla y el desarrollo de la plántula. Los suelos disperejos y con terrones tienen numerosos espacios que impiden el contacto entre la semilla y el suelo, retardando así el movimiento del agua hacia la semilla. El laboreo excesivo destruye la estructura del suelo y da por resultados poros demasiado pequeños para permitir el movimiento satisfactorio del aire y del agua. Los suelos demasiado trabajados tienden a compactarse y a formar una costra gruesa al secarse después de una lluvia. Como este método requiere el número más grande de operaciones de labranza, es más costoso y aumenta el costo de producción (Delorit y Ahlgren, 1982).

El laboreo tradicional (labranza convencional) está en entredicho debido a que es en muchos casos es causa de la erosión y de pérdida de la fertilidad de los suelos agrícolas. Entre otros organismos, las lombrices, que tan importante papel juegan en la mejora de las condiciones físicas del suelo, se ven especialmente desfavorecidas por el laboreo excesivo (Jiménez, Lamo, 1998).

3.4.4.2.- Labranza de conservación

La labranza conservación es un término general que ha sido definido como "cualquier secuencia de labranzas que reduce las pérdidas de suelo y agua, en comparación con las de la labranza convencional". Normalmente se refiere a un sistema de labranza que no invierte el suelo y que retiene rastrojos

sobre la superficie. Otra definición de labranza conservacionista utilizada es "cualquier sistema de labranza o siembra que mantenga al menos 30% de la superficie del suelo cubierta con residuos después de la siembra, para reducir la erosión hídrica" (Jiménez y Lamo, 1998).

3.4.4.3.- Labranza reducida

Los términos labranza reducida se refieren a los sistemas de labranza donde hay menor frecuencia o menor intensidad de labranza en comparación con el sistema convencional. Esta definición es bastante amplia y por lo tanto los sistemas de labranza que varían en los implementos, frecuencia, e intensidad pueden ser considerados como labranza reducida. Los tipos de implementos y el número de pasadas también varía; la consecuencia es que en algunos sistemas quedan muy pocos rastrojos y en otros más de 30%. Por ello, algunos sistemas de labranza reducida son clasificados como labranza conservacionista mientras que otros no.

Debido a la gran variabilidad de los sistemas de labranza reducida es difícil generalizar sobre sus ventajas y limitaciones. Sin embargo todos los sistemas tienen la ventaja de reducir el consumo de combustible, el tiempo de trabajo y los equipos requeridos en comparación con la labranza convencional. Por lo tanto los sistemas de labranza reducida son más flexibles que los sistemas convencionales (CP, 1992).

3.4.5.- Desventajas del laboreo excesivo

El exceso de laboreo puede deteriorar la estructura del suelo, debido a que acelera la oxidación de la materia orgánica y produce daños mecánicos a los agregados, incluyendo la compactación y el rompimiento de los mismos. Como consecuencia de estos daños se interfiere con el movimiento del aire y del agua, y se expone además a la superficie del suelo a la erosión hídrica y eólica. Cuando han ocurrido daños graves a la estructura del suelo se hace necesario realizar labores más profundas y subsoleos a fin de aminorar los efectos negativos del laboreo, entrando a un círculo vicioso: más laboreo, más destrucción de la estructura, más necesidad de movimientos fuertes del suelo (CP, 1992).

3.5.- Efectos de la labranza

3.5.1.- Efecto de la labranza en la materia orgánica

Además del incremento en el contenido de carbono orgánico en la superficie del suelo en la labranza de conservación, existe una mayor actividad biológica, medida como un incremento en el número de microorganismos de diversos grupos (CP, 1992).

En general se recomiendan dosis de nitrógeno más altas durante los primeros años del establecimiento de la labranza de conservación para compensar por la baja mineralización de la materia orgánica, la posible desnitrificación y/o la volatilización del amoníaco. La aplicación fraccionada del

nitrógeno aparece como un método eficiente de aplicación combinado con su localización en banda cerca de la planta (CP, 1992).

3.5.2.- Efecto de la labranza en el desarrollo radicular de los cultivos

La condición ideal de la estructura del suelo, es aquella que permite que la parte aérea de la planta fotosintetice y desarrolle a la máxima expresión que las condiciones ambientales aéreas y los factores genéticos le permitan cuando no existan limitaciones en el abastecimiento de agua, aire, nutrientes y sustancias del crecimiento provenientes de la raíz (CP, 1992).

La compactación del suelo reduce el volumen ocupado por los poros, en especial aquellos de tamaño grande. Este efecto produce una resistencia mecánica mayor al crecimiento de las raíces; limitaciones al intercambio gaseoso entre el suelo y la atmósfera; y cambios en la curva característica de humedad. Todos estos efectos modifican el crecimiento de la raíz y como pueden ocurrir simultáneamente en un suelo compactado, es difícil distinguir el más importante de ellos. Las observaciones de campo sugieren que algunas especies resisten mejor que otras la resistencia mecánica del suelo. Estas plantas pueden mejorar las condiciones del suelo para cultivos subsecuentes (CP, 1992).

3.5.3.- Efecto de la labranza en la producción de cultivos en México

Hasta 1992 en la literatura se reportaban 121 ensayos, entre experimentales y comerciales, en los que se comparaba la labranza de conservación y la labranza tradicional en México. En promedio los cultivos del maíz, trigo, cebada, sorgo y soya, podrían considerarse como susceptibles de incorporar al sistema de labranza de conservación (CP, 1992).

3.6.- Elección del sistema de labranza

Al tomar decisiones sobre las prácticas de labranza por aplicar a un suelo el agricultor intenta enfrentar una serie de sistemas y recursos a un grupo de variables que incluyen propiedades del suelo, del clima, de las malezas, de las plagas y de las enfermedades. Su deseo es lograr un control máximo del ambiente del cultivo que favorezca su capacidad para producir (Figueroa S. B., 2002).

La crisis energética, así como la degradación excesiva de algunos suelos y lo limitado de nuestros recursos deben ser motivo de estudio en los sistemas agrícolas en general (CP, 1992).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el Campo Experimental La Laguna del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, localizado en Matamoros, Coahuila, México, durante el ciclo primavera-verano de 2008.

4.1.- Ubicación geográfica y características del sitio

La Comarca Lagunera se localiza geográficamente entre los 24°30" y los 27° de latitud norte, entre los 102° y los 104°40' de longitud oeste y a una altitud de 1150 msnm. Su clima se clasifica como muy seco con deficiencia de lluvias en todas las estaciones del año, además de que cuenta con temperaturas semicálidas con inviernos benignos. Su clima es desértico con lluvias en verano y temperatura caliente. Tiene una temperatura media anual de 21°C y una media de 27°C para el mes más caluroso. La precipitación media anual es de 220 mm.

4.2.- Tratamientos

Se evaluaron tratamientos de labranza y aplicación de estiércol en un diseño de parcelas divididas. Las parcelas grandes fueron de 10 m de ancho por 50 m de largo (ver Cuadro anexo 1). En las parcelas grandes se evaluaron tratamientos de labranza primaria descritos a continuación:

- a) Arado vertical. El implemento utilizado consiste en una doble barra portaherramientas con siete cinceles tipo subsuelo; los

cinceles están separados a 35 cm cada uno y tienen alerones para roturar el suelo de manera horizontal. El ancho total de trabajo es de 2.50 m. Además, cuenta con un rodillo desmenuzador en la parte trasera (Figura 2).



Figura 2. Arado vertical con siete cinceles y rodillos desmenuzadores

b) Arado de discos. Se utilizó un arado John Deere de cuatro discos de 75 cm de diámetro. El ancho de trabajo es de 1.05 m (Figura 3). La práctica del barbecho con arado de discos se evaluó en conjunto con un doble paso de rastra.



Figura 3. Arado de cuatro discos.

- c) Rastra. Se evaluó una rastra John Deere con dos barras de 14 discos cada una, una barra de discos dentados y una de discos lisos. El ancho total de trabajo es de 3.00 m (Figura 4). Se dieron dos pasos de rastra como labranza primaria única.



Figura 4. Rastra con dos barras de 14 discos cada una.

En los tres tratamientos se utilizó un tractor John Deer, modelo 4235 de 120 caballos de fuerza. La evaluación de la preparación del suelo se realizó del 17 al 18 de abril de 2008.

Cada parcela grande se dividió en dos subparcelas de 10 m de ancho por 25 m de largo, donde se evaluaron dos dosis de estiércol: 0 y 40 ton/ha. La cantidad de estiércol se extendió sobre el terreno con una escrepa, después del tratamiento de labranza correspondiente, incorporándose con un paso de rastra ligera.

El suelo donde se realizó el estudio al inicio del ciclo del cultivo primavera – verano de 2008 presenta las características anotadas en el Cuadro 3. El Fósforo se analizó por el método de Olsen (Olsen *et al*, 1954). La materia orgánica, por el método de Walckley y Black (Nelson y Somers, 1996). La textura, por el método de Bouyoucus (Bouyoucus, 1927). El pH, por el método de relación suelo: agua 1:2 (Thomas, 1996). La conductividad eléctrica con un conductímetro marca Horiba, modelo B173.

Cuadro 3. Características del suelo al inicio del ciclo PV de 2008.

Propiedad	Unidad	Valor
Arena	%	20.8
Limo	%	30.9
Arcilla	%	48.3
Fósforo	mg kg ⁻¹	19.04
Nitrógeno	mg kg ⁻¹	24.67
Materia orgánica	%	1.92
pH		8.49
Conductividad eléctrica	dS m ⁻¹	0.46

dS m⁻¹ = decisiemen por metro

Después de terminar las prácticas de labranza primaria, se bordeó, después se dio un riego de presiembra y posteriormente se sembró en húmedo maíz forrajero de la variedad SB 302. La siembra se realizó en húmedo el día 20 de mayo, con una sembradora de precisión, calibrada a 10 semillas por metro lineal, con una distancia entre surcos de 0.76 m de ancho. La parcela útil fue de 2 surcos centrales x 10 m de largo.

4.3.- Manejo agronómico

4.3.1.- Riegos

Se aplicaron cuatro riegos, distribuidos de la siguiente manera (Cuadro 4):

Cuadro 4. Calendario de riegos

Número de riego	Aplicación (dds) ¹	Etapas de desarrollo del cultivo
Primero	21	Crecimiento vegetativo acelerado
Segundo	39	Crecimiento vegetativo
Tercero	60	Inicio de floración
Cuarto	78	Llenado del grano

¹ dds: días después de la siembra.

4.3.2.- Fertilización

Se dividió en tres aplicaciones, correspondientes a los tres primeros riegos de auxilio, ya que se aplicó disuelto en el agua de riego. Para las parcelas que llevaron sólo fertilizante, se aplicó la fórmula 200-60-00 y para las parcelas que llevan estiércol + fertilizante, la fórmula aplicada fue 100-00-00.

4.3.3.- Control de plagas

Contra gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) se hizo aplicación preventiva en la primera quincena después de la emergencia, asperjando clorpirifos con la dosis de 1 L/ha. Después se hizo aplicación de clorpirifos granulado, aplicando solo en áreas dañadas.

4.3.4.- Control de malezas

Se hizo solo control mecánico, ya que se aporcó el cultivo con arado de vertedera y luego se le dio un segundo paso con la rastra lilliston.

4.3.5.- Variables evaluadas.

- a. Consumo de diesel en la preparación primaria del suelo:

Al iniciar la labranza de cada parcela se llenó el tanque de diesel y al terminar esta misma, se volvió a llenar midiendo el diesel necesario para hacerlo, para lo cual se uso una probeta graduada de un litro.

- b. Tiempo de preparación del suelo:

Al igual que para la medición del gasto de diesel, se midió el tiempo que tardó el tractor en terminar de labrar cada parcela, para esto se usó un cronómetro.

- c. El rendimiento de forraje y otros parámetros de desarrollo y rendimiento se evaluaron en la parcela útil, la cual consistió de dos surcos centrales de 10 m de largo, en los que se midió:

- i. Densidad de plantas: se contó el número de plantas en dos surcos de 10 m y de ahí se extrapoló a número de plantas por hectárea.
- ii. Se tomaron 10 plantas de la parcela útil al azar, a las que se les midió altura de planta, altura de mazorca, número de hojas verdes y número de hojas secas para después obtener el promedio de cada parámetro.

- iii. Rendimiento en verde: Se cortaron las plantas completas de los dos surcos de parcela útil, luego se fueron haciendo manojos para pesarse de inmediato en campo con una báscula romana e irse anotando los pesos en un formato previamente elaborado. Ya en escritorio se sumaron los pesos para sacar el rendimiento en verde de la parcela útil, mismo que por proporción directa sirvió para obtener el rendimiento en verde por hectárea.
- iv. Rendimiento de materia seca: Se cortaron dos plantas representativas de cada parcela, y se pesaron en verde. Luego se pusieron a secar en una estufa de secado de diesel hasta llegar a peso constante, una vez secas, se pesaron y por diferencia se obtuvo el porcentaje de materia seca de la planta de cada parcela, el cual multiplicado por el rendimiento en verde nos da el rendimiento de materia seca por parcela y por proporción directa por hectárea.
- d. Contenido de nitrógeno en el cultivo: en muestras de planta completa de cada parcela se evaluó el porcentaje de nitrógeno mediante el método Kjeldahl (Jones, 2001) y destilación de amonio mediante arrastre de vapor en un equipo Kjeltex-2300 de Foss-Tecator.
- e. Contenido de nitrógeno y materia orgánica en suelo: al final del experimento se muestreo el suelo de cada parcela, a

profundidades de 0-30, 30-60 y 60-90 cm, para analizar nitrógeno inorgánico, por el método de destilación con óxido de magnesio y aleación de Devarda, en un equipo Kjeltec-2300 de Foss-Tecator (Mulvaney, 1996), así como la materia orgánica en el estrato de 0-30 cm; los métodos utilizados corresponden a la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000.

V. RESULTADOS Y DISCUSION

5.1.- Preparación del terreno

5.1.1.- Tiempo de preparación y consumo de diesel

En el tiempo de preparación hubo diferencias altamente significativas entre los tres tratamientos de labranza (Cuadro 5), siendo mayor el tiempo requerido para preparar el terreno con arado + rastra, luego con arado vertical y mucho menor el tiempo necesario para rastrear solamente. Esto coincide con Berlijin (1990) en que, de las labores de preparación del suelo, el subsoleo y el barbecho son las que más tiempo y combustible consumen.

En gasto de diesel hubo diferencias altamente significativas, gastándose más diesel para preparar el terreno con arado + rastra, comparado con los otros dos tratamientos, mientras que entre estos últimos no hubo diferencias significativas, por lo que se comprobó que aumentan los costos de la preparación del terreno al utilizar la labranza convencional que es arado más rastra. Lo cual coincide con Delorit y Ahlgren (1982), quienes afirman que la labranza convencional requiere el número más grande de operaciones de labranza, es más costoso y aumenta el costo de producción. Martínez (2002) menciona que el barbecho más rastra es una práctica cuyo costo es elevado para cualquier sistema productivo, ya que requiere el uso de grandes cantidades de energía mecánica y volúmenes de combustible para su realización.

Cuadro 5. Tiempo de preparación y diesel consumido durante la preparación del terreno. INIFAP-CELALA 2008.

Labranza	Tiempo de preparación	Diesel consumido
	Hora°Min"/ha	L/ha
Arado de discos + rastra	11°24" a	182.61 a
Arado vertical	8°40" b	87.5 b
Rastra	4°07" c	26.63 b

Valores seguidos por distinta letra son estadísticamente diferentes, según Tukey ($\alpha = 0.05$).

5.2.- Parámetros de rendimiento.

No hubo efecto de los factores principales, labranza y estiércol, en número de hojas verdes, número de hojas secas, altura de planta, altura de mazorca y densidad de planta (Cuadro 6).

En altura de planta no hubo diferencia significativa entre tratamientos. Las alturas del maíz en las parcelas con estiércol y sin estiércol oscilaron entre 2.53 y 2.67m respectivamente, alturas muy similares a las obtenidas por (Gutiérrez *et al*, 2004), en las 10 cruzas de maíz con propósitos forrajeros en La Comarca Lagunera, que oscilaron entre 2.45m y 2.60m.

Existe una alta correlación entre altura de planta y altura de mazorca, por lo que no existió diferencia significativa en las alturas de mazorca, las cuales estuvieron entre 1.29 y 1.50m, parecidas a las obtenidas por (Gutiérrez *et al*, 2004) en 10 cruzas de maíz forrajero en La Comarca Lagunera, que fueron de entre 1.12 y 1.50m. Lo mismo ocurrió en densidad de planta, con lo cual se comprobó que las parcelas tuvieron aproximadamente las mismas condiciones

de competencia entre las plantas, por lo que los resultados de este trabajo no se deben a mayor o menor densidad de plantas, sino a plantas en mejor estado nutricional y por lo tanto más vigorosas.

Cuadro 6. Densidad de plantas, altura de planta y otras variables medidas en campo durante la cosecha. INIFAP-CELALA 2008.

Labranza	Dosis de Estiércol	Hojas verdes	Hojas secas	Altura de planta	Altura de mazorca	Densidad
	ton/ha	No	No	Cm	cm	plantas/ha
Arado de discos + Rastra	40	11.1	2.7	253	129	90,350
	0	11.1	3.2	257	141	81,798
Arado vertical	40	11.1	2.8	261	146	85,966
	0	11.7	2.6	263	141	82,236
Rastra	40	10.4	3.7	267	150	89,034
	0	11.3	2.9	267	147	86,842
Promedio de cada tratamiento de estiércol						
	40	10.9	3.1	260	141	88,450
	0	11.4	2.9	262	143	83,625

Valores seguidos por distinta letra son estadísticamente diferentes, según Tukey ($\alpha = 0.05$).

5.2.1.- Interacción labranza x estiércol para hojas secas

En hojas secas hubo diferencia significativa en la interacción labranza x estiércol (Cuadro 7). Para estiércol no hubo diferencias significativas, mientras que para tipos de labranza se observa que el mayor número de hojas secas fue para rastra y el menor para arado vertical. Esto puede deberse a que, como la rastra solo afloja los primeros centímetros del suelo, las raíces no pueden penetrar más profundo en busca de humedad y nutrientes que le permitan completar de manera óptima su ciclo, por lo que se empiezan a secar las hojas por deficiencia de nutrientes.

Cuadro 7. Interacción labranza x estiércol para hojas secas. INIFAP-CELALA 2008.

Labranza	Dosis de estiércol		
	40 ton/ha	0 ton /ha	Promedio
	No. de hojas secas		
Arado de discos + Rastra	2.7	3.2	2.9 ab
Arado vertical	2.8	2.6	2.7 b
Rastra	3.7	2.9	3.3 a
Promedio	3.1 a	2.9 a	

Valores seguidos por distinta letra son estadísticamente diferentes, según Tukey ($\alpha = 0.05$).

5.2.2.- Rendimiento

En el Cuadro 8 se puede observar que existió diferencia significativa en rendimiento de forraje, tanto en peso verde como en seco, por efecto de la aplicación de estiércol, resultando mayor la producción en aquellas parcelas que se fertilizaron con 40 ton ha⁻¹ de estiércol más fertilizante inorgánico, comparado con las que sólo recibieron fertilizante químico. Cueto *et al.*, (2005) menciona que Castellanos en 1987 obtuvo rendimientos promedio de seis años de 11.3 t ha⁻¹ con fertilización convencional y de 13.3 t ha⁻¹ cuando, adicional a la fertilización se incorporaron 120 t ha⁻¹ de estiércol. Reta (2002) señala que actualmente en la región la producción promedio de forraje de maíz por hectárea es de 51 toneladas de forraje fresco y 15 toneladas de forraje seco, por lo que los rendimientos que se obtuvieron en este trabajo son aceptables.

Esto puede deberse a que con la aplicación de estiércol no sólo se aportaron los nutrientes contenidos en éste, sino que además hubo otros beneficios como son: mayor aireación, mejoramiento de la textura del suelo y mayor retención de humedad; coincidiendo con López *et al.*, (2004), encontraron que el contenido de humedad en el suelo fue más alto en parcelas con aplicación de estiércol, comparado con aquellas en las que no se hizo.

En por ciento de materia seca no hubo diferencias significativas debido a que todas las parcelas fueron sembradas con un mismo genotipo y bajo las mismas condiciones de humedad durante todo su ciclo.

Cuadro 8. Rendimiento de maíz forrajero. INIFAP-CELALA 2008.

Labranza	Estiércol	Rendimiento de forraje en verde ton/ha	Porcentaje de Materia seca %	Rendimiento de forraje en peso seco ton/ha
Arado de discos + Rastra	40	59.76	29.9	17.80
	0	51.43	30.1	15.52
Arado vertical	40	59.87	32.6	19.52
	0	52.63	30.5	16.01
Rastra	40	59.10	30.7	18.15
	0	57.24	29.8	17.10
Promedio de cada tratamiento de estiércol				
	40	59.58 a	31.1 ns	18.49 a
	0	53.77 b	30.1 ns	16.20 b

Valores seguidos por distinta letra son estadísticamente diferentes, según Tukey ($\alpha = 0.05$).

5.3.- Análisis final de suelo

5.3.1.- Materia orgánica

En el Cuadro 9 se puede apreciar que hubo diferencias estadísticas en materia orgánica entre las parcelas a las que se les aplicó 40 ton/ha de estiércol más fertilizante inorgánico y aquellas en las que sólo se aplicó fertilizante

inorgánico. Fue mayor el contenido de materia orgánica donde se aplicó estiércol, con lo cual se coincide con Castellanos, (2002), en que la adición de desechos orgánicos como estiércol u otros materiales, produce un incremento inmediato en la materia orgánica del suelo. La principal importancia que se tiene en la incorporación de abonos orgánicos al suelo es lo relacionado con el incremento de materia orgánica del suelo. López et al., (2001) obtuvo incrementos de materia orgánica de 0.6-0.9 % hasta 1.1-1.5 % al final de un ciclo de cultivo de maíz, como resultado de la incorporación de estiércol bovino, caprino, composta o gallinaza. Cueto *et al.*, (2005) citan que Castellanos (1994), estudió el efecto del estiércol bovino sobre las propiedades del suelo y el rendimiento en forrajes y encontró que la materia orgánica aumentó a 1.06, 1.13, 1.25, 1.52 y 1.84 con la aplicación de 0.0, 30, 60, 120 y 240 t ha⁻¹ obteniéndose como resultado que la MO aumentaba en forma lineal.

Cuadro 9. Contenido de N y materia orgánica en el suelo, analizados al final del ciclo. INIFAP-CELALA 2008.

Labranza	Estiércol	N inorg. 30 cm ppm	N inorg. 60 cm ppm	N inorg. 90 cm ppm	Promedio de N por labranza ppm	Materia orgánica 30 cm %
Arado + Rastra	40	20.11	8.79	29.31	19.40	1.94
	0	17.15	5.11	22.12	14.79	1.07
Arado vertical	40	18.76	6.03	17.38	14.06	1.49
	0	14.82	6.60	10.44	10.62	1.26
Rastra	40	22.19	7.10	7.88	12.39	1.58
	0	18.25	5.54	13.24	12.34	0.98
	Promedio de cada tratamiento de estiércol					
	40	20.4 ns	7.3 ns	18.2 ns	15.28	1.7 a
	0	16.7 ns	5.8 ns	15.3 ns	12.59	1.1 b

Valores seguidos por distinta letra son estadísticamente diferentes, según Tukey ($\alpha = 0.05$).

5.3.2.- Nitrógeno

En el mismo Cuadro 9 se anota el contenido de nitrógeno residual en el suelo al final del ciclo, a tres profundidades. De acuerdo con el análisis estadístico, el efecto de la labranza y la aplicación de estiércol no fueron significativos en la cantidad de nitrógeno residual. Sin embargo, se observa que en promedio, las parcelas con estiércol son superiores en este parámetro. Se puede apreciar que a profundidades mayores hay más nitrógeno en las parcelas donde se aplicó estiércol, debido a que con el arado se roturó el suelo a una profundidad de entre 30 y 40 cm aproximadamente y como el nitrógeno del estiércol no es fácilmente asimilable y estuvo en un suelo roturado, se fue lixiviando a profundidades mayores. Las parcelas labradas con arado vertical con mayor contenido de nitrógeno, fueron aquellas a las que se les aplicó estiércol, ya que el suelo estuvo bien roturado a mayor profundidad, lo que permitió al estiércol avanzar fácilmente a profundidades mayores. La rastra fue la que roturó el suelo más superficialmente, por lo que no rompe el piso de arado. Al estar dicha capa, el nitrógeno del estiércol aplicado se quedó una parte en los primeros 30 centímetros y otra fue absorbida por el cultivo.

5.4.- Análisis de planta

5.4.1.- Nitrógeno y proteína cruda

No hubo diferencia significativa en nitrógeno en planta, proteína cruda y extracción de nitrógeno total, con lo cual nos damos cuenta que al cultivo se le

proporcionaron de manera uniforme todos los requerimientos nutrimentales necesarios.

Cuadro 10. Resultados del análisis de planta de maíz forrajero. INIFAP-CELALA 2008.

Labranza	Estiércol	Nitrógeno en planta %	Proteína cruda %	Extracción de N total Kg/ha N
Arado	40	1.243	7.77	221
+ rastra	0	1.166	7.29	180
Arado	40	1.141	7.13	222
Vertical	0	1.134	7.09	181
Rastra	40	1.176	7.35	214
	0	1.183	7.39	202
Promedio estiércol				
	40	1.19	7.4	219.0
	0	1.16	7.3	187.7

Valores seguidos por distinta letra son estadísticamente diferentes, según Tukey ($\alpha = 0.05$).

5.4.2.- Distribución de materia seca por órganos

No se encontraron diferencias significativas en porcentaje de materia seca de tallo, mazorca y brácteas (Cuadro 7), debido a que la materia seca se distribuyó de manera normal en los órganos de la planta.

5.4.2.1.- Distribución de materia seca en hojas

Hubo diferencia significativa en porcentaje de materia seca en hoja entre los tratamientos de estiércol, siendo mayor en las parcelas donde no se aplicó estiércol con 20.8% contra 17.6% donde si se aplicó. Figueroa, *et al.*² (2002)

encontraron mayor porcentaje de materia seca en planta al no aplicar estiércol que al hacerlo. Esto puede deberse a que con la aplicación de estiércol hay mayor succulencia en los tejidos y, por consecuencia, menor porcentaje de materia seca.

Cuadro 11. Porcentaje de distribución de la materia seca por órganos. INIFAP-CELALA 2008.

Labranza	Estiércol Ton/ha	Distribución de de materia seca			
		Tallo ----- % -----	Hoja	Mazorca	Bráctea
Arado de discos + Rastra	40	26.13	17.13	47.67	9.10
	0	25.87	20.90	44.57	8.67
Arado vertical	40	27.9	14.33	48.77	9.07
	0	23.13	21.23	47.93	7.70
Rastra	40	30.10	21.20	40.83	7.90
	0	27.07	20.33	44.67	8.10
Promedio de cada tratamiento de estiércol					
	40	28.0 ns	17.6 b	45.8 ns	8.7 ns
	0	25.4 ns	20.8 a	45.7 ns	8.2 ns

Valores seguidos por distinta letra son estadísticamente diferentes, según Tukey ($\alpha = 0.05$).

VI. CONCLUSIONES

En este trabajo de investigación se evaluó durante un ciclo agrícola la preparación del terreno con labranza reducida, así como el impacto de ésta en interacción con la aplicación de estiércol sobre el rendimiento de maíz forrajero y otros parámetros fitométricos. Las conclusiones del trabajo fueron las siguientes:

En la preparación del terreno es posible sustituir la labranza convencional por labranza reducida con la ventajas de disminuir el tiempo y gasto de diesel invertidos en dicha preparación, sin disminuir los rendimientos. Con esta sustitución es posible reducir a corto plazo los costos económicos al ahorrar diesel y a largo plazo los costos ecológicos, ya que se puede ir mejorando la condición del suelo y así, depender menos de insumos externos como combustible y fertilizantes.

No hubo efecto de los factores principales, labranza y estiércol, en número de hojas verdes, número de hojas secas, altura de planta, altura de mazorca y densidad de planta. Se encontró mayor materia seca en hojas al no aplicar estiércol que al hacerlo.

Se puede sustituir parcial o totalmente los fertilizantes químicos utilizados, por fertilizantes orgánicos como el estiércol, obteniendo una producción de materia seca igual o mayor.

Al aplicar estiércol se aumenta el contenido de materia orgánica en el estrato 0 - 30 centímetros que es la capa arable y por lo tanto la que mas nos interesa en el área de la agronomía, por ser donde se encuentran la mayoría de las raíces de los cultivos de interés agronómico.

VII. LITERATURA CITADA

- Altieri, M. 1995. Agroecology: The science of sustainable agriculture. Westview Press, Inc. Boulder, Colorado.
- Berlijin, J. D. 1990. "Maquinaria para manejo de cultivos" Manuales para educación agropecuaria. Ed. SEP- México.
- Castellanos, J. Z., Uvalle, B. J. X. y Aguilar, S. A. S/F. Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. Segunda Edición. Pp. 51 y 57.
- Chaney, D. E., Drinkwater, . And G. S. Pettygrove. 1992. Organic soil amendments and fertilizers. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. Publication 21505. 36 p.
- Claveran, A. R., Fregoso, T. L. E. y Sánchez, B. C. 2001. La labranza conservacionista en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro Nacional de Investigación para Producción Sostenible. Morelia, Michoacán, México.
- Colegio de Postgraduados. 1992. Manual de producción de cultivos con labranza de conservación. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Pp. 1-21.
- Cueto W., J. A., Castellanos, R., J. Z., Figueroa V., U., Cortés J., J. M., Reta S., D. G. y Valenzuela S., C. 2005. Uso sustentable de desechos orgánicos en sistemas de producción agrícola. SAGARPA – INIFAP. Pp. 7, 17 y 22.
- De la Cruz, L. E., Rodríguez, S. H., Calvo, I. C., Latournerie, L. M., Mendoza, M. E., Vergara, N. A. y Ramírez, C. M. 2002. Producción de forraje de maíz en temporal. In: Memorias del XIX Congreso Nacional de Fitogenética. Saltillo, Coahuila, México. 357 p.

- Delorit, J. R. y Ahlgren, L. H. 1982. Producción Agrícola. Ed. Continental. México. Pp. 69-70.
- Figueroa, S. B. 2002. Labranza de conservación: una estrategia de manejo sostenible del recurso suelo. Revista de la academia de ingeniería.
- Figueroa¹, V. U. 2007. XIII Demostración de forrajes. Fertilización integral del maíz forrajero. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental La Laguna. Matamoros, Coah, México.
- Figueroa,² V. U., Faz C. R. ., Quiroga G. H. M. Y Cueto W. J. A. 2002. Optimización del uso de estiércol bovino en cultivos forrajeros y riesgos de contaminación por nitratos. Informe de investigación. Campo Experimental La Laguna. CIRNOC-INIFAP. 5 pag.
- Gutiérrez, del R. E., Espinoza B. A., Palomo G. A., Lozano G. J. J. y Antuna G. O. 2004. Aptitud combinatoria de híbridos para maíz para la Comarca Lagunera. Revista Fitotecnia Mexicana. Septiembre. Vol. 27. Chapingo, México. Pp. 7–11. [En línea]. <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/610/61009902.pdf>. Consultada el 24/03/09.
- Jiménez, D.R.M. y Lamo de E. J. 1998. Agricultura sustentable. Ed. Mundi Prensa. Pp. 119-127.
- Jones, J.B. 2001. Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis. CRC Press. New York.
- López, M. J. D., Vázquez, V. C. y Salazar, S. E. 2004. Fertilización orgánica e inorgánica en maíz usando labranza de conservación. Congreso Nacional de

la Ciencia del Suelo. Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agronomía y Zootecnia, División de Estudios de Posgrado. Gómez Palacio, Durango, México.

- Martínez, G. M. A. 2002. Alternativas de preparación del suelo para cultivos de riego en la zona media potosina. INIFAP. Campo Experimental Palma de la Cruz. S. L.P., México. Folleto técnico número 17.
- Mendoza, R. J. L. Macías, C. J. y Cortés, M. E. 2003. Tecnología para mejorar la productividad del maíz en el norte de Sinaloa y su impacto económico. INIFAP-CIRNO. Campo Experimental Valle del Fuerte. Folleto Técnico Núm. 21. Los Mochis, Sinaloa, México. 40p.
- Mondragón, M. A. 1982. Temas de agricultura moderna. Impresos Raff. México, DF. Pp. 194- 195.
- Mora, G.M., Ordaz, Ch. V., Castellanos, J.Z., Aguilar, S. A. †, Gavi, F. y Volke H, V. 2001. Sistemas de labranza y sus efectos en algunas propiedades físicas en un vertisol, después de cuatro años de manejo. Revista Terra, Vol. 19. No. 1
- Mulvaney, R.L. 1996. Nitrogen-inorganic forms. P. 1123-1184. in D.L. Sparks (ed.) Methods of soil analysis. Part 3. SSSA Book Ser. 5. SSSA, Madison, W.I.
- Nelson, D.W. and L.E. Sommers. 1996. Total carbon, organic matter. In: Spark, D.L.; A.L. Johnston, and M.E. Sumner (Eds.). 1996. Methods of Analysis Part. 3. Chemical Methods (SSSA, Book Series No. 5).
- Núñez, H. G., González, C. F., Faz, C. R., Figueroa, V. U., Nava, C. U., Peña, R. A., Reta, S. D. G., Jasso, I. R., Maciel, P. L. H., Orozco, H. G., Payán, G. J. A. Y Baez, I. F. 2006. Tecnología de producción de maíz forrajero de alto

- rendimiento y calidad nutricional. INIFAP – CELALA. Folleto Técnico Num. 13. Pp. 6-11.
- Olsen, S. r. , C. V., Cole, F. S. Watanabe y L. A. Dean. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA. Circ. 939. US Gov. Print. Office. Washington, D. C.
- PASOLAC, S/F. Programa de Agricultura Sostenible en las Laderas de América Central. [En línea].
- Peña, R. A., Núñez, H. G. y Gonzáles, C. F. 2002. Potencial forrajero de poblaciones de maíz y relación entre atributos agronómicos con la calidad. México.
- Reta, S., D.G., Carrillo J.S, Gaytán M. A, Castro M. E, y Cueto W. J. A. 2002. Guía para cultivar maíz forrajero en surcos estrechos. Folleto para productores Núm. 5. SAGARPA-INIFAP-CIRNOC-CELALA. 21 p.
- Reyes, C.P., Reyes, M.C. A. y Reyes, M. F. E. 2002. Introducción a la Agronomía. Ed. Trillas. Pp. 148.
- Robles, S. R. 1982. Producción de granos y forrajes. Tercera Edición. Ed. Limusa. México. Pp. 17.
- Rodríguez, S. F. 1996. Fertilizantes en nutrición vegetal. AGT Editor. Pp. 34.
- Ruiz, F. J. F. 2001. Producción animal orgánica. CONARAO (Consejo Nacional Regulador de la Agricultura orgánica). Pp. 104-106.
- SAGARPA. 2007. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y alimentación. Lerdo, Dgo.

SAGARPA. 2008. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y alimentación. Lerdo, Dgo.

Thomas, G.W. 1996. Soil pH and soil acidity. In: Sparks, D.L.; A.L. page; P.A. Helmke; R.H. Loeppert; pH Soltanpour; M.A. tabatabai; C.T. Jonston, and M.E. Sumner (Eds.). 1996. Methods of Soils Analysis. Part. 3. Chemical Methods (SSSA, Book Series No. 5).

VIII. ANEXOS

Cuadro anexo 1. Distribución de las parcelas en campo.

1	2	V
4	3	A
5	6	R
8	7	A
9	10	V
12	11	R
13	14	V
16	15	R
17	18	A

Los tratamientos de labranza primaria fueron:

1. C = Arado vertical
2. A= Arado de discos + rastra
3. R= Rastra

Y en parcelas pequeñas, los tratamientos fueron:

Con estiércol

Sin estiércol