

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Manejo del suelo, rastrojo y su influencia sobre seis propiedades físicas de un Dystropept de Costa Rica

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 al grado de

Magister Scientiae

por

HERBERT RENAN YANES MENDEZ

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
Departamento de Producción Vegetal

Turrialba, Costa Rica

1985

DEDICATORIA

A la memoria de mis padres:

María Edith Méndez y

Domiciano Yanes

con amor y agradecimiento

por su cariño y apoyo.

A mis hermanos:

Especialmente Alexis Ulises,

compañero, amigo y partícipe

del presente trabajo.

Al hombre del campo

objetivo de nuestros esfuerzos.

AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar su sincero agradecimiento al Dr. Carlos F. Burgos, consejero principal por sus valiosos consejos, constante cooperación y dedicación en la realización del presente trabajo.

Al Dr. Joseph Saunders por su orientación y constante apoyo durante mi estadía en el Centro, la realización del trabajo de campo, lo mismo que la revisión final del texto.

Al M.S. Roberto Díaz Romeu y al Dr. Marciano Rodríguez, por su cooperación y atinadas sugerencias en la revisión del texto.

Al personal de campo de la estación experimental "La Montaña"; al personal del Laboratorio de Suelos, especialmente a Luis Gerardo Cedeño por su valiosa colaboración.

A Carlos Vargas, Gustavo López y personal del Centro de Cómputo, por su ayuda en el procesamiento de datos.

A Rose Mary Garro por la dedicación y esfuerzo demostrado en el mecanografiado del texto.

A la Universidad de Costa Rica, al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, por brindarme la oportunidad de superarme.

Al Gobierno Británico, por el apoyo económico brindado y que hizo posible la estadía en el CATIE para la realización de este estudio.

A los compañeros de la promoción 1983-1985, especialmente a Donald Zelaya, Emerita Fuenmayor, Anselmo Castañeda y familia, Patricia Ramírez y familia, por su amistad y los gratos momentos compartidos.

BIOGRAFIA

El autor nació en el departamento de Comayagua, Honduras en mayo de 1958. Realizó sus estudios secundarios en la Escuela Normal Mixta de Occidente, en La Esperanza, Intibucá, obteniendo el título de maestro de educación primaria.

Los estudios universitarios los realizó en el Centro Universitario Regional del Litoral Atlántico (CURLA-UNAH), La Ceiba, Atlántida, graduándose de Ingeniero Agrónomo en junio de 1981.


De 1981 a 1983 trabajó en el Programa Nacional de Investigación Agrocuaria, unidad de desarrollo y adaptación (PNIA-UDA), en el departamento de Comayagua, como investigador en Mecanización Agrícola para pequeños agricultores.

En marzo de 1983 ingresó al Programa de Estudios de Posgrado de la Universidad de Costa Rica y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (URC-CATIE), en Turrialba, Costa Rica, donde obtuvo el grado de Magister Scientiae en abril de 1985.

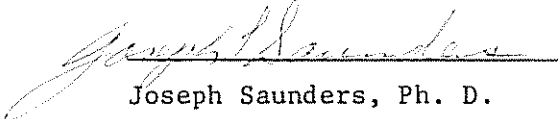
Esta tesis fue aceptada por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales de la Universidad de Costa Rica y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, como requisito parcial para optar al grado de:

Magister Scientiae

JURADO:



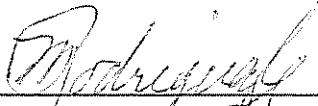
Carlos F. Burgos, Ph. D. Profesor Consejero



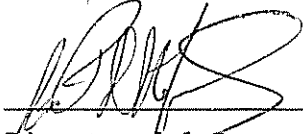
Joseph Saunders, Ph. D. Miembro del Comité



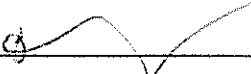
Roberto Díaz Romeu, M.S. Miembro del Comité




Marciano Rodríguez, Ph. D. Miembro del Comité



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



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



Herbert Renán Yanes Méndez
Candidato

CONTENIDO

	<u>Página N°</u>
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN	viii
SUMMARY	x
INDICE DE CUADROS	xii
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 Estructura del suelo y porosidad	4
2.1.1 Porosidad y aireación del suelo	5
2.1.2 Porosidad y humedad del suelo	6
2.2 Estructura y desarrollo de raíces	8
2.3 Estructura y temperatura del suelo	9
2.3.1 Control de la temperatura del suelo	10
2.3.2 Efectos de la temperatura del suelo en el crecimiento de la planta	11
2.4 Estructura del suelo y erosión	12
2.4.1 Velocidad con que el agua penetra en el suelo ...	12
2.4.2 Facilidad de dispersión	13
2.5 Erosión eólica	14
2.6 Métodos para evaluar la estructura	14
2.6.1 Distribución de tamaño de poro	15
2.6.2 Conductividad hidráulica	16
2.6.3 Agregación y estabilidad de la estructura	16
2.6.4 Densidad aparente	17
2.6.5 Resistencia a la penetración	18
2.7 Respuesta del suelo a las prácticas de labranza	19
2.8 Efecto de las prácticas de labranza sobre la estruc- tura del suelo	20
2.9 Efecto de las prácticas de labranza sobre la conser- vación del suelo	21
2.10 Efecto de las prácticas de labranza sobre los rendi- mientos de cultivo	22

3. MATERIALES Y METODOS	34
3.1 Localización	34
3.2 Características del lote experimental	34
3.3 Descripción del trabajo experimental	35
3.3.1 Factores estudiados	35
3.3.1.1 Sistemas de labranza y manejo de residuos	35
3.3.1.2 Sistemas de combate de plagas	36
3.4 Diseño experimental	38
3.5 Manejo del experimento	38
3.6 Variables medidas	39
3.6.1 Evaluaciones en el cultivo	39
3.6.1.1 Altura de planta	39
3.6.1.2 Población de plantas	39
3.6.1.3 Rendimiento de grano	39
3.6.2 Evaluación de la incidencia de insectos	39
3.6.3 Evaluación física del suelo	40
3.7 Análisis de la información	40
4. RESULTADOS Y DISCUSION	43
4.1 Propiedades físicas del suelo	43
4.1.1 Resistencia del suelo a la penetración	43
4.1.2 Densidad aparente del suelo	50
4.1.3 Conductividad hidráulica	55
4.1.4 Humedad del suelo	61
4.1.5 Temperatura del suelo	62
4.2 Rendimiento de grano y otras características agronómicas	64
4.2.1 Rendimiento	64
4.2.2 Población de plantas	67
4.2.3 Mazorcas cosechadas	69
4.2.4 Acame de raíz	69
4.3 Efecto sobre la población de insectos y su actividad .	72
5. CONCLUSIONES	75
6. RECOMENDACIONES	77
7. BIBLIOGRAFIA	78
8. APENDICE	88

Manejo del Suelo, Rastrojo y su Influencia Sobre Seis
Propiedades Físicas de un Dystropept de Costa Rica

Palabras claves: no laboreo, labranza de conservación, conservación de
humedad, resistencia a la penetración, Inceptisol,
maíz (Zea mays L.), trópico húmedo.

RESUMEN

El trabajo experimental se llevó a cabo en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, Turrialba, Costa Rica, de mayo a octubre de 1984. El objetivo fue evaluar el efecto de diferentes sistemas de labranza y manejo de residuos, sobre algunas propiedades físicas del suelo, y la producción de grano de maíz.

Se estudiaron siete sistemas de labranza y manejo de residuos. Cuatro en terreno arado: cañas del ciclo anterior erectas; incorporación de residuos; eliminación de residuos; y residuos sobre el suelo. Tres en terreno no arado: cañas del ciclo anterior erectas; residuos sobre el suelo; y sin residuos. También se estudiaron tres tipos de combate de plagas, como subtratamientos: combate al suelo, al follaje y sin combate.

Al analizar el efecto de los sistemas de labranza y manejo de residuos sobre las propiedades físicas del suelo se encontraron diferencias significativas en la resistencia del suelo a la penetración. En los 0,10 m superficiales los mayores valores fueron encontrados en los tratamientos no arados, especialmente si se eliminan los residuos. De 0,15 a 0,20 m de profundidad los valores más altos (en algunos casos mayores de

1.300 kPa) fueron registradas en las parcelas aradas.

No se encontraron diferencias estadísticas para densidad aparente, humedad gravimétrica y retención de humedad del suelo.

El rendimiento fue afectado por los sistemas de labranza y manejo de residuos; y las formas de combate de plagas. Los mayores rendimientos se encontraron con el tratamiento arado con cañas erectas (3.840 kg ha⁻¹). Para los tipos de combate de plagas los mayores rendimientos fueron encontrados en el subtratamiento aplicación de insecticida al suelo (4.010 kg ha⁻¹).

Las poblaciones de insectos, en el follaje y en el suelo fueron bajas, y no presentaron diferencias significativas entre los sistemas de manejo de suelo y residuos, y los tipos de combate de plagas.

El presente trabajo formó parte de un proyecto de investigación en el que también se evaluó la influencia de los sistemas de labranza y manejo de residuos sobre las propiedades químicas del suelo; los resultados fueron presentados como trabajo de tesis por el Ing. Humberto Rodríguez, graduado como Magister Scientiae, en el Programa de Estudios de Posgrado Universidad de Costa Rica - CATIE, 1985.

Influence of Long-term Tillage and Crop Residue Management
in Six Physical Properties of Dystropept of Costa Rica

Key words: no-tillage, conservation tillage, moisture conservation, penetration resistance, Inceptisols, maize (Zea mays L), humid tropics.

SUMMARY

The experimental work reported here was conducted at the Tropical Agriculture Research and Training Center, CATIE, Turrialba, Costa Rica from May to October, 1984. The purpose of the trial was to evaluate the effect of different tillage and crop residue management systems on some physical properties of the soil and maize yields.

Seven tillage and management systems were studied. Four of these were on plowed soil: maize stalks from the previous crop left standing, crop residues plowed under, elimination of crop residues, and crop residues left on top of the soil. Three of the systems were tested on unplowed soil: maize stalks from the previous crop left standing, crop residues left on top the soil, and soil without crop residues. Three systems of pest management were studied as subtreatments: pesticide applied to soil, foliage and no application.

Significant differences in soil resistance to penetration were found among the treatments tested. In the top 0.10 m, higher resistance was measured in the unplowed plots, especially if crop residues were removed from the soil. At depths of 0.15 to 0.20 m, the highest values (in some

cases higher than 1300 kPa) were recorded on plowed plots.

Statistically significant differences were not found for bulk density, moisture per cent measured gravimetrically, and soil moisture retention.

Maize yields were influenced by tillage and crop residue management systems and by pest management practices. Higher yields were found on plowed plots with maize stalks left standing (3.84 metric tons per hectare). Yields were also higher on plots where insecticide was applied to the soil (4.01 metric tons per hectare).

Insect populations, both on the foliage and in the soil, were low and did not show significant differences among soil and crop residue management systems or among pest management practices tested.

This work formed part of a research project in which the influence of tillage and crop residue management systems on chemical properties of soil were also studied. The results of that part of the research project were reported by Mr. Humberto Rodriguez in the paper presented in 1985 to the graduate program of the University of Costa Rica and CATIE as a partial fulfillment for the degree of *Magister Scientiae*.

INDICE DE CUADROS

En el texto

<u>Cuadro N°</u>	<u>Página N°</u>
1 Cambios de cinco propiedades físicas de Inceptisoles encontrados, en la literatura como respuesta al laboreo y no laboreo	23
2 Cambios de cinco propiedades físicas de Alfisoles encontradas en la literatura como respuesta al laboreo y no laboreo	25
3 Cambios de cuatro propiedades físicas de Ultisoles encontradas en la literatura como respuesta al laboreo y no laboreo	27
4 Cambios de seis propiedades físicas de Oxisoles encontradas en la literatura como respuesta al laboreo y no laboreo	28
5 Cambios de dos propiedades físicas de Mollisoles encontradas en la literatura como respuesta al laboreo y no laboreo	30
6 Cambios en la porosidad de Entisoles encontrados en la literatura como respuesta al laboreo y no laboreo	31
7 Escorrentia y erosión hídrica encontradas en la literatura como respuesta al laboreo y no laboreo	32
8 Rendimiento de algunos cultivos encontrados en la literatura como respuesta al laboreo y no laboreo	33
9 Descripción de los sistemas de labranza y manejo de residuos	37
10 Propiedades físicas evaluadas	42
11 Estadísticos para resistencia a la penetración, incluyendo las tres épocas de muestreo	44
12 Resistencia a la penetración, incluyendo las tres épocas de muestreo	45

13	Estadísticos para resistencia a la penetración. Muestreo I	48
14	Resistencia a la penetración. Muestreo I	49
15	Estadísticos para resistencia a la penetración. Muestreo II	51
16	Resistencia a la penetración. Muestreo II	52
17	Estadísticos para resistencia a la penetración. Muestreo III	53
18	Resistencia a la penetración. Muestreo III	54
19	Estadísticos para densidad aparente	56
20	Valores de densidad aparente	57
21	Estadísticos para conductividad hidráulica	58
22	Valores de conductividad hidráulica	59
23	Valores de conductividad hidráulica, incluyendo los tres muestreos	60
24	Estadísticos para rendimiento y otras características agronómicas. Evaluadas bajo diferentes sistemas de labranza y manejo de residuos	65
25	Rendimiento y otras características agronómicas, evaluadas bajo diferentes sistemas de manejo de residuos	66
26	Rendimiento y otras características agronómicas, evaluadas bajo diferentes manejos de plagas	68
27	Acame de raíz, evaluado bajo diferentes sistemas de labranza y manejo de residuos, y sistemas de combate de plagas	71
28	Estadísticos para incidencia de insectos, evaluado bajo diferentes sistemas de labranza y manejo de residuos	73
29	Porcentaje de incidencia de insectos del follaje bajo diferentes sistemas de manejo de plagas	74

En el Apéndice

Cuadro N°

Página N°

1a	Características físico-químicas del perfil del suelo del lote experimental	92
2a	Estadísticos obtenidos para humedad gravimétrica 0, - 0,10 m en cinco fechas de muestreo	95
3a	Estadísticos obtenidos para humedad gravimétrica 0,0 - 0,2 m, en cinco fechas de muestreo	95
4a	Valores de humedad gravimétrica (%). 0,0 - 0,1 m, evaluada bajo diferentes sistemas de labranza y manejo de residuos, en cinco fechas de muestreo	96
5a	Valores de humedad gravimétrica (%). 0,1 - 0,2 m, evaluada bajo diferentes sistemas de labranza y manejo de residuos, en cinco fechas de muestreo	97
6a	Estadísticos obtenidos para retención de humedad, evaluada bajo diferentes sistemas de labranza y manejo de residuos, a diferentes tensiones (bares), en tres épocas de muestreo, de 0,0 - 0,1 m de profundidad	98
7a	Estadístico obtenido para retención de humedad, evaluada bajo diferentes sistemas de labranza y manejo de residuos, a diferentes tensiones (bares), en tres épocas de muestreo, de 0,1 - 0,2 m de profundidad	99
8a	Retención de humedad (% peso/peso), evaluada bajo diferentes sistemas de labranza y manejo de residuos a diferentes tensiones. 0,0 - 0,1 m de profundidad. Muestreo I	100
9a	Retención de humedad (% peso/peso), evaluada bajo diferentes sistemas de labranza y manejo de residuos, a diferentes tensiones. 0,1 - 0,2 m de profundidad. Muestreo I	101
10a	Retención de humedad (% peso/peso), evaluada bajo diferentes sistemas de labranza y manejo de residuos a diferentes tensiones. 0,0 - 0,1 m de profundidad Muestreo II	102

11a	Retención de humedad (% peso/peso), evaluada bajo diferentes sistemas de labranza y manejo de residuos a diferentes tensiones. 0,1 - 0,2 m de profundidad. Muestreo II	103
12a	Retención de humedad (% peso/peso), evaluada bajo diferentes sistemas de labranza y manejo de residuos a diferentes tensiones. 0,0 - 0,1 m de profundidad. Muestreo III	104
13a	Retención de humedad (% peso/peso), evaluada bajo diferentes sistemas de labranza y manejo de residuos a diferentes tensiones. 0,10 - 0,20 m de profundidad. Muestreo III	105
14a	Prueba de "t" para resistencia a la penetración de 0,0 - 0,05 m, incluyendo las tres épocas de muestreo .	106
15a	Prueba de "t" para resistencia a la penetración de 0,05 - 0,10 m, incluyendo las tres épocas de muestreo	107
16a	Prueba de "t", para resistencia a la penetración de 0,10 - 0,15 m, incluyendo las tres épocas de muestreo	108
17a	Prueba de "t" para resistencia a la penetración de 0,15 - 0,20 m, incluyendo las tres épocas de muestreo	109
18a	Prueba de "t" para resistencia a la penetración de 0,15 - 0,20 m. Muestreo I	110
19a	Prueba de "t" para resistencia a la penetración de 0,00 - 0,05 m. Muestreo II	111
20a	Prueba de "t" para resistencia a la penetración de 0,05 - 0,10 m. Muestreo II	112
21a	Prueba de "t" para resistencia a la penetración de 0,15 - 0,20 m. Muestreo II	113
22a	Prueba de "t" para resistencia a la penetración de 0,00 - 0,05 m. Muestreo III	114
23a	Prueba de "t" para resistencia a la penetración de 0,05 - 0,10 m. Muestreo III	115

Cuadro N°

Página N°

24a	Prueba de "t" para resistencia a la penetración de 0,15 - 0,20 m. Muestreo III	116
25a	Temperatura del suelo °C, a profundidad de 0,05 m, medida a la 1 p.m.; junio de 1984	117
26a	Temperatura del suelo °C a profundidad de 0,05 m, medida a la 1 p.m., julio de 1984	118

I. INTRODUCCION

Bajo la vegetación natural, la mayoría de los suelos tropicales tienen una superficie porosa, y una estructura permeable. Al remover la cobertura de vegetación para su incorporación a la agricultura, y exponerlos al impacto de las gotas de lluvia, pisoteo, y efecto de los implementos de cultivo, la estructura de estos suelos es en muchos casos inadecuada, para resistir estas presiones (41).

Un importante factor en la productividad continua de los suelos tropicales es el mantenimiento de sus características físicas en un nivel óptimo (61).

Las prácticas culturales y sistemas de cultivo más deseables son aquellos que permitan que el suelo sea cultivado continuamente con retornos económicos positivos y sin causar una severa disminución de la calidad del suelo (51).

El desarrollo de sistemas de manejo, estables y viables, para los suelos de los regímenes tropicales con severo ambiente climático, debe ser basado en el total entendimiento de las condiciones físicas del suelo (62).

Los nutrimentos removidos del suelo por la planta pueden ser regresados con el uso de fertilizantes, pero la recuperación de suelos erodados o físicamente degradados es una tarea muy difícil y no económica (61). La investigación en el manejo de las propiedades físicas del suelo ha sido bastante descuidada (31, 63), por lo que nuestro conocimiento de la función de las propiedades físicas, en el mantenimiento de la productivi-

dad de los suelos tropicales es escaso, estando muy por debajo del manejo de fertilizantes, control de plagas, y mejoramiento varietal (61).

La investigación en manejo de fertilización deberían ser conducidas manteniendo en mente las características físicas del suelo (61), ya que si existe deterioro significativo de estas, la fertilización, variedades de cultivo mejoradas, y medidas de control de plagas y enfermedades, no preservan la productividad (63).

Los objetivos del presente trabajo fueron: 1) Determinar el efecto de diferentes sistemas de manejo de suelo y rastrojo sobre algunas propiedades físicas del suelo. 2) Determinar el efecto de los sistemas de labranza, manejo de residuos y combate de plagas sobre el rendimiento de grano de maíz.

2. REVISION DE LITERATURA

Una rápida disminución en la producción es observada en la mayor parte de las regiones tropicales después del desmonte de bosques y sabanas, y la incorporación de la tierra a la producción intensiva de cultivos.

Mucha de esta disminución es atribuida a la pérdida de nutrimentos, incremento en la agresividad de malezas (83), y acelerada erosión (41). Sin embargo, un problema más general es observado en algunas regiones, el deterioro de la estructura del suelo (63).

La estructura es una de las propiedades físicas del suelo más susceptibles a cambio por el manejo. Es definida como la combinación o arreglo de partículas primarias del suelo en partículas secundarias, unidades o agregados. Soil conservation society of America (93).

Según Lal (62) la definición de estructura no es suficientemente amplia para incorporar todos los atributos que ésta importante característica física tiene en el manejo de los suelos tropicales; pudiendo ser considerada como "La propiedad del suelo que regula una formación continua de poros de varios tamaños interconectados, y su estabilidad y durabilidad, gobierna la retención y movimiento de agua, regula la difusión de gases de y hacia la atmósfera, y controla la proliferación y desarrollo de raíces".

La degradación estructural usualmente implica una disminución de la porosidad, o continuidad de poros, o ambas; en la superficie es expresada por la formación de una costra, con resultado de la disminución de la entrada de agua, incremento de escorrentia y pobre emergencia de plántulas. En el subsuelo puede ser expresado por la formación de capas duras, o por compactación general (63).

La Estructura influye en la mayoría de los factores de crecimiento de la planta, por lo que puede ser un factor limitante en la producción, directa o indirectamente controlada, o promueve fenómenos tales como erosión, anegamiento, aireación, "stress" de agua, pérdida de nutrientes por lixiviación, germinación de semillas y penetración y desarrollo de raíces, rendimiento del cultivo, temperatura, labranza y tráfico del terreno (39, 44, 62).

2.1 Estructura del Suelo y Porosidad

La porosidad total de un suelo no es tan importante como la distribución del tamaño del poro (8), que está formada por la suma de poros de diferentes tamaño (39), los que son descritos en relación a su función, en lo concerniente al crecimiento de las plantas. Poros de diámetro equivalente cilíndrico (e.c.d)^{1/} mayor de 50 μm son poros de transmisión, que permiten que el suelo drene libremente, aquellos entre 0.5 y 50 μm (e.c.d) son poros de almacenamiento del agua usada por la planta, y aquellos con e.c.d menor de 0.5 μm son poros residuales (41).

La importancia relativa de estos poros depende del tipo de cultivo, condiciones climáticas, posición del nivel freático y posibilidades de riego. Donde el agua puede ser proporcionada por lluvia o riego, los poros de almacenamiento no son tan importantes, pero si son necesarios los de aireación. En zonas de agricultura de temporal de poca precipitación

^{1/} Diámetro equivalente cilíndrico

los poros de almacenamiento son vitales, y también es necesario tener suficientes poros grandes para asegurar una adecuada capacidad de infiltración (39).

En general se define como estructura pobre a un arreglo de los agregados con espacio poroso total pequeño (40 por ciento solamente), y una estructura con poros pequeños que no drenan bien, de manera que solo una porción pequeña está ocupada por aire, 15 % del volumen a capacidad de campo (39).

2.1.1 Porosidad y Aireación del Suelo

Son de especial importancia los poros de mayor tamaño que son los que contribuyen la porosidad de aireación, estos poros aumentan con la agregación del suelo y el tamaño de agregados (8, 39).

El arreglo de las partículas debe ser tal que al menos 10 por ciento del volumen del suelo, esté compuesto por poros mayores de 50 μm (e.c.d) para permitir que el agua drene libremente (42), porosidad de aireación menor de 10 % restringe la proliferación de raíces (6, 8, 37), además estos poros deben de recorrer la superficie hasta una profundidad suficiente para permitir el adecuado crecimiento de raíces y un ambiente aeróbico (42).

En la mayoría de los casos la porosidad de aireación es solo problema en los lugares húmedos, durante períodos de lluvia intensiva, cuando la fracción del volumen lleno de aire es bastante reducida (32).

La velocidad de difusión de los gases en el suelo está en relación directa con la porosidad ocupada por aire, si la concentración de

bióxido de carbono se torna muy alta y la de oxígeno muy baja, el crecimiento de las plantas se retarda. Cuando la porosidad ocupada por aire es menor de 10 %, la difusión de gases a través del suelo, y el intercambio con la atmósfera son muy pequeños (39).

La porosidad de aireación ^{es} ~~se~~ separada de los poros de agua sobre la base del tamaño de poros que retienen el agua a una tensión de 1/3 de atmósfera (8).

2.1.2 Porosidad y Humedad del Suelo

La estructura, particularmente la distribución de tamaño de poro y continuidad, está relacionada a la transmisión y características hidrológicas del suelo (62). La retención de agua, conductividad hidráulica y difusividad de los suelos, como función del contenido de agua y/o succión son propiedades hidráulicas de los suelos, y juegan un papel muy importante en la determinación del movimiento y almacenamiento de agua (56).

La fuerza de retención y facilidad relativa de remoción del agua del suelo, en el rango de crecimiento de las plantas está relacionada con los agregados finos del suelo llamada microestructura (39), y con los poros en el rango de 0,5 a 50 μm (e.c.d) que son los que almacenan el agua usada por la planta, estos últimos deben ser al menos 10 % del volumen total del suelo (42).

Los distintos suelos pueden retener un porcentaje de humedad muy variable; lo que interesa es la disponibilidad de agua, la que es conveniente medir en términos de presión o succión necesaria para extraer-

la o aprovecharla (6). Generalmente una planta ejerce una succión máxima de 15 bares para extraer el agua, esta tensión es la base para definir el punto de marchitez permanente, que tiene un significado fisiológico ya que es el contenido mínimo de humedad en el suelo, para la sobrevivencia de la planta (6, 37).

La capacidad de campo constituye el extremo inferior del agua disponible en el suelo. Esto no será un suelo saturado, sino después de dejar drenar el agua gravitacional libremente, en ausencia de evaporación (6), lo que normalmente ocurre 2 ó 3 días después de aplicación de agua o lluvia (8).

La succión máxima desarrollada por la planta y que define el punto de marchitez permanente varía de acuerdo a la especie; de igual forma la presión con que los diferentes suelos drenan el agua gravitacional y que define la capacidad de campo no es uniforme para los diferentes suelos. A pesar de lo anterior el contenido de agua del suelo entre 15 y 0.33 bares es un criterio válido para determinar el agua disponible (83).

En adición a la distribución al tamaño de poro también son importantes la forma, continuidad y tortuosidad de los poros (8, 42). Aunque conceptualmente continuidad y tortuosidad son diferentes, debido a que los poros tortuosos no necesariamente son contínuos, ellos son expresados frecuentemente en términos, de una constante simple relacionada a las tasas de flujo y difusión de agua o gases (42).

2.2 Estructura y Desarrollo de Raíces

Los factores que afectan el buen desarrollo de las raíces en un suelo compactado son la aireación y el impedimento mecánico. Es decir la capacidad de penetración de raíces está en función de la porosidad y comprensibilidad del suelo (8).

La mayoría de las raíces de las plantas son de 250 μm ó más de diámetro, por lo que los suelos deberían de contener una proporción de poros de este tamaño o mayor, para que las raíces proliferen adecuadamente, pequeños poros pueden permitir la entrada de las puntas de las raíces, pero necesitan ser fácilmente expandibles para que las raíces puedan crecer a través de ellos (42).

El buen crecimiento de raíces generalmente va acompañado de un crecimiento vegetativo más rápido, lo cual da por resultados mayores rendimientos (3). El desarrollo de las raíces en suelos con impedimentos mecánicos es poco, alcanzando poca profundidad; los nutrimentos disueltos en la solución del suelo no están en contacto con las raíces ocasionando deficiencia de nutrimentos y una mayor susceptibilidad a condiciones de sequía (6, 39).

La capacidad de las raíces para romper las capas compactas depende de la disponibilidad de aire, la temperatura y la humedad del suelo (6). Las necesidades de oxígeno para la máxima velocidad de crecimiento aumentan con la temperatura del suelo, potencial de agua y con la cantidad de trabajo mecánico que debe hacerse para lograr alargamiento y expansión de raíces (39).

2.3 Estructura y Temperatura del Suelo

La temperatura del suelo depende de la conductividad térmica y calor específico del suelo y la radiación solar recibida (6).

La conductividad térmica es la capacidad de una sustancia de transferir calor de una molécula a otra (39). Siendo el suelo un medio granular compuesto de fases sólida, líquida y gaseosa, la conductividad térmica depende de las relaciones volumétricas de estos componentes, del tamaño y ordenación de las partículas sólidas y de las relaciones de interfase entre las fases sólida y líquida (8).

Es claro entonces que la conductividad térmica de un suelo depende de la intimidad de contacto de las partículas sólidas, y el grado en que el aire es desplazado por el agua de los poros entre las partículas (8), por lo que reduciendo la densidad aparente o la humedad, ocurre una disminución en la conductividad térmica (6, 42).

El aumento en la conductividad térmica por aumento de la densidad es pequeño en comparación con el efecto de añadir agua. Las películas de agua alrededor de las partículas no solo mejoran el contacto térmico, sino que reemplazan el aire del espacio poroso, por agua, cuya conductividad térmica es 20 veces mayor que la del aire (8).

El calor específico es el número de calorías necesarias para elevar en un grado centígrado la temperatura de un gramo de sustancia. En el suelo es la suma del calor específico de cada componente, por la masa respectiva referida a la unidad de masa del suelo (8); se da en función del contenido de humedad y la composición del suelo, un aumento en la humedad o el contenido de materia orgánica tiende a incrementar el calor

específico (6).

La radiación solar recibida por el suelo es producto del ángulo de incidencia de los rayos solares, naturaleza de la cobertura superficial y elevación o altura del terreno (6).

2.3.1 Control de la Temperatura del Suelo

Nuestra capacidad para controlar la temperatura es limitada, pero dado que pequeños cambios ocasionan efectos pronunciados sobre el crecimiento de las plantas, su manejo puede tener resultados significativos (39).

La temperatura puede modificarse mediante la regulación de la radiación entrante y la radiación saliente o cambiando las propiedades térmicas del suelo (8). Las coberturas, labranza, alteración de la microtopografía, cambios de color, alteración de los regímenes de humedad del suelo, y la orientación de la cama de semilla, han sido usados para optimizar los regímenes de temperatura (101).

Suelos desnudos sin protección contra los rayos solares se calientan mucho en las horas más cálidas del día, una cubierta vegetal intercepta gran parte de la energía radiante del sol y evita el excesivo calentamiento; reduciendo además, las variaciones diarias de temperatura; disminuyendo las temperaturas máximas del suelo y elevando un poco las mínimas (39).

El riego aumenta la capacidad calorífica del suelo y la humedad del aire, disminuyendo la temperatura del aire sobre el suelo y aumentando su conductividad térmica, lo que reduce las variaciones de temperatura

durante el día (8).

Los cambios en las características físicas del suelo como la compactación de la superficie aumentan su densidad y conductividad térmica (8), un cambio en la aspereza del suelo, contenido de humedad y color de la superficie modifican la absorción de calor, radiación, y conducción de energía del calor exterior del suelo. El nivel de succión de la humedad de la superficie del suelo es factor importante para determinar la velocidad de evaporación y condensación (39).

2.3.2 Efectos de la Temperatura en el Crecimiento de la Planta

La observación de la temperatura del suelo provee una excelente medida para indagar los efectos de las condiciones físicas del perfil del suelo, respecto a la producción de cultivos (101).

El efecto de la temperatura sobre el crecimiento de la planta incluye factores químicos, físicos y biológicos, afectando la descomposición de materia orgánica, absorción de nutrientes, absorción de agua y traslocación de la misma (39).

La temperatura del suelo afecta el crecimiento de las plantas desde la germinación de las semillas (8, 39). En general, la germinación de las semillas es mejor a temperaturas entre 18 y 24°C. La temperatura óptima para el crecimiento de la mayoría de los cultivos agrícolas es 25°C (6); temperaturas desfavorables además de retardar el desarrollo, disminuyen los rendimientos (39).

2.4 Estructura del Suelo y Erosión

La caída de las gotas de lluvia golpea la superficie del suelo, ocurre un salpique considerable por el rompimiento de los agregados, o por el desprendimiento de partículas de la masa del suelo. El agua con partículas en suspensión penetra en el suelo y causa obstrucción en los poros. El choque continuo de las gotas de lluvia acaba por compactar y sellar la superficie inmediata, formándose una costra que reduce la infiltración y favorece la escorrentía (8, 39).

Los factores de la estructura del suelo que afectan la erosión causada por el agua se agrupan en: los que determinan la velocidad con que el agua penetra en el suelo y aquellos con lo que el suelo resiste la dispersión y erosión durante la lluvia y escurrimiento (8, 39).

2.4.1 Velocidad con que el Agua penetra en el Suelo

La capacidad de un suelo para absorber el agua de lluvia y hacerla pasar a través de la superficie, es importante para determinar la cantidad de agua de escurrimiento. El grado de absorción está íntimamente relacionado con la intensidad de la lluvia y la capacidad de absorción de agua del suelo, y en la mayoría de los casos ésta última es mucho más importante (39).

A la estructura de la superficie se le ha dado más importancia en relación a la erosión, debido a que es la que está más sujeta al deterioro, bajo el impacto de las gotas de lluvia, y a que las prácticas

agrícolas pueden alterar su condición (41), pero el suelo no solo debe absorber agua para evitar que escurra, sino también debe permitir que el exceso de agua se traslade a capas inferiores y sea eliminada a través del drenaje (39), ya que la infiltración en un perfil saturado es determinada por el horizonte de más baja conductividad (41), si los horizontes inferiores no son suficientemente permeables, la infiltración se verá obstruida, aún cuando la capa superficial sea extremadamente porosa (8, 39, 41).

2.4.2 Facilidad de Dispersión

Las partículas tienen que estar dispersas en el agua para que sean transportadas. Entre más se dificulte la dispersión de los agregados menor será la erosión (39) por lo que esta característica es importante en relación a la erodabilidad del suelo (41).

Uno de los atributos más importantes de la estructura es que debe ser estable para mantener las características de los poros contra varias tensiones físicas (42). Donde la superficie consiste de agregados estables, de un diámetro promedio equivalente de 1 a 4 mm, existen abundantes poros mayores de 50 μm entre los agregados, que permiten la fácil entrada del agua (41, 42).

Cuando la superficie consiste de pequeños agregados o partículas, algunos de los cuales se mueven entre los espacios entre agregados desarrollaran una costra, que limita severamente la entrada de agua y provoca erosión (8, 39, 42).

Si las gotas de lluvia no golpearan al suelo hasta la dispersión, y se pudiera evitar que el agua de escurrimiento ponga el suelo en estado de suspensión al correr por la superficie no existiera erosión (8). El encostramiento puede ser evitado por el dosel de las plantas o residuos sobre la superficie, los cuales protegen los agregados contra la ruptura por el impacto de las gotas de lluvia, al absorber su energía (8, 42), disminuyendo además la escorrentia superficial (6, 96).

Además de lo anterior, el encostramiento de los suelos puede impedir la emergencia de plántulas por resistencia mecánica (8, 42), la reducción de los poros grandes que impedirá el flujo de agua de gravedad e intercambio de gases con la atmósfera (42).

2.5 Erosión Eólica

La erosión eólica es de especial importancia en regiones secas. La influencia de la estructura se manifiesta a través de la estabilidad de los agregados y terrones. Generalmente ocurre por la formación de una costra sobre la superficie por el impacto de las gotas de lluvia (8). Otros factores de la superficie que tienen relación con la erosión eólica son su rugosidad y grado de protección de la cubierta vegetal (6, 8, 39).

2.6 Métodos para evaluar la estructura

El término estructura denota un concepto cualitativo, no es una propiedad directamente cuantificable, los diferentes métodos usados para ca-

racterizar la estructura del suelo son en realidad métodos indirectos, los cuales miden una característica del suelo que se supone depende de ella (44).

No existe un método simple que pueda ser usado para evaluar adecuadamente la estructura (62, 83). La elección del método depende del problema, el suelo, el equipo disponible, y el físico de suelos (44). Según Lal (62), las técnicas adoptadas dependen de los objetivos; mientras la estabilidad de los agregados estructurales al impacto de las gotas de lluvia, y mantenimiento del espacio poroso son importantes criterios para suelos propensos de erosión por agua; la proporción de permeabilidad aire-agua y tasa de difusión, son métodos adecuados para suelos sujetos a anegamiento ; una evaluación del desmenuzamiento y principio de falla es importante para suelos susceptibles a formación de costra; mientras la resistencia de una raíz simulada (Penetrómetro) puede ser medida para evaluar la resistenciencia física del suelo. Sin embargo, el más importante criterio que relaciona todos los aspectos antes mencionados es la distribución del tamaño de poro y su estabilidad.

2.6.1 Distribución de Tamaño de Poro

Información cuantitativa relacionada a la distribución del tamaño de poro, ha sido principalmente obtenida de la ecuación de kelvin (8, 39, 42).

Curvas de contenido de agua-succión pueden ser así usadas para derivar aproximadamente la distribución de tamaño de poro en suelos no expandibles (41, 42). Calculándose el radio aparente del poro mayor que

se llena de agua en equilibrio con las fuerzas de tensión aplicadas (8, 42). La distribución de tamaño de poro, continuidad y tortuosidad son las medias más apropiadas, para evaluar la estructura pero usualmente estas son independientes de medidas de flujo de gas o agua en el suelo, siendo preferible obtener medidas de flujo de la tasa de infiltración o conductividad hidráulica, y usar estos como medidas de estructura (41).

2.6.2 Conductividad Hidráulica

El equilibrio de la tasa de infiltración esta intimamente relacionada a la conductividad hidráulica (96). La destrucción de los macroporos reducirá la conductividad saturada, debido a que tales poros cuando se llenan de agua, contribuyen fuertemente al flujo de agua a través del suelo en respuesta al gradiente hidráulico impuesto; debido a que los macroporos drenan libremente a bajas succiones, habrá una disminución de la conductividad hidráulica cuando la succión del suelo sea mayor de cero (56).

2.6.3 Agregación y Estabilidad de la Estructura

La estabilidad de los poros es difícil de medir directamente, y puede ser hecha a través de la medida de la estabilidad de los agregados (42). La estabilidad de la estructura se refiere a la resistencia que los agregados del suelo presentan a la influencia desintegrante del agua y manipulación mecánica (39).

En estado seco pueden encontrarse agregados compactos y coherentes, pero si las partículas secundarias se desintegraran en el agua, la agregación no es muy estable. El agua puede deteriorar la agregación por el efecto hidrante, que causa la ruptura de agregados, y el impacto de las gotas de lluvia (39).

Sustancias orgánicas que contribuyen a la agregación del suelo, se derivan de materiales de plantas después de su alteración, por animales del suelo, bacterias y hongos (96). Las lombrices de tierra ingieren y mezclan el suelo y la materia orgánica parcialmente descompuesta; excretando en forma de cilindros superficiales o depósitos sub-superficiales, los residuos del material ingerido, formando una serie de galerías o túneles que hacen permeable el suelo. El resultado total de estas actividades es la creación de una buena estructura, además, de que los agregados formados presentan una mayor estabilidad (8).

2.6.4 Densidad Aparente

La densidad aparente es una medida común importante que representa la relación entre la masa de suelo (secada al horno) y el volumen total, incluyendo el espacio poroso (6, 37). Sus valores dependen en gran parte del contenido de agua en el suelo, especialmente en aquellos suelos que se contraen y se hinchan conforme se secan o se mojan (39).

Frecuentemente la densidad aparente y porosidad total han sido usados para evaluar la estructura del suelo (62), considerándose la compactación como un aumento en la densidad aparente del suelo como resultado de las cargas aplicadas o presión (7, 8). Por lo que suelo poro-

tos y sueltos tendrían una menor densidad aparente que un suelo compacto, aún cuando su densidad de partícula sea la misma (8).

El contenido de materia orgánica en el suelo afecta la densidad aparente, en primer lugar por su baja densidad 0.39 g cm^{-3} (8), y por provocar una mayor agregación (8, 39, 96). La evaluación de la densidad aparente es importante para la evaluación de la estructura, ya que al conocer la densidad de partícula, nos permite calcular la porosidad total, y a través de ésta estimar el grado de compactación del suelo (37).

La porosidad total y la densidad aparente están inversamente relacionadas, sin embargo, cualquier práctica que afecta a una también afecta a la otra. Incrementos en la densidad aparente disminuyen la porosidad total, disminuyendo así el contenido de agua a bajas succiones, y tendiendo a incrementar la cantidad de agua almacenada a altas succiones, ya que la compactación afecta más a los poros de mayor tamaño que a los poros finos (96).

2.6.5 Resistencia a la Penetración

Toda la resistencia física a la penetración tiende a obstruir al normal crecimiento radical (8). La resistencia a la penetración es una medida de campo práctica y rápida, los valores limitantes para la penetración de raíces medidas por un pistón de tamaño dado, parecen menos variables que los valores de densidad aparente y menos dependientes en el suelo medido, así su tendencia refleja un parámetro de cultivo de más generalizada aplicación (36).

La resistencia del suelo a un instrumento de sondeo es un índice integrado de la compactación del suelo, el contenido de humedad, la textura y el tipo de mineral de arcilla, es un índice de la resistencia del suelo en las condiciones de la medición (8).

2.7 Respuesta del suelo a las prácticas de labranza

Es sabido que un solo sistema de labranza no se adapta a todos los tipos y condiciones de suelo. El sistema debe ser adaptado a suelos específicos (15); según Blevins y Thomas (13) las características de drenaje de un suelo, parecen estar estrechamente relacionadas a su adaptabilidad para el uso de no laboreo. Larson y Osborne (66) afirman que en los Estados Unidos los rendimientos de maíz, en suelo bien drenados, son similares con no laboreo y laboreo convencional. Los suelos pobremente drenados no son bien adaptados a no laboreo (13, 20 66).

En suelos de textura gruesa y baja capacidad de almacenamiento de agua, los rendimientos de cultivo pueden ser más altos para prácticas de no laboreo, ya que permite un uso más adecuado del agua, durante períodos cortos de sequía (13, 66), y además estos suelos pueden trabajarse húmedos o secos y es fácil obtener una cama para la semilla, y un buen contacto suelo-semilla (15).

Según Cannell *et al* (19) los suelos bien drenados estructurados y especialmente los suelos arcillosos, al ser mantenidos por dos o tres años en no laboreo, muestran evidencia de cambio en sus condiciones físicas, las cuales pueden conducir a un mejoramiento en el crecimiento de las raíces.

En Gran Bretaña, en base a los resultados de experimentos, y la posibilidad de una disminución en los rendimientos de los cultivos, por el no laboreo en comparación con los métodos tradicionales; y considerando el suelo, sitio y factores climáticos, clasificaron los suelos en tres categorías, e hicieron un mapa de la adaptación de los suelos al no laboreo (19).

Según Cannell (21), aunque se muestra un patrón de los efectos de la labranza sobre las propiedades físicas del suelo; en los trópicos, donde el clima es más severo, y los suelos tienen menos materia orgánica, y son frecuentemente más erodables, la información es escasa.

2.8 Efecto de las prácticas de labranza sobre la estructura del suelo

Existe una respuesta diferencial de los diferentes tipos de suelos al manejo (2, 27, 34); que depende de sus características intrínsecas, por lo que, para hacer una mejor combinación sistema de preparación -suelo se deben estudiar los efectos de cada sistema de manejo por tipo de suelo . Existen grupos de suelos como los Vertisoles, que poseen propiedades únicas que influyen significativamente en su uso, especialmente sus características de labranza y sus relaciones agua-suelo; el contenido óptimo de humedad para la labranza de los Vertisoles, tiene límites muy estrechos, siendo inevitable la realización de algunas labores de labranza fuera del contenido óptimo de humedad, provocándose compactación y ruptura de agregados al estar muy húmedos, y el requerimiento de esfuerzo considerable cuando están secos (52).

Con el objeto de mostrar el efecto diferencial de los sistemas de manejo para los diferentes suelos, se presentan los Cuadros 1-6, donde están agrupados por orden de suelo; existen grandes diferencias dentro de cada orden, pero el objetivo principal de esta agrupación es dejar la inquietud para que en próximos trabajos se haga una clasificación más detallada.

2.9 Efecto de las prácticas de labranza sobre la conservación del suelo

Una rápida disminución en la calidad de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos tropicales bajo producción continua, es una de las mayores razones para que los agricultores de los trópicos húmedos practiquen la agricultura migratoria, y dejen la tierra en barbecho por largos períodos. La longitud relativa de los períodos de cultivo y barbecho depende de la interacción entre las propiedades del suelo y las prácticas culturales (52).

Uno de nuestro principales objetivos al elegir un sistema de manejo de suelo, debe ser la conservación de este recurso tan valioso. Entre las mayores ventajas atribuidas a las prácticas de no laboreo está la conservación del suelo, la cubierta vegetal formada por el rastrojo de cultivo y malezas muertas, evita el impacto de las gotas de lluvia sobre la superficie del suelo, la escorrentía superficial, y el efecto erosivo del viento. Además de lo anterior, investigaciones realizadas por Douglas y Goss (27) indican que los agregados de la superficie de los

suelos bajo no laboreo, presentan una mayor estabilidad y contenido de materia orgánica; características importantes para resistir la dispersión, y erosión durante la lluvia y escurrimiento.

En el Cuadro 7 se muestran algunos datos sobre escorrentía y erosión, encontrados en la literatura, como respuesta al laboreo y no laboreo.

2.10 Efecto de las prácticas de labranza sobre los rendimientos de cultivo

Si no existen otros factores limitantes, el mejor criterio para decidir que el suelo presenta una buena estructura es el crecimiento y rendimiento de los cultivos que en él se desarrollan (39).

El éxito del no laboreo en algunas áreas, es un reto para todos aquellos que todavía creen que la labranza es un requisito indispensable para la producción de cultivos (31). En el Cuadro 8 se presentan datos del rendimiento de algunos cultivos, encontrados en la literatura como respuesta a las prácticas de laboreo y no laboreo del suelo.

Cuadro I. Cambios de cinco propiedades físicas de Inceptisoles encontradas en la literatura como respuesta a laboreo y no laboreo.

Prop. (m)	Laboreo convencional	No laboreo	Nivel de significancia		Cita bibliográfica
			* 5%	** 1%	
Densidad aparente Mg m⁻³					
	1,54; 0,87; (1,45; 1,48) ^{1/}	1,56; 0,99; (1,52; 1,65)	NS, *	(NS *)	12; 22; (81)
0,0-0,1	1,39; 1,23	1,35; 1,43	NS; *		67; 67
	0,89; 0,98; 1,0	0,96; 1,03; 0,98	NS; NS; NS		16; 17; 22
0,1-0,2	1,46; 1,54; 1,50	1,50; 1,56; 1,49	NS; NS; NS		81; 81; 103
	1,55; 1,46; 1,34	1,57; 1,46; 1,38	NS; NS; NS		12; 67; 67
0,2-0,3	1,53; 1,56	1,52; 1,60	NS; NS		81; 81
Porosidad capilar (%)^{2/}					
	-2,74; -6,46	4,81; -3,53	NS; NS		18; 72
0,0-0,1					
Porosidad no capilar (%)^{2/}					
	6,82; 5,52	-1,02; 4,16	NS; NS		18; 72
0,0-0,1					

Continuación Cuadro 1.

Prop (m)	Laboreo convencional	No laboreo	Nivel de significancia		Cita bibliográfica
			* 5%	** 1%	
Resistencia a la penetración kg cm⁻²					
	22,4; 4,27; 5,0	20,8; 9,35; 14,5	NS; *	*	17; 22; 23
0,0-0,05	(10,9; 18,6; 17,9; 28,8)	(9,9; 16,9; 20,8; 20,6)	(NS; NS; NS; *)	*	38
0,05-0,1	(18,5; 22,4; 20,5; 35,1)	(22,5; 22,8; 31,5; 27,3)	(NS; NS; *; *)	*	38
	14,9	15,8	NS		22
0,15-0,20	(21,2; 23,7; 19,4; 35,9)	(25,3; 24,1; 28,8; 41,3)	(NS; NS; *; *)	*	(38)
	31,61	29,59	NS		16
0,2-0,3	(21,9; 20,7; 21,3; 32,2)	(20,7; 21,9; 29,1; 33,9)	(NS; NS; *; NS)	*	(38)
Humedad gravimétrica (%)					
	(40,2; 57,2)	(45,6; 62,5)	(*; *)		(18)
0,0-0,1	49,0; 43,0	50,5; 45,0	NS; NS		78, 78
	(40,0; 58,0)	(52,0; 74,0)	(*; *)		(103)

1/ Los datos dentro del paréntesis son épocas de muestreo.

2/ Porcentajes de aumento (+) o disminución (-).

Cuadro 2. Cambios de cinco propiedades físicas de Alfisoles encontradas en la literatura como respuesta a laboreo y no laboreo.

Prof. (m)	Laboreo convencional	No laboreo	Nivel de significancia		Cita bibliográfica
			* 5%	** 1%	
	Densidad aparente Mg m ⁻³				
	1,29; 1,54; 1,49	1,25; 1,56; 1,26	NS; NS; NS		14, 34; 40
	1,46; 138	1,24; 1,40	-; NS		48, 49
0,0-0,1	(1,50; 1,43; 1,46) ^{1/}	(1,34; 1,32; 1,41)	(-)		(57)
	(1,51; 1,56) ^{2/}	(1,44; 1,41)	(-)		(57)
	1,31; 1,65; 1,52	1,28; 1,63; 1,46	NS; NS; NS		14; 34; 40
0,1-0,2	(1,69; 1,39; 1,50)	(1,31; 1,31; 1,43)	(-)		58
	(1,70; 1,64)	(1,63; 1,47)	(-)		58
0,2-0,3	1,73; 1,44	1,64; 1,52	NS; NS		34; 40
	Porosidad (X)				
	8,4; 20,5	[7,3; 18,8]	[-]		[33] ^{3/}
0,0-0,1	[41,0; 6,0; 2,4]	[38,9; 5,7; 1,6]	[-]		[34] ^{4/}
	[2,0; 3,6; 27,0]	[1,4; 1,7; 28,5]	[-]		[34] ^{5/}
	[5,4; 14; 8]	[6,6; 17,7]	[-]		[33] ^{3/}
0,10-0,2	[36,5; 3,6; 1,8]	[37,3; 5,3; 1,3]	[-]		[34] ^{4/}
	[1,2; 2,6; 27,3]	[1,1; 1,5; 28,1]	[-]		[34] ^{5/}
	[5,1; 15,1]	[5,3; 14,6]	[-]		[33] ^{3/}
0,2-0,3	[33,8; 3,1; 2,0]	[36,4; 3,3; 2,0]	[-]		[34] ^{4/}
	[1,5; 2,1; 25,1]	[1,1; 1,9; 28,1]	[-]		[34] ^{5/}

Continúa.

Continuación Cuadro 2.

Prof. (m)	Laboreo convencional	No Laboreo	Nivel de significancia * 5% ** 1%	Cita bibliográfica
	Flujo de vapor ($\text{mg cm}^{-1} \text{ h}^{-1}$)			
0,0-0,1	[0,6; 8,8; 11,4]	[0,2; 8,4; 9,9]	-	[35] ^{6/}
0,1-0,2	[0,0; 6,1; 8,7]	[0,0; 6,5; 8,6]	-	[35] ^{6/}
0,2-0,3	[0,0; 6,4; 9,7]	[0,0; 7,8; 9,6]	-	[35] ^{6/}
	Retención de agua			
0,0-0,15	(0,45; 0,35; 0,32) (0,16; 0,13; 0,11) (0,09; 0,07; 0,06)	(0,45; 0,41; 0,40) (0,14; 0,13; 0,14) (0,08; 0,08; 0,07)	(NS; *; *) (NS; NS; NS) (NS; NS; NS)	(75) ^{7/} (75) ^{8/} (75) ^{9/}
	Conductividad hidráulica $\text{cm}^3 \text{ h}^{-1}$			
0,0-0,1	1,5; 4,1; 134,0 8,4; 18,0; 366	1,9; 2,0; 258,8 1,42; 48,0; 426	NS; *; * *; *; NS	14; 33; 40 48; 51; 60
0,1-0,2	0,8; 113,8	1,9; 192,2	*; *	33; 40
0,2-0,3	1,0; 158,2	0,5; 136,6	-; *	33; 40
-	No es mencionada la significancia			
()	Valores entre paréntesis son épocas de muestreo			
1/	20,40, y 50 días después de la siembra		5/	[0,05 - 0,07 mm; 0,03 - 0,05 mm; < 0,04 mm de diámetro]
2/	20 y 40 días después de la siembra		6/	[-0,1; -5; -15 bares], de potencial matricial
3/	[poros > 0,07 mm de diámetro; % del total]		7/	Retención de agua a cero bares de tensión
4/	[porosidad total; > 0,15 mm; 0,07 a 15 mm de diámetro]		8/	Retención de agua 0,6 bares de tensión
			9/	Retención de agua 1,0 bar de tensión.

Cuadro 3. Cambios de cuatro propiedades físicas de Ultrisoles encontradas en la literatura como respuesta a laboreo y no laboreo.

Prof. (m)	Laboreo convencional	No laboreo	Nivel de significancia		Cita bibliográfica
			* 5%	** 1%	
Densidad aparente Mg m⁻³					
	1,55; 1,38	1,55; 1,42	NS; NS		4; 4
0,0-0,10	1,12; 1,44	1,67; 1,68	*; *		54; 54
	1,18; 1,47; 1,43	1,68; 1,70; 1,49	*; *; NS		54; 54; 97
0,2; 0,4	1,56	1,62	NS		97
Resistencia a la penetración (bares)					
0,0-0,15	1,23; 0,85	1,57; 1,40	NS; NS		4; 4
	51,9; 72,5	92,1; 100,8	*; *		54; 54
	53,0; 99,4; 3,78	99,4; 102,5; 6,53	*; *; -		54; 54; 97
0,15-0,25	1,05; 0,83	0,99; 0,97	NS; NS		4; 4
	19,50	17,24	-		97
Microporosidad (%)					
0,0-0,2	22,1	24,1	-		97
0,2-0,4	23,1	24,5	-		97
Macroporosidad (%)					
0,0-0,2	23,7	19,1	-		97
0,2-0,4	17,8	13,6	-		97

- No es indicada la significancia.

Cuadro 4. Cambios en seis propiedades físicas de Oxisoles encontradas en la literatura como respuesta al laboreo y no laboreo.

Prof. (m)	Laboreo convencional		No laboreo	Nivel de significancia		Cira bibliografica
	Densidad aparente Mg m ⁻³			* 5%	** 1%	
0,0-0,15	1,44; 1,35		1,44; 1,21	NS; **;		1; 68;
	1,20; 1,08		1,02; 1,20	*; *		90; 98
0,15-0,30	1,39; 1,27; 1,08		1,34; 1,20; 1,08	NS; NS; NS		1; 68
	1,08; 1,08		1,08; 1,08	NS; NS		90; 98
Retención de humedad (%)						
0,0-0,1	[27,2; 23,5; 19,0]		[27,8; 24,7; 19,5]	-		1 ^{1/}
	[43,5; 37,6; 35,9] ^{2/}		[43,0; 36,1; 34,4]	[NS; *; *]		90 ^{3/}
	[33,3; 25,6; 23,6] ^{2/}		[36,3; 29,0; 28,1]	[*; *; *]		90 ^{4/}
0,1-0,2	[28,4; 27,7; 21,3]		[29,9; 26,6; 20,6]	-		1 ^{1/}
	[44,4; 36,9; 33,9] ^{2/}		[46,0; 40,5; 39,0]	[NS; *; *]		90 ^{3/}
	[38,1; 29,9; 28,2] ^{2/}		[44,1; 37,4; 36,1]	[*; *; *]		90 ^{4/}
0,0-0,20	[44,0; 36,9; 35,2] ^{2/}		[43,8; 37,3; 35,5]	[NS; NS; NS]		90 ^{3/}
	[44,9; 36,4; 35,6] ^{2/}		[43,5; 37,0; 35,5]	[NS; NS; NS]		90 ^{4/}
Estabilidad de agregados (%)						
0,0-0,20	75,3		83,5	NS		98
Microporosidad (%)						
0,0-0,15	39,2; 42,5; 32,7		40,0; 40,4; 35,2	-; NS; *		1; 68; 98

Continuación Cuadro 4.

Prof. (m)	Laboreo convencional	No laboreo	Nivel de significancia * 5% ** 1%	Cita bibliográfica
0,15-0,30	39,5; 44,6; 38,8	40,1; 39,8; 38,0	-; NS; NS	1; 68; 98
Macroporosidad (%)				
0,0-0,15	7,3; 6,9; 23,8	6,3; 14,3; 17,2	- ; *; *	1, 68; 98
0,15-0,30	8,6; 8,4	9,5; 14,6	NS; -	1; 68
Porosidad total (%)				
0,0-0,15	49,4; 55,7; 56,5	54,7; 57,5; 52,4	*; NS; *;	68; 84; 98
0,15-0,30	53,0; 57,6	54,4; 57,6	NS; NS	68; 98

1/ Retención de agua (%) a 0,06, 0,33 y 15 bares de tensión.

2/ Retención de agua a 0,06; 0,33 y 1 bar de tensión.

3/ Compactado por las ruedas del tractor.

4/ No compactado por las ruedas del tractor.

- No es indicada la significancia

Cuadro 5. Cambio de dos propiedades físicas de Mollisoles encontradas en la literatura como respuesta a laboreo y no laboreo.

Prof. (m)	Laboreo convencional	No laboreo	Nivel de significancia		Cita bibliográfica
			* 5 %	** 1%	
0-0,1	[10,5; 21,1] [8,5; 2,0; 1,3; 1,6; 36,4]	[8,5; 17,9] [6,1; 2,4; 1,2; 1,4; 36,4]	-	-	[33] ^{1/} [34] ^{2/}
0,1-0,2	[4,6; 11,0] [3,3; 1,3; 0,7; 1,2; 35,5]	[8,6; 18,8] [6,9; 1,7; 1,1; 1,4; 34,7]	-	-	[33] ^{1/} [34] ^{2/}
0,2-0,3	(3,8; 9,4) [2,2; 1,6; 0,9; 1,2; 34,5]	(2,9; 7,4) [1,6; 1,3; 1,0; 1,8; 33,5]	-	-	[33] ^{1/} [34] ^{2/}
0,0-0,1	Flujo de vapor ($\text{mg cm}^{-1} \text{h}^{-1}$) (1,1; 8,8; 9,5)	(0,7; 5,9; 7,7)	-	-	[35] ^{3/}
0,1-0,2	(0,0; 5,2; 5,7)	(0,0; 5,9; 6,9)	-	-	[35] ^{3/}
0,2-0,3	(0,0; 4,3; 7,1)	(0,0; 5,6; 7,2)	-	-	[35] ^{3/}

1/ [poros > 0,07 mm de diámetro, porosidad total]

2/ [poros > 0,15; 0,07 a 0,15 mm; 0,05 a 0,07 mm, < 0,03 mm de diámetro]

3/ | a; -0,1; -5,0; -15 bares de potencial matricial]

- No es indicada la significancia

Cuadro 6. Cambios en la porosidad de Entisoles encontrados en la literatura como respuesta al laboreo y no laboreo.

Prof. (m)	Porosidad (% del área total del suelo)		No laboreo	Nivel de significancia		Cita bibliográfica
	Laboreo convencional			* 5 %	** 1%	
(0,0-0,1)	(26,1; 19,4); 34,4		(14,7; 14,8); 17,8	(-); -		(76); 77
0,0-0,10	(22,0; 48,0)		(65,0; 78,0)	(-)		(76)
Número de poros:						
	(1314; 1355)		(1779; 1621)	(-)		76
	1061		1625	-		77

- No es indicada la significancia.

Cuadro 7. Escorrentia y erosión hídrica encontradas en la literatura como respuesta al laboreo y no laboreo.

Laboreo convencional	No laboreo	Cita bibliográfica
	Escorrentía mm	
10,55; 75,4	6,94; 0,0	11; 47
6,0; 19,4; 6,0	0,01; 0,4; 0,06	48; 49; 50
	Erosión Tn ha ⁻¹	
0,76; 9,6; 0,035	0,31; 0,0; 0,003	11; 47; 48
0,101; 3,2; 35,0	0,002; 2,5; 12,1	49; 50; 50

Cuadro 8. Rendimiento de algunos cultivos encontrados en la literatura como respuesta al laboreo y no laboreo.

Rendi. Tn ha ⁻¹	Laboreo convencional	No laboreo	Nivel de significancia * 5 % ** 1%	Cita bibliográfica
Maíz	3,25; 4,2; 1,86 2,26; 5,38; 3,34 1,4; 5,34; 3,79 4,0; 4,17; 7,48 3,2; 4,21; 4,23 3,26; 2,30; 3,32 2,06; 5,43; 5,69 6,91; 3,25; 2,61 2,48; 1,58 ^{4/} ; 1,44 ^{4/}	4,27; 4,04; 1,48 2,05; 4,30; 3,12 1,9; 5,41; 2,96 4,33; 3,7; 7,37 ^{5/} 4,2; 4,58; 1,51 ^{5/} 3,88; 3,40; 5,45 2,81; 6,32; 5,63 7,56; 4,27; 3,37 3,39; 2,72; 2,49	*; ns; ns ns; *; ns *; *; ns; ** ns; ns; ns *; ns; ** *; *; ** *; ns; ns ns; **; * *; **; *	5; 25; 28 28; 28; 11 45; 69; 69 71; 72; 72 74; 79; 92 80; 86; 91 95; 99; 100 100; 102; 103 103; 69; 103
Cebada	(1,24; 2,14; 2,28) ^{1/} (5,29; 5,03; 4,98)	(11,71; 1,79; 2,58) (4,69; 4,89; 5,36)	(ns; ns; ns) (ns; ns; ns)	91 82
Avena	(5,12; 4,56; 5,2)	(4,57; 4,89; 5,66)	(ns; ns; ns)	82
Soya	(1,37; 2,44; 2,04) (1,43; 3,01)	(1,96; 3,09; 2,73) (1,99; 3,15)	(**; **; **) (*; *)	89 53
Frijol	0,61 ^{2/} ; 1,17 1,44 ^{4/} ; 0,49 ^{4/}	0,77; 1,38 1,0; 0,52	ns; ns **; ns	18,85 69,103
Yuca	15,41; 5,90 ^{2/} ; 7,44 ^{3/}	8,99; 5,36; 9,0	*; ns; ns	19; 18; 95
Camote	7,87	10,30	ns	95

1/ Valores entre paréntesis son ciclos de cultivo.

2/ Asocio yuca-frijol

3/ Asocio yuca-camote

4/ Asocio maíz-frijol.

5/ Promedio de la zona.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización

El estudio se realizó en un terreno del Departamento de Producción Animal del CATIE, Turrialba, Costa Rica, ubicado a 9°53' latitud Norte y 83°38' longitud Oeste, a una elevación de 602 msnm. Las condiciones climáticas promedio de la zona registradas en la estación meteorológica del CATIE, presentan una temperatura media anual de 21,5°C; precipitación media anual de 2.661 mm con 252 días de lluvia, humedad relativa promedio de 87 %, brillo solar de 4.61 horas, radiación solar de 424 cal cm⁻² día⁻¹, y una evaporación diaria de 3,13 mm (24).

3.2 Características del lote experimental

El terreno en los últimos ocho ciclos de cultivo (dos ciclos de maíz por año) ha sido sometido a los mismos tratamientos de manejo de suelo y rastrojo. Anteriormente al establecimiento de este experimento, el terreno estuvo dedicado al pastoreo, con predominio del pasto estrella (*Cynodon nlenfluensis*) (23).

El suelo es de origen aluvial y pertenece a la serie Juray (3) con 1 % de pendiente, permeabilidad moderada y clasificado como fine, mixed isohyperthermic, Typic Dystropept (55). Mayores detalles sobre las características del suelo son dadas en el apéndice.

3.3 Descripción del trabajo experimental

3.3.1 Factores estudiados

3.3.1.1 Sistemas de labranza y manejo de residuos

Se estudiaron cuatro sistemas de manejo de residuos en terreno arado y tres en terreno no arado, se tuvo así un total de siete manejos por la combinación de estos factores (Cuadro 9). En las parcelas aradas convencionalmente, el terreno se preparó con una pasada de arado de discos a 0,20 m de profundidad y dos pasadas de rastra de discos, usando un tractor Kubota L295 de 25 Hp y 1180 kg de peso.

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 erectas. En el sistema arado la labranza se realizó usando un "rotavator" de 0.75 m de ancho de corte, entre las cañas de maíz.

b) Eliminación de Residuos de la cosecha:

En el sistema arado, antes del paso del arado fueron eliminados todos los residuos de la cosecha anterior, en forma manual, colocándolos fuera de las parcelas. En cero labranza, la parcela se mantuvo totalmente libre de residuos.

c) Residuos sobre el suelo:

En el sistema arado se eliminaron los residuos en forma manual antes del paso del arado, posteriormente fueron colocados nuevamente sobre el suelo. En cero labranza los residuos permanecieron sobre el suelo.

d) Incorporación de residuos:

Solamente en el sistema arado, se incorporaron los residuos y malezas, por medio de la aradura.

3.3.1.2 Sistemas de combate de plagas

a) Combate de plagas del suelo:

Aplicación de 1,0 kg i.a. ha⁻¹ de carbofuran (Furadan 5 G) al momento de la siembra. Mediante la colocación de 1 g de Furadán por golpe (postura de siembra).

b) Combate de Plagas al Follaje:

Aplicación de 0,145 kg i.a. ha⁻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.

Cuadro 9. Descripción de los sistemas de Labranza y Manejo de los residuos. Turrialba, Costa Rica, 1984.

No. de Tratamiento	Sistemas de Labranza	Manejo de Residuos	Identificación
1	Arado	Residuos sobre el suelo	ARSS
2	Arado	Eliminación de residuos	ASR
3	Arado	Residuos incorporados	ARI
4	Arado	Cañas de maíz previas erectas	ACE
5	No arado	Sin residuos	NASR
6	No arado	Residuos sobre el suelo	NARSS
7	No arado	Cañas de maíz previas erectas	NACE

3.4 Diseño Experimental

El diseño experimental usado fue bloques al azar en un arreglo de parcelas divididas. Las parcelas principales las constituyeron los siete manejos de suelos y residuos; y las subparcelas fueron los tres sistemas de combate de plagas, resultaron así, 21 tratamientos por la combinación de los factores en estudio. Cada tratamiento fue repetido cuatro veces.

Las dimensiones de la parcela principal fueron 24 m de largo y 6 m de ancho, la subparcela 8 m de largo por 6 m de ancho. La toma de datos y evaluaciones se realizaron sobre una parcela útil de 6 m de largo por 4 m de ancho (24 m^2).

3.5 Manejo del Experimento

Fue usada la variedad de maíz Tuxpeño ciclo 7, de porte bajo y grano blanco. La semilla fue sembrada a una distancia de 1,0 m entre hilera y 0,50 m entre plantas, fueron colocados tres granos de maíz por golpe.

La fertilización se realizó aplicando 250 kg ha^{-1} de la fórmula 12-24-12, al momento de la siembra. Treinta días después de la siembra se aplicó 75 kg ha^{-1} de nitrógeno usando urea como fuente.

3.6 Variables medidas

3.6.1 Evaluaciones en el Cultivo

3.6.1.1 a) Altura de planta

Esta variable fue medida al momento de la floración del cultivo registrándose la altura desde la superficie del suelo hasta la inserción de la inflorescencia masculina.

3.6.1.2 b) Población de plantas

Fue medida a los 10 y 40 días después de la siembra y a la cosecha por el conteo de plantas en la parcela útil.

3.6.1.3 c) Rendimiento de grano

Se registró el peso del grano de la parcela útil. Posteriormente se corrigió al 14 % de humedad y transformó a Tn métricas ha⁻¹.

3.6.2 Evaluación de Insectos

La incidencia y daño causado por *Diabrotica* spp fue cuantificada contando el número de plantas dañadas por este insecto a los 7 y 15 días después de la siembra. Los datos fueron transformados a porcentaje

/

de infestación, posteriormente.

La incidencia del gusano Cogollero (*Spodoptera frugiperda*) se evaluó a los 30, 40 y 50 días después de la siembra, contando el número de plantas atacadas. Con esa información se calculó el porcentaje de infestación.

A los 25 días después de la siembra se determinó el número y especie de insectos del suelo, muestreando un área de 0,20 x 0,20 m, y a una profundidad de 0,15 m. Se tomaron cuatro posturas de siembra en los bordes de cada subparcela.

3.6.3 Evaluación física del suelo

Se hicieron 3 estimaciones de estas variables (Cuadro 10) antes de la siembra; en la época de mayor crecimiento del cultivo (30 días después de la siembra) y otra en el estado de floración del cultivo (65 días después de la siembra).

3.7 Análisis de la información

Para comparar el efecto de los sistemas de labranza y manejo de residuos y sistemas de combate de plagas sobre rendimiento, población y altura de planta, poblaciones de insectos, y las propiedades físicas del suelo, se usaron análisis de varianza.

El modelo estadístico usado, es el siguiente:

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

Donde:

Y_{ijk} = una variable de respuesta

μ = media general

R_i = efecto de repeticiones

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

E_{ij} = error A

P_k = efecto del Factor B (combate de plagas)

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

E_{ijk} = error B

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

Fuente de variación		G.L.
Repeticiones	(r-1)	3
Factor A	(a-1)	6
Error A	(r-1) (a-1)	18
Total de parcelas	(ar-1)	27
Factor B	(b-1)	2
Error B	a (r-1) (b-1)	42
Interacción A x B	(a-1) (b-1)	12
Total de sub-parcelas	(rab-1)	83

Cuadro 10. Propiedades físicas evaluadas, Turrialba, Costa Rica, 1984.

Propiedad física	Método usado	Referencia bibliográfica
Densidad aparente	Cilindro de volumen Conocido	Forsythe (37)
Densidad de partícula	Queroseno	Forsythe (37)
Humedad	Gravimétrica	Forsythe (37)
Conductividad hidráulica	Muestras no alteradas	Forsythe (37)
Resistencia a la penetración*	Penetrómetro estático de pistón	Forsythe (37)
Curvas de retención de humedad	Muestras no alteradas	Forsythe (37)
Temperatura	Termómetros	
Textura	Hidrómetro	Hardy y Bazán (43)

* Fue medida a 4 profundidades 0,0-0,05 m; 0,05 - 0,1 m; 0,1 - 0,15 m; 0,15 - 0,20 m
el resto de variables a dos profundidades 0-0,10 m; 0,10 - 0,20 m.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Propiedades físicas del suelo

Los sistemas de combate de plagas no afectaron significativamente las propiedades físicas del suelo, por lo que la discusión estará enfocada en el efecto que sobre estas últimas, tienen los sistemas de labranza y manejo de residuos.

4.1.1 Resistencia del suelo a la penetración

a) A través del ciclo de cultivo

El análisis combinado de los tres muestreos (Cuadro 11) mostró diferencias significativas (1 %) entre los sistemas de labranza y manejo de residuos, en las diferentes profundidades, excepto a la profundidad de 0,10 - 0,15 m.

En la capa superficial (0,10 m), el efecto de la labranza es notorio, encontrándose valores de resistencia a la penetración menores en las parcelas aradas (Cuadro 12), a través de todo el ciclo del cultivo, lo cual es uno de los objetivos de la preparación del suelo (6, 8, 30, 39).

Dentro de las parcelas no aradas los mayores valores se encontraron en el tratamiento sin residuos; siendo más notorio en los 0,05 m superficiales, donde los valores son estadísticamente diferentes (Cuadro 12), y que demuestra la importancia de los residuos usados como cobertura,

Cuadro 11. Estadísticos obtenidos para resistencia a la penetración (bares), incluyendo las tres épocas de muestreo. Parcelas divididas, bloques completos al azar. Turrialba, Costa Rica, mayo a octubre de 1984.

Estadístico	Profundidad (m)		
	0,0 - 0,05	0,05 - 0,10	0,10 - 0,15
F (Labranza)	24,88 **	4,81 **	1,91 N.S
F (Insecticida)	0,42 N.S	0,15 N.S	0,85 N.S
F (L X I)	4,16 **	1,61 N.S	1,45 N.S
P (Humedad)	3,92 N.S	1,88 N.S	0,88 N.S
Media ^{1/}	8,68	10,06	10,33
C.V. (%)	12,83	15,67	13,99
			12,83 **
			2,31 N.S.
			0,41 N.S
			6,29 *
			12,48
			13,84

1/ Valores en bares, X 10² K pa.

** Significativo al 1 % de probabilidad.

* Significativo al 5 % de probabilidad.

N.S No significativo

Cuadro 12. Resistencia a la penetración (bares)^{1/}. Evaluada bajo diferentes sistemas de Labranza y Manejo de Residuos a cuatro profundidades, incluyendo las tres épocas de muestreo. Turrialba, Costa Rica, mayo a octubre de 1984.

Tratamiento	Profundidad (m)				0,15 - 0,20
	0,0 - 0,05	0,05 - 0,1	0,1 - 0,15	0,15 - 0,20	
1. ARSS	7,02 e	8,95 c	10,00 b	14,64 a ^{2/}	
2. ASR	7,48 de	9,58 bc	10,77 ab	13,80 a	
3. ARI	7,08 e	8,95 c	9,81 b	14,40 a	
4. ACE	8,39 cd	9,80 bc	9,83 b	11,76 b	
5. NASR	11,43 a	11,19 a	10,57 ab	11,42 b	
6. NARSS	9,29 bc	10,37 ab	9,93 b	9,83 c	
7. NACE	10,08 b	11,60 a	11,40 a	11,49 b	

^{1/} Valores en bares, en K Pa valores presentados X 10²

^{2/} Valores de tratamientos seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes. Prueba "t".
(Cuadros 14a - 17a).

para la conservación de las buenas condiciones estructurales de los suelos mantenidos bajo no laboreo (59), protegiéndolos contra el impacto de las gotas de lluvia, y el efecto de compactación por pisoteo (9, 38, 39).

Entre las parcelas aradas, aunque no se encontraron diferencias estadísticas (Cuadro 12), en los 0,10 m superficiales los mayores valores de resistencia a la penetración correspondieron a los tratamientos sin residuos sobre la superficie, lo que como se mencionó anteriormente, se debe a la falta de residuos usados como cobertura.

En la porción de los 0,10 m superficiales el tratamiento arado con cañas erectas, presenta valores intermedios entre los tratamientos sin arar y el resto de tratamientos que incluyen aradura. Para poder mantener las cañas de maíz del ciclo anterior erectas, la faja roturada para cada ciclo de siembra es alternada, por lo que el suelo no está sometido a un laboreo continuo.

A la profundidad de 0,15 - 0,20 m (Cuadro 12), a excepción del tratamiento arado más cañas erectas, los mayores valores de resistencia a la penetración son encontrados en las parcelas que son roturadas para la siembra. Esto podría ser explicado por la presencia de una capa de mayor resistencia a la penetración como fue encontrado por Ehlers et al (30), la cual es formada por el paso de maquinaria, o el efecto de arar siempre a la misma profundidad. Los valores encontrados son mayores que los límites aceptables para un buen crecimiento de las raíces (38), por lo que podrían afectar el buen desarrollo del cultivo.

a) Muestreo I

Este muestreo fue realizado antes que las parcelas fueran preparadas para la siembra. Los valores encontrados en los primeros 0,15 m superficiales no mostraron diferencias significativas entre los diferentes sistemas de labranza y manejo de residuos (Cuadro 13). Sin embargo, existe la tendencia a encontrar mayores valores de resistencia a la penetración en las parcelas aradas (Cuadro 14).

Lo anterior puede deberse a un efecto de compactación causado por el paso del tractor, y las herramientas de labranza (6, 8, 39), por lo que para un buen desarrollo del cultivo se hace necesario la roturación del suelo.

De 0,15 - 0,20 m, se encontraron valores de resistencia a la penetración estadísticamente diferentes (Cuadro 13). A excepción del tratamiento arado con cañas erectas los mayores valores de resistencia a la penetración son encontrados en las parcelas que son roturadas para la siembra (Cuadro 14). Lo que como se mencionó anteriormente puede ser provocado por el paso de maquinaria, o el efecto de arar a la misma profundidad.

b) Muestreo II

En la segunda época de muestreo (30 días después de la siembra), el efecto de la labranza es notorio en los primeros 0,10 m superficiales encontrándose valores de resistencia a la penetración estadísticamente di-

Cuadro 13. Estadísticos obtenidos para resistencia a la penetración (bares). Parcelas divididas, bloques completos al azar. Muestreo ^{1/}. Turrialba, Costa Rica, mayo a octubre de 1984.

Estadístico	Profundidad			
	0,0 - 0,5 m	0,05 - 0,10 m	0,10 - 0,15 m	0,15 - 0,20 m
F (Labranza)	1,34 ns	0,61 ns	3,34 ns	6,56 *
F (Insecticida)	0,01 ns	2,86 ns	0,58 ns	0,09 ns
F (L x I)	3,10 ns	1,27 ns	2,59 ns	0,49 ns
Media ^{2/}	9,96	11,58	10,92	12,84
C. V. (%)	16,92	16,94	14,01	12,72

^{1/} Muestreo realizado antes que las parcelas aradas fueran roturadas para la presente siembra.

^{2/} Valores en bares, x 10² Kpa

** Significativo al 1 % de probabilidad

* significativo al 5 % de probabilidad

ns no significativo

Cuadro 14. Resistencia a la penetración (bares)^{1/}, evaluada bajo diferentes sistemas de labranza y manejo de residuos, y cuatro profundidades. Muestreo I ^{2/}. Turrialba, Costa Rica, mayo a octubre de 1984.

Tratamientos	Profundidad (m)		
	0,0 - 0,05	0,05 - 0,1	0,1 - 0,15
1. ARSS	9,21 a ^{3/}	11,80 a	11,36 ab
2. ASR	9,81 a	13,65 a	11,97 ab
3. ARI	10,48 a	12,70 a	12,34 a
4. ACE	10,18 a	10,33 a	9,95 ab
5. NASR	11,22 a	11,69 a	10,52 ab
6. NARSS	9,09 a	10,02 a	9,57 b
7. NACE	9,75 a	10,89 a	10,72 ab
			16,17 a
			14,62 a
			15,80 a
			10,79 b
			11,29 b
			10,72 b
			10,46 b

^{1/} Valores presentados en bares, en K Pa valores presentados X 10²

^{2/} Muestreo I. Muestreo antes de que las parcelas fueran preparadas para la presente siembra

^{3/} Valores de tratamientos seguidos por la misma letra no son estadísticamente significativos.

Prueba de "t" (Cuadro 18a)

ferentes (Cuadro 15), y menores para las parcelas aradas (Cuadro 16), lo cual es uno de los objetivos de la labranza.

A la profundidad de 0,15 - 0,20 m, al igual que en el muestreo anterior los mayores valores de resistencia a la penetración corresponden a las parcelas que son roturadas con arado de discos. Lo cual se debe a que la aradura no fué lo suficiente profunda para alcanzar la capa de mayor resistencia a la penetración que se encuentra a esta profundidad.

c) Muestreo III

Fue realizado 65 días después de la siembra, se encontraron diferencias estadísticas a todas las profundidades (Cuadro 17). El efecto de la aradura es mantenido en los 0,10 m superficiales, encontrándose valores de resistencia a la penetración menores para las parcelas aradas (Cuadro 18).

A la profundidad de 0,15 - 0,20 m, las parcelas aradas (excepto arado con cañas erectar) continúan manteniendo los mayores valores (Cuadro 18).

4.1.2 Densidad aparente del suelo

No mostró diferencias estadísticas entre tratamientos para los diferentes muestreos y profundidades (Cuadro 19) lo cual coincide con los resultados encontrados por otros investigadores que trabajaron en similares condiciones (6, 23, 103), y que demuestra la poca sensibilidad de

Cuadro 15. Estadísticos obtenidos para resistencia a la penetración (bares). Parcelas divididas, bloques completos al azar. Muestreo II-^{1/}. Turrialba, Costa Rica, mayo a octubre de 1984.

Estadístico	Profundidad (m)			
	0,0 - 0,05 m	0,05 - 0,10 m	0,10 - 0,15 m	0,15 - 0,20 m
F (Labranza)	36,16 **	15,71 **	3,05 ns	2,80 ns
F (Insecticida)	0,61 ns	4,31 ns	0,24 ns	3,40 ns
F (L x I)	2,83 ns	0,61 ns	0,20 ns	0,41 ns
Media ^{2/}	7,59	9,31	10,22	13,28
C. V. (%)	9,19	16,01	18,76	13,50

^{1/} Muestreo realizado en la época de más rápido crecimiento del cultivo 30 días después de la siembra

^{2/} Valores en bares, x 10² Kpa

** Altamente significativo al 1 % de probabilidad

* Significativo al 5 % de probabilidad

ns no significativo

Cuadro 16 . Resistencia a la penetración (bares)^{1/}, Evaluada bajo diferentes sistemas de labranza y manejo de residuos, y cuatro profundidades. Epoca II ^{2/}. Turrialba, Costa Rica, mayo a octubre de 1984.

Tratamiento	Profundidad (m)			
	0,0 - 0,05	0,05 - 0,1	0,1 - 0,15	0,15 - 0,20
1. ARSS	5,25 d	6,48 c	8,66 b	15,31 ab
2. ASR	5,48 d	7,30 c	10,17 ab	14,81 ab
3. ARI	4,60 e	7,73 bc	8,92 ab	15,55 a ^{3/}
4. ACE	7,77 c	10,30 abc	9,27 ab	12,11 b
5. NASR	11,83 a	10,44 ab	10,71 ab	13,31 ab
6. NARSS	8,52 bc	10,13 abc	11,35 ab	9,32 c
7. NACE	9,67 b	12,78 a	12,46 a	12,53 ab

^{1/} Valores presentados en bares, en K Pa valores presentados X 10²

^{2/} Epoca 2. Muestreo realizado en la época de más rápido crecimiento del cultivo, 30 días después de la siembra.

^{3/} Valores de tratamiento seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes. Prueba de "t" (Cuadros 19a - 21a).

Cuadro 17. Estadísticos obtenidos para resistencia a la penetración (bares), parcelas divididas, bloques completos al azar. Muestreo III ^{1/}. Turrialba, Costa Rica, mayo a octubre de 1984.

Estadístico	Profundidad (m)			
	0,0 - 0,05 m	0,05 - 0,10 m	0,10 - 0,15 m	0,15 - 0,20 m
F (Labranza)	10,56 **	32,69 **	4,82 *	13,66 **
F (Insecticida)	0,26 ns	2,93 ns	0,41 ns	2,13 ns
F (L x I)	4,88 *	3,09 ns	0,69 ns	1,21 ns
Media	8,50	9,30	9,85	11,32
C. V. (%)	6,87	7,11	10,83	7,59

^{1/} Muestreo realizado al momento de floración del cultivo

** significativo al 1 % de probabilidad

* Significativo al 5 % de probabilidad

ns no significativo

Cuadro 18. Resistencia a la penetración (bares)^{1/}. Evaluada bajo diferentes sistemas de Labranza y Manejo de residuos, y cuatro profundidades. Epoca III ^{2/}. Turrialba, Costa Rica, mayo a octubre de 1984.

Prod. (m)	0,0 - 0,05	0,05 - 0,10	0,10 - 0,15	0,15 - 0,20
1. ARSS	6,63 d	8,60 cd	10,30 ab	12,72 a ^{3/}
2. ASR	7,13 cd	7,92 d	9,87 ab	12,06 a
3. ARI	6,05 d	6,53 e	7,86 b	11,29 ab
4. ACE	7,64 c	9,55 bc	10,38 ab	12,49 a
5. NASR	11,12 a	10,96 a	10,32 ab	9,70 b
6. NARSS	10,11 b	10,39 ab	9,28 ab	9,58 b
7. NACE	10,79 ab	11,15 a	10,92 a	11,39 a

1/ Valores presentados en bares, en K Pa valores presentados X 10².

2/ Epoca III. Muestreo hecho en el momento de floración del cultivo

3/ Valores de tratamiento seguido por la misma letra no son estadísticamente diferentes. Prueba de "t"
(Cuadros 22a - 24a).

esta propiedad como índice de deterioro estructural al no presentarse . condiciones extremas de compactación (38).

Los valores de densidad aparente fueron ligeramente mayores en las parcelas de no laboreo, existiendo la tendencia general de ser iguales a 1 Mg m^{-3} (Cuadro 20).

4.1.3 Conductividad hidráulica del suelo

No se encontraron diferencias significativas (Cuadro 21) en el primero y segundo muestreo. Sin embargo, se observa una tendencia de encontrar menores valores en las parcelas aradas especialmente a la profundidad de 0,10 - 0,20 m (Cuadros 22 y 23) lo que puede deberse a la presencia de una capa de menor permeabilidad, a esta profundidad o una menor presencia y continuidad de macroporos (76, 77), especialmente abajo de la capa arada (26, 29, 56, 73).

En el tercer muestreo se encontraron diferencias estadísticas para las dos profundidades (Cuadro 22), encontrándose mayores valores de conductividad para las parcelas no aradas. Lo anterior es más notorio en la ^{GR}porción de 0,10 - 0,20 m, donde las parcelas aradas presentaron valores clasificados, dentro del rango de conductividad hidráulica lenta (37), que como anteriormente se mencionó se debe a una menor presencia y continuidad de los poros de transmisión en esta porción del suelo, que se encuentra abajo de la capa sujeta a la aradura.

Cuadro 19 . Estadísticos obtenidos para densidad aparente (Mg m^{-3}), a dos profundidades, en tres épocas de muestro, Parcelas divididas, Turrialba, Costa Rica, mayo a octubre de 1984.

Estadístico	Muestreo I $\frac{1}{-}$		Muestreo II		Muestreo III	
	0,0 - 0,1 m	0,1 - 0,2 m	0,0 - 0,1 m	0,0 - 0,2 m	0,0 - 0,1 m	0,1 - 0,2 m
F (Labranza)	1,11 N.S	2,12 N.S	0,21 N.S	2,28 N.S	0,11 N.S	1,60 N.S
F (Insect.)	0,51 N.S	3,25 N.S	0,56 N.S	2,37 N.S	1,26 N.S	0,01 N.S
F (L X I)	0,26	2,52 N.S	1,53 N.S	5,03 *	1,63 N.S	0,72 N.S
Media Mg m^{-3}	0,98	0,95	0,98	0,96	0,95	0,97
C.V. (%)	4,83	4,77	4,54	2,74	5,60	3,81

** Significativo al 1 % de probabilidad

* Significativo al 5 % de probabilidad

N.S No significativo

Cuadro 20 . Valores de densidad aparente, a dos profundidades, en tres épocas de muestreo. Evaluada bajo diferentes sistemas de labranza y manejo de residuos. Turrialba, Costa Rica, mayo a octubre de 1984.

Tratamiento	Densidad aparente Mg m ⁻³						
	Muestreo I ^{1/} 0,0 - 0,1 m	Muestreo I ^{1/} 0,1 - 0,2 m	Muestreo I ^{1/} 2/ 0,1 - 0,2 m	Muestreo II 0,0 - 0,1 m	Muestreo II 0,1 - 0,2 m	Muestreo III 0,0 - 0,1 m	Muestreo III 0,1 - 0,2 m
1. ARSS	0,96	0,87		0,91	0,95	0,98	1,01
2. ASR	0,98	0,93		0,99	0,99	0,93	0,98
3. ARI	0,97	0,97		1,00	1,00	0,89	0,99
4. ACE	0,94	0,92		0,96	0,93	0,93	0,95
5. NASR	0,95	0,94		0,97	0,93	0,96	0,93
6. NARSS	1,01	0,99		0,94	0,92	0,98	0,99
7. NACE	1,03	0,99		1,03	0,97	0,99	0,98

1/ Epocas de muestreo; antes de la siembra, época de mayor crecimiento y floración del cultivo.

2/ Profundidad de muestreo (m).

Cuadro 21. Estadísticos obtenidos para conductividad hidráulica. Parcelas divididas, bloques completos al azar, Turrialba, Costa Rica, mayo a octubre de 1984.

Estadístico	Muestreo I			Muestreo II			Muestreo III		
	0,0 - 0,1 m	0,1 - 0,2 m	0,0 - 0,1 m	0,1 - 0,2 m	0,0 - 0,1 m	0,1 - 0,2 m	0,0 - 0,1 m	0,1 - 0,2 m	0,0 - 0,1 m
F (Labranza)	0,82 N.S	2,23 N.S	0,53 N.S	3,11 N.S	6,71 *	1136,66 **			
F (Insecticida)	0,86 N.S	0,01 N.S	0,91 N.S	1,36 N.S	0,01 N.S	0,00 N.S			
F (L x I)	0,50 N.S	0,41 N.S	0,89 N.S	0,18 N.S	1,34 N.S	0,15 N.S			
Media $\text{cm}^3 \text{h}^{-1}$	17,45	11,13	8,85	5,58	5,44	3,58			
C. V. (%)	30,54	87,42	71,80	78,06	93,46	161,91			

** Significativo al 1 % de probabilidad

* Significativo al 5 % de probabilidad

N.S No significativo

Cuadro 22. Conductividad hidráulica ($\text{Cm}^3 \text{h}^{-1}$) evaluada bajo diferentes sistemas de Labranza y Manejo de Residuos y dos profundidades en tres épocas de muestreo. Turrialba, Costa Rica, mayo de 1984.

Tratamiento	Muestreo I			Muestreo II			Muestreo III ^{3/}		
	0,0 - 0,1 m ^{2/}	0,1 - 0,2 m	0,0 - 0,1 m	0,1 - 0,2 m	0,0 - 0,1 m	0,1 - 0,2 m	0,0 - 0,1 m	0,1 - 0,2 m	0,1 - 0,2 m
1. ARSS	13,79 a	5,24 b	6,41 a	3,62 bc	3,94 bc	0,44 d			
2. ASR	17,55 a	9,48 b	10,56 a	1,55 c	1,27 c	0,26 d			
3. ARI	18,36 a ^{1/}	13,30 ab	11,39 a	3,86 bc	1,32 c	0,27 d			
4. ACE	16,05 a	7,19 b	9,47 a	11,08 a	9,75 a	9,55 b			
5. NASR	14,04 a	13,81 ab	8,00 a	4,60 abc	10,23 a	11,18 a			
6. NARSS	23,19 a	22,28 a	8,51 a	5,85 ab	7,73 ab	1,79 c			
7. NACE	17,21 a	9,42 b	7,62 a	9,47 ab	3,83 bc	1,57 c			

^{1/} Valores de tratamiento seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes. Duncan 5 %.

^{2/} Profundidad (m).

^{3/} Epocas de muestreo; antes de la siembra, época de mayor crecimiento y floración del cultivo.

Cuadro 23 . Conductividad hidráulica ($\text{Cm}^3 \text{h}^{-1}$). Evaluada bajo diferentes sistemas de Labranza y Manejo y Residuos a dos profundidades incluyendo las tres épocas de muestreo. Turrialba, Costa Rica. Mayo de 1984.

Tratamiento	Profundidad (m)	
	0,0 - 0,1 m	0,1 - 0,2 m
1. ARSS	6,90 b	3,10 b
2. ASR	9,09 ab	3,76 b
3. ARI	9,77 ab ^{1/}	5,81 ab
4. ACE	11,76 a	9,27 a
5. NASR	10,76 ab	9,86 a
6. NARSS	13,14 a	8,85 a
7. NACE	9,56 ab	6,58 ab

^{1/} Valores de tratamiento seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes. Duncan al 5 % de probabilidad.

4.1.4 Humedad del suelo

a) Humedad gravimétrica

No se encontraron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos (Cuadros 2a, 3a). Es importante observar que al menos en las fechas de muestreo no existió déficit de humedad en el suelo (Cuadros 4a, 5a), ya que los valores están alrededor de la capacidad de campo, lo cual podría explicar el porque no se presentaron diferencias, como las encontradas por otros investigadores (18, 78).

b) Curvas de retención de humedad

La influencia de los sistemas de manejo de suelo, y residuos no mostró un efecto significativo sobre las características de retención de agua del suelo (Cuadros 6a, 7a), aunque se muestra tendencia de una mayor capacidad de retención para las parcelas no aradas especialmente a succiones menores de un bar (Cuadros 8a - 13a).

La capacidad de retención de agua de un suelo está determinada por la geometría del espacio poroso, que es modificado por las labores de labranza (56), pero debido a que la compactación de la capa de suelo de donde fueron sacadas las muestras no es notorio, las diferencias encontradas son mínimas.

4.1.5 Temperatura del suelo

La temperatura en los estratos superiores del suelo medida a 0,05 y 0,20 m fue influenciada tanto por el método de laboreo, como el manejo de residuos. Sin embargo la mayor influencia la ejerció el manejo de residuos, lo cual ha sido encontrado por otros investigadores (57, 58, 70). Las mayores diferencias fueron encontradas a la 1 pm, a la profundidad de 0,05 m. Durante el mes de junio, el tratamiento arado sin residuos (ASR) presentó las temperaturas más altas (Figura 1). Las temperaturas en las parcelas aradas con residuos sobre el suelo fueron 2°C más bajas que las obtenidas en las parcelas sin residuos (Cuadro 25a).

La temperatura de las parcelas sin arar mostró una tendencia similar que las aradas, solamente que la diferencia entre las temperaturas de las parcelas sin residuos y aquellas con residuos fue mayor (4°C), cuando la temperatura ambiental fue alta (Cuadro 25a, Figura 1).

Durante el mes de julio la diferencia de temperatura entre las parcelas no se mantuvo de manera apreciable (Figura 2), lo cual pudo deberse al efecto de cobertura dado por el mayor desarrollo en el follaje del maíz. La diferencia de temperatura entre las parcelas aradas con residuos y sin residuos disminuyó, siendo solamente 1°C. En este mes las parcelas no aradas sin residuos mostraron las mayores temperaturas (Cuadro 26a) lo cual podría deberse a la mayor densidad aparente de estas parcelas, que ocasiona una menor porosidad, y por lo tanto un menor calor específico y capacidad de conducir calor (6, 42, 101).

Para ambos meses, las lecturas tomadas a las 1 p.m., a 0,20 m

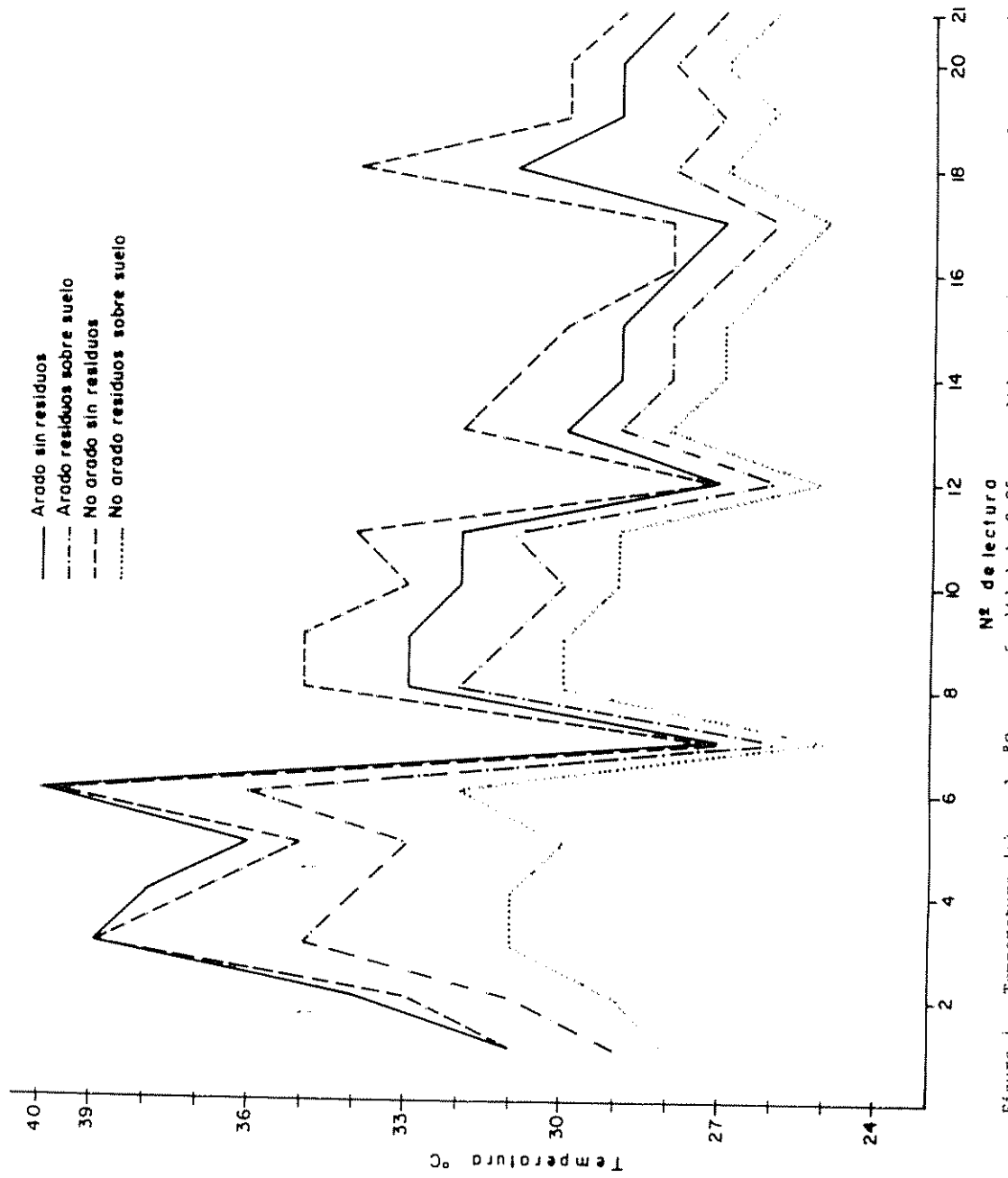


Figura 1. Temperatura del suelo °C, a profundidad de 0,05 m, medida a la 1 p.m. en parcelas sometidas a diferentes sistemas de labranza y manejo de residuos. Turrialba, Costa Rica, Junio de 1984.

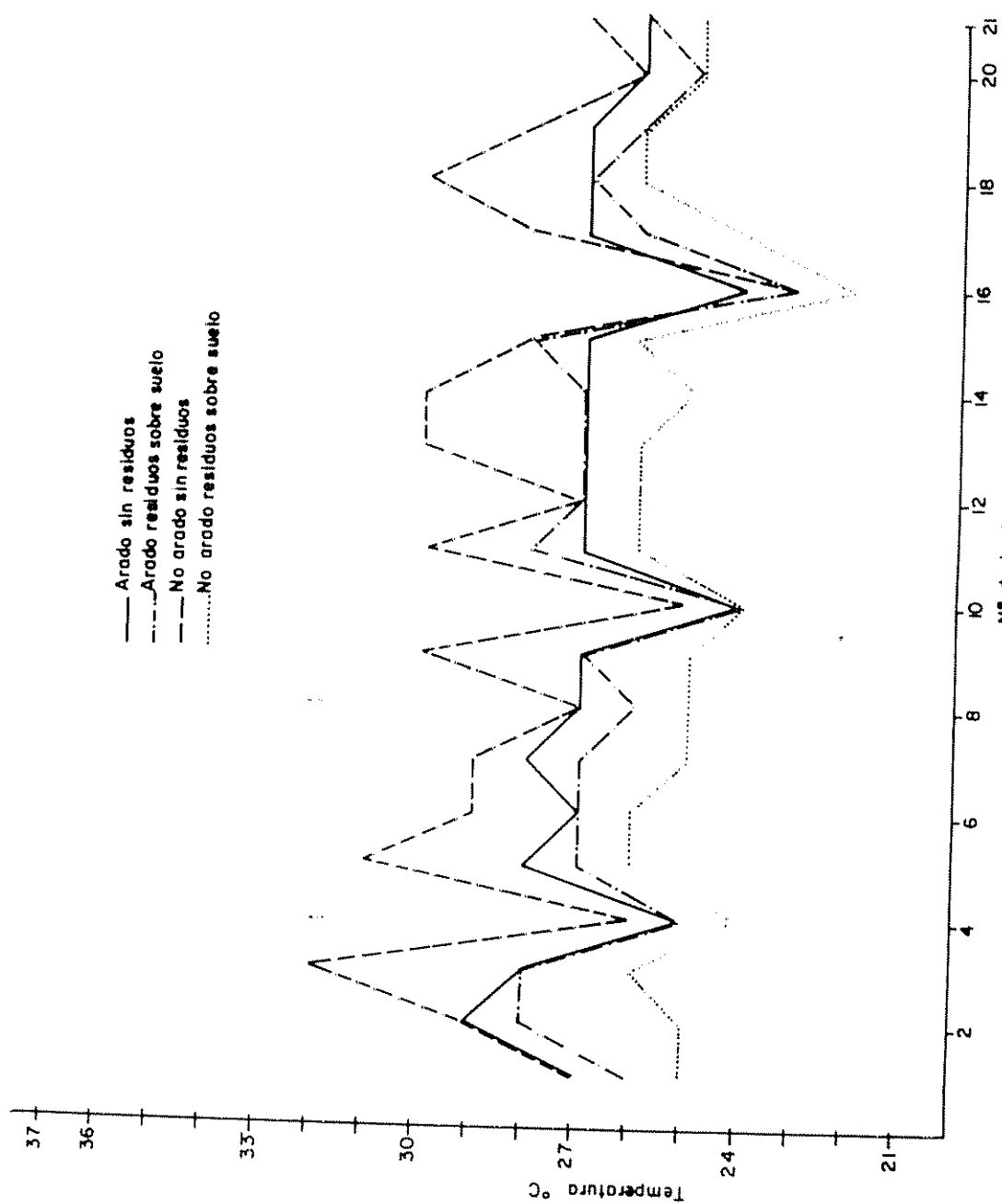


Figura 2. Temperatura del suelo °C, a profundidad de 0,05 m, medida a la 1 P.M. en parcelas sometidas a diferentes sistemas de labranza y manejo de residuos. Turrialba, Costa Rica. Julio de 1984.

de profundidad, y las temperaturas a las 7 a.m. a ambas profundidades no fueron muy diferentes aunque mostraron una tendencia similar.

Para el mes de agosto, las diferencias en temperatura fueron mínimas, para ambas profundidades, y horas de lectura. Lo anterior, fue debido al completo desarrollo alcanzado por follaje del cultivo.

Las temperaturas del suelo más bajas encontradas en parcelas de no laboreo puede ser una seria desventaja en regiones templadas, donde el calentamiento del suelo es lento (13), pero es una ventaja definitiva para ambientes tropicales donde las temperaturas del suelo son mayores que el óptimo requerido para el buen desarrollo de los cultivos (58,64).

Además de lo anterior, el régimen de temperatura más favorable encontrado en las parcelas de no laboreo puede tener un efecto beneficioso a largo plazo, como ser disminuir la tasa de descomposición de materia orgánica que es bastante rápida en el ambiente tropical.

4.2 Rendimiento de grano y otras características agronómicas

4.2.1 Rendimiento

El rendimiento de grano fue afectado por ambos factores en estudio, sistemas de labranza y manejo de residuos, y combate de plagas (Cuadro 24). Los mejores rendimientos fueron obtenidos con el tratamiento arado con cañas erectas; y los más bajos con los tratamientos NACE, ASR, ARSS (Cuadro 25). Para los sistemas de combate de plagas los mayores rendimientos ($4,0 \text{ Tn ha}^{-1}$) fueron obtenidos con la aplicación de car-

Cuadro 24. Estadísticos obtenidos para rendimiento y otras características agronómicas, Parcelas divididas, bloques completos al azar, Turrialba, Costa Rica, mayo a octubre de 1984.

Estadístico	Rendimiento de grano tn ha ⁻¹	Plantas cosechadas p1/24 m ²	Mazorcas cosechadas Maz/24 m ²	Altura de planta (m)	Acame de raíz (%)	Población de plantas	
						10 DDS	p1/24 m ² 40 DDS 1/
F (Labranza)	2,86 *	3,77 **	1,37 N.S	1,93 N.S	8,80 **	1,61 N.S	4,93 **
F (Insect.)	44,78 **	16,02 **	18,91 **	58,54 **	57,09 **	0,97 N.S	0,88 N.S
F (L X I)	0,94 N.S	1,13 N.S	1,22 N.S	0,70 N.S	2,93 **	0,95 N.S	1,81 N.S
Media	3,52	110,95	96,67	2,22	22,63	128,33	123,11
C.V. (%)	10,49	7,98	8,48	5,49	48,85	4,60	4,57

1/ Días después de la siembra

** Significativo al 1 % de probabilidad

* Significativo al 5 % de probabilidad

N.S No significativo

Cuadro 25. Rendimiento de grano en kilogramos por hectárea de maíz y otras características agronómicas, evaluadas bajo diferentes sistemas de labranza y manejo de residuos. Turrialba, Costa Rica, mayo a octubre de 1984.

Tratamiento	Rendimiento Tn ha ⁻¹	Plantas cosechadas pl/24 m ²	Mazorcas cosechadas Maz/24 m ²	Altura de planta ^{3/} (m)	Acame de raíz (%)	Población de plantas pl/24 m ² 10 DDS ^{2/} 40 DDS
1. ARSS	3,38 b	114,75 ab	97,42 ab	2,19 b	35,60 a	131,42 a 128,85 a
2. ASR	3,38 b	120,92 a	98,92 ab	2,21 b	31,45 a	131,92 a 130,83 a
3. ARI	3,61 ab ^{1/}	105,50 bc	96,67 ab	2,20 b	39,30 a	125,25 a 122,67 ab
4. ACE	3,84 a	115,33 ab	102,0 a	2,32 a	13,08 b	126,92 a 124,42 a
5. NASR	3,66 ab	114,83 ab	99,83 ab	2,24 ab	5,12 b	129,00 a 124,58 a
6. NARSS	3,48 ab	105,17 bc	93,08 ab	2,17 b	16,38 b	128,25 a 115,67 b
7. NACE	3,28 b	100,17 c	88,75 b	2,22 ab	17,48 b	125,58 a 115,25 b

^{1/} Tratamientos seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes. Duncan, al 5 % de probabilidad.

^{2/} Días después de la siembra

^{3/} Epoca de floración.

bofuran al suelo, y los más bajos (3,08 Tn ha⁻¹) con el tratamiento sin control (Cuadro 26).

Los mayores rendimientos para el tratamiento arado con cañas erectas (ACE), pueden ser debidos a las mejores condiciones físicas del suelo producidas por el sistema de manejo; ya que la faja arada se alterna en cada ciclo de siembra, permitiendo un buen desarrollo radical del cultivo, como lo muestra el bajo porcentaje de acame (13 %), mayor altura (2,32 m), y el mayor número de mazorcas cosechadas (Cuadro 25).

Debido a las bajas poblaciones de insectos de suelo observadas en este ciclo de siembra; y las bajas poblaciones de nematodos^{1/}, los mayores rendimientos registrados para el subtratamiento, aplicación de carbofuran al suelo pueden deberse a un efecto de ese producto con regulador de crecimiento.

4.2.2 Población de plantas

La población Inicial, no se ve afectada por los tratamientos y subtratamientos, como lo muestra la población 10 días después de la siembra (Cuadro 24). A los 40 días después de la siembra, se presentaron diferencias de población estadísticamente significativas, entre tratamientos (Cuadro 24). Los tratamientos no arados y el tratamiento arado con cañas erectas presentaron las más bajas poblaciones (Cuadro 25). Lo anterior podría explicarse debido al ambiente menos favorable a la penetración de

^{1/} Saunders, J. Comunicación personal. CATIE, Turrialba, Costa Rica, 1985.

Cuadro 26. Rendimiento de grano de maíz ($Tn\ ha^{-1}$) y otras características agronómicas evaluadas bajo diferentes manejos de plagas. Turrialba, Costa Rica, mayo a octubre de 1985.

Sub-Trat.	Rendimiento $Tn\ ha^{-1}$	Plantas		Mazorcas Cosechadas maz/24 m^2	Altura de planta (m) $\frac{3}{/}$	Acame de raíz (%)	Población de plantas	
		Cosechadas pl/24 m^2	Cosechadas maz/24 m^2				10 DDS	40 DDS $\frac{2}{/}$
1. Insect. al suelo	4,01 a $\frac{1}{/}$	116,93 a	103,79 a	2,42 a	5,81 c	128,89 a	122,22 a	
2. Insecticida al follaje	3,48 b	112,21 a	95,82 b	2,16 b	26,91 b	129,04 a	124,21 a	
3. Sin control	3,08 c	103,71 b	90,39 c	2,08 c	35,16 a	127,07 a	122,29 a	

$\frac{1}{/}$ Tratamientos seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes. Duncan al 5 % de probabilidad.

$\frac{2}{/}$ Días después de la siembra

$\frac{3}{/}$ Epoca de floración.

las raíces (mayor resistencia) que presentan estos tratamientos en los 0,10 m superficiales (Cuadros 15 y 16).

Al momento de la cosecha, la población fue afectada tanto por los tratamientos como subtratamientos (Cuadro 24), el menor número de plantas por parcela (24 m^2) fue observado en los tratamientos NACE, NARSS, ARI (Cuadro 25). Para los subtratamientos el menor número de plantas se encontró en las parcelas sin control, los subtratamientos insecticida al suelo e insecticida al follaje no presentaron diferencias significativas entre sí (Cuadro 26).

4.2.3 Mazorcas cosechadas

Presentó diferencias estadísticas para los subtratamientos (Cuadro 24). El mayor número de mazorcas fue encontrado en las parcelas donde se aplicó insecticida al suelo ($104 \text{ maz./}24 \text{ m}^2$). Lo anterior puede ser explicado por el mayor número de plantas cosechadas ($117 \text{ plantas/}24 \text{ m}^2$) y el menor porcentaje de acame (5,81 %) presentado por este tratamiento, los coeficientes de correlación (r) de estas variables respecto al número de mazorcas cosechadas son de 0,61 y -0,41 respectivamente.

4.2.4 Acame de raíz

El acame de raíz, presentó diferencias significativas para tratamientos y subtratamientos, y la interacción de ambos factores (Cuadro 24). Los mayores porcentajes de acame de raíz fueron registrados en las

parcelas aradas, a excepción del tratamiento arado más cañas erectas que presenta un comportamiento similar a los tratamientos no arados (Cuadro 25).

El mayor porcentaje de acame, podría deberse a que las parcelas aradas poseen una capa de suelo más suelto en los 0,10 m superficiales, que no brinda el suficiente soporte al sistema radical, como lo muestran el coeficiente de correlación negativa, encontrados entre resistencia del suelo a la penetración y acame de raíz ($r = -0,50$) en la porción de suelo de 0,0 - 0,05 m en el tercer muestreo.

Además, las parcelas aradas poseen de 0,15 - 0,20 m una capa de suelo con altos valores de resistencia a la penetración, que en muchos casos son mayores de 1.300 kpa que es límite superior aceptable para el buen desarrollo de las raíces (38). Ehlers *et al* (30), encontraron que existe una mayor densidad de enraizamiento en las parcelas aradas, en la capa sujeta a la labranza, abajo de esta capa y a la misma profundidad, la densidad de raíces fue mayor en las parcelas no aradas donde la actividad de lombrices de tierra y raíces de cultivos precedentes formaron un continuo sistema de poros.

Para los subtratamientos, combate de plagas (Cuadro 26) los más altos porcentajes de acame de raíz fueron observados en el sistema sin control (35 %), y los más bajos valores en el sistema aplicación de insecticida al suelo (5,81 %); lo cual como se mencionó anteriormente podría deberse a un efecto del carbofuran como estimulador de crecimiento.

En el campo se observó un mayor porcentaje de acame de raíz en las plantas con menor altura, que es corroborado por la correlación nega-

tiva ($r = -0,56$) existente entre estas variables, la cual podría ser explicado por un menor desarrollo general de las plantas con menor altura, y que vendría a poner de manifiesto el efecto del carbofuran como estimulador de crecimiento; ya que las plantas más bajas, y el mayor porcentaje de acame de raíz se presentaron en los tratamientos en los cuales no fue aplicado este producto.

En el Cuadro 27 puede observarse que el aumento del porcentaje de acame por la ausencia de carbofuran es más pronunciado en las parcelas aradas (excepto el tratamiento arado más cañas erectas), lo cual puede deberse a un pobre desarrollo radical y falta de soporte dado por las parcelas aradas en las que no fue aplicado carbofuran.

Cuadro 27. Acame de raíz (%) evaluado bajo diferentes sistemas de labranza y manejo de residuos, y diferentes sistemas de combate de plagas. Turrialba, Costa Rica, mayo a octubre de 1984.

Manejo de suelo y residuos	Combate de plagas			
	Suelo	Follaje	Sin control	\bar{X}
ARSS	8,87	46,20	51,72	35,60
ASR	9,03	34,74	50,58	31,45
ARI	9,66	45,41	62,80	39,29
ACE	1,66	15,80	21,76	13,07
NARS	1,72	8,89	4,72	5,11
NARSS	2,46	18,21	28,46	16,38
NACE	7,24	19,11	26,09	17,48

4.3 Efecto sobre la población de insectos y su actividad

En el período en que fue realizado el experimento hubo una baja incidencia de insectos en la zona experimental. La población de insectos del follaje se vio afectada principalmente por los sistemas de combate de plagas (Cuadro 28).

El porcentaje de plantas atacadas por cogollero tendió a ser menor para el subtratamiento sin control (Cuadro 29) lo cual podría deberse al menor atractivo visual que para los insectos presentaban plantas con menor vigor.

La severidad del ataque de *Diabrotica* spp. a los 7 días después de la siembra fue menor para el subtratamiento insecticida al suelo, pero a los 15 días después de la siembra presentó los más altos porcentajes de ataque (Cuadro 29).

La población de insectos del suelo, larvas de *Cytromenus* spp., *Diabrotica* spp y *Phyllophaga* spp., fue baja, y no presentó diferencias significativas entre los diferentes tratamientos y subtratamientos.

Cuadro 28. Estadísticos obtenidos para incidencia de insectos, registrados en un cultivo de maíz, evaluado bajo diferentes sistemas de labranza y manejo de residuos; y sistemas de combate de insectos. Parcelas divididas. Bloques completos al azar, Turrialba, Costa Rica, mayo a octubre de 1984.

Estadístico	% Cogollero		% Cogollero		% Diabrotica		% Diabrotica	
	30 D.D.S. ^{1/}	40 D.D.S	50 D.D.S	50 D.D.S	7 D.D.S	7 D.D.S	14 D.D.S.	14 D.D.S.
F (Labranza)	3,27 *	1,52 N.S	10,53 **	2,09 N.S	2,21 N.S			
F (Insect.)	6,66 **	17,55 **	4,40 *	24,60 **	5,03 **			
F (L X I)	2,16 *	1,70 N.S	1,78 N.S	1,31 N.S	0,31 N.S			
Media	2,69	7,30	3,10	15,11	45,99			
C.V. (%)	52,16	39,54	47,87	33,18	21,84			

^{1/} Días después de la siembra

** Significativo al 1 % de probabilidad

* Significativo al 5 % de probabilidad

N.S No significativo

Cuadro 29. Porcentaje de incidencia de insectos del follaje, bajo diferentes sistemas de manejo de plagas. Turrialba, Costa Rica, mayo a octubre de 1984.

Variable.	% Cogollero	% Cogollero	% Cogollero	% Diabrotica	% Diabrotica
Sub-Trat.	30 D.D.S. ^{2/}	40 D.D.S	50 D.D.S	70 D.D.S	14 D.D.S
1. Insecticida					
al suelo	3,46 a ^{1/}	8,72 a	3,47 a	9,69 a	50,89 a
2. Insecticida					
al follaje	2,42 b	8,53 a	3,41 a	17,80 a	43,13 b
3. Sin control	2,18 b	4,65 b	2,42 b	17,86 a	43,96 b

^{1/} Valores de tratamientos seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes. Duncan 5 % de probabilidad

^{2/} Días después de la siembra

V. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos, las observaciones de campo, y las condiciones climáticas del área de estudio de mayo a octubre de 1984, se puede concluir:

- La resistencia del suelo a la penetración en los 0,10 m superficiales es mayor en las parcelas no aradas, siendo más notorio en el tratamiento sin residuos. Sin embargo los valores están dentro del límite aceptable para un buen desarrollo del sistema radical (600 a 1.300 kPa).
- Los tratamientos arados en forma convencional (arado y rastra de discos), presentaron en la capa de suelo de 0,15 - 0,20 m, los más altos valores de resistencia a la penetración, muchos de ellos son mayores que el límite aceptable para el crecimiento de raíces.
- El tratamiento arado más cañas erectas, presenta valores de resistencia intermedios, entre los tratamientos no arados y los tratamientos arados convencionalmente. Presentando en los 0,10 m superficiales, valores menores que las parcelas no aradas, y en la capa de 0,15 - 0,20 m valores menores que las parcelas aradas.
- La densidad aparente del suelo fue similar para todos los tratamientos; debido a la poca sensibilidad de esta propiedad física

como indicativo de compactación, cuando las condiciones presentes no son extremas.

- El porcentaje de acame de raíz fue mayor en los tratamientos preparados convencionalmente, lo cual pudo deberse a la presencia de la capa de alta resistencia a la penetración de 0,15 - 0,20 m, y los bajos valores en los 0,10 m superficiales.
- Las poblaciones de insectos tanto en el suelo como en el follaje fueron bajas. Sin embargo el subtratamiento donde se aplicó carbofuran, presentó la mayor población, y altura de planta, mayor número de mazorcas cosechadas, menor porcentaje de acame de raíz, y mayor rendimiento lo que puede deberse al efecto del Carbofuran como regulador de crecimiento.
- El rendimiento de grano, fue mayor para el tratamiento arado con cañas erectas, debido posiblemente a las mejores condiciones físicas dadas por la alternación de la faja preparada para la siembra.

6. RECOMENDACIONES

Se debe seguir dando seguimiento al presente experimento, ya que se muestran algunas tendencias bastante definidas en cambios en las propiedades físicas del suelo; sin embargo deben hacerse algunas modificaciones:

- Con el objeto de hacer un estudio más detallado, se deben escoger solamente algunos de los tratamientos (NARSS; NASR, ASR, ARI), que contribuiría a aumentar el número de repeticiones y disminuir la variabilidad en las propiedades físicas evaluadas.
- El excesivo tráfico humano sobre las parcelas debe ser evitado, o establecerse algunas rutas específicas, que evitarían el efecto de compactación por pisoteo sobre las áreas muestreadas.
- Algunas propiedades físicas como la densidad aparente no deberían seguir siendo evaluadas, debido a la poca sensibilidad que tiene como indicativo de compactación.
- Dado que la población de insectos en el suelo es baja y no muestra un comportamiento diferencial entre tratamientos y subtratamientos, y a que el carbufuran ejerce algunos efectos sobre el crecimiento de cultivo, lo cual no permite poder determinar en mejor forma los efectos de los sistemas de labranza y manejo de residuos, debería hacerse una aplicación o eliminación de este producto en todas las parcelas.
- Debido a las buenas características físicas y los buenos rendimientos de cultivo, se debe estudiar la posibilidad de ejecutar algunos experimentos donde las parcelas están sometidas por algunos años a ciclos alternos de laboreo y no laboreo.
- Existe gran cantidad de datos de rendimiento en parcelas de laboreo y no laboreo, obtenidos en diferentes países miembros del CATIE, y en diferentes tipos de suelos, un trabajo interesante sería tratar de clasificar los rendimientos por cultivo y orden o grupo de suelos.

7. BIBLIOGRAFIA

1. ABRAOP., U. R. *et al.* Efeitos de sistemas de preparo do solo sobre características de un Lattosolo Roxo Distrófico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 3(3):169-172. 1979.
2. AGUERO, J. M. y ALVARADO, A. Compactación y compactibilidad de suelos agrícolas y ganaderos de Guanacaste, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 7(1/2):27-33. 1982.
3. AGUIRRE ASTE, V. Estudio de los suelos del área del centro de enseñanza e investigación. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1971. 138 p.
4. ALEGRE, J. y CASSEL, D. K. Reclamation of compacted bulldozed areas. In Nicholaidis III, J. J., Couto, W. y Wade, M. K. *Agronomic-economic research on soils of the tropics*. North Carolina State University. Technical Report 1980-1981. 1983. pp. 28-36.
5. ARAUZ, J. R., ACOSTA, M. A. y RUIZ, J. C. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá IDIAP. In Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, 28a., San José, Costa Rica, 1982. Trabajos presentados. snt. 15 p.
6. ASBURNER, J. y SIMS, B. Elementos de diseño del tractor y herramientas de labranza. San José, Costa Rica, IICA, 1984. 474 p.
7. BARCENAS, B. J. Prácticas de edafología I, Maracaibo, Venezuela, Universidad del Zulia, 1970. 178 p.
8. BAVER, L. D., GARDNER, W. H. y GARDNER, W. R. Física de suelos. Trad. de la 4a. ed. inglesa por J. M. Rodríguez. México, D. F., UTEHA, 1973. 529 p.
9. BEINROTH, F. H. Relaciones entre la taxonomía de suelos de los Estados Unidos, el sistema de clasificación de suelos del Brasil y las unidades de suelos FAO-UNESCO. In Seminario sobre Manejo de suelos y el proceso de Desarrollo en América Latina Tropical, Cali, 1974, Manejo de suelos en América Tropical, ed. por E. Bornemisza y A. Alvarado. Raleigh, N. C., 1974. pp. 93-110.
10. BELTRAME L., F. S., GOMDIN L, A. P. y TAYLOS, J. C. Estructura e comportamento na permeabilidade de solos do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do solo* 5(3):145-146. 1981.

11. BENATTI JUNIOR, R., MOREIRA, C. A. y FRANÇA, G. V. Avaliação dos efeitos de sistemas de cultivo na produção de milho e nas propriedades edáficas em Latosolo Roxo no estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 8(1):139-144. 1984.
12. BHATNAGAR, V. K., CHAUDHARY, T. N. y SHARNA, B. D. 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.
13. BLEVINS, R. L. 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 Agricultural and Agricultural Experiment Station, 1981. pp. 7-22.
14. _____., *et al.* Changes in soils properties after 10 years continuous no-tillage and conventionally tilled corn. *Soil and Tillage Research* 3(2):135-146. 1983.
15. BOWEN, J. E. y KRATKY, B. A. Labranza reducida. *Agricultura de las Américas* 31(6):6-23. 1982.
16. BURGOS, C. F. y MENESES, R. Efecto en el suelo y en el rendimiento de maíz de tres métodos de laboreo en Guápiles, Costa Rica. In Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios 24a., San Salvador, 1978. Memoria. San Salvador CENTA, 1978. v. 2, pp. M22/1-18.
17. _____., HENAO, J. y MORENO, R. Influence of tillage in three cropping systems o an Inceptisol in Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1982. 38 p.
18. BURITY, H. A. *et al.* Efecto de la preparación del suelo sobre los rendimientos de los sistemas yuca (*Manihot esculenta* Crantz) yuca asociada con frijol (*Phaseolos vulgaris* L.) Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 27 p.
19. CANNEL, R. Q., *et al.* The suitability of soil for sequential direct drilling of combine-harvested crop in Britain: a provisional classification, *Outlook of Agriculture* 9(6):306-316. 1978.
20. _____. Potentials and problems of simplified cultivation and conservation tillage. *Outlook of Agriculture* 10(8):379-384. 1981.
21. _____. No tillage in relation to soil conditions and climate. In *Symposium on No-tillage Productions in the tropics*, Monrovia, Liberia, 1981. Proceedings, Edited by Akabundo, I. O. y Detsch, A. Corvallis, Or., 1983. pp. 138-153. (International Protection Center. Document no. 46-B-83).

22. CARBALLO VARGAS, M. y BURGOS, C. F. Efecto de la labranza del suelo sobre algunas propiedades físicas del suelo y el contenido de nitratos en diferentes sistemas de cultivo. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1982. 24 p.
23. _____. Manejo del suelo, rastrojo y plagas-interacciones y efecto sobre el maíz (*Zea mays* L.). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1982. 94 p.
24. CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. Resumen acumulado de datos agroclimáticos. Turrialba, Costa Rica, 1985. s p.
25. CORTEZ FLORES, M. y ORTIZ, J. A. Resumen de las actividades realizadas por el programa nacional de maíz de El Salvador durante 1978. In Reunión Anual del Programa Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios. 25 a. Tegucigalpa, 1979. Memoria. Tegucigalpa, Secretaría de Recursos Naturales, 1979. V. 1, ppM1/1-9.
26. DOUGLAS, J. T., GOSS, M. J. y HILL, D. Measurements of pore characteristics in a clay soil ploughing and direct drilling, including use of radioactive tracer (^{144}Ce) technique. Soil and Tillage Research 1(1):11-18. 1980.
27. _____. y GOSS, M. J. Stability and organic matter content of surface soil aggregates under different methods of cultivation and in grassland. Soil and Tillage Research 2(2):155-175. 1982.
28. DURON, A. E. y ORESTES, MAZIER, C. Ensayos de cero labranza en maíz en tres localidades de Olancho. In Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios. 27 a., Santo Domingo, 1981. Memoria, Santo Domingo Secretaría de Estado de Agricultura, 1981. V2, M52/1-14.
29. EHLERS, W. Measurement and calculation de hydraulic conductivity in horizons of tilled and untilled loess-derived soil, Germany. Geoderma 19(4):293-306, 1977.
30. _____, *Et al.* Penetration resistance and root growth of oats in tilled and untilled Loess soils. Soil and Tillage Research 3(3):261-275. 1983.
31. _____. The need for soil physics in tillage research. Soil and Tillage Research 4(1):1-3. 1984.
32. ERICKSON, A. E. Tillage effects on soil aeration. In Symposium on Predicting Tillage Effects of Soil physical Properties and Processes, Detroit, 1980. Proceedings, Madison, Wisconsin, 1982. pp. 91-104. (ASA Special Publication no. 44).

33. FERNANDEZ, B. *et al.* Conductividade hidráulica do solo saturado, em tres sistemas de manejo. *Revista Ceres (Brasil)* 30(169): 232-241. 1983.
34. _____, *et al.* Efeito de três-sistemas de preparo do solo na densidade aparente, na porosidade total e na distribuição dos poros, em dois solos (Typic Argiaquoll e Typic Hapludalf). *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 7(3):329-333. 1983.
35. _____. *et al.* Influencia de sistemas de manejo do solo no fluxo goso. *Revista Ceres (Brasil)* 30(168):81-92. 1983.
36. FORSYTHE, W. M. y HUERTAS, A. Effect of soil penetration resistance on the growth and yield of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) 27-R variety. *Turrialba (Costa Rica)* 29(4):293-298. 1979.
37. _____. Física de suelos, manual de laboratorio. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1980. 212 p.
38. _____ y TAFUR, N. The effect of various methods of land preparation on soil resistance to penetration and yield of corn (*Zea mays* L.) and Cassava (*Manihot esculenta*) and sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) in association. I effect of cropping systems and land preparation on the soil. Trinidad and Tobago, IICA, 1983. 30 p.
39. GAVANDE, S. A. Física de suelos, principios y aplicaciones. México, D. F., Limusa, 1972. 351 p.
40. GHUMAN, B. S. y LAL, R. Water percolation in a tropical Alfisol under conventional plowing and no-till systems of management. *Soil and Tillage Research* 4(3):263-276. 1984.
41. GREENLAND, D. J. Soil structure and erosion hazard. In _____ y Lal, R., eds. *Soil conservation and management in the humid tropics*, London, John Wiley, 1977. pp. 17-23.
42. _____. Structural organization of soils and crop production. In Lal, R. y Grennland, D. J., eds. *Soil physic in the tropics*. London, John Wiley, 1979. pp. 47-56.
43. HARDY, F. y BAZAN, R. Análisis de textura: método de bouyucos. Presentado en el curso de Productividad y fertilidad de suelos. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1975. 5 p.
44. HILLEL, D. *Introducción to soil physics*. New York, Academic Press. 1982. 364 p.
45. ICAZA G. J. Cero labranza en la región de Jinotega, Nicaragua (*Zea mays* L.). Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1982. 14 p.

46. INTERNATIONAL INSTITUTE OF TROPICAL AGRICULTURE. Annual report for 1972-1973. Ibadan, Nigeria, 1974. pp. 31-33.
47. _____. Annual report for 1977. Ibadan, Nigeria, 1978. p. 79.
48. _____. Annual report for 1978. Ibadan, Nigeria, 1979. pp. 97-99.
49. _____. Annual report for 1980. Ibadan, Nigeria, 1981. p. 11.
50. _____. Annual report for 1983. Ibadan, Nigeria, 1984. pp. 147-148.
51. _____. Research highlights for 1983. Ibadan, Nigeria, 1984. pp. 30-33.
52. JEWITT, T. N., LAW, R. D. y VIRGO, K. J. Vertisols soils of tropics and sub-tropics: Their management and use. Outlook of Agriculture 10(1):33-40. 1979.
53. KEMPER, B. y DERPSCH, R. Results of studies made in 1978 an 1979 to control erosion by cover crops y no tillage techniques in Paraná, Brazil. Soil and Tillage Research 1(3):253-267. 1981.
54. KHAN, A. R. Studies on tillahe induced physical edaphic properties in relation to peanut crop. Soil and Tillage Research 4(3):225-236. 1984.
55. KIMBLE, J. Soil survey #S83 FN-295-015. Lincoln, Nebraska. National soil survey laboratory, 1984. 6 p.
56. KLUTE, A. Tillage effects on the hydraulic properties of soil: A review. In Symposium of Predicting Tillage Effect of Soil Physical Properties and Processes, Detroit, 1980. Proceedings. Madison, Wisconsin, 1982. pp. 91-104. (ASA Special Publication no. 44).
57. LAL, R. Role of mulching techniques in tropical soils and water management. International Institute of Tropical Agriculture. Technical Bulletin no. 1, 1975. 38 p.
58. _____. No-tillage effects on soil properties under diferents crops in Western Nigeria. Soil Science Society of America Journal 40(5):762-768. 1976.
59. _____. Crops residue requeriments with no tillage systems. In Akobundo. I.O., ed. Weeds an their control in the humid and subhumid tropics. Ibadan, Nigeria, IITA, 1978. pp. 337-343.

60. LAL, R., MAURYA, P. R. y OSEI-YEBOAH, S. Effects of no tillage and plowing on efficiency of water use in maize and cowpea. *Experimental Agriculture* 14:113-120. 1978.
61. _____. Modification of soil fertility, characteristics by management of soil, physical properties. In _____ y Greenland, D. J., eds. *Soil Physical in the tropics*, London, John Wiley, 1979. pp. 397-405.
62. _____. Physical characteristics of soil the tropics: Determination and management. In _____ y Greenland D. J. eds. *Soil Physic in the Tropics*. London, John Wiley 1979. 7-44.
63. _____. The role of physical properties in maintaining productivity of soil in the tropics. In _____ y Greenland D. J., eds. *Soil physic in the tropics*. London, John Wiley, 1979. pp. 3-5.
64. _____. No tillage farming in the tropics. In Phillips, R. E. Thomas, G. W. y Blevins, R. L., eds. Lexington, University of Kentucky, College of Agriculture and Agricultural Experiment Station, 1981. pp. 103-151.
65. _____, COUPER, D. C. y CLASSEN, S. I. Land clearing and development. In *International Institute of Tropical Agriculture. Annual Report for 1981*. Ibadan, Nigeria, 1982. p. 8.
66. LARSON, W. E. y OSBORNE, G. J. Tillage accomplishment and potential. In *Symposium on predicting tillage affects on soil physical properties and processes*, Detroit, 1980. *Proceedings*. Madison, Wis., 1982. pp. 1-11. (ASA. Special Publication no. 44).
67. LINDSAY, J. I., OSEI-YEBOAH, S. y GUMBS, F. A. Effect of different tillage methods on maize grownt on a tropical inceptisol with impeded drainage. *Soil and Tillage Research* 3(2):196. 1983.
68. MACHADO, J. A. y BRUM A., C. R. Efeito de sistemas de cultivo em algumas propriedades físicas do solo. *Revista Brasileira de Ciência do solo* 2(2):81-84. 1978.
69. MALDONADO, M. A. y LOCATELLI, E. Evaluación agroeconómica y energética de la capacidad de sustitución de diferentes métodos de laboreo a distintos niveles de fertilización nitrogenada en sistemas de maíz y frijol. In *Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios*, 28a. San José, 1982. *Trabajos presentados s.n.t.* 9 p.
70. MAURYA, P. R. y LAL, R. Effect of diferent mulch materials on soil properties and on root growth an yield of maize (*Zea mays*) and cowpea (*Vigna unguiculata*). *Fiel crop research* 4(1):33-45. 1981.

71. MONZON, A. E. y MALDONADO, M. A. Evaluación del daño del cogollero (*spodoptera frugiperda*) de acuerdo al método de preparación del suelo y al requerimiento de insecticidas en base a los niveles críticos del daño sobre la planta. *In* Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, 28a. San José, 1982. Trabajos presentados. s.n.t. 6 p.
72. MURCIA HERCULES, A. y VIDES B., E. Comparación del método de laboreo mínimo con el uso de las prácticas culturales tradicionales en el cultivo de maíz. *In* Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, 25a. Tegucigalpa, 1979. Memoria. Tegucigalpa, Secretaría de Recursos Naturales, 1979. Vl. pp. M20/1-6.
73. NEGI, S. C., RAGHAVAN, G. S. y TAYLOR, F. Hydraulic characteristics of conventional and zero tilled field plots. *Soil and Tillage Research* 2(3):281-192. 1982.
74. ORTIZ, C. A. Cero labranza en el cultivo de maíz en Panamá. *In* Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios 26a., Guatemala, 1979. Memoria Guatemala, ICTA, 1980. V. 2. pp. M80/1-6.
75. OSUJI, G. E. Water storage, water use and maize yield for tillage systems on a tropical Alfisol in Nigeria. *Soil and tillage research* 4(4):330-348. 1984.
76. PAGLIAI, M., LAMARCA, M. y LUCAMANTE, G. Micromorphometric and micromorphological investigations of a clay soil in viticulture under zero tillage and conventional tillage. *Journal of Soil Science* 34(2):391-403. 1983.
77. _____. *et al.* Effect of zero and conventional tillage on the length and irregularity of elongated pores in a clay loam soil under viticulture. *Soil and tillage research*. 4(6):433-444. 1984.
78. PANIAGUA, O. Tipos de manejo del suelo e insectos, sus interacciones biológicas, económicas y energéticas sobre dos variedades de maíz. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1982. 73 p.
79. PEREZ, C., DARDON, M. A. y CORDOVA, H. S. Efecto de la interacción cero labranza fertilización sobre el rendimiento de maíz (*Zea Mays* L.) *In* Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, 27a., Santo Domingo, 1981. Memoria. Santo Domingo, Secretaría de Estado de Agricultura, 1981. v. 2, pp. M36/1-16.

80. PEREZ, C. N. *et al.* Respuesta de dos sistemas de labranza de maíz en el centro de producción Cuyata, Guatemala. *In* Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, 28a., San José, 1982. Trabajos presentados. s.n.t. 9 p.
81. PIDGEON, J. D. A preliminary study of minimum tillage systems (including brodcasting) for spring barley in Scotland. *Soil and Tillage Research* 1(2):139-151. 1981.
82. 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 Agraria (Chile)* 11(1): 63-72. 1984.
83. SANCHEZ, P. A. Suelos del trópico, características y manejo. Trad. del inglés por E. Camacho. San José, Costa Rica, IICA, 1981.
84. SALGADO, J. S. *et al.* Efeitos de sistemas e épocas de manejo de residuo da cultura do milho sobre características físicas e químicas de um Latossolo Roxo. *Revista Ceres (Brasil)* 31(173): 1-8. 1984.
85. SHENK, M. *et al.* Respuesta del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) a diferentes manejos de la vegetación. *In* Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, 25a., Tegucigalpa, 1979. Memoria. Tegucigalpa, Secretaría de Recursos Naturales, 1979. V. 3, pp. L19/1-7.
86. _____ y SAUNDERS, J. Interacciones entre dos sistemas de labranza combate de insectos y cuatro niveles de fertilidad en su sistema de producción de maíz en la zona Atlántica de Costa Rica. *In* Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, 28a., San José, 1982. Trabajos presentados, s.n.t. 9 p.
87. SI UNITS requerided in society Manuscripts. *Agronomy News*, 1980: 10-13. May-June. 1980.
88. SIDIRAS, N. DERPSCH, R. y MONDARDO, A. Effect of tillage systems on water capacity, available mouisture, erosion, and soybean yield in Parana, Brazil. *In* Symposium on No-tillage Production in the Tropics, Monrovia, Liberia, 1981. Proceedings. Edited by Akabundo, F. O. y Detsch, A. E., Corvalis, Or., 1983. pp. 154-165. (International Protection Center. Document N° 46-B-83).
89. _____. Influência de diferentes sistemas de preparo do solo na variação da umidade e rendimento da soja, en Latossolo Roxo Distrófico (Oxisol). *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 7(1): 103-106. 1983.

90. SIDIRAS, N. , y VIEIRAS, M. J. Comportamento de um Latossolo Roxo Distrófico, Compactado pe las rodas do tractor na sementeira: rendimientos de tres culturas. Pesquisa Agropecuaria Brasileira 19(10):1285-1293. 1984.
91. SIMS, B. G. *et al.* Estudios preliminares en la reducción de labranza en cebada, maíz y trigo en la sierra ecuatoriana. Quito, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Boletín Técnico N° 37, 1981. 54 p.
92. _____, MORENO, D. y ALBADARRAN, J. Conceptos y prácticas de cero labranza en maíz para el pequeño agricultor. México, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Folleto Técnico N° 1, 1984. 40 p.
93. SOIL CONSERVATION SOCIETY OF AMERICA. Resource conservation glossary. 3a. ed. Ankeny. Iowa, 1982. 193 p.
94. SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. Glossary of soil science terms. Madison, Wisc., 1979. 37 p.
95. TAFUR, N. y FORSYTHE, W. The effect of various methods af land preparation on soil resistance to penetration on yield of corn (*Zea mays* L.) and Cassava (*Manihot sculenta*) and sweet potato (*Ipomoea batata* L.) in association. II Effect on yield. Trinidad and Tobago, IICA, 1983. 11 p.
96. UNGER, P. W. y McCALLA, T. M. Conservation tillage systems. Advances in Agronomy 33:2-53. 1980.
97. VIEIRA, M. J., GOGO, N. P. y CASSOL, E. A. Perdas por erosão em diferentes sistemas de preparo do solo, para a cultura da soja (*Glicine max* (L.) Merr.) en condições de chuva simulada. Revista Brasileira de Ciência do Solo 2(3):209-214. 1978.
98. _____. y MUZILLI, O. Características físicas de um Lattosolo Vermelho-escuro sob diferentes sistemas demanejo. Pesquisa. Agropecuaria Brasileira 19(7):873-882. 1984.
99. VIDES BENGANZA, J. E. y ARIAS M., F. R. Comparación de métodos químicos, mecánicos y manuales de preparación de la cama de siembra para maíz. In Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios 23a., Panamá, 1977. Memoria. s.n.t. V2, pp. M25/1-5.
100. _____. , ARIAS M., R. y CABRERA, V. A. Comparación de métodos químicos, mecánicos y manuales de preparación de la cama de siembra para maíz. In Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios 24a., San Salvador, 1978. Memoria, San Salvador, CENTA, 1978. V2, pp. M7/1-8.

101. WIERENGA, P. J. *et al.* Tillage effects on soil temperatura and thermal conductivity. *In* Symposium on predicting tillage effects of soil physical properties and processes, Detroit, 1980. Proceedings. Madison, Wis., 1982. pp. 69-90. (ASA Special Publication N° 44).
102. YANEZ MENDEZ, H. R. Evaluación de tres tipos de maíz (*Zea mays* L.) bajo diferentes sistemas de labranza. Tesis Ing. Agr. La Ceiba, Honduras, CURLA-UNAH, 1983. 49 p.
103. ZAFFARONI, E. *et al.* Implicaciones del laboreo cero sobre algunas características químicas y físicas. *In* Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, 25a., Tegucigalpa, 1979. Memoria. Tegucigalpa, Secretaría de Recursos Naturales, 1979. V2, pp. M65/1-6.

8. APENDICE

Descripción taxonómica del perfil del suelo
del sitio experimental

Fisiografía: Terraza;

Pendiente: 1 %

Profundidad del nivel freático: 1,24 m

Drenaje: Ligeramente pobre

Pedregocidad: Clase 2

Material parental: Material aluvial de toba ácida sobre material de ceniza básica transportada por el viento.

Clasificación: Fine, mixed, Isohyperthermic Typic Dystropept

Descrito por: J. Kimble

Horizontes:

Ap (0,0-0,23 m); franco; café grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2) en húmedo; bloques subangulares gruesos que al dividirse tienen una estructura granular fuerte de fina a media, friable, no pegajoso, no plástico; muy pocas raíces finas a medias; poros intersticiales tubulares de muy finos a finos; fragmentos de roca; el 3 % es mayor de 2 mm y proveniente de roca piroclástica; pH fuertemente ácido (5,0); el límite es abrupto y uniforme.

BA (0,23-0,48m); franco arcilloso, café oscuro (10 YR 3/3) en húmedo; bloques subangulares de moderadamente medios a gruesos que al dividirse

presentan una estructura granular de muy fina a fina; friable, ligeramente pegajoso, no plástico; muy pocas raíces finas y muchos poros tubulares intersticiales muy finos; fragmentos de roca, al 10 % es mayor de 19 mm y el 3 % es mayor de 2 mm, y proveniente de roca piroclástica; pH fuertemente ácido (5,0); límite claro y uniforme.

Bw1 (0,48-0,80 m); franco arcilloso; café rojizo oscuro (5 YR 3/4) en húmedo; bloques subangulares de moderadamente medios a gruesos que al dividirse presentan una estructura en bloques subangulares de fina a media; friable; ligeramente pegajoso; no plástico; pocos moteamientos negros (10 YR 2/1) de manganeso o hierro que cubren las caras de los pedrs; muy pocas raíces finas; muchos poros tubulares intersticiales muy finos; fragmentos de roca, el 3 % es mayor de 2 mm y provenientes de rocas piroclásticas, Ph fuertemente ácido (5,0), límite claro y uniforme.

Bw2 (0,80-1,06 m); franco; café rojizo (5 YR 4/4) en húmedo; con poco moteamiento fino distintivo café amarillento (10 YR 5/6); bloques angulares de moderadamente medios a gruesos que al dividirse tienen una estructura granular blocosa de fina a media, muy friable, no pegajoso; no plástico; discontinuidades comunes de moteamientos negros (10 YR 2/1) manganeso o hierro-manganeso que cubren las caras de los pedrs; muchos poros finos tubulares discontinuos y muchos poros finos y tubulares intersticiales; fragmentos de rocas, el 15 % mayores de 8 cms y provenientes de roca piroclástica; pH fuertemente ácido (5,0); límite claro y uniforme.

Bw3 (1,06-1,50 m); franco pedregoso; rojo amarillento (5 YR 4/6) en húmedo; con poco moteamiento café amarillento (10 YR 5/6); bloques angulares medios que al dividirse presentan una estructura en bloques angulares de finos a medios; friable, no pegajoso, no plástico; moteamientos

negros (10 YR 2/1) muy discontinuos de manganeso o hierro-manganeso que cubren las caras de los peds; muchos poros tubulares discontinuos de finos a medios y muchos poros tubulares insterticiales; de pocas a altas concentraciones de hierro-manganeso; fragmentos de roca; al 30 % es mayor de 8 cms y provenientes de rocas piroclásticas; pH fuertemente ácido (5,0); fragmentos gruesos mayores de 10 pulgadas, provenientes de roca piroclástica y que pueden ser cortados con un cuchillo.

Cuadro 1a. Características físico-químicas del perfil del suelo^{1/} del lote experimental. Turrialba, Costa Rica, 1984.

Horiz.	Textura del suelo		Densidad aparente 1/3 de bar 8 cm ⁻³	Contenido de agua 1/3 bar 15 bares		-----meq/100 gr de suelo-----			Acidez extra. Al	Capacidad de intercambio catiónico		Sat. Al %	pH agua 1:1					
	Arena	limo arcilla		Ca	Mg	Na	K	E de bases		E de cationes OAC + Al	NH ₄ Bases							
Ap	37,5	37,6	24,9	1,05	45,7	31,3	5,7	1,5	Tr.*	0,6	7,8	31,5	1,1	39,3	32,6	8,9	12,0	4,8
BA	37,5	32,4	30,1	1,20	35,7	30,7	3,5	1,2	Tr.	0,5	5,2	15,7	Tr.	20,9	20,9			5,3
Bw1	36,0	31,6	32,4	1,20	35,5	26,0	3,5	1,3	Tr.	0,2	5,0	13,5	-	18,5	16,9			5,3
Bw2	33,1	34,4	32,5	1,11	40,9	26,5	2,2	1,0	0,1	Tr.	3,3	14,0	0,3	17,3	15,3	3,6	8,0	5,2
Bw3	22,5	36,7	40,8	1,05	47,3	25,6	1,6	1,2	0,1	0,1	3,0	14,2	0,6	17,2	14,2	3,6	17,0	5,1

^{1/} National soil survey laboratory

Lincoln, Nebraska 68508-3866.

Definición de términos:

Agua capilar: El agua almacenada en la "capilaridad" o pequeños poros de un suelo, usualmente con una presión de agua del suelo mayor de 1/3 de bar (93).

Aireación del suelo: Es el proceso por el cual el aire en el suelo es reemplazado por el aire de la atmósfera. En un suelo bien aireado, el aire del suelo es muy similar en composición al aire arriba del suelo. En suelos pobremente aireados usualmente contienen un porcentaje mucho más alto de bióxido de carbono y un porcentaje más bajo de oxígeno que la atmósfera arriba del suelo. La tasa de aireación depende grandemente del volumen y continuidad de los poros llenos de aire dentro del suelo (94).

Conductividad hidráulica: El factor de proporcionalidad en la Ley de Darcy's aplicado al flujo viscoso de agua en el suelo, por ejemplo, el flujo de agua por unidad de gradiente hidráulico, si las condiciones requieren que la viscosidad del fluido sea separada de la conductividad del medio es conveniente definir la permeabilidad del suelo (permeabilidad intrínseca) expresada en $\text{cm}^3\text{g}^{-1}\text{s}^{-1}$ multiplicada por la viscosidad en equilibrio (94).

Densidad aparente: Es la masa de suelo seco por unidad de volumen, determinado después de secar a peso constante a 105°C (93).

Distribución del tamaño de poro: El volumen de los varios tamaños de poros en un suelo, es expresado como porcentajes de la masa de volumen (suelo más espacio poroso) (94).

Espacio poroso: Total del espacio no ocupado por partículas de suelo en una masa de volumen de suelo (94).

Penetrabilidad: Es la facilidad con la cual un instrumento puede ser introducido en el suelo (puede ser expresado en unidades de distancia, velocidad, fuerza o trabajo, dependiendo del tipo de penetrómetro usado) (94).

Porosidad: Es el porcentaje de volumen de la masa total del suelo no ocupada por partículas sólidas (94).

Porosidad capilar: Los pequeños poros o el volumen de masa de pequeños poros que almacenan agua en suelos contra una tensión usualmente mayor de 1/3 de bar. Estos poros están comunmente llenos de agua cuando el suelo está a capacidad de campo (93).

Porosidad de aireación: La proporción del volumen de la masa del suelo que esta llena con aire en un tiempo dado o bajo una condición dada tal como un contenido de agua del suelo específico o un potencial de agua de la matriz del suelo (94).

Cuadro 2a. Estadísticos obtenidos para humedad gravimétrica. 0, - 0,10 m en cinco fechas de muestreo. Parcelas divididas, Turrialba, Costa Rica, mayo a octubre de 1984.

No. de Muestreo Estadísticos	1	2	3	4	5
F (Labranza)	4,34*	1,11 N.S	0,99 N.S	1,20 N.S	1,51 N.S
F (Insectic.)	11,81**	0,05 N.S	21,34 **	1,86 N.S	3,94 N.S
F (L X I)	2,07 N.S	0,20 N.S	5,18 *	1,15 N.S	0,88 N.S
Media (%)	39,07	41,25	42,14	45,07	44,67
C.V. (%)	5,69	6,58	4,50	7,46	8,40

** Significativo al 1 % de probabilidad

* Significativo al 5 % de probabilidad

NS No significativo

Cuadro 3a. Estadísticos obtenidos para humedad gravimétrica. 0,0 - 0,2 m, en cinco fechas de muestreo. Parcelas divididas. Turrialba, Costa Rica, mayo a octubre de 1984.

Muestreo Estadístico	1	2	3	4	5
F (Labranza)	1,78 N.S	0,84 N.S	2,41 N.S	0,79 N.S	1,31 N.S
F (Insect.)	0,21 N.S	0,02 N.S	2,34 N.S	1,35 N.S	6,90 *
F (L X I)	1,59 N.S	0,86 N.S	0,74 N.S	0,27 N.S	1,79 N.S
Media (%)	41,48	42,30	44,40	46,44	46,17
C.V. (%)	3,05	7,13	7,37	8,36	5,21

** Significativo al 1 % de probabilidad

* Significativo al 5 % de probabilidad

NS No significativo

Cuadro 4a. Valores de humedad gravimétrica (%). 0,0 - 0,1 m, Evaluada bajo diferentes sistemas de Labranza y manejo de residuos. En cinco fechas de muestreo. Turrialba, Costa Rica, mayo a octubre de 1984.

Tratamiento	Muestreo				
	I	II	III	IV	V
1. ARSS	38,39 b	42,09 a	45,89 a	46,28 a	44,64 ab
2. ASR	36,49 b	40,32 a	40,10 a	47,48 a	44,09 ab
3. ARI	38,29 b ^{1/}	44,07 a	41,34 a	46,99 a	47,08 a
4. ACE	38,71 b	39,31 a	44,19 a	45,07 a	43,40 ab
5. NACE	38,39 b	42,24 a	39,84 a	44,48 a	44,29 ab
6. NARSS	40,53 ab	42,26 a	42,37 a	43,38 a	45,29 ab
7. NASR	43,93 a	39,15 a	41,26 a	41,84 a	42,45 b

^{1/} Valores de tratamientos seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes. Duncan al 5 % de probabilidad.

Cuadro 5a. Valores de humedad gravimétrica (%). 0,1 - 0,2 m. Evaluada bajo diferentes sistemas de Labranza y manejo de residuos, en cinco fechas de muestreo. Turrialba, Costa Rica, mayo a octubre de 1984.

Tratamiento	Muestreo				
	I	II	III	IV	V
1. ARSS	41,83 ab	42,47 a	46,86 a	47,04 a	47,77 a
2. ASR	38,88 b	41,11 a	42,93 ab	46,62 a	44,13 a
3. ARI	41,69 ab ^{1/}	40,57 a	42,65 ab	45,88 a	48,76 a
4. ACE	43,15 a	42,40 a	47,36 a	44,08 a	46,35 a
5. NACE	40,75 ab	41,95 a	40,57 b	48,16 a	45,85 a
6. NARSS	41,94 ab	43,25 a	43,60 ab	46,87 a	44,85 a
7. NASR	42,26 ab	44,33 a	46,81 a	46,46 a	45,47 a

^{1/} Tratamientos seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes. Duncan al 5 % de probabilidad.

Cuadro 6a . Estadísticos obtenidos para retención de humedad, evaluada bajo diferentes sistemas de labranza y manejo de residuos, a diferentes tensiones (bares), en tres épocas de muestreo de 0,0 - 0,1 m de profundidad. Turrialba, Costa Rica, mayo a octubre de 1984.

a. Muestreo I. Antes de que las parcelas del sistema arado fueran roturadas.

Estadístico	Tensión (bares)						
	0,0	0,2	0,33	1,0	2,0	5,0	15,0
F (Labranza)	2,27 N.S.	21,33 **	5,37 *	2,41 N.S	2,85 N.S	-	3,79
Media (%)	60,25	41,13	41,01	36,09	35,75	-	32,46
C.V. (%)	5,17	3,13	4,75	5,77	7,23	-	6,25

b. Muestreo II. Epoca de mayor crecimiento del cultivo (30 días después de la siembra)

Estadístico	Tensión (bares)						
	0,0	0,2	0,33	1,0	2,0	5,0	15,0
F (Labranza)	1,18 N.S	3,51 N.S	0,52 N.S	4,32 N.S	1,16 N.S	1,97 N.S	1,37 N.S
Media (%)	70,00	44,89	42,44	39,29	36,59	34,25	32,58
C.V. (%)	8,58	4,56	7,58	3,64	5,22	3,94	4,23

c. Muestreo III. En la floración del cultivo

Estadístico	Tensión (bares)						
	0,0	0,2	0,33	1,0	2,0	5,0	15,0
F (Labrabza)	4,05 N.S	0,93 N.S	1,20 N.S	1,29 N.S	0,50 N.S	1,01 N.S	0,85 N.S
Media (%)	68,77	44,61	42,30	40,26	37,81	36,28	34,57
C.V. (%)	5,29	7,21	5,71	5,70	5,75	3,85	6,45

** Significativo al 1 % de probabilidad

* Significativo al 5 % de probabilidad

N.S No significativo

Cuadro 7a. Estadístico obtenido para retención de humedad, evaluada bajo diferentes sistemas de Labranza y Manejo de residuos, a diferentes tensiones (bares), en tres épocas de muestreo de 0,1 - 0,2 m de profundidad, Turrialba, Costa Rica, mayo a octubre de 1984.

a. Muestreo I. Antes que las parcelas del sistema arado fueran roturadas.

Estadístico	Tensión (bares)					
	0,0	0,2	0,33	1,0	2,0	5,0
F (Labranza)	0,34 N.S	8,94 *	10,66 *	0,81 N.S	2,15 N.S	0,42 N.S
Media (%)	63,20	43,66	42,68	38,45	38,16	37,25
C.V. (%)	11,10	3,03	3,41	8,45	7,09	12,99
						15,0
						1,67 N.S
						35,08
						9,14

b. Muestreo II. Epoca de mayor crecimiento del cultivo (30 días después de la siembra)

Estadístico	Tensión (bares)					
	0,0	0,2	0,33	1,0	2,0	5,0
F (Labranza)	0,22 N.S	1,78 N.S	0,86 N.S	1,69 N.S	1,89 N.S	1,68 N.S
Media (%)	44,89	46,70	43,72	40,13	38,59	36,83
C.V. (%)	4,56	7,18	6,35	4,13	3,32	5,35
						6,34
						15,0
						1,92 N.S
						35,12
						6,34

c. Muestreo III. En la floración del cultivo

Estadístico	Tensión (bares)					
	0,0	0,2	0,33	1,0	2,0	5,0
F (Labranza)	2,03 N.S	1,60 N.S	0,75 N.S	3,59 N.S	1,51 N.S	12,0 N.S
Media (%)	69,21	46,07	43,75	42,45	38,41	37,39
C.V. (%)	9,49	3,18	5,80	2,38	3,81	1,24
						1,42 N.S
						36,73
						3,62

** Significativo al 1 % de probabilidad

* Significativo al 5 % de probabilidad

N.S No significativo

Cuadro 8a . Retención de Humedad (% peso/peso), evaluada bajo diferentes sistemas de Labranza y Manejo de residuos a diferentes tensiones. 0,0 - 0,1 m de profundidad. Muestreo I. Turrialba, Costa Rica, mayo a octubre de 1984.

Tratamiento	Tensión (bares)						
	0,0	0,2	0,33	1,0	2,0	15,0	
1. ARSS	57,52 b	39,87 b	38,87 c	34,81 ab	32,40 b	32,33 abc	
2. ASR	66,00 a	39,83 b	39,64 bc	34,42 ab	32,72 b	29,40 bc	
3. ARI	58,18 ab ^{1/}	36,29 b	37,22 c	33,42 b	32,12 b	28,68 c	
4. ACE	59,35 ab	-	45,65 a	37,79 ab	38,31 ab	35,25 ab	
5. NASR	61,56 ab	47,93 a	41,76 abc	38,58 ab	36,48 ab	33,23 abc	
6. NARSS	62,54 ab	47,11 a	44,97 ab	41,73 a	40,60 a	36,27 a	
7. NACE	56,56 b	39,13 b	39,36 c	36,78 ab	35,93 ab	32,38 abc	

^{1/} Valores de tratamientos seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes. Duncan 5 % de probabilidad.

Cuadro 9a . Retención de humedad (% peso/peso), evaluada bajo diferentes sistemas de labranza y manejo de residuos, a diferentes tensiones. 0,1 - 0,2 m de profundidad. Muestreo I, Turrialba, Costa Rica, mayo a octubre de 1984.

Tratamiento	Tensión (bares)						
	0,0	0,2	0,33	1,0	2,0	15,0	
1. ARSS	62,13 a	42,05	40,16 bc	36,70 a	35,90 a	32,26 a	
2. ASR	63,34 a	43,71 bcd	42,12 ab	38,16 a	34,48 a	32,81 a	
3. ARI	62,79 a ^{1/}	40,45 d	37,51 c	35,04 a	34,25 a	31,20 a	
4. ACE	67,94 a	46,17 abc	45,03 a	40,81 a	40,17 a	37,11 a	
5. NASR	63,82 a	49,14 a	45,14 a	40,36 a	39,47 a	37,52 a	
6. NARSS	64,10 a	48,17 ab	45,82 a	40,23 a	42,22 a	38,59 a	
7. NACE	58,23 a	40,95 d	-	38,65 a	39,21 a	36,06 a	

1/ Valores de tratamientos seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes. Duncan 5 % de probabilidad.

Cuadro 10a. Retención de humedad (% peso/peso), evaluada bajo diferentes sistemas de Labranza y Manejo de residuos a diferentes tensiones. 0,0 - 0,1 m de profundidad. Muestreo II, Turrialba, Costa Rica, mayo a octubre de 1984.

Tratamientos	Tensión (bares)						
	0,0	0,2	0,33	1,0	2,0	5,0	15,0
1. ARSS	72,41 a	42,10 c	41,76 a	38,6 abcd	36,57 a	34,13 a	32,35 a
2. ASR	76,51 a	41,21 abc	40,76 a	37,41 cd	35,67 a	-	33,40 a
3. ARI	72,88 a ^{1/}	43,55 abc	44,60 a	41,37 abc	37,55 a	36,18 a	34,01 a
4. ACE	67,94 a	47,62 ad	43,01 a	41,84 ab	35,19 a	35,49 a	32,31 a
5. NASR	69,44 a	48,64 a	43,13 a	42,73 a	38,66 a	38,68 a	33,93 a
6. NARSS	68,72 a	45,96 abc	41,49 a	36,86 b	36,78 a	31,88 a	31,38 a
7. NACE	62,00 a	44,46 abc	41,14 a	37,86 bcd	34,83 a	32,95 a	31,27 a

1/ Valores de tratamientos seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes. Duncan 5 % de probabilidad.

Cuadro 11a. Retención de humedad (% peso/peso), evaluada bajo diferentes sistemas de Labranza y Manejo de Residuos a diferentes tensiones. 0,1 - 0,2 m de profundidad. Muestreo II. Turrialba, Costa Rica, mayo a octubre de 1984.

Tratamientos	Tensión (bares)						
	0,0	0,2	0,33	1,0	2,0	5,0	15,0
1. ARSS	68,15 a	43,54 a	43,21 a	39,96 a	36,82 b	33,74 b	33,23 a
2. ASR	70,35 a	42,35 a	41,71 a	39,16 a	37,69 ab	36,92 ab	34,58 a
3. ARI	68,83 a ^{1/}	44,93 a	42,12 a	41,56 a	38,43 ab	36,90 ab	32,72 a
4. ACE	67,92 a	51,55 a	45,78 a	41,58 a	39,96 ab	39,45 a	38,74 a
5. NASR	67,55 a	49,28 a	48,52 a	39,84 a	36,86 b	38,20 ab	37,16 a
6. NARSS	69,75 a	47,47 a	43,20 a	39,43 a	41,24 a	35,88 ab	33,11 a
7. NACE	63,97 a	46,21 a	42,88 a	40,10 a	39,64 ab	36,76 ab	35,32 a

^{1/} Valores de tratamientos seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes. Duncan 5 % de probabilidad.

Cuadro 12a . Retención de humedad (% peso/peso), evaluada bajo diferentes sistemas de Labranza y Manejo de residuos, a diferentes tensiones. 0,0 - 0,1 m de profundidad. Muestreo III. Turrialba, Costa Rica, mayo a octubre de 1984.

Tratamientos	Tensión (bares)						
	0,0	0,2	0,33	1,0	2,0	5,0	15,0
1. ARSS	66,25 a	45,58 a	43,23 a	40,90 a	37,66 a	36,94 a	33,78 a
2. ASR	65,01 a	44,11 a	40,68 a	38,69 a	37,74 a	36,24 a	34,97 a
3. ARI	71,26 ab ^{1/}	46,39 a	43,51 a	41,02 a	39,46 a	36,75 a	36,51 a
4. ACE	78,34 a	48,16 a	45,39 a	43,47 a	38,98 a	37,13 a	35,27 a
5. NASR	71,40 ab	42,33 a	40,83 a	37,69 a	37,39 a	-	34,97 a
6. NARSS	64,10 a	40,20 a	42,25 a	40,39 a	37,22 a	36,23 a	34,63 a *
7. NACE	65,06 a	43,30 a	40,23 a	39,63 a	36,24 a	34,40 a	31,85 a

1/ Valores de tratamientos seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes. Duncan 5 % de probabilidad.

Cuadro 13a. Retención de humedad (% peso/peso), evaluada bajo diferentes sistemas de Labranza y Manejo de residuos a diferentes tensiones. 0,10 - 0,20 m de profundidad. Muestreo III. Turrialba, Costa Rica. Mayo a octubre de 1984.

Tratamientos	Tensión (bares)						
	0,0	0,2	0,33	1,0	2,0	5,0	15,0
1. ARSS	61,91 a	47,55 a	43,82 a	42,42 ab	38,30 ab	37,01 b	36,55 a
2. ASR	63,38 a	46,25 a	43,59 a	41,78 ab	40,78 a	39,50 a	38,51 a
3. ARI	63,85 a ^{1/}	47,21 a	43,30 a	43,13 ab	38,59 ab	37,61 ab	36,68 a
4. ACE	78,66 a	47,24 a	45,24 a	44,55 a	38,39 ab	36,26 b	37,16 a
5. NASR	76,43 a	44,54 a	47,74 a	43,95 a	37,20 ab	-	37,39 a
6. NARSS	71,53 a	44,68 a	41,39 a	40,83 ab	36,85 b	37,19 ab	35,14 a
7. NACE	68,73 a	44,99 a	41,79 a	39,96 b	38,78 ab	36,14 b	35,65 a

^{1/} Valores de tratamientos seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes. Duncan 5 % de probabilidad.

Cuadro 14a. Prueba de "t" para resistencia a la penetración de 0,0 - 0,05 m, incluyendo las tres épocas de muestreo. Turrialba, Costa Rica, mayo a octubre de 1984.

Tratamiento	7. NACE	6. NARSS	4. ACE	2. ASR	3. ARI	1. ASR
5. 11, 43	0,01 <u>1/</u>	<u>2/</u>				
7. 10,08	-	0,10 NS				
6. 9,29		-	0,07 NS			
4. 8,39			-	0,07 NS	0,01	0,01
2. 7,48				-	0,40 NS	0,34 NS
3. 7,07					-	0,90 NS
1. 7,02						-

1/ Probabilidad de encontrar un mayor valor de "t", dado Ho: Media 1 = Media 2.

2/ Valores de probabilidad no presentados son menores de 0,01.

NS No significativo

Cuadro 15a. Prueba de "t" para resistencia a la penetración de 0,05 - 0,10 m., incluyendo las tres épocas de muestreo, Turrialba, Costa Rica, mayo a octubre de 1984.

Tratamiento	5. NASR	6. NARSS	4. ACE	2. ASR	3. ARI	1. ARSS
7. 11,60	0,53 ^{1/} NS	0,07 NS	0,01	2/		
5. 11,19	-	0,21 NS	0,05	0,02		
6. 10,36		-	0,41 NS	0,23 NS	0,05	0,04
4. 9,80			-	0,75 NS	0,20 NS	0,20 NS
2. 9,58				-	0,37 NS	0,36 NS
3. 8,96					-	1,00 NS
1. 8,95						-

^{1/} Probabilidad de encontrar un mayor valor de "t", dado Ho: Media 1 = Media 2

^{2/} Valores de probabilidad no presentados son menores de 0,01.

NS No significativo

Cuadro 16a. Prueba de "t", para resistencia a la penetración de 0,10 - 0,15 m, incluyendo las tres épocas de muestreo. Turrialba, Costa Rica, mayo a octubre de 1984.

Tratamiento	2. ASR	5. NASR	1. ARSS	6. NARSS	4. ACE	3. ARI
7. 11,40	0,34 ^{1/} NS	0,17 NS	0,03	0,03	0,02	0,02
2. 10,76	-	0,76 NS	0,25 NS	0,17 NS	0,24 NS	0,20 NS
5. 10,57	-	-	0,34 NS	0,30 NS	0,27 NS	0,23 NS
1. 10,00	-	-	-	0,91 NS	0,79 NS	0,73 NS
6. 9,92	-	-	-	-	0,89 NS	0,86 NS
4. 9,83	-	-	-	-	-	0,97
3. 9,80	-	-	-	-	-	-

1/ Probabilidad de encontrar un mayor 'valor. de "t", dado, Ho: Media 1 = media 2.

NS No significativo

Cuadro 17a. Prueba de "t", para resistencia a la penetración de 0,15 - 0,20 m, incluyendo las tres épocas de muestreo. Turrialba, Costa Rica, mayo a octubre de 1984.

	3. ARI	2. ASR	4. ACE	7. NACE	5. NASR	6. NARSS
1. 14,64	0,74 ^{1/} NS	0,28 NS	<u>2/</u>			
3. 14,40	-	0,48 NS				
2. 13,80		-	0,03			
4. 11,76			-	0,74 NS	0,67 NS	0,03
7. 11,49				-	0,92 NS	0,03
5. 11,42					-	0,04
6. 9,83						-

1/ Probabilidad de encontrar un mayor valor de "t", dado Ho: Media 1 = Media 2

2/ Valores de probabilidad no presentados son menores de 0,01

NS No significativo

Cuadro 18a. Prueba de "t", para resistencia a la penetración de 0,15 a 0,20 m.
Muestreo I. Turrialba, Costa Rica, mayo a octubre de 1984.

	3. ARI	2. ASR	5. NASR	4. ACE	6. NARSS	7. NACE
1. 16,71	0,79 ^{1/} ns	0,30 ns	0,01	<u>2/</u>		
3. 15,80	-	0,35 ns	0,01	0,01		
2. 14,62			0,03	0,04	0,02	0,01
5. 11,29				0,71 ns	0,64 ns	0,50 ns
4. 10,79					0,95 ns	0,81 ns
6. 10,71						0,83 ns
7. 10,46						-

1/ Probabilidad de encontrar un mayor valor de "t", dado H_0 : Media 1 = Media 2.

2/ Valores de probabilidad no presentados Son menores de 0,01.

ns: No significativo.

Cuadro 19a. Prueba de "t", para resistencia a la penetración de 0.0 - 0.05 m.
Muestreo II. Turrialba, Costa Rica. Mayo a octubre de 1984.

	7. NACE	6. NARSS	4. ACE	2. ASR	1. ARSS	3. ARI
5. 11,83	0.01 ^{1/}	<u>2/</u>				
7. 9,67		0,12 ns	0,02			
6. 8,52			0,43			
4. 7,77				0.01		
2. 5,48					0,66 ns	0,16 ns
1. 5,25						0.26 ns
3. 4,60						-

1/ Probabilidad de encontrar un valor de "t" dado Ho: Media 1 = media 2.

2/ Valores no presentados son menores de 0.01.

ns: No significativo.

Cuadro 20a. Prueba de "t" para resistencia a la penetración de 0,05-0,10 m. Muestreo II. Turrialba, Costa Rica. Mayo a octubre de 1984.

	5.	4.	6.	3.	2.	1.
7. 12,78	0,12 ^{1/} ns	0,10 ns	0,10 ns	<u>2/</u>		
5. 10,44	-	0,94 ns	0,78 ns	0,15	0,05	0,03
4. 10,30		-	0,93 ns	0,06	0,06 ns	0,02
6. 10,13			-	0,21	0,08 ns	0,04
3. 7,73				-	0,72 ns	0,31 ns
2. 7,30					-	0,47 ns
1. 6,48						-

1/ Probabilidad de encontrar mayor valor de "t", dado Ho: Media 1 = media 2.

2/ Valores de probabilidad no presentados son menores de 0,01.

ns: No significativo.

Cuadro 21a. Prueba de "t", para resistencia a la penetración de 0,15-0,20 m. Muestreo II. Turrialba, Costa Rica, mayo a octubre de 1984.

	1. ARSS	2. ASR	5. NASR	7. NACE	4. ACE	6. NARSS
3. 15,55	0,89 ^{1/} ns	0,69 ns	0,17 ns	0,08 ns	0,04	0,03
1. 15,31	-	0,71 ns	0,18 ns	0,08 ns	0,08 ns	<u>2/</u>
2. 14,81		-	0,31 ns	0,15 ns	0,15 ns	
5. 13,31			-	0,56 ns	0,42 ns	0,06 ns
7. 12,35				-	0,77 ns	0,11 ns
4. 12,11					-	0,23 ns
6. 9,32						-

1/ Probabilidad de encontrar un mayor valor de "t", dado Ho: Media 1 = media 2.

2/ Valores de probabilidad no presentados son menores de 0,01.

ns: No significativo.

Cuadro 22a. Prueba de "t", para resistencia a la penetración de 0,00 - 0,05 m.
Muestreo III. Turrialba, Costa Rica. Mayo a octubre de 1984.

	7. NACE	6. NARSS	4. ACE	2. ASR	1. ARSS	3. ARI
5. 11,12	0,47 ns	0,05 ^{1/}	<u>2/</u>			
7. 10,79	-	0,17				
6. 10,11		-				
4. 7,64				0,26 ns	0,05	0,02
2. 7,13				-	0,28 ns	0,06 ns
1. 6,63					-	0,25 ns
3. 6,05						-

1/ Probabilidad de encontrar un mayor valor de "t", dado Ho: Media 1 = Media 2.

2/ Valores no presentados son menores de 0.01.

ns: No significativo.

Cuadro 23a. Prueba de "t", para resistencia a la penetración de 0,05 - 0,10 m.
Muestreo III. Turrialba, Costa Rica. Mayo a octubre de 1984.

	5. NASR	6. NARSS	4. ACE	1. ARSS	2. ASR	3. ARI
7. 11,15	0,72 ^{1/} ns	0,18 ns	0,02	<u>2/</u>		
5. 10,96	-	0,27 ns	0,03			
6. 10,39		-	0,13 ns	0,01		
4. 9,55			-	0,09 ns	0,01	
1. 8,60				-	0,20 ns	0,01
2. 7,92					-	0,04
3. 6,53						-

1/ Probabilidad de encontrar un mayor valor de "t", dado Ho: Media 1 = Media 2.

2/ Valores no presentados son menores de 0,01.

ns: No significativo.

Cuadro 24a. Prueba de "t", para resistencia a la penetración, de 0,15-0,20 m.
Muestreo III. Turrialba, Costa Rica. Mayo a octubre de 1984.

	4. ACE	2. ASR	7. NACE	3. ARI	5. NASR	6. NARSS
1. 12,72	0,76 ^{1/} ns	0,35 ns	0,09 ns	0,28 ns	<u>2/</u>	
4. 12,49		0,64 ns	0,13 ns	0,23 ns		
2. 12,06			0,42 ns	0,61 ns	0,02	
7. 11,39				0,92 ns	0,03	0,03
3. 11,29					0,20	0,22 ns
5. 9,70						0,85 ns
6. 9,58						-

1/ Probabilidad de encontrar un mayor valor de "t", dado Ho: Medias 1 = media 2.

2/ Valores no presentados son menores de 0,01.

ns: no significativo.

Cuadro 25a. Temperatura del suelo °C, profundidad de 0,05 m, medida a la 1 pm en parcelas sometidas a diferentes sistemas de labranza y manejo de residuos. Turrialba, Costa Rica, junio de 1984.

Trat.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	\bar{X}	
1. ARSS	29	31	35	34	33	36	26	32	31	30	31	26	29	28	28	27	26	28	27	28	27	28	30
2. ASR	31	34	39	38	36	40	27	33	33	32	32	27	30	29	29	28	27	31	29	29	29	28	32
3. ARI	32	33	39	36	35	37	27	34	35	33	33	27	31	29	30	28	28	36	29	29	29	28	32
4. ACE	31	33	37	37	36	39	28	34	34	32	33	27	31	30	30	29	28	31	28	29	29	28	32
5. NASR	31	33	39	37	35	40	27	35	35	33	34	27	32	31	30	28	28	34	30	30	30	29	32
6. NARSS	28	29	31	31	30	32	25	30	30	29	29	25	28	27	27	26	25	27	26	27	26	25	28
7. NACE	29	39	34	33	32	34	26	30	31	30	31	26	29	28	27	26	25	28	26	26	26	26	29

Cuadro 26 a. Temperatura del suelo °C, a profundidad de 0,05 m, medida a 1 pm en parcelas sometidas a diferentes sistemas de labranza y manejo de residuos. Turrialba, Costa Rica, julio de 1984.

Trat.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	\bar{X}
1. ARSS	26	28	28	25	27	27	27	26	27	24	28	27	27	27	28	23	26	27	26	25	26	26
2. ASR	27	29	28	25	28	27	28	27	27	24	27	27	27	27	27	24	27	27	27	26	26	27
3. ARI	27	29	33	25	27	27	26	26	27	24	27	27	26	27	28	23	26	28	27	26	26	28
4. ACE	27	28	28	26	28	27	27	26	26	24	25	26	26	26	26	23	25	27	25	25	25	26
5. NASR	27	29	32	26	31	29	29	27	30	25	30	27	30	30	28	23	28	30	28	26	27	28
6. NARSS	25	25	26	24	26	26	25	25	25	24	26	26	26	25	26	23	25	26	26	25	25	25
7. NACE	25	26	26	25	27	27	27	27	27	24	28	27	27	27	28	24	27	29	28	26	27	27