

00381
17



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

EFFECTO DE DOS SISTEMAS DE LABRANZA EN LAS
CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DE UN
SUELO

T E S I S

Que para obtener el grado académico de

DOCTOR EN CIENCIAS

(BIOLOGIA)

p r e s e n t a

MARIO GALEANA DE LA CRUZ

283547

DIRECTOR DE TESIS: DR. ANTONIO TRINIDAD SANTOS



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA

A mis Padres:

María Ricarda De la Cruz Mendoza †

Gabino Galeana Ramírez †

Fue tan inmenso el cariño que en mí depositaron, que siempre vivirán en mi corazón.

Como un homenaje a su recuerdo, les ofrezco esta obra.

A mis hijos:

Itzel y Yoalli Galeana Rangel

Con el amor y cariño que siempre les he profesado, y con la seguridad de que con creces superarán este esfuerzo.

A mi esposa:

Luz María Rangel Olvera

Por su apoyo y comprensión en todo momento.

Gracias por todo.

A mis hermanos:

Juan †, Gregoria, Genaro, Josefa, Pedro, Reyna y Victoriana

Por su cariño siempre demostrado.

Gracias por su apoyo.

A mi gran familia y amigos:

En quienes encontré siempre cariño y amistad sincera.

Gracias.

AGRADECIMIENTOS

A la *Universidad Nacional Autónoma de México*, por la oportunidad de formarme en su seno y las facilidades otorgadas en la realización del presente estudio.

Al *Departamento de Parasitología Agrícola* de la *Universidad Autónoma Chapingo*, por su apoyo brindado en la culminación de este trabajo.

Al *Dr. Antonio Trinidad Santos*, a quien le estaré siempre agradecido por sus enseñanzas, su apoyo y amistad.

A la *Dra. Norma Eugenia García Calderón*, por su amable y excelente dirección del presente trabajo.

Al *Dr. David Flores Roman*, por su confianza y apoyo total en la realización de este estudio.

Al *Dr. Jorge Enrique Gama Castro*, por sus valiosas sugerencias en la revisión de este trabajo de investigación.

Al *Dr. José Luis Oropeza Mota*, por su amistad y apoyo en la culminación de este esfuerzo.

A la *Dra. María Edna Álvarez Sánchez*, por sus observaciones y amables sugerencias respecto al presente trabajo.

Al *Dr. Antonio Vazquez Alarcón*, por sus acertadas correcciones y sugerencias para enriquecer este trabajo.

A la *Srita. Yolanda Pliego Monreal*, por su amistad y apoyo en la escritura del presente trabajo.

A los amigos y compañeros de trabajo: *M.C. Artemio Rosas Meza*, *M.C. Fernando Urzúa Soria*, *M.C. Emilio Castillo Márquez*, *M.C. Roberto Ocampo Ruiz*, *M.C. Cecilio Mendoza Zamora*, quienes me han apoyado en todos los momentos de la realización del presente trabajo.

INDICE

	página
SUMMARY	1
I. RESUMEN	2
II. INTRODUCCION	4
III. OBJETIVOS, HIPOTESIS Y SUPUESTOS	
3.1. Objetivo general	7
3.2. Objetivos específicos	7
3.3. Hipótesis	7
3.4. Supuestos	8
IV. REVISION DE LITERATURA	
4.1. Erosión del suelo	9
4.1.1. Erosión hídrica	10
4.1.2. Erosión eólica	12
4.2. Estrategias para el control de la erosión	12
4.3. Sistemas de labranza de conservación	13
4.3.1. Coberturas en labranza de conservación	14
4.3.1.1. Coberturas vivas	15
4.3.1.2. Coberturas muertas	16
4.3.2. Control de la maleza en labranza de conservación	17
4.3.2.1. Control químico de malezas	18
4.3.2.2. Control de malezas en maíz bajo labranza de conservación	18
4.3.2.3. Control de malezas en cultivos de hoja ancha.....	19
4.3.3. Residuos de herbicidas	20
4.3.4. Fertilización en los sistemas de conservación	21
4.3.4.1. Fertilización nitrogenada	22
4.3.4.2. Fertilización fosfatada	23
4.3.4.3. Fertilización potásica	23
4.3.5. La materia orgánica en labranza de conservación	24
4.3.5.1. Principales fuentes de materia orgánica	26
4.3.5.2. Constituyentes de la materia orgánica	26
4.3.5.3. Descomposición de la materia orgánica	27
4.3.6. Los organismos del suelo en labranza de conservación	28
4.3.6.1. Macroorganismos	30
4.3.6.2. Microorganismos	31
4.3.7. Plagas y enfermedades de los cultivos en labranza de conservación	32
4.3.8. Alelopatía de las coberturas en labranza de conservación	34

4.4. Efecto de la labranza de conservación en las características físicas del suelo	35
4.4.1. Efecto en la temperatura	35
4.4.2. Efecto en la humedad	38
4.4.3. Efecto en la densidad	38
4.4.4. Efecto sobre la resistencia a la penetración del suelo	39
4.5. Efecto de la labranza de conservación en las características químicas del suelo	41
4.5.1. Efecto en el pH	41
4.5.2. Efecto en el contenido de nitrógeno	42
4.5.3. Efecto en el contenido de fósforo	43
4.5.4. Efecto en el contenido de potasio	44
4.5.5. Efecto en la capacidad de intercambio de cationes	44

V. MATERIALES Y METODOS

5.1. Descripción del área de estudio	46
5.2. Tratamientos empleados	46
5.3. Diseño estadístico	47
5.4. Distribución de los tratamientos	48
5.5. Siembra y manejo de las coberturas	50
5.6. Siembra y manejo del cultivo de maíz	51
5.7. Control de la maleza en el cultivo de maíz	51
5.8. Fertilización del cultivo principal	57
5.9. Colecta de muestras de suelo	57
5.10. Métodos de análisis de suelo	58
5.11. Cuantificación de la maleza presente	58
5.12. Cuantificación de lombrices	58
5.13. Determinación de altura de las plantas de maíz	59
5.14. Determinación de la resistencia a la penetrabilidad	59

VI. RESULTADOS Y DISCUSION

6.1. Resultados del trabajo de campo	60
6.1.1. Rendimiento de maíz	60
6.1.2. Rendimiento de paja de maíz	66
6.1.3. Altura de la planta de maíz	66
6.1.4. Población de malezas	68
6.1.5. Población de lombrices	70
6.1.6. Alelopatía de las coberturas	72
6.1.7. Resistencia a la penetrabilidad	76
6.2. Análisis físico y químico del suelo	77
6.2.1. Densidad	77
6.2.2. Análisis químico	78
6.2.2.1. pH del suelo	78

	página
6.2.2.2. Materia orgánica del suelo	82
6.2.2.3. Nitrógeno del suelo (Nitrógeno total, nitratos y amonio)	87
6.2.2.4. Fósforo	97
6.2.2.5. Potasio	101
6.2.2.6. Capacidad de intercambio de cationes	104
VII. CONCLUSIONES	107
VIII. LITERATURA CITADA.....	110
IX. APENDICE	123

INDICE DE CUADROS EN EL TEXTO

		página
CUADRO No. 1	Diferentes especies de organismos en un suelo rico en materia orgánica por metro cuadrado.	29
CUADRO No. 2	Fuente de alimentos empleados por los diferentes grupos de organismos del suelo	30
CUADRO No. 3	Tratamientos del ensayo sobre sistemas de labranza, tipos de coberturas y niveles de fertilización en un suelo de Chapingo, Méx.	49
CUADRO No. 4	Distribución de los tratamientos en las parcelas.	50
CUADRO No. 5	Rendimiento de maíz ($t\ ha^{-1}$) en diferentes tratamientos de sistemas de labranza y fertilización en tres ciclos de cultivo, en Chapingo, Méx.	61
CUADRO No. 6	Efecto de los tratamientos de sistemas de labranza, coberturas y fertilización sobre el rendimiento de paja de maíz (t/ha) en Chapingo, Méx.	67
CUADRO No. 7	Efecto de los diferentes tratamientos sobre la altura de las plantas de maíz (80 DDE) en el segundo ciclo de cultivo (1995) en Chapingo, Méx.	68
CUADRO No. 8	Efecto de los sistemas de labranza, coberturas y fertilización en el peso seco de las malezas presentes en el segundo ciclo de cultivo (1995) a los 90 DDE del cultivo.	71
CUADRO No. 9	Población de lombrices por metro cuadrado bajo diferentes sistemas de labranza en el cultivo de maíz en Chapingo, Méx. 1995.	73
CUADRO No. 10	Altura de las plantas de maíz (cm) en el invernadero a los 60 DDE como respuesta a la alelopatía de cada cobertura.	75
CUADRO No. 11	Altura (cm) de plantas de maíz en el campo a los 60 DDE como respuesta a la alelopatía de cada cobertura.	75
CUADRO No. 12	Resistencia a la penetrabilidad en kg/cm^2 de los tratamientos de sistema de labranza con diferentes tipos de coberturas.	76

CUADRO No. 13	Densidad aparente (g/cm ³) de los cuatro tratamientos en los tres ciclos de cultivo a dos profundidades.	78
CUADRO No. 14	pH de 0-5 cm de profundidad en los diferentes tratamientos de sistemas de labranza y fertilización en tres ciclos de cultivo (1994-95-96) en Chapingo, México.	80
CUADRO No. 15	pH de 5-30 cm de profundidad en los tratamientos de sistemas de labranza y fertilización en tres ciclos de cultivo (1994-95-96) en Chapingo, México.	81
CUADRO No. 16	Porcentaje de materia orgánica de 0-5 de profundidad en los tratamientos de labranza y fertilización en tres ciclos de cultivo (1994-95-96) en Chapingo, México.	85
CUADRO No. 17	Porcentaje de materia orgánica de 5-30 de profundidad en los tratamientos de labranza y fertilización en tres ciclos de cultivo (1994-95-96) en Chapingo, México.	86
CUADRO No. 18	% de nitrógeno total de 0-5 cm de profundidad en los diferentes tratamientos de sistemas de labranza y fertilización en tres ciclos de cultivo (1994-1995 y 1996) en Chapingo, Méx.	91
CUADRO No. 19	% de nitrógeno total de 5-30 cm de profundidad en los diferentes tratamientos de sistemas de labranza y fertilización en tres ciclos de cultivo (1994-1995 y 1996) en Chapingo, Méx.	92
CUADRO No. 20	Contenido de nitratos (ppm) de un suelo de 0-5 cm de profundidad en los tratamientos de sistemas de labranza, coberturas y fertilización en tres ciclos de cultivo en Chapingo, México.	93
CUADRO No. 21	Contenido de nitratos (ppm) de un suelo de 5-30 cm de profundidad en los tratamientos de sistemas de labranza, coberturas y fertilización en tres ciclos de cultivo en Chapingo, México.	94
CUADRO No. 22	Contenido de amonio (ppm) de un suelo de 0-5 cm de profundidad en los tratamientos de sistemas de labranza, coberturas y fertilización en tres ciclos de cultivo en Chapingo, México.	95

CUADRO No. 23	Contenido de amonio (ppm) de un suelo de 5-30 cm de profundidad en los tratamientos de sistemas de labranza, coberturas y fertilización en tres ciclos de cultivo en Chapingo, México.	96
CUADRO No. 24	Contenido de fósforo (ppm) de un suelo de 0-5 cm de profundidad en los tratamientos de sistemas de labranza, coberturas y fertilización en tres ciclos de cultivo en Chapingo, México.	99
CUADRO No. 25	Contenido de fósforo (ppm) de un suelo de 5-30 cm de profundidad en los tratamientos de sistemas de labranza, coberturas y fertilización en tres ciclos de cultivo en Chapingo, México.	100
CUADRO No. 26	Contenido de potasio (ppm) de un suelo de 0-5 cm de profundidad en los tratamientos de sistemas de labranza, coberturas y fertilización en tres ciclos de cultivo en Chapingo, México.	102
CUADRO No. 27	Contenido de potasio (ppm) de un suelo de 5-30 cm de profundidad en los tratamientos de sistemas de labranza, coberturas y fertilización en tres ciclos de cultivo en Chapingo, México.	103
CUADRO No. 28	Capacidad de intercambio catiónico (CIC) (c mol (+) kg^{-1}) de un suelo de 0-5 cm de profundidad en los tratamientos de sistemas de labranza, coberturas y fertilización en tres ciclos de cultivo en Chapingo, México.	105
CUADRO No. 29	Capacidad de intercambio catiónico (CIC) (c mol (+) kg^{-1}) de un suelo de 5-30 cm de profundidad en los tratamientos de sistemas de labranza, coberturas y fertilización en tres ciclos de cultivo en Chapingo, México.	106

INDICE DE FIGURAS EN EL TEXTO

		página
FIGURA No. 1	Efectos de un mantillo vegetal sobre la temperatura del suelo a 5 cm de profundidad en maíz sembrado en IITA, Nigeria.	37
FIGURA No. 2	Efecto del mantillo vegetal (aplicado desde 0 ton/ha hasta 12 ton/ha) sobre la temperatura del suelo a 10 cm de profundidad.	37
FIGURA No. 3	Densidad aparente del suelo bajo labranza tradicional y de conservación (en Mg m^{-3}) en varios estudios.	40
FIGURA No. 4	Resistencia a la penetración (Kpa) en labranza tradicional y de conservación para varios estudios en la capa superficial del suelo.	40
FIGURA No. 5	Preparación de la parcela experimental para instalar el cultivo de maíz bajo labranza tradicional y labranza de conservación.	49
FIGURA No. 6	Siembra de maíz en el sistema de labranza de conservación mediante una sembradora para labranza cero.	50
FIGURA No. 7	Siembra de maíz en el sistema tradicional.	51
FIGURA No. 8	Cultivo de maíz bajo labranza de conservación con cobertura de veza.	52
FIGURA No. 9	Cultivo de maíz bajo labranza de conservación con cobertura de cebada.	53
FIGURA No. 10	Rendimiento medio de maíz (t/ha) en dos sistemas de labranza (LT= Labranza tradicional; LC= Labranza de conservación) y dos tipos de cobertura (CC= Cobertura de cebada; CV= Cobertura de veza) en Chapingo, Méx.	64
FIGURA No. 11	Rendimiento medio de grano de maíz (t/ha) en dos sistemas de labranza (LT= labranza tradicional, LC= labranza de conservación) con dos tipos de cobertura (CC= cobertura de cebada, CV= cobertura de veza) en tres ciclos con diferentes niveles de nitrógeno y sin fósforo en Chapingo, Méx.	65

- FIGURA No. 12** Rendimiento medio de grano de maíz (t/ha) en dos sistemas de labranza (LT= labranza tradicional, LC= labranza de conservación) con dos tipos de cobertura (CC= cobertura de cebada, CV= cobertura de veza) en tres ciclos con diferentes niveles de nitrógeno y con fósforo en Chapingo, Méx. 65
- FIGURA No. 13** Población de lombriz por m² en el cultivo de maíz bajo diferentes sistemas de labranza. 74

INDICE DE CUADROS EN EL APENDICE

		página
CUADRO No. 1	Datos de temperatura y precipitación mensual y promedios anuales en los tres ciclos estudiados. (Estación Meteorológica de Chapingo, Méx.).	124
CUADRO No. 2	Análisis de varianza del rendimiento de maíz bajo diferentes tratamientos en Chapingo, Méx.	125
CUADRO No. 3	Análisis de varianza del rendimiento de rastrojo de maíz bajo diferentes tratamientos en Chapingo, Méx.	125
CUADRO No. 4	Análisis de varianza del pH, de un suelo a profundidad de 0 a 5 cm, bajo diferentes tratamientos en Chapingo, Méx.	126
CUADRO No. 5	Análisis de varianza del pH, de un suelo a profundidad de 5 a 30 cm, bajo diferentes tratamientos en Chapingo, Méx.	126
CUADRO No. 6	Análisis de varianza de materia orgánica de un suelo a profundidad de 0 a 5 cm, bajo diferentes tratamientos en Chapingo, Méx.	127
CUADRO No. 7	Análisis de varianza de materia orgánica de un suelo a profundidad de 5 a 30 cm, bajo diferentes tratamientos en Chapingo, Méx.	127
CUADRO No. 8	Análisis de varianza del contenido de nitrógeno total de un suelo a profundidad de 0 a 5 cm, bajo diferentes tratamientos en Chapingo, Méx.	128
CUADRO No. 9	Análisis de varianza del contenido de nitrógeno total de un suelo a profundidad de 5 a 30 cm, bajo diferentes tratamientos en Chapingo, Méx.	128
CUADRO No. 10	Análisis de varianza del contenido de nitratos de un suelo a profundidad de 0 a 5 cm, bajo diferentes tratamientos en Chapingo, Méx.	129
CUADRO No. 11	Análisis de varianza del contenido de nitratos de un suelo a profundidad de 5 a 30 cm, bajo diferentes tratamientos en Chapingo, Méx.	129

	página
CUADRO No. 12 Análisis de varianza del contenido de amonio de un suelo a profundidad de 0 a 5 cm, bajo diferentes tratamientos en Chapingo, Méx.	130
CUADRO No. 13 Análisis de varianza del contenido de amonio de un suelo a profundidad de 5 a 30 cm, bajo diferentes tratamientos en Chapingo, Méx.	130
CUADRO No. 14 Análisis de varianza del contenido de fósforo de un suelo a profundidad de 0 a 5 cm, bajo diferentes tratamientos en Chapingo, Méx.	131
CUADRO No. 15 Análisis de varianza del contenido de fósforo de un suelo a profundidad de 5 a 30 cm, bajo diferentes tratamientos en Chapingo, Méx.	131
CUADRO No. 16 Análisis de varianza del contenido de potasio de un suelo a profundidad de 0 a 5 cm, bajo diferentes tratamientos en Chapingo, Méx.	132
CUADRO No. 17 Análisis de varianza del contenido de potasio de un suelo a profundidad de 5 a 30 cm, bajo diferentes tratamientos en Chapingo, Méx.	132
CUADRO No. 18 Análisis de varianza de la capacidad de intercambio catiónico de un suelo a profundidad de 0 a 5 cm, bajo diferentes tratamientos en Chapingo, Méx.	133
CUADRO No. 19 Análisis de varianza de la capacidad de intercambio catiónico de un suelo a profundidad de 5 a 30 cm, bajo diferentes tratamientos en Chapingo, Méx.	133

SUMMARY

Soil losses have been observed worldwide due mainly by effect of rain and wind which act over the pulverized soil provoking erosion and causing problem for its recovery.

No-tillage system uses mulch as a cover of soil which avoids erosion, keeps moisture and ameliorates physical, chemical and biological soil characteristics. This system is a set of technics whith the main purpose to avoid soil remosion in order to prevent exposing it directly to rain. To reach this, mulch or low crops are used for surface protection and to absorbe rain droplets energy, avoiding their direct impact on the soil.

An experiment was carried out at the Campo Experimental de la Universidad Chapingo, México, with the to evaluate during three years the effects of two tillage systems (no-tillage and traditional), using two tipos of coverages (*Vicia sativa* and *Hordeum vulgare*) with and without in each system and eight fertilization levels on soil characteristics and corn yield. A factorial treatment design (4 x 8) was used distributing then in split-plut experimental design with three replications.

On the field, corn grain and straw yield, resistance to penetration, plant height, weed population, worm population and alelopathic effect of coverage were evaluated. On laboratory bulk density, granulometry, texture, pH, M.O. N_T, P, K, CIC, NH₄⁺, NO₃⁻, were determined.

The results show that corn yield was higher on no-tillage system with vetch; resistance to penetration was higher on no-tillage system with barley coverage; worm population was higher on no-tillage system with vetch coverage; and weed population was higher on no-tillage system. Corn yield was sensible to nitrogen and phosphorus fertilizer. Organic matter and total nitrogen were higher on no-tillage system on the upper layer of the soil. pH was slightly lowered on no-tillage system. Other physical or chemical characteristics showed no differences. It was concluded that no tillage system favours the sustain ability and productivity of she soil.

I. RESUMEN

Se ha observado a nivel mundial la continua pérdida de los suelos fértiles debido principalmente al efecto de la lluvia y el viento, factores ambientales que actúan sobre un suelo labrado, provocando erosión y posteriormente una recuperación difícil.

Se han propuesto diferentes técnicas para evitar este problema, siendo una de ellas, la no labranza del suelo.

La labranza de conservación es un sistema que emplea residuos de cosecha como cobertura en la superficie del suelo, para evitar la erosión, conservar la humedad y mejorar las características físicas, químicas y biológicas del suelo. Es un conjunto de técnicas cuya principal característica es evitar la remoción de los suelos, y no exponerlos directamente al efecto de la lluvia; para esto, se utilizan residuos de cosechas o cultivos de porte bajo que no compitan con el cultivo principal, para que actúen como una cubierta protectora del suelo y absorban la energía que llevan las gotas de lluvia, evitando el impacto directo con el suelo; de esa forma se disminuye la desagregación y su arrastre hacia otros lugares.

Con el propósito de entender este tema, se instaló en el campo experimental de la Universidad Chapingo, Edo. de México, un experimento en el cual se estudió el efecto que causa en el suelo y en el rendimiento de maíz, el sistema de labranza de conservación comparado con el tradicional, dos tipos de coberturas, veza (*Vicia sativa*) y cebada (*Hordeum vulgare*) y ocho niveles de fertilización en un arreglo factorial distribuidos en bloques al azar con 3 repeticiones.

En el campo se evaluaron en tres ciclos de cultivo, el rendimiento de grano y paja de maíz y la resistencia del suelo a la penetración, en el segundo ciclo se evaluó la altura de plantas de maíz, la población de malezas, la población de lombrices de tierra y el efecto alelopático de las coberturas empleadas sobre el cultivo principal.

En el laboratorio se realizaron las determinaciones de; densidad aparente, textura, pH, M.O., N_T , NH_4^+ , NO_3^- , P, K, CIC.

Los resultados obtenidos muestran que el rendimiento de maíz fue mayor en el sistema de labranza de conservación con cobertura de veza comparado con cobertura de cebada; la resistencia a la penetración fue mayor en el sistema de conservación con cobertura de cebada, la población de lombrices fue mayor en el sistema de conservación con cobertura de veza; la población de malezas fue mayor en el sistema de conservación y se encontró en promedio respuesta positiva en el rendimiento de maíz a la aplicación de fertilizante nitrogenado y fosfatado.

En el contenido de materia orgánica (M.O.), el nitrógeno total (N_T) y en el potasio se produjeron cambios positivos y significativos en los sistemas de labranza de conservación en la capa superficial del suelo; se obtuvo una disminución en el pH del suelo en los sistemas de conservación, comparado con los tradicionales.

Las otras características físicas y químicas no mostraron diferencias significativas.

CONCLUSION

El sistema de labranza de conservación con cobertura de veza mejoró las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo y con ello incrementó los rendimientos de maíz, la fertilización nitrogenada incrementó los rendimientos en los tratamientos combinados con coberturas de veza. La aplicación de fósforo, no influyó en el rendimiento de maíz. La materia orgánica, el nitrógeno y el potasio se incrementaron en los primeros 5 cm del suelo bajo labranza de conservación con cobertura de veza y el pH bajó en estas condiciones. La resistencia a la penetrabilidad fue mayor en labranza de conservación; la población de lombrices fue 12 veces mayor en labranza de conservación con cobertura de veza en relación a los otros tratamientos los valores de la densidad aparente y las otras características físicas y químicas no presentaron diferencias, entre tratamientos.

II. INTRODUCCION

La práctica constante de remover el suelo para prepararlo y sembrar los diferentes cultivos que el hombre requiere para su existencia, así como el manejo que se le da a éstos para hacerlos más productivos, ha provocado a nivel mundial grandes pérdidas de suelo fértil, disminuyendo las áreas cultivables y aumentando considerablemente los suelos degradados, lo que indica a su vez gastos exagerados para su recuperación y utilización posterior.

El uso de diferentes instrumentos empleados para preparar la tierra, ha sido conocido desde hace 7000 años; desde entonces, los implementos se han modificado a tal grado que en la actualidad se cuenta con equipo y maquinaria muy sofisticada que provoca erosión, compactación y a largo plazo la desertificación de los suelos.

En la búsqueda de alternativas que permitan disminuir la pérdida de los suelos, la labranza de conservación se ha considerado como una alternativa para evitar su degradación y pérdida debido a la cobertura que se utiliza en este sistema.

En nuestro país, se estima que el 80% de la superficie nacional presenta problemas de erosión en alguna magnitud, por lo que es necesario considerar diferentes alternativas para conservar los suelos y evitar el avance de la desertificación.

A nivel mundial, la degradación de los suelos y la desertificación va aumentando considerablemente a tal grado que las organizaciones mundiales han creado diferentes organismos locales para que actúen interdisciplinariamente y encuentren una solución al problema de la erosión en sus respectivos países, considerando los aspectos socioeconómicos característicos de cada lugar.

La labranza de conservación es un sistema que utiliza los residuos de cosechas anteriores en la superficie del terreno o coberturas vivas mediante una labranza reducida o labranza cero, permitiendo la conservación del recurso suelo y agua, mejorando las características físicas, químicas y biológicas del mismo.

La cero labranza, permite sembrar cualquier semilla sin remover o labrar el suelo, reemplazando el arado, rastras, barbechos, cinceles y cultivadoras de diferentes tipos,

por sembradoras capaces de cortar rastrojos y raíces, y depositando la semilla, de tal manera que pueda germinar y desarrollarse sin que exista competencia por espacio, luz, nutrientes y agua; para ello se utiliza un control químico de las malezas y un sistema de aplicación de nutrientes adecuados para tal fin. La práctica continua de cero labranza con manejo de residuos o de coberturas vivas, permite la acumulación de materia orgánica en las primeras capas del suelo, con todas las ventajas que esto significa, ya que al aumentar su proporción, se mejoran todas las condiciones del sustrato; así mismo, se disminuye la presencia de malezas aumentando las ganancias de los agricultores al disminuir el uso de maquinaria y agroquímicos; su mayor ventaja es que al quedar en la superficie los rastrojos, éstos evitan los procesos erosivos de la lluvia y del viento.

La cantidad de rastrojo y raíces que quedan en el suelo después de la cosecha, son partícipes activos de los procesos genéticos del suelo y su mejoramiento; el mérito del sistema es que se aprovechan los residuos de cosechas, para reponer la fertilidad y conservar el suelo, proporcionando las siguientes ventajas en comparación con la labranza tradicional; reduce hasta en un 95% la erosión del suelo, se capta y conserva mayor cantidad de agua, reduce el encostramiento, mantiene la temperatura en forma adecuada, conserva la estructura del suelo, incrementa la materia orgánica, permite un mejor control de malezas, reduce el costo del cultivo al disminuir el empleo de maquinaria y combustibles; mejora la fertilidad del suelo y aumenta la productividad, y por tanto, la economía del sistema.

La labranza de conservación, es una alternativa que desde su aparición en los años treinta ha demostrado en diferentes países su ventaja sobre la tradicional, al evitar la degradación de los suelos debido a las coberturas empleadas para atenuar la fuerza del impacto de la lluvia con el suelo labrado.

Los éxitos de este sistema de labranza, dependen principalmente de un riguroso control de la maleza, de la disponibilidad de residuos, de la disponibilidad de maquinaria adecuada y de un suelo que permita su empleo, así como del convencimiento de los agricultores para que acepten el sistema y participen en el proceso de la conservación de los suelos.

Los principales motivos por los cuales el sistema de labranza de conservación no ha sido adoptado por los agricultores aun con los beneficios que proporciona, son: la escasa información disponible para técnicos y agricultores, la resistencia al cambio de la agricultura tradicional a la de conservación y los intereses creados con el empleo de la tradicional tanto socioeconómicos como de infraestructura. Por lo tanto, es necesario convencer a los agricultores de las bondades del sistema, para que lo adopten oportunamente y eviten la erosión de sus suelos, y con esto, eviten la destrucción de la base misma de su existencia y el costo ambiental bastante elevado del sistema tradicional; para ello es necesario cambiar su lógica, sus costumbres, tradiciones, teorías, prácticas y prejuicios; aspecto que los atan y no les permite comprender los beneficios del sistema conservacionista, aunque claro está, es necesario proporcionarles todos los elementos del sistema con la solución de todos los problemas relacionados con él.

III. OBJETIVOS, HIPOTESIS Y SUPUESTOS

3.1. Objetivo General

Evaluar el efecto que produce el sistema de labranza de conservación con dos coberturas y niveles de fertilización sobre las características físicas, químicas y biológicas de un suelo y determinar con base al análisis de laboratorio y campo las ventajas que ofrece el sistema de conservación comparado con la labranza tradicional en los rendimientos de maíz en un suelo franco arenoso del estado de México.

3.2. Objetivos Específicos

- Valorar los efectos de la veza y cebada empleadas como coberturas en labranza de conservación.
- Evaluar a nivel de campo y laboratorio los cambios de los suelos sembrados con labranza de conservación y tradicional.
- Conocer los efectos de diferentes niveles de nitrógeno y fósforo sobre el rendimiento de maíz sembrado bajo labranza de conservación y tradicional con veza o cebada como coberturas.
- Valorar las características físicas y químicas de los suelos sembrados bajo labranza conservacionista y tradicional.
- Evaluar el efecto de los sistemas de labranza en la población de lombrices y malezas presentes durante el desarrollo del cultivo de maíz.

3.3. Hipótesis

- La labranza de conservación con cobertura de veza permite obtener mayores rendimientos de maíz y mejorar las características del suelo, haciéndolo mas productivo, que el sistema tradicional.
- Las características físicas, químicas y biológicas del suelo se favorecen por el efecto de las coberturas empleadas en el sistema de conservación.

- La cobertura de veza proporciona mejores resultados que la de cebada debido a la facilidad de degradación por los microorganismos del suelo.
- El nitrógeno y fósforo del fertilizante aplicado combinado con las coberturas, permite obtener mejores rendimientos de maíz.

3.4. Supuestos

- Se considera que el sitio experimental es representativo para llevar a cabo el presente estudio.
- Los métodos de análisis de suelo fueron los indicados y los resultados correspondientes obtenidos son aceptados.
- El maíz, permite como cultivo indicador observar los efectos de los diferentes tratamientos usados.

IV. REVISION DE LITERATURA

4.1. Erosión del suelo

La búsqueda del desarrollo económico y del goce de las riquezas naturales de los pueblos ha conducido al hombre a una explotación casi irracional de los recursos, especialmente del suelo, generando agudos procesos erosivos que están soportando la gran mayoría de los suelos del mundo; estos procesos han tenido su inicio en la pérdida gradual de su contenido de materia orgánica como consecuencia de múltiples factores, siendo los más importantes la deforestación, el sobrepastoreo, los barbechos y la quema de los residuos de cosechas (Raggi, 1990).

La erosión del suelo es un proceso complejo, en parte originado por factores naturales, pero acelerado en gran medida por la cada vez más numerosa población humana. Cuando la erosión tiene solo causas naturales, hay una tendencia al equilibrio entre el proceso de formación y los de degradación del suelo; pero cuando el hombre hace un uso y manejo inadecuado de este recurso, altera el equilibrio, acelerando el proceso erosivo. A esto se le ha llamado erosión inducida (FAO, 1988).

Lal (1979) indica que la degradación del suelo es la pérdida de la productividad actual o potencial como resultado de factores naturales (clima, vegetación, material parental e hidrología) o antropogénicos (densidad de población, uso de la tierra, desarrollo de carreteras, canales de agua y complejos industriales).

Esta degradación se refiere a la disminución de la capacidad inherente del suelo para producir bienes económicos y realizar funciones ecológicas; es el resultado neto de procesos dinámicos degradativos del suelo, acelerados por factores naturales y antropogénicos.

Se reconocen tres categorías de los procesos de degradación del suelo inducida por el hombre; la primera se relaciona con la degradación del suelo por desplazamiento del material del suelo y sus efectos fuera de sitio, siendo la erosión hídrica y eólica la responsable de éste tipo de erosión; la segunda, trata del deterioro interno físico por

compactación y encostramiento y químico por pérdida de nutrientes, salinización, acidez y contaminación (Oldeman *et al.*, 1990).

La FAO señala que el Sahara avanza cada año entre 1.5 y 10 km; la actividad del hombre ha destruido a la fecha dos mil millones de hectáreas, o sea el 15% de todas las tierras cultivables hoy en día (Unger, 1988).

Molina (1988), menciona que uno de los principales temas que preocupan a los rusos, es el de la erosión de los suelos, la cual afecta la producción de trigo, obligándolos a efectuar grandes compras de este cereal a los Estados Unidos de Norteamérica.

H. Bennett (1977) indicó que durante la breve existencia de los EE.UU., se han devastado 127 millones de hectáreas de campo y pastizales; la erosión está arruinando 349 más; 45 millones de hectáreas que representan la parte más fértil de los EE.UU. están agotadas y es imposible recuperarlas, por lo que se requiere entre trescientos y mil años para que se reconstruya una capa de dos centímetros; y una sola lluvia basta para destruirla.

Liebig, citado por Molina (1988) escribió; todos los desastres nacionales, son desastres agrarios, el saqueo humano de la fertilidad del suelo es el principal responsable de la decadencia de los grandes imperios; lo que dispersaba o mantenía unida una sociedad humana, era en todos los tiempos, el suelo y el tiempo durante el cual se mantenía fértil.

4.1.1. Erosión hídrica

Ellison (1944) reportó las causas reales de la erosión y logró las bases científicas para impedirla; el principal factor de erosión hídrica de los suelos es el impacto de la gota de lluvia al golpear contra los agregados del suelo.

Baver, Gardner y Gardner (1980) indican que la erosión causada por el agua, se debe a la acción dispersiva y al poder de transporte del agua que cae en forma de lluvia y escapa del suelo en forma de escurrimiento; si no hubiera escurrimiento, no habría erosión; si las gotas de agua de lluvia no golpearan el suelo hasta la dispersión, y si se pudiera evitar que el agua de escurrimiento ponga el suelo en estado de suspensión, no ocurriría la erosión.

Los procesos erosivos dependen del clima y características de la lluvia, de la topografía, de la cubierta vegetal y de la capacidad del suelo para resistir la dispersión y para absorber y transmitir el agua a través del perfil.

El proceso de erosión hídrica es la desagregación de las partículas primarias y agregados de la masa del suelo, por el impacto de las gotas de lluvia o abrasión del escurrimiento y su transporte por salpicado del agua; las gotas de lluvia que caen en una hectárea promedian tres mm de diámetro si se considera una precipitación de 850 mm anuales, esto genera una energía de aproximadamente 20 millones de kg que se dispara contra el suelo provocando la erosión (Meyer, 1986; FAO, 1988; Bubenzer, 1979).

El impacto de las gotas de lluvia puede dispersar agregados del suelo, reducir la irregularidad de la superficie, aumentar la impermeabilidad y el encostramiento e incrementar la escorrentía; cuando ésta crece, se produce la erosión en surcos y en cárcavas (FAO, 1988). La severidad de la erosión, está en función de la intensidad y duración de la lluvia, de la longitud e inclinación de los declives, de la textura y materia orgánica del suelo, la estabilidad de los agregados, de la cantidad, tipo y distribución de residuos superficiales, así como del sistema agrícola empleado. Figueroa (1990) indica que la cantidad de erosión hídrica depende de la cantidad de material desprendido y de la capacidad del agente erosivo para transportarlo; la velocidad terminal de las gotas de lluvia depende del tamaño y de la forma de la misma. Cuando una gota de lluvia golpea una partícula de suelo, ésta es salpicada, a medida que la velocidad de impacto es mayor, la cantidad de suelo salpicado aumenta (Laws 1940 y Bisal, 1960). Cuando las partículas de suelo se han dispersado, por efecto de la lluvia, sellan los poros de la superficie del suelo y forman una costra, esto ocasiona la disminución de la infiltración del agua en el suelo y evita que se almacene.

A nivel mundial, se ha concluido que la erosión hídrica es la principal causante de la pérdida de los suelos. Las coberturas son un factor que mitigan la erosión hídrica, dado que interceptan las gotas de lluvia tan cerca de la superficie, que éstas no pueden aumentar su velocidad nuevamente; obstruyen el flujo superficial, reduciendo la capacidad de transporte y por lo tanto, abaten la erosión.

4.1.2. Erosión eólica

La erosión del suelo producido por el viento, es un problema potencial dondequiera que exista un suelo seco y suelto, una superficie lisa, donde no haya cubierta vegetal, terreno extenso y viento lo suficientemente fuerte para transportar las partículas; el transporte de suelo comienza a velocidades del viento relativamente pequeñas y aumenta progresivamente a medida que la velocidad del viento y la turbulencia crecen, transportándose esas partículas a grandes distancias de su origen; la erosión eólica representa un diez por ciento del total de la degradación de los suelos y de la fertilidad de los mismos.

4.2. Estrategias para el control de la erosión

Los enfoques convencionales en relación a la conservación del suelo y agua, no han resultado tan eficientes como se esperaba; la evidencia de los daños es ampliamente conocida, lo que ha permitido atender los aspectos agroecológicos y socioeconómicos que se encuentran detrás de dichos problemas.

Las estrategias multidisciplinarias que se han propuesto para prevenir la erosión y rehabilitar los suelos ya erosionados son varias; Stocking (1985) cita las siguientes:

Técnicas curativas: Se aplica para agricultores empresariales con tenencia de la tierra asegurada, por su alto costo.

Técnicas preventivas: Es un enfoque biológico que involucra la fertilidad, coberturas, rotación de cultivos, labranza mínima o cero, etc. tratan de prevenir los procesos erosivos más que controlarlos.

Técnicas de rehabilitación: Se aplican en áreas fuertemente erosionadas, requiere de un conocimiento preciso de las causas y procesos de la erosión.

Por otra parte Trucco (1995) propone que es necesario considerar los aspectos técnicos, económicos, sociales y psicológicos del agricultor, así como su lógica y sus tradiciones, y sobre todo hacerlos partícipes de los cambios que se le proponen para conservar sus suelos.

Para el caso específico de nuestro país, el Plan de Acción para Combatir la Desertificación (PACD), que agrupa a diferentes instituciones relacionadas con el

campo, ha propuesto los siguientes puntos: Incorporación del PACD al plan nacional de desarrollo, fortalecimiento institucional, participación social, ordenamiento ecológico, educación, capacitación y comunicación, realización de proyectos, transferencia de tecnología, marco legal con normas acordes a nuestra realidad, descentralización por regiones, estados y municipios, regulación del crecimiento poblacional, cooperación internacional y financiamiento por parte del gobierno (FAO, 1983).

Los sistemas conservacionistas, son por lo pronto una excelente alternativa para disminuir la erosión.

4.3. Sistemas de labranza de conservación

La labranza de conservación es todo un sistema que permite disminuir la pérdida de los suelos cultivables mediante el empleo de coberturas vivas o muertas, las cuales evitan el choque directo de la lluvia con los suelos desnudos, principal causa de su erosión.

Este sistema se inició en 1937 por el Dr. F.Z. Duley y el Profesor J.C. Russell en los EE.UU. (Duley y Russell, 1942). Se basa generalmente en el aprovechamiento de los residuos superficiales para reducir las pérdidas de suelo y de agua. Comprende varios tipos de técnicas como son, la labranza con cobertura de rastrojos, la labranza mínima o reducida y la cero labranza. Se han desarrollado tipos adecuados de labranza de conservación para muchos cultivos, pero aun quedan por resolver algunos problemas como son, el equipo de siembra, la lucha contra las malas hierbas, la disponibilidad de herbicidas y su costo, el rendimiento de los cultivos, la disponibilidad de coberturas y a la capacidad gestionaaria de los agricultores.

Unger (1988) indica que la cobertura del suelo por rastrojo, es efectiva para disminuir los efectos de erosión, dependiendo del volumen y características del rastrojo. Esto se produce, no solo porque evita el impacto directo de las gotas de lluvia, sino también porque incrementa la rugosidad, lo cual reduce la velocidad del escurrimiento con el consiguiente aumento de flujo laminar.

Además el agua que se almacena en las pequeñas depresiones, impide el impacto directo de las gotas de lluvia y no permite la erosión de esas áreas (Marelli, 1990).

El sistema de labranza de conservación se desarrolló primordialmente para ser empleada en regiones semiáridas o áridas. En tales regiones la labranza y la siembra se pueden realizar sin ninguna dificultad si se dispone del equipo adecuado. En las regiones más húmedas, en donde se produce más cobertura, resulta difícil realizar las labores necesarias del cultivo, debiéndose usar equipo de siembra más especializado o dejar únicamente un 30% del rastrojo.

4.3.1. Coberturas en labranza de conservación

El efecto negativo del impacto de la gota de lluvia, puede reducirse y hasta anularse mediante la cobertura de rastrojos; la acción protectora de esta cubierta, además de eliminar el efecto de la lluvia, aumenta la capacidad de almacenamiento de agua, disminuye el escurrimiento y arrastre del suelo y facilita la infiltración (Marelli, 1990).

El efecto de una cobertura superficial para reducir la evaporación del agua del suelo es reconocido desde hace largo tiempo, siendo muchos los materiales que se han evaluado como posibles coberturas para reducir la pérdida de agua (Unger, 1988).

Para obtener cobertura se requiere tener una planta establecida de algún cultivo anterior o simplemente de malezas. Al terminar su ciclo y matarlas por algún medio, se está influyendo sobre dos aspectos; uno aéreo y otro subterráneo: En el aéreo se obtiene la cobertura a través del secado de las plantas, este material será responsable de evitar los problemas causados por la lluvia y el viento; en el aspecto subterráneo las raíces proporcionan materia orgánica como alimento para los organismos del suelo, formando canales de drenaje de agua para llenar el perfil y almacenar el agua, la cual perdurará por más tiempo (Cardini, 1993).

El empleo de leguminosas como coberturas, arroja excelentes resultados en comparación al obtenido con el uso de gramíneas, debido a la fijación del nitrógeno que estas plantas realizan, dejándolo al cultivo principal cuando la leguminosa se mata o cumple su ciclo vegetativo. También se emplea el rastrojo y raíces de la leguminosa para beneficio del suelo y de los cultivos futuros. Lal *et al.* (1979) encontraron que

empleando coberturas de leguminosas se obtuvieron incrementos significativos en diferentes cultivos en comparación con los obtenidos al emplear gramíneas.

Ebelhar *et al.* (1984) señalan las ventajas de la asociación de cultivos de cobertura a base de leguminosas con otras especies, con el objeto de formar una cobertura y fijar nitrógeno al suelo para que sea aprovechado por el cultivo principal; aspecto observado por cinco años de cultivo de *Vicia villosa* y su uso como cobertura.

Trinidad (1978) al usar veza y trébol incorporados y dejados como coberturas, en el cultivo de maíz, encontró que la cobertura de veza, secada con herbicidas proporcionó un aumento en el rendimiento de maíz e incrementó la concentración de nitrógeno en el suelo; así mismo, observó que la veza y el trébol combinados con fertilizantes nitrogenados proporcionaron un aumento en la producción de maíz, mayor que los abonos verdes por sí solos. El mismo investigador encontró que la descomposición de la cobertura de veza produjo un equivalente a 108 kg/ha de nitrógeno en 1976 y 126 kg/ha en 1977. Concluyó que las coberturas de veza y trébol, aumentan los rendimientos de maíz y la concentración de nitrógeno, fósforo y potasio en el suelo.

En siembras sobre rastrojos de cereales menores como centeno, cebada, trigo, triticale y avena, se corre un cierto riesgo de generar aleloquímicos si éstos tienen suficiente humedad, algunos microorganismos responsables de la descomposición inicial de los rastrojos, son también los que generan aleloquímicos. Estos pueden inhibir o destruir un cultivo (Crovetto, 1992).

4.3.1.1. Coberturas vivas

Las coberturas vivas son plantas de bajo crecimiento con ciertas características que permiten ser cultivadas en plantaciones de árboles, con alteraciones mínimas del suelo.

El empleo de las coberturas vivas se ha sugerido recientemente para aquellas plantas que crecen en un sitio y que tienen la capacidad de suprimir malezas al reducir la cantidad de luz que llega a la superficie del suelo evitando que germinen las semillas de estas plantas, a diferencia de las coberturas muertas, las coberturas vivas están ancladas y no se pueden remover por el viento, proporcionando mayor protección al

suelo y mejorando las condiciones de éste al proporcionar materia orgánica (Domínguez, 1991).

Las leguminosas son excelentes para emplearse como coberturas vivas y han dado buenos resultados en diferentes cultivos de bajo, mediano y alto porte, anuales o perennes.

Las plantas utilizadas como coberturas vivas, deben tener la característica de proporcionarle al cultivo con el cual se asocian, lo necesario para su desarrollo y no presentar una competencia que afecte los rendimientos del cultivo principal.

Akobundu (1987) al usar leguminosas como coberturas vivas, encontró que estas permiten el aumento del rendimiento de maíz si se controla su crecimiento.

Domínguez (1990) observó que las siguientes leguminosas son adecuadas para utilizarse como coberturas vivas en cultivos de cacao, café, palma y plátano: *Pueraria phaseoloides*, *Centrosema pubescens*, *C. acutifolium*, *Stizolobium deeringianum*, *Pueraria montana* y *Aractus pintai*. Todas ellas favorecieron un buen control de malezas.

4.3.1.2. Coberturas muertas

La instalación de un sistema de labranza de conservación requiere primeramente considerar el tipo de cobertura que se va a emplear; normalmente se piensa en residuos de la cosecha anterior o bien en utilizar otros materiales que cumplan con la función de evitar la erosión y según su origen, mejorar los suelos.

Cuando se habla de cobertura del suelo, se refiere a la capa de material vegetal existente de manera natural o artificial sobre la superficie del suelo; también se refiere al uso de otros materiales sintéticos empleados en los cultivos de hortalizas (Domínguez, 1990). Según Falrbourn (1974) se han empleado otros materiales como coberturas tales como películas de plástico, papel, petróleo bruto, grava, betún, carbón de piedra, etc., todos ellos empleados con la finalidad de aumentar los rendimientos al conservar la humedad de los suelos.

Las pajas o rastrojos son los materiales más empleados como coberturas muertas, siendo mejores si son de leguminosas por su fácil degradación, mejorando considerablemente los suelos.

4.3.2. Control de la maleza en labranza de conservación

Mársico (1980) define a las malezas como plantas que crecen donde no son deseadas y que pueden llegar a ser perjudiciales o indeseables en determinado lugar y en cierto tiempo.

Desde el punto de vista agronómico, la maleza presenta una serie de características que la hacen ser de principal importancia; estas son, que producen abundante semilla, establecimiento rápido, larga supervivencia de sus semillas, adaptación para su diseminación, estructuras vegetativas adaptadas, y sobre todo, con capacidad de ocupar sitios perturbados por el hombre (Ross y Lembi, 1985).

El control de la maleza en la producción mundial de alimentos es de suma importancia, ya que esta afecta a los diferentes cultivos que el hombre requiere para su bienestar.

Debido a que en la labranza de conservación no se debe remover el suelo, la eliminación de la maleza adquiere la principal importancia para que el sistema sea un éxito.

La idea prevaleciente sobre el aumento del empleo de herbicidas en la labranza de conservación en comparación con la tradicional es errónea; el control de la maleza en éste sistema, depende más de las rotaciones, la competencia y la sanidad de los cultivos; los herbicidas se utilizan para complementar otros métodos de control de malezas (Figueroa *et al.*, 1990).

El uso de herbicidas es una práctica común, y debido a que se controla la germinación de las semillas de malezas que se encuentran en la superficie y al no remover el suelo, no se exponen a la luz las que están mas abajo, con ello, al cabo de un determinado tiempo, la población de maleza disminuirá en la parcela.

4.3.2.1. Control químico de malezas

El uso de agroquímicos para el control de malezas se ha incrementado rápidamente desde 1944, cuando el 2,4-D fue usado por primera vez como herbicida (Klingman y Ashton, 1980).

Existen cerca de doscientos productos comerciales usados como herbicidas para el control de las diferentes malezas que afectan a los cultivos que el hombre utiliza para su bienestar; todos ellos con diferentes estructuras químicas y diferentes modos de actuar sobre las malezas.

El control químico de las malezas, se realiza considerando una programación que depende de las poblaciones de malezas que predominan en un determinado sitio y siguiendo las indicaciones que cada fabricante anexa.

Realizando un balance de las ventajas e inconvenientes en el uso de los herbicidas, se puede decir que su empleo presenta riesgos y origina algunos problemas, pero las ventajas de su utilización dejan un saldo netamente positivo evidenciado por la enorme difusión adquirida por estos productos en diversos países (Marsico, 1980).

4.3.2.2. Control de malezas en maíz bajo labranza de conservación

En México se reportan más de 400 especies de malas hierbas que se presentan en los cultivos de maíz, sorgo y trigo, comprendidas en más de 50 familias; las más importantes son: De hoja ancha [quelite (*Amaranthus spp.*) gigantón (*Thitonia tubaeformis*), correhuela (*Ipomoea purpurea*), mostaza (*Brassica campestris* L.), chayotillo (*Sicyos deppii*) etc.]. De hoja angosta [zacate bermuda o grama (*Cynodon dactylon* L.), zacate pinto (*Echinochloa colona.*), coquillos (*Cyperus esculentus*) (Urzúa, 1996).

El empleo de herbicidas en el control de las malezas tanto de hoja ancha como angosta en cultivos de maíz bajo labranza de conservación es esencial, debido a que no se deben hacer escardas. Los productos mas empleados son los siguientes: Paraquat, Diquat, 2,4-D, Dicamba, Glifosato, para hoja ancha al momento de la siembra. Para gramíneas anuales, Paraquat, Diquat, Glifosato. Para hoja ancha perennes, Dicamba, 2,4-D, Glifosato, y para Gramíneas perennes; Glifosato.

Durante el desarrollo del maíz (preemergentes) para maleza de hoja ancha, Atrazina, Simazina o Cianazina. Para gramíneas, Alachlor, Metolachlor o Pendimetalina. En postemergencia, para hoja ancha, Atrazina, 2,4-D, Dicamba, Bentazona y para gramíneas, Paraquat.

Las dosis y condiciones de aplicación se realizan considerando las indicaciones en los productos (Tasistro, 1989).

4.3.2.3. Control de malezas en cultivos de hoja ancha

Los herbicidas graminicidas sistémicos, son de gran utilidad en el control de las malezas en los cultivos de hoja ancha; se pueden aplicar en cualquier estado de desarrollo vegetativo, preferentemente cuando las malezas estén en crecimiento activo y antes de la floración (Crovetto, 1992).

Existen diferentes compuestos selectivos y no selectivos para el control de las diferentes malezas en los cultivos de hoja ancha; en el caso del frijol, se recomiendan el alaclor, metolachlor, bentazona, acifluorfen, fomesafen y el imazethapyr (Bolaños, 1997). Ramírez y Urzúa (1986) reportan que la mezcla de linuron + metolachlor (0.75 + 1.25 kg de i.a./ha) controlan en un 95% las gramíneas y hoja ancha, con un efecto residual de más de 60 días, obteniéndose los más altos rendimientos de frijol con este tratamiento; sin embargo, el linuron es afectado por las variaciones de las condiciones ambientales, siendo más severo en las regiones semiáridas y tropicales. En postemergencia, los herbicidas que mejores resultados han dado son el fomesafen (para hoja ancha) y el fluazifop-butil (para hoja angosta) (Medina *et al.* 1989).

Popescu *et al.* (1983) observaron que la mezcla de fomesafen y fluazifop-butil (0.25 - 0.5 kg/ha) controló excelentemente las malezas en el cultivo de soya, cuando se aplicó en postemergencia.

En labranza de conservación, los herbicidas alaclor + metribuzina (2.24 + 0.42 kg/ha) en preemergencia, pendimetalina + imazaquin (0.84 + 0.14 kg/ha) en preemergencia y fomesafen (80.42 kg/ha) en postemergencia, proporcionaron buen control de las malezas en soya.

En postemergencia, la mezcla de bentazona + fluazifop-butil (960 g i.a./ha + 187 g i.a./ha) ha dado muy buenos resultados en el control de gramíneas y hoja ancha.

4.3.3. Residuos de herbicidas

El herbicida ideal para cultivos anuales debe permanecer activo solamente en el período de la siembra a la cosecha; sin embargo, hay pocos herbicidas ideales; para evitar problemas debe tomarse en cuenta su residualidad en diferentes condiciones ambientales antes de seleccionarlos para su aplicación (Burril *et al.* 1977).

La residualidad de los herbicidas es de suma importancia, ya que de ello depende el tiempo que la maleza podrá ser controlada; si es poco residual, se corre el riesgo de nuevas infestaciones, si es muy residual, podrá causar daño a cultivos posteriores que sean sensibles (Klingman y Ashton, 1980).

La persistencia de un herbicida en el suelo se ve afectada por siete factores: descomposición microbiana, descomposición química, adsorción por los coloides del suelo, lixiviación, volatilidad, fotodescomposición y remoción por las plantas (Klingman y Ashton, 1980).

Existen diferentes métodos que permiten conocer la residualidad de cualquier herbicida en el suelo; los bioensayos son aplicados a nivel de campo e invernadero y los métodos analíticos se efectúan en laboratorio resultando muy caros.

Los herbicidas, son tóxicos en mayor o menor grado como cualquier tipo de plaguicidas; son un riesgo a la salud humana, para su medio ambiente y para otras formas de vida que no son el propósito de las aplicaciones. Deben permanecer activos el tiempo necesario para controlar la maleza. La residualidad prolongada y los productos de degradación del herbicida, pueden resultar perjudiciales para el cultivo siguiente, o bien pueden percolarse o ser arrastrados por las lluvias y depositarse en partes bajas en donde al aumentar su concentración, causan más problemas (Segura, 1991).

4.3.4. Fertilización en los sistemas de conservación.

La fertilidad de un suelo es la cualidad que le permite proporcionar los compuestos adecuados, en las cantidades apropiadas y en el equilibrio requerido para el crecimiento de las plantas, cuando la humedad, la temperatura y otros factores son favorables (Foth, 1987).

En el sistema de labranza de conservación se requiere de cambios en las prácticas de manejo de la fertilidad de los suelos, la cual se ve afectada debido al ambiente planta-suelo que se forma al no haber labranza; en este sistema, al quedar los residuos en la superficie del terreno, se reducen temporalmente, la cantidad de nutrimentos liberados en los procesos de descomposición de los restos vegetales. Los fertilizantes aplicados en la superficie, pueden ser usados por los microorganismos del suelo encargados de degradar los residuos, ya que estos organismos son más eficientes que el cultivo en la obtención de nutrientes, pudiéndose formar un problema de competencia (Figuroa y Morales, 1992).

La práctica continua de cero labranza con manejo de residuos, permite iniciar la acumulación de materia orgánica, principalmente en la superficie del suelo; sin embargo, los residuos de cosecha generalmente son pobres en nitrógeno y ricos en carbono, lo que obliga el uso de nitrógeno adicional para favorecer la descomposición de los residuos y evitar la inmovilización de este elemento durante la descomposición del rastrojo (Sierra, 1990).

Es probable que la eficiencia de recuperación del nitrógeno aplicado al cultivo, pueda ser ligeramente menor que la obtenida en labranza convencional (El-Haris *et al.* 1983).

La competencia por nutrimentos en la superficie entre el cultivo y los organismos del suelo, en el caso de aplicaciones superficiales, disminuye al aplicar los fertilizantes en hileras y por debajo de la capa de residuos de paja (Figuroa y Morales, 1992).

El mismo autor indica que los fertilizantes aplicados al voleo los aprovechan mejor las malezas que si se aplicaran en banda, cerca de las raíces del cultivo.

4.3.4.1. Fertilización nitrogenada

En todos los suelos existen al cabo del año, considerables entradas y salidas de nitrógeno, acompañadas de muchas transformaciones complejas. Esta sucesión de reacciones bioquímicas continuas, constituye parte del ciclo del nitrógeno, proceso mediante el cual, los suelos reponen el nitrógeno extraído por las plantas (Buckman y Brady, 1977).

Diversos investigadores han demostrado que la necesidad de agregación de fertilizantes nitrogenados comerciales, se hace imperiosa para suplir el déficit nutricional de los cultivos cuyos suelos muestran una capacidad de suministro limitada (Rojas, 1991).

En la labranza de conservación, se requiere aplicar al inicio, más fertilizante nitrogenado que en la convencional, al menos en los primeros cinco años de su manejo continuo; posteriormente esta cantidad disminuirá debido al incremento de materia orgánica en la superficie, la forma de aplicación de nitrógeno debe hacerse considerando que existe en esta zona un aumento de ureasa, que acelera la hidrólisis de la urea para formar un compuesto inestable denominado carbamato de amonio, el cual rápidamente forma amoniaco, dióxido de carbono y agua; perdiéndose el nitrógeno por volatilización (Baird *et al.* 1991). Por lo que se recomienda aplicar el nitrógeno en forma de sulfato de amonio, en banda en la superficie.

Figuroa (1992) menciona que la disponibilidad del nitrógeno cuando se usa urea, se puede reducir cuando se aplica en un suelo con cobertura, ya que se pierde por volatilización, siendo mayor cuando se aplica en un suelo arenoso seco en el que la lluvia sea insuficiente para mover el fertilizante a la zona radical.

El-Haris *et al.* (1983), al caracterizar el nitrógeno a diferentes profundidades en suelos con labranza de conservación, determinaron un incremento del nitrógeno potencialmente mineralizable, en los primeros cinco centímetros del suelo.

En el momento de la siembra, se aplica la mitad del nitrógeno y posteriormente, cuando el cultivo tenga unos treinta centímetros, la segunda mitad de la fórmula por aplicar, será dependiendo de los análisis de suelos.

4.3.4.2. Fertilización fosfatada

El fósforo es un elemento de vital importancia en la nutrición vegetal, juega un papel fundamental en un gran número de reacciones enzimáticas. La aplicación de fósforo en la superficie, favorece la acumulación de este elemento, generando una zona de alta concentración como consecuencia del no laboreo del suelo. La aplicación de fósforo se hace junto con la del nitrógeno y potasio en el momento de la siembra; con esa sola fertilización es suficiente si se aplican las dosis que el cultivo requiere según los análisis de los suelos (Sierra, 1990).

Los fertilizantes fosfatados normalmente usados por los agricultores pueden pasar a formar parte de diferentes tipos de compuestos fosfatados que se fijan en las diferentes partículas del suelo, formándose un equilibrio entre los fosfatos libres y fijados.

La fertilización química no es el único camino para ayudar a las plantas a conseguir el fósforo que requieren. Existen formas biológicas estimuladas por la presencia de rastros sobre el suelo, que generan un medio biótico que puede ayudar a movilizar el fósforo y mejorar así la nutrición de las plantas.

La cero labranza genera riqueza en el suelo estimulando las actividades de los microbios, este hecho posibilita el uso de los residuos de cosecha, los que posteriormente ayudan a la capacidad productiva de los suelos (Crovetto, 1992).

4.3.4.3. Fertilización potásica

El potasio interviene activamente en la planta como regulador de numerosas funciones, aunque no forme parte de los tejidos, actúa como catalizador de numerosos procesos metabólicos como: a fotosíntesis, síntesis de aminoácidos y proteínas a partir de amonio, resistencia de la planta a la sequía, aumenta la consistencia y dureza de los tejidos y hace a las plantas resistentes a ciertas enfermedades, fortalece el sistema radicular, aumenta la resistencia de las plantas a las heladas y de manera general, se le considera un factor de calidad de los productos al incrementar el color, sabor y conservación de las plantas (Fuentes, 1983).

4.3.5. La materia orgánica en labranza de conservación

El continuo manejo de labranza de conservación permite la acumulación de materia orgánica, principalmente en la superficie del suelo debido a la cantidad de rastrojo que se deja y a la actividad continua de los organismos, que al degradarlos proporciona las condiciones adecuadas para el desarrollo sin deficiencias de los cultivos; al mismo tiempo, evita la pérdida de los suelos.

La ausencia de labranza incrementa la acumulación de materia orgánica en la superficie del suelo, protegiéndolo contra la erosión, pero también induce modificaciones grandes en los procesos químicos y bioquímicos del suelo (Barreto, 1989). Existe una mayor actividad biológica en la superficie del suelo bajo labranza cero, medida como un incremento en el número de microorganismos de diversos grupos ecológicos (Doran, 1980).

Blevins *et al.* (1977) observaron que el nivel de C orgánico en el suelo aumentó con la fertilización nitrogenada bajo labranza cero.

Arshad *et al.* (1990) encontraron que el contenido de C orgánico en suelos bajo labranza de conservación fue 26% más alto que el contenido en suelos con labranza tradicional; similares observaciones fueron reportadas por Blevins *et al.* (1983), Dalal, (1989) y Dick (1983).

Los incrementos en los contenidos de M.O. en los suelos bajo labranza de conservación, pueden tener efectos positivos en las características físicas y químicas y mejorar las condiciones especialmente en suelos con contenidos bajos de M.O.

Sierra (1990) menciona que la materia orgánica juega un papel múltiple en el suelo; es fuente de nitrógeno, azufre, fósforo, así como de micronutrientes; mantiene el suelo con una adecuada porosidad y estructura, proporcionando una buena aireación; permite asimismo mantener una biomasa activa más abundante, encargada de degradar los residuos de las cosechas empleadas como coberturas, favorece la mesofauna del suelo, a grupos de insectos, lombrices y otros organismos intermedios.

Rodríguez (1987) indica que los principales beneficios de un adecuado manejo del rastrojo son: mantener e incorporar carbono orgánico al suelo, estimulando con ello el desarrollo de una mayor actividad biológica a nivel de la biomasa microbiana y de la

mesofauna. Los residuos de cosechas son la principal fuente de energía de todos los organismos del suelo.

El origen de la materia orgánica del suelo, son los restos vegetales de toda naturaleza, hojas, ramas, raíces, excrementos y cadáveres de animales que viven en o sobre el suelo; la acumulación depende de las características climáticas, tipo de vegetación y uso del suelo; su contenido esta sujeto a dos procesos: la acumulación o adición orgánica y la mineralización o descomposición microbiana, todo bajo un cierto equilibrio (Gallardo, 1980).

Tisdale y Nelson (1982) afirman que el uso de abonos orgánicos es importante para mantener el contenido de materia orgánica en el suelo; las fuentes orgánicas son los residuos vegetales, abonos verdes, residuos de cosecha y aplicación de estiércol. Por otra parte, la FAO (1983) señala que existen varios métodos para mantener e incrementar el contenido de M.O. del suelo. En suelos arenosos con pH mayor de 7, puede incrementarse con aplicaciones directas de compostas; para suelos ácidos o ligeramente ácidos, se recomienda aplicar estiércoles más CaCO_3 , incorporación de abonos verdes y residuos vegetales, uso de coberturas vegetales o mulch y la labranza mínima.

La acumulación y el contenido de M.O. del suelo esta influenciado por diversos factores que interactúan simultáneamente; algunos de éstos factores son: La naturaleza del material parental, tiempo, clima, biota y manejo (Burke *et al.* 1989).

Flash y Parton (1990) mencionan que la principal causa de la degradación del suelo es un manejo inadecuado y que los síntomas externos aparecen después de una degradación severa; señalan que posiblemente la escasa materia orgánica es la causa o está relacionada con la degradación del suelo y que por lo tanto se puede emplear como un indicador. Para incrementar la M.O. y la resistencia a la erosión del suelo, proponen el uso de las prácticas de labranza cero con coberturas, en combinación con rotaciones apropiadas y aceptables prácticas de fertilidad.

Cruz (1995) reporta que el efecto de la M.O. sobre la protección del suelo en contra de la erosión es más notable en aquellos suelos de textura gruesa debido a que conforme la M.O. es atacada por los microorganismos, se producen mucilagos y resinas que

unen las diferentes partículas primarias del suelo, formando agregados granulares hidroestables, los cuales son los más resistentes a la erosión hídrica.

4.3.5.1. Principales fuentes de materia orgánica

Existen diferentes fuentes de materia orgánica para el suelo; en el caso de la labranza de conservación, se emplean los rastrojos de centeno, cebada, trigo, triticale, avena y maíz; o bien, alfalfa, veza, tréboles, lupino, colza, girasol (Crovetto, 1992).

Además se pueden emplear cultivos sembrados como coberturas vivas, las cuales al degradarse forman el coloide orgánico que enriquece, mejora y conserva los suelos (Domínguez, 1990). Se pueden emplear algas marinas, lirio acuático, o bien diferentes tipos de cascarillas, basuras orgánicas, desperdicios industriales, etc. Se debe emplear el material que esté disponible o que salga más económico y proporcione mejoras al suelo. Tisdale y Nelson (1982) indican que los abonos orgánicos son indispensables para mantener el contenido de materia orgánica del suelo; las fuentes orgánicas son los residuos vegetales, abonos verdes, residuos de cosechas y la aplicación de estiércoles.

4.3.5.2. Constituyentes de la materia orgánica

La materia orgánica esta formada de sustancias orgánicas no descompuestas, descompuestas y en descomposición, apareciendo en el producto final, compuestos orgánicos recientemente formados; algunos compuestos de importancia son: carbohidratos (polisacáridos), ligninas, proteínas, taninos, lípidos, resinas, pigmentos y minerales (calcio, fósforo, azufre, hierro, magnesio, nitrógeno y potasio) (Tamhane et al. 1979; Bottner, 1982).

La fracción orgánica del suelo, consiste de un sistema complejo de sustancias, caracterizadas por un dinamismo continuo de transformación de residuos orgánicos incorporados al suelo.

Se han podido identificar diferentes sustancias orgánicas difícilmente clasificables, de color oscuro, muy resistentes al ataque microbiano y que por ofrecer características comunes, se engloban bajo la denominación genérica de sustancias húmicas o

simplemente humus, las cuales representan entre el 60 y 90% de la materia orgánica total del suelo (Fraser, 1963).

Tate (1987) indica que la materia orgánica de los suelos se divide en tres formas: el mantillo, formado por residuos vegetales acumulados en la superficie; la fracción orgánica en diferentes estados de transformación y donde se realiza la actividad microbiana involucrada en las reacciones de mineralización, representa la fuente principal de nutrimentos para los cultivos y el humus, fase final de la transformación de la materia orgánica que proporciona al suelo diversas características benéficas.

Arshad *et al.* (1990) observaron que la materia orgánica de los suelos bajo labranza cero, contenía más carbohidratos, aminoácidos y aminoazúcares alifáticos y menos aromáticos que la M.O. de los suelos bajo labranza tradicional.

Las diferentes sustancias que constituyen a la materia orgánica forman una mezcla muy heterogénea que al interactuar entre sí, le proporcionan características que la hacen ser esencial para mantener la fertilidad de los suelos y sobre todo su conservación.

4.3.5.3. Descomposición de la materia orgánica

Miyasaka *et al.* (1984) indican que cuando los restos vegetales entran en contacto con el suelo, pasan por tres fases distintas y sucesivas de descomposición, éstos son: transformaciones químicas que operan en los tejidos, existiendo un primer ataque microbiano sobre los compuestos fácilmente fermentables como carbohidratos, pectinas y amidas; en seguida, la transformación mecánica que consiste en la fragmentación e incorporación al suelo de los residuos orgánicos, en cada proceso son responsables la fauna del suelo como los ácaros, lombrices, etc.; finalmente ocurren las transformaciones bioquímicas realizadas por microorganismos como hongos, bacterias y actinomicetos, quienes realizan una degradación encadenada sobre las proteínas formando polipéptidos, amidas, aminas, urea, etc., hasta llegar a nitrógeno amoniacal y por último nitratos (Garassini, 1967).

Después de la destrucción mecánica y física de los restos vegetales y animales, se produce el ataque de microorganismos, los que por acción bioquímica destruyen los

compuestos orgánicos y dan lugar a la liberación de minerales (Unger, 1988). Las sustancias húmicas forman del 85 al 90% de la materia orgánica, estas son de color amarillo a negras y se forman mediante el proceso de transformación de la materia orgánica con síntesis físico química simultánea y alterna a partir de diferentes sustancias; el humus se forma de ac. húmicos, ac. fulvicos y huminas (Rodríguez, 1987).

El humus es una mezcla resistente de sustancias oscuras o negruzcas, amorfas y coloidales que se han modificado a partir de los tejidos originarios o han sido sintetizados por los diferentes organismos del suelo. Es un compuesto natural heterogéneo que posee propiedades que le distinguen de los tejidos de los cuales se formó y de los otros productos con él sintetizados en el proceso de transformación de la materia orgánica (Felbeck, 1971).

Russell (1988) indica que las sustancias húmicas son extremadamente estables; en suelos que no han recibido estiércol, los ácidos fúlvicos, húmicos y huminas tenían 420, 750 y 2400 años de edad, lo cual hace suponer que estos materiales son casi biológicamente inertes. La gran estabilidad de la M.O. coloidal se explica por la naturaleza de su estructura.

La ruptura de los enlaces químicos de las sustancias húmicas, requieren de una mayor energía que la necesaria para la síntesis de las enzimas por parte de los microorganismos, de tal manera que éstos atacan enzimáticamente a las moléculas de peso molecular más bajo.

Otro factor es el impedimento estérico que reduce el número de enlaces que pueden ser hidrolizados por una enzima particular.

4.3.6. Los organismos del suelo en labranza de conservación

Los residuos de cosechas empleadas en labranza de conservación permiten el mejoramiento de la biología del suelo, al aportar continuamente materia orgánica, la cual actúa en la distribución y actividad de los microorganismos (Blevins *et al.* 1985).

La materia orgánica además de aportar alimento y energía a los microorganismos, ejerce la función de protección al disminuir la actividad de los diferentes agroquímicos,

evitando que actúen sobre las diferentes poblaciones de organismos benéficos; de esta manera, un suelo bien provisto de materia orgánica, se encuentra con mayores defensas frente a invasiones bacterianas y fúngicas (Gallardo, 1980).

Los organismos del suelo forman parte de él, lo modifican e interactúan mutuamente; la fauna existente es muy intensa, aunque representa solo el 2% de su peso, en la capa agrícola de un suelo con buen contenido de materia orgánica. En el cuadro 1, se puede apreciar la cantidad de organismos por metro cuadrado. Una población de cerca de mil quinientos millones de animales por metro cuadrado de suelo, ejerce una influencia muy grande en las plantas que allí viven (Mernick, 1988).

En general, la actividad biológica e incremento de la fertilidad del suelo, en labranza cero, se produce en los primeros 5 cm de la superficie del suelo (Sierra, 1990).

Cuadro 1. Diferentes especies de organismos en un suelo rico en materia orgánica por metro cuadrado.

Organismos	Número aproximado	Peso en gramos
Protozoarios	1 500, 000, 000	10
Nemátodos	21, 000, 000	40
Acaros	100, 000	10
Colémbolos	50, 000	20
Ciempíes	2, 000	23
Hormigas	250	10
Larvas de insectos	250	60
Lombrices adultas	800	400
Lombrices jóvenes	20, 000	26
Moluscos	50	36
Total	1 521, 173, 350	635

Fuente: Mernick, 1988

Smith (1990) indica las fuentes de alimentos que emplean cada grupo de organismos del suelo, según el cuadro 2 siguiente.

Cuadro 2. Fuente de alimentos empleados por los diferentes grupos de organismos del suelo.

Utilizan celulosa: <i>Alternaria, Aspergillus, Bacillus, Clostridium, Celulomonas, Cytophaga, Fusarium, Penicillium, Pseudomonas, Rhizoctonia, Rhizopus, Sprocytophaga, Streptomyces, Trichoderma, Verticillium.</i>
Utilizan hemicelulosa: <i>Alternaria, Aspergillus, Bacillus, Cytophaga, Erwinia, Fusarium, Glomerella, Penicillium, Streptomyces, Trichoderma y Pseudomonas.</i>
Utilizan almidón: <i>Aspergillus, Bacillus, Clostridium, Cytophaga, Flavobacterium, Fusarium, Micrococcus, Nocardia, Pseudomonas, Rhizopus y Streptomyces.</i>
Descomponen lignina. <i>Agaricus, Flavobacterium, Ganoderma, Micrococcus, Pseudomonas.</i>

En el suelo viven un gran número de organismos; la mayoría pertenece al reino vegetal; sin embargo, la fauna juega un papel bastante importante en la degradación de los restos vegetales o animales.

4.3.6.1. Macroorganismos

Los macroorganismos más importantes en el suelo en labranza de conservación son las lombrices y las hormigas, por la labor que realizan en bien del mejoramiento y de la conservación del suelo.

Las lombrices, son animales muy complejos, ya sea por su anatomía, fisiología, reproducción, forma de vida o papel que juegan en la naturaleza; la lombriz depende del medio ambiente, no de la existencia de otros animales que le sirvan de alimento, ni de las plantas vivas; vive de los residuos vegetales y animales dentro de una capa de suelo donde se encuentra todo el potencial productivo de los seres vivos (Compagnony y Putzoln, 1985).

Las hormigas y lombrices participan en: 1) la mezcla física de la materia orgánica en el perfil del suelo; 2) inoculación de los restos de plantas con poblaciones degradadoras; 3) ajustes de las propiedades físicas del suelo a niveles más adecuados para la M.O. en descomposición; 4) desintegración física de la materia orgánica, al ser incorporada en el procesamiento de transformación por colonias de hormigas; 5) metabolismo directo de los compuestos orgánicos y 6) estimulación de las poblaciones de degradadores a través de interacciones las cuales incrementan o disminuyen en varios niveles tróficos (Tate III, 1987).

Ofer *et al.* (1982) encontraron que la mezcla del suelo por las hormigas, resultó en un incremento de ac. húmico y fulvico y una mayor fertilidad en los montículos; ese efecto fue demostrado por el incremento del crecimiento de pasto en el área de los hormigueros.

Las lombrices forman grandes galerías, como cavernas en la superficie del suelo y en ellas ocurren efectos sobre la estructura del suelo y el movimiento del agua. La estructura de las partículas del suelo se modifica a través de la alimentación de las lombrices (Martín, 1982).

Crovetto (1992) indica que después de seis años con cero labranza, cuantificó la población de lombrices de tierra, encontrando que ésta fue 36 veces superior en labranza de conservación que en tradicional.

4.3.6.2. Microorganismos

Los aportes de materia orgánica a través de los residuos de cosechas dejados sobre el suelo, permite que la acción combinada e integrada de hongos, bacterias y actinomicetos degraden la materia orgánica a humus (Zunino, 1983).

Los hongos, bacterias y actinomicetos son los responsables del proceso de humificación y su presencia es fundamental para su realización; el empleo de agroquímicos, afecta las poblaciones de estos organismos; sin embargo, en un solo ciclo, son capaces de volverse a multiplicar y formar una masa inmensa que actúa sobre los restos de plantas y animales (Rodríguez, 1987).

Doran (1980) citado por Figueroa (1992), al estudiar la población microbiana del suelo y los cambios bioquímicos asociados con la labranza reducida, encontró que: las diferencias en poblaciones microbianas del suelo y la actividad enzimática, entre la cero labranza y la convencional, están relacionadas con el contenido de agua en el suelo, los niveles de carbono orgánico, nitrógeno y el pH. Los contenidos mas altos de carbono, nitrógeno y humedad en la superficie bajo sistema de labranza de conservación, se traduce en una población microbiana y actividad enzimática más alta, en comparación con la labranza convencional; se ha observado que en los primeros 5 cm del suelo en labranza de conservación, aumentan significativamente los hongos, bacterias y actinomicetos, en comparación con la labranza tradicional (Norstadt y McCalla, 1969). A profundidad de 20-30 cm es mayor el número de estos microorganismos en la tradicional.

Quintero (1984) reportó que en la labranza reducida se encontraban mejores condiciones de desarrollo para las bacterias; los hongos se desarrollaban mejor con labranza mínima y los actinomicetos en máxima labranza.

4.3.7. Plagas y enfermedades de los cultivos en labranza de conservación

En los cultivos se presentan plagas independientemente de la opción de labranza que se emplee; sin embargo, algunas plagas ocurren en forma aislada, con un nivel de daño menor en los sistemas de labranza de conservación, por ejemplo, los áfidos de la raíz del maíz, el barrenador del tallo, la gallina ciega y el gusano soldado, se encuentran en niveles menores de infestación en el cultivo de maíz con cero labranza (Figueroa, 1992).

Al inicio del empleo de la labranza de conservación, se creía que los problemas de plagas iban a aumentar; por ejemplo el caso de las poblaciones de plagas en maíz; se observó que *Diabrotica longicornis*, ovipositó de tres a cuatro veces más huevecillos en conservación que en tradicional. Sin embargo, la supervivencia de los huevecillos, y el daño subsecuente por las larvas en las raíces de maíz fue igual o menor en el sistema de conservación, además con mayores factores de mortalidad (Musick y Collins, 1971).

Algunos estudios demuestran que las infestaciones son más severas en sistemas convencionales que en labranza de conservación; por ejemplo en Inglaterra, se observó que el daño del barrenador (*Oscinella frit*) en trigo fue mucho menor en éste sistema, lo cual se atribuye a que sus enemigos naturales son sepultados por el arado (Edwards y Thompson, 1975, citado por Bolaños, 1997). Así mismo, Edwards y Stinner (1989) señalan que los daños de *Diabrotica balteata*, fueron seis veces mayores en maíz con labranza tradicional que en cero labranza; y atribuyen ésta diferencia a la preferencia del insecto para ovipositar en suelos removidos. De igual forma *Spodoptera frugiperda* causó mayores daños en maíz en el sistema tradicional que en cero labranza. Lo mismo sucedió con la gallina ciega (*Phyllophaga spp.*)

Carballo (1979) indica que los daños causados por el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en maíz son generalmente reducidos en cero labranza; igualmente observó que el número de plantas dañadas por *Diabrotica balteata*, fue seis veces mayor en el sistema convencional que en el de conservación; esto se atribuye al alto contraste de calor entre las plantas y el suelo descubierto y a la preferencia para ovipositar en suelos arados.

Ochoa (1996) encontró una disminución de plagas y enfermedades en el sistema de labranza de conservación. Señala que cuando se siembra maíz, seguido de trigo o cebada, la incidencia de trips es mínima, en comparación que el mismo cultivo bajo labranza convencional. Indica igualmente que al obtener una palada de tierra en suelos sin arar, se han encontrado de 5 a 8 larvas de gallina ciega, sin que los cultivos manifiesten daño alguno.

Respecto a las enfermedades de los cultivos, Sprague *et al.* (1986) indican que los residuos de cosechas en la superficie pueden afectar las enfermedades de las plantas de diferentes maneras; pueden proporcionar el hábitat para la sobrevivencia, crecimiento y multiplicación de los patógenos de las plantas, particularmente los hongos y bacterias patógenas. Algunos patógenos dentro del tejido enfermo, continúan en desarrollo y se multiplican en los residuos de los tejidos, después que los cultivos son cosechados. En otros casos, los patógenos de los suelos, malezas y otros hospederos colonizan los residuos de los cultivos libres de enfermedades.

Así, los residuos colonizados también proveen excelentes condiciones para muchos patógenos.

Boosalis *et al.* (1981) encontraron que hay muchos patógenos de las plantas que invernan mejor en los residuos de la superficie, porque allí se protegen del medio ambiente y de otros organismos; las coberturas incrementan la oportunidad de que cada patógeno cause la enfermedad a los cultivos.

Los residuos en la superficie favorecen la sobrevivencia de muchos hongos y bacterias patógenas; Sprague *et al.* (1986) cita a diferentes investigadores que han encontrado aspectos relacionados con la labranza de conservación y las enfermedades; ellos han concluido que éstas no afectan a los cultivos tanto como a la labranza convencional.

4.3.8. Alelopatía de las coberturas en labranza de conservación

Un problema que se presenta a veces en el uso de la labranza de conservación, es el efecto tóxico de las sustancias procedentes de los residuos vegetales usados como coberturas sobre los cultivos; este problema se designa como fitotoxicidad o alelopatía (Elliott, 1978).

Los químicos alelopáticos actúan en diversidad de formas, algunos retardan el crecimiento o inhiben la germinación al interferir en la división celular; un gran número interfiere con la respiración y otros procesos de transferencia de energía, otros afectan la nutrición, en la absorción de nutrientes o en la translocación.

Los compuestos dejados en el suelo en las primeras etapas de la sucesión, afectan a las siguientes etapas, inhibiendo su crecimiento (Rice, 1984) o suelen retardar la invasión de nuevas especies vegetales, seleccionando e influyendo en la invasión y composición de la comunidad, puesto que los alelopáticos tienen una acción selectiva.

Rice (1984) reporta que los cultivos como *Secale cereale*, *Hordeum vulgare*, *Triticum aestivum* y *Avena sativa*; liberan sustancias tóxicas en el medio ambiente, por exudación de la raíz o por la muerte de la planta, afectando negativamente el crecimiento de la maleza.

Kimber (1973) observó que hubo una disminución marcada en la germinación de las semillas de trigo cuando los residuos del cultivo anterior de trigo se dejaron en la

superficie, los cuales al descomponerse, afectan la cosecha debido a la escasez de nitrógeno y por las sustancias liberadas por los residuos.

Se debe tomar en cuenta la rotación de cultivos, ya que puede existir el efecto residual en el ciclo siguiente y causar disminución en los rendimientos (Putnam, 1988).

Vázquez (1997) encontró que la cebada a nivel de invernadero y campo, al emplearse como cobertura en el cultivo de maíz bajo labranza de conservación, libera sustancias alelopáticas que afectan al desarrollo del cultivo.

4.4. Efecto de la labranza de conservación en las características físicas del suelo

El hecho de no mover el suelo antes, durante ni después de un cultivo y debido al empleo de las diferentes coberturas en los sistemas de labranza de conservación, permite que se modifiquen algunas características físicas del suelo, mejorándolas y proporcionando condiciones adecuadas para los cultivos. Se ha observado que la temperatura, la humedad, la densidad y la resistencia a la penetrabilidad, son características que después de un tiempo del empleo de la labranza de conservación se alteran positivamente.

4.4.1. Efecto en la temperatura

La temperatura es una propiedad que influye en los procesos físicos, químicos y biológicos que ocurren en el suelo; puede ser externa o interna; la externa o ambiental es la más importante, y está relacionada a la forma de la radiación solar, el calor de la atmósfera, condensación del agua, evaporación, la lluvia, la vegetación, etc. (Gavande, 1973). La interna se refiere a la temperatura obtenida por los procesos realizados por los organismos del suelo (Diebert, 1983). La temperatura influye en la germinación, emergencia y crecimiento inicial; los cambios pueden ocasionar grandes pérdidas del cultivo, ó disminuir los rendimientos y la calidad de los productos (Gavande, 1973).

Un suelo frío, sometido a labranza de conservación, podría tener problemas en climas fríos, en los cuales se pueden dar retrasos de varios días antes de que se alcancen temperaturas favorables para la germinación de las semillas y el establecimiento de las plantas (Unger, 1976). Sin embargo, posteriormente se han obtenido mayores

rendimientos en el sistema de conservación que en el tradicional al almacenarse más agua. En climas cálidos, o durante la época de calor, los suelos manejados con labranza de conservación mantienen menos temperatura en comparación con labranza tradicional, facilitando el establecimiento de los cultivos y su desarrollo, y aumentando los rendimientos hasta en un 50% debido al menor estrés hídrico de las plantas (Rockwood y Lal, 1974).

Los residuos de cosecha se han usado para proporcionar una temperatura adecuada en el desarrollo de los cultivos, ya que tienden a reducir las fluctuaciones, conservándose el suelo a una temperatura más homogénea a través del tiempo (Massee, 1983).

Urzúa (1997) ha encontrado diferentes temperaturas al comparar los sistemas convencionales de labranza y los de conservación; observó que la temperatura es mayor en labranza de conservación en la superficie, disminuyendo mientras más se profundiza; conforme aumenta la temperatura en el ambiente, en la de conservación se mantiene más constante; esto indica que las coberturas funcionan como un sistema amortiguador de la temperatura, permitiendo con ello el mejor desarrollo de los organismos del suelo que mejoran las condiciones generales del suelo.

Ramírez (1982) indica que la temperatura del suelo se modifica en ambos sistemas, conforme transcurren las horas del día y de la noche; encontró que las variaciones son menores en labranza con cobertura, manteniéndose entre los 24°C y 28°C, en comparación con la tradicional que se comportó entre 22°C y 37°C.

La variación de la temperatura superficial del suelo es controlada en gran medida por la tasa de flujo de calor y por las propiedades térmicas del suelo. La distribución del tamaño de agregados, es uno de los factores que influyen en ambos aspectos, la conducción de calor en material granular se da a través de la fase sólida (agregados y partículas minerales) y de los poros, los cuales pueden contener aire, agua líquida o vapor de agua (Figueroa, 1992).

Lal (1979) muestra datos donde en labranza cero hay una reducción de 5°C a 5 cm de profundidad en comparación con lo observado en labranza convencional (Fig. 1). Sin

embargo, es importante señalar la reducción en la oscilación diaria de la temperatura del suelo por la labranza cero y el mantillo o cobertura (Fig. 2).

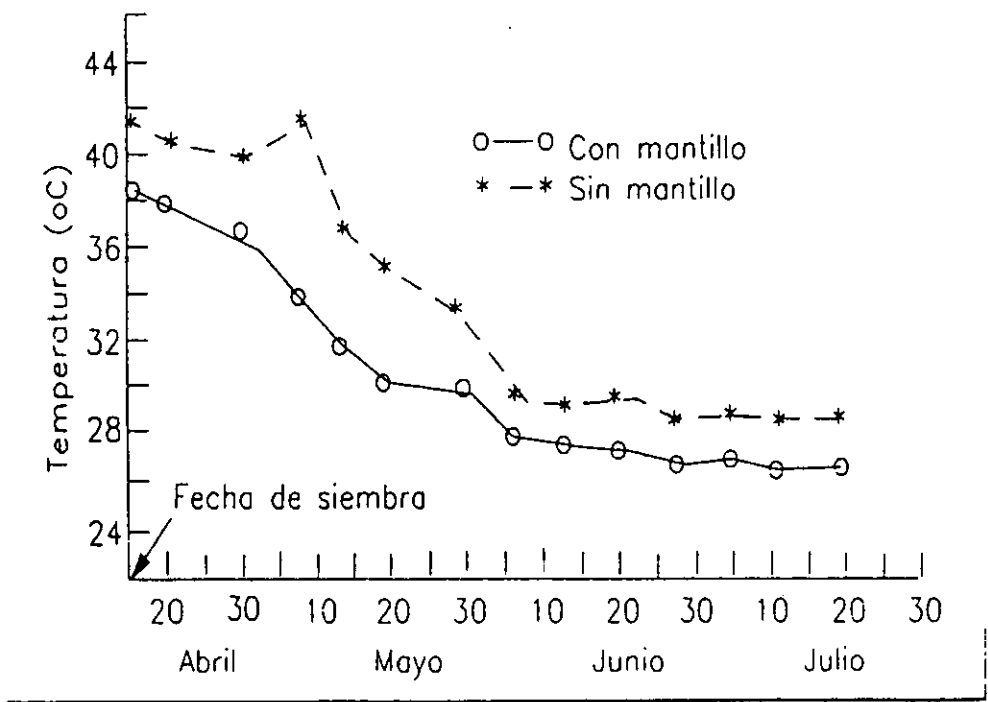


Figura 1. Efectos de un mantillo vegetal sobre la temperatura del suelo a 5 cm de profundidad en maíz sembrado en IITA, Nigeria.

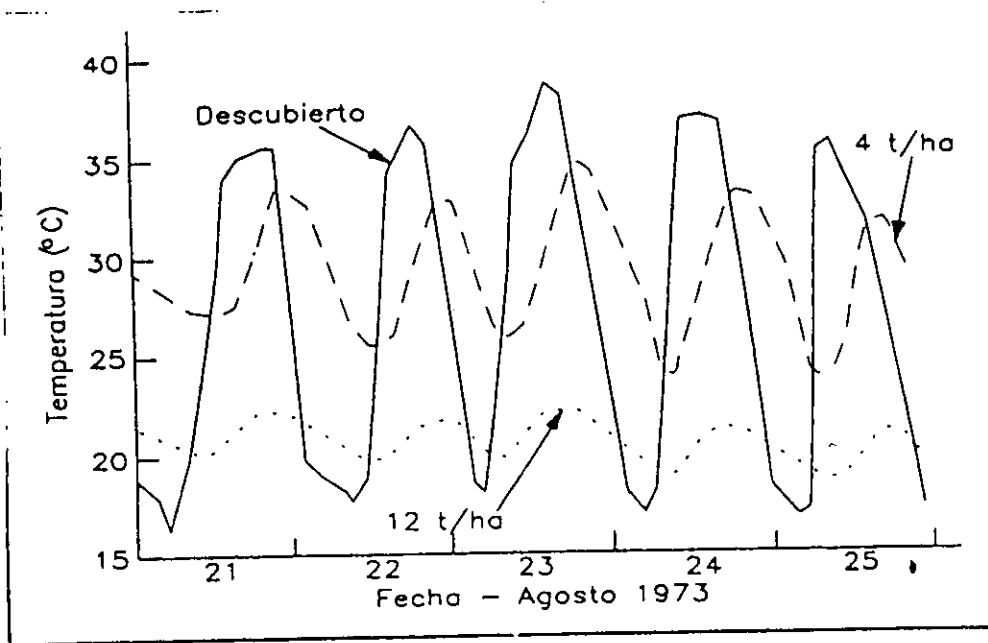


Figura 2. Efecto del mantillo vegetal (aplicado desde 0 ton/ha hasta 12 ton/ha) sobre la temperatura del suelo a 10 cm de profundidad.

4.4.2. Efecto en la humedad

Los residuos dejados sobre la superficie del suelo en labranza de conservación, reducen la evaporación permaneciendo el agua almacenada más tiempo en el perfil a disposición del cultivo y con ello se permite un uso más eficiente, aumentando los rendimientos de los cultivos al compararlos con los sistemas tradicionales. Estas coberturas retardan el desecamiento del suelo; en tanto que en un suelo desnudo y cultivado, cerca del 90% de la radiación que recibe, es empleada para evaporar el agua del horizonte superior (Blevins *et al.*, 1983).

Crovetto (1992) observó un efecto positivo de la humedad aprovechable en el sistema de labranza de conservación, en comparación con el sistema tradicional; la diferencia fué de un 50% más, en el sistema conservacionista debido a la materia orgánica del suelo presente.

El empleo de los sistemas de labranza de conservación aumenta el almacenamiento de agua del suelo durante los períodos en que no hay cultivo y permite que esté disponible en los siguientes ciclos de los cultivos.

Davis (1967) encontró que el almacenamiento de agua en el sistema de conservación, se ve afectada por la presencia de malezas, y recomienda controlar este factor para evitar una disminución en los rendimientos de los cultivos.

La labranza de conservación puede producir incrementos en la captación y disponibilidad del agua del suelo, debido a las tasas de infiltración más altas que ocurren bajo este sistema y a la disminución en la tasa de evaporación debido a la presencia de un mantillo de residuos (Figueroa, 1992). Zazueta (1984) indica que los sistemas de conservación aumentan en forma considerable la infiltración reduciendo la escorrentía y el gasto máximo proveniente de tormentas intensas.

4.4.3. Efecto en la densidad

La labranza del suelo provoca cambios en la densidad aparente del suelo; cambios que afectan la disponibilidad de agua y la capacidad de aireación, influyendo sobre la permeabilidad, drenaje y resistencia al crecimiento radicular (Coote and Ramsey, 1982; Archer and Smith, 1972). Aunque Blevins *et al.* (1983) reportan que no encontraron

diferencias en la densidad aparente entre tratamientos con y sin labranza después de 10 años.

Figuroa (1992) indica que existen muchas evidencias de que el uso de la labranza tiende a incrementar la densidad aparente y la compactación del suelo.

Crovetto (1992) comprueba que en los primeros 5 cm de suelo bajo sistema tradicional de labranza, se detectó que un cm^3 , pesó 1.3 gramos (1.3 g/cm^3), y en cero labranza, pesó 0.95 g/cm^3 ; es decir, un mismo volumen de suelo, pesa menos en labranza cero que en tradicional.

Solano (1996) encontró que la densidad aparente fue mayor en la labranza tradicional que en la de conservación y por tanto el porcentaje de espacio poroso fue superior en la labranza de conservación, independientemente de la profundidad medida.

Coote and Ranyey (1982) encontraron que la densidad aparente fue significativamente mayor en todos los sitios estudiados comparados con los sitios sin labranza indicando que se había presentado mayor compactación en labranza tradicional.

4.4.4. Efecto sobre la resistencia a la penetración del suelo

La resistencia mecánica de un suelo, es la fuerza que opone a la penetración de cualquier instrumento de prueba; su valor es un índice integral de la textura, del contenido de materia orgánica, de la estructura y de la compactación del suelo; es una propiedad dinámica del suelo susceptible de cambiar debido a los sistemas de labranza empleados (Arnold *et al.*, 1990).

Ozuna y Ventura (1991) reportan al trabajar con diferentes tipos de suelos y sistemas de labranza, que la resistencia aumenta en el sistema de conservación, comparándola con el sistema convencional de labranza. Esto se debe principalmente a los diferentes pasos de maquina, sin que se remueva el suelo para su siembra posterior.

Diferentes estudios han mostrado que no existe consistencia en relación al efecto de la labranza en la densidad aparente; como se muestra en la Figura 3. Se han reportado valores mayores, iguales y menores para el sistema de labranza de conservación en relación con la labranza tradicional (Ventura, 1992).

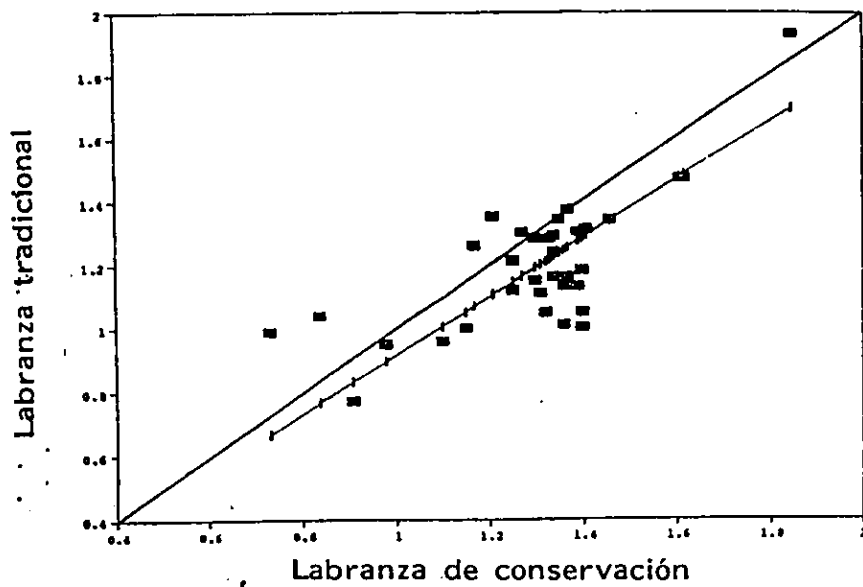


Figura 3 . Densidad aparente del suelo bajo labranza tradicional y de conservación (en Mg m^3) en varios estudios.

A nivel mundial se han hecho estudios en los que se ha comprobado que conforme se hace mayor el número de años sin movimiento del suelo, la resistencia a la penetración es mayor en labranza de conservación que en tradicional. Esta relación puede variar dependiendo de la profundidad de muestreo y del tiempo en que el suelo ha estado bajo un determinado sistema de labranza (Fig. 4) Ventura (1992).

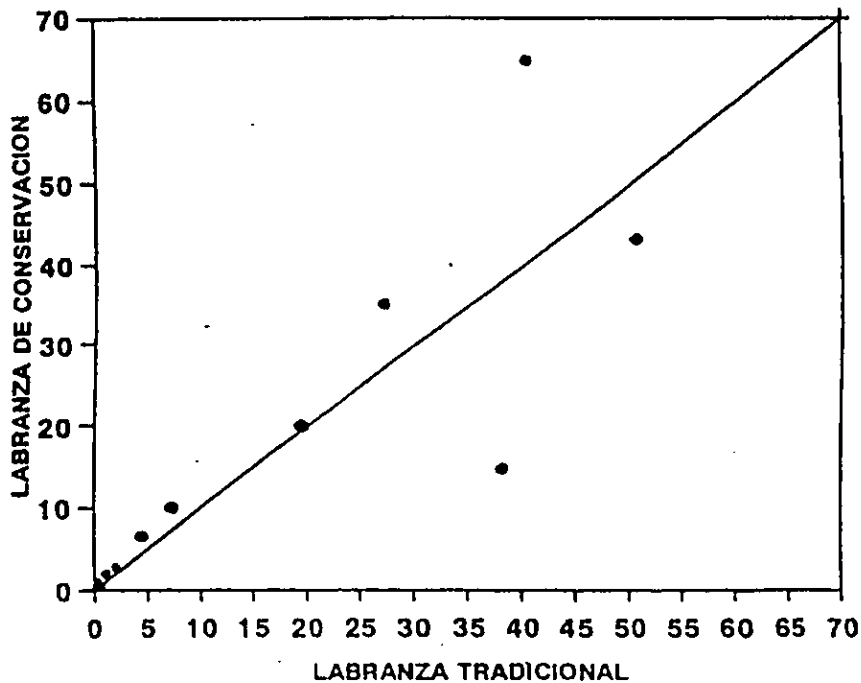


Figura 4 . Resistencia a la penetración (KPa) en labranza tradicional y de conservación para varios estudios en la capa superficial del suelo.

4.5. Efecto de la labranza de conservación en las características químicas del suelo

El empleo de coberturas vivas o muertas en los sistemas de labranza de conservación, permite el aumento de la materia orgánica de los suelos, significando grandes beneficios en sus características químicas.

Entre todos los fenómenos positivos que presenta el sistema de cero labranza, probablemente el más importante para los productores agrícolas, sea el relacionado con el aspecto de fertilidad, ya que este involucra directamente a la productividad y por consiguiente se relaciona con la economía que pueda soportar el sistema (Crovetto, 1992).

4.5.1. Efecto en el pH

La concentración de los iones hidrógeno en el suelo, influye en el desarrollo de las plantas al permitir la disponibilidad de los nutrimentos que son esenciales para éstas; el pH es la característica química que cambia más rápidamente en el suelo disminuyendo en el caso de la cero labranza respecto de los sistemas convencionales (Blevins *et al*, 1985).

El conocimiento del pH del suelo tiene gran importancia porque los fenómenos fisiológicos actúan sólo dentro de determinados rangos de pH cuyos márgenes son generalmente muy reducidos; si un suelo tiene un pH de 6.0 su concentración de iones hidrógeno es 10 veces superior que la de un suelo con pH de 7; por tal motivo, el pH del suelo, puede ser tal que incluso llegue a tener mayor influencia en el desarrollo de los cultivos que la fertilización misma (Thorup, 1984; Thompson, 1965).

La capacidad amortiguadora de la materia orgánica en los sistemas de labranza de conservación permite evitar cambios bruscos del pH de los suelos, manteniéndolo de manera adecuada para los cultivos que en él se desarrollan. Crovetto (1992) encontró que el pH tiende a bajar en los primeros 5 centímetros en una parcela con labranza de conservación, desde un valor de 6.14 a 5.77 durante los siete primeros años con este manejo.

Gallardo (1980) menciona que la acidez de los suelos bajo labranza de conservación está dada por los ácidos orgánicos provenientes de la descomposición de la materia orgánica, proporcionando un sistema amortiguador al conjuntarse un sinnúmero de éstos ácidos con una amplia gama de grados de disociación.

4.5.2. Efecto en el contenido de nitrógeno

El continuo uso de la labranza de conservación permite la acumulación de materia orgánica, principalmente en la superficie del suelo; sin embargo, los residuos de cosechas generalmente son pobres en nitrógeno y ricos en carbono, lo que obliga al uso de nitrógeno adicional para favorecer la descomposición de los residuos y evitar la inmovilización del nitrógeno, producto de la descomposición del rastrojo. El proceso de recarga del carbono orgánico conlleva una acumulación de nitrógeno, debido a que bioquímicamente existe una relación C/N que se debe mantener en el suelo (Sierra, 1990).

Gamble *et al.* (1952) sugieren que la disminución del nitrógeno disponible para las plantas, en labranza de conservación, se debe a la inmovilización del mismo por la presencia de una población más alta de hongos en la superficie del suelo.

Doran (1980) reporta aumentos del 20 a 101 kg/ha de nitrógeno potencialmente mineralizable en los primeros 7.5 cm en suelo no laboreado, comparado con la labranza convencional; este aumento se debe a la actividad microbiana en la superficie en los sistemas de conservación; el nitrógeno así obtenido actúa como una reserva para la inmovilización del fertilizante nitrogenado aplicado a la superficie.

Crovetto (1992) considera que muchos fracasos en el sistema, se han debido a que no se ha respetado el balance de la relación C/N. Si se aplica más nitrógeno de lo que el cultivo requiere, con el objeto de adecuar ésta relación, además de obtener mejores rendimientos, se estará proporcionando una cantidad de nitrógeno que los organismos requieren para desarrollar actividad biológica; se debe pensar no como un gasto, sino como una inversión necesaria.

Prasad y Power (1991) explican que las principales causas de reducción de los rendimientos de grano cuando se manejan grandes cantidades de residuos sobre la

superficie del suelo son: Inmovilización del nitrógeno, colocación de la semilla, densidad variable de plantas e incremento de plagas; indican que los incrementos de rendimientos empleando labranza de conservación, son probables en áreas con precipitación limitada, con un control adecuado de la humedad y con una fertilización nitrogenada adecuada. Siembras sobre rastrojos de cereales, tienden a una mayor necesidad de nitrógeno durante los cinco primeros años de iniciada la labranza de conservación; posteriormente irán disminuyendo hasta llegar a un equilibrio con el nitrógeno liberado por la humificación y mineralización de la materia orgánica (Crovetto, 1992).

Debido al incremento en el perfil del suelo de la materia orgánica en cero labranza, se tiene un potencial de nitrógeno inmovilizado mayor en este sistema (Figuroa, 1992); este aspecto coincide con la mayor actividad microbiana en la superficie bajo no labranza.

4.5.3. Efecto en el contenido de fósforo

El fósforo lo requieren los vegetales para sintetizar diferentes compuestos orgánicos que cumplen funciones específicas en el metabolismo de las plantas cultivables; es el segundo elemento en importancia en la nutrición vegetal, debido a que su disponibilidad es muy baja, su deficiencia causa serios problemas. Es un nutrimento poco móvil en la solución del suelo, su pérdida por lixiviación es muy baja, y por tal motivo, se debe aplicar en donde se requiere.

Existe una alta interacción entre la labranza y el tipo de suelo sobre la concentración de P (Dick, *et al.* 1991). Estos autores reportan que la adición de residuos y fertilizantes superficialmente, incrementa la concentración de P en la superficie del suelo. Isro Ismail *et al.* (1994) mencionan que la cantidad de P extractable fue significativamente mayor bajo labranza cero que bajo el sistema tradicional a la profundidad de 0 a 5 cm. Phillips y Young (1973) reportan un nivel de fósforo mayor bajo condiciones sin laboreo, en un período de seis años. Jerrel (1989) indica que cuando se aplica P en labranza de conservación, se reduce la pérdida del P en el suelo, pero las pérdidas de P soluble aumentan en la escorrentía. Well *et al.* (1988)

encontraron que existen pérdidas reducidas de P con los sistemas de cero labranza, comparados con los sistemas tradicionales.

4.5.4. Efecto en el contenido de potasio

El potasio es más soluble que el fósforo en el suelo y su concentración en la superficie se ve alterada por efecto de la labranza. El empleo de coberturas en labranza de conservación, favorece la acumulación de la M.O. y a la vez incrementa la acidez en esa zona, permitiendo la acumulación de cationes intercambiables, entre ellos el K (Lal *et al.* 1994). Este incremento en la capa de 0-5 cm es reportado también por Blevins *et al.* (1977) quienes indican que el efecto de los sistemas de labranza sobre el contenido de K depende de otros factores.

Culley *et al.* (1987) y Follet y Paterson (1988) encontraron un mayor contenido de K en la capa de 0 a 5 cm del suelo bajo labranza cero que el encontrado con labranza tradicional.

4.5.5. Efecto en la capacidad de intercambio de cationes

La capacidad de intercambio de cationes (CIC) es un índice de la fertilidad de los suelos; es la capacidad que tienen los suelos para almacenar y proteger los cationes de la lixiviación. Es una de las propiedades químicas más significativas que condicionan la habilidad de los suelos para sostener la nutrición de las plantas (Rojas, 1991).

Debido a que en la labranza de conservación se aumenta la M.O. y ésta es una excelente fijadora de cationes, se espera que la CIC aumente bajo este sistema.

Campbell *et al.* (1989) indican que el empleo de la labranza convencional ha ocasionado una erosión acelerada de los suelos, en cambio, la cero labranza ha favorecido el aumento del contenido de M.O., lo cual ha incrementado la CIC de estos suelos.

Follet y Peterson (1988) reportan una disminución del K, Zn y Cu junto a la M.O. bajo cultivo intensivo; en cambio en labranza cero, se mantuvo la CIC y la fertilidad original de los suelos.

En resumen, se puede concluir de la revisión bibliográfica que el empleo de las coberturas en labranza de conservación, además de evitar la pérdida de los suelos por efecto de la lluvia y el viento, permite la acumulación de la materia orgánica, mejorando con ello sus características físicas, químicas y biológicas y como respuesta a esto, un aumento en los rendimientos de los cultivos y una disminución de los costos de inversión.

V. MATERIALES Y METODOS

Para llevar a cabo el presente trabajo, se instaló un experimento en el que se evaluó en tres ciclos consecutivos la respuesta del cultivo de maíz y los cambios ocurridos en el suelo al emplear el sistema de labranza de conservación con dos tipos de cobertura y labranza tradicional, combinados ambos con tratamientos de fertilización nitrogenada y fosfatada.

5.1. Descripción del área de estudio

El experimento se instaló en el campo agrícola experimental de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), en la parcela X-18, bajo condiciones de riego y temporal ubicado a los 19°29' latitud norte y 98°53' longitud oeste, a una altitud de 2250 m.s.n.m. El clima de la región se ha clasificado según Koppen modificado por García (1988) de la manera siguiente: C(Wo)(W)b(i')g, que se caracteriza por ser templado subhúmedo, con una precipitación media anual de 612 mm con lluvias en verano y temperatura media anual de 18.1°C, la oscilación térmica es menor de 5°C; siendo mayo el mes más cálido, enero el más frío y julio el más lluvioso. El clima se considera que es adecuado para la agricultura.

El suelo es de color pardo grisáceo muy oscuro, profundo, de textura fina a gruesa (Ortiz y Cuanalo, 1977), pertenece a la serie Xaltepa, tiene una capacidad media de retención de humedad, pH del suelo 7.3 (Coleman y Thomas, 1967); textura franco arenoso (Bouyoucos, 1962); M.O. 1.32% (Walkley-Black, 1934); CIC 14.0 cmol (+) kg⁻¹ (Coleman y Thomas, 1967); nitrógeno total 0.056% (Kjeldahl, citado por Bremner, 1964); fósforo 22.2 mg/kg (Bray-1, 1945); potasio extractable 39.5 mg/kg (Chapman, 1965). De acuerdo con estos datos, el suelo es pobre en M.O., N_T y K y medio en P.

5.2. Tratamientos empleados

El estudio se llevó a cabo bajo condiciones de campo durante tres años consecutivos (1994, 1995 y 1996) para evaluar el efecto de dos sistemas de labranza (tradicional y

de conservación) y ocho tratamientos de fertilización que resultaron de la combinación de cuatro niveles de nitrógeno (0, 40, 80 y 120 kg/ha) y dos de P₂O₅ (0 y 80 kg/ha). En el sistema de labranza de conservación, se consideraron dos tipos de cobertura: de veza (*Vicia sativa* L.) y de cebada (*Hordeum vulgare* L.). La labranza tradicional se llevó a cabo en las parcelas de veza y cebada después de haber eliminado la biomasa de estos cultivos; de esta manera se tuvieron cuatro parcelas grandes: labranza de conservación con cobertura de veza (LCCV), labranza de conservación con cobertura de cebada (LCCC), labranza tradicional con raíz de veza (LTRV) y labranza tradicional con raíz de cebada (LTRC). En cada una de estas parcelas grandes, se distribuyeron los ocho tratamientos de fertilización como parcelas chicas. Esto dió lugar a una matriz de tratamientos de 4 x 8 formando un total de 32 tratamientos (cuadro 3). Se utilizó el maíz (*Zea mays* L.) Cuatero 92 como cultivo indicador.

5.3. Diseño estadístico

Los tratamientos se distribuyeron en bloques al azar con parcelas divididas repetidas tres veces, en donde la parcela grande (PG) fué:

LCCV (labranza de conservación con cobertura de veza),

LCCC (labranza de conservación con cobertura de cebada),

LTRV (labranza tradicional con raíz de veza) y

LTRC (labranza tradicional con raíz de cebada).

Las parcelas chicas (PCH) correspondieron a los niveles de fertilización (cuadro 4). El análisis estadístico de los datos obtenidos se hizo con el paquete SAS, 1989, con el siguiente modelo.

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + PG_j + \text{Error}_{ij} + PCH_k + (PG \cdot PCH)_{jk} + \text{Error } B_{ijk}$$

En donde:

Y_{ijk} = es la observación del i-ésimo bloque, j-ésimo parcela grande, k-ésima parcela chica; μ es la media general, B_i es el efecto del i-ésimo bloque, PG_j el efecto de la j-

ésima parcela grande, PCH_k el efecto de la k-ésima parcela chica, $(PG*PCH)_{jk}$ es el efecto de la interacción de la j-ésima parcela grande con la K-ésima parcela chica.

5.4. Distribución de los tratamientos

Los diferentes tratamientos que conforman el experimento se ubicaron tal como se muestra en el cuadro 4, en donde el número superior es el número de la parcela y el inferior el del tratamiento. La parcela chica (PCH) representa los tratamientos de fertilización y su tamaño fue de 5 surcos de 0.80 m de ancho cada uno por 10 m de largo, dando una unidad experimental de 40 m². La parcela grande (PG) representa sistemas de labranza y cobertura y cada parcela grande esta constituida por 8 parcelas chicas, formando una superficie de 320 m². Estos tratamientos se repitieron tres veces, dando un total de 3840 m² que incluyendo calles, el experimento cubrió una superficie de 5478 m².

Cuadro 3. Tratamientos del ensayo sobre sistemas de labranza, tipos de coberturas y niveles de fertilización en un suelo de Chapingo, Méx.

Trat. No.	N kg/ha	P ₂ O ₅ kg/ha	Sistemas de Labranza
1	0	0	Labranza tradicional con raíz de cebada (LTRC)
2	40	0	" " " " " "
3	80	0	" " " " " "
4	120	0	" " " " " "
5	0	80	" " " " " "
6	40	80	" " " " " "
7	80	80	" " " " " "
8	120	80	" " " " " "
9	0	0	Labranza tradicional con raíz de veza (LTRV)
10	40	0	" " " " " "
11	80	0	" " " " " "
12	120	0	" " " " " "
13	0	80	" " " " " "
14	40	80	" " " " " "
15	80	80	" " " " " "
16	120	80	" " " " " "
17	0	0	Labranza de conservación con cobertura de cebada (LCCC)
18	40	0	" " " " " "
19	80	0	" " " " " "
20	120	0	" " " " " "
21	0	80	" " " " " "
22	40	80	" " " " " "
23	80	80	" " " " " "
24	120	80	" " " " " "
25	0	0	Labranza de conservación con cobertura de veza (LCCV)
26	40	0	" " " " " "
27	80	0	" " " " " "
28	120	0	" " " " " "
29	0	80	" " " " " "
30	40	80	" " " " " "
31	80	80	" " " " " "
32	120	80	" " " " " "

Cuadro 4. Distribución de los tratamientos en las parcelas.

LTRV		LCCV	
3	8	3	8
1	2	3	4
5	2	5	2
13	14	15	16
7	1	7	1
25	26	27	28
4	6	4	6
37	38	39	40

LTRV		LCCV	
1	3	1	3
5	6	7	8
7	6	7	6
17	18	19	20
5	4	5	4
29	30	31	32
8	2	8	2
41	42	43	44

LTRV		LCCV	
6	4	6	4
9	10	11	12
7	3	7	3
21	22	23	24
5	2	5	2
33	34	35	36
8	1	8	1
45	46	47	48

LTRC		LCCC	
3	8	3	8
49	50	51	52
5	2	5	2
61	62	63	64
7	1	7	1
73	74	75	76
4	6	4	6
85	86	87	88

LTRC		LCCC	
1	3	1	3
53	54	55	56
7	6	7	6
65	66	67	68
5	4	5	4
77	78	79	80
8	2	8	2
89	90	91	92

LTRC		LCCC	
6	4	6	4
57	58	59	60
7	3	7	3
69	70	71	72
5	2	5	2
81	82	83	84
8	1	8	1
93	94	95	96

Del 1 al 8 son los tratamientos de fertilización; del 1 al 96 el número de parcela.

LTRV= Labranza tradicional con raíz de veza

LCCV= Labranza de conservación con cobertura de veza

LTRC= Labranza tradicional con raíz de cebada

LCCC= Labranza de conservación con cobertura de cebada

5.5. Siembra y manejo de las coberturas

Las coberturas empleadas fueron: cebada variedad cerro prieto, a razón de 80 kg/ha y veza (veza común) 60 kg/ha. El primer ciclo se sembró el 20 de diciembre de 1993.

Para ello se preparó el terreno mediante un rastreo, un barbecho, y otro rastreo, y posteriormente se sembró con una sembradora fertilizadora para cereales. Se le dieron tres riegos con equipo de aspersión; germinó el 2 de enero de 1994. La fertilización inicial fue de 120-80-0. Las coberturas se cosecharon el 19 de mayo de 1994, se dejó

un 50% de la paja de cebada como cobertura en las parcelas asignadas para labranza de conservación, y para el caso de las parcelas con labranza tradicional, se eliminó toda la paja. La veza se cortó y se eliminó toda en las parcelas para labranza tradicional y se dejó un 50% en las de conservación. A la vez que quedó en la parcela, para la labranza de conservación se le aplicó Glifosato 3 l/ha para acondicionarla como cobertura.

Los otros ciclos fueron iguales que el primero, únicamente que no se labró la tierra en las parcelas con labranza de conservación, y no se fertilizó con el objeto de que se manifestaran a nivel de campo y laboratorio los cambios, debido a los diferentes niveles de fertilización usados en el experimento en el cultivo de maíz.

5.6. Siembra y manejo del cultivo de maíz

El primer ciclo del cultivo de maíz se realizó el 23 de mayo de 1994; se usó la variedad cuatero 92. En labranza tradicional se dio una rastra, con barbecho, rastra, surcado y siembra (Fig. 5 y 7); en labranza de conservación se sembró con una sembradora dobladense para labranza cero (Fig. 6); se aplicó una mezcla de herbicidas y se dio el manejo requerido para el cultivo en cada sistema (Fig. 9 y 10).

Se marcaron las parcelas chicas (con niveles de N y P) y se aplicaron los fertilizantes según los tratamientos programados para cada parcela chica. Se cosechó el primer ciclo en noviembre de 1994. Los otros dos ciclos, se realizaron de la misma forma, dejando siempre rastrojo de maíz (40%) en la superficie, en las parcelas con labranza de conservación, para sembrar las correspondientes coberturas en invierno.

5.7. Control de la maleza en el cultivo de maíz

Las malezas en el cultivo de maíz bajo el sistema tradicional, se controlaron de manera convencional, empleando cultivadora y arado; los deshierbes se hicieron en tres ocasiones. En la labranza de conservación se controló la maleza con aplicaciones de herbicidas; antes de la siembra se aplicó Glifosato (3 l/ha) a la maleza presente y a la vez que quedó viva después del corte, después se aplicó 2 kg/ha de Atrazina 25% +



Figura 5. Preparación de la parcela experimental para instalar el cultivo de maíz bajo labranza tradicional y labranza de conservación.



Figura 6. Siembra de maíz en el sistema de labranza de conservación mediante una sembradora para labranza cero.

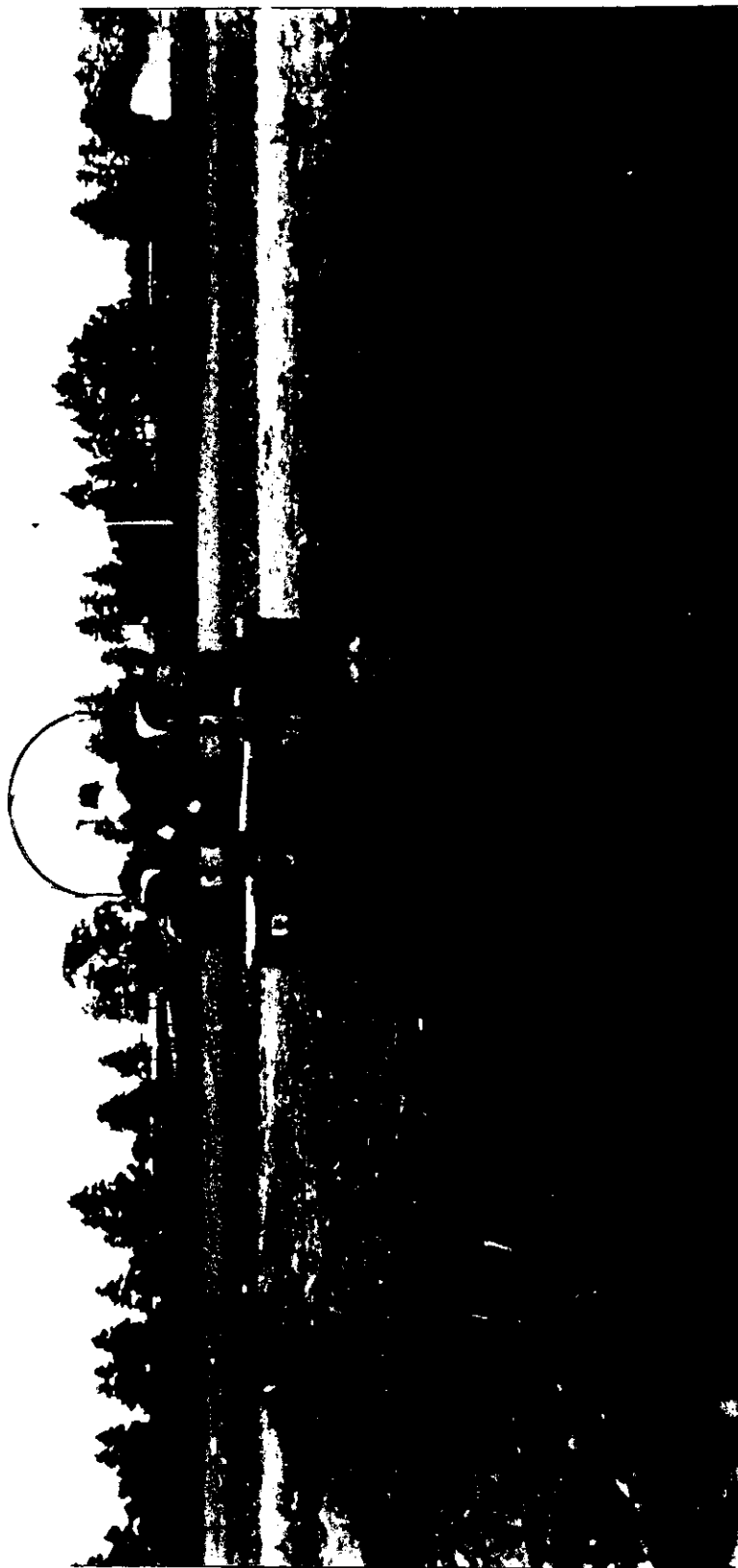


Figura 7. Siembra de maíz en el sistema tradicional.

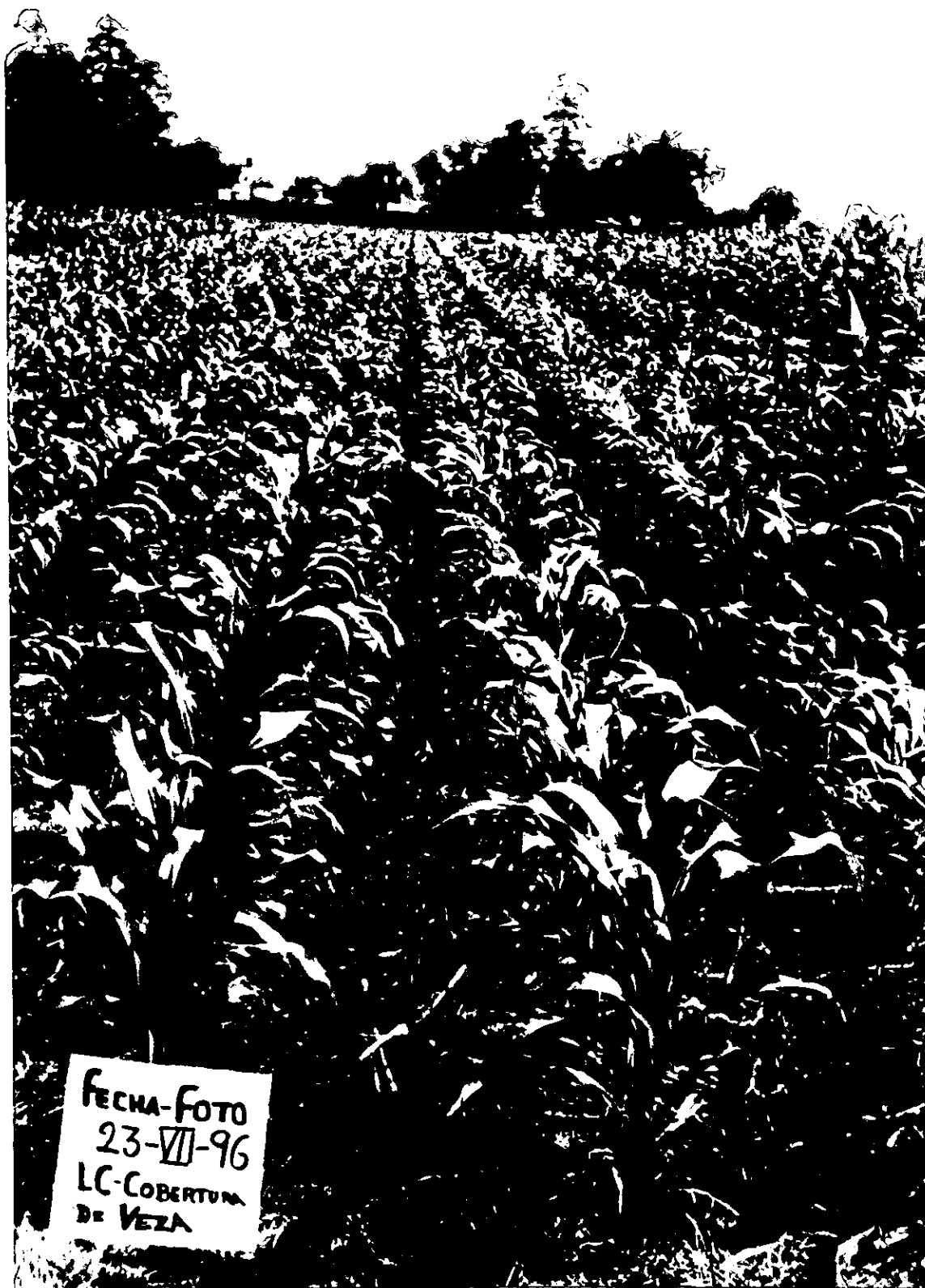


Figura 8. Cultivo de maíz bajo labranza de conservación con cobertura de veza.



Figura 9. Cultivo de maíz bajo labranza de conservación con cobertura de cebada.

Metolaclor 25% en preemergencia al cultivo; y posteriormente se aplicó Atrazina 50% + 2,4-D 50% en postemergencia a razón de 1 l/ha a los 10 días después de la emergencia (DDE).

Debido a que la grama (*Cynodon dactylon* L.) invadió en el tercer ciclo en un 50% las parcelas bajo labranza de conservación, se hicieron aplicaciones dirigidas de Glifosato a razón de 3 l/ha a los manchones de esta maleza, no pudiéndose controlar en su totalidad.

5.8. Fertilización del cultivo principal

La fertilización del maíz se efectuó siguiendo la ubicación de los diferentes tratamientos en las parcelas chicas; como fuente de nitrógeno se empleó urea, la cual se aplicó en dos ocasiones; cuando el maíz tenía unos 15 cm de altura y cuando tenía unos 50 cm. La aplicación fue en banda. Las cantidades fueron: para 40 kg/ha se usaron 44 g de urea por surco de 10 m. para 80 kg/ha se usaron 88 g de urea y para 120 kg/ha, se aplicaron 132 g/surco. Como fuente de fósforo, se empleó superfosfato de calcio triple. Se pesaron, para proporcionar 80 kg/ha de P_2O_5 , 1.74 g por surco, en banda y por una sola vez. Esta fertilización se usó en los tres ciclos de cultivo de maíz.

5.9. Colecta de muestras de suelo

Las muestras de suelo se colectaron a dos profundidades (0 a 5 y 5 a 30 cm) en cada parcela chica en siete fechas diferentes: antes de sembrar las coberturas del primer ciclo, en la siembra de maíz y al final de la cosecha de maíz. Las muestras se tomaron empleando una pala recta, se hacía un hoyo del ancho de la pala y a 30 cm de profundidad; se hacía un escalón de 5 cm y el suelo obtenido a esta profundidad se colocaba en una bolsa marcada con los datos de la parcela chica correspondiente. Las muestras de 5 a 30 cm se tomaban mediante una rebanada de suelo partiendo de 5 cm hacia abajo, se mezclaba y se tomaba la muestra. Las muestras se llevaban al laboratorio para su preparación y análisis correspondiente.

5.10. Métodos de análisis de suelo

Las muestras de suelo, primero se secaron a temperatura ambiente; para ello se extendían en una cartulina; el suelo seco, se molió y se tamizó por medio del tamiz N° 10. A estas muestras se les hicieron los análisis siguientes:

Textura; empleando el método de Bouyoucos (1962)

Densidad; mediante el método de la probeta

pH; mediante un método potenciométrico (Coleman y Thomas, 1967)

Materia Orgánica; se usó el método de Walkley-Black (1934) modificado.

Nitrógeno Total; método de Kjeldahl, citado por Bremner (1965)

Fósforo; método de Bray-I (1945)

Potasio; método de Chapman (1973)

Calcio y Magnesio; por el método de Chapman (1973)

Capacidad de Intercambio de Cationes; por el método de Coleman y Thomas (1967)

Nitratos y Amonio; se empleo el método de Bremner (1965).

5.11. Cuantificación de la maleza presente

En el segundo ciclo de cultivo y cuando el maíz tenía unos 70 Días después de su emergencia (DDE) se cuantificaron las malezas en ambos sistemas de labranza y en las dos coberturas, se identificaron y cuantificaron primeramente con el empleo de un cuadrado de alambón de 50 x 50 cm, el cual se tiraba al azar entre las hileras de maíz en cada parcela grande y la maleza que se encontraba dentro del marco, se identificaba y se cortaba; se colocaba en una bolsa de papel marcada para después secarla en estufa y pesarla. En ese estado fenológico del maíz, se observó alta incidencia de grama (*Cynodon dactylon* L.) en el sistema de labranza de conservación.

5.12. Cuantificación de lombrices

En el segundo ciclo de cultivo (1995) se cuantificó la población de lombrices a partir del mes de marzo al mes de noviembre con evaluaciones mensuales. Esta evaluación se efectuó en las Parcelas Grandes (Sistemas de labranza y coberturas). Para hacer esta evaluación se sacaba una muestra de suelo de 30 x 30 cm a una profundidad de 30 cm

y se cuantificaban los organismos presentes en esa muestra, representándolos primeramente en lombrices/muestra y posteriormente en lombrices/m².

En la misma muestra de suelo se evaluó la presencia de gallina ciega, la cual no se encontró presente en ningún sistema ni cobertura.

5.13. Determinación de altura de las plantas de maíz

Cuando el maíz tenía 90 DDE en cada parcela chica, se tomaron las medidas de altura de las plantas de maíz, para observar las posibles diferencias por el efecto de los fertilizantes, los sistemas usados y las coberturas probadas. Al azar se escogieron cuatro plantas de cada tratamiento y se midió la altura de la base de la planta a la base de la flor masculina o espiga, se sacaron los promedios para cada tratamiento en una repetición en los tres ciclos.

5.14. Determinación de la resistencia a la penetrabilidad

Después de la cosecha del maíz en los tres ciclos, en las parcelas útiles, se determinó la resistencia a la penetrabilidad en el suelo de cada tratamiento de cobertura y sistema de labranza. Se usó un penetrómetro tipo "Proctor".

VI. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos en esta investigación, se presentan en dos apartados principales; el primero comprende los aspectos relacionados con las observaciones a nivel de campo y el segundo, considera los resultados obtenidos en el trabajo de laboratorio, el cual contempla los análisis físicos y químicos respectivamente.

6.1. Resultados del trabajo de campo

A nivel de campo se cuantificó 1.- el rendimiento de maíz, 2.- rendimiento de paja, 3.- altura de las plantas, 4.- población de malezas, 5.- población de lombrices y gallina ciega, 6.- efecto alelopático de los residuos empleados como coberturas y 7.- Resistencia a la penetrabilidad. Todos ellos bajo los dos sistemas de labranza, al usar dos tipos de coberturas y ocho niveles de fertilización.

6.1.1. Rendimiento de maíz

Los rendimientos de maíz en grano para cada uno de los tratamientos y ciclos de cultivo se presentan en el Cuadro 5.

En el análisis de varianza los rendimientos entre los ciclos de cultivo, fueron diferentes estadísticamente al 5% de probabilidad de error, según prueba de Tukey; esto indica que entre los años, los rendimientos fueron diferentes probablemente debido a los cambios climáticos de un año a otro (Cuadro 5 X_8). Se observó que la precipitación (Cuadro 1 del apéndice) fue mayor en 1995 (663 mm), ciclo de cultivo en el que se obtuvo mayor rendimiento (3.21 t ha^{-1}) en comparación con los otros años; en 1994 la precipitación fue de 603 mm en 1996 de 569 mm, en los cuales se obtuvieron rendimientos de 2.63 y 2.75 t ha^{-1} respectivamente.

Para tipo de cobertura y sistemas de labranza (parcela grande) y niveles de fertilización (parcela chica) se encontraron diferencias significativas (Cuadro 5 X_4 y X_6). El rendimiento de maíz fue diferente estadísticamente entre las dos coberturas (veza y cebada) en labranza de conservación. Con la cobertura de veza se obtuvo un

Cuadro 5. Rendimiento de maíz (t ha⁻¹) en diferentes tratamientos de labranza y fertilización en tres ciclos de cultivo, en Chapingo, Méx.

Trat.	N	P	Labranza de Conservación (LC)																	
			Raíz Cebada (RC)			Raíz Veza (RV)			Cobertura Cebada (CC)			Cobertura Veza (CV)								
			Ciclo		Ciclo	Ciclo		Ciclo	Ciclo		Ciclo	Ciclo								
1994	1995	1996	X ₁	X ₂	1994	1995	1996	X ₁	X ₂	1994	1995	1996	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	
1	0	0	1.91	2.41	1.91	2.07	3.11	2.47	2.30	2.62	2.06	1.93	2.08	2.02	3.27	2.73	2.66	2.88	2.39	c
2	40	0	3.27	3.36	2.41	3.01	2.06	2.70	2.66	2.47	1.76	1.99	3.33	2.36	2.86	3.40	2.83	3.03	2.71	abc
3	80	0	2.34	3.43	3.08	2.95	3.10	3.70	2.54	3.11	2.29	2.42	2.99	2.56	3.62	3.67	3.08	3.45	3.01	ab
4	120	0	2.95	3.63	3.24	3.27	2.48	3.73	2.58	2.93	2.50	2.93	2.24	2.55	2.85	3.80	3.91	3.52	3.06	a
							2.82				2.78				2.37				3.22	2.79
5	0	80	2.47	2.85	1.91	2.41	2.83	2.93	2.59	2.78	1.57	1.58	2.74	1.96	3.24	2.49	2.69	2.80	2.48	b
6	40	80	2.87	3.88	2.58	3.11	2.90	3.70	3.12	3.24	1.54	3.32	3.74	2.86	3.13	3.37	2.40	2.96	3.04	ab
7	80	80	2.71	3.87	2.16	2.91	3.01	3.82	2.16	2.99	2.35	3.53	3.66	3.18	3.06	3.79	3.08	3.31	3.09	a
8	120	80	2.85	3.97	2.18	3.00	2.64	3.86	2.54	3.01	1.82	3.58	2.49	2.63	3.00	3.95	3.74	3.56	3.05	ab
							2.85				3.00				2.65				3.15	2.91
X ₃			2.67	3.42	2.43	2.84	2.76	3.36	2.56	2.89	1.98	2.66	2.90	2.51	3.12	3.40	3.04	3.18		
X ₄			2.84 ab						2.89 ab		2.51 b				3.19 a				2.85	
X ₅							2.86				2.84									
X ₆			Ciclo 1994 = 2.6381 b					Ciclo 1995 = 3.2122 a				Ciclo 1996 = 2.7581 ab								

X₁ Promedio por tratamiento de fertilización (parcela chica) para cada sistema de labranza y cobertura (parcela grande)
 X₂ Promedio de tratamientos sin fósforo y con fósforo para cada sistema de labranza y cobertura
 X₃ Promedio por año para cada sistema de labranza y cobertura
 X₄ Promedio para cada sistema de labranza y cobertura
 X₅ Promedio por sistema de labranza
 X₆ Promedio total por fertilización
 X₇ Promedio total sin fósforo y con fósforo

rendimiento promedio de 3.19 t ha⁻¹, mientras que con la cobertura de cebada el rendimiento fue de 2.51 t ha⁻¹ (Cuadro 5 X₄ y Figura 10).

En los rendimientos medios totales por efecto de la fertilización nitrogenada y fosfatada se encontró respuesta significativa a la aplicación de nitrógeno sin fósforo, de 2.39 a 3.06 t ha⁻¹ (Cuadro 5 X₆). En la Figura 7 se muestra la respuesta a los niveles de nitrógeno sin fósforo para cada una de las parcelas grandes. Y en la Figura 8 la misma respuesta a nitrógeno pero con fósforo. Con la aplicación de fósforo hubo un ligero incremento de rendimiento de 2.79 t/ha sin P₂O₅ a 2.91 t/ha con P₂O₅ (Cuadro 5 X₇) cuya diferencia no fue estadísticamente significativa.

El rendimiento mayor se obtuvo en la labranza de conservación con cobertura de veza, lo cual indica que la veza proporciona mejores condiciones nutrimentales para el cultivo de maíz que la cobertura de cebada. Comparando los sistemas de labranza, la de conservación, por efecto de la cobertura utilizada, generó mejores rendimientos cuyas diferencias no fueron significativas porque la cobertura de cebada bajó el promedio de tal forma que no se observaron diferencias. Lal (1979) y Sierra (1990) reportaron en sus trabajos de labranza de conservación, respuestas con las mismas tendencias. En los dos sistemas de labranza los rendimientos fueron de 2.84 y 2.86 t/ha respectivamente (Cuadro 5 X₇). Este tipo de resultados se ha encontrado en otros trabajos, principalmente en los primeros años del uso de la labranza de conservación en la producción agrícola (Phillips *et al.* 1980; Phillips y Young, 1973; Shenk *et al.* 1983). Sin embargo con la labranza de conservación a través del tiempo, la fertilidad del suelo se mejora permitiendo que este recurso sea más sustentable en espacio y tiempo (Blevins *et al.* 1985; Figueroa y Morales, 1992; Stinner *et al.* 1983).

Es probable que la eficiencia de recuperación del nitrógeno aplicado al cultivo en labranza de conservación, pueda ser ligeramente menor que la obtenida en labranza tradicional, de tal forma que el incremento del nitrógeno mineralizado en la capa superior del suelo no lo aprovecha el cultivo debido principalmente a la volatilización del nitrógeno como amoníaco por efecto de la hidrólisis efectuada por la ureasa, manifestándose en baja respuesta a la fertilización con urea en la superficie en

labranza de conservación. Resultados semejantes reportan Baird *et al.*, (1991); Figueroa y Morales (1992); El Haris *et al.*, (1983).

Por otro lado, debido a que hay un menor movimiento de humedad hacia la superficie en labranza de conservación, y al existir mayor infiltración en el suelo, es probable un mayor movimiento descendiente de los nitratos y una menor eficiencia del nitrógeno aplicado, produciéndose síntomas de deficiencia, aspecto que según Griffin *et al.* (1977) se soluciona aplicando un 20% más de fertilizante.

Los resultados obtenidos con los diferentes niveles de nitrógeno en el sistema de conservación coinciden con los reportados por Staley y Perry (1995) quienes indican que no existen diferencias significativas al comparar los rendimientos de maíz obtenidos con los sistemas tradicionales; estos resultados son reportados igualmente por Kitur *et al.* (1984) al emplear labranza de conservación; Maurya (1986) al estudiar una rotación maíz-trigo en un suelo arenoso, encontró rendimientos iguales o más bajos con la no labranza que con la tradicional.

Prasad y Power (1991) indican que las principales causas de reducción de los rendimientos de grano cuando se manejan grandes cantidades de residuos sobre la superficie del suelo son: inmovilización del nitrógeno, colocación de la semilla, densidad variable de plantas e incremento de plagas, etc., y concluyen que los rendimientos de grano, son raramente afectados por prácticas de manejo de residuos en condiciones de precipitación adecuadas, requiriéndose varios años de uso de la labranza de conservación para obtener resultados satisfactorios; estos aspectos fueron igualmente observados por Prasad y Power, (1991), al trabajar con diferentes sistemas de labranza.

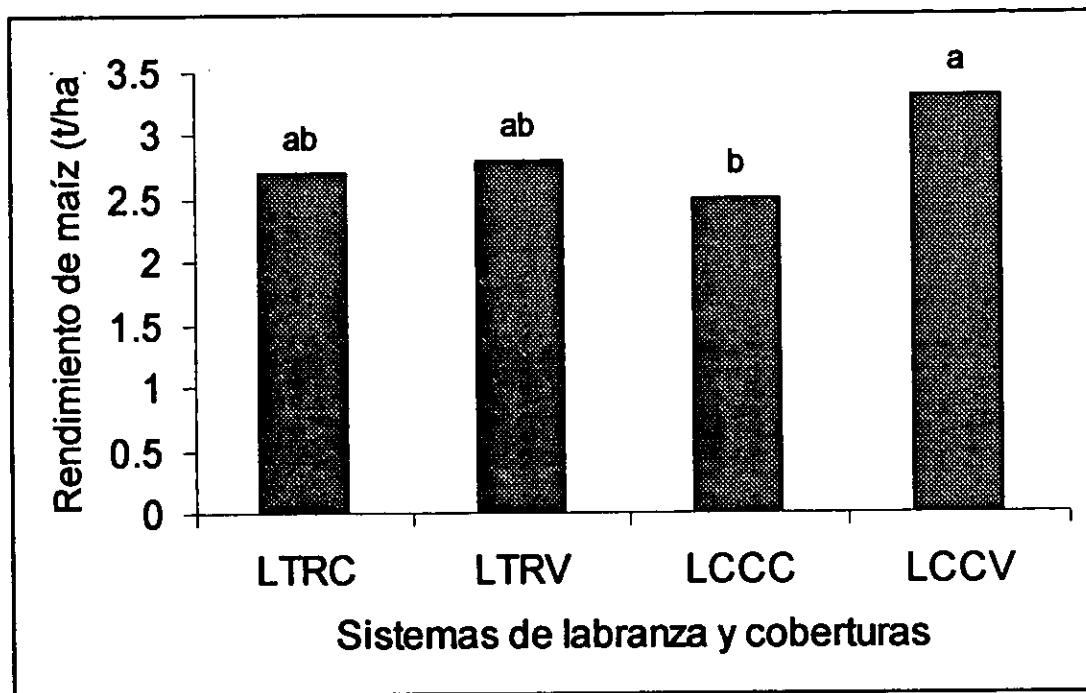


Figura 10. Rendimiento medio de maíz en dos sistemas de labranza (LT= Labranza tradicional; LC= Labranza de conservación) y dos tipos de cobertura (CC= Cobertura de cebada; CV= Cobertura de veza) en Chapingo, Méx.

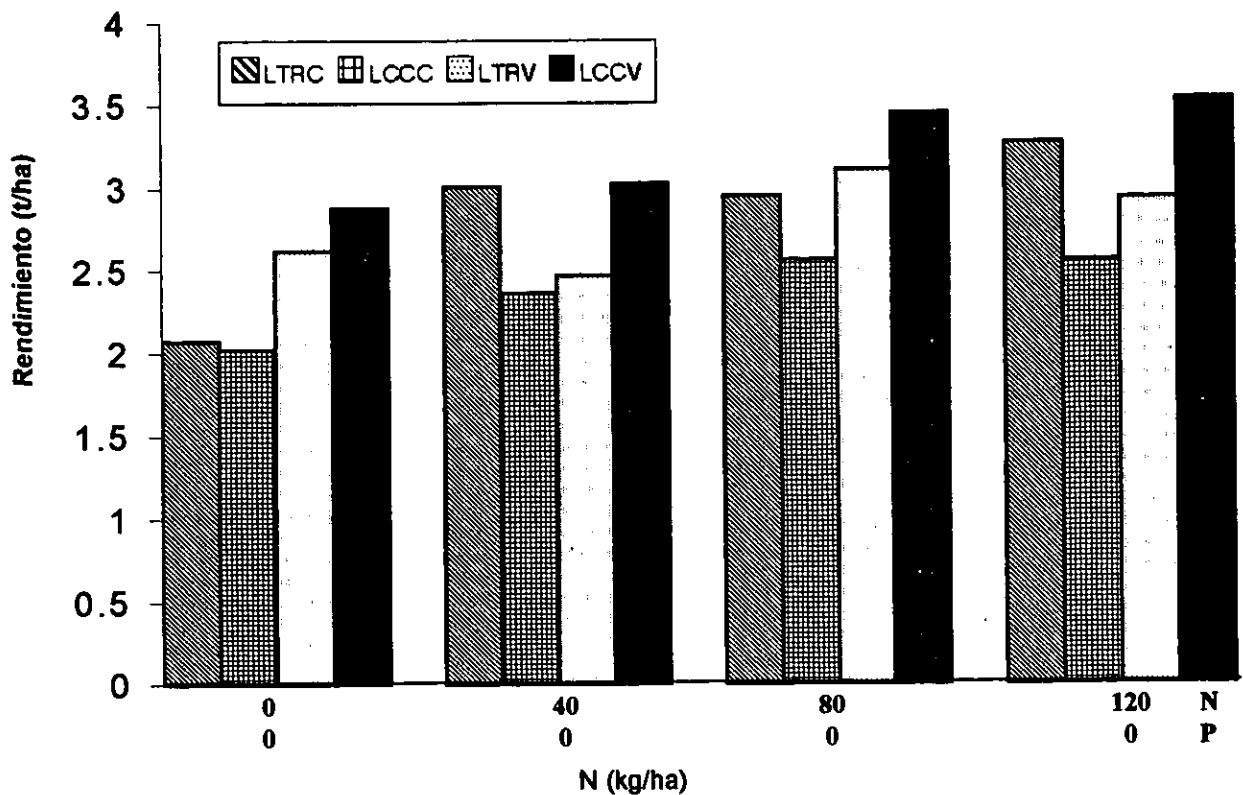


Figura 11. Rendimiento medio de grano de maíz en dos sistemas de labranza (LT= labranza tradicional, LC= labranza de conservación) con dos tipos de cobertura (CC= cobertura de cebada, CV= cobertura de veza) en tres ciclos con diferentes niveles de nitrógeno y sin fósforo en Chapingo, Méx.

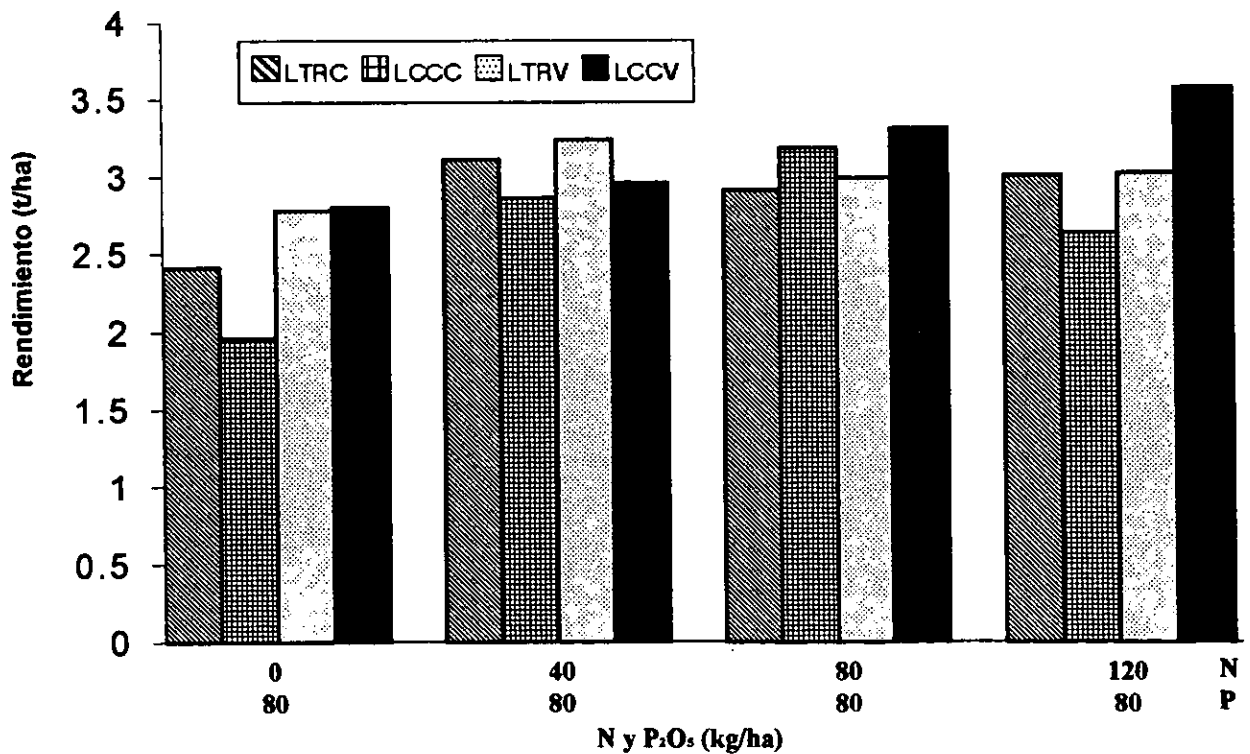


Figura 12. Rendimiento medio de grano de maíz en dos sistemas de labranza (LT= labranza tradicional, LC= labranza de conservación) con dos tipos de cobertura (CC= cobertura de cebada, CV= cobertura de veza) en tres ciclos con diferentes niveles de nitrógeno y con fósforo en Chapingo, Méx.

6.1.2. Rendimiento de paja de maíz

El rendimiento de rastrojo de maíz, de manera general se esperaba que fuera directamente proporcional a los obtenidos de grano en cada tratamiento en los tres ciclos que duró el experimento de campo; sin embargo, esta variable se comportó de manera diferente, probablemente debido a las condiciones ambientales que permitieron el desarrollo de la planta pero no la formación de grano.

Los resultados se muestran en el Cuadro 6.

Se observa diferencia significativa en los ciclos, siendo mayor en el tercer ciclo (9.30 t ha⁻¹) y menor en el primero (6.24 t/ha). En parcela grande (sistema de labranza y cobertura) no existió diferencia significativa (Cuadro 6).

Para el caso de los sistemas de labranza, no hay diferencia (7.11 y 7.66 t ha⁻¹) para labranza tradicional y de conservación respectivamente.

La fertilización nitrogenada y fosfatada, mostró diferencia significativa; obteniéndose mayores rendimientos de paja en los niveles mas altos de nitrógeno sin fósforo y con fósforo, lo que significa que el maíz respondió positivamente a la fertilización nitrogenada; la adición de fósforo no influyó en el rendimiento de paja al no observarse diferencias por la incorporación de este elemento.

6.1.3. Altura de la planta de maíz

En el segundo ciclo del cultivo de maíz, se determinó la altura de la planta a los 80 DDE (Cuadro 7), debido principalmente a que se observó en las parcelas un posible efecto de las coberturas en el sistema de conservación con cobertura de cebada. Con base en los datos obtenidos, se observa que hubo un incremento de la altura como respuesta a la fertilización nitrogenada (120 kg/ha) con fósforo en los cuatro casos (Cuadro 7). Para el caso de LTRC, fue de 2.34 m contra 1.99 m sin nitrógeno; LTRV fue de 2.43 con nitrógeno y 2.14 sin nitrógeno; para LCCC de 2.44 m contra 2.05 m sin nitrógeno; y para LCCV, 2.52 m con nitrógeno y 2.11 m sin este elemento. El efecto de los sistemas de labranza (PG) no presentó diferencias significativas (Cuadro 7 X₂). Lo mismo sucedió por efecto de los sistemas de labranza y cobertura (Cuadro 7 X₁).

Cuadro 6. Efecto de los tratamientos de sistemas de labranza, coberturas y fertilización sobre el rendimiento de paja de maíz (t/ha) en Chapingo, Méx.

Trat.	N	P	Labranza de Conservación (LC)																					
			Labranza Tradicional (L.T)				Raíz Cebada (RC)				Raíz Veza (RV)				Cobertura Cebada (CC)				Cobertura Veza (CV)					
			Ciclo		X ₁	X ₂	Ciclo		X ₁	X ₂	Ciclo		X ₁	X ₂	Ciclo		X ₁	X ₂	Ciclo		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
1	0	0	6.96	6.25	6.40	6.53	6.37	5.85	8.00	6.74	4.57	4.11	7.20	5.29	6.04	6.54	8.60	7.06	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40
2	40	0	6.20	6.43	8.00	6.87	7.05	6.07	9.20	7.44	6.04	4.95	9.60	6.86	7.92	7.01	12.80	9.24	7.60	7.60	7.60	7.60	7.60	7.60
3	80	0	5.22	7.30	6.40	6.30	6.77	7.44	9.40	7.87	5.36	5.15	8.00	6.17	7.84	7.30	11.20	8.78	7.28	7.28	7.28	7.28	7.28	7.28
4	120	0	4.90	7.79	8.00	6.89	6.64	7.58	11.40	7.93	7.49	5.96	6.21	10.40	7.52	8.60	7.72	11.20	8.56	7.87	7.87	7.87	7.87	7.87
5	0	80	4.57	6.28	6.40	5.75	8.24	6.21	7.20	7.21	4.41	3.34	6.40	4.71	7.43	6.01	14.00	9.14	6.70	6.70	6.70	6.70	6.70	6.70
6	40	80	7.02	7.57	10.00	8.19	7.26	6.24	10.60	8.03	4.41	6.05	11.20	7.22	6.81	6.62	10.40	7.94	7.84	7.84	7.84	7.84	7.84	7.84
7	80	80	4.98	7.24	8.00	6.74	7.18	7.47	9.40	8.01	5.71	6.11	10.40	7.40	5.22	7.07	10.80	7.69	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46
8	120	80	7.84	7.45	5.50	6.93	5.47	7.87	6.00	6.44	7.42	5.39	7.18	15.20	9.25	7.43	6.01	14.00	8.47	7.94	7.94	7.94	7.94	7.94
X ₃			5.96	7.03	7.33		6.64	6.84	8.90		5.23	5.38	9.80		7.16	6.78	11.62							
X ₄				6.77	a			7.46	a			6.80	a			8.52	a							
X ₅							7.11	a					7.66	a										

X₁ Promedio por tratamiento de fertilización (parcela chica) para cada sistema de labranza y cobertura (parcela grande)
 X₂ Promedio de tratamientos sin fósforo y con fósforo para cada sistema de labranza y cobertura
 X₃ Promedio por año para cada sistema de labranza y cobertura
 X₄ Promedio para cada sistema de labranza y cobertura
 X₅ Promedio por sistema de labranza
 X₆ Promedio total por fertilización
 X₇ Promedio total sin fósforo y con fósforo

Cuadro 7. Efecto de los diferentes tratamientos sobre la altura de las plantas de maíz (80 DDE) en el segundo ciclo de cultivo (1995) en Chapingo, Méx.

Trat.		LTRC		LTRV		LCCC		LCCV	
N	P	Altura (m)		Altura (m)		Altura (m)		Altura (m)	
0	0	2.20	X ₃	2.15	X ₃	2.35	X ₃	2.12	X ₃
40	0	2.22		2.23		2.30		2.28	
80	0	2.26		2.10		2.20		2.42	
120	0	2.31	2.24 a	2.28	2.19 a	2.34	2.29 a	2.32	2.28 a
0	80	1.99		2.14		2.05		2.11	
40	80	2.19		2.28		2.38		2.23	
80	80	2.17		2.38		2.37		2.33	
120	80	2.34	2.17 a	2.43	2.30 a	2.44	2.31 a	2.52	2.29 a
X ₁		2.21 a		2.24 a		2.30		2.29	
X ₂			2.22 a				2.29 a		

La fertilización fosfatada no causó ningún efecto (Cuadro 7 X₃) en los cuatro tratamientos de parcelas grandes. La respuesta a la fertilización nitrogenada en el caso de la altura, corresponde a lo obtenido en el rendimiento de grano; no se observó respuesta a la fertilización fosfatada, probablemente porque donde se instaló el experimento, con anterioridad se había aplicado fósforo a los cultivos, pudiendo estar aun presente este elemento.

Para el caso de los sistemas de labranza; en la de conservación, se presentaron diferentes tipos de malezas, las cuales afectaron el desarrollo de las plantas.

6.1.4. Población de malezas

La maleza es el problema principal en el sistema de labranza de conservación; su control, es esencial para obtener mejor producción de los cultivos.

En el presente trabajo; este factor fue muy importante, debido a que se observó un incremento de grama (*Cynodon dactylon*) en las parcelas de conservación, provocando un gran problema al cultivo principal y a las coberturas. El control empleado fue efectivo en el primer ciclo; en el tercer ciclo, no se logró su control satisfactorio, debido a diferentes aspectos (presencia de coberturas). Por tal motivo la presencia de las

malas yerbas, evitó que se manifestaran los beneficios de las coberturas tal como se esperaba (Cuadro 8).

Las principales malezas que se presentaron, fueron las siguientes, en orden de importancia.

1. Grama (*Cynodon dactylon*)
2. Coquillo (*Cyperus esculentus*)
3. Acahual (*Simsia spp*)
4. Quelite (*Amaranthus hybridus*)
5. Agritos (*Oxalis spp*)
6. Perlita (*Lopesia racemosa*)
7. Braquiaria (*Brachyaria plantaginea*)
8. Quelite cenizo (*Chenopodium album*)

A los 90 días después de emerger el cultivo de maíz, se tomaron las muestras de malezas presentes en cada parcela grande (sistemas de labranza y coberturas) y se secaron y pesaron; los datos se reportan en el Cuadro 8.

Se puede observar que la fertilización nitrogenada y fosfatada, no causó efecto sobre la población de la maleza presente, obteniéndose pesos semejantes de las malezas en todas las parcelas chicas (niveles de fertilización) en cada parcela grande.

Comparando las parcelas grandes, se observan diferencias muy marcadas (Cuadro 8 X₁) lo que indica que en los sistemas de labranza de conservación se produjo mayor población de malezas, las cuales afectaron al cultivo del maíz. En labranza de conservación con cobertura de cebada el peso seco de la maleza fue de 30.5 g/m², con cobertura de veza fue de 33.37 g/m² en comparación con labranza tradicional con raíz de cebada, que fue de 23.12 g/m² y 20.25 g/m² con raíz de veza (Cuadro 8 X₁). Comparando los sistemas de labranza, también se observan diferencias significativas, encontrándose 21.68 g/m² en labranza tradicional, contra 31.90 g/m² en labranza de conservación.

Este aspecto es de suma importancia para el desarrollo y producción del cultivo principal, siendo un factor que es necesario considerar.

El aumento de la población de malezas en los sistemas de conservación, es en la actualidad el principal problema por el cual estos sistemas aun no son bien aceptados por diferentes grupos de productores; y los que ya han adoptado esta técnica, se están enfrentando con este problema, probando diferentes herbicidas para ello.

Respecto a lo anterior, Weber (1988) reporta que la materia orgánica del suelo absorbe la mayor parte de los herbicidas orgánicos usados en el control de la maleza en los sistemas de conservación, reduciéndose el control y manifestándose en una mayor población de las malezas. Los mantillos de la superficie, pueden interceptar hasta el 30% de los herbicidas aplicados en la superficie, evitando su acción (Williams y Wicks, 1978).

Jerrel (1989) indica que el 80% de la atrazina interceptada en el residuo de maíz se deslava con el agua, y disminuye así la actividad efectiva del producto aplicado en la superficie. Por tal motivo, es difícil el control de las malezas en los sistemas de conservación.

6.1.5. Población de lombrices

La presencia de lombrices en un suelo, es signo de su fertilidad, ya que proporciona un medio adecuado para el desarrollo de los cultivos.

En el ciclo de cultivo de las coberturas y de maíz en 1995 se hizo una evaluación de la población de lombrices en los tratamientos que resultaron de la combinación de tipos de coberturas y sistemas de labranza (PG). En el cuadro 9 se presentan valores promedios del número de lombrices por metro cuadrado en cada uno de los tratamientos, evaluados de marzo a noviembre, correspondiente al segundo ciclo de experimentación.

Cuadro 8. Efecto de los sistemas de labranza, coberturas y fertilización en el peso seco de las malezas presentes en el segundo ciclo de cultivo (1995) a los 90 DDE del cultivo.

Trat. (kg ha ⁻¹)		LTRC	LTRV	LCCC	LCCV
N	P ₂ O ₅	Peso (g/m ²)	Peso (g/m ²)	Peso (g/m ²)	Peso (g/m ²)
0	0	30	49	29	8
40	0	33	12	43	18
80	0	10	20	17	40
120	0	10	21	45	44
0	80	39	15	27	44
40	80	15	18	15	29
80	80	21	17	43	50
120	80	27	10	25	34
X ₁		23.12 b	20.25 b	30.50 a	33.37 a
X ₂		21.68 b		31.90 a	

Números con letras iguales no son significativas.

X₁= Promedio por tratamiento

X₂= Promedio por sistema de labranza

La mayor población de lombrices se observó en los meses de junio a septiembre que comprende los meses de mayor precipitación y una temperatura media mensual de 18 a 20°C (Fig. 9). El sistema de labranza de conservación permite mayor número de lombrices (208 lomb/m²) y fue estadísticamente diferente al número de lombrices encontradas en la labranza tradicional (56.0 lomb/m²). Por tipo de cobertura, se observó que la mayor población se encontró en la cobertura de veza con 166 lomb/m² en promedio por ciclo, en comparación a la de cebada que fue de 97 lomb/m², estadísticamente diferentes (Cuadro 9).

En los tratamientos evaluados, la población más alta de lombrices se encontró en el sistema de labranza de conservación con cobertura de veza (268.8 lomb/m² por ciclo) y la menor población (48.0 lomb/m² por ciclo) en la labranza tradicional con raíz de cebada, que representa una relación de 5.6; 1.0; es decir que la población de lombrices en labranza de conservación fue 5.6 veces más alta que en labranza

tradicional, debido a que el suelo no se remueve y se tiene cobertura orgánica que condiciona el medio para el desarrollo de estos organismos.

La mayor presencia de lombrices en los sistemas de conservación se debe primeramente a la mayor cantidad de humedad que hay en este sistema, en segundo, porque existe mayor cantidad de residuos orgánicos disponibles para estos organismos y tercero, porque la temperatura se conserva mas constante, permitiendo la aglomeración de estos organismos en la zona de 0 a 25 cm que es la más importante para los cultivos. La época del año en la cual se presentan mayor número de lombrices es en los meses de junio, julio, agosto y septiembre que es cuando hay más humedad en el suelo (Witrago, 1996). Es necesario considerar que el rastrojo de veza es más aprovechable por las lombrices para su alimentación, en comparación de los residuos de cebada que son pobres en nutrientes y además es más difícil de aprovechar por la dureza del tejido, costándole más trabajo a la lombriz degradarlo.

Estos resultados son semejantes a los reportados por Crovetto (1992) quien después de seis años usando labranza de conservación, encontró que la población en el sistema de conservación, fue 36 veces superior respecto de los suelos con labranza tradicional.

Los efectos más notables de las lombrices, son las galerías o laberintos que construyen al avanzar por el suelo en busca de nutrientes, convirtiéndose en un excelente mejorador del suelo al liberar diferentes sustancias formadas por elementos esenciales para las plantas (Raggi, 1990).

Mackay y Kladviko (1985) reportan que la población de lombrices es mayor en el sistema de conservación y que, proporciona mejoras a los suelos bajo este sistema de cultivo.

6.1.6. Alelopatía de las coberturas

La alelopatía es una interferencia inhibitoria o estimuladora de las plantas y reduce la emergencia y crecimiento de alguna especie.

Cuadro 9. Población de lombrices por metro cuadrado bajo diferentes sistemas de labranza en el cultivo de maíz en Chapingo, Méx. 1995.

Fecha	Sistemas de Labranza				X mensual	1995	
	LTRC	LCCC	LTRV (N° Lomb/m ²)	LCCV		ppt mm	Temp. °C
4-03-95	78	144	100	200	130.50	6.3	19.4
6-04-95	22	100	33	122	69.25	10.7	21.5
1-05-95	33	44	22	89	47.00	43.2	22.4
3-06-95	44	256	33	444	194.25	96.5	20.5
2-07-95	56	167	89	578	222.50	76.7	18.9
1-08-95	0	222	11	265	124.50	194.5	18.4
1-09-95	111	189	144	367	202.75	53.3	18.8
3-10-95	55	100	111	255	130.25	58.8	17.8
1-11-95	33	100	33	100	66.50	35.1	16.7
X Sist*Cober.	48.0	146.8	64.0	268.8	131.98		
X por Cober.	97.40 b CC			166.4 a CV			
X por Sist.	56.00 b LT			208.0 a LC			

LTRC Labranza tradicional con raíz cebada
LCCC Labranza de conservación con cobertura de cebada
LTRV Labranza tradicional con raíz de veza
LCCV Labranza de conservación con cobertura de veza

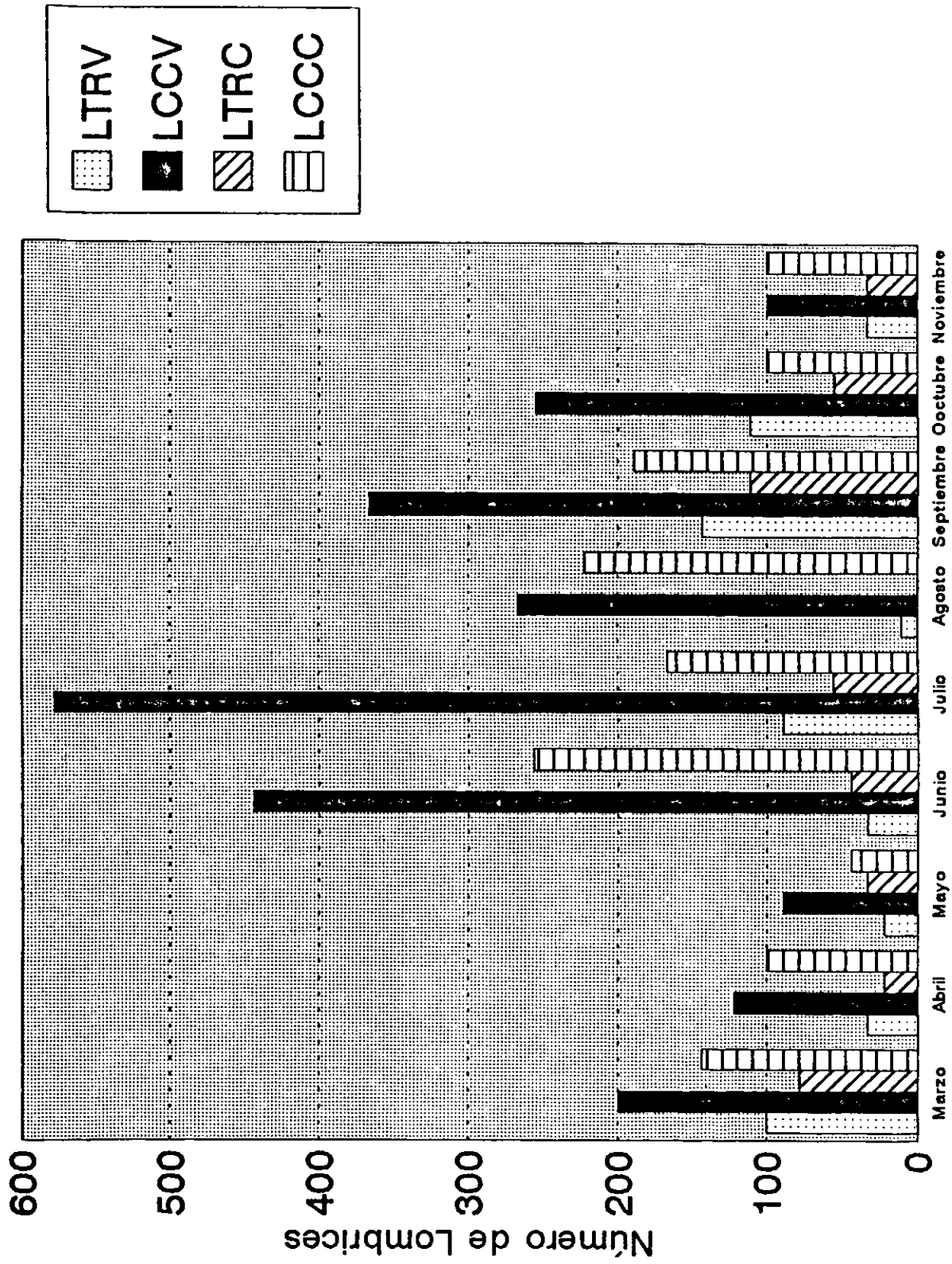


Figura 9. Población de lombriz por m² en el cultivo de maíz bajo diferentes sistemas de labranza.

Debido a que en el primer ciclo (1994) se observó en el campo un menor desarrollo del maíz sembrado en labranza de conservación con cobertura de cebada, se optó por evaluar el efecto alelopático que causan los rastrojos de este cultivo sobre el maíz. Los resultados encontrados en el segundo ciclo de cultivo, fueron que a nivel de invernadero, la variable altura de maíz se vio afectada por las coberturas de cebada.

En el campo, se observó que el maíz sembrado sobre cobertura de veza, presentó mayor altura en todas las dosis de fertilización, comparada con el maíz sembrado sobre cobertura de cebada (Cuadro 11). Es posible que los residuos de cebada afecten el desarrollo del cultivo de maíz frenando su desarrollo y por lo tanto disminuyendo el rendimiento bajo estas condiciones; aspecto corroborado por Vázquez, 1997 en su investigación en las mismas parcelas.

Cuadro 10. Altura de las plantas de maíz (cm) en el invernadero a los 60 DDE como respuesta a la alelopatía de cada cobertura.

Cultivo cobertera	Medias de altura (cm)
Veza	109.366 a
Avena	109.281 a
Testigo	102.875 ab
Cebada	106.124 b
Trigo	94.430 b

Números con letras iguales no son significativas.

Cuadro 11. Altura (cm) de plantas de maíz en el campo a los 60 DDE como respuesta a la alelopatía de cada cobertura.

Trat.	Dosis		Altura cm	
	N	P	Cobertura veza	Cobertura cebada
1	0	0	83.11	71.94
2	40	0	88.38	79.47
3	80	0	90.84	85.22
4	120	0	84.99	85.85
5	40	80	95.61	87.07
6	80	80	92.00	77.41
7	120	80	95.49	86.71
8	0	80	87.73	76.58

6.1.7. Resistencia a la penetrabilidad

Es común creer que al no haber una preparación previa del terreno para su siembra, este sufra una compactación que afectaría al cultivo sembrado bajo labranza de conservación, ya que la relación entre la compactación del suelo y el rendimiento es directa. Sin embargo, es necesario considerar otros aspectos que evitan que este factor se manifieste en su totalidad.

Los promedios de los resultados obtenidos de resistencia a la penetración se presentan en el cuadro 12.

Cuadro 12. Resistencia a la penetrabilidad en kg/cm² de los tratamientos de sistema de labranza con diferentes tipos de coberturas.

	1994	1995	1996	X
LTRC	2.35	2.27	2.38	2.33 c
LTRV	2.11	2.00	2.15	2.08 c
LCCV	3.76	3.21	3.20	3.39 b
LCCC	4.33	4.10	4.21	4.21 a

Números con letras iguales no son significativas.

LTRC = Labranza tradicional con raíz de cebada

LTRV = Labranza tradicional con raíz de veza

LCCV = Labranza de conservación con cobertura de veza

LCCC = Labranza de conservación con cobertura de cebada

Se observa que este factor aumenta en los sistemas de conservación, debiéndose principalmente a la no remoción del suelo; sin embargo, es necesario indicar que las raíces de los cultivos anteriores proporcionan un medio adecuado para el cultivo, y por lo tanto no se presentan diferencias en los rendimientos debido a éste factor. Al respecto, Barragan (1986) reporta que la resistencia se incrementó de 0.02 a 2.74 kg/cm² para la labranza cero, comparada con la tradicional. Ozuna (1987) indica que la resistencia mecánica de los primeros 10 cm del suelo, se incrementó en labranza cero en relación al sistema convencional.

Igualmente Pérez (1996) y Karlen *et al.* (1994) encontraron que la resistencia a la penetrabilidad en el sistema de labranza de conservación con diferentes cantidades de coberturas, no presentó diferencia significativa.

Los resultados obtenidos, son similares a los reportados por Osuna (1987); Figueroa y Morales, 1992 y Pérez, 1996 quienes evaluaron la resistencia a la penetrabilidad en diferentes suelos bajo condiciones distintas.

6.2. Análisis físico y químico del suelo

Los resultados del análisis físico y químico de las muestras representativas de suelo de los tratamientos en los tres ciclos estudiados, se discuten a continuación; para el caso de las características físicas, se procedió de manera general en cada sistema de labranza y tipo de cobertura; para el análisis químico, se procedió a analizar el suelo antes de instalar el experimento y posteriormente en cada ciclo se tomaron dos muestras (antes y después del cultivo de maíz); se realizaron un total de siete análisis de cada característica del suelo a dos profundidades; los datos obtenidos para cada ciclo se promediaron, obteniéndose los datos que a continuación se reportan y discuten.

6.2.1. Densidad

Los valores de densidad aparente del suelo bajo los sistemas de labranza y coberturas, se presentan en el Cuadro 13. Se observa que la densidad aparente es ligeramente mayor en labranza tradicional que en labranza de conservación a las dos profundidades estudiadas. Se encontró mayor densidad en labranza tradicional con raíz de veza (1.3) de 0-5 cm y (1.2) de 5-30 cm; y la menor densidad en labranza de conservación con cobertura de veza (1.1) de 0-5 cm y de (1.0) de 5-30 cm.

Comparando los valores de densidad por sistemas de labranza, se observa que en labranza tradicional es ligeramente mayor (1.2) de 0-5 y de 5-30 cm respectivamente; y de 1.1 de 0-5 cm y 1.0 de 5-30 cm en labranza de conservación (Cuadro 13).

Estos valores coinciden con los datos reportados por Figueroa y Morales (1992) quienes encontraron que los suelos bajo labranza de conservación muestran menor densidad que los suelos con labranza tradicional; resultados semejantes fueron encontrados también por Solano (1996) por Crovetto (1992); y por Coote and Ramsey (1989) quienes encontraron que la densidad aparente fue mayor en labranza

tradicional comparado con la de conservación. Sin embargo. Blevins *et al.* (1983) y Karlen *et al.* (1994) no encontraron diferencias después de estudiar los suelos por 10 años.

Cuadro 13. Densidad aparente (g/cm^3) de los cuatro tratamientos en los tres ciclos del cultivo a dos profundidades.

	1994		1995		1996		Promedio		Prom. por sistema de Labranza	
	0-5 cm	5-30 cm	0.5 cm	5-30 cm	0-5 cm	5-30 cm	0-5 cm	5-30 cm	0-5	5-30
LCCV	1.11	0.95	1.16	1.10	1.12	1.15	1.13 b	1.06 a	1.1 a	1.0 a
LCCC	1.03	1.11	1.12	1.14	1.15	1.12	1.10 b	1.12 a		
LTRV	1.25	1.12	1.31	1.32	1.35	1.22	1.30 a	1.22 a	1.2 a	1.2 a
LTRC	1.23	1.22	1.28	1.25	1.14	1.27	1.21 ab	1.24 a		

LCCV= Labranza de conservación con cobertura de veza

LCCC= Labranza de conservación con cobertura de cebada

LTRV= Labranza tradicional con raíz de veza

LTRC= Labranza tradicional con raíz de cebada

6.2.2. Análisis químico

Las determinaciones que se realizaron fueron: pH, M.O., NT, NO_3^- , NH_4^+ , P, K y CIC, por tres ocasiones a dos profundidades en cada tratamiento, formando un total de 192 análisis de cada característica, las cuales se ubicaron en los tres ciclos del cultivo principal (maíz).

6.2.2.1. pH del suelo

El pH del suelo estadísticamente no muestra cambios significativos por efecto de los diferentes tratamientos de sistemas de labranza y cobertura (parcelas grandes) a las profundidades de 0-5 y 5-30 cm (Cuadro 14 y 15 X_4); sin embargo, se observa un ligero abatimiento en labranza de conservación con cobertura de veza comparada con los otros tratamientos en la primera capa de 0 a 5 cm de profundidad. En los tratamientos de fertilización (parcelas chicas) para las dos profundidades, se observó diferencias significativas al aplicar fertilizante nitrogenado sin fósforo; pero no hubo diferencia cuando se aplicó fósforo en los tratamientos con nitrógeno (Cuadro 14 y 15 X_6).

El fertilizante fosfatado no influyó en el cambio del pH en las dos profundidades (Cuadro 14 y 15 X₇). En labranza de conservación con cobertura de cebada y cobertura de veza el pH disminuyó a través del tiempo (de 1994 a 1996). En la cobertura de cebada el pH varió de 7.3 a 6.7 y con cobertura de veza de 7.2 a 6.6 de 0 a 5 cm de profundidad (Cuadro 14 X₂) y de 5 a 30 cm de profundidad de 7.3 a 6.8 con cobertura de cebada y de 7.2 a 6.9 con cobertura de veza (Cuadro 15 X₃).

En labranza tradicional con raíz de cebada y raíz de veza, estos cambios no se observaron en forma tan marcada; esto indica que las coberturas en la labranza de conservación tienden a abatir el pH del suelo por efecto de la acumulación de materia orgánica y la actividad microbiana del suelo.

El aumento de acidez observado en los tratamientos de labranza de conservación con cobertura de veza y cebada, según Crovetto (1992), está relacionada con la liberación de diferentes tipos de ácidos orgánicos formados durante la descomposición de los residuos.

Estos resultados se deben principalmente a que los materiales usados como coberturas, en su proceso de degradación, acidifican levemente el suelo, al formar compuestos de carácter ácido; sin embargo, las diferencias no son significativas. En las parcelas chicas del ciclo 2, la diferencia en el tratamiento 4 se debe a la cantidad de N sin fósforo.

Para esta variable, Blevins *et al.* (1977) informan que el pH del suelo, fue mas bajo en labranza cero que en labranza tradicional. Lal *et al.* (1979) reportan que en la labranza cero obtuvieron una disminución comparada con la labranza tradicional. Por otra parte, Karlen *et al.* (1994) no encontraron diferencias significativas sobre el pH al estudiar diferentes sistemas de labranza.

Follet y Peterson (1988) encontraron que en la capa de 0 a 5 cm el pH fue más bajo con labranza cero y mínima, que con la labranza tradicional.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Cuadro 14. pH de 0-5 cm de profundidad en los diferentes tratamientos de sistemas de labranza y fertilización en tres ciclos de cultivo (1994-95-96) en Chapingo, México.

Trat.	Labranza Tradicional (LT)						Labranza de Conservación (LC)														
	Raíz de Cebada (RC)			Raíz de Veza (RV)			Cobertura de Cebada (CC)			Cobertura de Veza (CV)											
	Ciclo	X ₁	X ₂	Ciclo	X ₁	X ₂	Ciclo	X ₁	X ₂	Ciclo	X ₁	X ₂									
N	P ₂ O ₅	1994	1995	1996	1994	1995	1996	1994	1995	1996	1994	1995	1996	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	
0	0	7.6	7.1	7.2	7.3	7.5	7.0	7.2	7.5	7.1	7.1	7.2	7.5	7.2	6.7	7.1				7.2 a	
40	0	7.1	7.0	6.8	6.9	6.7	7.3	7.1	7.1	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	6.8	6.9				6.9 b	
80	0	7.2	7.3	7.1	7.2	6.7	7.2	6.8	6.9	7.2	7.2	6.8	7.0	7.3	7.3	6.8	7.1				7.0 ab
120	0	6.9	7.0	7.2	7.0	7.1	7.3	6.6	7.0	6.9	7.0	6.9	7.0	7.1	6.6	6.6	6.7				6.9
0	80	7.1	7.3	7.0	7.1	7.2	7.4	7.0	7.2	7.5	7.2	6.5	7.0	7.4	7.0	6.8	7.0				7.0 ab
40	80	7.3	7.4	7.0	7.2	6.6	7.1	7.1	6.9	7.1	7.3	6.8	7.0	7.2	7.1	6.5	6.9				7.0 ab
80	80	7.3	7.3	7.1	7.2	7.5	7.6	7.2	7.4	7.3	6.6	7.0	7.0	7.1	7.1	6.5	6.9				7.1 ab
120	80	7.1	7.2	7.4	7.2	6.7	7.4	6.8	6.9	7.1	7.5	7.3	6.5	7.0	7.0	6.6	7.0				7.0
X ₃		7.2	7.2	7.1		7.0	7.2	7.0		7.3	7.1	6.7		7.2	7.0	6.6					
X ₄					7.1 a			7.0 a					7.0 a				6.9 a				
X ₅																	6.95				

X₁ Promedio por tratamiento de fertilización (parcela chica) para cada sistema de labranza y cobertura (parcela grande)
X₂ Promedio de tratamientos sin fósforo y con fósforo para cada sistema de labranza y cobertura
X₃ Promedio por año para cada sistema de labranza y cobertura
X₄ Promedio para cada sistema de labranza y cobertura
X₅ Promedio por sistema de labranza
X₆ Promedio total por fertilización
X₇ Promedio total sin fósforo y con fósforo

Cuadro 15. pH de 5-30 cm de profundidad en los tratamientos de sistemas de labranza y fertilización en tres ciclos de cultivo (1994-95-96) en Chapingo, México.

Trat.	Labranza Tradicional (LT)						Labranza de Conservación (LC)														
	Raíz de Cebada (RC)			Raíz de Veza (RV)			Cobertura de Cebada (CC)				Cobertura de Veza (CV)										
	Ciclo		X ₂	Ciclo		X ₁	X ₂	X ₁	X ₂	X ₁	X ₂	X ₁	X ₂	1994	1995	1996	X ₁	X ₂	X ₆	X ₇	
N	P ₂ O ₅	1994	1995	1996	1994	1995	1996	X ₁	X ₂	1994	1995	1996	X ₁	X ₂	1994	1995	1996	X ₁	X ₂	X ₆	X ₇
0	0	7.5	7.3	7.0	7.3	7.4	6.8	7.1		7.4	7.5	7.3	7.4		7.2	7.3	7.1	7.2		7.3 a	
40	0	7.3	7.1	7.0	6.9	7.1	6.4	6.8		7.6	7.0	7.6	7.4		7.0	7.1	6.7	6.9		7.0 b	
80	0	7.3	7.4	7.0	7.3	7.3	7.0	7.2		7.3	7.1	6.6	7.0		7.1	7.1	6.8	7.0		7.1 ab	
120	0	7.1	7.0	7.1	7.3	7.4	6.4	7.0	7.0	7.2	7.0	6.7	6.9	7.1	7.1	7.4	6.9	7.1	7.0	7.0 b	7.1
0	80	7.2	7.1	7.0	7.2	7.3	6.7	7.0		7.1	7.3	6.5	6.9		7.2	7.0	7.0	7.0		7.0 b	
40	80	6.9	7.2	6.8	6.9	7.0	6.8	6.9		7.2	7.3	7.0	7.1		7.1	7.6	7.0	7.2		7.0 b	
80	80	7.3	7.0	7.3	7.3	7.3	6.8	7.1		7.1	7.2	6.5	6.9		7.3	7.3	7.0	7.2		7.1 ab	
120	80	7.3	7.2	7.2	7.1	7.3	6.6	7.0	7.0	7.5	7.1	6.8	7.1	7.0	7.5	7.3	6.8	7.2	7.1	7.1 ab	7.0
X ₃		7.2	7.1	7.0	7.2	7.2	6.7			7.3	7.1	6.8			7.2	7.2	6.9				
X ₄								7.0 a					7.0 a					7.1 a			
X ₅													7.05								

X₁ Promedio por tratamiento de fertilización (parcela chica) para cada sistema de labranza y cobertura (parcela grande)

X₂ Promedio de tratamientos sin fósforo y con fósforo para cada sistema de labranza y cobertura

X₃ Promedio por año para cada sistema de labranza y cobertura

X₄ Promedio para cada sistema de labranza y cobertura

X₅ Promedio por sistema de labranza

X₆ Promedio total por fertilización

X₇ Promedio total sin fósforo y con fósforo

6.2.2.2. Materia orgánica del suelo

El principal beneficio que otorgan las coberturas en los sistemas de conservación es el aumento del contenido de la materia orgánica, derivándose de esta otras propiedades que favorecen el suelo en el buen desarrollo de los cultivos.

En el presente trabajo, no se observan diferencias significativas en el contenido de materia orgánica entre los sistemas de labranza y cobertura (parcela grande) a las profundidades de 0 a 5 y de 5 a 30 cm (Cuadro 6 y 7 del apéndice y Cuadro 16 y 17 X₃). En los tratamientos de fertilización nitrogenada y fosfatada (parcela chica) de 0 a 5 cm no se observó ningún cambio estadístico (Cuadro 16 X₆); de 5 a 30 cm aumentó el contenido de materia orgánica con el nivel más alto de fertilización nitrogenada y fosfatada (Cuadro 17 X₆). En la capa de 0 a 5 cm no se detectaron cambios, posiblemente por la acumulación de mayor cantidad de residuos orgánicos que influyó en el porcentaje de materia orgánica del suelo, enmascarando las diferencias.

De 5 a 30 cm los efectos de los tratamientos de nitrógeno y fósforo se detectaron con mayor claridad, que dio lugar a que se observaran diferencias significativas (Cuadro 17 X₆ y Cuadro 6 y 7 del Apéndice).

Entre los ciclos de cultivo se observó un incremento de materia orgánica en la capa de 0 a 5 cm en labranza de conservación en ambas coberturas. Con cobertura de cebada se incrementó de 1.25 a 2.48% y con cobertura de veza de 1.12 a 2.52% (Cuadro 16 X₃). Sin embargo, esta misma tendencia de incremento de materia orgánica se observó en la capa de 5 a 30 cm de profundidad en los dos sistemas de labranza, valores cuyas diferencias no fueron significativas.

Estos resultados indican que la labranza de conservación mejora el contenido de materia orgánica y el nivel de fertilidad del suelo, favoreciendo la sostenibilidad de este recurso, aspecto reportado por Espinoza *et al.* (1998).

Los incrementos de materia orgánica que se observan anteriormente indican enriquecimiento del suelo de este componente, por los sistemas de labranza con coberturas utilizadas en el presente estudio.

De 5 a 30 cm de profundidad no se observó diferencia significativa tanto por coberturas como por sistemas de labranza. En los niveles de fertilización tampoco se observaron diferencias significativas.

Los resultados obtenidos en el análisis de laboratorio de la materia orgánica son los que se esperarían con el empleo de las coberturas, para el caso de la capa superior del suelo, ya que al irse degradando los restos vegetales de los cultivos empleados como coberturas, van proporcionando la M.O. El mayor contenido a la profundidad de 5 a 30 cm en los sistemas tradicionales se debe a que al incorporar los residuos de las cosechas o de malezas prebarbecho, éstos se colocan a ese nivel, aumentando la M.O. a esa profundidad. Respecto al tipo de cobertura, la veza al estar constituida por tejidos más blandos que la cebada, es más completa y fácil su degradación por los organismos del suelo. El uso de leguminosas como coberturas con baja relación de C/N es mejor que la de las gramíneas, por la rápida descomposición y liberación de nutrimentos (Lal, 1979). Sin embargo, la cobertura de gramíneas incrementa el contenido de M.O. y además mejora la estructura del suelo por el tipo de desarrollo de su sistema radical (García, 1996).

Al comparar el efecto de las parcelas chicas (niveles de N y P) se observa que no hubo diferencias significativas debido a la aplicación de nitrógeno y fósforo, por lo que se considera que aun no se manifiestan los efectos de estos elementos.

Figuroa (1992) al respecto, comenta que la labranza de conservación incrementa el contenido de materia orgánica en la superficie del suelo, induciendo modificaciones en los procesos bioquímicos y químicos en esta zona. Dick (1983) indica que además de incrementar el contenido de carbono orgánico en la superficie, se incrementa la actividad biológica por microorganismos de diversos grupos ecológicos. Blevin *et al.* (1977 y 1983) reportaron un incremento de materia orgánica en los primeros cinco centímetros del suelo.

Cuando la tierra se somete a cultivo, el contenido de materia orgánica del suelo disminuye rápidamente al principio y después a una velocidad que decrece con el paso del tiempo (Johnson y Davis, 1972).

En comparación con la labranza tradicional, en la de conservación es menos la velocidad de disminución de la materia orgánica en el suelo (Unger, 1988).

Lal (1979, 1995 y 2000) indica al respecto que la labranza excesiva y el tráfico de la maquinaria en el proceso de laboreo de la tierra pueden causar severos problemas al disminuir el carbono orgánico y acelerar la erosión del suelo. Este mismo autor nos indica que en los suelos tropicales, se han mantenido mayores niveles de materia orgánica utilizando la labranza de conservación. La acumulación de materia orgánica en este sistema, se debe en parte a la no incorporación del residuo de la superficie y al ambiente más húmedo que existe en la capa superficial del suelo en labranza de conservación. Groffman *et al.* (1987) indican que el índice de mineralización y nitrificación es mayor en labranza convencional y la inmovilización de los nutrientes y la desnitrificación es mayor con labranza cero; sin embargo, la materia orgánica cuantificada, es mayor en los sistemas de labranza de conservación.

El contenido de carbono y nitrógeno en los suelos con labranza de conservación fue un 26% más alto que los suelos con labranza tradicional; los incrementos resultan de los efectos positivos sobre las condiciones físicas especialmente en suelos bajos en materia orgánica (Arshad *et al.* 1990).

Salinas *et al.* (2000) reportan que el contenido de carbono orgánico, la biomasa microbiana, el nitrógeno total e inorgánico y el fósforo asimilable en la capa superficial del suelo, se duplicó en los sistemas de labranza de conservación con relación al sistema tradicional de labranza; ésta observación corresponde a los resultados obtenidos en el presente trabajo.

Al respecto Rice (2000) menciona que los residuos de plantas en labranza de conservación, proporcionan un incremento en la relación C/N de la materia orgánica de la superficie y que el nitrógeno resultante de la aplicación de fertilizante puede inmovilizarse hasta en 41% comparado con un 11% en suelos labrados. De esta forma se explica la poca disponibilidad del nitrógeno por el maíz, por tal motivo existe poca diferencia con los otros tratamientos aquí utilizados.

Cuadro 16. Porcentaje de materia orgánica de 0-5 cm de profundidad en los tratamientos de labranza y fertilización en tres ciclos de cultivo (1994-95-96) en Chapingo, México.

Trat.	Labranza Tradicional (LT)							Labranza de Conservación (LC)													
	Raíz de Cebada (RC)			Raíz de Veza (RV)				Cobertura de Cebada (CC)			Cobertura de Veza (CV)										
	Ciclo	X ₁	X ₂	1994	1995	1996	X ₁	X ₂	X ₃	1994	1995	1996	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇		
N	P ₂ O ₅	1994	1995	1996	1994	1995	1996	X ₁	X ₂	X ₃	1994	1995	1996	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	
0	0	1.35	1.39	1.18	1.30	1.02	0.95	1.85	1.27	1.41	1.10	3.00	1.83	1.28	1.39	2.80	1.82	1.55	a		
40	0	0.95	1.31	1.36	1.20	1.08	1.15	2.91	1.71	1.41	1.02	2.27	1.56	1.08	1.32	1.65	1.35	1.45	a		
80	0	1.21	1.72	1.42	1.45	1.54	1.15	2.47	1.72	1.15	1.18	2.00	1.44	0.95	1.72	2.70	1.79	1.60	a		
120	0	1.61	1.62	1.44	1.55	1.37	0.95	1.15	1.28	1.48	1.25	2.78	1.83	1.66	0.95	1.62	2.80	1.79	1.68	1.61	1.55
0	80	0.88	1.16	1.55	1.19	0.82	0.81	1.34	0.99	1.26	1.15	2.80	1.73	1.21	1.16	2.16	1.51	1.35	a		
40	80	1.61	1.39	1.16	1.38	0.88	1.08	1.75	1.23	1.21	1.13	2.06	1.46	1.21	1.39	2.70	1.76	1.45	a		
80	80	1.35	0.69	1.42	1.15	1.08	1.15	1.85	1.36	0.82	1.10	2.99	1.63	1.15	0.69	2.50	1.44	1.39	a		
120	80	1.48	1.82	1.68	1.66	1.34	1.15	1.22	2.00	1.28	1.12	2.00	1.46	1.57	1.15	1.62	2.92	1.89	1.65	1.61	1.45
X ₃		1.32 a	1.38 a	1.40 a		1.06 a	1.08 a	1.99 b		1.25 a	1.13 a	2.48 b		1.12 a	1.36 a	2.52 b					
X ₄				1.36 a				1.37 a					1.62 a					1.66 a			
X ₅				1.36 a									1.64 a								

X₁ Promedio por tratamiento de fertilización (parcela chica) para cada sistema de labranza y cobertura (parcela grande)
 X₂ Promedio de tratamientos sin fósforo y con fósforo para cada sistema de labranza y cobertura
 X₃ Promedio por año para cada sistema de labranza y cobertura
 X₄ Promedio para cada sistema de labranza y cobertura
 X₅ Promedio por sistema de labranza
 X₆ Promedio total por fertilización
 X₇ Promedio total sin fósforo y con fósforo

Cuadro 17. Porcentaje de materia orgánica de 5-30 cm de profundidad en los tratamientos de labranza y fertilización en tres ciclos de cultivo (1994-95-96) en Chapingo, México.

Trat.	Labranza Tradicional (L.T)						Labranza de Conservación (LC)														
	Raíz de Cebada (RC)		Raíz de Veza (RV)		Cobertura de Cebada (CC)		Cobertura de Veza (CV)		Ciclo		Ciclo		Ciclo		Ciclo						
	1994	1995	1994	1995	1994	1995	1994	1995	1994	1995	1994	1995	1994	1995	1994	1995					
N	P ₂ O ₅	X ₁	X ₂	X ₁	X ₂	X ₁	X ₂	X ₁	X ₂	X ₁	X ₂	X ₁	X ₂	X ₁	X ₂	X ₆	X ₇				
0	0	1.20	1.52	1.43	1.39	0.83	0.88	1.45	1.05	0.95	0.88	2.00	1.27	1.08	0.88	1.13	1.03	1.18 ab			
40	0	1.15	1.39	1.33	1.29	1.02	0.95	1.54	1.17	1.48	0.95	1.80	1.41	1.28	0.95	1.45	1.22	1.27 ab			
80	0	1.02	1.76	1.40	1.39	0.82	1.15	2.00	1.32	0.82	1.15	1.54	1.17	0.88	1.15	1.34	1.12	1.25 ab			
120	0	1.35	1.52	1.43	1.43	1.37	0.95	0.81	1.50	1.15	1.28	0.81	1.49	1.19	1.26	1.02	0.81	1.34	1.05	1.10	1.18 ab
0	80	0.75	1.27	1.60	1.20	1.08	0.95	0.99	1.00	0.95	0.95	1.30	1.06	1.02	0.95	0.95	0.97	1.08 b			
40	80	1.41	1.45	1.35	1.40	1.02	0.96	1.23	1.07	0.95	0.95	1.72	1.20	0.75	0.95	1.23	0.97	1.16 ab			
80	80	1.35	1.72	1.38	1.48	1.15	0.88	1.34	1.12	1.35	0.88	1.33	1.18	0.95	0.88	1.40	1.07	1.21 ab			
120	80	1.35	1.65	1.58	1.52	1.40	1.21	1.08	1.54	1.27	1.11	1.28	1.08	1.16	1.08	1.80	1.34	1.40	1.10	1.35 a	
X ₃		1.19 a	1.53 a	1.43 a		1.01 a	0.95 a	1.44 a		1.13 a	0.95 a	1.56 a		1.00 a	1.04 a	1.27 a					
X ₄			1.38 a				1.13 a					1.21 a					1.10 a				
X ₅												1.15									

X₁ Promedio por tratamiento de fertilización (parcela chica) para cada sistema de labranza y cobertura (parcela grande)

X₂ Promedio de tratamientos sin fósforo y con fósforo para cada sistema de labranza y cobertura

X₃ Promedio por año para cada sistema de labranza y cobertura

X₄ Promedio para cada sistema de labranza y cobertura

X₅ Promedio por sistema de labranza

X₆ Promedio total por fertilización

X₇ Promedio total sin fósforo y con fósforo

6.2.2.3. Nitrógeno del suelo (Nitrógeno total, nitratos y amonio)

El nitrógeno determinado en las muestras de suelo, en los diferentes tratamientos a las dos profundidades estudiadas, se muestra en los Cuadros 17 y 18 para (N_T), 19 y 20 para (NO_3^-), 21 y 22 para (NH_4^+).

En el caso del nitrógeno total, se observa en la capa de 0-5 cm (Cuadro 18) que la fertilización nitrogenada y fosfatada, no causan diferencias significativas en el contenido de nitrógeno total en el sistema de labranza tradicional (Cuadros 8 y 9 del Apéndice); en labranza de conservación, se observan diferencias en los tratamientos con nitrógeno sin fósforo; los tratamientos con fósforo no muestran diferencias significativas en las mismas parcelas grandes. Respecto a los ciclos, en labranza tradicional no se observaron diferencias en labranza de conservación; con cobertura de cebada, en el primer ciclo se determinó 0.083% y en el tercero, 0.095%; con cobertura de veza, se encontró 0.075% y en el tercer ciclo, 0.091% (cuadro 18 X_3). Para el caso de las parcelas grandes (Cuadro 18 X_4), se observa que en labranza de conservación, se encontró mayor porcentaje del nitrógeno total; siendo 0.086% con cobertura de cebada y 0.083% con cobertura de veza; comparado con 0.074% y 0.079% para labranza tradicional con raíz de cebada y de veza respectivamente. Respecto a los sistemas de labranza (Cuadro 18 X_5), se encontró mayor porcentaje de nitrógeno total en labranza de conservación (0.084) que en tradicional (0.076).

A la profundidad de 5-30 cm, no se observan diferencias debido a los tratamientos empleados; los niveles de fertilización nitrogenada y fosfatada, así como los sistemas de labranza y coberturas, se comportaron de manera semejante.

Los resultados obtenidos, son semejantes a los reportados por otros investigadores, ya que la cobertura de veza al contener mayor nitrógeno, proporciona al suelo mayor cantidad de este elemento.

La relación entre los diferentes tratamientos se muestra en los Cuadros 18 y 19 en donde se observa que en la labranza de conservación se obtienen mayores cantidades de éste elemento en la capa de 0-5 cm.

Los resultados antes indicados, coinciden con los reportados por Dick (1983) quien encontró que la concentración de nitrógeno en labranza de conservación, fue dos veces mayor que el encontrado en labranza tradicional.

Por otra parte Blevins *et al.* (1977) hallaron que el contenido de nitrógeno fue más alto de 0 a 5 cm de profundidad bajo labranza de conservación que bajo labranza tradicional. Sin embargo, de 5 a 30 cm de profundidad, la mayor cantidad de éste elemento se presentó con la labranza tradicional, debido principalmente a la incorporación de residuos por la labranza. Según Maurya (1986) se esperaría que el nitrógeno total se incrementara si el suelo estuviera cubierto con residuos de cultivo comparado con el nitrógeno proporcionado al incorporar los residuos mediante el laboreo. Follet y Peterson (1988) al respecto indicaron que esta acumulación de residuos sobre la superficie del suelo y el ciclo de nutrientes parece ser la clave para el incremento del estatus de fertilidad del suelo.

Respecto a los resultados de nitrógeno en forma de nitratos (NO_3^-) en las dos profundidades, se puede observar en los Cuadros 19 y 20 que de 0 a 5 cm no se presentan diferencias marcadas como respuestas a la fertilización nitrogenada y fosfatada (parcelas chicas); sin embargo, si se observaron diferencias entre los ciclos de cultivo (Cuadro 20 X₃) en donde se encontró mayor cantidad de nitratos en el tercer ciclo que en el primero; aspecto ocurrido en todos los tratamientos de parcelas grandes (PG). No hubo diferencias por efecto de sistemas de labranza y coberturas ni por efecto de las coberturas en labranza de conservación. De 5-30 cm, los nitratos se comportaron de manera semejante, ya que sólo se presentaron diferencias entre los años de cultivo; determinándose mayor cantidad de NO_3^- en el tercer ciclo que en los anteriores; y no se observaron diferencias debido a los otros factores.

El nitrógeno amoniacal (NH_4^+) se comportó de manera semejante a los nitratos, en las dos profundidades.

De manera general, no se observaron diferencias por efecto de la fertilización nitrogenada y fosfatada (parcelas chicas); pero sí entre los ciclos de cultivo, encontrándose mayor cantidad de amonio en el tercer ciclo como respuesta a los cuatro tratamientos de parcelas grandes (sistemas de labranza y coberturas), (Cuadro

22 y 23 X₃). No se encontró efecto por acción de las coberturas ni por sistemas de labranza en las dos profundidades.

Los niveles de fertilización, no causaron diferencias significativas tanto en NO₃ como en los NH₄.

Se esperaba que al aumentar la materia orgánica en la primera capa del suelo bajo el sistema de labranza de conservación, se aumentaran también los nitratos y amonio en esta zona, debido al proceso de mineralización de los residuos empleados como coberturas; los resultados obtenidos no son los que se esperaban, para el caso de las coberturas y sistemas de labranza. Según se observa, hay mayor cantidad de NO₃⁻ y NH₄⁺ en los tratamientos con cobertura de cebada, comparada con la de veza; y muy poca diferencia por los sistemas de labranza.

Estos resultados son semejantes a los reportados por Thomas *et al.* (1973) citado por Jerrel (1989) quienes encontraron mayores pérdidas de nitratos en el sistema de conservación que en el tradicional, debido principalmente a que al haber mayor humedad en el primero, estos compuestos de nitrógeno se lixiviaban más en el sistema de conservación, y en la tradicional al estar el suelo más seco, los nitratos son adsorbidos por los agregados del suelo, aspecto comprobado por Edwards *et al.* (1989) quienes encontraron que la lluvia o el agua de riego tienden a hacer que los nitratos se muevan más allá de los 50 cm de profundidad del suelo.

Arshad *et al.* (1990) concluyeron que los suelos bajo el sistema de labranza convencional contienen mayores cantidades de M.O. y N_T y menores valores de pH que los suelos con labranza tradicional; la M.O. contiene más carbohidratos, aminoácidos y aminoazúcares alifáticos, pero menos aromáticos que la M.O. en los suelos bajo el sistema convencional.

El incremento del contenido de nitrógeno total en la superficie del suelo en labranza de conservación, resulta del incremento en la acumulación de materia orgánica de 0-5 cm de profundidad; este contenido se reduce al incrementar la profundidad del suelo, aspecto asociado con la disminución del contenido de materia orgánica; este resultado fue observado igualmente por Blévins *et al.* (1977); Follety Peterson (1998); Salinas *et al.* (1997) y Unger (1988).

Salinas *et al.* (2000) reportan que en los tratamientos de labranza de conservación lograron concentraciones mayores de nitrógeno inorgánico en la capa superficial del suelo (30.2 kg/ha y 48.0 kg/ha) en dos tipos de suelo de Michoacán, comparado con (16.4 kg/ha y 30.6 kg/ha en labranza tradicional. Estos resultados indican que la labranza de conservación es un sistema recomendado para que en un futuro próximo, se disminuya el uso de los fertilizantes inorgánicos en la producción de los cultivos.

Cuadro 18. % de nitrógeno total de 0-5 cm de profundidad en los diferentes tratamientos de sistemas de labranza y fertilización en tres ciclos de cultivo (1994, 1995 y 1996) en Chapingo, Méx.

Trat.	P ₂ O ₅	Labranza de Conservación (LC)																				
		Labranza Tradicional (LT)						Labranza de Cebada (CC)														
		Raíz de Cebada (RC)		Raíz de Zeza (RV)		Cobertura de Zeza (CV)		Cobertura de Cebada (CC)		Cobertura de Zeza (CV)		Cobertura de Cebada (CC)		Cobertura de Zeza (CV)								
Ciclo		Ciclo		Ciclo		Ciclo		Ciclo		Ciclo		Ciclo										
		1994	1995	1996	X ₁	X ₂	1994	1995	1996	X ₁	X ₂	1994	1995	1996	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	
0	0	0.086	0.069	0.069	0.074	0.074	0.066	0.071	0.080	0.090	0.076	0.097	0.087	0.068	0.076	0.084	0.076					0.079 a
40	0	0.080	0.066	0.068	0.071	0.074	0.081	0.116	0.090	0.077	0.081	0.090	0.082	0.077	0.081	0.086	0.081					0.081 a
80	0	0.077	0.065	0.071	0.077	0.102	0.078	0.071	0.083	0.082	0.078	0.094	0.084	0.073	0.078	0.084	0.076					0.080 a
120	0	0.097	0.081	0.072	0.083	0.076	0.058	0.082	0.077	0.082	0.098	0.102	0.096	0.072	0.092	0.099	0.087	0.080	0.085	0.085	0.085	0.081 a
0	80	0.096	0.069	0.058	0.074	0.064	0.087	0.077	0.076	0.068	0.087	0.089	0.087	0.080	0.087	0.099	0.088					0.081 a
40	80	0.092	0.034	0.071	0.065	0.072	0.084	0.079	0.078	0.060	0.084	0.096	0.080	0.082	0.084	0.094	0.086					0.077 a
80	80	0.105	0.081	0.085	0.090	0.080	0.084	0.082	0.082	0.087	0.084	0.099	0.090	0.080	0.084	0.092	0.085					0.086 a
120	80	0.062	0.058	0.075	0.065	0.073	0.071	0.076	0.068	0.071	0.076	0.094	0.085	0.080	0.084	0.093	0.085	0.080	0.086	0.076	0.080	0.080 a
X ₃		0.086	0.067	0.071		0.074	0.084	0.080		0.083	0.083	0.095		0.076	0.083	0.091						
X ₄				0.074 a				0.079 a				0.086 a				0.083 a						
X ₆							0.076								0.084							

X₁ Promedio por tratamiento de fertilización (parcela chica) para cada sistema de labranza y cobertura (parcela grande)
X₂ Promedio de tratamientos sin fósforo y con fósforo para cada sistema de labranza y cobertura
X₃ Promedio por año para cada sistema de labranza y cobertura
X₄ Promedio para cada sistema de labranza y cobertura
X₅ Promedio por sistema de labranza
X₆ Promedio total por fertilización
X₇ Promedio total sin fósforo y con fósforo

Cuadro 19. % de nitrógeno total de 5-30 cm de profundidad en los diferentes tratamientos de sistemas de labranza y fertilización en tres ciclos de cultivo (1994, 1995 y 1996) en Chapingo, Méx.

Trat.	Labranza Tradicional (LT)												Labranza de Conservación (LC)										
	Raíz de Cebada (RC)			Raíz de Zeza (RV)			Cobertura de Cebada (CC)			Cobertura de Zeza (CV)													
	Ciclo			Ciclo			Ciclo			Ciclo			Ciclo										
	1994	1995	1996	1994	1995	1996	1994	1995	1996	1994	1995	1996	1994	1995	1996	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.082	0.076	0.070	0.076	0.069	0.064	0.064	0.065	0.065	0.063	0.065	0.061	0.055	0.063	0.065	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.082	0.069	0.065	0.072	0.071	0.050	0.066	0.062	0.063	0.065	0.067	0.065	0.063	0.065	0.067	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.072	0.088	0.070	0.076	0.062	0.076	0.063	0.067	0.058	0.066	0.060	0.061	0.058	0.066	0.060	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.090	0.076	0.070	0.078	0.058	0.076	0.073	0.069	0.066	0.075	0.075	0.078	0.086	0.075	0.075	0.078	0.066	0.066	0.066	0.066	0.066	0.066	0.066
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.086	0.072	0.067	0.075	0.069	0.078	0.074	0.073	0.058	0.068	0.056	0.060	0.058	0.068	0.056	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.092	0.086	0.070	0.082	0.077	0.070	0.073	0.073	0.102	0.067	0.073	0.080	0.102	0.067	0.073	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.091	0.082	0.083	0.085	0.077	0.078	0.073	0.076	0.086	0.068	0.062	0.072	0.086	0.068	0.062	0.072	0.072	0.072	0.072	0.072	0.072	0.072	0.072
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.053	0.063	0.075	0.063	0.076	0.074	0.070	0.068	0.072	0.046	0.070	0.060	0.058	0.067	0.060	0.058	0.067	0.067	0.067	0.067	0.067	0.067	0.067
X ₃	0.081	0.079	0.071		0.075	0.070	0.068		0.069	0.067	0.064		0.064	0.067	0.064	0.064	0.064	0.064	0.064	0.064	0.064	0.064	0.064
X ₄			0.075 a				0.068 a					0.068 a											0.068 a
X ₅						0.071																	0.067

X₁ Promedio por tratamiento de fertilización (parcela chica) para cada sistema de labranza y cobertura (parcela grande)
 X₂ Promedio de tratamientos sin fósforo y con fósforo para cada sistema de labranza y cobertura
 X₃ Promedio por año para cada sistema de labranza y cobertura
 X₄ Promedio para cada sistema de labranza y cobertura
 X₅ Promedio por sistema de labranza
 X₆ Promedio total por fertilización
 X₇ Promedio total sin fósforo y con fósforo

Cuadro 20. Contenido de nitratos (ppm) de un suelo de 0-5 cm de profundidad en los tratamientos de sistemas de labranza, coberturas y fertilización en tres ciclos de cultivo en Chapingo, México.

Trat.	P ₂ O ₅	Labranza Tradicional (LT)						Labranza de Conservación (LC)													
		Raíz de Cebada (RC)			Raíz de Veza (RV)			Cobertura de Cebada (CC)			Cobertura de Veza (CV)										
		1994	1995	1996	1994	1995	1996	X ₁	X ₂	1994	1995	1996	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇		
0	0	28	35	42	35	28	21	43	30	21	18	44	27	21	18	44	27	29 b			
40	0	42	40	51	47	28	30	47	35	35	18	45	32	35	18	45	32	36 a			
80	0	28	38	46	37	35	28	43	35	35	18	44	32	35	18	44	32	34 ab			
120	0	35	35	43	37	42	28	42	37	34	28	41	30	28	21	41	30	33 ab	33 a		
0	80	35	42	43	40	42	25	44	37	35	18	46	33	35	18	46	33	35 ab			
40	80	36	45	41	40	28	21	46	31	28	20	46	31	28	20	46	31	33 ab			
80	80	35	38	46	39	28	35	45	36	28	21	41	30	28	21	41	30	33 ab			
120	80	42	35	44	49	39	28	40	38	35	42	44	36	32	43	24	44	37	32	37 a	34 a
X ₃		35	38	44		32	28	44		31	19	43		31	19	43					
X ₄		39 a				34 a				31 a					31 a						
X ₅					36										31						

X₁ Promedio por tratamiento de fertilización (parcela chica) para cada sistema de labranza y cobertura (parcela grande)
 X₂ Promedio de tratamientos sin fósforo y con fósforo para cada sistema de labranza y cobertura
 X₃ Promedio por año para cada sistema de labranza y cobertura
 X₄ Promedio para cada sistema de labranza y cobertura
 X₅ Promedio por sistema de labranza
 X₆ Promedio total por fertilización
 X₇ Promedio total sin fósforo y con fósforo

Cuadro 21. Contenido de nitratos (ppm) de un suelo de 5-30 cm de profundidad en los tratamientos de sistemas de labranza, coberturas y fertilización en tres ciclos de cultivo en Chapingo, México.

Trat.	Labranza Tradicional (LT)						Labranza de Conservación (LC)																
	Raíz de Cebada (RC)		Raíz de Veza (RV)		Cobertura de Cebada (CC)		Cobertura de Veza (CV)		Ciclo		Ciclo												
	1994	1995	1994	1995	1994	1995	1994	1995	1994	1995	1996	1996											
N	X ₁	X ₂	X ₁	X ₂	X ₁	X ₂	X ₁	X ₂	X ₁	X ₂	X ₁	X ₂											
0	28	28	44	33	28	25	42	31	21	22	45	29	30 a										
40	0	35	45	52	44	25	21	46	30	28	14	44	28	32 a									
80	0	45	35	44	41	28	25	42	31	35	16	44	31	33 a									
120	0	35	42	44	40	39	21	30	50	33	31	28	12	42	27	28	31 a						
0	80	28	50	44	40	40	28	22	44	31	35	21	45	33	35	21	45	33	34 a				
40	80	43	45	52	46	46	21	35	45	33	28	13	45	28	28	13	45	28	33 a				
80	80	35	44	44	41	41	28	31	44	34	28	22	40	30	28	22	40	30	33 a				
120	80	28	28	45	33	40	28	28	48	34	33	42	17	44	34	31	42	17	44	34	31	33 a	
X ₃	34	39	46				25	27	45			30	17	43	30	17	43						
X ₄	39 a						32 a					30 a						30 a					
X ₅																		30					

X₁ Promedio por tratamiento de fertilización (parcela chica) para cada sistema de labranza y cobertura (parcela grande)

X₂ Promedio de tratamientos sin fósforo y con fósforo para cada sistema de labranza y cobertura

X₃ Promedio por año para cada sistema de labranza y cobertura

X₄ Promedio para cada sistema de labranza y cobertura

X₅ Promedio por sistema de labranza

X₆ Promedio total por fertilización

X₇ Promedio total sin fósforo y con fósforo

Cuadro 23. Contenido de amonio (ppm) de un suelo de 5-30 cm de profundidad en los tratamientos de sistemas de labranza, coberturas y fertilización en tres ciclos de cultivo en Chapingo, México.

Trat.	Labranza Tradicional (LT)						Labranza de Conservación (LC)																
	Raíz de Cebada (RC)			Raíz de Veza (RV)			Cobertura de Cebada (CC)			Cobertura de Veza (CV)													
	Ciclo		X ₂	Ciclo		X ₁	Ciclo		X ₁	Ciclo			X ₁	X ₂	X ₆	X ₇							
N	P ₂ O ₅	1994	1995	1996	X ₁	X ₂	1994	1995	1996	X ₁	X ₂	1994	1995	1996	X ₁	X ₂	X ₆	X ₇					
0	0	42	49	47	46	42	33	51	42	42	57	53	50	42	49	47	46	46 a					
40	0	56	54	49	53	28	28	46	34	42	41	52	45	42	24	47	37	42 a					
80	0	35	39	42	38	35	20	46	33	42	35	51	42	35	39	49	41	38 a					
120	0	49	47	65	53	47	35	31	48	38	36	35	47	60	47	46	35	46	55	45	56	45 a	52 a
0	80	49	42	53	48	35	28	46	36	49	47	53	49	35	31	49	38	42 a					
40	80	48	49	51	49	28	35	51	38	42	45	51	46	42	31	51	41	43 a					
80	80	42	47	59	49	35	30	49	38	42	58	49	49	42	21	55	39	43 a					
120	80	35	34	51	40	46	42	35	49	42	38	63	37	51	50	48	42	49	49	46	41	44 a	43 a
X ₃		44	45	52		35	30	48		44	45	52		50	36	50							
X ₄		47 a				37 b				47 a				45 a									
X ₅					42								46										

X₁ Promedio por tratamiento de fertilización (parcela chica) para cada sistema de labranza y cobertura (parcela grande)

X₂ Promedio de tratamientos sin fósforo y con fósforo para cada sistema de labranza y cobertura

X₃ Promedio por año para cada sistema de labranza y cobertura

X₄ Promedio para cada sistema de labranza y cobertura

X₅ Promedio por sistema de labranza

X₆ Promedio total por fertilización

X₇ Promedio total sin fósforo y con fósforo

6.2.2.4. Fósforo

El contenido de fósforo en los diferentes tratamientos empleados en la presente investigación se muestra en los Cuadros 24 y 25 en donde se pueden observar los tres resultados a las dos profundidades en cada tratamiento de fertilización, cobertura y sistema de labranza en los tres ciclos de cultivo.

Se observa que en la primera capa (0-5 cm) se encontraron concentraciones de fósforo mayores en los tratamientos que contenían fósforo como fertilizante en los cuatro casos de parcelas grandes (Cuadro 24 X₂). Así mismo, se observan incrementos de fósforo en el suelo como respuesta al tiempo que duró el experimento: se encontró que en el primer ciclo, los valores de fósforo fueron; 10.5 ppm, 8.2 ppm, 11.4 ppm y 9.4 ppm; y en el tercer ciclo las concentraciones de este elemento fueron 17.5, 10.0, 20.0 y 13.5 en LTRC, LTRV, LCCC y LCCV respectivamente (Cuadro 24 X₃).

En relación a los sistemas de labranza y cobertura (PG), se observan ligeros incrementos en labranza de conservación respecto a la tradicional (Cuadro 24 X₄ y X₅). De 5-30 cm (Cuadro 25 X₂) se observa un incremento de fósforo como respuesta a la fertilización fosfatada en los cuatro casos de parcelas grandes; se observa también un ligero incremento de fósforo conforme transcurre el tiempo, ya que en el tercer ciclo se encontró mayor concentración que en el primer ciclo (Cuadro 25 X₃).

Respecto a los sistemas de labranza y coberturas, no se observan diferencias considerables (Cuadro 25 X₄ y X₅).

Debido a la poca movilidad del fósforo en los suelos en donde se encuentra o es aplicado, su cuantificación, en muchas ocasiones, no refleja su verdadera presencia; sin embargo, se puede observar que de manera general no hubo un efecto significativo ó espectacular, debido probablemente al poco tiempo que se tiene realizando este trabajo y además a que en las parcelas en donde se instaló, se ha fertilizado durante mucho tiempo con fertilización fosfatada. Por otra parte, se esperaría que al aumentar la materia orgánica en labranza de conservación, aumentara significativamente la concentración de fósforo, ya que este elemento forma parte de esta materia.

Por otro lado, Lal *et al.* (1979) encontraron que después de 12 años de tratamiento continuo el P-Bray fue mas alto de 0 a 10 cm de profundidad bajo cero labranza que bajo labranza convencional.

El fósforo disponible, según Dick *et al.* (1991) fue mayor en la superficie (0-7.5 cm) con cero labranza comparada con labranza tradicional; éste se acumula rapidamente en la capa superficial del suelo.

Cuadro 24. Contenido de fósforo (ppm) de un suelo de 0-5 cm de profundidad en los tratamientos de sistemas de labranza, coberturas y fertilización en tres ciclos de cultivo en Chapingo, México.

Trat.	Labranza Tradicional (LT)						Labranza de Conservación (LC)																	
	Raíz de Cebada (RC)		Raíz de Veza (RV)		Cobertura de Cebada (CC)		Cobertura de Veza (CV)		Ciclo		Ciclo		Ciclo		X ₇									
	X ₁	X ₂	X ₁	X ₂	X ₁	X ₂	X ₁	X ₂	X ₁	X ₂	1994	1995	1996	X ₁		X ₂								
N	P ₂ O ₅	1994	1995	1996	X ₁	X ₂	1994	1995	1996	X ₁	X ₂	1994	1995	1996	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇			
0	0	10.6	15.4	15.0	13.6	6.1	12.7	8.8	9.2	8.6	22.6	17.0	16.0	9.1	14.1	9.0	10.7	12.3	bc					
40	0	9.6	19.6	11.0	13.4	8.6	8.5	9.6	8.9	9.6	23.7	15.0	16.1	9.6	19.7	12.8	14.0	13.1	b					
80	0	8.6	16.8	15.0	13.4	6.1	5.6	10.0	7.2	10.6	26.0	16.0	17.5	7.6	19.7	9.4	12.2	12.5	bc					
120	0	9.1	19.5	16.0	14.8	13.8	6.6	18.3	8.9	11.2	9.1	9.6	11.3	15.0	11.9	15.3	5.6	10.1	7.1	11.0	11.2	12.2	12.2	
0	80	9.6	16.8	26.0	17.4	8.6	31.0	6.2	15.2	15.0	28.1	26.0	23.0	11.7	45.0	16.0	24.2	19.9	a					
40	80	9.6	19.7	16.0	15.1	10.6	42.3	12.6	21.8	17.2	22.3	22.0	20.5	10.6	35.3	14.0	19.9	19.3	a					
80	80	15.2	16.3	16.0	16.5	8.6	21.2	12.8	14.2	11.1	22.4	24.0	19.1	11.7	14.1	18.0	14.6	12.4	bc					
120	80	11.7	28.1	25.0	21.6	17.6	11.1	22.6	11.8	15.1	16.5	10.1	29.5	25.0	21.5	21.0	10.0	7.0	19.2	12.0	17.6	16.0	20.0	20.0
X ₃		10.5	19.2	17.5		8.2	20.2	10.0		11.4	23.2	20.0		9.4	20.0	13.5								
X ₄		15.7	a			12.8	a			18.2	a			14.3	a									
X ₅						14.2	a							16.2	a									

X₁ Promedio por tratamiento de fertilización (parcela chica) para cada sistema de labranza y cobertura (parcela grande)
X₂ Promedio de tratamientos sin fósforo y con fósforo para cada sistema de labranza y cobertura
X₃ Promedio por año para cada sistema de labranza y cobertura
X₄ Promedio para cada sistema de labranza y cobertura
X₅ Promedio por sistema de labranza
X₆ Promedio total por fertilización
X₇ Promedio total sin fósforo y con fósforo

Cuadro 25. Contenido de fósforo (ppm) de un suelo de 5-30 cm de profundidad en los tratamientos de sistemas de labranza, coberturas y fertilización en tres ciclos de cultivo en Chapingo, México.

Trat.	Labranza Tradicional (LT)						Labranza de Conservación (LC)																	
	Raíz de Cebada (RC)			Raíz de Veza (RV)			Cobertura de Cebada (CC)			Cobertura de Veza (CV)														
	Ciclo		X ₁	Ciclo		X ₁	Ciclo		X ₁	Ciclo			X ₁	X ₂	X ₆	X ₇								
N	P ₂ O ₅	1994	1995	1996	1994	1995	1996	X ₁	X ₂	1994	1995	1996	X ₁	X ₂	1994	1995	1996	X ₁	X ₂	X ₆	X ₇			
0	0	8.1	22.6	15.0	15.2	5.6	9.9	7.5	7.6	5.5	26.8	11.0	14.4	4.0	24.0	4.5	10.8	12.0	abc					
40	0	10.6	18.2	11.0	13.2	7.1	21.2	7.4	11.9	6.6	33.9	14.0	18.1	8.1	24.0	11.4	14.5	10.0	bc					
80	0	8.1	15.4	10.0	11.1	4.6	19.7	6.1	10.1	8.6	22.6	10.0	13.7	5.6	8.5	7.3	7.1	10.5	b					
120	0	7.6	15.4	11.0	11.3	12.7	6.6	11.3	9.4	9.1	9.6	8.6	18.3	6.0	10.9	14.2	2.0	2.8	3.0	2.6	8.7	8.4	10.2	a
0	80	7.6	22.6	24.0	18.0	8.6	18.3	6.5	11.1	10.6	29.6	24.0	21.4	6.1	19.7	9.6	11.8	15.5	ab					
40	80	12.2	23.9	15.0	17.0	8.6	21.2	12.0	13.9	9.1	32.4	14.0	18.5	6.1	39.5	8.2	17.9	16.8	a					
80	80	9.6	15.5	17.0	14.0	4.0	14.1	6.6	8.2	11.1	21.2	17.0	16.4	4.6	11.3	7.0	7.6	11.5	abc					
120	80	8.6	31.0	11.0	16.8	16.4	6.1	25.4	11.0	14.1	11.8	8.6	21.2	11.0	13.6	17.4	7.8	8.5	8.1	11.3	13.1	ab	10.4	a
X ₃		9.0	20.5	14.2		6.4	17.6	8.3		8.5	25.7	13.3		5.4	17.2	7.3								
X ₄		14.5	ab			10.7	b			15.8	a			9.9	b									
X ₅					12.6	a								12.8	a									

X₁ Promedio por tratamiento de fertilización (parcela chica) para cada sistema de labranza y cobertura (parcela grande)

X₂ Promedio de tratamientos sin fósforo y con fósforo para cada sistema de labranza y cobertura

X₃ Promedio por año para cada sistema de labranza y cobertura

X₄ Promedio para cada sistema de labranza y cobertura

X₅ Promedio por sistema de labranza

X₆ Promedio total por fertilización

X₇ Promedio total sin fósforo y con fósforo

6.2.2.5. Potasio

El contenido de potasio de los suelos a las dos profundidades en los diferentes tratamientos se presenta en los Cuadros 26 y 27.

Se observa que de 0-5 cm de profundidad (Cuadro 26) para los diferentes tratamientos de fertilización no hubo cambios en el contenido de potasio en la capa superior del suelo; sin embargo, si se observa una disminución del contenido de este elemento conforme pasa el tiempo; en el primer ciclo (1994) en los cuatro tratamientos de sistemas de labranza y coberturas (PG) las concentraciones determinadas son: para labranza tradicional con raíz de cebada se encontraron 21.9 ppm; con raíz de veza 21.9 ppm; en labranza de conservación con cobertura de cebada se determinaron 20.0 ppm, y con cobertura de veza 24.1 ppm. En el tercer ciclo se cuantificaron: 11.9, 12.9, 13.8 y 16.3 respectivamente (Cuadro 26 X₃), esto indica que probablemente éste elemento se extrajo por el cultivo o se perdió en el sistema, cuantificándose menor cantidad al final del experimento. En los sistemas de labranza y coberturas, no se observan diferencias (Cuadro 26 X₄). Los sistemas de labranza no afectaron el contenido de potasio a esta profundidad.

De 5-30 cm (Cuadro 27), se observan contenidos semejantes a los encontrados en la primera capa. No hay diferencias por efecto de la fertilización nitrogenada y fosfatada; no se observan diferencias por el efecto de los tratamientos de sistemas de labranza y coberturas y no se encontraron diferencias marcadas por efecto de los sistemas de labranza. Sí se observan diferencias debido a los ciclos de cultivo; se encontraron mayores cantidades de potasio al inicio del experimento y al final, la concentración fue menor en los cuatro casos de parcelas grandes (Cuadro 27 X₁, X₂, X₃, X₄ y X₅).

El potasio evaluado en los diferentes tratamientos, es semejante a lo reportado por Blevins *et al.* (1983) quienes encontraron que el K aumenta su contenido en labranza cero, comparado con la tradicional, a la profundidad de 0 a 5 cm.

Lo mismo encontraron Isro Ismail *et al.* (1994); sin embargo, no encontraron diferencias significativas después de 5 años de trabajo. Lal *et al.* (1994) reportan mayor contenido de K en la capa de 0 a 10 cm en un suelo bajo labranza cero que bajo labranza convencional.

Cuadro 26. Contenido de potasio (ppm) de un suelo de 0-5 cm de profundidad en los tratamientos de sistemas de labranza, coberturas y fertilización en tres ciclos de cultivo en Chapingo, México.

Trat.	Labranza Tradicional (LT)						Labranza de Conservación (LC)																	
	Raíz de Cebada (RC)			Raíz de Veza (RV)			Cobertura de Cebada (CC)			Cobertura de Veza (CV)														
	Ciclo	X ₁	X ₂	X ₁	X ₂	X ₁	X ₂	X ₁	X ₂	X ₁	X ₂	1994	1995	1996	X ₁	X ₂	X ₆	X ₇						
N	P ₂ O ₅	1994	1995	1996	1994	1995	1996	1994	1995	1996	1994	1995	1996	1994	1995	1996	X ₁	X ₂	X ₆	X ₇				
0	0	16.9	26.3	11.0	19.0	17.0	26.0	13.0	18.6	24.4	35.7	13.0	24.3	29.4	78.0	17.0	41.4	25.8 a						
40	0	16.9	23.5	8.5	16.3	17.0	23.5	15.0	18.5	13.1	36.6	13.0	20.9	13.2	78.0	15.0	35.4	22.7 a						
80	0	18.8	17.8	15.0	17.2	18.8	74.2	18.0	37.0	11.2	24.4	13.0	16.2	12.2	76.0	18.0	35.4	26.4 a						
120	0	30.0	36.6	8.0	24.8	19.3	30.0	55.5	11.0	32.1	26.5	30.0	20.6	17.0	22.5	20.9	38.5	48.0	11.0	32.5	28.0	27.9 a	27.5 a	
0	80	22.5	30.0	22.5	25.0	22.5	30.0	11.5	21.3	22.5	17.8	15.0	18.4	26.3	51.7	18.0	32.0	19.9 a						
40	80	22.5	39.4	8.5	23.4	22.5	39.5	7.5	23.1	19.0	30.0	12.5	18.8	22.5	70.0	15.0	35.8	29.2 a						
80	80	35.7	39.4	13.0	29.3	35.7	39.5	15.0	30.0	23.0	29.1	13.0	21.8	70.0	22.5	70.0	15.0	35.8	29.2 a					
120	80	12.2	35.7	9.0	18.9	24.1	12.2	35.7	12.5	20.1	23.6	16.9	29.1	14.0	20.0	19.7	17.0	72.5	20.0	36.5	36.3	23.8 a	24.8 a	
X ₃		21.9	31.0	11.9		21.9	40.4	12.9		20.0	27.9	13.8		24.1	68.3	16.3								
X ₄		21.6 a				25.0 a				20.5 a				36.2 a										
X ₅					23.3						28.3													

X₁ Promedio por tratamiento de fertilización (parcela chica) para cada sistema de labranza y cobertura (parcela grande)
 X₂ Promedio de tratamientos sin fósforo y con fósforo para cada sistema de labranza y cobertura
 X₃ Promedio por año para cada sistema de labranza y cobertura
 X₄ Promedio para cada sistema de labranza y cobertura
 X₅ Promedio por sistema de labranza
 X₆ Promedio total por fertilización
 X₇ Promedio total sin fósforo y con fósforo

Cuadro 27. Contenido de potasio (ppm) de un suelo de 5-30 cm de profundidad en los tratamientos de sistemas de labranza, coberturas y fertilización en tres ciclos de cultivo en Chapingo, México.

Trat.	Labranza Tradicional (LT)							Labranza de Conservación (LC)																	
	Raíz de Cebada (RC)			Raíz de Veza (RV)				Cobertura de Cebada (CC)			Cobertura de Veza (CV)														
	Ciclo	X ₁	X ₂	1994	1995	1996	X ₁	X ₂	X ₁	X ₂	1994	1995	1996	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₆	X ₇						
N	P ₂ O ₅	0	12.2	16.9	8.0	12.3	12.2	17.0	11.0	13.4	12.2	16.9	6.0	11.7	14.2	30.0	9.0	17.7	13.6 a						
		40	0	13.3	16.9	7.0	12.4	10.3	17.0	9.0	12.1	12.2	16.9	7.5	12.2	13.1	38.5	9.0	20.2	14.1 a					
		80	0	12.2	17.8	10.0	13.3	12.2	17.0	16.0	15.0	10.3	20.6	7.0	12.6	12.3	24.5	16.0	17.6	14.4 a					
		120	0	24.4	22.5	7.0	17.9	13.9	24.4	22.5	7.5	18.1	14.6	14.1	16.9	7.5	12.8	12.3	11.1	17.0	7.5	11.8	16.6	15.4 a	14.3 a
		0	80	13.1	13.1	7.0	11.0	13.1	13.0	10.0	12.0	30.0	16.9	11.0	19.3	27.0	26.0	15.0	22.6	16.4 a					
		40	80	14.1	29.1	9.0	17.4	14.1	29.0	6.0	16.3	14.1	17.8	6.8	12.9	16.5	42.3	8.0	22.2	17.0 a					
		80	80	16.9	23.5	8.0	16.1	17.0	23.5	7.5	13.5	18.8	22.5	10.0	17.1	17.2	26.3	8.0	17.1	12.7 a					
		120	80	13.1	17.8	8.0	12.9	14.3	13.1	17.8	9.0	13.3	13.7	8.4	16.9	7.5	10.9	15.0	9.4	29.1	15.0	17.8	20.8	14.4 a	15.1 a
		X ₃		14.9	19.7	8.0		14.5	19.6	9.5		15.0	18.1	7.9		15.1	29.2	10.9							
		X ₄		14.2 a				14.5 a				13.6 a				18.4 a									
		X ₅														16.0 a									

X₁ Promedio por tratamiento de fertilización (parcela chica) para cada sistema de labranza y cobertura (parcela grande)

X₂ Promedio de tratamientos sin fósforo y con fósforo para cada sistema de labranza y cobertura

X₃ Promedio por año para cada sistema de labranza y cobertura

X₄ Promedio para cada sistema de labranza y cobertura

X₅ Promedio por sistema de labranza

X₆ Promedio total por fertilización

X₇ Promedio total sin fósforo y con fósforo

6.2.2.6. Capacidad de intercambio de cationes

Los valores de la capacidad de intercambio de cationes (CIC) obtenidos en el presente estudio, se reportan en los Cuadros 28 y 29.

Se observa que esta propiedad varió muy poco como respuesta a los diferentes tratamientos empleados. La fertilización nitrogenada y fosfatada no causó ningún efecto en la CIC del suelo en las dos profundidades. Entre los ciclos de cultivo, no se observaron respuestas (Cuadros 28 y 29 X₃) en las dos profundidades, a excepción del tratamiento con labranza de conservación con cobertura de veza; en la capa de 0-5 cm, en donde se observa la única respuesta, la cual en el primer ciclo (1994) se determinaron 13 meq/100 g y en el tercer ciclo (1996) fueron 20 meq/100 g de suelo los cuantificados. Todos los otros factores, no causaron ningún efecto sobre la CIC del suelo. El incremento de la CIC en los suelos bajo el sistema de labranza de conservación con cobertura de veza, se debió principalmente al aumento del contenido de materia orgánica proporcionada por la cobertura utilizada; esta respuesta fue observada igualmente por Crovetto (1992) quien al emplear labranza de conservación, encontró un efecto positivo de la materia orgánica sobre la CIC de los suelos a la profundidad de 0-5 cm.

Cuadro 28. Capacidad de intercambio catiónico (CIC) (c mol (+) kg⁻¹) de un suelo de 0-5 cm de profundidad en los tratamientos de sistemas de labranza, coberturas y fertilización en tres ciclos de cultivo en Chapingo, México.

Trat.	Labranza Tradicional (LT)						Labranza de Conservación (LC)														
	Raíz de Cebada (RC)		Raíz de Veza (RV)		Cobertura de Cebada (CC)		Cobertura de Veza (CV)		Ciclo			Ciclo									
	X ₁	X ₂	X ₁	X ₂	X ₁	X ₂	X ₁	X ₂	X ₁	X ₂	1994	1995	1996	X ₁	X ₂	X ₃					
N	P ₂ O ₅	1994	1995	1996	1994	1995	1996	1994	1995	1996	1994	1995	1996	1994	1995	1996	X ₇				
0	0	14	14	15	14	13	13	12	12	15	13	13	13	13	13	21	15	13 a			
40	0	15	15	15	14	12	14	13	13	14	13	13	14	14	14	25	17	14 a			
80	0	14	14	14	17	13	15	15	13	14	13	13	14	14	15	22	17	14 a			
120	0	14	14	17	15	14	13	14	13	13	14	14	15	14	13	14	19	15	16	14 a	
0	80	14	14	14	14	15	13	13	13	14	14	14	15	14	13	15	19	15	14 a		
40	80	15	15	17	15	13	12	14	13	15	15	15	15	15	12	14	19	15	15 a		
80	80	14	14	16	14	12	16	14	14	12	12	14	12	13	14	14	13	13 a	13 a		
120	80	14	14	17	15	14	20	15	16	14	13	13	15	13	13	14	13	22	16	14	15 a
X ₃		14	14	15		14	13	14	13	13	14	13	14	13	14	20					
X ₄		14 a				13 a				13 a						15 a					
X ₅																14 a					

- X₁ Promedio por tratamiento de fertilización (parcela chica) para cada sistema de labranza y cobertura (parcela grande)
- X₂ Promedio de tratamientos sin fósforo y con fósforo para cada sistema de labranza y cobertura
- X₃ Promedio por año para cada sistema de labranza y cobertura
- X₄ Promedio para cada sistema de labranza y cobertura
- X₅ Promedio por sistema de labranza
- X₆ Promedio total por fertilización
- X₇ Promedio total sin fósforo y con fósforo

Cuadro 29. Capacidad de intercambio catiónico (CIC) (c mol (+) kg⁻¹) de un suelo de 5-30 cm de profundidad en los tratamientos de sistemas de labranza, coberturas y fertilización en tres ciclos de cultivo en Chapingo, México.

Trat.	Labranza Tradicional (LT)						Labranza de Conservación (LC)													
	Raíz de Cebada (RC)			Raíz de Veza (RV)			Cobertura de Cebada (CC)			Cobertura de Veza (CV)										
	Ciclo	X ₁	X ₂	Ciclo	X ₁	X ₂	Ciclo	X ₁	X ₂	Ciclo	X ₁	X ₂	X ₆	X ₇						
N	P ₂ O ₅	1994	1995	1996	1994	1995	1996	1994	1995	1996	1994	1995	1996	X ₁	X ₂	X ₆	X ₇			
0	0	13	14	15	14	13	14	16	14	12	12	12	14	12	13	13	12	12	13 a	
40	0	14	14	15	14	14	15	16	15	12	12	13	12	13	16	21	16	16	14 a	
80	0	13	13	13	13	17	16	18	17	13	13	14	13	16	13	20	16	16	14 a	
120	0	14	14	19	15	14	13	16	14	14	13	13	16	14	12	12	16	13	14	13 a
0	80	14	14	15	14	15	18	18	17	13	13	15	13	12	12	18	14	14	14 a	
40	80	14	14	14	14	13	14	14	13	14	14	14	14	12	13	15	13	13	13 a	
80	80	14	14	14	14	13	16	12	13	13	13	14	13	13	15	20	16	16	14 a	
120	80	14	14	14	14	16	15	14	15	14	14	14	14	13	14	13	21	16	14	14 a
X ₃		13 a	13 a	14 a		14 a	15 a	15 a		13 a	13 a	14 a		13 a	13 a	17 a				
X ₄			13 a				14 a				13 a				14 a					
X ₅																				

X₁ Promedio por tratamiento de fertilización (parcela chica) para cada sistema de labranza y cobertura (parcela grande)
 X₂ Promedio de tratamientos sin fósforo y con fósforo para cada sistema de labranza y cobertura
 X₃ Promedio por año para cada sistema de labranza y cobertura
 X₄ Promedio para cada sistema de labranza y cobertura
 X₅ Promedio por sistema de labranza
 X₆ Promedio total por fertilización
 X₇ Promedio total sin fósforo y con fósforo

VII. CONCLUSIONES

Se comprobó que el sistema de labranza de conservación es una técnica que permite mantener y mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos, evitando la pérdida por los procesos de erosión causados por la lluvia y el viento. Se observó que en los tres años que duró el presente trabajo, las parcelas con labranza de conservación mantuvieron su fertilidad, reflejándose en los rendimientos de maíz, los cuales estadísticamente no fueron diferentes; siendo de 2.86 t ha^{-1} en labranza tradicional contra 2.84 t ha^{-1} en conservación, este efecto fue causado por la cobertura de cebada en labranza de conservación que arrojó un rendimiento bajo (2.51 t ha^{-1}) en comparación con la cobertura de veza donde se tuvieron rendimientos mas altos (3.19 t ha^{-1}) debido principalmente, a la composición de la veza utilizada, siendo mejor cobertura la veza por su relación C/N que tiene (10:1).

Las parcelas con labranza tradicional con raíz de veza arrojaron mayor rendimiento que las parcelas con raíz de cebada; siendo de: 2.89 t ha^{-1} para el primer caso y de 2.84 t ha^{-1} para el segundo.

La fertilización nitrogenada y fosfatada, se manifestó de diferente forma, dependiendo de los tratamientos utilizados; se observó que respecto al nitrógeno, este nutrimento proporcionó los rendimientos de manera creciente, conforme se aumentaba el nitrógeno proporcionado, siendo de 2.39 t ha^{-1} , 2.71 t ha^{-1} , 3.01 t ha^{-1} y 3.06 t ha^{-1} para los tratamientos con 0, 40, 80 y 120 kg/ha de N, respectivamente. La respuesta fue positiva en este caso.

El fósforo proporcionado, no presentó diferencia significativa entre los diferentes tratamientos, siendo de 2.37 t ha^{-1} y de 2.65 t ha^{-1} para 0.0 kg ha^{-1} y $80.0 \text{ kg de fósforo ha}^{-1}$ respectivamente.

En los análisis físicos y químicos se pudo concluir que la densidad aparente, no fue estadísticamente significativa entre los tratamientos, la resistencia a la penetrabilidad, fue menor en la labranza tradicional con raíz de veza (2.08 kg/m^2) 2.33 kg/m^2 en

tradicional con raíz de cebada, 3.39 en labranza de conservación con cobertura de veza y de 4.21 kg/m² en labranza de conservación con cobertura de cebada.

El pH no mostró ningún cambio significativo por efecto de los diferentes tratamientos en las dos profundidades; se encontró sin embargo que en los tratamientos con labranza de conservación con cobertura de veza, el pH se hizo ligeramente más ácido, pasando de 7.3 al inicio del experimento a 6.8 a los tres años que duró el experimento. El cambio en LC posiblemente se debió a la liberación de ácidos orgánicos en el proceso de transformación de la materia orgánica.

Se comprobó el aumento de materia orgánica en los tratamientos con labranza de conservación y cobertura de veza en los primeros 5 cm del suelo mostrando una diferencia significativa entre los sistemas de labranza; entre los tipos de coberturas, no se presentó ninguna diferencia, siendo al inicio del 1.19% y al término del experimento se encontró un 2.48% en labranza de conservación con cobertura de cebada y 2.55% con cobertura de veza.

El nitrógeno total mostró diferencia entre los sistemas de labranza y entre los tipos de coberturas a la profundidad de 0 a 5 cm; con los niveles de fertilización no se obtuvieron diferencias significativas; a la profundidad de 5 a 30 cm se determinó mayor cantidad de nitrógeno en labranza tradicional que en la de conservación debido a la incorporación de los rastrojos usados.

El NO₃⁻ y NH₄⁺ se comportaron sin mostrar diferencias entre los sistemas de labranza y tipos de coberturas.

Los niveles de fertilización no causaron diferencias significativas en los nitratos y amonios de los suelos analizados.

El contenido de fósforo se comportó de forma variable en los tres ciclos de cultivo; de manera general no se observaron diferencias debido posiblemente a que estos suelos han sido fertilizados con anterioridad con diferentes cantidades de fertilizantes fosfatados.

El potasio en los diferentes tratamientos en los tres ciclos estudiados, presentó diferencia en los sistemas de labranza a la profundidad de 0 a 5 cm y de 5 a 30 cm, al

término del experimento aumentó su concentración en labranza de conservación con cobertura de veza.

La capacidad de intercambio de cationes varió muy poco en los tratamientos estudiados en los tres ciclos a las dos profundidades; en labranza de conservación con las dos coberturas fue ligeramente mayor que en la tradicional.

La población de lombrices fue favorable y altamente significativa en los tratamientos con cobertura de veza en labranza de conservación; la población de malezas, fue mayor en labranza de conservación; la población de malezas, fue mayor en labranza de conservación debido principalmente al aumento de grama (*Cynodon dactylon*) y afectó los rendimientos de maíz.

RECOMENDACIONES

Se recomienda seguir este tipo de estudio por un período de tiempo mas largo para observar los cambios en el suelo producidos por los sistemas de labranza y las coberturas. Respecto al uso de las coberturas, éstas deben de ser leguminosas que aporten nutrimentos al suelo en el proceso de degradación; se recomienda que el control de la maleza sea efectivo en el sistema de conservación, para evitar competencias con el cultivo, se deben emplear los herbicidas en cantidades y fechas adecuadas al cultivo principal.

Se deben de dar riegos de auxilio para que existan las condiciones adecuadas para el cultivo.

La fertilización debe ser alta en nitrógeno los primeros años, pudiéndose disminuir posteriormente.

El fósforo se debe aplicar en la siembra de maíz cuando hay necesidad de aplicar este nutrimento.

VIII. LITERATURA CITADA

- Akobundu, O.I. 1987. Weed Science in the tropics, principles and practices. Ed. John Wiley and Sons. New York. USA. pp. 423-448.
- Archer, J.R. and P.D. Smith. 1972. The relation between bulk density, available water capacity, and air capacity of soils. *Journal of Soil Science*. 23(49):475-480.
- Arnold, R.W., W., I. Szabolcs, and V.O. Targulian. 1990. Global Soil Change. International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Australia. 370 p.
- Arshad, M.A., M. Schnitzer, D.A. Angers and J.A. Ripmeester. 1990. Effects of till vs no till on the quality of soil organic matter. *Soil Biol. Biochem.* 22:595-599 p.
- Baird, J.V., H.P. Denton, and E.J. Dumphy. 1991. Soil fertility management. *In*: Cook, M.G. and W.M. Lewis (ed.): Conservation tillage for crop production in North Carolina. pp. 23-27.
- Barragán V.C.E. 1986. Efectos de los métodos de labranza sobre la erosión eólica en la región de Pánfilo Natera, Zac. Tesis Profesional. Facultad de Agricultura. Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jal. 90 p.
- Barreto, J.H. 1989. Cambios en propiedades químicas, patrones de fertilización y enclamiento en suelos bajo labranza cero. *En*: Labranza de conservación en maíz. CIMMYT-PROCIANDINO. El Batán, México. pp. 43-70.
- Baver, L.D., W.H. Gardner y W.R. Gardner. 1980. Física de suelos. Traducción por Jorge M. Rodríguez. 4ª edición del inglés y 1ª en español. Editorial U.T.E.H.A. pp. 473-514.
- Bennett, O.J. 1977. Conservation tillage in the Northeast. *J. Soil Water Conserv.* 32:9-12.
- Bisal, F. 1960. The effect of raindrop size and impact velocity on sand splash. *Can. J. Soil. Sci.* 40: 242-245.
- Blevins, R.L., G.W. Thomas, and P.L. Cornelius. 1977. Influence of no-tillage and nitrogen fertilization on certain soil properties after 5 years of continuous Corn. *Agronomy J.* 69:383-386.
- Blevins, R.L., G.W. Thomas, M.S. Smith, W.W. Frye, and P.L. Cornelius. 1983. Changes in soil properties after 10 years of continuous non-tilled and conventionally tilled corn. *Soil tillage Res.* 3:135-146.

- Blevins, R.L., W.W. Frye and M.S. Smith. 1985. The effects of Conservation tillage on soil properties. *In: a systems approach to conservation tillage*. University of Kentucky, Department of Agronomy, Lexington. pp. 99-110.
- Bolaños, E.A. 1997. Dinámica Poblacional de la entomofauna en sistema de labranza de conservación. Seminario. Colegio de Postgraduados, Montecillos, México. 15 p.
- Boosalis, M.G., B. Douppnik, and G.N. Odvady. 1981. Conservation tillage in relation to plant diseases. Handbook of pest management in agriculture. CRC. Press, Boca aton, Fl., Vol 1, pp. 441-474.
- Bottner, P. 1982. Biodegradación de material vegetal en milieu herbacé. *Acta Geológica/Ecología Generalis* 3(1), 155-182.
- Bouyoucos, G.I. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soil. *Agron. J.* 54:464-465.
- Bray, R.H., and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Sci.* 59:39-45.
- Bremner, J.M. 1965. Inorganic forms of nitrogen. *In: C.A. Black (ed.), Methods of soil analysis. (Part 2) American Society of Agronomy, Wisconsin. Agronomy 9.* p. 1179-1237.
- Bremner, J.M. 1965. Total nitrogen. *In: C.A. Black (ed.) Methods of soil analysis Part 2, Agronomy 9, American Society of Agronomy, Madison Wisconsin. USA.* pp. 595-622.
- Bubenser, G.D. 1979. Rainfall characteristics important for simulation. *Procee, of the Rainfall simulator Workshop. Tucson. Arizona. USA.* pp. 250-275.
- Buckman, O.H. y C.N. Brady. 1977. Naturaleza y propiedades de los suelos. Texto de edafología para enseñanza. Ed. Montaner y Simón, Barcelona, España. pp. 110-163.
- Burke, I.C., C.M. Yonker, W.J. Porton. C.V. Cole, K. Flash and D.S. Schimel. 1989. Texture, climate and cultivation effects on soil organic matter contentin USA. *Grassland Soils. Soil Sci. Soc. Am J.* 53:800-805.
- Burriel, L.C., J. Cárdenas y E. Locatelli. 1977. Manual de campo para investigación en control de malezas (Trad) Ed. International Plant Protection Center. Oregon, USA. 64 p.

- Campbell, C.A., V.O. Biederbeck, M. Schnitzer, F. Selles, F.P. Zentner. 1989. Soil and tillage Research. 14:1, 39-52.
- Carballo, V.M. 1979. Incidencia de plagas en maíz (*Zea mays*) bajo diferentes sistemas de manejo de malezas. Universidad Centro Universitario del Atlántico, Costa Rica. 89 p.
- Cardini, J. 1993. Guía Práctica de siembra directa en cultivos forrajeros. Buenos Aires, Argentina. 150 p.
- Cervi, H.E. 1989. Modificaciones en el complejo de plantas dañinas y de las enfermedades y plagas en el sistema de siembra directa. Primer Simposium Internacional de Labranza de Conservación. Tuxtla, Gutiérrez, Chis. México. pp. 152-157.
- Coleman, N.T. and G.W. Thomas. 1967. The basic chemistry of soil acidity. En: R.W. Pearson y F. Adams (Eds.) "Soil Acidity and Liming" Agronomy 12. Am. Soc. of Agron. Madison, Wis.
- Compagnoni, L. y Putzalu, G. 1985. Cría moderna de las lombrices y utilización rentable de humus. Ed. Devecchi, S.A. Barcelona, España. 127 p.
- Coote, D.R., and J.F. Ramsey. 1989. Quantification of the effects of over 35 years of intensive cultivation on four soils. Canadian Journal of Soil Science. 63(1):1-14.
- Crovetto, C.L. 1992. Rastrojo sobre el suelo. Una introducción a la cero labranza. Talleres gráficos de Editorial Universitaria. Santiago de Chile. p. 143-129.
- Cruz, Z.V.M. 1995. Efecto inmediato y residual de abonos orgánicos. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillos, México. 195 p.
- Culley, J.L.B., W.E. Larson, R.R. Allmaras, and M.J. Shaffer. 1987. Soil-Water regimes of a typical Haplaquoll under conventional and no-tillage. Soil Sci. Soc. Am. J. 51:1604-1610.
- Dalal, R.C. (1989). Long-term effects of no-tillage, crop residue, and nitrogen application on properties of a vertisol. Soil Science Society of America Journal 53, 1511-1515.
- Davis, R.G., W.C. Johnson and F.O. Wood. 1967. Weed Root Profiles. Agron. J. 59: 555-556.

- Dick, W.A. 1983. Organic carbon, nitrogen, and phosphorus concentrations and pH in soil profiles as affected by tillage intensity. *Soil Science Society of America Journal* 47, 102-107.
- Dick, W.A., E.L. McCoy, W.M. Edward and R. Lal. 1991. Continuous application of no-tillage to Ohio Soils. *Agron. J.* 83:65-73.
- Diebert, E.J. 1983. The role of soil physical properties in managing reduced tillage systems. *Farm Research.* 41(1): 30-33.
- Domínguez, V.J.A. 1990. Leguminosas de cobertura en cacao (*Theobroma cacao* L.) y Pejibaye (*Bactris gasipaes* HBK). Tesis M.Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 55 p.
- Domínguez, V.J.A. 1991. Curso sobre manejo y control de malas hierbas. *In: Memorias ASOMECEMA.* Acapulco, Gro., México. pp. 86-98.
- Domínguez, V.J.A. 1991. La cobertura muerta y su papel en el manejo de malezas. *Memoria ASOMECEMA.* Acapulco, Gro., México. pp. 99-108.
- Doran, J.W. 1980. Soil microbial and biochemical changes associated with reduced tillage. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44: 765-771.
- Duley, E.L. and J.C. Russell. 1942. Effect of stubble mulching on soil erosion and runoff. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 7:77-81.
- Ebelhar, S.A., W.W. Frye and R.L. Blevins. 1984. Nitrogen from legume cover crops for no-till Corn. *Agron. J.* 76: 51-55.
- Edwards, C.A., y B.R. Stinner. 1989. Control de insectos en condiciones de labranza de conservación. *En: Memorias del Primer Simposium Internacional de Labranza de Conservación.* Tuxtla Gutiérrez, Chis. México. pp. 1981-1992
- Edwards, W.M., M.J. Shipitalo, L.B. Owens, L.D. Norton, 1989. Movimiento del agua y los nitratos en los orificios causados por las lombrices en campos maiceros con labranza cero y a largo plazo. *J. Soil Water Conserv.* 44:240-243.
- Edwards. C.A. y A.R. Thompson. 1975. Pesticidas y fauna en el suelo. *Ann Appl. Biol.* 80:1-79.
- El-Haris, M.K., V.L. Cochran; L.F. Elliott, and D.F. Bezdicsek. 1983. Effect of tillage, cropping and fertilizer management on soil nitrogen mineralization potential. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 47:1157-1161.

- Elliott, L.F., McCalla, t.M. and Waiss A. Jr. 1978. Phytotoxicity associated with residue management. pp. 131-146. In: Crop residue Management Systems. W.R. Oschwald. Am. Soc. Agron, Madison, Wisconsin, Spec. Publ. No. 31.
- Ellison, W.D. 1944. Studies of raindrop erosion. Agric. Eng. 25:131-136.
- Fairbourn, M.L. 1974. Effect of coal mulch on crop yields. Agron. J. 66:785-789.
- FAO, 1983. El reciclaje de materias orgánicas en la agricultura de América Latina. En: Boletín de suelos de la FAO número 51. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 253 p.
- FAO, 1983. Mantengamos viva la tierra. Causas y remedios de la erosión del suelo. Roma. 77 p.
- FAO, 1988. Sistema de labranza para la conservación del suelo y del agua. FAO. Roma. 288 p.
- Figueroa, S.B., Amante, O.A., Cortés, T.H., Pimentel, L.J., Osuna, C.E., Rodríguez, O.J. y Morales F.F. 1990. Manual de predicción de pérdidas de suelo por erosión. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx. 149 p.
- Figueroa, S.B. y A. Amante O. 1990. Erosión Eólica Potencial en las zonas áridas y semiáridas de México. In: Memorias del XXIII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Torreón, Coah. México. p. 244.
- Figueroa, S.B. y F.J. Morales. 1992. Manual de Producción de cultivos con labranza de conservación. Colegio de Postgraduados, Montecillos, México. pp. 31-45.
- Flash, K.W. and W.S. Parton. 1990. Soil organic matter; A key to soils degradation and regeneration. En: Memorias del primer Simposio Nacional sobre degradación del suelo. Instituto de Geología de la UNAM. Departamento de Edafología. México.
- Follet, R.F. and G.A. Peterson. 1988. Surface soil nutrient distribution as affected by wheat-fallow tillage systems. Soil Sci. Soc. Am. J. 52:141-147.
- Foth, H.D. 1987. Fundamentos de la ciencia del suelo. Tercera impresión CECSA, México, D.F. pp. 34-35.
- Fraser, G.K. 1963. Materia orgánica del suelo. In: Química del suelo. Firman E. Bear, Ed. Traducción de José de la Rubia Pacheco. Ediciones Interciencia. Madrid, España. pp. 179-212.

- Fuentes, Y.L.L. 1989. El suelo y los fertilizantes. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. 283 p.
- Gallardo, J.F. 1980. El humus. *Investigación y Ciencia*. 46:8-16.
- Gamble, S.J.R., T.W. Edminster, and F.S. Orcutt. 1952. Influence of double-cut plow mulch tillage on number and activity of microorganisms. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 16: 267-269.
- Garassini, A.L. 1967. *Microbiología Agraria*. Universidad Central de Venezuela. Macaray, Venezuela. 270 p.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Kopen. Instituto de Geografía, UNAM. México, D.F. 246 p.
- Gavande, S.A. 1973. *Física de suelos, principios y aplicaciones*. Ed. Limusa-Wiley, S.A., México. 351 p.
- Griffin, D.R., J.V. Mannering and W.C. Moldenhaver. 1977. Conservation tillage in the eastern corn belt. *Jour. of Soil and Water Cons.* 32(1): 21-28.
- Groffman, P.M. 1984. Nitrification and dinitrification in conventional and no-tillage soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49: 329-334.
- Harrold, L.L. and Edwards. W.M. 1972. A severe rainstorm test of no-till corn. *J. soil water conserva* 27:30.
- Isro Ismail, R.L. Blevins and W.W. Frye. 1994. Long-term no-tillage effects on soil Properties and continuous corn yields. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58:193-198.
- Jerrel, L.L. 1989. Efecto de la labranza de conservación en las características físicas y químicas del suelo. En: *Memorias, Primer Simposium Internacional de Labranza de Conservación*. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. pp. 44-61.
- Karlen, D.L., N.C. Wollenhaupt, D.C. Erbach, E.C. Berry, J.B. Swan, N.S. Eash, and J.L. Jordahl. 1994. Crop residue effects on soil quality following 10 years of no-till corn. *Soil tillage Res.* 31:149-167.
- Kimber, R.W.L. 1967. Phytotoxicity from plant residues. 1. The influence on rotted wheat strow on seeding growth. *Australian J. Agric. Research* 18:361-374.
- Kitur, B.K., M.S. Smith, R.L. Blevins and W.W. Frye. 1984. Fate of ¹⁵N-depleted ammonium nitrate applied to no-tillage and conventional tillage corn. *Agron. J.* 76: 240-242.

- Klingman, G.C. y F.M. Ashton. 1980. Estudio de las plantas nocivas. Principios y Prácticas. Editorial Limusa. México. pp. 291-332.
- Lal, R. 1979. Zero-tillage. *In: The Science Encyclopedia of soil. Part. I. Physics, Chemistry, Biology, Fertility and Technology.* R.W. Fairbridge and C.V. Finkl, Jr. (eds). Dowden, Hutchinson and Ross, Stroudsburg, Pennsylvania. pp. 616-620
- Lal, R., T.J. Logan, M.J. Shipitalo, D.J. Eckert, and W.A. Dick. 1994. Conservation tillage in the corn belt of the U.S.A. *In: M.R. Carter (de.). Conservation tillage interperate agroecosystems.* Lewis Publishers. Boca Raton, USA. pp. 73-114.
- Lal, R., 1995. Tillage systems in the tropics: Management options and sustainability implications. FAO. Soils Bull. No. 71. Rome, Italy.
- Lal, R., 2000. Physical Management of soils of the tropics: Priorities for the 21st. Century. *Soil Sci.* 165:191-207.
- Larson, W.E. 1964. Soil parameter for evaluating tillage nedds and operations. *Soil. Sci. Soc. Proc.* 28.
- Laws, J.O. and D.A. Parsons. 1943. The relationship of raindrop size to intensity. *Trans. Am. Geophys. Un.* 24:452-460.
- Mackay, A.d. and E.J. Kladvko. 1985. Earthworms and rate of breakdown of soybean and maize residues in soils. *Soil Biol. Biochem.* 17:851-857.
- Mardones, F.M. 1990. Suelos degradados por acción antrópica en la región del Bio-Bio. Primeras Jornadas binacionales de cero labranza. Concepción, Chile. pp. 22-32.
- Marelli, H.J. 1990. Efecto de la cobertura en el proceso erosivo. En: Primeras jornadas bianuales de cero labranza. Concepción, Chile. pp. 7-21.
- Mársico, O.J.V. 1980. Herbicidas y fundamentos del control de malezas. Editorial Hemisferio Sur. Argentina. pp. 25-33.
- Martín, N.A. 1982. Interaction between organic matter in soil and the burrowing activity of three species of earth worms. *Pedobiología* 24:185-190.
- Massee, T.W. and H.O. Waggoner. 1985. Productivity losses from soil erosion on dry cropland in the intermountain area. *J. Soil Water. Cons.* 40: 447-450.

- Maurya, P.R. 1986. Effect of tillage and residue management on maize and wheat yield and on physical properties of an irrigated sandy loam soil in northern Nigeria. *Soil Tillage Res.* 8:161-170.
- Medina, P.J.L., Bolaños, E.A., Tafoya, R.J.A. y Urzúa, S.F. 1989. Manejo de malezas en labranza de conservación en México. En: *Memorias del Primer Simposium Internacional de Labranza de Conservación*. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México. p. 158-180.
- Mernick, A.V. 1988. *Las lombrices*. Ed. Mundi Prensa. Madrid, España. 97 p.
- Meyer, L.D., 1986. Erosión. Processes and Sediment Properties for Agricultural Cropland. International series No. 16, Boston. pp. 86-87.
- Miranda, M.R. 1980. *Stizolobium deeringianum* y *Canavalia eusiformis* como alternativa en el control biológico de malezas. Primer Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza, Torreón, Coahuila, México. pp. 242-254.
- Miyasaka, S., De Camargo y A. Cavaleri. 1984. Adubacao Orgánica. Adubacao verde e rotacao de culturas no Estado de Sao Paulo. Ed. Fundacao Cargill. Sao Paulo, Brasil. pp. 3-21.
- Molina, J.S. 1988. *Hacia una nueva agricultura*. Ed. El Ateneo. Argentina. pp. 280.
- Moran, P.J. 1993. Importancia de la maleza en áreas de explotación agrícola e historia del desarrollo de los herbicidas. En: *Memorias del XIV Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza*. Puerto Vallarta, Jalisco, Méx. 268 p.
- Musick, G.L., and D.L. Collins. 1971. Northern corn rootworm affected by tillage. *Ohio rep.* 56:88-91.
- Norstadt, F.A., and T.M. McCalla. 1969. Microbial populations in stubble-mulched soil. *Soil Sci.* 107: 188-193.
- Ochoa, N.M.G. 1996. La labranza de conservación, una alternativa financiera. En: *Memorias del Cuarto Foro Internacional de Labranza de Conservación*. México. 220 p.
- Ofer, J., R.I. Kant, and O. Haver. 1982. Nitrogenous constituents in nest soils of harvester ants *Messor-Ebeninus* and their influence on plant growth. *Commun Soil Sci. Plant Anal.* 13.2.737-748.
- Oldeman, L.R., R.T.A. Hakkeling and W.G. Sombroek. 1990. World map of the status of human-induced soil degradation. An exploratory note. GLASOD in cooperation with UNEP-WSC-ISRIC-FAO. ITC. 27 p.

- Ortiz, C.A. y H.E. Cuanalo de la C. 1977. Levantamiento fisiográfico del área de influencia de Chapingo. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. pp. 25-27.
- Osuna, C.E.S. 1987. Efecto de la lluvia sobre las propiedades físicas de los suelos laboreados. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx. 182 p.
- Pérez, N., J. 1992. Factores socioeconómicos relacionados con la conservación del suelo y agua en dos comunidades de la Mixteca Alta Oaxaqueña. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. Méx. 118 p.
- Phillips, R.E., R.L. Blevins, G.W. Thomas, W.W. Frye, and S.H. Phillips. 1980. No-tillage agriculture. *Science*. 208:1108-1113.
- Phillips, S.H. y H.M. Young. 1973. Agricultura sin laboreo, labranza cero. Traducido del inglés por: Enrique Marches. Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur, S.R.L. Montevideo Uruguay. 224 p.
- Phillips, S.H. y H.M. Young. 1973. Agricultura sin laboreo. Labranza cero, Editorial Hemisferio Sur. 224 p.
- Popescu, A., N. Sorpei, Pitomoraga, F. Popa, C. Dinu, and A. Penescu. 1983. Efficiency of herbicides in controlling solanum nigrum abutilon theophraste and other dicotiledoneus with en soya beans crops. *Problems of agrofitotherie. Teoricasi aplicatos*. 5:4.381-393.
- Prasad, R. and J.F. Power. 1991. Crop residue management. *Advanses in soil science*. Volume 15:205-251.
- Putnam, A.R. 1988. Allelochemicals from plants on herbicides weed technology. 2.(4) 510-518.
- Quintero, L.R. 1984. Efecto de la labranza sobre los microorganismos del suelo. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. 59 p.
- R. Lap and F.J. Pierce. 1991. Soil management for sustainability (411). 5590.3.L3.
- Raggi, M.R. 1990. Importancia de la materia orgánica en las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos. Primeras jornadas binacionales de cero labranza. Concepción, Chile. pp. 47-76.

- Ramírez R.J. 1982. Efecto de diferentes métodos de labranza y dosis de nitrógeno sobre el rendimiento de maíz en la región de Chiantla, Pue. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx. 103 p.
- Ramírez, F. y Urzúa, S.F. 1986. Control químico de malezas en frijol (*Phaseolus vulgaris*) sembrado a diferente densidad y distribución. En: Memorias del VII Congreso Nacional de la SOMECIMA y VIII Congreso de la ALAM. Guadalajara, Jalisco. Mex. p. 60.
- Rice, C.W. 1984. Allelopathy. Second Edition. Academic Press Inc. London USA. pp. 15-109.
- Rice, C.W. 2000. Carbon and nitrogen cycling in conservation tillage systems. En: Simposium Internacional de Labranza de Conservación. Culiacán, Sinaloa, México.
- Rockwood W.G. and R. Lal. 1974. Mulch tillage: A technique for soil and water conservation in the tropics. *Span. 17: 77-79.*
- Rodríguez, N.F., S.L.F. Ramírez y R.F. Sustaita. 1987. Materia orgánica. Efecto en el suelo e influencia directa en la planta. Publicaciones del Depto. de suelos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. 20 p.
- Rojas, W.C. (1991). Capacidad de intercambio catiónico y labranza de los suelos. *In: Jornadas de fertilidad de suelos en cero labranza. Sociedad de conservación de suelos de Chile. Concepción, Chile. pp. 70-78.*
- Rojas, W.C. 1991. Importancia de la fertilidad de los suelos en la productividad agropecuaria. En: *Jornadas de fertilidad de suelos en cero labranza. Concepción, Chile. pp. 79-85.*
- Roos, C.W. 1981. Soil physical properties of some conservation trials in the southern North Island. *Proceeding of the conservation tillage seminar. Christchurch, N.Z. pp. 361-373.*
- Russell, E.W. 1988. Soil conditions and plant growth. II Thed., edited by a wild. Longman Scientific and Technical 991 pp.
- Salinas, G.J.R., F.M. Hons, and J.E. Matocha. 1997. Long-term effects of tillage and fertilization on soil organic matter dynamics. *Soil Sci. Soc. Am. J. 61:152-159.*
- Salinas, G.J.R., Gallardo, V.M. y Caballero, H.F. 2000. Efecto de labranza en la distribución de carbono y nutrimentos. En: Simposium Internacional de Labranza de Conservación. Culiacán, Sinaloa, México.

- SAS Institute, Inc. 1989. SAS/QC User's guide for personal computers, versión 6.02. SAS Institute, Inc. Cary, NC, USA. 495 p.
- Segura, M.A. 1991. Curso sobre manejo y control de malas hierbas. En: Memorias de ASOMECEMA. Acapulco, Gro. México. pp. 154-175.
- Shenk, M.D., J. Saunders y G. Escobar. 1983. Labranza mínima y no labranza en sistemas de producción de maíz (*Zea mays* L.) para áreas tropicales húmedas de Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) Turrialba, Costa Rica. (Serie técnica. Boletín técnico 18) 45 p.
- Shouman, L.M., Hargrove, W.L. 1985. Soil Science Society of America Journal. 49:5. 1117-1121.
- Sierra, B.C. 1990. Fertilidad de los suelos en cero labranza. In: Primeras Jornadas binacionales de cero labranza. Sociedad de Conservación de suelos de Chile. Florida, Chile. pp. 196-211.
- Smith, O.L. 1990. Soil Microbiology: A model of decomposition and nutrient cycling. De. CRC. Press Inc. Boca Raton, Florida USA. 273 p.
- Solano de la Sala, T.J.A. 1982. Efecto de la relación precipitación-escurrentía en el proceso erosivo en diferentes usos del suelo en la cuenca del río Texcoco. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Méx. 184 p.
- Souza, M., A. 1992. Integrated Weed Management in Vegetable CROPS. Simposium internacional sobre manejo de la maleza. Situación actual y perspectivas. Departamento de Parasitología Agrícola. UACH. Chapingo, Méx. pp. 19-28.
- Sprague, M.A., Triplett, G.B., Boosalis, M.G. 1986. No-tillage and surfautillage agriculture. The tillage revolution. De. John Wiley and Sons. New York. USA. p. 1-15.
- Stinner, B.R.; G.D. Hoyt and R.L. Todd. 1983. Changes in soil chemical properties following a 12 years : a 2 years comparison of conventional tillage and no tillage agroecosystems. Soil and Tillage Research 3:277-290.
- Stocking, M.A. 1988. Socioeconomics of soil conservation in developing countries. J. of soil and water conservation. 43(5):381-385.
- Tamhane, R.V., D.P. Motiramani y Y.P. Boli. 1979. Suelos: su química y fertilidad en zonas tropicales. Ed. Diana. México, D.F. pp. 268-285.

- Tasistro, A. 1989. Selección de herbicidas para el cultivo de maíz en el sistema de labranza de conservación. *In: Labranza de conservación en maíz. CIMMYT-PROCIANDINO. El Batán, México. pp. 145-155.*
- Tate III, R.L. 1987. Soil organic matter. Biological and ecological effect. Ed. John Wiley and Sons. USA. 291 p.
- Thomas, G.W. 1981. Managing minimum tillage fields, fertility and soil type. In: A.F. Wiese (ed.). Weed control in limited tillage systems. Weed Sci. Soc. Am. Urbana, Illinois Monograph. pp. 43-54.
- Thompson, L.M. 1965. El suelo y su fertilidad. Versión española por Ricardo Clará Camprobi. 3ra. Ed., Editorial Reverté S.A., Barcelona, España. 499 pp.
- Thorup, R. 1984. Agronomy handbook. The fertilizer division, Chevron Chemical Company, San Francisco, pp. 28-29, 204-204.
- Tisdale, S.L. y W.L. Nelson. 1982. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Ed. Unión Tipográfica Hispano-Americana. Barcelona, España. pp. 138-212.
- Trinidad, S.A. 1978. An evaluation of the nitrogen production potential of hairy vetch (*Vicia villosa* R.) and crimson clover (*Trifolium incarnatum* C.) in mulch-planted corn. Tesis Doctoral. Universidad de Carolina del Norte, Raleigh, N.C. USA. 292 p.
- Trucco, H.V. 1996. El sistema de siembra directa y la agricultura sustentable en América Latina. *In: Labranza de conservación. 4º Foro Internacional. FIRA. Guadalajara, Jal. Méx. pp. 120-126.*
- Unger, P.W. 1988. Sistemas de labranza para la conservación del suelo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. pp. 151-184.
- Urzúa, S.F. 1996. Control de la maleza en labranza de conservación. Comunicación personal. Parasitología Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx.
- Vázquez, Z. M.A. 1997. Posibles efectos alelopáticos de los residuos de cebada hacia el maíz en el sistema de labranza de conservación. Tesis Profesional. Parasitología Agrícola. Chapingo, Méx. 47 p.
- Ventura, R.E. 1992. Efecto de la labranza en la estructura del suelo y su relación con el crecimiento, desarrollo y rendimiento del sorgo en Guanajuato. Tesis de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillos, Méx.

- Villar, S.B. 1996. Erosionabilidad de suelos y su impacto en la productividad del maíz en el trópico mexicano. Tesis de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillos, Méx. 215 p.
- Walkley, A. and T.A. Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determination Soil Organic Matter and a proposed modification of the Chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37:29-33.
- Weber, J.H. 1988. Binding and transport of metals by humic materials. En: Frimmel, F.H. and Christman, R.F. *Humic Substances and their role in the environment.* Life Sciences Research. Report # 41 John Wiley y Sons Limited. Great Britain.
- Weil, R.R.; P.W. Benedetto, L.J. Sikora and V.A. Bandel. 1988. Influence of tillage Practices on Phosphorus distribution and forms in three ultisols. *Agronomy J.* 80:503-509.
- Williams, J.L. Jr., G.A. Wicks. 1978. Weed control problems associated with crop residue systems. *In: Crop Residue Management Systems.* Houston, Texas. pp. 387-398.
- Witrigo, R.M.E. 1996. Identificación y cuantificación de lombriz de tierra en dos sistemas de labranza bajo dos tipos de cobertura. Tesis Profesional. Programa de Agroecología. Chapingo, Méx. 51 p.
- Zazueta A.G. 1984. Influencia de los sistemas de labranza y obras de conservación en la productividad de los suelos. Tesis de Maestría en Ciencias. CEDAF. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx. 159 p.
- Zunino, H.V. 1983. Ecología microbiana, acumulación de humus y fertilidad en suelos alofánicos. *Suelos Ecuatorianos.* 13(1): 23-35.

APENDICE

Cuadro 1. Datos de temperatura y precipitación mensual y promedios anuales en los tres ciclos estudiados. (Estación meteorológica de Chapingo, Méx.).

Mes/Año	1994		1995		1996	
	Temp.	Precip.	Temp.	Precip.	Temp.	Precip.
Enero	15.2	7	15.8	36.9	14.8	0.0
Febrero	12.7	3.5	16.9	1.5	17.5	0.0
Marzo	20.0	0.8	19.4	6.3	18.4	12.2
Abril	19.6	30.9	21.5	10.7	20.0	28.4
Mayo	20.7	47.0	22.4	43.2	21.9	9.7
Junio	19.0	102.5	20.5	96.5	19.3	55.1
Julio	18.3	154.2	18.9	76.7	19.2	119.0
Agosto	17.8	145.8	18.4	194.5	18.2	132.0
Septiembre	17.8	45.5	18.8	53.3	18.8	167.0
Octubre	18.5	46.4	17.8	58.8	17.8	22.4
Noviembre	17.6	9.8	16.7	35.1	16.0	0.0
Diciembre	16.6	10.2	15.3	49.6	15.6	23.5
Promedio (+)	17.8		18.5		18.1	
Total (pp)		603.6		663.1		569.3

Cuadro 2. Análisis de varianza del rendimiento de maíz bajo diferentes tratamientos en Chapingo, Méx.

FV	GL	SC	CM	F _{cal}	F _{tab}
BLOQ	2	6.019018	3.009509	3.45	0.1007
PG	3	5.493928	1.831309	2.10	0.2018
Error a	6	5.235206	0.872534		
PCH	7	6.764465	0.966352	4.84	0.0003
PG*PCH	21	3.308013	0.157524	0.79	0.7198
Error b	56	11.176708	0.199584		
TOTAL	95	37.997340			

Cuadro 3. Análisis de varianza del rendimiento de rastrojo de maíz bajo diferentes tratamientos en Chapingo, Méx.

FV	GL	SC	CM	F _{cal}	F _{tab}
BLOQ	2	181.5331	90.7665	10.61	0.0107
PG	3	43.1944	14.3981	1.68	0.2687
Error a	6	51.3261	8.5543	5.55	0.0001
PCH	7	25.8512	3.6930	2.40	0.0324
PG*PCH	21	47.2860	2.2517	1.46	0.1309
Error b	56	85.3434	1.5418		
TOTAL	95	435.5345			

BLOQ = Bloques (3 repeticiones ó ciclos)
 PG = Parcela grande
 PCH = Parcela chica
 PG*PCH = Interacción de parcela grande con parcela chica

Cuadro 4. Análisis de varianza del pH, de un suelo a profundidad de 0 a 5 cm bajo diferentes tratamientos en Chapingo, Méx.

FV	GL	SC	CM	F _{cal}	F _{tab}
BLOQ	2	1.958958	0.979479	4.39	0.0670
PG	3	0.212500	0.070833	0.32	0.8130
Error a	6	1.339375	0.223229		
PCH	7	0.896666	0.128095	2.55	0.0235
PG*PCH	21	0.837500	0.039880	0.80	0.7130
Error b	56	2.808333	0.050148		
TOTAL	95	8.053333			

Cuadro 5. Análisis de varianza del pH de un suelo a profundidad de 5 a 30 cm bajo diferentes tratamientos en Chapingo, Méx.

FV	GL	SC	CM	F _{cal}	F _{tab}
BLOQ	2	2.475208	1.237604	13.21	0.0063
PG	3	0.053333	0.017777	0.19	0.8997
Error a	6	0.562291	0.093715		
PCH	7	0.521666	0.074523	2.01	0.0698
PG*PCH	21	1.330000	0.063333	1.71	0.0572
Error b	56	2.075833	0.037068		
TOTAL	95	7.018333			

BLOQ = Bloques (3 repeticiones ó ciclos)
 PG = Parcela grande
 PCH = Parcela chica
 PG*PCH = Interacción de parcela grande con parcela chica

Cuadro 6. Análisis de varianza de materia orgánica de un suelo a profundidad de 0 a 5 cm bajo diferentes tratamientos en Chapingo, Méx.

FV	GL	SC	CM	F _{cal}	F _{tab}
BLOQ	2	17.107664	8.553832	8.82	0.0164
PG	3	1.919178	0.639726	0.66	0.6063
Error a	6	5.820443	0.970073		
PCH	7	0.872348	0.124621	1.74	0.1190
PG*PCH	21	2.424663	0.115460	1.61	0.0803
Error b	56	4.018225	0.071754		
TOTAL	95	32.162523			

Cuadro 7. Análisis de varianza de la materia orgánica de un suelo a profundidad de 5 a 30 cm bajo diferentes tratamientos en Chapingo, Méx.

FV	GL	SC	CM	F _{cal}	F _{tab}
BLOQ	2	2.420358	1.210179	5.94	0.0377
PG	3	1.075825	0.358608	1.76	0.2540
Error a	6	1.221400	0.203566		
PCH	7	0.501116	0.071588	1.74	0.1191
PG*PCH	21	0.546308	0.026014	0.63	0.8773
Error b	56	2.308375	0.041220		
TOTAL	95	8.073383			

BLOQ = Bloques (3 repeticiones ó ciclos)
 PG = Parcela grande
 PCH = Parcela chica
 PG*PCH = Interacción de parcela grande con parcela chica

Cuadro 8. Análisis de varianza del contenido de nitrógeno total de un suelo a profundidad de 0 a 5 cm bajo diferentes tratamientos en Chapingo, Méx.

FV	GL	SC	CM	F _{cal}	F _{tab}
BLOQ	2	0.00071	0.00035	0.86	0.4694
PG	3	0.00229	0.00076	1.85	0.2388
Error a	6	0.00247	0.00041	3.96	0.0023
PCH	7	0.00127	0.00018	1.74	0.1179
PG*PCH	21	0.00243	0.00011	1.11	0.3643
Error b	56	0.00584	0.00010		
TOTAL	95	0.01503			

Cuadro 9. Análisis de varianza del contenido de nitrógeno total de un suelo a profundidad de 5 a 30 cm bajo diferentes tratamientos en Chapingo, Méx.

FV	GL	SC	CM	F _{cal}	F _{tab}
BLOQ	2	0.00031	0.00015	1.25	0.3519
PG	3	0.00103	0.00034	2.69	0.1398
Error a	6	0.00076	0.00012	1.65	0.1517
PCH	7	0.00136	0.00019	2.51	0.0255
PG*PCH	21	0.00189	0.00009	1.16	0.3192
Error b	56	0.00435	0.00007		
TOTAL	95	0.00973			

BLOQ = Bloques (3 repeticiones ó ciclos)
 PG = Parcela grande
 PCH = Parcela chica
 PG*PCH = Interacción de parcela grande con parcela chica

Cuadro 10. Análisis de varianza del contenido de nitratos de un suelo a profundidad de 0 a 5 cm bajo diferentes tratamientos en Chapingo, Méx.

FV	GL	SC	CM	F _{cal}	F _{tab}
BLOQ	2	5096.39	2548.19	131.60	0.0048
PG	3	948.28	316.09	16.32	0.2420
Error a	6	1035.93	172.65	8.92	0.0001
PCH	7	433.73	61.96	3.20	0.0064
PG*PCH	21	185.30	8.82	0.46	0.9752
Error b	56	1084.33	19.36		
TOTAL	95	8783.98			

Cuadro 11. Análisis de varianza del contenido de nitratos de un suelo a profundidad de 5 a 30 cm bajo diferentes tratamientos en Chapingo, Méx.

FV	GL	SC	CM	F _{cal}	F _{tab}
BLOQ	2	6438.25	3219.12	146.76	0.0075
PG	3	1512.12	504.04	22.98	0.2264
Error a	6	1568.75	261.45	11.92	0.0001
PCH	7	105.95	15.13	0.69	0.6799
PG*PCH	21	568.20	27.05	1.23	0.2612
Error b	56	1228.33	21.93		
TOTAL	95	11421.62			

BLOQ = Bloques (3 repeticiones ó ciclos)
 PG = Parcela grande
 PCH = Parcela chica
 PG*PCH = Interacción de parcela grande con parcela chica

Cuadro 12. Análisis de varianza del contenido de amonio de un suelo a profundidad de 0 a 5 cm bajo diferentes tratamientos en Chapingo, Méx.

FV	GL	SC	CM	F _{cal}	F _{tab}
BLOQ	2	2839.08	1419.54	41.24	0.0017
PG	3	990.58	330.19	9.59	0.0428
Error a	6	385.91	64.31	1.87	0.1025
PCH	7	701.50	100.21	2.91	0.0114
PG*PCH	21	662.58	31.55	0.92	0.5723
Error b	56	1927.66	34.42		
TOTAL	95	7507.33			

Cuadro 13. Análisis de varianza del contenido de amonio de un suelo a profundidad de 5 a 30 cm bajo diferentes tratamientos en Chapingo, Méx.

FV	GL	SC	CM	F _{cal}	F _{tab}
BLOQ	2	1851.64	925.82	22.29	0.0057
PG	3	1729.78	576.59	13.88	0.0136
Error a	6	402.18	67.03	1.61	0.1604
PCH	7	534.82	76.40	1.84	0.0976
PG*PCH	21	676.63	32.22	0.78	0.7350
Error b	56	2326.16	41.53		
TOTAL	95	7521.23			

BLOQ = Bloques (3 repeticiones ó ciclos)
 PG = Parcela grande
 PCH = Parcela chica
 PG*PCH = Interacción de parcela grande con parcela chica

Cuadro 14. Análisis de varianza del contenido de fósforo de un suelo a profundidad de 0 a 5 cm bajo diferentes tratamientos en Chapingo, Méx.

FV	GL	SC	CM	F _{cal}	F _{tab}
BLOQ	2	1864.0808	932.0404	29.36	0.0010
PG	3	373.3691	124.4563	3.92	0.0832
Error a	6	204.7458	34.1243	1.08	0.3884
PCH	7	967.7116	138.2445	4.36	0.0007
PG*PCH	21	540.3458	25.7307	0.81	0.6955
Error b	56	1777.5000	31.7410		
TOTAL	95	5727.7533			

Cuadro 15. Análisis de varianza del contenido de fósforo de un suelo a profundidad de 5 a 30 cm bajo diferentes tratamientos en Chapingo, Méx.

FV	GL	SC	CM	F _{cal}	F _{tab}
BLOQ	2	2863.6227	1431.8113	67.55	0.0001
PG	3	587.0053	195.6684	9.23	0.0145
Error a	6	140.1831	23.3638	1.10	0.3726
PCH	7	632.7448	90.3921	4.26	0.0008
PG*PCH	21	351.4471	16.7355	0.79	0.7194
Error b	56	1186.9541	21.1956		
TOTAL	95	5761.9573			

BLOQ = Bloques (3 repeticiones ó ciclos)
 PG = Parcela grande
 PCH = Parcela chica
 PG*PCH = Interacción de parcela grande con parcela chica

Cuadro 16. Análisis de varianza del contenido de potasio de un suelo a profundidad de 0 a 5 cm bajo diferentes tratamientos en Chapingo, Méx.

FV	GL	SC	CM	F _{cal}	F _{tab}
BLOQ	2	13256.50	6628.25	88.95	0.0187
PG	3	3445.37	1148.45	15.41	0.3219
Error a	6	4793.75	798.95	10.72	0.0001
PCH	7	481.93	68.84	0.92	0.4953
PG*PCH	21	1470.71	70.03	0.94	0.5455
Error b	56	4173.00	74.51		
TOTAL	95	27621.28			

Cuadro 17. Análisis de varianza del contenido de potasio de un suelo a profundidad de 5 a 30 cm bajo diferentes tratamientos en Chapingo, Méx.

FV	GL	SC	CM	F _{cal}	F _{tab}
BLOQ	2	2543.56	1271.78	58.19	0.0010
PG	3	398.08	132.69	6.07	0.1278
Error a	6	280.03	46.67	2.14	0.0633
PCH	7	142.04	20.29	0.93	0.4919
PG*PCH	21	513.71	24.46	1.12	0.3568
Error b	56	1223.85	21.85		
TOTAL	95	5101.28			

BLOQ = Bloques (3 repeticiones ó ciclos)
 PG = Parcela grande
 PCH = Parcela chica
 PG*PCH = Interacción de parcela grande con parcela chica

Cuadro 18. Análisis de varianza de la capacidad de intercambio catiónico de un suelo a profundidad de 0 a 5 cm bajo diferentes tratamientos en Chapingo, Méx.

FV	GL	SC	CM	F _{cal}	F _{tab}
BLOQ	2	109.89	54.94	32.97	0.1892
PG	3	58.36	19.45	11.67	0.5430
Error a	6	148.10	24.68	14.81	0.0001
PCH	7	21.98	3.14	1.88	0.0893
PG*PCH	21	62.05	2.95	1.77	0.0458
Error b	56	93.33	1.66		
TOTAL	95	493.73			

Cuadro 19. Análisis de varianza de la capacidad de intercambio catiónico de un suelo a profundidad de 5 a 30 cm bajo diferentes tratamientos en Chapingo, Méx.

FV	GL	SC	CM	F _{cal}	F _{tab}
BLOQ	2	77.25	38.62	24.30	0.0830
PG	3	38.28	12.76	8.03	0.3629
Error a	6	59.75	9.95	6.27	0.0001
PCH	7	25.23	3.60	2.27	0.0417
PG*PCH	21	86.13	4.10	2.58	0.0025
Error b	56	89.00	1.58		
TOTAL	95	375.65			

BLOQ = Bloques (3 repeticiones ó ciclos)
 PG = Parcela grande
 PCH = Parcela chica
 PG*PCH = Interacción de parcela grande con parcela chica