

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

SISTEMAS DE LABRANZA, MANEJO DE RESIDUOS Y SU INFLUENCIA
EN ALGUNAS PROPIEDADES QUIMICAS DEL SUELO, PLAGAS
Y LA PRODUCCION DE MAIZ DE GRANO (*Zea mays* L.)

Tesis sometida a la consideración de la Comisión del Programa
Conjunto de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos
Naturales de la Universidad de Costa Rica y el Centro Agronómico
Tropical de Investigación y Enseñanza, para optar el grado de

Magister Scientiae

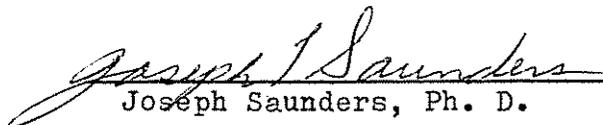
Por

HUMBERTO RODRIGUEZ FUENTES

CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA
Departamento de Producción Vegetal
Turrialba, Costa Rica
1985

Esta tesis fue aceptada por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales de la Universidad de Costa Rica y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, como requisito parcial para optar el grado de

Magister Scientiae


Joseph Saunders, Ph. D.

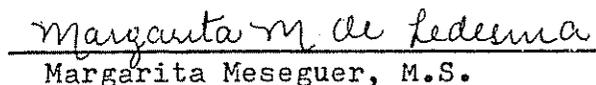
Profesor Consejero


Roberto Diaz Romeu, M. S.

Miembro del Comité


Marciano Rodríguez, Ph. D.

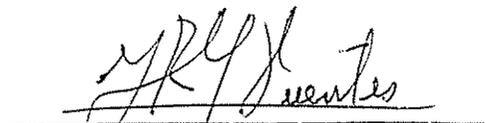
Miembro del Comité


Margarita Meseguer, M.S.

Miembro del Comité


P/ Director del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales.


Decano del Sistema de Estudios de Posgrado de la Universidad de Costa Rica


Humberto Rodríguez Fuentes
Candidato

DEDICATORIA

A DIOS GRACIAS

A mi esposa Kattya por su colaboración,
comprensión y amor de siempre.

A mis padres Humberto y Gloria Elena
A mis hermanas Mayella, Gabriela y Sandra
A mi sobrina Shanty Nashelly

A los demás "Estadísticos"

AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar su sincero agradecimiento:

A la Universidad Autónoma de Nuevo Leon, por el apoyo económico brindado para la realización de los estudios.

Al M.C. Ramón Guajardo por su apoyo constante en la superación académica del personal.

Al Dr. Joseph Saunders, consejero, por su valiosa ayuda en el transcurso de mis estudios e investigación.

Al M.S. Roberto Diaz Romeu por brindarme su amistad y experiencia en mi superación personal y profesional.

Al Dr. Marciano Rodríguez por su apoyo en la revisión y colaboración como miembro del comité asesor.

A la M.S. Margarita Meseguer por la revisión del trabajo y sus atinadas sugerencias.

A Carlos Vargas, personal del laboratorio de suelos, del Centro de Cómputo y del campo experimental La Montaña que de una u otra manera participaron en la realización del presente trabajo.

A la Familia Treviño-Lozano por brindarme su amistad de siempre.

A la Familia Portuguez-Quirós por su amistad en mi estancia en Turrialba.

Al M.S. Leonel Romero amigo de siempre.

A todos los compañeros de la promoción 1983-1985 por su amistad y compartir sus experiencias.

BIOGRAFIA

El autor nació en Durango, Dgo. Mexico en abril de 1957. Sus estudios de secundaria los realizó en la escuela Centenario de la Constitución en Monterrey, N.L.

Sus estudios universitarios los realizó en la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, graduandose de Ingeniero Agrónomo con la especialidad de Fitotecnia en 1979.

En el mismo año ingresó al Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas en Yanhuitlan, Oaxaca, como investigador en el área de suelos.

En 1980 se vinculo a la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo Leon como profesor de suelos.

En 1983 ingresó al Sistema de Estudios de Posgrado de la Universidad de Costa Rica y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (UCR-CATIE), Turrialba, Costa Rica, para graduarse de Magister Scientiae en marzo de 1985.

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	xv
SUMMARY	xvii
LISTA DE CUADROS	ix
LISTA DE FIGURAS	xiii
LISTA DE ABREVIATURAS	xiv
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 Efecto de los sistemas de labranza sobre las propiêda- des químicas	3
2.1.1 Efecto sobre la MO	3
2.1.2 Efecto sobre el N-total en el suelo	5
2.1.3 N- inmovilización	6
2.1.4 Denitrificación	8
2.1.5 Lixiviación de NO ₃	8
2.1.6 Efecto del N- fertilizante	8
2.1.7 Efecto sobre los nutrimentos en la planta ..	9
2.1.8 Efecto sobre la CIC	10
2.1.9 Efecto sobre el pH y Al intercambiable	11
2.1.9.1 Efecto sobre el contenido de P	12
2.1.9.2 Efecto del P- fertilizante	13
2.1.9.3 Efecto sobre el contenido de K	13
2.1.9.4 Efecto sobre el contenido de Ca, Mg, S y micronutrimentos	14

2.2	Relación entre el tipo de labranza, manejo de rastrojo y la incidencia de plagas.....	15
2.3	Efecto de los sistemas de labranza sobre el rendimiento	19
3.	MATERIALES Y METODOS	20
3.1	Descripción del área experimental	20
3.2	Descripción del experimento	21
3.3	Factores estudiados	21
3.3.1	Manejo de residuos y labranza	21
3.3.2	Combate de plagas	24
3.4	Diseño experimental	25
3.5	Manejo del experimento	25
3.6	Registro de la información	25
3.6.1	Evaluación en el cultivo	25
3.6.2	Muestreos y análisis físico-químicos del suelo	26
3.6.3	Evaluación de plagas de insectos	26
3.7	Análisis de información	28
4.	RESULTADOS	31
4.1	Primera siembra	31
4.1.2.1	Primer muestreo de suelos	31
4.1.2.2	Segundo muestreo de suelos	34
4.1.3	Variación en la incidencia de plagas y su efecto sobre el cultivo	39

4.1.4	Efecto de los factores estudiados sobre el rendimiento de maíz.....	43
4.2	Segunda siembra	47
4.2.1.1	Tercer muestreo de suelos	47
4.2.1.2	Cuarto muestreo de suelos	51
4.2.1.3	Quinto muestreo de suelos	54
4.2.2	Variación en la incidencia de plagas y su efecto sobre el cultivo.....	58
4.2.3	Efecto de los factores estudiados sobre el rendimiento de maíz	61
5.	DISCUSION	66
6.	CONCLUSIONES	71
7.	SUGERENCIAS	73
8.	LITERATURA CITADA	74
9.	APENDICE	85

LISTA DE CUADROS

Cuadro No		Página
1	Descripción de los sistemas de labranza y manejo de residuos.....	23
2	Determinaciones y breve descripción de los métodos analíticos empleados	27
3	Propiedades químicas del suelo en los sistemas de labranza y manejo de residuos a la profundidad de 0-5 cm. Primer muestreo.....	32
4	Propiedades químicas del suelo en los sistemas de labranza y manejo de residuos a la profundidad de 0-5 cm. Primer muestreo.....	33
5	Propiedades químicas del suelo, en los sistemas de labranza y manejo de residuos a la profundidad de 5-20 cm. Primer muestreo.....	35
6	Propiedades químicas del suelo en los sistemas de labranza y manejo de residuos a la profundidad de 0-5 cm. Segundo muestreo.....	36

Cuadro No

7	Propiedades químicas del suelo en los sistemas de labranza y manejo de residuos a la profundidad de 5-20 cm. Segundo muestreo.....	38
8	Efecto de la variación en los sistemas de labranza y manejo de residuos y el combate de plagas sobre la incidencia y severidad de <u>Diabrotica</u> spp., gusano cogollero e insectos del suelo. Primer ciclo de siembra.....	42
9	Variación en la población de maíz por hectárea por efecto de la labranza y manejo de residuos...	44
10	Variación en la población de maíz por hectárea por efecto del combate de plagas.....	44
11	Rendimiento de grano de maíz, número de mazorcas cosechadas, plantas acamadas y altura de planta bajo diferentes tipos de combate de plagas.....	45
12	Rendimiento de grano de maíz, número de mazorcas cosechadas y plantas acamadas bajo diferentes sistemas de labranza y manejo de residuos.....	46

Cuadro No

13	Propiedades químicas del suelo en los sistemas de labranza y manejo de residuos a la profundidad de 0-5 cm. Tercer muestreo.....	48
14	Propiedades químicas del suelo en los sistemas de labranza y manejo de residuos a las profundidades de 5-20 cm y de 20-35 cm. Tercer muestreo.	50
15	Propiedades químicas del suelo en los sistemas de labranza y manejo de residuos a las profundidades de 0-5 cm y de 5-20 cm. Cuarto muestreo..	53
16	Propiedades químicas del suelo en los sistemas de labranza y manejo de residuos a las profundidades de 0-5 cm y de 5-20 cm. Quinto muestreo..	56
17	Efecto de la variación en los sistemas de labranza y manejo de residuos y el combate de plagas sobre la incidencia de <u>Diabrotica</u> spp. y gusano cogollero. Segundo ciclo de siembra.....	60
18	Variación en la población de maíz por hectárea, por efecto de la labranza y manejo de residuos...	62

Cuadro No

19	Rendimiento de grano de maíz, número de mazorcas cosechadas, plantas acamadas y altura de planta bajo diferente tipo de combate de plagas.....	63
20	Rendimiento de grano de maíz, y número de plantas acamadas bajo diferentes sistemas de labranza y manejo de residuos.....	64
21	Contenido de P presente en los primeros 5 cm de suelo en los cinco muestreos.....	67
22	Valores de pH presentes en los primeros 5 cm de suelo en los cinco muestreos.....	68

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura No	
1 Precipitación y Temperatura registradas durante el período experimental y distribución cronológica de los ciclos del cultivo.....	22
2 P presente en los sistemas de labranza y manejo de residuos hasta la profundidad de 20 cm. Segundo muestreo.....	40
3 Mn presente en los sistemas de labranza y manejo de residuos hasta la profundidad de 20 cm. Segundo muestreo.....	41
4 pH presente en los sistemas de labranza y manejo de residuos hasta la profundidad de 35 cm. Tercer muestreo.....	52
5 P presente en los sistemas de labranza y manejo de residuos hasta la profundidad de 35 cm. Cuarto muestreo	55
6 P presente en los sistemas de labranza y manejo de residuos hasta la profundidad de 35 cm. Quinto muestreo.....	59

LISTA DE ABREVIATURAS

NL	No labranza
LC	Labranza convencional
LM	Labranza mínima
MO	Materia orgánica
N	Nitrógeno
P	Fósforo
K	Potasio
Ca	Calcio
Mg	Magnesio
Zn	Zinc
B	Boro
Mn	Manganeso
Fe	Fierro
Al	Aluminio
AE	Acidez extraíble
C	Carbono
C/N	Relación carbono: nitrógeno
CIC	Capacidad de intercambio catiónico
DDS	Días después de la siembra

RESUMEN

Este estudio se realizó en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) en Turrialba, Costa Rica, entre octubre de 1983 y octubre de 1984, involucrando dos siembras continuas de maíz. Los objetivos fueron: Determinar la influencia de sistemas de labranza y manejo de residuos sobre algunas propiedades químicas del suelo, determinar la influencia de los sistemas de labranza y manipulación de residuos de cosecha sobre la incidencia y daño de plagas de raíces y follaje en maíz y determinar el efecto de los sistemas de labranza, manejo de residuos y combate de plagas sobre la producción de grano en maíz.

Se estudiaron siete manejos de residuos en dos tipos de labranza. Los manejos de residuos para el suelo preparado con arado y rastra y en no laboreo fueron: Cañas de maíz erectas del ciclo anterior, sin residuos y con residuos sobre el suelo, además de la incorporación de los residuos en el sistema arado. También se estudiaron tres tipos de combate de plagas: Combate al suelo, al follaje y sin combate.

El contenido de P en los primeros 5 cm de suelo fue mayor en los sistemas de no labranza.

El pH en los primeros 5 cm de suelo fue más bajo en los tratamientos de no labranza que en los de labranza.

Los demás nutrientes y características químicas no mostraron una tendencia definida por efecto de los sistemas de labranza y manejo de residuos.

El daño por plagas foliares (Diabrotica spp. y Epodontera frugiperda) fue mínimo en ambos ciclos

El daño causado por inmaduros de Cyrtomenus sp , Diabrotica spp. y Phyllophaga spp. (plagas de suelo) no afectaron la producción de grano de maíz en los dos ciclos de siembra.

El rendimiento de grano fue mayor en el sistema arado con cañas erectas y en las parcelas donde se aplicó carbofuran al suelo, ya que parece actuar también como regulador de crecimiento. Estos resultados se obtuvieron en ambos ciclos de siembra.

Este trabajo fue parte de un proyecto de investigación que también involucro la influencia de los sistemas de labranza y manejo de residuos sobre las propiedades físicas. Los resultados serán presentados por separado como trabajo de tesis por Herbert Yanez.

SUMMARY

This study was conducted at the Centro Agronomico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) at Turrialba, Costa Rica from October 1983 to October 1984. The objectives were: Determine the influence of soil preparation and plant residue management systems on chemical properties of the soil and on insect pests of roots and foliage of maize; determine the effect of soil preparation, plant residue management, and insect pest control on maize production.

Seven plant residue management systems and two types of soil preparation were studied. Plant residue management in plowed and no tillage systems were: maize stalks from previous crop left standing, removal of residues left on the soil surface; additionally residues were incorporated in one of the plowed treatments. Three insect management treatments were: Control of pests in the soil, control of foliage pests, and no control.

Content of P in the first 5 cm of soil was greater in no tillage systems.

The pH in the first 5 cm of soil was lowest in no tillage systems.

No defined tendency was detected for other nutrients and chemical properties in response to tillage and plant residue management systems.

Foliar insect pest (Diabrotica spp. and Spodoptera frugiperda) damage was minimal in both planting cycles.

Damage by immature Cyrtomenus sp., Diabrotica spp., and

Phyllophaga spp.(soil pests) did not affect maize production in both cycles.

Maize yields were greatest in plowed plots with standing maize stalks where insecticide was applied to the soil. The soil insecticide, carbofuran, apparently acted as a growth regulator.

This work was part of a research project that also included the study of soil and plant residue management systems affect on physical properties of the soil. The results are presented in another thesis by Herbert Yanez.

1. INTRODUCCION

La investigación interdisciplinaria es necesaria para determinar el efecto de los sistemas de labranza y el manejo de los residuos de cultivos en la química, física y microbiología del ambiente suelo-planta, así como la vulnerabilidad del cultivo al ataque de los insectos.

La actividad microbiana y las transformaciones de los nutrientes es más lenta en no labranza (NL) que en labranza convencional (LC) ya que, con residuos sobre el suelo no arado el ambiente del suelo es más frío, húmedo y menos aireado. El comportamiento de los insectos discrepa dependiendo de las condiciones de campo y plagas consideradas.

Numerosos reportes indican que los sistemas de NL son más eficientes que los de LC por su menor costo de producción, sus efectos en la fertilidad del suelo, propiedades físicas, plagas e interacciones de los cultivos.

Los objetivos del presente trabajo fuerón:

1. Determinar la influencia de sistemas de labranza y manejo de residuos sobre algunas propiedades químicas del suelo.
2. Determinar la influencia de los diferentes tipos de labranza del suelo y manipulación de residuos de cosecha sobre la incidencia y daño de plagas de raíces y del follaje en el cultivo del maíz.
3. Determinar el efecto de los sistemas de labranza, manejo de residuos y combate de plagas sobre la producción de grano de maíz.

Este trabajo fue parte de un proyecto de investigación que también involucró la influencia de los sistemas de labranza y manejo de residuos sobre las propiedades físicas. Los resultados serán presentados por separado como trabajo de tesis por otro investigador.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Efectos de los sistemas de labranza sobre las propiedades químicas.

En NL las propiedades químicas y físicas del suelo fueron mejores que en LC (2,9,64,106). Bouza et al (16) y Bouza, Rivero y Martínez (20) señalan que esas propiedades elevaron la fertilidad del suelo en NL.

Debido a lo contrastante de los métodos de manejo del suelo, los sistemas de labranza tienen diferentes efectos sobre las propiedades químicas. Así cuando el laboreo es reducido existe menos mezcla de las enmiendas y de los residuos con el suelo, y cuando el suelo permanece sin disturbio por muchos años y los fertilizantes son aplicados en la superficie esto ocasiona la acumulación de ciertos nutrimentos y de la materia orgánica (MO) en la superficie del suelo (16).

Los resultados obtenidos en diferentes lugares indican que la NL es una alternativa que presenta numerosas ventajas sobre la LC, entre las cuales se destacan cambios favorables en las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, reducción de la erosión y disminución de costos (8,11).

2.1.1 Efecto sobre la MO

Diversos autores reportaron tendencias de incremento en el contenido de MO en sistemas de NL en relación a LC (2,9,14,16,19,42,51,53,54,56,64,68,69,75,76,77,79,80,82,85,97,106).

Rasmussen et al (76) concluyeron que el cambio en el contenido de C-orgánico en el suelo esta relacionado linealmente con la cantidad de residuos aplicados y que aplicaciones de 5 toneladas métricas de residuos de cultivo $\text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$ son necesarias para mantener el nivel de MO del suelo.

Lal (58) reportó una tasa de reducción del contenido de MO de un 0,03 % mensual en los primeros 12 meses de cultivo después del barbecho para parcelas con LC comparada con una reducción de 0,004 % mensual en parcelas con NL, ambas en una rotación maíz-maíz.

En un estudio de NL y LC con y sin residuos de mulch en una sucesión maíz-maíz durante 12 años, se reportó que las parcelas con NL rindieron más y retuvieron más humedad que las parcelas con LC en muestras tomadas cada 10 cm hasta una profundidad de 80 cm, y se concluyó que la retención favorable en NL, se debe al mayor contenido de MO en la capa superficial lo que a su vez ocasiona una mejor estructura y una mayor actividad de lombrices(54).

En un ensayo de tres años realizado por Rojas Alvarez y Chavarría (85) al comparar LC y NL, reportaron que el contenido de MO fue mayor en NL que en LC porque había más residuos orgánicos en descomposición en NL concentrados en la parte más superficial del suelo. Resultados similares han sido obtenidos al tercer año de comparación por Faivre-Dupaigre (42) y Pidgeon y Ragg (79).

Loch y Caughlan (68) en un trabajo de cinco años sobre el efecto de diferentes sistemas de labranza y manejo de residuos en las propiedades químicas y físicas, reportaron que el contenido de Carbono (C) orgánico fue mayor en las parcelas con NL y residuos que en NL sin residuos.

Haynes y Goh (50) en un estudio con duración de tres años al comparar los efectos del manejo de pastos en LC y NL sobre el estado de fertilidad de suelos, reportaron que el contenido de C-orgánico y N-total tendió a ser similar en NL y LC a la profundidad de 0-5 cm; sin embargo a la profundidad de 5-10 cm los contenidos fueron mayores en las parcelas con LC.

Hamblin (47) examinando los cambios que ocurrieron en diferentes suelos de Australia durante ocho años bajo LC y NL, concluyó que no hay relación entre el contenido de MO, el tiempo y los sistemas de labranza. También menciona que estos cambios son más rápidos en climas más húmedos y que para las condiciones de Australia se requieren períodos de tiempo mayores para encontrar diferencias.

2.1.2 Efecto sobre el N-total en el suelo

Diferentes autores reportan mayor cantidad de N-total en el suelo en sistemas de NL en comparación con LC (12,13,14,38,51,56,61,64,102).

Bennett et al (12) encontraron más N-total y N-mineralizado con NL que en LC.

Kitur et al (61) en un estudio realizado con diferentes sistemas de labranza bajo cultivo con maíz encontró que el contenido de N-total fue más alto en las parcelas con NL que con LC y esto lo explica como resultado de la mayor inmovilización del N en las parcelas con NL.

Doran (37) en un estudio realizado en parcelas con diferentes tipos de labranza en siete localidades de Estados Unidos encontró que en la capa superficial (0-7,5 cm) de la mayoría de los suelos con labranza mínima (LM) tuvo poblaciones de microorganismos más altas, más alta actividad enzimática de la fosfatasa y dehidrogenasa, niveles más altos de N-total y potencialmente mineralizable al compararlos con LC. A una profundidad de 7,5-15 cm las poblaciones de organismos aerobios (especialmente nitrificadores) con LC fueron más altas que con NL. Sin embargo las poblaciones de organismos anaeróbicos facultativos y denitrificadores fueron más altas con NL. Esto indica que el ambiente biológico con NL es menos oxidativo que con LC. Por lo tanto bajo tales condiciones, la MO y el N-total tenderán a incrementarse en NL.

Lal (64) en un estudio con duración de cinco años probando la NL contra LC en varios sistemas de cultivos reportó que las parcelas de NL con residuos presentaron los contenidos más altos de MO y N- NO_3 que bajo el sistema de LC en los primeros 10 cm de suelo.

2.1.3 N - inmovilización

Cuando los residuos son incorporados al suelo bajo condiciones favorables pasan por una rápida descomposición con la simultánea inmovilización del N aplicado(29). Posteriormente el N inmovilizado se hace gradualmente disponible para las plantas. Esta temporal inmovilización es benéfica puesto que reduce la oportunidad de la denitrificación y lixiviación del N aplicado (30). Así mismo esto

es de gran importancia en suelos arenosos bajo irrigación y en suelos tropicales con alta pluviosidad ya que ellos muestran una fuerte lixiviación del N aplicado durante la época de crecimiento (31).

En un estudio realizado por Elliot, Cochran y Papendick (40) encontraron que los residuos de trigo al mezclarse con el suelo causarón una reducción en el rendimiento y consideraron que se debió a la inmovilización del N durante la descomposición de los residuos.

Rojas, Alvares y Chavarría (85) reportaron que el contenido de N- total no fue modificado significativamente en LC y NL en los tres años que duró el estudio. Similares resultados en los primeros 5 cm de suelo reportaron Haynes y Goh (50).

La inmovilización del N se ve incrementada con altas cantidades de C y por la actividad microbial en los suelos con NL según lo reportaron (29,38,40,73).

Kitur et al(61) reportaron que cerca del 50 % de N fue inmovilizado en parcelas de NL en los primeros 5 cm de profundidad mientras que en las parcelas de LC el N inmovilizado estuvo más uniformemente distribuido en los 30 cm superficiales. Esta alta inmovilización en NL se explica por los residuos vegetales que había en esas parcelas.

Lynch y Panting (69) mencionan que el contenido de MO se incrementó en la zona radicular de los cultivos sembrados con NL en relación a LC y que esto está asociado con el incremento de la población de microorganismos del suelo lo cual provocó una menor tasa de mineralización de N. Así la inmovilización del N aplicado

como fertilizante será mayor y como consecuencia se presentará una disminución del uso de fertilizante nitrogenado.

2.1.4 Denitrificación

Existe evidencia de que las pérdidas por denitrificación son mayores en suelos con NL que con LC (37,83).

2.1.5 Lixiviación de NO_3

Bennet (11) encontró que las pérdidas de NO_3 por lixiviación pueden ser mayores bajo condiciones de NL puesto que la humedad disponible del suelo es generalmente más alta que bajo LC. Similares resultados reportaron Thomas et al (103).

Thomas et al (103) y Tyler y Thomas (107) concuerdan que los menores rendimientos se obtuvieron con NL y LM y esto se debió a que se incrementó la lixiviación de nitratos bajo estos sistemas de labranza en comparación con LC.

2.1.6 Efecto del N - fertilizante

Kitur et al (61) reportaron que los rendimientos de grano de maíz tendieron a ser más bajos en NL que en LC a bajas dosis de aplicación de N. El rendimiento fue igual en ambos sistemas de labranza con altas tasas de N aplicado. Similares resultados reportaron Kang, Moody y Adesina (59).

Triplétt y Doren (105) al estudiar la producción de grano de maíz en NL y LC durante tres años encontraron que los rendimientos mayores fueron en NL que en LC en todas las dosis de aplicación de N.

Otros autores reportan en maíz que el N fertilizante es más eficiente en sistemas de NL que en LC (75,77). Por el contrario Unger y McCalla (108) reportaron que en trigo fue necesario adicionar más fertilizante nitrogenado en NL que en LC en suelos arcillosos.

2.1.7 Efecto sobre los nutrimentos en la planta

Griffith, Mannering y Moldenhaver (46) encontraron que la NL reduce la absorción de Cu, Zn, B y Mn al compararla con LC. Esto se debe al aparente menor sistema radical de los cultivos bajo NL, lo cual ocasiona un menor contacto con la superficie del suelo y por lo tanto más bajos suministros de nutrimentos disponibles a la planta. Así mismo los residuos mantienen el suelo más frío y húmedo ocasionando que ciertos nutrimentos estén menos disponibles al inicio de la época de crecimiento.

Lloret (70) encontró que en huertos de agrios el contenido de K, B y Zn en las hojas es mayor en el sistema de NL con residuos en relación a LC con residuos. Los contenidos de Ca, Mg, Fe y Mn en las hojas dependen del tipo de suelo. El mayor contenido se concentra en suelos arenosos bajo NL en comparación a LC. En suelos arcillosos sucede lo contrario.

El contenido de nutrimentos en cereales es reportado por varios autores (74,89,105) en la mayoría de los casos el contenido de N, P y K de las plantas cultivadas en NL fueron iguales o mayores a los contenidos bajo-LC. Por otro lado Estes (41) encontró que la absorción de Ca, Mg, Zn, Mo y B fue menor en maíz sembrado bajo NL.

2.1.8 Efecto sobre la CIC

Lal (66) menciona que la CIC esta influenciada por la cantidad de arcilla, naturaleza de los minerales y contenido de MO. La mayoría de los suelos del trópico húmedo y subhúmedo contienen arcillas de baja actividad, no expandibles y con oxidos de Fe y Al lo cual provoca que la CIC vaya de baja a media. Los suelos de origen volcánico y los vertisoles de regiones áridas tienen una alta CIC.

La naturaleza y cantidad de arcilla esta tambien relacionada con la consistencia del suelo, facilidad de preparación, etc. Los suelos arcillosos con "mulch" están más adaptados a LC que aquellos con una estructura masiva y un estrecho rango de friabilidad. Lal (66) concluyó que los suelos con pH neutro, bajo contenido de arcilla y baja actividad son más adecuadas para NL que aquellos en los cuales la arcilla tiene una alta actividad.

Loch y Coughlan (68) y Weber, Perry y Upchurch (110) reportaron que la CIC se redujo en las parcelas con NL y mencionan que esto pudo ser porque los herbicidas paraquat y diquat utilizados en este sistema son fijados por la montmorillonita, provocando que los sitios de intercambio de cationes sean bloqueados. Otra causa pudo

ser por la pérdida de fracciones de arcilla muy fina.

Vleeschawer, Lal y Malafa (109) trabajando en Nigeria con aplicaciones de "mulch" y su efecto en las propiedades químicas y físicas del suelo reportaron que después de 18 meses la CIC no presentó diferencia.

2.1.9 Efecto sobre el pH y Al intercambiable

El pH del suelo disminuye con NL y más aún si se usan continuamente fertilizantes que tiendan a acidificar el suelo (7,8,16, 41,46,60,64,66,77,90,102).

Blevins et al (16) reportaron que uno de los primeros cambios más obvios que es notado en las parcelas con NL es la reducción del pH, y esta reducción aumenta conforme la tasa de N aplicado se incrementa. Esta se presenta en los primeros 5 cm de suelo. Al contrario en LC la acidificación es igual en los primeros 10 cm y menor al compararla con NL. El Al intercambiable está asociado al pH; si este disminuye el Al aumenta por lo cual se recomienda el encalado en NL.

Blevins et al (16) en otro experimento reportó que el pH se redujo en NL en relación a LC y esa reducción fue mayor con las dosis más altas de fertilizante nitrogenado. Esto se presentó en los primeros 5 cm de profundidad y después de tres años; también se menciona que se requirió el mismo período para que el Al intercambiable aumentara .

Kells et al (60) encontraron que el pH ácido en la superficie

del suelo provocó una rápida descomposición de los herbicidas a base de triazinas los cuales son comunmente usados en la producción de maíz en sistemas de NL.

Shear y Möschler (90) encontraron en un estudio de seis años que en NL el pH de los primeros 5 cm del suelo fue de 4.5 y de 6.0 en la profundidad de 15-20 cm. El pH promedio al inicio del experimento fue de 6.0.

Moschler y Martens (77) reportan que en un estudio realizado con maíz por tres años el pH se redujo en los primeros 30 cm de suelo en NL y en LC permaneció igual.

2.1.9.1 Efecto sobre el contenido de P

Numerosos autores reportan que la cantidad de P disponible en los primeros 10 cm de suelo aumenta bajo el sistema de NL en comparación con LC y más aún cuando se dejan residuos vegetales (10,13, 15,24,39,50,62,64,75,78,80,90,94,105,109).

Pomares García (80) reportó que el sistema de NL con residuos incrementó el contenido de P disponible en los primeros 5 cm de suelo en relación a LC.

Drew y Saker (39) encontraron significativamente más P en NL que en LC a partir del quinto año de experimentación.

Lal (62) reportó que el P disponible en la superficie de suelo es aumentado significativamente al aplicar "mulch".

Onderdonk y Ketcheson (78) y Singh et al (94) concuerdan en que en los Estados Unidos el P y el K absorbido por el maíz es igual o ligeramente superior en NL que en LC aún en suelos de baja fertili-

dad. Esto es atribuido a la presencia de residuos de "mulch" en los anteriores cultivos, lo cual a su vez crea condiciones de humedad favorables para la proliferación y actividad radical.

Shear y Moschler (90) mencionan que el P disponible en los primeros 20 cm de suelo fue un 75 % más alto en NL que en LC.

Moschler, Jones y Shear (75) concluyeron que los cultivos de pasto y trébol sembrados después del maíz en NL tuvieron una mayor producción que en LC, lo cual asocian con los incrementos de P, Ca, MO y humedad disponible en NL.

2.1.9.2 Efecto del P - fertilizante

La deficiencia de P en suelos tropicales es común. Juo y Lal (56) reportan que el P aplicado en la superficie del suelo en NL resulta en una alta concentración en la superficie y por lo tanto es de esperarse que el resultado de altas concentraciones de P en parcelas con NL es provocado por la baja fijación del P aplicado ya que no fue mezclado con el suelo. Esta alta acumulación junto con un alto contenido de humedad bajo el "mulch" favoreció la absorción e incrementará el crecimiento radical, particularmente en las primeras etapas del cultivo (10,15,62,94).

2.1.9.3 Efecto sobre el contenido de K

Algunos autores señalan que el contenido de K no se ve afectado por los sistemas de NL y LC a una profundidad de más de 10 cm

(24,39, 60, 75, 85,90,105).

Por el contrario existen reportes de que el contenido de K esta influenciado significativamente por el sistema de labranza sólo en los primeros 5 cm de profundidad y numerosos autores señalan que el contenido de K es mayor en NL que en LC (8,39,50,60,75,77,90, 105).

Blevins et al (16) mencionan que existe poca diferencia del K intercambiable en LC y NL en los primeros 25 cm de suelo. Sin embargo la distribución es diferente en los primeros 5 cm; el K se concentra fuertemente en NL y declina rápidamente con la profundidad.

En las parcelas con LC el contenido de K se mantiene constante. Por otra parte la absorción de K por el maíz es igual o superior en parcelas con NL en relación a LC y esto se debe probablemente a la mayor distribución radicular y contenido de agua de los primeros 5 cm del suelo bajo NL.

2.1.9.4 Efecto sobre el contenido de Ca, Mg, S y micronutrientes

Blevins et al (16) reportaron menos Ca intercambiable con NL en los primeros 20 cm de suelo en relación a LC. Esto se acentuó en los tratamientos que recibieron $168 \text{ Kg de N } \text{h}^{-1} \text{año}^{-1}$ que presentaron $2,61 \text{ meq de Ca } 100\text{g}^{-1}$ de suelo comparado con $7,84 \text{ meq de Ca } 100\text{g}^{-1}$ de suelo en LC y sin aplicación de N. Este autor concluye que la reducción de Ca intercambiable fue inversamente proporcional a la tasa de aplicación de N.

Vleeschawer, Lal y Malafa (109) demostraron que el contenido de Ca y Mg en el suelo después de 18 meses no se vio afectado por la cantidad de "mulch" que se adicionó.

Bakermans y de Wit (8) y Baumer y Bakermans (7) reportaron que el contenido de Ca y mg en la capa superficial bajo NL es menor que en LC. Esto concuerda con lo reportado por Moschler, Jones y Shear (75) solo para el caso de mg no así para el Ca.

Lal (64) menciona que el contenido de Ca y mg del suelo es mayor en NL que en LC.

Lang y Messan (58) Haynes y Goh (50) y Cannell y Finney (23) encontraron que el contenido en el suelo de K, nutrientes secundarios y micronutrientes en sistemas de NL aún no ha sido investigada en los trópicos.

2.2 Relación entre el tipo de labranza, manejo de rastrojo y la incidencia de plagas.

Gregory y Musick(44), en una revisión de varios trabajos, informan de varios casos de aumento en la incidencia de plagas en relación el tipo de labranza del suelo.

La presencia de los residuos de cultivos y malezas sobre el suelo puede proveer microclimas favorables para la sobrevivencia o propagación de insectos y enfermedades. Además, ciertos insectos o plantas que hospedan insectos y enfermedades son destruidos con la mecanización, lo cual no ocurre con la NL (45).

El manejo de rastrojo con prácticas de labranza ha demostrado

una efectiva regulación natural de plagas al igual que el combate con insecticidas (5,6,32,33).

Carballo (26) sugirió que dicha regulación esta relacionada en gran parte, con factores que intervienen en la colonización de los cultivos por los insectos y su modificación, al realizar la preparación del suelo para la siembra.

Tanchndrphongs y Davidson (101) especifican que la modificación de dichos factores por el tipo de preparación del suelo y manejo de rastrojo, que implica una regulación de plagas, puede ser considerado como una resistencia asociativa a las plagas.

Para que un insecto colonice a su hospedado, deben existir estímulos químicos, visuales, táctiles y gustatorios. Otros factores involucrados son la presencia de barreras físicas, enemigos naturales y el efecto del microclima (3,4,25,43).

Los estímulos visuales involucrados en la colonización de los cultivos por las plagas están relacionados no sólo con el color de las plantas sino también con el contraste de color entre éstas y el suelo (100).

Smith (95) encontró que la preferencia de algunos insectos por colonizar cultivos cuando se encuentran en suelo limpio, se debe a la reacción optomotora causada por el contraste de color entre las plantas y el suelo pardo. Esta concuerda con Rhuendi 1979 citado por Sánchez (87).

Carballo (25) encontró una reducción significativa de Diabrotica spp. cuando el suelo esta cubierto de residuos, que estando limpio y arado, donde el ataque fue severo. Este incremento en su-

lo con labranza estuvo influenciado probablemente por la preferencia del insecto a ovipositar en suelo arado y por el contraste de color entre el cultivo y el suelo. Esta reacción de los insectos al contraste de color entre el cultivo y el suelo se relaciona con la intensidad de la reflexión de la luz (28).

Shenk y Saunders (91) encontraron que la incidencia de Spodoptera frugiperda y Diabrotica balteata fue mayor en suelo arado. En tratamientos con vegetación o mantillo en la superficie del suelo, el ataque de S. frugiperda también se incrementó.

Los huevos de Diabrotica spp. puestos en el suelo arado se distribuyen tanto horizontal como verticalmente. Bajo NL permanecen concentrados cerca del sitio de deposición (34). Esto afecta la probabilidad de las larvas de alcanzar las raíces de las plantas y sobrevivir. La condición de suelo suelto bajo terreno arado permite que las larvas del insecto puedan moverse fácilmente a través del suelo y localizar fácilmente las raíces del maíz (72).

La incidencia de Spodoptera frugiperda fue de un 2,10 % cuando el maíz fue sembrado bajo NL en presencia de rastrojo de malezas erectas; sin embargo, en terreno arado y bajo NL sin rastrojo erecto alcanzó un 26,38 % y 21,57 % respectivamente (25). Posiblemente esto se debió a que el rastrojo de malezas enmascaró los estímulos atrayentes al insecto adulto.

El número de plantas de maíz cortadas por S. frugiperda en parcelas de NL durante un período de sequía fue bajo, 408 plantas por hectárea en comparación de 10.704 en terreno arado (55).

Observaciones durante cinco años en Maryland, Estados Unidos indican que el ataque de insectos fue mayor en NL y que durante todos los años Spodoptera spp. y Agrotis spp. fueron los insectos que más atacaron las parcelas con NL (49).

El incremento de la población de Phyllophaga ansia alrededor del maíz en LC en comparación a LM en que prevalecen franjas de zacate entre las hileras de maíz, se debe a que el insecto prefiere alimentarse de las raíces del zacate lo cual ocasionó una reducción del daño al maíz (84).

Carballo (26) trabajando en Turrialba, concluyó que los rendimientos más bajos se obtuvieron en sistemas arados sin combate de insectos. El hemiptero Cyrtomenus bergi (Froeschner) fue la plaga principal en parcelas aradas, reduciendo la emergencia de maíz en casi 50 %. Este mismo sistema presentó un mayor ataque de S. frugiperda y Diabrotica spp. en el follaje que los tratamientos bajo NL.

Phyllophaga spp. causó daños más severos en LC (25) aunque Musick (1970) citado por Sherk, Saunders y Escobar (92) indica que la mecanización frecuentemente destruye las larvas de Phyllophaga. En general, los insectos del suelo redujeron la población de maíz y el número de mazorcas cosechadas en parcelas mecanizadas según lo indica el análisis de Carballo (26).

Las implicaciones de estos resultados en el trópico son importantes, ya que las instituciones de los países promueven la mecanización como alternativa para aumentar la producción de maíz, y es conveniente evaluar la necesidad de controlar los insectos bajo sistemas de NL como medio que reduce la dependencia de insecticidas.

Algunos resultados discrepan de los provenientes de la zona templada. La diversidad de especies de plantas e insectos tiende a ser mayor en el trópico, aumentando la posibilidad de existencia de un alto número de insectos depredadores en el cultivo de maíz. Esta puede ser una razón por la cual se observa una menor incidencia de insectos con NL bajo condiciones tropicales (92).

2.3 Efecto de los sistemas de labranza sobre el rendimiento

Diversos autores (18,19,21,64,65,81,85,93,98,99,104) han considerado que los sistemas de NL y LC producen rendimientos similares; otros autores reportan rendimientos superiores en NL (17,55,71,75,76,105,111).

Maldonado (71) indica que en la época seca los mayores rendimientos de maíz fueron conseguidos en NL pero en la época lluviosa los rendimientos fueron iguales. Lal (64) reporta resultados similares.

Soza et al (96) reportó que los rendimientos de 20 ensayos mostrarán ser superiores bajo el sistema de NL que bajo LC.

Burity (22) al estudiar los cultivos de yuca en monocultivo y yuca-frijol asociados. Menciona que la yuca rindió más en parcelas bajo LC pero el rendimiento de frijol fue superior en NL.

Zaffaroni (111) encontró que los rendimientos de maíz y frijol en el primer ciclo y de maíz solo en el segundo ciclo fueron superiores en el sistema de NL que en LC.

Cabe mencionar que todos los trabajos reportados en la revisión provienen de condiciones de clima y suelo diferentes.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Descripción del área experimental

Esta investigación se realizó en un terreno del Programa de Producción Animal del CATIE, Turrialba, Costa Rica, ubicado a una latitud norte de $9^{\circ} 50'$ y una longitud oeste de $83^{\circ} 31'$ y una elevación de 602 msnm.

El área donde se realizó el estudio tiene siete ciclos de maíz repetidos con los mismos tratamientos empezando en mayo de 1980.

El suelo pertenece a la serie Juray, es de origen aluvial, presenta un drenaje moderado y una densidad aparente de media a alta. Su contenido de MO es de medio a alto con un pH moderadamente ácido. Presenta un grado de fertilidad entre mediano y bajo. Según la séptima aproximación esta clasificado como un Typic Dystrandept (1). Mayores detalles son presentados en el apéndice.

De acuerdo al sistema de clasificación Holdrige (52), la zona Turrialba corresponde a la formación ecológica: Bosque muy húmedo tropical premontano.

El clima es cálido y húmedo. Los datos de la estación meteorológica del CATIE (27) indican que la temperatura media anual (promedio de 21 años) es de $22,3^{\circ}\text{C}$ con temperatura media máxima de 27°C y mínima de $17,6^{\circ}\text{C}$.

La precipitación media anual es de 2674 mm con 251 días de lluvia. El período lluvioso empieza en mayo y finaliza en diciembre. La humedad relativa promedio es de 88 %. El brillo solar diario es de 4,5 horas. El promedio de radiación diaria es de 423,7 Langleys y el de evaporación es de 3,9 mm.

Los datos climáticos durante el período experimental, se presenta en la figura 1.

3.2 Descripción del experimento

El trabajo de campo, se inició en octubre de 1983 y concluyó en octubre de 1984, involucrando dos ciclos de siembra, el primero a partir de la tercera semana de octubre de 1983, hasta la segunda semana de marzo de 1984 y el segundo, a partir de la tercera semana de mayo de 1984 hasta la primera semana de octubre de 1984 (Fig. 1).

3.3 Factores estudiados

3.3.1 Manejo de residuos y labranza (tratamientos)

Este factor involucró cuatro sistemas de manejo de residuos bajo terreno arado y tres bajo NL, con lo cual se obtuvo un total de siete manejos de residuos y labranza (cuadro 1).

El suelo se aró aproximadamente a 20 cm de profundidad mediante una pasada del arado de discos, seguido por dos pasadas de rastra de discos, entre 8 y 15 días antes de la siembra. En NL se aplicó $1,5 \text{ kg i.a. ha}^{-1}$ del herbicida glifosato (Roundup) sobre la maleza, ocho días antes de la siembra. Los manejos de residuos fueron:

- a. Cañas de maíz del ciclo anterior en posición vertical.

Para ambos sistemas de labranza las cañas de maíz del ciclo anterior se mantuvieron en posición erecta. Para el sistema arado, esto fue posible mediante el paso de un rotovator de 0,75 m de corte, entre las cañas de maíz.

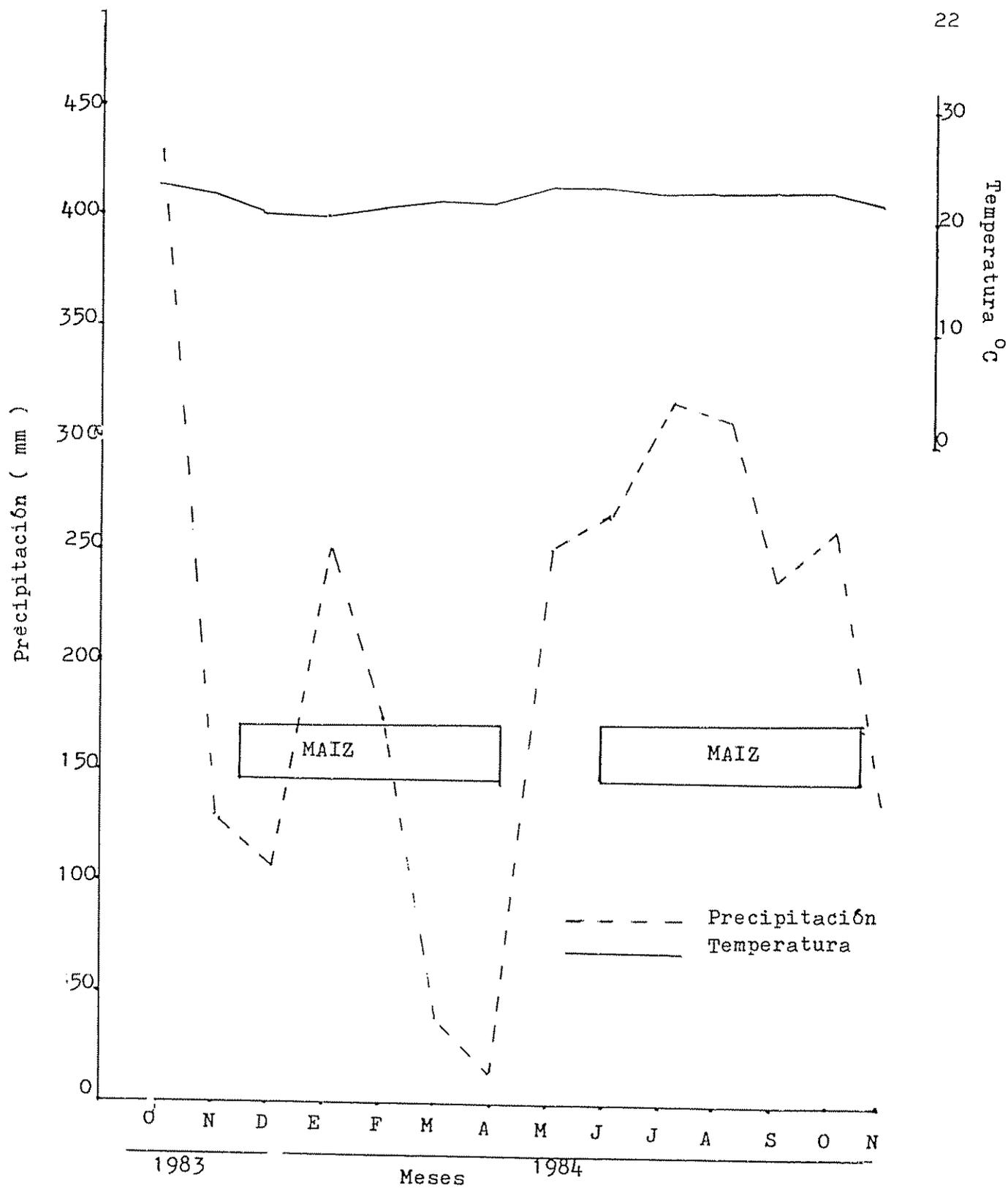


Fig. 1. Precipitación y temperatura registradas durante el período experimental y distribución cronológica de los ciclos del cultivo.

Cuadro 1. Descripción de los sistemas de labranza y manejo de residuos.

Labranza y manejo de residuos	Abreviatura
Arado más residuos incorporados	ARI
Arado sin residuos	ASR
Arado con residuos sobre el suelo	ARSS
Arado con cañas erectas	ACE
No arado más cañas erectas	NACE
No arado con residuos sobre el suelo	NARSS
No arado sin residuos	NASR

b. Eliminación de residuos de cosecha.

Antes de realizar el paso del arado en el sistema arado se eliminaron todos los residuos de la cosecha anterior. Bajo NL, se eliminaron los residuos antes de la siembra.

c. Residuos sobre el suelo

En el sistema arado, los residuos se eliminaron antes del paso del arado y posteriormente se colocaron de nuevo. Bajo NL, los residuos permanecieron colocados sobre el suelo.

d. Incorporación de residuos

Solamente se realizó en el sistema arado y consistió en la incorporación de los residuos de cosecha y malezas, mediante el arado.

3.32 Combate de plagas (subtratamientos)

Los tipos de combate de plagas fueron:

a. Combate de plagas de suelo

Se aplicó 1,0 Kg de i.a. $\text{h}\bar{\text{a}}^{-1}$ de carbofuran (Furadan 5 G) al momento de la siembra, en forma de 1,0 g del producto para cada hoyo de siembra.

b. Combate de plagas del follaje

Se aplicaron 0,145 Kg i.a. $\text{h}\bar{\text{a}}^{-1}$ de methomyl (Lannate 90 % PM) al follaje una y dos semanas después de la siembra.

c. Sin combate de plagas

No se aplicó insecticida.

3.4 Diseño experimental

El diseño experimental fue de bloques al azar en un arreglo de parcelas divididas con siete tipos de manejo de residuos y la-:branza como parcela principal y tres niveles de variación en el combate de plagas como subparcela. Hubo cuatro repeticiones.

La parcela principal tuvo 24 m de largo por 6 m de ancho y la subparcela fue de 8 m de largo por 6 m de ancho. Las evaluaciones y toma de datos se realizaron sobre una parcela útil de 6 m de largo por 4 m de ancho.

3.5 Manejo del experimento

Se sembrarán 60000 semillas por hectárea de maíz Tuxpeño ciclo 7, de porte bajo y grano blanco, a una distancia de 1,0 m entre hileras y de 0,5 m entre plantas, dejando tres semillas por postura.

La fertilización inicial se realizó a un lado del punto de siembra, usando 250 kg ha^{-1} de la formula 12-24-12. Una segunda fertilización se realizó a los 30 DDS, mediante la aplicación de 75 Kg ha^{-1} de nitrógeno, usando como fuente urea.

A los 30 DDS, se aplicó $0,5 \text{ kg i.a. ha}^{-1}$ de paraquat, usando una pantalla sobre la boquilla para proteger las plantulas de maíz.

3.6. Registro de la información

3.6.1 Evaluación en el cultivo

Se evaluarán las siguientes variables:

Se midió la altura desde la superficie del suelo hasta la última hoja de 10 plantas tomadas al azar por parcela útil. Esto se realizó a los 40 DDS y a la floración para ambos ciclos.

Después de desgranar las mazorcas, el peso de grano de maíz por parcela útil fue corregido al 14 % de humedad y transformado a kilogramos por hectárea.

3.62 Muestreos y análisis físico-químicos del suelo

Se realizaron cinco muestreos en total considerándose tres etapas, antes de la siembra, en floración y después de la cosecha.

Para tomar las muestras se hicieron dos hoyos con palín en cada subparcela con y sin insecticida con estas muestras se formaron dos muestras compuestas por cada subtratamientos, una a una profundidad de 0-5 cm y la otra de 5-20 cm, obteniéndose en total 56 muestras en el primero y en el segundo muestreo. En el tercero, cuarto y quinto muestreo se consideró una tercera profundidad de 20-35 cm, en las subparcelas sin insecticida, obteniéndose así 70 muestras en cada muestreo respectivamente.

En el cuadro 2 se presentan las determinaciones realizadas así como los métodos analíticos empleados.

3.63 Evaluaciones de plagas de insectos

La incidencia de ataque por Diabrotica spp. se cuantificó contando el número de plantas dañadas a los 7 y 15 DDS, y se trans-

Cuadro 2. Determinaciones y breve descripción de los métodos analíticos empleados.

Determinación	Descripción de la metodología	Descrito por
pH	Leído en potenciómetro, en suspensión suelo/agua en una relación 1:2.5	Díaz-Romeu y Hunter (36)
MO	Walkley y Black, digestión húmeda con dicromato de potasio y H_2SO_4 concentrado.	Saiz del Río y Bornemisza (86).
N-total	Semi-micro Kjeldahl, digestión sulfurica con mezcla catalizadora.	Díaz-Romeu (35)
P extraíble	Olsen modificado, extraído con 0,5 N $NaHCO_3$, 0,01 M EDTA y leído en espectrofotómetro Coleman 295.	Díaz-Romeu y Hunter (36)
K extraíble	Extraído con la solución modificada de $NaHCO_3$ de Olsen, y leído en espectrofotómetro de absorción atómica, Perkin Elmer 370 A.	Díaz-Romeu y Hunter (36)
Ca y Mg cambiabile	Extraído con KCl 1N y determinado en espectrofotómetro de absorción atómica, Perkin Elmer 370 A.	Díaz-Romeu y Hunter (36)
Cu, Mn, Zn	Extraído con la solución modificada de $NaHCO_3$ de Olsen, y leído en espectrofotómetro de absorción atómica, Perkin Elmer 370A	Díaz-Romeu y Hunter (36)
Acidez inter-cambiabile.	Extraído con KCl y titulado con NaOH 0,01 N.	Díaz-Romeu y Hunter (36)
Textura	Método de Boyoucus, dispersión con Na_2CO_3 y $Na_2SiO_3 \cdot 5H_2O$.	Hardy y Bazan (48).

formó a porcentaje. La severidad del daño se estableció según las siguientes categorías: 1- menos del 5 % del área foliar dañada, 2- del 6 al 10 %, 3- del 11 al 25 %, 4- del 26 al 50 % y : la categoría 5- más del 50 % del área foliar dañada.

La incidencia de gusano cogollero (Spodoptera frugiperda) se evaluó a los 30,40 y 50 DDS. Se contó el número de plantas atacadas y se calculó el porcentaje de infestación por parcela.

Los valores de insectos foliares se transformaron para su análisis a $\text{arc sen} \sqrt{\%}$.

A los 35 DDS se determinó el número y especies de insectos del suelo. El número de insectos se transformó a $\sqrt{x+1}$. El área muestreada fue de aproximadamente 20 x 30 cm, a 20 cm de profundidad y tomando cuatro posturas de siembra en los bordes de cada parcela.

3.7 Análisis de información

El análisis de varianza permitió establecer el efecto de los factores estudiados sobre las variables del suelo, variables entomológicas y las variables de respuesta del cultivo.

El modelo estadístico del diseño experimental usado, fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = M + R_i + L_j + E_{ij} + P_k + E_{ik} + (LP)_{jk} + E_{ijk}$$

donde:

Y_{ijk} = una variable de respuesta

M = media general

R_i = efecto de repeticiones

L_j = efecto del factor A (labranza y manejo de residuos)

E_{ij} = error A

P_k = efecto del factor B (combate de plagas)

E_{ik} = error B

$(LP)_{jk}$ = efecto de la interacción entre la labranza y manejo de residuos y el combate de plagas

E_{ijk} = error experimental

De tal forma que el análisis de varianza se estructuró de la siguiente manera:

Fuente de variación		Grados de libertad
Repeticiones	$(r-1)$	3
Factor A	$(a-1)$	6
Error A	$(r-1) (a-1)$	18
Factor B	$(b-1)$	2
Error B	$(r-1) (b-1)$	6
Interacción AxB	$(a-1) (b-1)$	12
Error experimental	$(r-1) (a-1) (b-1)$	36

4. RESULTADOS

Debido a que no se encontró relación entre los subtratamientos (combate de insectos) y el efecto de los sistemas de labranza y manejo de residuos en las propiedades químicas, la discusión de los cinco muestreos de suelo versará solo sobre el efecto de los tratamientos en las propiedades químicas.

4.1 Primera siembra

4.1.2.1 Primer muestreo de suelos

Los resultados analíticos a la profundidad de 0-5 cm se presentan en los cuadros 3 y 4.

El pH fue significativo para tratamientos. Fue más alto en el sistema NACE y más bajo en el sistema ACE.

El contenido de K varió significativamente, el mayor contenido se presentó en ACE y el menor en los sistemas NACE y ASR.

El Ca fue mayor en los tratamientos ARSS, NACE, ARI, y ASR y más bajo en ACE.

El mayor contenido de AE lo presentó el tratamiento ACE y los menores contenidos se observaron en los tratamientos ASR, NACE, y ARI.

El Zn fue significativo entre tratamientos. Los mayores valores son alcanzados por los sistemas NARSS, ARSS, NASR y ACE los menores valores los presentan los tratamientos ARI, NACE, y ASR.

El Mn fue significativo, el mayor contenido lo mostró el sis-

Cuadro 3. Propiedades químicas del suelo en los sistemas de labranza y manejo de residuos a la profundidad de 0-5 cm. Primer muestreo.

Labranza y manejo de residuos	Propiedades químicas ^{1/}		
	pH	K	Ca
			meq 100 ml ⁻¹
ARI	5,3 bc	0,40 bc	3,5 a
ASR	5,4 ab	0,35 c	3,3 a
ARSS	4,9 bc	0,53 ab	3,7 a
ACE	4,8 c	0,57 a	2,3 b
NACE	5,5 a	0,36 c	3,6 a
NARSS	5,0 bc	0,42 bc	2,9 ab
NASR	4,9 bc	0,51 ab	2,9 ab

^{1/} Valores con igual letra no son significativamente diferentes entre sí según la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad.

Cuadro 4. Propiedades químicas del suelo en los sistemas de labranza y manejo de residuos a la profundidad de 0-5 cm. Primer muestreo.

Labranza y manejo de residuos	Propiedades químicas 1/					
	AE		Zn		Mn	
	meq 100 ml ⁻¹		ug ml ⁻¹			
ARI	0,9	c	4	b	31	bc
ASR	1,0	c	4	b	32	bc
ARSS	1,3	bc	9	a	33	bc
ACE	1,9	a	9	a	52	a
NACE	0,9	c	4	b	24	c
NARSS	1,7	ab	8	a	42	ab
NASR	1,8	ab	8	a	34	bc

1/ Valores con igual letra no son significativamente diferentes entre sí según la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad.

tema ACE y el menor el sistema NACE,

El contenido de MO, N-total, P, Mg y Cu no varió significativamente los promedios fueron: 6,8 y 0,35 %; 27 ug ml⁻¹; 1,0 meq 100 ml⁻¹ y 18 ug ml⁻¹ respectivamente.

Los resultados analíticos a la profundidad de 5-20 cm se presentan en el cuadro 5.

El pH fue significativamente diferente, siendo más alto en los sistemas NACE y ASR y más bajo en el sistema ARSS.

La AE varió significativamente, con mayor contenido en los tratamientos ACE y NARS, el menor contenido se observó en el tratamiento NACE.

El contenido de Zn varió significativamente, el mayor valor fue alcanzado por el sistema ARSS; los menores valores se presentaron en los tratamientos NACE y ASR.

El contenido de MO, N-total, P, K, Ca, Mg, Cu y Mn no presentaron diferencias significativa entre tratamientos. Los datos promedio fueron: 6,3 y 0,33 %; 14 ug ml⁻¹; 0,35; 3,5 y 1,1 meq 100 ml⁻¹; 18 y 25 ug ml⁻¹ respectivamente.

4.1.2.2 Segundo muestreo de suelos

Los resultados analíticos a la profundidad de 0-5 cm se presentan en el cuadro 6.

El análisis de varianza para P fue significativo para tratamientos, el valor más alto lo presentaron los sistemas ACE, NARSS, NASR y NACE y los menores, los sistemas ARSS, ARI y ASR, esto concuerda con

Cuadro 5. Propiedades químicas del suelo en los sistemas de labranza y manejo de residuos a la profundidad de 5-20 cm. Primer muestreo.

Labranza y manejo de residuos	Propiedades químicas 1/		
	pH	AE	Zn
		meq 100 ml ⁻¹	ug ml ⁻¹
ARI	4,8 c	0,7 bc	5 cd
ASR	5,5 a	0,9 bc	4 d
ARSS	5,3 ab	1,1 ab	9 a
AGE	4,9 bc	1,4 a	8 ab
NACE	5,6 a	0,5 c	3 d
NARSS	5,3 ab	1,0 bc	5 cd
NASR	5,0 bc	1,3 a	7 bc

1/ Valores con igual letra no son significativamente diferentes entre sí según la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad.

Cuadro 6. Propiedades químicas del suelo en los sistemas de labranza y manejo de residuos a la profundidad de 0-5 cm. Segundo muestreo.

Labranza y manejo de residuos	Propiedades químicas <u>1/</u>					
	P		K		Ca	
	ug ml ⁻¹		meq 100 ml ⁻¹			
ARI	20	b	0,47	b	5,7	ab
ASR	18	b	0,31	c	6,0	ab
ARSS	16	b	0,49	b	3,9	cd
ACE	39	a	0,70	a	3,3	d
NACE	39	a	0,54	ab	6,3	a
NARSS	33	a	0,69	a	4,8	bc
NASR	35	a	0,61	ab	3,7	cd

1/ Valores con igual letra no son significativamente diferentes entre sí según la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad.

lo reportado por Belcher y Ragland (10), Blevins et al (15) y Drew y Saker (39).

El contenido de K varió significativamente entre tratamientos, los mayores valores son alcanzados por los tratamientos ACE y NARSS y los menores los tratamientos ARSS, ARI y ASR. Similares resultados reportaron Bakermans y Wit (8), Drew y Saker (39) y Haynes y Goh (50).

El Ca varió significativamente, el mayor contenido lo presentó el sistema NACE y el menor el tratamiento ACE.

El contenido de Mn fue significativamente diferente entre tratamientos, el mayor contenido lo presentaron los sistemas ACE, NARSS y NACE y el menor contenido los tratamientos ASR, ARI y ARSS.

El contenido de MO, N- total, Mg, AE, Cu y Zn no varió significativamente entre tratamientos. Los datos promedios fueron: 6,8 y 0,41 %; 1,28 y 1,18 meq 100 ml⁻¹; 20 y 5 ug ml⁻¹ respectivamente.

Los resultados analíticos a la profundidad de 5-20 cm se presentan en el cuadro 7.

El Ca presentó variación significativa, el mayor contenido los mostraron los sistemas NACE y ASR; el menor se observó en los sistemas ARSS, NASR y ACE.

El contenido de Mg fue significativamente diferente entre tratamientos, el mayor contenido se observó en los sistemas NACE y ASR; el menor lo presentó el sistema ACE.

El contenido de MO, N-total, pH, P, K, AE, Cu, Zn y Mn no varió significativamente entre los tratamientos. Los datos promedios

Cuadro 7. Propiedades químicas del suelo en los sistemas de labranza y manejo de residuos a la profundidad de 5-20 cm. Segundo muestreo.

Labranza y manejo de residuos	Propiedades químicas <u>1/</u>	
	Ca	Mg
	meq 100 ml ⁻¹	
ARI	5,9 ab	1,5 ab
ASR	6,4 a	1,6 a
ARSS	3,8 b	1,0 bc
ACE	3,8 b	0,9 c
NACE	6,7 a	1,7 a
NARSS	4,8 ab	1,3 bc
NASR	3,9 b	1,0 bc

1/ Valores con igual letra no son significativamente diferentes entre sí según la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad.

fueron: 6,3 y 0,38 %; 5,0; 14 ug ml^{-1} ; 0,42 y 0,88 $\text{meq } 100 \text{ ml}^{-1}$; 21; 4 y 24 ug ml^{-1} respectivamente.

Las figuras 2 y 3 presentan la distribución de P y Mn respectivamente en los sistemas de labranza y manejo de residuos hasta la profundidad de 20 cm.

4.1.3 Variación en la incidencia de plagas y su efecto sobre el cultivo.

El número de plantas atacadas por Diabrotica spp a los 7 DDS fue significativamente diferente unicamente entre subtratamientos (cuadro 8). Las parcelas con insecticida al suelo fueron menos atacadas. No hubo diferencia estadística entre tratamientos ni entre subtratamientos a los 15 DDS. La severidad de ataque en ambos muestreos fue mínima y no significativa.

El número de plantas atacadas por gusano cogollero a los 30, 40 y 50 DDS no presentó diferencia entre tratamientos ni entre subtratamientos.

No se presentó diferencia significativa entre tratamientos ni entre subtratamientos para números de inmaduros de Cyrtomenus spp. Diabrotica spp. y Phyllophaga spp. plagas de suelo presentes (cuadro 8).

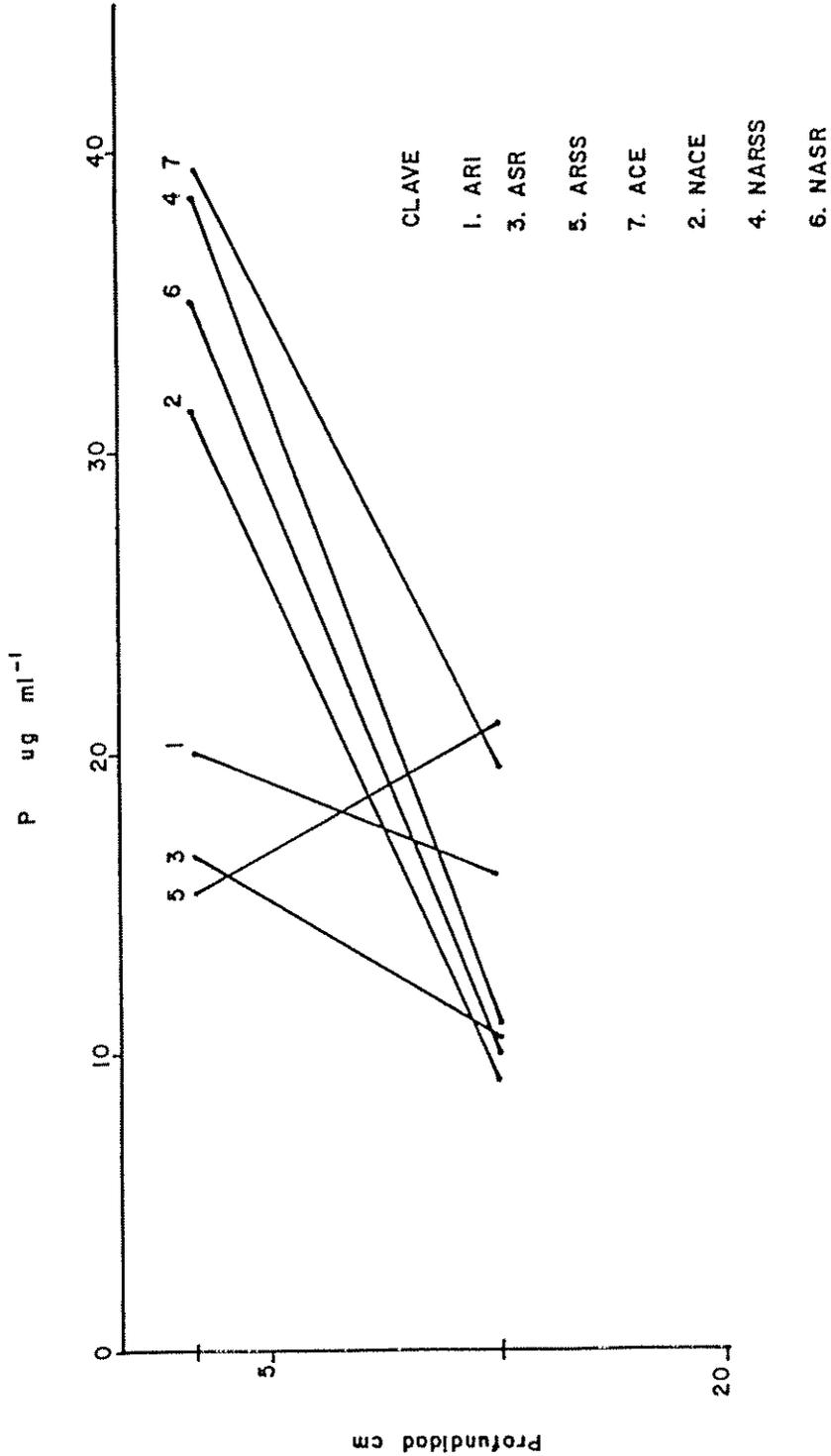


Figura 2. P presente en los sistemas de labranza y manejo de residuos hasta la profundidad de 20 cm. Segundo muestreo.

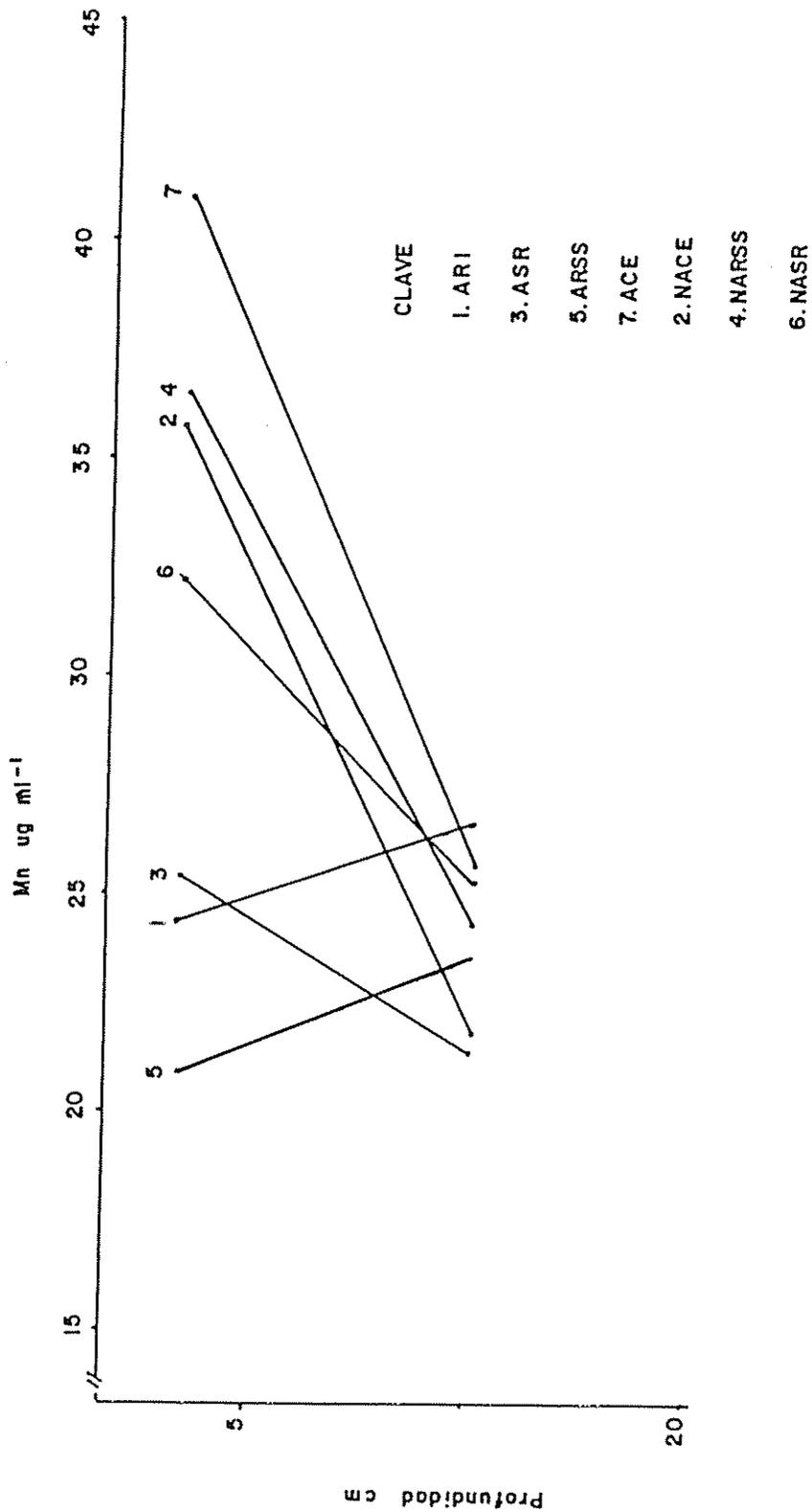


Figura 3. Mn presente en los sistemas de labranza y manejo de residuos hasta la profundidad de 20 cm. Segundo muestreo.

Cuadro 8. Efecto de la variación en los sistemas de labranza, manejo de residuos y el combate de plagas sobre la incidencia y severidad de diabrotica, gusano cogollero e insectos del suelo. Primer ciclo de siembra.

Insectos plaga	Tipos de combate		
	Suelo	Follaje	Sin combate
Diabrotica <u>1/</u>	8,2 b ^{11/}	16,0 a	19,3 a
Severidad <u>2/</u>	1,0 a	1,0 a	1,0 a
Diabrotica <u>3/</u>	24,2 a	29,3 a	33,3 a
Severidad <u>4/</u>	1,0 a	1,0 a	1,0 a
Cogollero <u>5/</u>	6,4 a	6,4 a	5,0 a
Cogollero <u>6/</u>	16,0 a	18,7 a	12,4 a
Cogollero <u>7/</u>	7,0 a	9,3 a	6,6 a
Cyrtomenus <u>8/</u>	1,0 a	2,2 a	1,4 a
Diabrotica <u>9/</u>	1,0 a	1,0 a	1,4 a
Phyllophaga <u>10/</u>	1,0 a	1,0 a	1,0 a

1/, 3/ Porcentaje de plantas de maíz dañadas por Diabrotica spp. 7 y 15 DDS respectivamente.

2/, 4/ Categorías de daño foliar causado por Diabrotica spp; :
1- menos del 5 % del área foliar dañada, 2- del 6 al 10 %, 3- del 11 al 25 %, 4- del 26 al 50 % y 5- más del 50 % del área foliar dañada.

5/, 6/, 7/ Porcentaje de plantas de maíz dañadas por gusano cogollero (Spodoptera frugiperda) a los 30, 40 y 50 DDS respectivamente.

8/, 9/, 10/ Número de insectos presentes por parcela útil a los 25 DDS.

11/ Valores con igual letra no son significativamente diferentes entre sí según la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad.

4.1.4 Efecto de los factores estudiados sobre el rendimiento de maíz.

El número de plantas a los 10, 30, 40 y 140 (a la cosecha) DDS presentó diferencia estadística significativa para tratamientos y subtratamientos. Se presentó un aumento significativo en la población de plantas de maíz en los sistemas de labranza (ARI, ASR, ARSS y ACE) y una disminución de la misma en los sistemas de no labranza (NACE, NARSS y NASR). La población de plantas fue significativamente mayor en las parcelas con insecticida al suelo y menor con la aplicación al follaje y sin aplicación (cuadros 9 y 10).

La altura a los 40 y 100 DDS fue estadísticamente significativa solo para subtratamientos, la mayor altura la presentaron las parcelas donde se aplicó insecticida al suelo (cuadro 11).

El número de plantas acamadas fue significativo para tratamientos y subtratamientos (cuadros 11 y 12). Todos los sistemas de no labranza (NACE, NARSS y NASR) presentaron el menor número de plantas acamadas y los sistemas de labranza (ARI, ASR, ARSS y ACE) los mayores valores. Las parcelas donde se aplicó insecticida al follaje y sin aplicación presentaron menores cantidades de plantas acamadas (cuadro 11).

El número de mazorcas cosechadas fue significativo para tratamientos y subtratamientos (cuadro 11 y 12). El mayor valor lo reporta el sistema ACE y los menores valores los tratamientos NACE y NARSS. Las parcelas donde se aplicó insecticida al suelo

Cuadro 9 . Variación en la población de maíz por hectárea por efecto de la labranza y manejo de residuos.

Labranza y manejo de residuos	Días después de la siembra			
	10	30	40	140
ARI	52,9* a <u>1/</u>	49,6 a	50,0 a	41,2 a
ASR	55,8 a	52,0 a	51,6 a	40,4 a
ARSS	53,3 a	50,0 a	48,7 a	41,2 a
ACE	53,3 a	50,4 a	46,6 a	45,4 a
NACE	34,6 c	32,3 c	31,2 c	30,0 c
NARSS	38,3 c	32,0 c	32,0 c	28,7 c
NASR	44,6 b	41,6 b	40,4 b	37,0 b

Cuadro 10. Variación en la población de maíz por hectárea por efecto del combate de plagas.

Tipos de combate	Dias después de la siembra			
	10	30	40	140
Aplicación al suelo	50,4* a <u>2/</u>	49,1 a	49,6 a	42,9 a
Aplicación al follaje	45,8 b	42,0 b	40,8 b	36,6 b
Sin aplica- ción.	45,8 b	40,8 b	39,6 b	34,6 b

1/, 2/ Valores con igual letra no son significativamente diferentes entre sí según la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad.

* Por mil.

Cuadro 11. Rendimiento de grano de maíz, número de mazorcas cosechadas, plantas acamadas y altura de planta bajo diferentes tipos de combate de plagas.

Tipos de combate	Por hectárea			Altura (m)	
	Rendimiento toneladas	Número de mazorcas cosechadas	Número de plantas acamadas <u>1/</u>	DDS	
				40	100
Aplicación al suelo.	3,35 <u>2/</u> a	35,4* a	10,8* a	1,8 a	2,3 a
Aplicación al follaje	3,04 b	31,2 b	7,9 b	0,9 b	2,2 b
Sin aplicación.	2,86 b	30,4 b	6,6 b	0,8 c	2,1 c

1/ Datos tomadas 75 DDS.

2/ Valores con igual letra no son significativamente diferentes entre sí según la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad.

* Por mil.

Cuadro 12. Rendimiento de grano de maíz, número de mazorcas cosechadas y plantas acamadas bajo diferentes sistemas de labranza y manejo de residuos.

Labranza y manejo de residuos	Por hectárea					
	Rendimiento toneladas		Número de mazorcas cosechadas		Plantas acamadas <u>1/</u>	
ARI	2,8	c <u>2/</u>	30,8*	bc	17,9*	a
ASR	3,0	bc	32,9	bc	17,5	a
ARSS	2,8	c	32,9	bc	14,1	a
ACE	3,8	a	39,6	a	4,4	a
NACE	2,8	c	27,0	c	1,2	b
NARSS	2,8	c	27,5	c	0,8	b
NASR	3,4	ab	35,4	ab	1,2	b

1/ Datos tomados 75 DDS.

2/ Valores con igual letra no son significativamente diferentes entre sí según la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad.

* Por mil.

mostraron un mayor número de mazorcas cosechadas y menores las parcelas donde se aplicó insecticida al follaje y sin aplicación.

El rendimiento de grano fue significativo para tratamientos y subtratamientos (cuadro 11 y 12). El sistema de ACE presentó el mayor rendimiento y los sistemas NARSS, NACE, ARI y ARSS presentaron los menores rendimientos. Las parcelas donde se aplicó insecticida al suelo produjeron más grano que en donde se aplicó insecticida al follaje y sin aplicación.

4.2 Segunda siembra

4.2.1.1 Tercer muestreo de suelos

Los resultados analíticos a la profundidad de 0-5 cm se presentan en el cuadro 13.

El pH fue significativamente diferente entre tratamientos, los valores más altos los presentan los sistemas ARSS, ASR y ARI y los menores se observaron en los sistemas NARSS, NACE NASR y ACE. Blevins et al (16) menciona que en los primeros 5 cm de profundidad del suelo la reducción del pH es uno de los primeros cambios en sistemas de NL en relación a LC.

La AE varió significativamente, el mayor contenido lo presentaron los sistemas ACE y NASR, el menor contenido se observó en el sistema ARI. Esto concuerda con los resultados obtenidos de pH; ya que diversos autores reportan que el Al intercambiable está asociado al pH, así si este disminuye el Al aumenta (16,46,60).

El contenido de MO, N-total, P, K, Ca Mg, Cu, Zn y Mn no varió

Cuadro 13. Propiedades químicas del suelo en los sistemas de labranza y manejo de residuos a la profundidad de 0-5 cm. Tercer muestreo.

Labranza y manejo de residuos	Propiedades químicas <u>1/</u>			
	pH		AE	
			meq 100 ml ⁻¹	
ARI	5,06	a	1,3	c
ASR	5,10	a	2,2	ab
ARSS	5,18	a	1,8	bc
ACE	4,85	b	2,5	a
NACE	4,77	b	1,4	bc
NARSS	4,85	b	1,6	bc
NASR	4,69	b	2,3	a

1/ Valores con igual letra no son significativamente diferentes entre sí según la prueba Duncan al 5 % de probabilidad.

significativamente en los diferentes tratamientos. Los datos promedio fueron 6,91 y 0,35 %; 38 $\mu\text{g ml}^{-1}$; 0,7; 3,64 y 0,83 meq 100 ml^{-1} ; 23; 6 y 72 $\mu\text{g ml}^{-1}$ respectivamente.

Los resultados analíticos a la profundidad de 5-20 cm se presentan en el cuadro 14.

El pH fue significativamente diferente, los valores más altos los presentan los sistemas arados (ARI, ASR, ARSS y ACE) y los menores se observaron en los sistemas no arados (NACE, NARSS y NASR); algunos autores concuerdan en que el pH es menor en sistemas de no labranza al compararlos con labranza convencional y esto se debe ya sea a la colocación del fertilizante nitrogenado o a la mayor concentración de ácidos orgánicos al dejar los residuos del cultivo (11,46).

El contenido de K varió significativamente, los mayores valores son alcanzados por los sistemas NARSS y ARSS y el menor lo presentó el sistema ACE.

Los análisis de varianza para MO, N-total, P, Ca, Mg, AE, Cu, Zn y Mn no presentaron diferencia significativa entre tratamiento. Los datos promedio fueron: 6,1 y 0,35 %; 15 $\mu\text{g ml}^{-1}$; 4,0; 0,87 y 1,29 meq 100 ml^{-1} ; 25; 6 y 56 $\mu\text{g ml}^{-1}$ respectivamente.

Los resultados analíticos a la profundidad de 20-35 cm se presentan en el cuadro 14.

El contenido de K varió significativamente entre tratamientos, el mayor contenido se presentó en los sistemas ARI, ASR, ARSS, NACE, NARSS y NASR; el sistema de ACE mostró el menor contenido.

Los análisis de varianza para pH, MO, N-total, P, Ca, Mg, AE, Cu, Zn y Mn no presentaron diferencias significativas entre trata-

Cuadro 14 . Propiedades químicas del suelo en los sistemas de labranza y manejo de residuos a las profundidades de 5-20 cm y de 20-35 cm. Tercer muestreo.

Labranza y manejo de residuos	5-20 cm		20-35 cm
	pH	K	K
		meq 100 ml ⁻¹	meq 100 ml ⁻¹
ARI	5,05 ab <u>1/</u>	0,54 cd	0,60 a
ASR	5,20 a	0,60 bc	0,53 a
ARSS	5,25 a	0,67 a	0,62 a
ACE	5,13 ab	0,47 c	0,33 b
NACE	4,99 b	0,66 ab	0,62 a
NARSS	5,04 b	0,72 a	0,67 a
NASR	4,99 b	0,53 cd	0,47 ab

1/ Valores con igual letra no son significativamente diferentes entre sí según la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad.

mientos. Los datos promedio fueron: 5,4; 3,7 y 0,26 %; 6 ug ml⁻¹; 4,4; 1,0 y 0,6 meq 100 ml⁻¹; 22; 4 y 32 ug ml⁻¹

La figura 4 presenta la distribución del valor de pH en los diferentes sistemas de labranza y manejo de residuos hasta la profundidad de 35 cm.

4.2.1.2 Cuarto muestreo de suelos

Los resultados obtenidos en la profundidad de 0-5 cm se presentan en el cuadro 15.

El pH fue significativamente diferente entre tratamientos, el valor más alto lo presentaron los sistemas ARI y ASR y los menores los sistemas NASR y ACE.

El contenido de P varió significativamente, el tratamiento NASR presentó el mayor contenido; los menores se observaron en los sistemas arados (ARI, ASR, ARSS).

La cantidad de Ca varió significativamente. El mayor contenido lo presentó el sistema ARI y menores los ACE y NASR. Blevins et al (16) reportó que el contenido de Ca fue significativamente más bajo en NL que en LC.

Los contenidos de MO, N-total, K, Mg, AE, Cu, Zn y Mn no variaron significativamente. Los datos promedios fueron: 5,2 y 0,31 %; 0,65; 0,92 y 1,6 meq 100 ml⁻¹; 21; 5 y 46 ug ml⁻¹ respectivamente.

Los resultados a la profundidad de 5-20 cm se presentan en el cuadro 15.

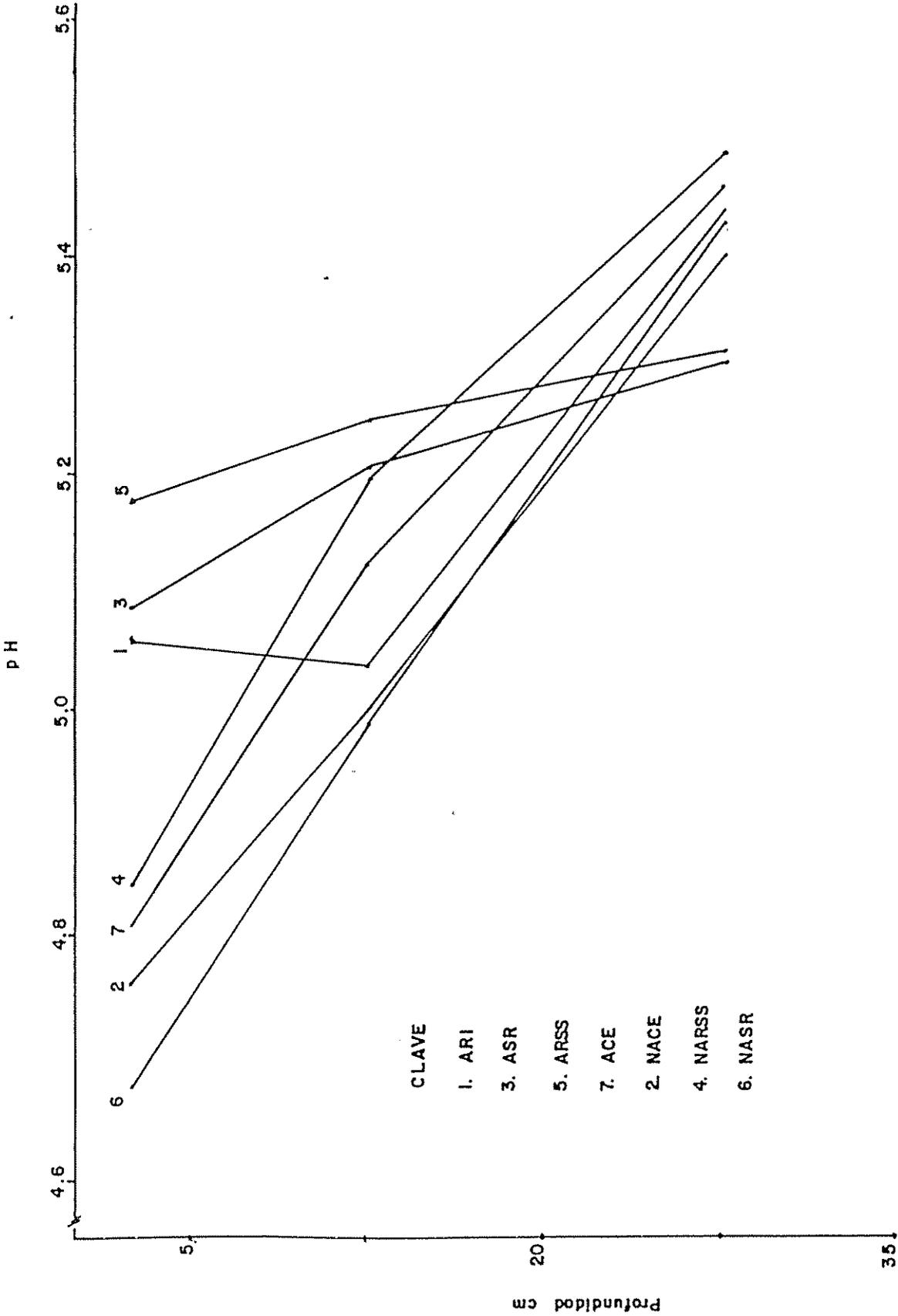


Figura 4. pH presente en los sistemas de labranza y manejo de residuos hasta la profundidad de 35 cm. Tercer muestreo.

Cuadro 15. Propiedades químicas del suelo en los sistemas de labranza y manejo de residuos a las profundidades de 0-5 cm y 5-20 cm. Cuarto muestreo.

Labranza y manejo de residuos	Propiedades químicas ^{1/}				
	0-5 cm			0-20 cm	
	pH	<u>P</u> ug ml ⁻¹	<u>Ca</u> meq 100 ml ⁻¹	<u>Ca</u> meq 100 ml ⁻¹	
ARI	4,9 ^{1/} a	29 c	4,1 a	4,3 a	
ASR	4,8 ab	26 c	3,4 bc	3,9 ab	
ARSS	4,7 bc	25 c	2,8 cd	3,0 cd	
ACE	4,5 c	62 ab	2,1 e	2,8 d	
NACE	4,7 bc	55 b	3,9 ab	4,5 a	
NARSS	4,7 bc	50 b	3,1 cd	3,6 bc	
NASR	4,6 c	75 a	2,6 e	3,3 cd	

^{1/} Valores con igual letra no son significativamente diferentes entre sí según la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad.

El análisis de varianza para Ca reporta diferencia significativa entre tratamientos, los valores más altos los reportan los sistemas ARI y NACE; el menor valor lo presenta el sistema ACE.

El contenido de MO, N-total, P, K, Mg, Ae, Cu, Zn, Mn y pH no varió significativamente en los diferentes tratamientos. Los datos promedio fueron: 7,2 y 0,31 %; 19 $\mu\text{g ml}^{-1}$; 0,56; 0,95 y 1,3 meq 100 ml^{-1} ; 22; 4 y 36 $\mu\text{g ml}^{-1}$ respectivamente.

Los contenidos de pH, MO, N-total, P, K, Ca, Mg, AE, Cu, Zn, Mn y pH a la profundidad de 20-35 cm no presentaron diferencias significativas. Los datos promedio fueron: 6,6 y 0,30 %; 10 $\mu\text{g ml}^{-1}$; 3,8; 0,53; 1,1 meq 100 ml^{-1} ; 22; 3 y 23 $\mu\text{g ml}^{-1}$ respectivamente.

La figura 5 presenta la distribución de P en los sistemas de labranza y manejo de residuos hasta la profundidad de 35 cm.

4.2.1.3 Quinto muestreo de suelos

Los resultados analíticos a la profundidad de 0-5 cm se presentan en el cuadro 16.

El pH fue significativamente diferente entre tratamientos, el valor más alto se observó en el sistema ARI y el menor lo presentó el sistema NASR. Estos resultados son similares a los encontrados en el tercero y cuarto muestreo.

El contenido de P varió significativamente, el mayor contenido lo presentaron los tratamientos sin labranza (NACE, NARSS y NASR), los menores los reportaron los sistemas arados (ARI, ASR, ARSS y ACE), esto concuerda con lo reportado por numerosos autores

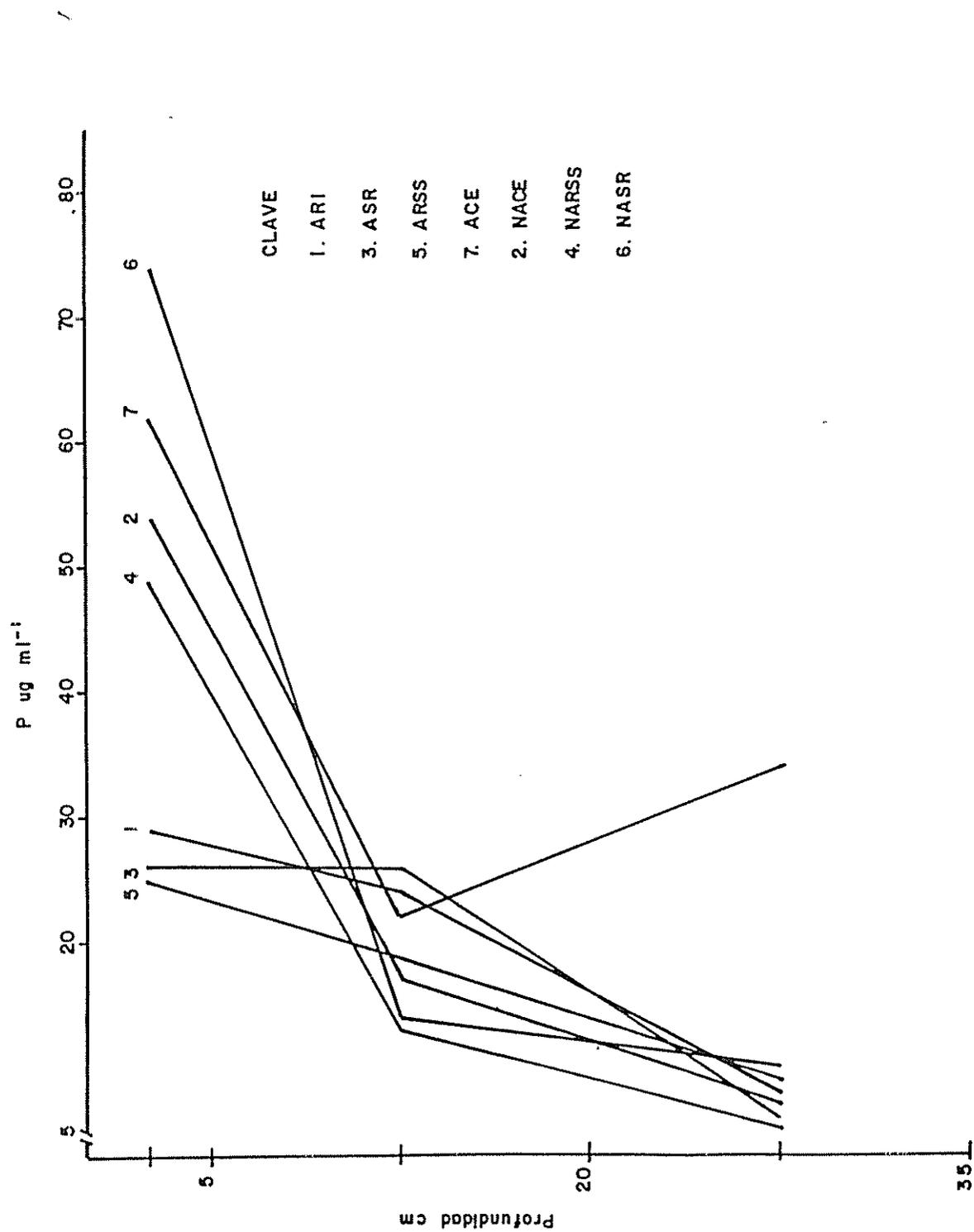


Figura 5. P presente en los sistemas de labranza y manejo de residuos hasta la profundidad de 35 cm. Cuarto muestreo.

Cuadro 16. Propiedades químicas del suelo en los sistemas de labranza y manejo de residuos a las profundidades de 0-5 cm y de 5-20 cm. Quinto muestreo.

Labranza y manejo de residuos	Propiedades químicas 1/									
	0-5 cm					5-20 cm				
	pH	P	Ca	Mg	AE	pH	P	Ca	Mg	AE
		ug		meq 100 ml ⁻¹					meq 100 ml ⁻¹	
ARI	4,9 a	19 d	4,7 a	1,2 a	1,1 b	5,0 a	1,2 a	0,8 c		
ASR	4,7 bc	24 cd	4,0 ba	0,9 bc	1,3 b	4,3 ab	1,0 ab	1,0 bc		
ARSS	4,8 ab	16 d	3,2 cd	0,5 bc	1,4 b	3,6 b	1,0 ab	1,3 ab		
ACE	4,7 bc	39 bc	2,8 de	0,9 bc	1,9 a	4,1 ab	1,1 a	1,4 ab		
NACE	4,8 ab	43 ab	4,5 ba	1,0 ba	1,2 b	5,2 a	1,2 a	0,8 c		
NARSS	4,8 ab	59 a	3,8 bc	1,0 ba	1,4 b	3,7 b	0,9 b	1,3 ab		
NASR	4,5 c	60 a	2,4 e	0,7 c	2,1 a	3,2 b	0,9 b	1,5 a		

1/ Valores con igual letra no son significativamente diferentes entre si según la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad.

con respecto a que el contenido de P es mayor en NL que en LC en los primeros 10 cm de profundidad (24,39,63,76,90).

El Ca varió significativamente, el mayor contenido lo presentó el sistema ARI y el menor el sistema NASR.

El contenido de Mg varió significativamente, el mayor contenido lo presentó el sistema ARI y el menor el sistema NARS.

La AE presentó diferencia estadística significativa, los mayores valores los mostraron los sistemas NASR y ACE, los demás sistemas tuvieron menores valores.

El contenido de MO, N-total, K, Cu, Zn, y Mn no varió significativamente en los sistemas de labranza y manejo de residuos. Los datos promedio fueron: 6,5 y 0,36 %; 0,57 meq 100 ml^{-1} ; 19; 4 y 32 ug ml^{-1} respectivamente.

Los resultados obtenidos; a la profundidad de 5-20 cm se presentan en el cuadro 16.

El contenido de Ca varió significativamente en los diferentes tratamientos, el mayor contenido se observó en los sistemas NACE y ARI, los menores contenidos los presentaron los sistemas NARSS, NASR y ARS.

El Mg varió significativamente los mayores valores se presentaron en los sistemas NACE, ARI y ACE; los menores valores se observaron en los sistemas NAR y NASR.

La AE varió significativamente. El mayor valor lo presentó el sistema NASR y los menores valores los sistemas ARI y NACE.

Los contenidos de pH, MO, N-total, P, K, Cu, Zn, Mn y pH no variaron significativamente. Los datos promedio fueron: 5,9 y

0,32 %; 14 $\mu\text{g ml}^{-1}$; 0,46 meq 100 ml^{-1} ; 20; 3 y 26 $\mu\text{g ml}^{-1}$ respectivamente.

La figura 6 presenta la distribución de P en los sistemas de labranza y manejo de residuos hasta la profundidad de 35 cm.

El contenido de MO, N-total, P, K, Ca, Mg, AE, Cu, Zn, Mn y pH no presentó diferencias entre tratamientos a la profundidad de 20-35 cm. Los datos promedios fueron: 5,4 y 0,24 %; 6 $\mu\text{g ml}^{-1}$; 0,41; 4,4; 1,3 y 0,38 meq 100 ml^{-1} ; 20; 3 y 14 $\mu\text{g ml}^{-1}$ respectivamente.

4.22 Variación en la incidencia de plagas y su efecto sobre el cultivo

El número de plantas atacadas por Diabrotica spp. 7 y 15 DDS presentaron diferencias significativas solo entre subtratamientos. Las parcelas con insecticida al suelo tuvieron menos plantas atacadas. El porcentaje de ataque en ambos muestreos fue significativo (Cuadro 17). Estos resultados concuerdan con los presentados en el ciclo anterior.

El número de plantas atacadas por gusano cogollero a los 30, 40 y 50 DDS no presentó efecto significativo entre tratamientos aunque en todos los casos hubo efecto de subtratamiento, las parcelas con menor número de plantas atacadas fueron aquellas donde se aplicó insecticida al follaje (cuadro 17). Los resultados del ciclo anterior concuerdan solo para tratamientos. Cabe señalar que en ambos ciclos la severidad de ataque de las plagas foliares fue mínima y esto se debió a que en el área experimental se presenta-

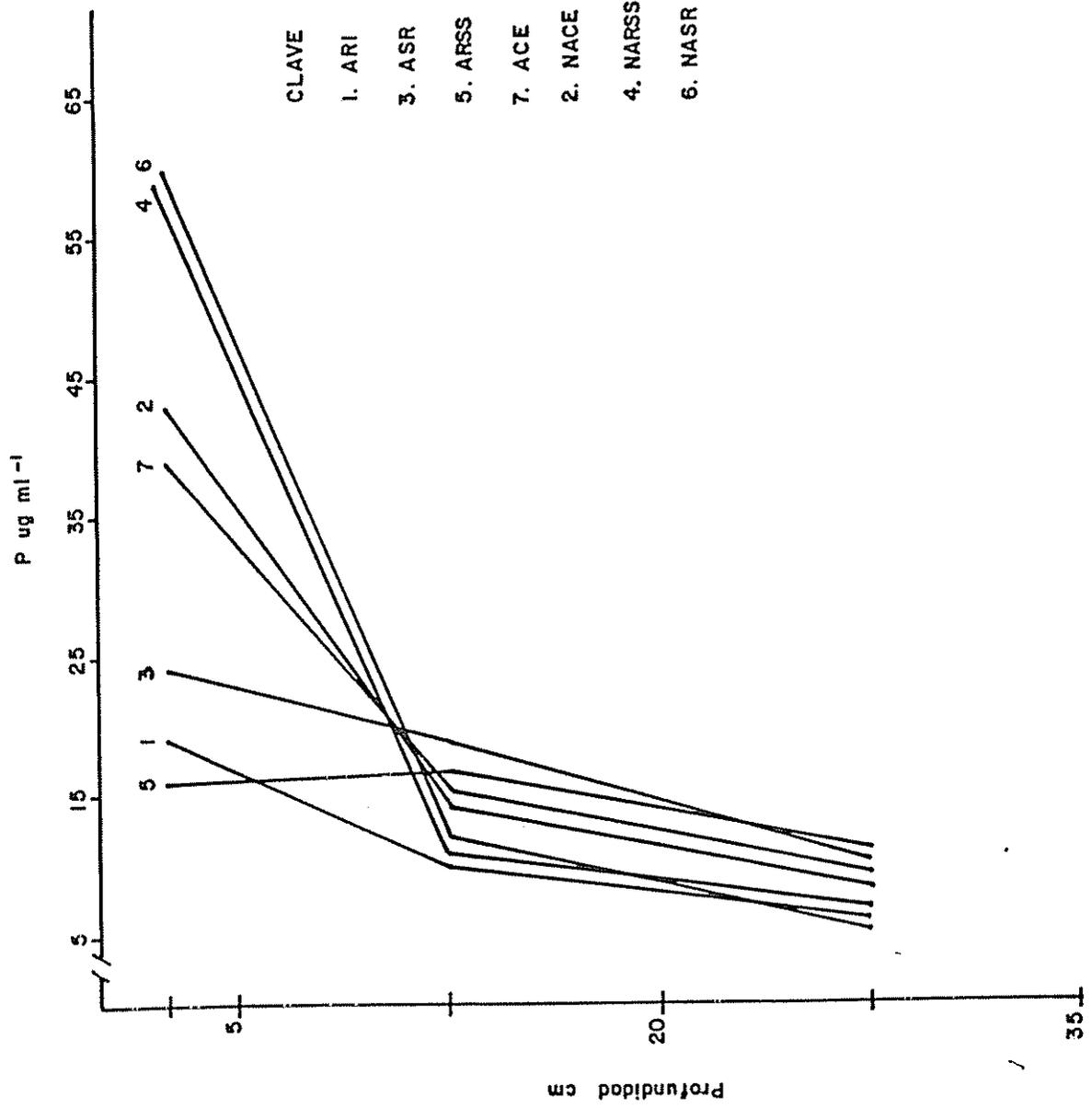


Figura 6. P presente en los sistemas de labranza y manejo de residuos hasta la profundidad de 35 cm. Quinto muestreo.

Cuadro 17. Efecto de la variación en los sistemas de labranza y manejo de residuos y el combate de plagas sobre la incidencia de diabrotica y gusano cogollero. Segundo ciclo de siembra.

Insectos plaga	Tipos de combate			
	Suelo	Follaje	Sin combate	
Diabrotica <u>1/</u>	15 <u>6/</u> b	28 a	28 a	N.S.
Diabrotica <u>2/</u>	79 a	69 b	67 b	N.S.
cogollero <u>3/</u>	6 a	3 b	3 b	N.S.
Cogollero <u>4/</u>	14 a	6 b	13 a	N.S.
Cogollero <u>5/</u>	6 a	3 b	6 a	N.S.

<u>1/</u> , <u>2/</u>	Porcentaje de plantas de maíz dañadas por <u>Diabrotica</u> spp. 7 y 15 DDS respectivamente.
<u>3/</u> , <u>4/</u> , <u>5/</u>	Porcentaje de plantas de maíz dañadas por gusano cogollero (<u>Spodoptera frugiperda</u>) a los 30,40, y 50 DDS respectivamente.
<u>6/</u>	Valores con igual letra no son significativamente diferentes entre sí según la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad.
N.S.	Diferencia no significativa entre tratamientos al 5 % de probabilidad.

ron una gran variedad de predadores^a.

El número de inmaduros de Cyrtomenus spp., Diabrotica spp. y Phyllophaga spp. (plagas de suelo presentes) no presentó diferencias significativas entre tratamientos. Similares resultados se presentaron en el primer ciclo de siembra.

4.2.3 Efecto de los factores estudiados sobre el rendimiento del maíz.

El número de plantas a los 10 DDS no varió significativamente para tratamientos ni subtratamientos. A los 30, 40 y 140 (a la cosecha) DDS mostró efecto significativo solo para tratamientos, en los tres casos el mayor número de plantas se presentó en los sistemas ARI, ASR, ARIS, ACE y NASR, esto concuerda con los resultados del primer ciclo (cuadro 18).

Solo la altura a los 100 DDS fue significativa para subtratamientos, la mayor altura la presentaron las parcelas donde se aplicó insecticida al suelo (cuadro 19). Similares resultados se encontraron en el anterior ciclo de siembra.

El número de plantas acamadas fue significativo para tratamientos y subtratamientos (cuadro 19 y 20). todos los sistemas de no labranza presentaron el menor número de plantas acamadas. Las parcelas con insecticida al suelo mostraron menor número de plantas con acame. Estos resultados concuerdan con el primer ciclo de siembra y solo para tratamientos. Este fenómeno podría explicarse por el hecho de

a. Saunders, J. Comunicación personal. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 1984.

Cuadro 18. Variación en la población de maíz por hectárea, por efecto de la labranza y manejo de residuos.

Labranza y manejo de residuos	Días después de la siembra			
	10	30	40	140
ARI	52,0* a <u>1/</u>	51,6* a	50,8* a	43,7* a
ASR	54,6 a	54,6 a	54,1 a	50,0 a
ARSS	54,6 a	53,7 a	53,3 a	47,5 a
ACE	52,9 a	52,9 a	51,6 a	47,9 a
NACE	52,0 a	48,7 b	47,9 b	41,6 b
NARSS	53,3 a	48,7 b	47,9 b	42,5 b
NASR	53,7 a	52,5 a	51,6 a	47,5 a

1/ Valores con igual letra son son significativamente diferentes entre sí según la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad.

* Por mil.

Cuadro 19. Rendimiento de grano de maíz, número de mazorcas cosechadas, plantas acamadas y altura de planta bajo diferente tipo de combate de plagas.

Tipos de combate	Por hectárea			Altura (m)	
	Rendimiento toneladas	Número de mazorcas cosechadas	Número de plantas acamadas <u>1/</u>	DDS 100	
Aplicación al suelo.	4,0 <u>2/</u> a	42,9* a	2,5* c	2,42 a	
Aplicación al follaje	3,0 c	37,5 c	14,6 a	2,07 c	
Sin aplicación	3,4 b	40,0 b	11,2 b	2,16 b	

1/ Datos tomados 45 DDS.

2/ Valores con igual letra no son significativamente diferentes entre sí según la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad.

* Por mil.

Cuadro 20. Rendimiento de grano de maíz y número de plantas acamadas bajo diferentes sistemas de labranza y manejo de residuos.

Labranza y manejo de residuos	Por hectárea		Número de plantas acamadas <u>1/</u>
	Rendimiento toneladas		
ARI	3,61	ab <u>2/</u>	16,2* a
ASR	3,40	b	12,9 a
ARSS	3,40	b	14,6 a
ACE	3,85	a	5,4 b
NACE	3,30	b	7,0 b
NASS	3,48	ab	6,6 b
NASR	3,66	ab	2,0 b

1/ Datos tomados 45 DDS

2/ Valores con igual letra no son significativamente diferentes entre sí según la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad.

* Por mil.

que el suelo arado estuvo más suelto que el no arado provocando que al presentarse el viento las plantas de las parcelas aradas estuvieran menos arraigadas que las no aradas y esto ocasionó el mayor acame.

El número de mazorcas cosechadas fue significativo solo para subtratamientos (cuadro 19). Las parcelas en donde se aplicó insecticida al suelo presentaron el mayor número de mazorcas cosechadas. Resultados similares se obtuvieron en el primer ciclo.

El rendimiento de grano fue significativo para tratamientos y subtratamientos (cuadros 19 y 20). El sistema ACE presentó el mayor rendimiento y los sistemas ASR, ARSS y NACE presentaron los menores rendimientos. Las parcelas con insecticida al follaje y sin aplicación rindieron menos (Cuadro 19). Similares resultados se presentaron en el primer ciclo de siembra. Debido a que la incidencia y severidad de daño de las plagas de suelo y follaje no fue importante y que el rendimiento fue mayor en las parcelas donde se aplicó Furadan en ambos ciclos, se considera que posiblemente este insecticida-nematicida afectó la producción de grano de maíz y la altura, ya que parece actuar también como regulador de crecimiento^b.

b. Saunders, J. Comunicación personal. CATIE, Turrialba. Costa Rica. 1985.

5. DISCUSION

El contenido de fósforo en los primeros 5 cm de suelo fue mayor en los sistemas de no labranza que en los de labranza para el segundo, cuarto y quinto muestreo (Cuadro 21). Numerosos autores (10,13,15) mencionan que la cantidad de fósforo es mayor en los primeros 10 cm de suelo en los sistemas de no labranza que en labranza. Una de las causas de que esto ocurriera en el ensayo pudo ser por la forma de aplicación del fertilizante y/o la poca movilidad del nutrimento.

A pesar de que no hubo diferencia significativa entre tratamientos en el primero y tercer muestreo se puede observar una tendencia de aumento (Cuadro 21) en el contenido de fósforo en los sistemas de no labranza. Es posible que no se detectaron diferencias estadísticas por error al tomar las muestras. Cabe mencionar que con una probabilidad de 10 % de error si hubo significancia entre tratamientos.

El pH fue más bajo en los sistemas de no labranza que en los de labranza en el tercero, cuarto y quinto muestreo (Cuadro 22). Blevins et al (16) reportaron que uno de los cambios más obvios que es notado en las parcelas con no labranza es la reducción del pH, y esta reducción aumenta conforme la tasa de nitrógeno aplicado se incrementa. Esto se presenta en los primeros 5 cm de suelo.

Es notable mencionar que la aplicación del fertilizante nitrogenado al experimento se ha mantenido constante durante casi cinco años. Posiblemente el efecto residual fue el que provocó el pH más bajo de las parcelas no aradas. El pH en el primero y tercer

Cuadro 21. Contenido de P presente en los primeros 5 cm de suelo en los cinco muestreos.

Labranza y manejo de residuos	P ug ml ⁻¹									
	muestreo									
	1 ^o	2 ^o	3 ^o	4 ^o	5 ^o	1 ^o	2 ^o	3 ^o	4 ^o	5 ^o
ARI	21	a ₁ /	20	b	24	a	29	c	19	d
ASR	19	a	18	b	27	a	26	c	24	cd
ARSS	17	a	16	b	21	a	25	c	16	d
ACE	53	a	39	a	52	a	62	ab	39	bc
NACE	20	a	39	a	45	a	55	b	43	ab
NARSS	32	a	33	a	43	a	50	b	59	a
NASR	29	a	35	a	57	a	75	a	60	a

1/ Valores con igual letra no son significativamente diferentes entre sí según la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad.

Cuadro 22. Valores de pH presentes en los primeros 5 cm de suelo en los cinco muestreos.

Labranza y manejo de residuos	pH									
	muestreo									
	1°		2°		3°	4°	5°			
ARI	5,3	bc <u>1/</u>	4,9	a	5,06	a	4,9	a	4,9	a
ASR	5,4	ab	4,9	a	5,10	a	4,8	ab	4,7	bc
ARSS	4,9	bc	5,0	a	5,18	a	4,7	bc	4,8	ab
ACE	4,8	c	4,9	a	4,85	b	4,5	c	4,7	bc
NACE	5,5	a	4,8	a	4,77	b	4,7	bc	4,8	ab
NARSS	5,0	bc	4,9	a	4,85	b	4,7	bc	4,8	ab
NASR	4,9	bc	4,8	a	4,69	b	4,6	c	4,5	c

1/ Valores con igual letra no son significativamente diferentes entre sí según la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad.

muestreo no presentó diferencia significativa. Esto pudo deberse a error de muestreo ya que los restantes muestreos si hubo diferencias significativas.

Los demás nutrimentos y características químicas no mostraron una tendencia definida por efecto de los sistemas de labranza y manejo de residuos. Deversos autores (54,64,68,90) han reportado que las propiedades químicas se ven modificadas después de cinco años por efecto del manejo de suelos. El ensayo completó éste período al concluir el presente trabajo.

El mayor acame en las parcelas aradas en relación a las no aradas (Cuadros 12 y 20) en ambos ciclos posiblemente se debió a que el suelo arado estaba más suelto que el no arado, lo cual provocó que al presentarse el viento las plantas de las parcelas aradas estuvieron menos arraigadas que las no aradas y esto ocasionó el mayor acame.

Debido a que la incidencia y severidad de daño de plagas de suelo y follaje no fue importante (Cuadros 8 y 17) y que el rendimiento y altura final fue mayor en las parcelas con aplicación de Furadan (Cuadros 11 y 19) en ambos ciclos; se considera que este insecticida-nematicida aumentó la producción de grano de maíz y la altura ya que parece actuar también como regulador de crecimiento.

La causa de los mayores rendimientos en el tratamiento arado con cañas erectas (Cuadros 12 y 20) podría ser explicada por el manejo del sistema, el cual da un ciclo de barbecho a la hilera de siembra promoviendo así una mayor recuperación natural de la fertilidad del suelo y por lo tanto una mayor disponibilidad de los

nutrimentos por parte del cultivo. Además de buenas características físicas para el desarrollo del sistema radical.

6. CONCLUSIONES

Con base a los resultados obtenidos en el presente estudio y bajo las condiciones ecológicas del área, entre octubre de 1983 y octubre de 1984 se llegó a las siguientes conclusiones:

1. El contenido de P en los primeros 5 cm de profundidad fue mayor en los sistemas de no labranza que en los de labranza esto se presentó en el segundo, cuarto y quinto muestreo de suelos, aunque hubo esta misma tendencia en todos los muestreos.
2. El pH en los primeros 5 cm de profundidad fue más ácido en los tratamientos de no labranza que en los de labranza, estos resultados se presentaron en el tercero, cuarto y quinto muestreo de suelos.
3. Los demás nutrimentos y características químicas en general no presentaron una tendencia definida por efecto de los tratamientos de labranza y manejo de residuos.
4. El grado de severidad de ataque de plagas foliares (Diabrotica spp. y Spodoptera frugiperda) fue mínimo y esto fue debido a que se presentaron en el área experimental una gran variedad de insectos predadores en ambas épocas de siembra.
5. El daño causado por larvas de Cyrtomenus spp., Diabrotica spp. y Phyllophaga spp. (plagas de suelo) no afectaron la producción de grano de maíz en los dos ciclos de siembra.

6. El número de plantas a los 30, 40 y 140 DDS fue mayor en los tratamientos de labranza que en los de no labranza esto se presentó en ambas épocas de siembra.
7. La altura final de planta fue mayor en las parcelas donde se aplicó insecticida al suelo en relación a aplicación al follaje y sin aplicación, estos resultados concuerdan en los dos ciclos de siembra.
8. El número de plantas acamadas fue menor en los tratamientos de no labranza que en los de labranza.
9. El rendimiento de grano fue mayor en el sistema ACE y en las parcelas donde se aplicó insecticida al suelo. Se considera que el rendimiento pudo ser afectado por la aplicación del carbofuran ya que parece actuar también como regulador de crecimiento. Estos resultados se presentaron en ambos ciclos de siembra.
10. El rendimiento de grano fue mayor en el sistema ACE posiblemente debido a la mayor recuperación natural de la fertilidad del suelo causada por alternar la siembra en las hileras.

7. SUGERENCIAS

Se sugiere seguir realizando los muestreos de suelo para tener un seguimiento del cambio en las propiedades químicas que van produciendo los sistemas de labranza y manejo de residuos. ya que los resultados de este tipo de ensayos se produce aproximadamente a partir del quinto año.

Se sugiere tomar las muestras con muestreador de tubo al menos en los tratamientos arado con cañas erectas y no arado con cañas erectas y en el surco de siembra, antes de la fertilización. En los posteriores muestreos se realizaría en el mismo lugar pero se deberá tener sumo cuidado para ello.

8. LITERATURA CITADA

1. AGUIRRE, V. A. Estudio de los suelos del área del Centro Tropical de Enseñanza e Investigación. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA. 1971, 178p.
2. AINA, P. O. Soil changes resulting from long-term management practices in Western Nigeria. Soil Science Society American Journal 43(1) :173-208. 1977.
3. ALTIERI, M. A. et al. Interacciones entre insectos y malezas en mono y policultivos de maíz y frijol. Revista Comalfi (Colombia) 4(4) :171-208. 1977.
4. _____ y WHITCOMB, W. H. The use of weeds in the manipulation of beneficial insects. Hortscience 14(1) :12-18. 1979.
5. ALL, J. N. y GALLAGER, R. N. Detrimental impact of no-tillage corn cropping systems involving insecticides hydrids and irrigation on lesser corn stalk borer infestations. Journal of Economic Entomology 70(3) :361-365. 1977.
6. _____. GALLAGER, R. N. y JELUM, M. D. Influence of planting date, preplanting weed control, irrigation, and conservation tillage practices on efficacy of planting time insecticide applications for control of lesser cornstalk borer: in field corn. Journal of Economic Entomology 72(2) :265-268. 1979.
7. BABUMER, K y BAKERMANS, W. A. P. Zero-tillage. In Advances in Agronomy 25:77-123. 1973.
8. BAKERMANS, W. A. P. y WIT, C. T. de. Crop husbandry on naturally compacted soil. Netherland Jouernall Agriculture Science 18(4) :225-246. 1970.
9. BAVER, A. y BLACK, A.L. Soil carbon, nitrogen, and bulk density comparisons in two cropland tillage systems after 25 years and in virgin grassland. Soil Science Society American Journal 45(6): 1166-1170. 1981.
10. BELCHER, C. R. y RAGLAND, J. L. Phosphorus absorption by nod-planted corn (Zea mays L.) from surface supplied phosphorus. Agronomy Journal 64(6):754-756. 1972.
11. BENNET, O. L. Conservation tillage in the Northeast. Journal of Soil and Water Conservation 32(1): 9-19. 1977.

12. _____ . et al. Nitrogen conservation under corn planted in quackgrass sod. *Journal Environmental Quality* 4(1): 107-110. 1975.
13. BHATNAGAR, V. K., CHAUDHARY, T. N. y SHARMA, B. R. Effect of tillage and residue management on properties of two coarse-textured soils and yield of irrigated wheat and groundnut. *Soil and Tillage Research* 3(1): 27-37. 1983.
14. BLACK, A. L. Soil property changes associated with crop residue management in a wheat fallow rotation. *Soil Science Society American Proceedings* 37(6): 943-946. 1973.
15. BLEVINS, R. L. et al. Influence of no-tillage on soil moisture. *Agronomy Journal* 63(4): 593-596. 1971.
16. _____. Influence of conservation tillage on soil properties. *Journal of Soil and Water Conservation* 38(3): 301-304. 1983.
17. _____ y THOMAS, G. W. Soil adaptability for no-tillage. In Phillips, R. E. , Thomas, G. W. y Blevins, R. L. , eds. *No-tillage research: research reports and reviews*. Lexington, University of Kentucky, College of Agriculture and Agricultural Experiment Station, 1981. pp. 7-22.
18. BOIFFIN, J. , SEVILLOTE, M. y COUVREUR, F. Incidence de la simplification du travail du sol sur l' élaboration des rendements du blé et du maïs. *Institut Technique des Céréales et de Fourrages*. (Francia) 76:239-280. 1976.
19. BOUZA, H. et al. Utilización de la labranza mínima en los suelos tabacaleros de la Provincia de Pinar del Rio. *Ciencias de la Agricultura (Cuba)* no. 10:83-102. 1981.
20. _____ ., RIVERO, L. y MARTINEZ, I. La labranza mínima, nueva tecnología para el cultivo de la caña de azúcar. *Ciencias de la Agricultura (Cuba)* no. 9: 115-116. 1981.
21. BURGOS, C. F. y MENEZES, R. Efecto en el suelo y en el rendimiento de maíz de tres métodos de laboreo en Guápiles, Costa Rica. In *Reunión Anual del PCCMCA, 24a.*, San Salvador, 1978. memoria, San Salvador, CENITA. v.2. pp. M 22/1-9. 1978.

22. BURITY, H. Evaluación agroecológica del efecto del manejo de la vegetación previo a la siembra para los sistemas (Manihot esculenta Crantz.) y yuca asociada con frijol (Phaseolus vulgaris L.) Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica UCR/CATIE, 1979. 141 p.
23. CANNELL, R. Q. y FINNEY, J. R. Effects of direct drilling and reduced cultivation on soil conditions for root growth. *Outlook in Agriculture* 7(4): 184-189. 1973.
24. _____ y GRAHAM, J. P. Effects of direct drilling and shallow cultivation on the nutrient content of shoots of winter wheat and spring barley on clay soils during and unusually dry season. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 30(3): 267-274. 1979.
25. CARBALLO VARGAS, M. Incidencia de plagas en maíz (Zea mays L.) bajo diferentes sistemas de manejo de malezas. Tesis Ing. Agr. Guápiles, Costa Rica, Universidad, Centro Universitario del Atlántico, 1979. 89 p.
26. _____. Manejo de suelo, rastrojo y plagas-interacciones y efecto sobre el maíz (Zea mays L.). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE, 1982. 94 p.
27. CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. Resumen de los datos meteorológicos desde el inicio de las observaciones hasta 1984. Turrialba, Costa Rica, 1984. 2 p.
28. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Bean production systems program. Cali, Colombia, 1976. 83 p.
29. COCHRAN, V. L., ELLIOT, L. F. y PAPENDICK, R. J. Carbon and nitrogen movement from surface applied wheat (Triticum aestivum) straw. *Soil Science Society America Journal* 44(5): 978-982. 1980.
30. CRASWELL, E. T. Some factors influencing denitrification and nitrogen immobilization in a clay soil. *Soil Biology and Biochemistry* 10(3): 241-245. 1978.
31. CHAUDHARY, T. N. y BHATNAGAR, V. K. The leaching of nitrates as influenced by the rates of irrigation and the timing of fertilizer application to wheat on a sandy soil. *Indian Journal of Ecology* 3: 125-131. 1976.

32. CHESHIRE, J. M. y ALL, J. N. Monitoring lesser cornstalk borer, larval movement in no tillage and conventional tillage corn systems. *Journal of Georgia Agricultural Research*. 18: 10-13. 1979.
33. _____, HENNINGSON, J. y ALL, J. N. Radiolabeling lesser cornstalk borer larvae for monitoring movement in soil habitats. *Journal of Economic Entomology* 70(5): 578-580. 1977.
34. CHIAG, H. C., RASMUSSEN, D. y GORDER, R. Survival of corn rootworm larvae under minimum tillage conditions. *Journal of Economic Entomology* 64(6): 1576-1577. 1971.
35. DIAZ ROMEU, R. Determinación de nitrógeno total en suelos, por el método semimicro-Kjeldahl. *Investigaciones en invernadero*. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978. 2 p.
36. _____ y HUNTER, H. Metodologías de muestreo de suelos análisis químico de suelos, tejido vegetal e investigaciones en invernadero. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978. 62 p.
37. DORAN, J. W. Microbial changes associated with residue management with reduced tillage. *Soil Science Society American Journal* 44(3): 518-524. 1980.
38. _____. Soil microbial and biochemical changes associated with reduced tillage. *Soil Science Society American Journal* 44(4): 765-771. 1980.
39. DREW, M. C. y SAKER, L. R. Effects of direct drilling and ploughing on root distribution in spring barley, and on the concentrations of extractable phosphate and potassium in the upper horizons of a clay soil. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 29(3): 201-206. 1978.
40. ELLIOT, L. F., COCHRAN, V. L. y PAPENDICK, R. I. Wheat residue and nitrogen placement effects on wheat growth in the greenhouse. *Soil Science* 131(1): 48-52. 1981.
41. ESTES, G. O. Elemental composition of maize grown under no-till and conventional tillage. *Agronomy Journal* 64(6): 733-735. 1972.

42. FAIVRE DUPAIGRE, R. Incidence de la simplification du travail du sol sur la porosité de la couche arable. Institut Technique des Céréales et des Fourrages (Francia) 76: 133-149. 1976.
43. FEENEY, P. Plant apparency and chemical defense. Advances in Phytochemistry 10: 1-40. 1976.
44. GREGORY, W. W. y MUSICK, G. L. Insect management in reduced tillage systems. Bulletin of Entomological Society of America 22(3): 302-304. 1973.
45. _____ y RANEY, H. G. Pest and their control; insect management. In Phillips, R. E., Thomas, G. W. y Blevins, R. L., eds. No-tillage research: research reports and reviews. Lexington, University of Kentucky, College of Agriculture and Agricultural Experiment Station, 1981. pp. 55-68.
46. GRIFFITH, D. R., MANNERING, J. V. y MOLDENHAVER, W. C. Conservation tillage in the Eastern corn belt. Journal of Soil and Water Conservation 32(1): 20-28. 1977.
47. HAMBLIN, A. P. Changes in aggregate stability and associated organic matter properties after direct drilling and ploughing on some Australian soils. Australian Journal of Soil Research 18(1): 27-36. 1980.
48. HARDY, F. y BARRAN, R. Análisis de textura: método de Bouyoucos. Presentado en el curso de Productividad y Fertilidad de Suelos. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1975. 5 p.
49. HARRISON, F., BEAN, R. A. y CAWIY, O. J. No-tillage culture sweet corn in Maryland with reference to insects pests. Journal of Economic Entomology 73(3): 363-365. 1980.
50. HAYNES, R. J. y GOH, K. M. Seasonal levels of available nutrients under grassed-down, cultivated and zero-tilled orchard soil management practices. Australian Journal of Soil Research 18(3): 363-373. 1980.
51. H IN, N. E. y HEIN, W. H. Distintas rotaciones y la fertilidad de los suelos. Gaceta Agronómica (Argentina) 4(16): 748. 1983.

52. HOLDRIGE, L. R. Ecología basada en zonas de vida. Trad. del inglés por Humberto Jiménez Saa. San Jose, IICA, 1979. 206 p.
53. INTERNATIONAL INSTITUTE OF TROPICAL AGRICULTURE. Research Highlights 1977. Ibadan, Nigeria. 1978. 10 p.
54. _____. Annual report 1982. Ibadan, Nigeria. 1983.
55. JIMENEZ CHACON, T. Desempeño de sistemas de cultivos con maíz y frijol común y lima, en dos tipos de laboreo del suelo y dos niveles de fertilizante con nitrógeno. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE, 1981. 76 p.
56. JUC, A. S. R. y LAL, R. Effect of fallow and continuous cultivation on the chemical and physical properties of an Alfisol in the tropics. Plant and Soil 47(3): 567-584. 1977.
57. _____ y LAL, R. Nutrient profile in a tropical alfisol under conventional and no-till systems. Soil Science 127(3): 168-173. 1978.
58. KANG, B. T. y MELSAN, A. D. Fertilizer management for no-tillage crop production. In Akobundu, I. O. y Deutsch, A. E., eds. No-tillage crop production in the tropics; Proceedings of a symposium held August 6-7, 1981, at Morovia, Liberia. Corvallis, Oregon, International Plant Protection Center. 1983. pp. 111-118.
59. _____., MCOODY, K. y ADESINA, J. O. Effects of fertilizer and weeding in no-tilled maize. Fertilizer Research 1: 14-20. 1970.
60. KELLS, J. J. et al. Atrazine dissipation as affected by surface pH and tillage. Weed Science 28(1): 101-104. 1980.
61. KITUR, B. K. et al. Fate of ¹⁵N-depleted ammonium nitrate applied to no-tillage and conventional tillage corn. Agronomy Journal 76(2): 240-242. 1984.
62. LAL, R. Role of mulching techniques in tropical soil and water management. IITA. Technical Bulletin. no. 1 1975. 38 p.

63. LAL, R. Soil erosion problems on alfisol in Western Nigeria. IITA. Monography no. 1, 1975. 5 p.
64. _____. No-tillage effects on soil properties under different crops in Western Nigeria. Soil Science Society America Journal 40(5): 762-768. 1976.
65. _____. No-tillage farming in the tropics. In Phillips, R. E., Thomas, G. W. y Blevins, R. L., eds. No-tillage research: research reports and reviews. Lexington, University of Kentucky, College of Agriculture and Agricultural Experiment Station, 1981. pp. 103-151.
66. _____. Soil conditions and tillage methods in the tropics. In Akobundu, I. O. y Deutsch, A. E., eds. No-tillage crop production in the tropics; Proceedings of a symposium held August 6-7, 1981, at Morovia, Liberia. Corvallis, Oregon, International Plant Protection Center. 1983. pp. 217-232.
67. LARSON, W. E. et al. Problems with no-till crops. Will it work. Crops and Soil Magazine 23(3): 14-20. 1970.
68. LOCH, R. J. y COUGHLAN, K. J. Effects of zero tillage and stubble retention on some properties of a cracking clay. Australian J. of Soil Research 22(1): 91-98. 1984.
69. LYNCH, J. M. y PANTING, L. M. Cultivation and the soil biomass. Soil Biology and Biochemistry 12(1): 29-33. 1980.
70. LLORET, J. L. Efectos del no cultivo sobre la producción y economía del cultivo de los agrinos. II. Anales del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Serie Producción Vegetal (España) no. 2: 125-145. 1972.
71. MALDONADO ANDRADE, M. A. Evaluación agroéconómica y energética de la capacidad de sustitución de diferentes métodos de laboreo a distintos niveles de fertilización nitrogenada en sistemas de maíz y frijol. tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE, 1980. 112 p.
72. MATTESON, J. W., CALKINS, C. O. y HOWE, W. L. Control of northern and western corn rootworms Diabrotica longicornis (Say) and Diabrotica virgifera (Leconte) corn yield data and weed control afforded by certain tillage practices. Journal of the Kansas Entomological Society 45: 516-520. 1972.

73. MENGEL, D. B., NELSON, D. W. y HUBER, D. M. Placement of nitrogen fertilizers for no-till and conventional till corn. *Agronomy Journal* 74(3): 515-517. 1982.
74. MOODY, J. E., JONES, J. N. y LILLARD, J. H. Influence of straw mulch on soil moisture, soil temperature and the growth of corn. *Soil Science Society American Proceedings* 27(6): 700-703. 1963.
75. MENCHLER, J. W., JONES, G. D. y HEAR, G. M. Stand and early growth of orchardgrass and red clover seeded after no-tillage corn. *Agronomy Journal* 61(3): 475-476. 1969.
76. _____. Comparative yield and fertilizer efficiency of no-tillage and conventionally tilled corn. *Agronomy Journal* 64(2): 229-231. 1972.
77. _____ y MARTENS, D. C. Nitrogen, phosphorus, and potassium requirements in no-tillage and conventionally tilled corn. *Soil Science Society America Journal* 39(5): 886-891. 1975.
78. ONDERDONK, J. J. y KETCHESON, J. W. Effect of stover mulch on soil temperature, corn root weight, and phosphorus fertilizer uptake. *Soil Science Society American Proceedings* 37(6): 904-906. 1973.
79. PIGEON, J. D. y LAGG, J. M. Soil climatic and management options for direct drilling cereals in Scotland. *Outlook on Agriculture* 10 (1): 49-55. 1979.
80. PONARIS GARCIA, F. Efectos del "no cultivo" en las propiedades físicas y químicas del perfil en suelos cultivados de agrios. *Anales del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias Anuales. serie: general* (Madrid) no. 49-69. 1975.
81. PRINCIPI, M. A. Desarrollo y experimentación de una máquina de labranza cero, montada en el sistema de levante hidráulico de 3 puntos del tractor. I. *Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. serie: Agrícola* (España) no. 20: 163-182. 1982.
82. LAMMUNEN, P. E. Crop residue influences on soil carbon and nitrogen in a wheat-fallow system. *Soil Science Society of America Journal* 44(3): 596-598. 1980.
83. RICE, C. W. y SMITH, M. S. Denitrification in no-till and plowed soils. *Soil Science Society of America Journal* 46(6): 1168-1173. 1982.

84. LIVING, R. L., PIKE, K. S. y MAYO, Z. B. Influence of insecticides and corn tillage systems on larval control of Phyllophaga anxia. *Journal of Economic Entomology* 70(6): 794-796. 1977.
85. ROJAS, G., ALVAREZ, D. y CHAVARRIA, J. Comparación de tres sistemas de labranza del suelo en trigo (Triticum aestivum L.) cebada (Hordeum vulgare L.) y avena (Avena sativa L.) durante tres temporadas. *Ciencia e Investigación (Chile)* 11(1): 63-72. 1984.
86. SAIZ DEL RIO, J. F. y BORNEMISZA, E. Análisis químico de suelos, métodos de laboratorio para diagnóstico de fertilidad. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1961. 107 p.
87. SANCHEZ, A. Estudio agrícola y biológico de dos métodos de labranza en el cultivo de arroz. Tesis Ing. Agr. Chiriquí, Panamá, Universidad, Facultad de Agronomía, 1983. 119 p.
88. SANFORD, J. O., MYHRE, D. L. y MERVINE, N. C. Double cropping systems involving no tillage. *Agronomy Journal* 65(6): 978-982. 1973.
89. SHEAR, G. M. The development of the no-tillage concept in the United States. *Outlook on Agriculture* 5(6): 247-251. 1968.
90. _____ y MOSCHLER, W. W. Continuous corn by the no-tillage and conventional tillage methods: A six-year comparison. *Agronomy Journal* 61(4): 524-527. 1969.
91. HENK, M. y SAUNDERS, J. Insect population responses to vegetation management systems in tropical maize production. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1981. 17 p.
92. _____, SAUNDERS, J. y ESCOBAR, G. Labranza mínima y no labranza en sistemas de producción de maíz (Zea mays) para áreas tropicales húmedas de Costa Rica. Centro Agrónomo Tropical de Investigación y Enseñanza, Departamento de Producción Vegetal. Turrialba, Costa Rica. Boletín Técnico no. 8. 45 p.
93. SIMON, J. Investigation of some problems of direct drilling in Czechoslovakia. *Outlook on Agriculture* 9(1): 26-29. 1976.

94. SING, T. A. et al. Phosphorus uptake by corn (Zea mays L.) under no-tillage and conventional practices. Agronomy Journal 58(2): 147-148. 1966.

95. SMITH, J. G. Influence of crop background on aphids and other phytophagous insects on brussels sprouts. Annals of Applied Biology 83(1): 1-13. 1976.

96. SOZA, R. F. et al. Cero labranza en el cultivo del maíz. In Reunion Anual del PCCMCA, 24a., San Salvador, 1978. memoria, San Salvador, CENTA. v.3. pp. M 49/1-13. 1978.

97. SPAIN, J. M. Labranza mínima en suelos tropicales. Cali, Colombia, CIAT. s.f. 3 p.

98. STONEBRIDGE, W. C. y FLETCHER, I. C. "Spray seed". The western australian direct sowing. Outlook on Agriculture 7(4): 155-161. 1973.

99. TAFUR, N. A. Efecto de varios sistemas de producción agrícola sobre la resistencia mecánica de los suelos. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE, 1977. 317 p.

100. TAHVANAINEN, J. O. y ROOT, R. B. The influence of vegetational diversity on the population ecology of a specialized herbivore, Phyllotreta cruciferae (Coleoptera: Chrysomelidae). Oecologia 10: 321-346. 1972.

101. TANCHANDRPHONGS, S. y DAVISON, J. M. Bulk density, aggregate stability, and organic matter content as influenced by two wheat land soil management practices. Soil Science Society American Proceeding 34(2): 302-305. 1970.

102. THOMAS, G. W., ELEVIN, R. L. y CORNELIUS, L. Changes in soil properties after five years of no-tilled corn. Agronomy Abstracts, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin. 1975. pp. 159.

103. _____ et al. Effect of a killed sod mulch on nitrate movement and corn yield. Agronomy Journal 65(5): 736-739. 1973.

104. TILAD, BANCHEZ, H. Evaluación agrónómica de dos sistemas de cultivos establecidos con cero labranza en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE, 1979. 156.
105. TRIPLETT, G. B. y DOREN, D. M. van. Nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization of non-tilled maize. *Agronomy Journal* 61(4): 637-639. 1969.
106. TYLER, D. D., OVERTON, J. R. y CHAMBERS, A. Y. Tillage effects on soil properties, diseases, cyst nematodes, and soybean yields. *Journal of Soil and Water Conservation* 38(4): 374-376. 1983.
107. _____ y THOMAS, G. W. Lysimeter measurements of nitrate and chloride losses from soil under conventional and no-tillage corn. *Journal Environmental Quality* 6(1): 63-66. 1977.
108. UNGER, P. W. y McCALLA, T. M. Conservation tillage systems. In *Advances in Agronomy* 33: 1-58. 1980.
109. VLEESCHAUWER, D. D., LAL, R. y MALAFA, R. Effects of amounts of surface mulch on physical and chemical properties of an alfisol from Nigeria. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 31(7): 730-738. 1980.
110. WEBER, J. B., PERRY, P. W. y UPCHURCH, R. P. The influence of temperature and time on the absorption of paraquat, diquat, 2, 4-D and prometone by clays, charcoal and an anion-exchange resin. *Soil Science Society American Proceedings* 29(6): 678-688. 1965.
111. ZAFFARONI, E. Análisis agroecónomico y energético de diferentes manejos de vegetación previo a la siembra en sistemas de producción agrícola. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE, 1979. 138 p.

9. APENDICE

1A. Descripción taxonómica y características físico-químicas del perfil de suelo del sitio experimental^c.

Fisiografía: Terraza

Pendiente: 1 %, plana

Profundidad del nivel freático: 1.24 m

Drenaje: Pobre

Pedregosidad: Clase 2

Material parental: Aluvial proveniente de material volcánico

Clasificación: Typic Dystrandept isohipertérmico

Horizontes:

Ap (0-23 cm); franco; café grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo; bloques subángulares gruesos que al partirse tienen una estructura granular de fina a media; friable no pegajoso, no plástico; muy pocas raíces finas y de muy pocas a pocas raíces medias a través de él; poros intersticiales de muy finos a finos; fragmentos de rocas, el 3 % es mayor de 2 mm de roca piroplástica; pH fuertemente ácido (5.0).

BA (23-48 cm); franco arcilloso, café oscuro (10YR 3/3) en húmedo; bloques subángulares de moderadamente medios a gruesos que al partirlos presentan una estructura granular de muy fina a fina;

c. Diaz Romeu, R. Comunicación personal. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 1985.

friable, ligeramente pegajosa, no plástica; muy pocas raíces finas y muchos poros muy finos; fragmentos de roca, el 10 % es mayor de 19 mm y el 3 % es mayor de 2 mm, provenientes de roca piroclástica; pH fuertemente ácido (5.0).

Bw1 (48-80 cm); franco arcilloso; café obscuro rojizo (5YR 3/4) en húmedo; bloques angulares de moderadamente medios a gruesos que al partirlos presentan una estructura en bloques angulares de fina a media; friable, ligeramente pegajosa, no plástica; manchas negras (10YR 2/1) de manganeso o hierro sobre las caras de los pedrs; muy pocas raíces finas; muchos intersticios muy finos; fragmentos de roca, el 3 % es mayor de 2 mm provenientes de rocas piroclásticas; pH fuertemente ácido(5.0).

Bw2 (80-106 cm); franco; café rojizo (5YR 4/4) en húmedo; con motas café amarillentas (10YR 5/6); bloques angulares de moderadamente medios a gruesos que al partirse tienen una estructura angular blocosa de fina a media; muy friable; no pegajoso, no plástico; discontinuidades comunes de manchas negras espesas (10YR 2/1) de manganeso o hierro-manganeso sobre las caras de los pedrs; poros intersticiales muy finos; fragmentos de roca, el 15 % es mayor de 8 cm provenientes de roca piroclástica; pH fuertemente ácido (5.0).

Bw3 (106-150 cm); franco pedregoso; rojo amarillento (5YR 4/6) en húmedo; con pocas motas café amarillentas (10YR 5/6); bloques angulares medios que al partirse presentan una estructura en blo-

ques angulares de finos a medios; friable, no pegajoso, no plástico; muchas discontinuidades con manchas negras (10YR 2/1) de manganeso o hierro-manganeso sobre las caras de los peds; discontinuidades tubulares de finas a medias e intersticios muy finos; pocas concentraciones de hierro-manganeso; fragmentos de rocas, en 30 % es mayor de 8 cm provenientes de rocas piroclásticas; pH fuertemente ácido (5.0); fragmentos gruesos de más de 10 pulgadas de roca piroclástica. Pueden ser esculpidas con un cuchillo.