



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGRICOLA

EFECTO DE LA APLICACION DE COMPOST Y SISTEMAS DE LABRANZA SO
BRE EL SUELO EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE MAIZ (Zea mays
L.) SAN LUIS TALPA, LA PAZ.

POR :

VICTOR ANTONIO GONZALEZ PANTAGUA

JUAN FRANCISCO GONZALEZ PEÑA

JULIO ANTONIO MONTOYA SANCHEZ

REQUISITO PARA OPTAR AL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO

SAN SALVADOR, SEPTIEMBRE DE 1996

2
EX

1329

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR : DR. BENJAMIN LOPEZ GUILLEN

SECRETARIO GENERAL : LIC. ENNIO LUNA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS

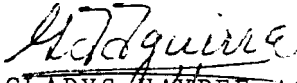
DECANO EN FUNCIONES : ING. AGR. JORGE RODOLFO MIRANDA GAMEZ

SECRETARIO : ING. AGR. LUIS HOMERO LOPEZ GUARDADO

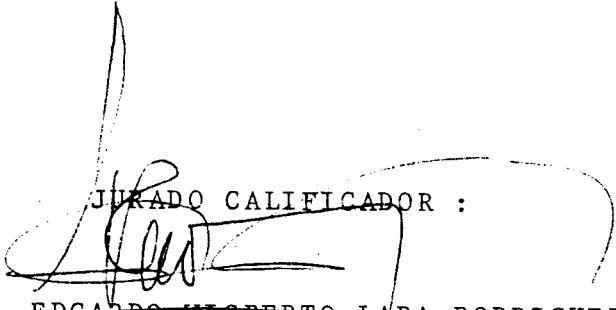
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGRICOLA


ING. AGR. OSCAR RIGOBERTO DUEÑAS PEÑATE

ASESORA :


ING. AGR. GLADYS HAYDEE AGUIRRE VIGIL

JURADO CALIFICADOR :


ING. AGR. EDGARDO WICBERTO LARA RODRIGUEZ


ING. AGR. AIDA MELADY ALVARADO COSTORGA DE ALAS


ING. AGR. NELSON BERNABE GRANADOS ALVARADO

R E S U M E N

En El Salvador las técnicas de producción agrícola se realizan muchas veces sin el adecuado criterio técnico, lo que está ocasionando el deterioro de las delicadas propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, que regulan la vida de las plantas y los animales.

Por este razón se evaluaron en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas, tres sistemas de labranza del suelo: Convencional, reducida y mínima, junto a tres niveles de fertilización orgánica (15, 30 y 45 Ton/ha más 140 kg/ha de urea respectivamente), y un nivel de fertilización química (260 kg/ha de 16-20-0 más 140 kg/ha de urea). Se midió el efecto sobre algunas propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo; utilizando como cultivo indicador el maíz (Zea mays L.) var. H-5.

El ensayo se realizó entre los meses de agosto de 1993 a enero de 1994, utilizando el modelo estadístico de parcelas divididas en bloques al azar.

Los resultados de la investigación indican que los sistemas de labranza no causaron diferencia significativa en los parámetros morfológicos del cultivo; solamente los niveles de fertilización ocasionaron diferencias significativas en altura de plantas y diámetro de tallos, siendo el tratamiento químico el que produjo mayores resultados, se-

guido por el tratamiento de fertilización orgánica de 45 Ton/ha.

En el rendimiento de grano seco no hubo diferencia significativa, aunque se observó que los tratamientos de 45 - Ton/ha y 30 Ton/ha de compost, superaron al químico en -- 6.47% y 0.47% respectivamente.

En cuanto a los parámetros físicos del suelo (velocidad de infiltración, esfuerzo cortante, resistencia a la - penetración y estructura), los sistemas de labranza y los niveles de fertilización no influyeron significativamente sobre éstos, a excepción de la velocidad de infiltración - que fué mayor en la labranza mínima seguida por la reducida y la convencional; y la resistencia a la penetración -- fué mayor en la labranza convencional seguida por la mínima y la reducida en la profundidad de 0-20 cm.

En los parámetros químicos del suelo solamente se encontró un efecto significativo y representativo del ensayo, de los niveles de compost sobre el pH, el cual tiende a ser - neutro a medida que aumenta la dosis.

En los parámetros biológicos (bacterias, hongos y nemátodos), los sistemas de labranza y los niveles de fertilización no provocaron cambios significativos a excepción de las colonias de bacterias, que se vieron reducidas significativamente en la labranza mínima y en la fertilización -- química.

En general se concluye que, la fertilización orgánica produjo similares resultados que la fertilización química en los parámetros morfológicos y de rendimiento. Y en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, los cambios fueron no significativos.

AGRADECIMIENTOS

- Agradecemos a DIOS, el concedernos el tiempo necesario para culminar nuestra Carrera.
- Agradecemos la colaboración de la Ing. Agr. Gladys Hay deé Aguirre Vigil, asesor de nuestro trabajo, por la orientación recibida.
- Al personal que labora en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas, por su valiosa colaboración.
- Al personal docente y administrativo de la Facultad, -- por forjarnos cada día como profesionales.
- A la Sra. Marina del Carmen Rodríguez, por su colaboración y esmero en la realización de este documento.
- A la Comunidad Económica Europea, por el aporte a ésta y otras investigaciones que contribuyen al desarrollo de las comunidades.

DEDICATORIA

- A DIOS TODOPODEROSO :
Por concederme el poder alcanzar la meta fijada, ilumi
nando mis pensamientos y mi vida.

- A MIS PADRES :
ANA LUZ PANIAGUA DE GONZALEZ (de muy grata recordación),
FELIPE OVIDIO GONZALEZ BARILLAS, con mucho amor, por su
ayuda abnegada en lo espiritual, moral, económico a lo
largo de mi formación profesional.

- A MIS HERMANAS :
MERCEDES ELIZABETH y LUZ DE MARIA, por su sacrificio,
comprensión y un estímulo a alcanzar sus metas propues-
tas.

- A MI BISABUELA :
Con mucho amor y respeto, por haber dedicado su vida, a
contribuir con mis logros alcanzados.

- A MIS TIOS :
Especialmente PEDRO CASTILLO y SRA., RAFAEL MARROQUIN,
por su ayuda y apoyo incondicional con mucho cariño.

- A MIS PRIMOS :
Con agrado y ejemplo de poder alcanzar las metas propues-
tas.

- A MI ESPOSA : YANIRA EVELYN
Con mucho amor, por su apoyo incondicional, compartir a
través del tiempo para lograr mis metas.

- A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS :
Por compartir todos los momentos a lo largo de nuestra
formación profesional.

VICTOR ANTONIO GONZALEZ PANIAGUA

DEDICATORIA

- A DIOS TODOPODEROSO
Por darme Vida y haberme permitido salir adelante en -
todo momento, pues sin El no sería nada (Jn 15:5).

- A MIS PADRES :
JOSE LUIS GONZALEZ y LUCIA DE GONZALEZ, por su esfuer-
zo y lucha sincera para lograr alcanzar esta meta.

- A MIS HERMANOS :
LUISA EUGENIA y FELIPE EDUARDO, por compartir esfuerzos
y sacrificios para lograr nuestros objetivos.

- A MIS FAMILIARES :
Los más cercanos, por su apoyo mostrado en muchos momentos.

- A MIS COMPAÑEROS DE TRABAJO DE ENLACE, PROYECCION SOCIAL
DEL LICEO CRISTINAO Y EX-COMPAÑEROS DE TRABAJO DE ILO-
BASCO: Por todo su apoyo incondicional.

- A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS, que me brindaron su apoyo y
paciencia.

JUAN FRANCISCO GONZALEZ PEÑA

DEDICATORIA

- A DIOS TODOPODEROSO :
Por haberme permitido alcanzar esta meta

- A MIS PADRES :
JULIO MAURICIO Y MARIA JUDITH
Por brindarme todo su apoyo moral.

- A MIS HERMANOS :
EDGAR MAURICIO, RICARDO ENRIQUE y SANDRA MARIA, por de
positar en mí la confianza para alcanzar la meta que me
había fijado.

- A MI ABUELA :
Sebastiana, por todo su apoyo y confianza depositada en
mi persona.

- A MIS HIJAS :
Gracia María y Daniela Judith
Por ser una inspiración, para coronar mi carrera.

- A MI ESPOSA :
Isabel, por todo su apoyo, y saber sentir con mis pro-
pios sentimientos.

- A MIS FAMILIARES, COMPAÑEROS Y AMIGOS :
Por compartir mi aspiración realizada.

JULIO ANTONIO MONTOYA SANCHEZ

I N D I C E

	Página
RESUMEN	iv
AGRADECIMIENTOS	vii
DEDICATORIA	viii
INDICE DE CUADROS	xvii
INDICE DE FIGURAS	xxvii
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1. Generalidades sobre el maíz (<u>Zea mays</u> L.)	3
2.1.1. Cultivo de maíz	3 ✓
2.1.2. Características botánicas	4 ✓
2.2. Materia Orgánica del suelo	5 ✓
2.3. Algunos microorganismos del suelo y su ac	✓
ción	6
2.3.1. Bacterias	6 ✓
2.3.2. Hongos	7 ✓
2.3.3. Nemátodos	8
2.4. Generalidades sobre abonos orgánicos	8
2.4.1. Fertilización orgánica	8 ✓
2.4.2. Fuentes de abono orgánico	9 ✓
2.4.3. Características de la orina y excre-	9
tas del ganado	9
2.4.4. Características de las excretas de -	10
aves de corral	10
2.4.5. Compost (compuestos o compostes) ...	10 ✓
2.4.6. Compostación	12 ✓

2.5.3.3.2.	Efectos de la labranza mínima en las propiedades físicas -- del suelo	27
2.5.4.	Propiedades físicas del suelo	28
2.5.4.1.	Densidad aparente	28
2.5.4.2.	Densidad real	30
2.5.4.3.	Porosidad	31
2.5.4.4.	Velocidad de infiltración	32
2.5.4.5.	Resistencia tangencial del suelo	34
2.5.4.6.	Resistencia a la penetración ..	36
2.5.4.7.	Consistencia	38
2.5.4.8.	Estructura	39
2.5.4.8.1.	Interacciones entre partículas de arcilla	41
3.	MATERIALES Y METODOS	44
3.1.	Localización del ensayo	44
3.2.	Características climáticas	44
3.3.	Características edáficas	45
3.4.	Vegetación predominante	45
3.5.	Metodología estadística	45
3.5.1.	Diseño estadístico	45
3.5.2.	Modelo estadístico	47
3.5.3.	Análisis estadístico	47
3.6.	Delimitación del área en estudio	48

	Página
3.7. Propiedades a evaluar	48
3.7.1. Propiedades físicas del suelo	48
3.7.1.1. Densidad aparente (gr/cc)	49
3.7.1.2. Densidad real (gr/cc)	49
3.7.1.3. Porosidad (%)	50
3.7.1.4. Consistencia del suelo	50
3.7.1.5. Textura	50
3.7.1.6. Esfuerzo cortante (kg/cm ²)	50
3.7.1.7. Penetrabilidad (kg/cm ²)	51
3.7.1.8. Velocidad de infiltración (cm/h)	51
3.7.1.9. Estructura	51
3.7.2. Propiedades químicas	52
3.7.3. Propiedades biológicas del suelo ...	53
3.7.4. Características morfológicas del <u>cul</u> tivo	54
3.7.5. Rendimiento en grano seco	55
3.8. Metodología de campo	55
3.8.1. Preparación del suelo	55
3.8.1.1. Sistema de labranza convencio- nal	55
3.8.1.2. Sistema de labranza reducida ..	55
3.8.1.3. Sistema de labranza mínima	56
3.8.2. Siembra	56
3.8.2.1. Siembra en labranza convencio- nal	56

	Página
3.8.2.2. Siembra en labranza reducida ...	56
3.8.2.3. Siembra en labranza mínima	56
3.8.3. Fertilización	57
3.8.3.1. Fertilización orgánica	57
3.8.3.2. Fertilización química	58
3.8.4. Control de plagas del suelo	59
3.8.5. Control de plagas del follaje	59
3.8.6. Control de enfermedades	59
3.8.7. Riego	60
3.8.8. Cosecha	60
4. RESULTADOS Y DISCUSION	61
4.1. Propiedades físicas	61
4.1.1. Densidad aparente, densidad real, po- rosidad y consistencia	61
4.1.2. Velocidad de infiltración, esfuerzo - cortante, resistencia a la penetración y estructura del suelo	65
4.2. Propiedades químicas	69
4.3. Propiedades biológicas	76
4.4. Germinación	82
5. CONCLUSIONES	93
6. RECOMENDACIONES	94
7. BIBLIOGRAFIA	95
8. ANEXOS	104

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Producción media diaria de estiércol de varias especies de animales de granja y descomposición de la parte sólida y líquida - de los excrementos	11
2	Densidad Aparente (gr/cc); de acuerdo a la textura del suelo	30
3	Velocidad de infiltración según clase textural	33
4	Efecto de la humedad (%) contenida en el suelo en las lecturas del penetrómetro de 0-10 cm de profundidad	37
5	Valores promedios de la Densidad Aparente (gr/cc), Densidad Real (gr/cc), Porosidad (%) y Consistencia del suelo, anterior al tratamiento con tres sistemas de labranza. San Luis Talpa, La Paz. 1993.....	62
6	Valores promedios de Velocidad de Infiltración (cm/h), Esfuerzo cortante (kg/cm^2), - Resistencia a la Penetración (kg/cm^2) y Estructura del Suelo, anterior y posterior al tratamiento con tres sistemas de labranza. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993	63
7	Comparación entre los valores de resistencia a la penetración inicial y final (kg/cm^2) y sus respectivos porcentajes de humedad, en suelos tratados con tres tipos de labranza. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993	

8	Comportamiento químico de un suelo Entisol, sometido a tres tipos de labranza, diferentes niveles de fertilización y cultivado con Maíz (<u>Zea mays</u> L.), a una profundidad de 0-20 cm, durante los meses de Agosto a Diciembre de 1993. CAPREX, San Luis Talpa. 1993	
9	Interpretación de la fertilidad del suelo, anterior a los tratamientos con tres tipos de labranza, diferentes dosis de fertilización. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. -- 1993	72
10	Interpretación de la fertilidad del suelo, sometido a tres tipos de labranza, diferentes niveles de fertilización. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993	72
11	Coefficientes de correlación para los parámetros químicos de un suelo Entisol, sometido a diferentes dosis de fertilización, tres tipos de labranza y cultivo con maíz. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz	73
12	Coefficientes de correlación para los parámetros químicos, de los suelos sometidos a diferentes niveles de fertilización, -- tres tipos de labranza y cultivado con -- maíz, para datos obtenidos para promedios de nutrientes en los tres sistemas de labranza. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993	77

13	Recuento de colonias de Bacterial (Colonia/ml) en muestras de suelo, interior y posterior a los tratamientos con tres sistemas de labranza y diferentes niveles de fertilización. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993	77
14	Análisis cualitativo de hongos presentes - en el suelo, anterior y posterior a los tratamientos con tres sistemas de labranza y - diferentes niveles de fertilización. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993	78
15	Recuento de nemátodos presentes en el suelo, anterior y posterior al tratamiento con tres sistemas de labranza y diferentes niveles de fertilización. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz	79
16	Características morfológicas del cultivo de maíz (<u>Zea mays</u> L.), sometido a tres sistemas de labranza y diferentes niveles de fertilización. Agosto a diciembre de 1993. - CAPREX, San Luis Talpa, La Paz	83
17	Promedio de características morfológicas y del rendimiento en grano, bajo diferentes niveles de fertilización y tres sistemas - de labranza en el cultivo de Maíz (<u>Zea mays</u> L.), CAPREX, San Luis Talpa, La Paz, 1993.	85

Cuadro		Página
18	Interpretación de la respuesta del cultivo de Maíz (<u>Zea mays</u> L.), a la fertilización, según las concentraciones de elementos encontrados en un suelo Entisol y los requerimientos nutricionales del cultivo. -- CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993	87
A-1	Características fisiológicas del Maíz, Variedad H-5	105
A-2	Textura del suelo en estudio. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993	105
A-3	Porcentaje de humedad del suelo, a una profundidad de 0-20 cm, anterior al laboreo del suelo con tres sistemas de labranza. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993	106
A-4	Porcentaje de humedad del suelo, a una profundidad de 20-40 cm, anterior al laboreo del suelo con tres sistemas de labranza. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993	106
A-5	Porcentaje de humedad del suelo, a una profundidad de 0-20 cm, posterior al laboreo del suelo con tres sistemas de labranza. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993	107
A-6	Porcentaje de humedad del suelo, a una profundidad de 20-40 cm, posterior al laboreo del suelo con tres sistemas de labranza. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993	107

Cuadro		Página
A- 7	Cantidad (%) de elementos contenidos en el abono orgánico	108
A- 8	Contrastes ortogonales para los valores de altura de plantas (cm), en el cultivo de Maíz (<u>Zea mays</u> L.), a 30 días después de siembra, en suelos tratados con tres tipos de labranza y diferentes niveles de fertilización. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993	109
A- 9	Análisis de varianza para la prueba de contrastes ortogonales para altura de planta (cm), en el cultivo de maíz (<u>Zea mays</u> L.), a 30 días después de siembra, en suelos tratados con tres sistemas de labranza y diferentes niveles de fertilización. -- CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993 ...	110
A-10	Memoria de Cálculos para la prueba de contrastes ortogonales	111
A-11	Contrastes ortogonales para el rendimiento en grano seco (kg/ha), en el cultivo de Maíz (<u>Zea mays</u> L.), en suelos tratados con tres tipos de labranza y diferentes niveles de fertilización. CAPREX, San -- Luis Talpa, La Paz. 1993	113
A-12	Análisis de varianza para la prueba de -- contrastes ortogonales para el rendimiento en grano seco del cultivo de Maíz (<u>Zea mays</u> L.), en suelos tratados con tres tipos de labranza y diferentes niveles de -	

Cuadro		Página
	fertilización. CAPREX, San Luis Talpa, La - Paz. 1993	114
A-13	Densidad aparente (gr/cc), del suelo, a una profundidad de 0-20 cm, anterior al laboreo del suelo con tres sistemas la labranza. - CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993	115
A-14	Densidad aparente (gr/cc), del suelo a una - profundidad de 20-40 cm, anterior al laboreo del suelo con tres sistemas de labranza. -- CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993	115
A-15	Densidad real (gr/cc), del suelo a una pro- fundidad de 0-20 cm, anterior al laboreo - del suelo con tres sistemas de labranza. - CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993	116
A-16	Densidad real (gr/cc), del suelo a una pro- fundidad de 20-40 cm, anterior al laboreo - del suelo con tres sistemas de labranza. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993	116
A-17	Porosidad del suelo a una profundidad de - 0-20 cm, anterior al laboreo del suelo con tres sistemas de labranza. CAPREX, San -- Luis Talpa, La Paz. 1993	117
A-18	Porosidad del suelo a una profundidad de - 20-40 cm, anterior al laboreo del suelo -- con tres sistemas de labranza. CAPREX, - San Luis Talpa, La Paz. 1993	117

Cuadro		Página
A-19	Porcentaje de humedad para la consistencia en húmedo del suelo, anterior al laboreo - del suelo con tres sistemas de labranza. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993	118
A-20	Valores de Velocidad de Infiltración (cm/h), anterior al laboreo del suelo con tres sistemas de labranza. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993	118
A-21	Velocidad de Infiltración (cm/h), posterior al laboreo del suelo con tres sistemas de labranza. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993	119
A-22	Prueba de Tukey para la Velocidad de Infiltración (cm/h), posterior al laboreo del suelo con tres sistemas de labranza. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993	119
A-23	Esfuerzo Cortante (kg/cm^2) del suelo, anterior al laboreo con tres sistemas de labranza. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993.	120
A-24	Esfuerzo Cortante (kg/cm^2) del suelo, posterior al laboreo con tres sistemas de labranza. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993	120
A-25	Resistencia a la Penetración (kg/cm^2) del suelo, de 0-20 cm de profundidad, anterior al laboreo del suelo con tres sistemas de labranza. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993	121

A-26	Resistencia a la Penetración (kg/cm^2) del -- suelo, de 0-20 cm de profundidad, posterior al laboreo del suelo con tres sistemas de <u>la</u> branza. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. -- 1993	121
A-27	Resistencia a la Penetración (kg/cm^2) del - suelo, de 20-40 cm de profundidad, anterior al laboreo del suelo con tres sistemas de - labranza. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993	122
A-28	Resistencia a la Penetración (kg/cm^2) del suelo, de 20-40 cm de profundidad, posterior al laboreo del suelo con tres sistemas de <u>la</u> branza. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. -- 1993	122
A-29	Resistencia a la Penetración (kg/cm^2) del suelo, de 40-60 cm de profundidad, anterior al laboreo del suelo con tres sistemas de labranza. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993	123
A-30	Resistencia a la Penetración (kg/cm^2) del - suelo, de 40-60 cm de profundidad, posterior al laboreo del suelo con tres sistemas de <u>la</u> branza. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. -- 1993	123
A-31	Clasificación del Tipo, Clase y Grado de <u>Es</u> tructura del suelo. Previo al tratamiento - con tres tipos de labranza	124

Cuadro		Página
A-32	Clasificación del Tipo, Clase y Grado de Estructura del suelo. Después del tratamiento con tres tipos de labranza	125
A-33	Altura de plantas (cm) en el cultivo de Maíz (<u>Zea mays</u> L.) 30 días después de siembra, -- en suelos tratados con tres tipos de labranza y diferentes niveles de fertilización. - CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993	126
A-34	Análisis de varianza para altura de plantas (cm) en el cultivo de maíz a 30 días después de siembra en suelos tratados con tres tipos de labranza y diferentes niveles de fertilización. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. -- 1993	126
A-35	Altura de plantas (cm) en el cultivo de Maíz (<u>Zea mays</u> L.), 60 días después de siembra, - en suelos tratados con tres tipos de labranza y diferentes niveles de fertilización. - CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993	127
A-36	Diámetro de tallo (mm) en el cultivo de Maíz (<u>Zea mays</u> L.), 30 días después de siembra, - en suelos tratados con tres tipos de labranza y diferentes niveles de fertilización. - CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993	127
A-37	Diámetro de tallo (mm) en el cultivo de maíz (<u>Zea mays</u> L.) 60 días después de siembra, en suelos tratados con tres tipos de labranza y diferentes niveles de fertilización. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993	128

A-38	Longitud de raíz (cm) en el cultivo de Maíz (<u>Zea mays</u> L.) 30 días después de siembra, en suelos tratados con tres tipos de labranza y diferentes niveles de fertilización. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993	128
A-39	Longitud de raíz (cm) en el cultivo de Maíz (<u>Zea mays</u> L.) 60 días después de siembra, - en suelos tratados con tres tipos de labranza y diferentes niveles de fertilización. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993	129
A-40	Rendimiento en grano seco (kg/ha), en el - cultivo de Maíz (<u>Zea mays</u> L.) sometido a -- tres tipos de labranza y diferentes niveles de fertilización. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993	129
A-41	Interpretación de resultados químicos analí- ticos en suelos agrícolas. FUSADES. Labo- ratorio de Calidad Integral	130

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
A-1	Plano de ubicación del ensayo en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad - de Ciencias Agronómicas , San Luis Talpa ...	131
A-2	Plano de distribución de las parcelas experimentales. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993	132
A-3	Esquema de Abonera Tipo Trinchera	133
A-4	Declinación de la población de <u>Meloidogyne incognita</u> (juveniles larvas) en el cultivo del tabaco, determinada por tres métodos - de extracción: CF = Centrifugación y florción; TEA = Tamizado y flotación con azúcar y EB = Embudo de Bearman	134

1. INTRODUCCION

En El Salvador el uso de diferentes técnicas de cultivo están adaptadas a la condición topográfica del terreno, a la forma de tenencia de la tierra, y a la capacidad económica de los agricultores.

Entre las técnicas utilizadas para el laboreo de los suelos se cuentan, los sistemas de labranza convencional, reducida y mínima y la aplicación de fertilizantes químicos. El uso de estas prácticas sin el adecuado criterio técnico ha ocasionado el deterioro de las delicadas propiedades físico-químico-biológicas del suelo, que regulan la vida de los microorganismos, las plantas y los animales, por lo que se necesita generar información o alternativas de producción para los agricultores.

Por esta razón en el presente ensayo, se evaluó el efecto de la aplicación de compost y sistemas de labranza sobre el suelo en el rendimiento del cultivo de maíz variedad H-5, como cultivo indicador. Con los resultados de la investigación se podrá facilitar al productor agropecuario la información necesaria para mejorar sus condiciones edáficas y en consecuencia mejorar la productividad de los cultivos sin afectar negativamente las condiciones ecológicas de las áreas de cultivo.

La metodología se basó en el modelo estadístico de parcelas divididas, ubicando en las parcelas grandes los siste

mas de labranza y en las parcelas pequeñas los niveles de fertilización. El ensayo se realizó entre los meses de -- agosto de 1993 y enero de 1994, el cual será un precedente para futuras investigaciones, ya que después de la primera aplicación de abonos orgánicos es muy difícil observar cambios significativos en las propiedades edáficas y en el -- rendimiento de los cultivos. Esto más bien ocurre después de tres o cuatro años de estar mejorando las propiedades - del suelo.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. Generalidades sobre el maíz (Zea mays L.)

2.1.1. Cultivo de maíz

En El Salvador, el cultivo del maíz es importante debido a que el 95% de su producción está destinada a la dieta alimenticia de la población y el resto para el consumo animal (11).

Debido a que los requerimientos edáficos y climáticos de la planta de maíz se satisfacen en la mayoría de los suelos destinados a la agricultura, actualmente (1993), se estima que se siembran aproximadamente unas 400,000 mz de maíz, obteniéndose un volumen de producción de 12 millones de quintales de grano (11).

Tomando en consideración que para el cultivo de maíz, en El Salvador, se utiliza bastante mano de obra, éste se vuelve generador de fuentes de trabajo, lo cual es importante en el sector agrícola (11).

Sin embargo, para la protección de los suelos este cultivo es considerado como uno de los que más deterioran las características físicas, debido al impacto de las gotas de lluvia y a la acción directa de los rayos solares; las raíces son superficiales, produciendo la remoción de los primeros centímetros del suelo exponiéndolos a la erosión (11).

2.1.2. Características botánicas

El sistema radicular principal se localiza propiamente en la corona, para ramificarse en raíces secundarias, terciarias, etc., hasta terminar en cada uno de los pelos radicales. La longitud de las raíces puede alcanzar hasta los 80 cm (34).

La forma del tallo es más o menos cilíndrica y sus entrenudos son más cortos en la base, alargándose a medida que se encuentran en posiciones más superiores, hasta culminar en el entrenudo más largo que lo constituye la base de la espiga o la panoja (34).

Las hojas son largas y angostas con venación paralelinerve, y constituida por una vaina, lígula y limbo. La vaina es envolvente y con sus extremos no unidos. La lígula es incipiente (34).

En el maíz existen dos tipos de flores y en diferente lugar de la planta, las que se denominan flores estaminadas y flores pistiladas. Las flores estaminadas se encuentran dispuestas en espiguillas. Es una panícula abierta, la cual produce varios millones de granos de polen, y a esta inflorescencia se le denomina masculina (34).

Las flores pistiladas se encuentran distribuidas en una inflorescencia con un soporte central llamado "olote" (34).

Cada flor está formada por un ovario, un estilo y gran cantidad de estigmas distribuidos a lo largo del estilo, a éste se le conoce como inflorescencia femenina (34).

El fruto, botánicamente es un punto en cariósipide conocido comúnmente como semilla o grano. La semilla está -- constituida por las siguientes estructuras: 1) pericarpo, 2) capa de células de aleurona; 3) endospermas; 4) capa de células epiteliales; 5) escutela; 6) coleóptilo; 7) plúmula; 8) nudo cotiledonar; 9) radícula; y 10) coleorriza -- (34).

2.2.- Materia Orgánica del suelo

La Materia Orgánica es una porción activa e importante del suelo. Aunque la mayoría de suelos cultivados contienen solamente de 1% a 5% de Materia Orgánica, esa pequeña cantidad puede modificar las propiedades físicas del suelo y afectar fuertemente sus propiedades químicas y biológicas. La Materia Orgánica es responsable de la más deseada estructura en el suelo, aumenta la porosidad, mejora las relaciones agua-aire y reduce la erosión causada por el viento y el agua (18).

Químicamente, la Materia Orgánica es la fuente del suelo casi todo el Nitrógeno, de 5 a 60% del Fósforo hasta el 80% del Azufre y de una gran parte del Boro y Molibdeno. La Materia Orgánica está en constante cambio y debe ser -- reemplazada periódicamente para mantener la productividad del suelo (18).

Todas las partes de organismos vivos o muertos, planta o animal añadidas al suelo, llegan a ser parte de la Mate-

ria Orgánica del suelo. La mayor fuente de Materia Orgánica son las raíces y partes aéreas no utilizadas de las -- plantas. Generalmente las plantas producen más raíces que material aéreo. Cuando los residuos de cultivo son removidos del campo, adiciones fuertes de estiércol u otros desperdicios orgánicos deben ser añadidas para restaurar los contenidos de Materia Orgánica (18).

Los materiales orgánicos, vivos o muertos suministran nutrientes para la mayoría de los organismos vivientes. - Microorganismos (bacterias, hongos, actinomicetos, algas y otros), se proveen de nutrientes y energía ellos mismos, - descomponiendo la Materia Orgánica del suelo. Las bacterias y hongos son los más activos descomponedores de Materia Orgánica (18).

2.3. Algunos microorganismos del suelo y su acción

2.3.1. Bacterias

Han sido considerados los microorganismos más importantes del suelo. Son seres unicelulares que se multiplican alargándose y dividiéndose en dos partes. En el suelo, las bacterias aparecen como esferas, masas amorfas o filamentosas, llamadas colonias, sobre o alrededor de las partículas del suelo, dondequiera que el alimento y otras condiciones sean favorables (9).

Las bacterias participan con vigor en todas las transformaciones orgánicas tan vitales para que el suelo tenga

la capacidad de soportar con éxito a las plantas superiores. Realizan tres transformaciones enzimáticas fundamentales : 1) Nitrificación; 2) oxidación del Azufre; y 3) - fijación del Nitrógeno (9).

Las bacterias además segregan sustancias llamadas "gomas bacterianas", importantes en la formación de agregados del suelo (23).

Si todo esto falla la vida de las plantas y animales superiores se debilita pronto. Observando desde este ángulo, las bacterias podrían ser los seres más importantes, - siendo las más simples y numerosas formas vivientes (9).

2.3.2. Hongos

Los hongos pueden ser parásitos, saprofíticos o simbióticos. Son útiles al suelo particularmente en el rompimiento de celulosas resistentes, ligninas y gomas, pero al mismo tiempo activan la descomposición de los azúcares, almidones y proteínas. La mayor parte de los lentos descomponedores del humus del suelo son remanentes de hongos muertos (18).

La adición de casi cualquier clase de Materia Orgánica descomponible, sobre todo estiércol, tiene un efecto sorprendente en el desarrollo miceliano. Aún los abonos comerciales aumentan el número de hongos presentes. También segregan gomas insolubles al agua que ayudan a la estructura del suelo (9).

2.3.3. Nemátodos

Los nemátodos, gusanos ahilados o en forma de anguila se hallan en casi todos los suelos en gran cantidad.

Se pueden distinguir tres grupos de nemátodos en relación con su alimentación : 1) Que viven saprófitos sobre materia orgánica; 2) los que son predadores sobre otros nemátodos, pequeñas lombrices y organismos parecidos; y 3) - los que son parásitos atacando las raíces de las plantas superiores para pasar al final de su ciclo evolutivo enquistados en sus tejidos.

El primero y segundo grupo son, en cambio, con mucha razón, los más numerosos en el suelo corriente y los más variados (9).

2.4. Generalidades sobre abonos orgánicos

2.4.1. Fertilización orgánica

Un fertilizante es cualquier sustancia que se añade al suelo para aportar uno o más nutrientes a las plantas, con el fin de favorecer el desarrollo, rendimiento o calidad de los productos recolectados (14, 33, 47).

La fertilización puede realizarse también con abonos orgánicos, los cuales son formados principalmente por desechos y residuos de plantas y animales. Contienen mucho carbono y porcentajes más reducidos de nutrientes vegetales, que por lo general proceden de las plantas que fijaron el carbono (14).

Además, son los abonos de asimilación más lenta, puesto que su mineralización está unida a la acción microbiana compleja su acción es lenta y progresiva, como la del estiércol (27).

2.4.2. Fuentes de abono orgánico

Todos los materiales provenientes de desperdicio de vegetales, animales y humanos, constituyen las fuentes de abonos orgánicos, que debidamente manejados mejoran las características físicas, biológicas y químicas del suelo y suministran nutrimentos para las plantas (30).

Según HERNANDEZ JUAREZ (30), existen en nuestro país una gran diversidad de residuos orgánicos que pueden aprovecharse como abono, siendo los más promisorios en nuestro medio los de origen vegetal (pulpa de café, rastrojos, hojarasca, bagazo de caña de azúcar, abonos verdes, jacinto acuático); de origen animal (estiércol y desperdicio de mataderos); de origen humano (heces y orina) y los desperdicios urbano sociales (30).

2.4.3. Características de la orina y excretas de ganado.

El valor de estos desperdicios usados como abono, varía según la clase y función de los animales de donde provengan, el tipo de alimentos consumido, naturaleza de la cama utilizada y el cuidado que se haya tenido para su re-

colección y preservación (4, 23, 50).

Para obtener buenos resultados es necesario cuidar la producción y recolección y así evitar la mayor pérdida de nitrógeno que se lixivía y volatiliza fácilmente (30).

En promedio el abono fresco de establo responde a la fórmula 0.50 - 0.25 - 0.50 ó lo que es lo mismo, 0.50% N, 0.25% P_2O_5 , 0.50% K_2O (53).

2.4.4. Características de las excretas de aves de corral

Las excretas de aves de corral, comúnmente conocidas como gallinaza, son utilizadas como abono, y como alimento para ganado. Su riqueza en nutrientes, depende del cuidado y manejo que se le haga desde su recolección hasta su distribución sobre el terreno (30).

El contenido de nutrientes de la gallinaza corresponde a la fórmula 10-8-4 (38).

GUINARD (28), estima que una tonelada de gallinaza suministra las mismas cantidades de N, P y K que 20 kg de Sulfato de Amonio, 15 kg de Superfosfato y 10 kg de Cloruro de Potasio.

Generalidades

~~2.4.5.~~ Compost (Compuestos o Composte)

Es una mezcla de Materia Orgánica, producto de la descomposición de residuos de plantas, animales o humanos o mezcla de tales residuos con suelo. El suelo en la fabricación

de compuestos no es imprescindible, aunque se usa normalmente (~~30, 39~~).

Cuadro 1 . Producción media diaria de estiércol de varias especies de animales de granja y descomposición de la parte sólida y líquida de los excrementos.

ESPECIE ANIMAL	Producción kg/día	Materia Seca	Nitrógeno %	Anhídrido Fosfórico % P ₂ O ₅	Potasio % K ₂ O	Cal % CaO
- Ganado equino.						
Parte sólida	16.0	24.3	0.5	0.3	0.24	0.15
Parte líquida	36.0	9.9	1.20	Trazas	1.5	0.45
- Ganado vacuno						
Parte sólida	23.4	16.2	0.32	0.21	0.16	0.34
Parte líquida	9.0	6.2	0.95	0.03	0.95	0.01
- Ganado Porcino						
Parte sólida	2.7	18.0	0.60	0.46	0.44	0.09
Parte líquida	1.6	3.3	0.30	0.12	1.0	0.00
- Aves de corral						
Parte sólida	0.05	35.0	1.0	0.80	0.40	-
Parte líquida	-	-	-	-	-	-

FUENTE: COOKE, G.W. (14).

no { En la elaboración de compuestos se utiliza toda clase de residuos de origen animal, vegetal y humano, que sean capaces de descomponer por la actividad de microorganismos.

El compost es un abono rico en humus y su composición es muy variable (~~30, 47~~).

El estiércol y el compost resultan ser en muchas regiones los abonos más usuales. Su contenido en nutrientes - suele fluctuar ampliamente, según sea el tipo de animal, - el forraje que reciba y el mantenimiento que se le brinde. En forma promedio puede contarse con un contenido de 0.3 - 0.6% N, 0.1 - 0.3% P_2O_5 y 0.34 - 0.5% de K_2O (~~33~~).

Cuando se utilizan residuos de leguminosas, se obtiene un compuesto más rico en Nitrógeno que otro en el cual se usen desperdicios de plantas no leguminosas. En este último caso pueden añadirse 15 Lb. de Nitrógeno por tonelada de material seco para enriquecer el compost. De ahí -- que para obtener un compost rico en Nitrógeno puede hacerse suministrando un fertilizante químico o por medio de materiales que contengan dicho elemento (~~45~~).

La fabricación de compuestos puede hacerse por medios simples o maquinarias, pero la calidad del compost no dependerá del sistema empleado (~~48~~).

~~2.4.6.~~ Compostación

Es el proceso de descomposición que sufren los residuos orgánicos bajo la acción de organismos aeróbicos, resultando un material húmifero estable y valioso llamado -- compost. Todos los materiales sometidos a este proceso se dice que han sido compostados (~~30~~).

~~2.4.7.~~ Beneficios de la incorporación de Materia Orgánica al suelo.

~~2.4.7.1.~~ Propiedades físicas *

La labranza del suelo y la capacidad de retención de humedad se mejoran notablemente con la aplicación de Materia Orgánica. Esta sirve, además en forma efectiva, como agente granulador de suelos arcillosos. En suelos arenosos la materia orgánica actúa en forma parcial como arcilla, dando cierto grado de cohesión ~~(16)~~. Ejerce una acción favorable sobre la estructura (especialmente la aterronada), es decir, sobre la aglomeración de partículas de tamaño medio, la cual permite una buena circulación del agua, aire y raíces del suelo ~~(16, 25, 30, 33)~~.

2.4.7.2. Propiedades químicas *

La aplicación de Materia Orgánica mejora grandemente las propiedades químicas del suelo, aporta Nitrógeno, Carbono y gran parte de los minerales que son liberados en el proceso de descomposición. El humus absorbe los minerales liberados en la descomposición, evitando que se pierdan -- por lixiviación o por drenaje. Actuando en cierta forma -- como arcilla coloidal, presentando una alta capacidad de absorción por los iones NH_4 , PO_4 , Ca.

También realiza una acción de "buffer" que ayuda a mantener las reacciones químicas del suelo bajo control ~~(16)~~, a diferencia del Sulfato de Amonio cuyas continuas aplica-

ciones en dosis elevadas, suelen conducir a una acidificación gradual del suelo si no se lleva a cabo una simultánea aplicación de cal en cantidades suficientes (23). Aproximadamente por cada kg. de Sulfato de Amonio empleado se -- pierde 1 kg de caliza molida (o su equivalente), debido a la formación de nitratos en el suelo que si se lixivía una parte de ellos (que suele suceder generalmente), remueve - una porción equivalente de cal (14).

*La Materia Orgánica promueve la formación de humus que aporta "Fitatos", que son compuestos biológicos de Fósforo; "Humatos", originados por el ácido húmico; proteínas, azúcares de bajo peso molecular, etc. (16), constituyéndose en fuente y reserva de alimentos para las plantas (25, 30, - 33).

No

ZUNIGA BERMUDEZ (57), cita al IX Congreso de Avicultores Centroamericanos y del Caribe, donde se indicó que los estiércoles y abonos contienen gran diversidad de nutrientes que los hacen excelentes mejoradores de los suelos. - Además evaluó el efecto de la gallinaza como abono orgánico en el pasto Bermuda var. Callie (Cynodon dactylon), obteniendo mayores rendimientos con 4 niveles de fertilización con gallinaza al compararlo con Sulfato de Amonio, -- siendo el nivel de 125 kg/ha de gallinaza en el que obtuvo un mayor rendimiento de materia verde de 15,400 kg/ha.

También MARQUEZ ARAUJO (36), evaluó 4 niveles de gallinaza como abono en maicillo ISIAP Dorado, obteniendo mayo-

res rendimientos con la dosis de 12 Ton/ha.

ARGUETA PORTILLO (3), menciona tres investigaciones - realizadas con bioabono, con Maíz H-3 la primera y con maíz H-5 las dos últimas, en las que se obtuvieron mayores rendimientos comparados con la fertilización química. Además, - en la última de estas investigaciones se analizó el suelo - encontrándose una mejora en el contenido de Potasio, Cal- cio, Magnesio, Zinc, Manganeso y Materia Orgánica, en cam- bio, en la fertilización química aumentó el Potasio y el -- Zinc y disminuyó la Materia Orgánica. También realizó una investigación con bioabono en el tomate obteniendo rendimientos que superaron a la fertilización química, además - se obtuvieron mejores condiciones del suelo según análisis químico.

El CYMMIT (12), reporta investigaciones sobre el uso - de fertilizantes químicos y estiércoles en la fertilización del maíz, entre éstos los de CACEROS et al, aplicando 1.0 Ton de estiércol por há más Sulfato de Amonio y Triple Super fosfato en banda, juntos observaron cierta tendencia hacia una mejor respuesta en los rendimientos que aplicando los - mismos tratamientos en bandas separadas.

Así mismo MONROY, también reportado por el CYMMIT (12), evaluando la respuesta del maíz a diferentes niveles de fer- tilización, determinó que existen diferencias significati- vas al 5% de probabilidad al usar 75 kg de N/ha como Sulfa- to de Amonio, 35 kg de P/ha, 212 kg/ha de cal y 1.0 Ton/ha

NO

de gallinaza, ya que se supera a las mismas dosis de N, P y cal con las mismas fuentes en 0.91 Ton/ha, atribuyéndole este incremento a la adición de 1 Ton/ha de gallinaza.

~~2.4.7.3.~~ Propiedades biológicas SI

La atención microbiológica del suelo tiende a aumentar la población de microflora y microfauna por la promoción de fuentes de Carbono Orgánico y Nitrógeno que son necesarias para el desarrollo microbial. El comportamiento dirigido de la Materia Orgánica es el de dar una fertilización total, y en especial, aportar Carbono, Nitrógeno y biocomplejos al suelo ~~(16)~~.

La Materia Orgánica restablece, estimula y regula los procesos de oxidación y meteorización de los gránulos del suelo, a través de acciones microbiológicas para así liberar valores químicos que éstos contienen ~~(16)~~.

Otra acción benéfica es que gracias al aumento de la actividad microbiana del suelo también afecta la composición química de los pesticidas, aún los más persistentes en el suelo, reduciendo los niveles de los mismos ~~(9)~~.

En una investigación realizada por DOÑAN LOPEZ y VILLEDA CASTILLO en 1992 ~~(20)~~, se obtuvo una disminución en las poblaciones de nemátodos en el cultivo de tomate usando abono orgánico proveniente de la descomposición del cultivo de maní con estiércol de bovinos.

~~2.4.8.~~ Importancia de la materia orgánica y su aplicación

En la "Reunión-Taller Latinoamericana sobre reciclaje de materias orgánicas en la agricultura" de la FAO en 1980, se concluyó que existen en todos los países, grandes cantidades de subproductos orgánicos que se pueden utilizar como abonos orgánicos, de los cuales no se hacen uso debido a la carencia de técnicas adecuadas. Además, que es necesario llevar a cabo programas para su utilización integral y de esta manera mejorar las condiciones del suelo. Y acerca del uso del compost concluyó que el uso de ellos mejora las propiedades físicas y químicas del suelo, aumenta la provisión de elementos nutritivos, aumenta la Materia Orgánica y además el compost es considerado como abono de gran valor, y rentable por su bajo costo. (39).

2.5. Generalidades sobre sistemas de labranza

2.5.1. Labranza del suelo

Se define la labranza como la manipulación física que se aplica al suelo, con la intención de modificarle las características que afectan la germinación de la semilla y las primeras etapas de desarrollo de las plantas. La acción de labranza tiene por objetivo mejorar las condiciones físicas del suelo. Es decir que las labores de preparación tienen como meta principal hacer que el suelo adquiriera características favorables especialmente en cuanto a aire, agua y

consistencia ya que éstos son los principales factores que incluyen en el desarrollo de los cultivos (17).

2.5.2. Objetivos del laboreo del suelo

- a) Esponjamiento del suelo, que permita la aireación y al macenamiento de la humedad.
- b) Volteo de la tierra, para que las semillas de las malas hierbas situadas en la parte superior del suelo, se asfixien (enterrándolas) y también para hacer que llegue, incluso a las capas más profundas, el abono mineral, - que por sí mismo tiene poca tendencia a descender (Fosfato).
- c) Mezcla del terreno, para que todos los elementos nutritivos aportados artificialmente y existentes por naturaleza, e incluso la humedad, puedan distribuirse homogéneamente por todo el volumen de terreno labrado.
- d) Establecimiento de determinadas configuraciones en el terreno para cultivos, diseño de riegos, favorecer la recolección mecanizada, etc.
- e) Reducción de la erosión del suelo mediante surcos que sigan las curvas de nivel (40).

2.5.3. Tipos de labranza

2.5.3.1. Labranza convencional

Se refiere a mejorar las condiciones físicas del suelo haciendo uso de implementos agrícolas mecanizados con -

el único fin de formar una capa apta para una buena germinación y crecimiento radicular, incorporar materiales orgánicos al suelo, combatir malezas y favorecer la penetración del agua.

El uso de la labranza convencional conlleva el resurgimiento de poblaciones densas de maleza. Hay predominancia de especies altamente especializadas y competitivas con -- las plantas productivas, y se presentan explosiones poblacionales de insectos destructivos que afectan la producción del cultivo.

Este tipo de labranza conlleva en los ecosistemas tropicales muy frágiles, con el tiempo, daños irreparables. -- Siendo la erosión el resultado de esta práctica efectuada en el agrosistema tropical durante muchos siglos.

Al usar la labranza convencional se destruyen huevos, larvas, ninfas y adultos de insectos dañinos, pudiéndose hacer control integrado de plagas y enfermedades. Sin embargo, las operaciones de labranza causan continua reducción de agregados entre 1 y 5 mm, disminuyendo la estabilidad de los mismos (17).

2.5.3.1.1. Efectos de la labranza convencional, en las propiedades físicas del suelo.

El uso de la labranza convencional, disminuye los valores de densidad aparente en la primera capa de suelo Debi

do a que el uso adecuado del arado y el rastrillo promueve un nuevo arreglo de las partículas del suelo, aumentando - así el volumen en el mismo lo que permite mayor aireación, infiltración y almacenamiento de aguas.

Como los efectos de labor de arada y rastrillada no se alcanzan a sentir en la capa de suelo entre 25-40 cm, a dicha profundidad la densidad aparente es uniforme. Este tipo de labor permite al suelo mayor capacidadde infiltración básica, debido a que la arada profunda y la rastrillada proporcionan un nuevo arreglo a los terrones, disminuyendo la densidad aparente por el aumento de la porosidad lo cual - redunda en una mejor infiltración y almacenamiento de agua.

Se sabe que a profundidades entre 20-40 cm. la labranza convencional presenta un buen porcentaje de humedad debido a que favorece la penetración y almacenamiento de agua -- (17).

El efecto benéfico de los implementos agrícolas depende del tipo de suelo en que se usen y del cultivo que se - vaya a establecer. Así se encontró, en estudios realizados en Iowa, Estados Unidos que cuando se prepara un terreno - con arado, se obtienen rendimientos más altos en maíz, que preparando el suelo con labores superficiales. En posteriores investigaciones se encontró que la preparación del suelo con arado para el cultivo del algodón, incrementó el espacio poroso no capilar y la aireación, mientras que las labores superficiales aumentan la conductividad hidráulica y

las pérdidas por erosión (26).

La propiedad física que se ve más constantemente afectada es la compactación del suelo. En suelos que han sido trabajados constantemente con maquinaria agrícola se encuentra una capa compactada de 30 a 50 cm de profundidad, conocida como piso de arado. A consecuencia de la compactación se reduce el espacio poroso, este efecto es mayor cuando las labores se hacen en suelos con cierto contenido de humedad por lo que el suelo debe manipularse a un contenido de humedad de consistencia friable (26).

Por otro lado el uso frecuente de equipo convencionales y a la misma profundidad provoca la pérdida de la estructura de los suelos, en la capa arable de dos formas : La parte superficial pulverizada y sin restos vegetales, queda totalmente expuesta a la erosión y la parte sub-superficial compactada que impide la infiltración del agua y favorece el escurrimiento superficial.

También se ha comprobado que los valores de densidad aparente disminuye por efectos del arado de disco y el subsolador (26).

La resistencia a la penetración también indica valores más altos, aunque los valores obtenidos no reflejan más que un índice, que a su vez depende de la forma del elemento que se ha introducido en el suelo (placas, semiesferas, conos, etc.), siempre se puede encontrar una relación entre la resistencia a la penetración y la que opone el suelo a -

una acción diferente producida bien por un neumático arrastrado o motriz, o a una determinada herramienta de trabajo de un apero agrícola.

En general, antes de elegir el tipo o la secuencia de aperos a utilizar para un determinado suelo o cultivo es importante conocer a fondo las diferentes formas en que el perfil del terreno puede ser modificado por las herramientas de trabajo (26).

2.5.3.2. Labranza reducida

Consiste en el menor laboreo posible del suelo, para crear condiciones que favorecen la germinación de la semilla, el desarrollo del cultivo y el control de malezas. La labranza reducida es conocida desde el Siglo XIX, y con la introducción de los herbicidas químicos durante la década de los años 40 comenzó a recibir más atención, pues antes las malezas eran un problema insalvable. Otros términos sinónimos de labranza reducida son: Poca labranza, labranza de conservación y la no labranza (17, 26).

En suelos con pendiente pronunciada (12-45%), el uso de prácticas como la tala indiscriminada de los bosques, las quemas anuales de rastrojos; la preparación mecánica del suelo y la falta de protección al mismo durante la época lluviosa, originan pérdidas de suelo por erosión del orden de 170 a 290 toneladas de suelo/ha/año, lo que equivale a 1-3 cm de suelo/ha/año.

La práctica de la labranza reducida, reduce la erosión del suelo debido a que combina los principales métodos de preparación de la cama de siembra, entre los que se tiene el manual, químico y mecánico, utilizando este último en mínimas proporciones con el objetivo de romper el suelo. Este método ha sido adoptado por pequeños y medianos agricultores que se dedican a la explotación de tierras de baja calidad y pendientes pronunciadas.

Este sistema requiere el empleo de un equipo simple de tracción animal y energía humana; sin embargo, la práctica tiene limitaciones en cuanto que reduce el área cultivada por el agricultor a lo que él o su familia pueda manejar, - tanto en la preparación del terreno como en el control de - maleza (17).

2.5.3.2.1. Ventajas y desventajas del -- uso de la labranza reducida

Ventajas :

- Reduce la erosión del suelo.
- Mejora la fertilidad del suelo.
- Incrementa la Materia Orgánica
- Disminuye la incidencia de malezas.
- Conserva la humedad del suelo.
- Genera estabilidad del rendimiento en los sistemas de - cultivo a través del tiempo (49).

Desventajas :

- Se disminuye el área de cultivo.
- Mayor uso de mano de obra (49).

2.5.3.2.2. Efectos de la labranza reducida en las propiedades físicas del suelo.

En términos generales la labranza reducida conserva el suelo y garantiza la productividad constante (44).

La compactación del suelo se reduce considerablemente. Por ejemplo en la labranza convencional se efectúan 5 incursiones al campo con maquinaria, 1 para arar, 2 para rastrear y 2 para escardas. En labranza reducida se efectúan incursiones sólo con el arado de tiro animal (44).

Estudios realizados por ZELTKOVICH et al, han mostrado que el contenido de agua útil total del suelo hasta 1.5 m de profundidad fue mayor con labranza reducida que con labranza convencional. Esto se observó desde la siembra y durante todo el ciclo de cultivo. Sin embargo, ello no se ha traducido en un mayor rendimiento del trigo con respecto al sistema convencional, ni aún con la aplicación de 80 kg/ha de nitrógeno complementario (44).

La ganancia neta promedio de agua en el sistema de labranza reducida fue de 20 mm en el momento de la siembra y de 28 mm en el momento de la cosecha, con respecto a la labranza convencional. Este mayor contenido de agua especial

mente en la capa arable, tiene mucha importancia para realizar la inmediata implantación de otro cultivo. Estos -- mismos estudios han mostrado, además, que no hubo diferencias significativas en el consumo de agua por el trigo entre los sistemas de labranza comparados (convencional = 339 mm y reducida - 327 mm). Como consecuencia de ello, las - diferencias en la eficiencia de uso del agua estuvieron relacionadas con los niveles de rendimiento alcanzados con - ambos sistemas de labranza (44).

Según estudios recientes el laboreo reducido presentó una densidad aparente mayor que la labranza convencional y menor en comparación con la cero labranza a profundidades de 0-20 cm (17).

2.5.3.3. Labranza mínima

Este método consiste en aplicar herbicida a un campo - enmalezado una semana antes de la peña. Las malezas secas se cortan a una altura de 20-30 cm sobre el nivel del suelo, obteniéndose una cobertura (mulch) y protección del suelo. Mejor aún sería cortar a esa misma altura los residuos de la cosecha anterior, los residuos forman la cobertura orgánica muerta que protege al suelo y suprime malezas (17).

Sobre esa cobertura se puede sembrar con chuzo en áreas hasta de 1 ha, y en superficies mayores con un arado especial para labranza cero o con una sembradora especial para este método (17).

En este sistema, el uso del arado es reemplazado por la presencia masiva de diversas plantas que dan una estructura al suelo, penetrando en distintas formas aún en suelos arcillosos o pesados, estas plantas y sus raíces, después de exterminadas con herbicidas pre y post-emergentes, dejan en el suelo un laberinto de conductos que aprovechan para su desarrollo radicular, logrando una perfecta penetración en el suelo. Este sistema es estrictamente biológico y natural, el hombre interviene en forma mínima reemplazando varias plantas por las que desea establecer.

El objetivo de la labranza mínima es sembrar directamente sobre el suelo, sin ayuda de subsolador ni arado de cincel.

Este podría ser útil sólo al inicio del sistema, siempre que se use el rastrojo al 100% y se estimule el crecimiento de pastos y malezas con fertilización adecuada para su posterior control con herbicidas. Uno de los problemas más serios es lo precisa que debe ser la aplicación de cada una de las prácticas, especialmente el control de malezas (17).

2.5.3.3.1. Ventajas y desventajas del uso de la labranza mínima

Ventajas :

- Elimina el uso de arado, rastras y cultivadores con los consecuentes ahorros.

- Permite el cultivo en suelos con pendiente pronunciada.
- Disminuye hasta el 95% de la erosión hídrica del suelo.
- Permite sembrar todos los años sin descanso del suelo y usando el rastrojo del cultivo anterior.
- Permite ahorrar un promedio de 37 litros de combustible por hectárea de maíz.
- El cultivo de verano tiene menos riesgo, porque el rastrojo sobre el suelo ayuda a mantener baja la temperatura, impidiendo la evaporación.
- Mejora notablemente la infiltración del agua.
- Proporciona la posibilidad de dos cosechas al año (42).

Desventajas :

- Se debe tener una gran precisión para la aplicación de herbicidas. Donde la máquina aspersora no aplicó herbicida, no habrá cosecha.
- El uso del chuzo para la siembra, limita la extensión del área a sembrar, debido a que ésta depende de la cantidad de mano de obra.

2.5.3.3.2. Efectos de la labranza mínima en las propiedades físicas -- del suelo.

En estudios realizados en la Cordillera de la Costa de Chile, se encontró que los valores de la densidad aparente en el primer horizonte (0-5 cm), usando labranza mínima - son menores que las observadas en labranza convencional o -

en una pradera permanente. La mayor profundidad radicular que se detectó en este horizonte, debido a la mayor concentración de nutrimentos y mejor capacidad de retención de agua, puede explicar la disminución de la densidad aparente. Sin embargo, el aumento de la densidad aparente para los horizontes subyacentes, usando la labranza mínima, se pudo deber, a no haber removido el suelo como sucede con el sistema tradicional (44).

La labranza mínima ocasiona un aumento en las proporciones relativas de poros pequeños y medianos, esta tiene consecuencia en la capacidad de retención de agua. Investigadores de Europa y Africa han encontrado mayores contenidos de humedad bajo este sistema de labranza que con la convencional.

Generalmente los suelos con labranza mínima presenta mayor velocidad de infiltración que los suelos con labranza convencional. Este comportamiento se atribuye a la mayor continuidad de los poros que no son destruidos y la disminución del encostramiento superficial por el efecto protector de la cobertura de rastrojos (17).

2.5.4. Propiedades físicas del suelo

2.5.4.1. Densidad aparente

La densidad aparente es la razón de masa de suelo al volumen total. Esta densidad se expresa en gramos por centímetro cúbico (gr/cm^3), o en libras por pie cúbico ($\text{lbs.}/\text{pie}^3$) (7).

Esta medida tiene los siguientes usos :

a) Transforma los datos de humedad gravimétrica del suelo en términos de humedad volumétrica y consecuentemente calcula la lámina de agua en el suelo.

b) Calcula la porosidad total de un suelo cuando se conoce la densidad de las partículas.

c) Estima la masa de la capa arable (24).

Entre los factores que determinan la densidad aparente de los suelos se tienen: La clase de minerales, la cantidad de materia orgánica y la cantidad y naturaleza del espacio poroso del suelo. Sus valores oscilan entre 1.10 y 1.80 gr/cc (Cuadro 2).

Así mismo se ha demostrado que la labranza mecanizada reduce temporalmente la densidad aparente, dado que al arar el suelo se aumenta la porosidad superficial regresando a su estado natural en poco tiempo, debido a la intemperización; sin embargo a largo plazo, se ha podido observar que suelos labrados intensivamente aumentan su densidad aparente con el transcurso de los años debido a la compactación producida por la maquinaria. Por lo tanto, este parámetro se considera que no varía en un mismo año, sino que puede ser afectado a largo plazo (7, 17, 23).

Cuadro 2. Densidad aparente (gr/cc); de acuerdo a la tex
tura del suelo.

TEXTURA DEL SUELO	DENSIDAD APARENTE		
	MINIMA	MEDIA	MAXIMA
Arenoso	1.55	1.65	1.80
Arenoso Franco	1.50	1.55	1.65
Franco Arenoso	1.40	1.50	1.60
Franco	1.35	1.40	1.50
Franco Limoso	1.32	1.37	1.45
Franco Arcilloso	1.30	1.35	1.40
Limoso	1.25	1.30	1.35
Arcilloso Arenoso	1.25	1.30	1.35
Franco Arcillo-Limoso	1.20	1.25	1.30
Arcillo Limoso	1.20	1.25	1.30
Arcilloso	1.10	1.15	1.20

2.5.4.2. Densidad real

Las partículas de un suelo varían en su composición y en su densidad. La densidad de la fase sólida del suelo - es igual a la masa total de los sólidos dividida por el volumen total de ellos (gr/cc).

La densidad depende de la constitución química y mineralógica y del grado de hidratación de las partículas cuando ésta cae en el agua (24).

La densidad de las partículas de los suelos minerales es bastante constante y varía entre 2.0 y 2.75 gr/cc, dependiendo de los componentes químicos de las partículas.

La textura, arreglo de las partículas o fuerzas exteriores aplicadas no afectan los valores de densidad real. También se ha observado que los suelos orgánicos pueden tener menor valor de densidad real; aunque para llegar a variar significativamente este parámetro por medio de la adición de materia orgánica se necesitan grandes cantidades - aplicadas durante varios años (23, 55).

2.5.4.3. Porosidad

La porosidad del suelo se calcula con los datos de densidad real y densidad aparente. Se define como el porcentaje de la totalidad del volumen de suelo que no está ocupado por partículas sólidas (17).

Naturalmente como sólo el peso de las partículas sólidas de un suelo seco contribuyen al peso, es fácil calcular el espacio total de poros con esta fórmula :

$$\% \text{ de espacio de poros} = \frac{\text{Densidad en masa}}{\text{Densidad real}} \times 100$$

Esta expresión es el porcentaje en volumen del espacio de poros pero no las dimensiones de éstos. La porosidad total de un suelo medio es alrededor del 50%. Las arenas en general tienen un porcentaje menor, las arcillas y los suelos

orgánicos tienen mayor porosidad. Esta varía con el tamaño de las partículas y con el estado de agregación. La porosidad total no es tan interesante como la distribución de tamaños de los poros, en especial de los poros mayores. Estos aumentan con la agregación de raíces. El suelo -- ideal es el que tiene el espacio de poros dividido por -- igual entre poros grandes y pequeños. Tal suelo tiene un grado suficiente buenas propiedades de aireación, permeabilidad y retención de agua (7).

2.5.4.4. Velocidad de infiltración

La infiltración o entrada descendente del agua en el suelo, es uno de los procesos más importantes en la fase -- del suelo del ciclo hidrológico. Puesto que la penetración del agua en el suelo es causado por fuerzas matriciales además de las gravitaciones, la entrada puede escurrir no sólo en dirección descendente, sino también en direcciones -- lateral y ascendente. La infiltración en general es considerada como movimiento descendente y este aspecto es el -- evaluado en este estudio (7).

La significación de este proceso en el ciclo hidrológico es manifiesta. En éste se divide el agua de las precipitaciones o de riego, el flujo superficial y flujo subsuperficial. Es este flujo sub-superficial el que tiene particular valor en la física de suelos. Hace tiempo se reconoció que la capacidad del suelo para absorber agua por --

filtración no es constante, ya que tiende a disminuir con el tiempo durante el proceso (7).

La velocidad de infiltración depende de muchos factores, entre ellos, los siguientes: La lámina de agua para riego o generada por la lluvia, la temperatura del agua y del suelo, el contenido de humedad del suelo, estratificación, agregación, actividades microbianas, la estructura, la compactación y la textura. Con relación a la textura - varía como se presenta en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Velocidad de infiltración según clase textural.

CLASE TEXTURAL	VELOCIDAD DE INFILTRACION cm/hora
Arenoso	2.5 - 25.5
Franco	0.8 - 10.0
Arcilloso	0.10- 2.50

FUENTE : CUEVA CHAVARRIA, E.S.; et al (17)

Por lo general, la velocidad de infiltración se sitúa en una escala semilogarítmica en ordenadas y el tiempo en abscisas. La curva puede ser una línea recta que, por con siguiente, puede representarse por la ecuación definida por KOSTIAKOV en 1932, citado por GAVANDE (26), expresada de - la siguiente manera :

$$I = Kt^n$$

Donde : I = Infiltración

K = Infiltración inicial

t = Tiempo

n = Parámetros que dependen del suelo y su condición física.

El parámetro "K" representa la cantidad de infiltración durante el intervalo inicial; por lo tanto, depende de la estructura y de la condición del suelo en el momento en que se aplica el agua. Si el suelo tiene grietas y poros grandes, el valor de "K" es relativamente mayor que si solamente tiene poros pequeños (26).

El parámetro "n" indica la forma en que la velocidad de infiltración se reduce con el tiempo, por lo tanto depende, de los cambios de estructura del suelo, resultantes de la mojadura. Los suelos que se hinchan cuando se mojan y tienden a sellarse y volverse impermeables tienen un valor de "n" pequeño. Los suelos que tienen una estructura muy estable presentan exponentes mayores de 0.6 y pueden aproximarse a 1.0 bajo condiciones en que predomina el flujo gravitacional. Este parámetro también depende de la geometría del flujo (26).

2.5.4.5. Resistencia tangencial del suelo

La resistencia de un suelo a la cortadura es la resistencia interna máxima del suelo al movimiento de sus partí-

culas, es decir la resistencia al deslizamiento o resbalamiento del suelo sobre él mismo. Las fuerzas que resisten el esfuerzo cortante son la fricción y cohesión internas o intergranulares. Según la teoría, la resistencia a la cortadura aumenta linealmente con el esfuerzo normal aplicado (24).

Al agregar Materia Orgánica al suelo se mejora la resistencia al corte. El valor de cortaduras es aceptado como la principal propiedad dinámica en las interacciones entre el suelo y las máquinas. Comprende la cohesión del suelo y la fricción interna; experimentalmente se ha comprobado que el valor de la cortadura aumenta hasta alcanzar un máximo con el contenido de humedad del límite plástico, y luego decrece bruscamente hasta un valor bajo; en el límite líquido. El valor máximo es proporcional al índice de plasticidad (7).

En el estudio de CUEVA CHAVARRIA et. al., se encontró que para un suelo franco-limoso el valor promedio de esfuerzo cortante fué de 2.84 kg/cm^2 a una humedad de 21.62%; y luego de analizar los tratamientos se encontró que con la labranza convencional se obtenían valores que oscilaban entre 2.20 y 4.40 kg/cm^2 , con labranza reducida se obtuvieron valores entre 2.20 y 3.70 kg/cm^2 ; y finalmente con labranza mínima se obtuvieron valores entre 1.50 y 3.10 kg/cm^2 (17).

2.5.4.6. Resistencia a la penetración

Las observaciones de campo han permitido notar que la compactación del suelo restringe el crecimiento de las raíces y por lo tanto, el de las plantas. En 1948, BEIHMEYER y HENDRICKSON, citados por FORSYTHE (24), usaron la densidad aparente como índice de la penetrabilidad del suelo, - en trabajos con girasoles encontraron que ninguna raíz penetraba los suelos con una densidad aparente de 1.9 gr/cc o mayor. Luego en 1966, TAYLOR y GARDINER, también citados por FORSYTHE (24), encontraron que el factor básico que afecta la penetración de las raíces de algodón es la resistencia del suelo, la cual midieron con un penetrómetro estático. Estos investigadores encontraron que en un determinado suelo, la densidad aparente influye sobre su resistencia, pero que también influyeron otros factores como la succión del agua del suelo (24).

Según BAVER (7), la resistencia del suelo a la penetración es un índice integrado de la compactación del suelo, - contenido de humedad, textura y tipo de mineral de arcilla que implica la consistencia y estructura del suelo (7).

La cantidad de penetración por unidad de fuerza aplicada a un suelo varía con la forma y tipo del instrumento empleado, a medida que el penetrómetro entra en el suelo, encuentra la resistencia a la comprensión, la fricción entre el suelo y el metal y la resistencia del suelo al esfuerzo cortante, que implica la fricción interna y la cohesión. -

Estas condiciones del suelo se manifiestan junto a la punta del instrumento allí donde existan fallas (7).

El procedimiento que se usa para determinar la penetrabilidad del suelo consiste en introducir un pistón de acero inoxidable de 5 mm de diámetro hasta una profundidad de 5 mm en el suelo; tomándose lecturas a varias profundidades de suelo (7).

Según BAVER (7), los contenidos de humedad del suelo tienen un efecto sobre la resistencia a la penetración, aunque no existe una relación exacta, y hace una aproximación que se puede observar en el siguiente Cuadro.

Cuadro 4. Efecto de la humedad (%) contenida en el suelo en las lecturas del penetrómetro de 0-10 cm de profundidad.

% HUMEDAD	PENETRABILIDAD (kg/cm ²)
18	10.0
27	8.0
33	6.0

FUENTE: BAVER (7).

La compactación es otro factor que puede aumentar la resistencia a la penetración, y se puede dar en terrenos donde hay un constante laboreo del suelo durante varios años (7).

2.5.4.7. Consistencia

El concepto de consistencia del suelo comprende las manifestaciones de las fuerzas físicas de cohesión y adhe-sión que obran dentro del suelo a diferentes constantes de humedad (7).

El término describe la respuesta del suelo a fuerzas -externas tendientes a deformarlo. Fuerzas aplicadas pueden causar flujo, fractura o compresión del suelo. Na naturaleza y la extensión de la deformación depende de : 1) La textura del suelo; 2) su condición física; 3) el contenido de agua; 4) la magnitud de la fuerza aplicada; y 5) la manera en que la fuerza se aplica (24).

La humedad afecta la consistencia del suelo. La mayoría de los suelos son adhesivos y suaves cuando se saturan; en ese estado se pueden deformar fácilmente con la influencia de fuerzas externas o bajo su propio peso. Cuando el suelo está seco resiste la deformación y puede ser lo suficientemente firme para soportar grandes fuerzas. Un suelo plástico es moldeable, es decir puede deformarse o fluir bajo -la influencia de un esfuerzo cortante finito. Un cuerpo --plástico difiere de un fluido en que se requiere un esfuerzo cortante finito para causar deformación. Un fluido responde a un esfuerzo cortante infinitamente pequeño (24).

Rango plástico es el intervalo del contenido de agua en el cual un suelo presenta propiedades plásticas (24).

Se conoce como límite líquido al límite inferior de plas

ticidad bajo el cual un suelo no puede deformarse sin que se desmenuce, o sea que en dicho estado el suelo es friable y se pulveriza bien cuando se ara. El suelo más mojado que el límite plástico no se pulveriza bien cuando se ara y tiende a formar terrones compactados. Se señala como número plástico al intervalo numérico del contenido de agua entre los límites líquidos y plásticos que representan los contenidos de agua en los cuales el suelo muestra ciertas cualidades definidas de consistencia. Otro valor que tiene relación con la consistencia del suelo es el llamado "punto adhesivo" y representa la humedad mínima para la adhesión. Generalmente el punto adhesivo está cerca del límite líquido (24).

Para la agricultura, la condición ideal del suelo es tener una humedad menor que aquella del punto adhesivo y del límite inferior de plasticidad. Lo deseable es tener un suelo con capacidad de campo menor que las humedades de dichos puntos de consistencia. Si la capacidad de campo es mayor, sería conveniente un suelo con una diferencia mínima entre su capacidad de campo y estas humedades. Si la diferencia es mínima, después de una lluvia, el suelo se seca rápidamente al punto adhesivo o al límite inferior de plasticidad (24).

2.5.4.8. Estructura

El suelo es un sistema de tres fases que contiene un nú

mero casi ilimitado de componentes en fases sólido, líquido y gaseosa distribuidos al azar en el perfil de suelo y cuya ordenación está constreñida por los tamaños y la disposición de los componentes sólidos. El gran número de estos componentes hace imposible la caracterización detallada y exacta de la fase sólida (7).

Al considerar la estructura del suelo, se está haciendo una simplificación de la situación real, porque deberá entenderse por partículas no sólo las que forman los separados mecánicos como arena, limo y arcilla sino también los agregados o elementos estructurales que se han formado por agregación de fracciones mecánicas más pequeñas. La partícula designa toda unidad componente del suelo, ya sea primaria (fracción de arena, limo o arcilla) o secundaria (agregado o tactoide). La estructura del suelo es pues un arreglo u ordenación de estas partículas primarias y secundarias en ciertos modelos estructurales. Tales modelos incluyen necesariamente el espacio de poros acompañante en forma cualitativa. Por lo general sólo se logran correlaciones toscas entre una clasificación de estructuras y cualquier propiedad física de los suelos. En el orden cuantitativo, casi lo mejor que se puede hacer actualmente es concebir el suelo como colección de partículas primarias organizadas de agregados débiles que varían en tamaño y estabilidad. Los únicos valores cuantitativos que se pueden obtener por mediciones directas de la estructura son la distribución de agregados se

gún el tamaño y la cantidad y distribución por tamaños del espacio de poros entre agregados y en el seno de éstos -- (7).

2.5.4.8.1. Interacciones entre partículas de arcilla

Las materias coloidales del suelo causan la cementación de las partículas primarias en agregados estables. La agregación estable no puede producirse en arenas y limo si faltan los coloides. Se distinguen tres grupos de materiales coloidales en los suelos, las partículas de arcillas, los coloides inorgánicos (Oxidos de Aluminio y Oxidos de Hierro) y los coloides orgánicos (7).

La cohesión entre partículas de arcillas permite la formación de partículas secundarias; a través de las fuerzas de Van der Waals y las fuerzas electrostáticas (7).

Los coloides de Hierro y Aluminio han sido estudiados ampliamente y existen pruebas suficientes para sugerir que la irreversibilidad en la deshidratación del Hidróxido de Hierro coloidal es el factor más importante en la producción de agregados estables en ciertos suelos.

Con respecto a los efectos de la Materia Orgánica, hace tiempo se sabe que ésta sirve como agente granulador, la arcilla y los coloides orgánicos causan la mayor parte de la agregación del suelo, esto sugiere la posibilidad de la existencia de interacciones entre el material coloidal mineral y el orgánico para formar complejos arcillo-orgánicos. Estos

efectos beneficiosos sobre la agregación del suelo son el resultado de la actividad conjunta de los microorganismos, de la fauna y de la vegetación (7).

La incorporación de la Materia Orgánica al suelo trae a escena la acción de los microorganismos del suelo; hongos, actinomicetos, bacterias y levaduras. La Materia Orgánica en sí, sin transformaciones biológicas, tiene un efecto muy pequeño, si es que tiene alguno, en las estructuras del suelo. Los microorganismos sin Materia Orgánica como fuente - de energía son ineficaces en la producción de la agregación del suelo. Después de la incorporación de materia orgánica tiene lugar una intensa actividad microbiana. Hay gran aumento en la población de microorganismos. Los hongos y los actinomicetos producen micelios. El proceso metabólico sintetiza las complejas moléculas orgánicas. Los productos residuales de la descomposición de los materiales orgánicos - quedan en el suelo. El resultado es la producción de agregados estables. Así, la estabilidad puede ser el resultado de : 1) La acción de unión mecánica por las células y los - filamentos y de los organismos; 2) los efectos cementantes de los productos derivados de la síntesis microbiana; ó 3) la acción estabilizadora de los productos de la descomposición que obran individualmente o en combinación (7).

Los hongos ocupan el primer lugar en el efecto estabilizador debido a la unión mecánica de los agregados mediante los micelios que producen. También forman productos --

que tienen acción estabilizadora. Las bacterias producen gomas que tienen acción cementante y algunas tienen igual efectividad que los hongos (7).

En condiciones anaeróbicas las bacterias producen agregados cuya estabilidad es más duradera que en el estado -- aeróbico. Los hongos no son activos y no estabilizan la estructura en condiciones anaeróbicas (7).

Por otro lado la vegetación es otro factor en la génesis de la estructura del suelo. Primeramente produce residuos que son fuente de energía para la actividad microbiana en la formación de compuestos de humus en el suelo. Segundo, el sistema de raíces no sólo contribuye a la cantidad de residuos producidos, sino que también influye en la formación de agregados estables. Tercero, la cubierta vegetal protege la estabilidad de los agregados de la superficie contra la acción destructiva de las gotas de lluvia. - El enterramiento de un césped con el arado y la sucesiva - descomposición de las raíces muertas no causan agregación posterior, porque el humus activo se descompone energéticamente por la acción microbiana. El grado de agregación del suelo depende desde luego del período de tiempo en que el - crecimiento de las plantas no es interrumpido (18).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Localización del ensayo

La investigación se realizó durante los meses de agosto de 1993 a enero de 1994, en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, localizada en el Cantón Tecualuya, Jurisdicción de San Luis Talpa, en el departamento de La Paz, aproximadamente a 36 kilómetros de la capital. Las coordenadas geográficas del lugar son : 13°28'18" Latitud Norte; y 59°05'48" Longitud Oeste con una elevación de 47 msnm (Fig. A-42).

3.2. Características climáticas

Según la clasificación de las zonas de vida del Dr. L. H. Holdridge la zona es bhs(c), bosque húmedo subtropical; y de acuerdo a la clasificación climática de Koppen, Sapper y Lauer, la zona es Awaig, sabanas tropicales calientes, o tierra caliente. Durante el ensayo se presentó una temperatura promedio de 25.6 °C, registrándose la máxima -- 26.5 °C en el mes de agosto y la mínima 24.0 °C en el mes de noviembre. La precipitación promedio fue de 156.26 mm dejando de llover en el mes de octubre. La humedad relativa media mensual fue de 82.2%, registrándose la mínima de 74% en el mes de diciembre y la máxima 88% en el mes de septiembre.

La velocidad media del viento fue de 2.62 km/hr. La evaporación media en tanque clase A, durante los meses que duró el experimento fue de 5.22 mm.

3.3. Características edáficas

El suelo donde se realizó el experimento se clasifica como un Entisol, serie Comalapa Franco con el horizonte superior de 20 cm de espesor y profundidad efectiva de más de un metro, estudiándose los estratos inferiores hasta 60 cm de profundidad.

3.4. Vegetación predominante

El área donde se desarrolló el experimento se mantuvo sin ninguna perturbación a causa de cultivos o de otro uso durante tres años. La vegetación predominante en el inicio del ensayo fue principalmente del tipo gramíneas como pasto Guinea (Panicum maximum), Jaraguá (Hipharrenia rufa), Coyolillo (Cyperus rotundus) y Flor Amarilla (Baltimora recta).

3.5. Metodología estadística

3.5.1. Diseño estadístico

En el presente estudio se han tomado en cuenta tres sistemas de labranza y tres niveles de fertilización orgánica incluyendo la fertilización química como tratamiento testigo.

Para evaluar sus efectos se realizó un diseño estadísti

co de parcelas divididas en bloques al azar con tres repeticiones, el cual consta de parcelas grandes que se subdividen a su vez en parcelas pequeñas.

En este caso, las parcelas grandes las constituyen los sistemas de labranza, y las parcelas pequeñas los niveles de fertilización.

Los tratamientos utilizados fueron :

- S_1 : Sistema de labranza convencional.
- S_2 : Sistema de labranza reducida
- S_3 : Sistema de labranza mínima
- O_1 : Nivel de fertilización orgánica de 15 Ton/ha de compost, más 140 kg/ha de urea.
- O_2 : Nivel de fertilización orgánica de 30 Ton/ha de compost, más 140 kg/ha de urea.
- O_3 : Nivel de fertilización orgánica de 45 Ton/ha de compost, más 140 kg/ha de urea.
- Q : Nivel de fertilización química de 260 kg de fórmula 16-20-0 más 140 kg/ha de urea.

Así mismo en el modelo estadístico empleado se dieron las siguientes interacciones :

$S_1 \times O_1$	$S_2 \times O_1$	$S_3 \times O_1$
$S_1 \times O_2$	$S_2 \times O_2$	$S_3 \times O_2$
$S_1 \times O_3$	$S_2 \times O_3$	$S_3 \times O_3$
$S_1 \times Q$	$S_2 \times Q$	$S_3 \times Q$

La distribución de parcelas se muestra en la Figura --
A-43.

3.5.2. Modelo estadístico

Siendo "Y" la variable a medir y "Yijk" la observación de la unidad experimental correspondiente a la subparcela "k" de la parcela principal "j" en la repetición "i". El modelo estadístico que representa esta situación es el siguiente :

$$Y_{ijk} = M + R_i + P_j + \frac{(R*P)_{ij}}{a} + S_k + (P*S)_{jk} + \frac{(R*J)_{ij} + (R*S)_{ijk}}{b}$$

Donde :

Yijk = Cualquier observación de la unidad experimental

M = Promedio sobre el cual está girando cualquier valor del experimento.

Ri = Efecto de la i-ésima parcela repetición.

Pj = Efecto de la j-ésima parcela principal

(R*P)ij = Error (a) entre parcelas principales

Sk = Efecto de la k-ésima subparcela

(P*S)jk = Efecto de la interacción de la parcela principal "J" por la subparcela "k".

(R*J)ij+(R*P*S)ijk = Error (b) entre subparcelas

3.5.3. Análisis estadístico

Para el análisis de los resultados obtenidos en las pruebas se utilizaron Análisis de Varianza en Parcelas Divididas, Pruebas de Contrastes Ortogonales, Análisis de Correlación, Análisis de Frecuencias y gráficos.

3.6. Delimitación del área en estudio

El área donde se desarrolló el ensayo, está ubicada en el lote La Bomba, al sur-oeste del casco de la Estación Experimental.

Se delimitó el área de tratamiento, contando cada uno de ellos con los tres sistemas de labranza como parcela grande y los cuatro niveles de fertilización como parcelas pequeñas. Se proporcionó el espacio necesario para el giro del tractor y los bueyes, separando los sistemas de labranza por calles de 4 m de ancho. El área de cada parcela grande fué de 150 m^2 , dividida en cuatro parcelas pequeñas de 40 m^2 cada una. Siendo el área total cultivada de $1,440 \text{ m}^2$; utilizando 8 m^2 como área útil para muestreos en cada parcela pequeña (Fig. A-43).

3.7. Propiedades a evaluar

3.7.1. Propiedades físicas del suelo

La evaluación de estas propiedades se realizó antes de llevar a cabo las labores de preparación del suelo, con el objetivo de conocer la mayor parte de las propiedades físicas del suelo en estudio.

Las propiedades evaluadas previas a las labores de preparación del suelo (dos días antes), fueron las siguientes: Densidad aparente, densidad real, porosidad, consistencia, textura, esfuerzo cortante, penetrabilidad, velocidad de in

infiltración y estructura, evaluándose al final solamente los últimos cuatro citados, y los cuales fueron muestreados después de la labranza del suelo. El esfuerzo cortante y la penetrabilidad se evaluaron a los 80 días después de labrado el suelo, la infiltración a los 45 días; y la estructura, 20 días después de la labranza de preparación de suelo.

3.7.1.1. Densidad aparente (gr/cc)

Para la realización de esta prueba, se utilizó el método del cilindro de volumen conocido, por medio del muestreador cilíndrico tipo Uhland. Obteniéndose 18 muestras provenientes de las 9 parcelas grandes (de 3 sistemas de labranza con 3 repeticiones) a 2 profundidades del perfil del suelo (0-20 cm y de 20-40 cm).

3.7.1.2. Densidad real (gr/cc)

En la determinación de la densidad real se utilizó el método del picnómetro (100 ml de capacidad de kerosene), utilizando 50 gr de suelo que fueron sacadas de las muestras a las que se les determinó anteriormente la densidad aparente, siendo por lo tanto el mismo número de muestras. Se calculó la densidad real como la relación del peso seco y el volumen de kerosene desplazado.

$$r = \frac{\text{Peso de suelo seco}}{\text{Volumen de kerosene desplazado}}$$

3.7.1.3. Porosidad (%)

El cálculo o determinación del espacio poroso existente en el suelo se realizó con la siguiente fórmula :

$$\% \text{ total de poros} = \frac{(\text{Densidad Aparente})}{(\text{Densidad real})} \times 100$$

3.7.1.4. Consistencia del suelo

Esta medición se llevó a cabo con el objetivo de obtener respuesta del suelo, a las fuerzas externas que aplicadas sobre la superficie tienden a deformarlo. El método utilizado fue el del vidrio de reloj y papel gráfico de 1/8" que sirvió de guía para obtener el tamaño de los hilos de suelo formados en el plato de vidrio. Este parámetro se determinó para las parcelas grandes (3 sistemas de labranza con 3 repeticiones), totalizando 9 muestras.

3.7.1.5. Textura

La textura se determinó por medio del análisis de Bouyoucos, y haciendo uso del triángulo textural se identificó cada muestra. Las muestras analizadas correspondieron a las parcelas grandes (nueve muestras).

3.7.1.6. Esfuerzo cortante (Kg/cm²)

En esta determinación se utilizó el torsiómetro de aletas, aparato que cuenta con un mecanismo de reloj, el cual, determina la resistencia que opone el suelo a ser cortado;

expresando este valor en kg/cm^2 . Esta propiedad se determinó en la superficie limpia del suelo y con respecto a -- las parcelas grandes (nueve muestras).

3.7.1.7. Penetrabilidad

Las pruebas se realizaron en puntos al azar y a tres - profundidades (0-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm) para cada parcela grande (nueve muestras), totalizando 27 muestras, antes de las labores y 27 muestras después. Para ello se utilizó el penetrómetro de pistón con punta plana, tomando 20 lecturas a cada profundidad de las cuales se obtuvo un promedio. Las unidades en que se midió esta variable fueron kg/cm^2 .

3.7.1.8. Velocidad de infiltración (cm/h)

Para esta prueba se utilizaron cilindros infiltrómetros, los cuales se instalaron uno por cada parcela grande (9 en total), con el fin de evaluar la capacidad de infiltración que tiene el suelo en cm/hr, totalizando 18 pruebas (9 antes de las labores y 9 después).

3.7.1.9. Estructura.

El análisis estructural de las partículas y agregados - del suelo, se hizo de acuerdo con los parámetros propuestos por BAVER et al (7). Para ello se determinó el grado, clase y tipo de agregado, estableciéndose esta propiedad antes

de las labores de preparación del suelo en las parcelas -- grandes (en total 9), y después de la preparación del suelo en las parcelas pequeñas (para los niveles de fertilización, siendo 36), totalizando 45 muestras.

3.7.2. Propiedades químicas

Las propiedades químicas fueron evaluadas, antes de las labores de preparación del suelo e incorporación del abono orgánico, muestreando 9 sitios al azar en las parcelas grandes, las cuales fueron homogenizadas según el sistema de labranza. Al final del período de cosecha, se obtuvo una muestra por interacción de tratamientos (sistema de labranza por nivel de fertilizante), totalizando 12 muestras. Además se obtuvo una muestra de abono orgánico para analizar qué cantidad de elementos estaban contenidos en el material.

Las propiedades químicas del suelo evaluados fueron: - Materia Orgánica (en porcentaje, por volumetría REDOX) y - de su extracto con solución de Carolina del Norte (doble ácido) se determinó el Nitrógeno nítrico (Método colorimétrico) y el Fósforo, este último por espectrofotocolorimetría; el Potasio, Calcio, Magnesio, Hierro, Cobre, Manganeso y -- Zinc, fueron determinados por absorción atómica (aparato de fotometría de absorción atómica y sus diferentes lámparas); y para pH se empleó el método electrométrico (potenciómetro y solución buffer).

3.7.3. Propiedades biológicas del suelo

Se determinaron los microorganismos presentes en el suelo en forma previa a las labores de labranza (8 días antes), tomándose una muestra por parcela grande, totalizando nueve. En la fase final del cultivo se realizó otra determinación, muestreando cada parcela pequeña y homogenizando según cada repetición (analizando 12 muestras). La profundidad del muestreo fue de 20 cm. Para bacterias se realizó un análisis cuantitativo, para hongos se determinaron los géneros (análisis cualitativo) y para nemátodos se hizo el análisis cuantitativo y cualitativo a la vez. La realización del tipo de análisis dependió de la disponibilidad de equipo del Laboratorio de Protección Vegetal de la - Facultad de Ciencias Agronómicas.

El análisis de bacterias se llevó a cabo por el método de dilución en placas vertidas, que posteriormente se cultivó en agar nutritivo para realizar el recuento de colonias, transcurridas 24 horas. El proceso consistió en diluir un gramo de muestra, en nueve milímetros de agua destilada estéril, diluyendo en concentraciones de 1/10 a 1/100,000 - de las cuales se tomó un mililitro de cada una, colocándolo en cajas de Petri, donde se mezcló con agar nutritivo homogenizando por rotación. Después se hizo el recuento de colonias por caja de Petri y se multiplicó por el número de - dilución utilizado, obteniendo como resultado el n^omero de colonias para 1 ml de agua.

La evaluación de los hongos del suelo se realizó por cultivo en medio PDA (Papa Dextrosa-Agar); se llevó a cabo diluyendo un gramo de suelo en nueve mililitros de agua -- destilada estéril, tomando una asada (con asa bacteriológica) de esta suspensión para sembrarla en PDA la cual se mantuvo a temperatura ambiente por 48 horas. Se utilizó luego una pipeta y cámara cuenta glóbulos rojos, se tomaron 0.05 ml y se llevaron a 1.01 ml con azul de metileno (diluyente) para su posterior recuento.

Finalmente los nemátodos se extrajeron por el método de centrifugación y flotación en el cual se utilizó una muestra de suelo (100 gr) disuelta en agua (2 lt), la cual reposó por 30 segundos pasándola por una serie de tamices (60 y 325 Mesh), respectivamente, en forma repetitiva (3 veces). Los resultados de la extracción se colocaron en un vidrio de Syracuse, en los cuales se observó el género y número de nemátodos.

3.7.4. Características morfológicas del cultivo

Para el presente estudio fue utilizado como cultivo indicador el maíz (Zea mays L.) variedad H-5. Las características de esta variedad se presentan en el Cuadro A-1.

Las características evaluadas fueron : Germinación (%), altura de plantas (cm), diámetro de tallo (mm), y longitud de raíces (cm), los cuales se tomaron de 20 plantas por tratamiento a los 30 y 60 días de desarrollo fisiológico -

del cultivo y en forma azarizada.

3.7.5. Rendimiento en grano seco

Comprendió la evaluación de rendimiento en la producción de granos (kg/ha), se determinó el peso de grano seco por tratamiento, tomando 35 mazorcas al azar del área útil.

3.8. Metodología de campo

3.8.1. Preparación del suelo

3.8.1.1. Sistema de labranza convencional

La preparación del suelo con el sistema de labranza convencional, tuvo los siguientes pasos : Chapoda, que se realizó con una chapodadora mecánica ajustada para un corte a ras del suelo; dos pasos de arado, con arado de discos, el primero en sentido de la pendiente y el segundo en sentido transversal a ésta; dos pasos de rastra, utilizando una rastra liviana de disco escotado y de la misma forma que los pasos de arado.

3.8.1.2. Sistema de labranza reducida

Comprendió la utilización del arado de madera tirado por bueyes, las malezas se cortaron en forma manual con el objeto de prescindir del uso de cualquier tipo de maquinaria. Se efectuaron dos pasos de arado, uno en sentido a la pendiente y el otro en forma transversal.

3.8.1.3. Sistema de labranza mínima

Consistió en la mínima remoción posible del suelo procurando afectar únicamente la parte donde se desarrollaría la planta. Las malezas se cortaron en forma manual, dejando los rastrojos sobre la superficie del suelo, con el objeto de formar una capa que protegiera al suelo de la erosión hídrica y eólica y disminuyera el rebrote de malezas.

3.8.2. Siembra

3.8.2.1. Siembra en labranza convencional

Esta actividad se realizó con una sembradora fertilizadora, calibrada a manera de obtener un distanciamiento - entre surcos de 0.80 m y 0.20 m entre plantas dejando caer dos semillas por postura.

3.8.2.2. Siembra en labranza reducida

En este sistema la siembra se realizó luego del segundo paso de arado manteniendo el distanciamiento de 0.80 m entre surcos y 0.20 m entre plantas, depositando dos semillas por postura.

3.8.2.3. Siembra en labranza mínima

La siembra se efectuó con un apero tradicional de labranza conocido como chuzo, ubicándose las posturas de semilla en sentido transversal a la pendiente, dejando un distancia-

miento de 0.50 m entre surcos y 0.20 m entre posturas y colocando dos semillas por golpe.

3.8.3. Fertilización

3.8.3.1. Fertilización orgánica

La fertilización orgánica se realizó por postura un día después de la siembra, distribuyendo uniformemente el compost en toda la parcela pequeña. En los sistemas de labranza convencional y reducida los tratamientos se aplicaron sobre el surco de siembra, procurando no cubrir excesivamente la semilla. En el sistema de labranza mínima los tratamientos se aplicaron por postura de semillas. El abono orgánico se obtuvo de composteras o aboneras tipo trinchera que fueron elaboradas con anterioridad al ensayo por el Departamento de Suelos en coordinación con la Unidad de Proyección Social de la Facultad de Ciencias Agronómicas. El compost fue trasladado al lugar del ensayo, dos días antes de ser utilizado.

El proceso que se siguió para la elaboración del compost, fue de la manera como se detalla a continuación : Las trincheras se ubicaron en una zona con 50% de sombra y con una fuente de agua cercana, se excavó la trinchera en el suelo con las siguientes dimensiones: 2.5 m de largo, 2.0 m de ancho y 1.5 m de profundidad, construyéndosele una empalizada de 0.5 m de altura y se le dejó un espacio interior de 0.5 m de ancho (Figura A-44), con el propósito de facilitar el -

volteo y manejo de la abonera de la cual se obtuvo un volumen de 6.0 m^3 de abono. Las materias primas para la elaboración fueron: estiércol de aves (gallinaza), como fuente de Nitrógeno, pasto elefante (Pennisetum purpureum), como materia verde; urea, cal hidratada y tierra del lugar. Seleccionados los materiales se colocaron dentro de la abonera en el siguiente orden : Primero una capa de material verde de 20 cm de espesor, luego una capa de gallinaza de 5 cm de espesor, se aplicó urea (1 lb) al voleo y cal hidratada (1 lb) al voleo sobre estas capas, y finalmente una capa de tierra de 5 cm de espesor. Sucesivamente se fueron repitiendo las capas en el orden indicado, hasta cubrir los 1.5 m de profundidad de la abonera.

3.8.3.2. Fertilización química

Como testigo del ensayo se utilizó el tratamiento con fertilizante químico. La determinación de la dosis se basó en las cantidades de fertilizantes por hectárea que utilizan los agricultores de la zona, los cuales son 260 kg/ha de fórmula 16-20-0. Esto significa que por parcela pequeña de 40 m, se aplicaron 1.04 kg de fórmula 16-20-0.

A los 30 días después de la siembra se notó amarillamiento de las hojas y deficiente desarrollo general de las plantas en todos los tratamientos por lo que se optó en -- aplicar Urea en dosis de 140 kg/ha a toda el área del ensayo; lo que significa 0.57 kg por parcela pequeña.

3.8.4. Control de plagas del suelo

La plaga del suelo que se presentó en el ensayo fué . gallina ciega (Phyllophaga spp), la cual se controló con - Volatón (i.a. Phoxim) en dosis de 100 lb/mz, colocándolo al .voleo después del paso de arado e incorporándolo con los dos pasos de rastra en el sistema de labranza convencional. En el sistema de labranza reducida se colocó en el surco - con la postura de las semillas; y en el sistema de labranza mínima se colocó en cada postura.

3.8.5. Control de plagas del follaje

Las plagas del follaje que se presentaron durante el ensayo fueron: Chicharrita (Dalbulus maydis), gusano cogollo (Spodoptera frugiperda) y tortuguillas (Diabrotica - spp), las cuales se controlaron con Curacrón (i.a. Profenophos) a razón de 0.5 lt/mz a los 15 y 20 días de establecido el ensayo.

3.8.6. Control de enfermedades

Durante el ensayo no se presentaron enfermedades que afectaran al cultivo, a excepción de algunos casos aislados de tizón del maíz (Helminthosporium torcicum), por lo tanto no fue necesario utilizar ningún tipo de producto químico - para su control.

3.8.7. Riego

Debido a que las lluvias se retiraron durante la segunda semana del mes de octubre, se aplicaron dos riegos: A los 49 días y a los 59 días después de la siembra; período que fue suficiente para terminar con la etapa de formación del grano del cultivo.

3.8.8. Cosecha

La cosecha se realizó a los 105 días de sembrado el cultivo, tomando como muestra 35 plantas por tratamiento. Las mazorcas se colocaron en sacos previamente identificados, los que fueron trasladados al casco de la Estación Experimental, donde se desgranó mecánicamente y por separado, para obtener el peso exacto de cada muestra.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Propiedades físicas

4.1.1. Densidad Aparente, Densidad Real, Porosidad y Consistencia del Suelo.

Los resultados de estas propiedades se presentan en el Cuadro 5, realizados únicamente al inicio del ensayo.

Dichos valores son aceptados por varios autores (7, - 17, 24, 26) como normales para suelos minerales y de textura Franco Limosa y Franco Arenosa (Cuadro A-2).

La razón por la cual no se evaluaron al final, es porque diferentes investigadores (7, 16, 17, 23), se refieren a estas propiedades afirmando que sus variaciones son pocas a través de muchos años. Aún la acción de la labranza y la adición de Materia Orgánica reflejan sus efectos a largo --plazo. Sin embargo, estas propiedades se determinaron para establecer relaciones con futuros estudios.

La acción que se podría esperar de la labranza es especialmente cuando se usa maquinaria, donde el uso intensivo a través de los años aumenta la compactación, disminuyendo el tamaño de los agregados del suelo, y los volúmenes de -poros, alterando principalmente la Porosidad y Densidad Aparente.

En cambio la Densidad Real y Consistencia no son afectadas, pues dependen de la Naturaleza de las partículas del suelo (7).

CUEVA CHAVARRIA et al (17) no encontraron diferencias significativas en la Densidad Aparente, Porosidad y Consistencia, al aplicarle labranza al suelo en un período de -- evaluación de un año, y concluyeron que podrían haber cambios a largo plazo.

Cuadro 5. Valores promedios de la Densidad Aparente (gr/cc), Densidad Real (gr/cc); Porosidad (%) y Consistencia del suelo, anterior al tratamiento - con tres sistemas de labranza. San Luis Talpa, La Paz. 1993.

PROPIEDADES FISICAS	SISTEMAS DE LABRANZA				
	Conven cional	Reducida	Mínima	Promedio	ANVA
Densidad A <u>pa</u> rente					
0-20 cm	1.17	1.19	1.11	1.16	n.s.
Densidad A <u>pa</u> rente					
20-40 cm	1.27	1.14	1.19	1.20	n.s.
Densidad Real					
0-20 cm	2.56	2.24	2.25	2.35	n.s.
Densidad Real					
20-40 cm	2.58	2.54	2.47	2.53	n.s.
Porosidad					
0-20 cm	54.28	46.75	50.20	50.41	n.s.
Porosidad					
20-40 cm	50.71	54.65	51.52	52.29	n.s.
Consistencia					
Límite plástico	27.03	28.38	29.23	28.21	n.s.

CUADRO 6 Valores promedios de Velocidad de Infiltración (cm/h), Esfuerzo Cortante (Kg/cm²), Resistencia a la Penetración (Kg/cm²) y Estructura del suelo, anterior y posterior al tratamiento con tres sistemas de labranza. CAPREX. San Luis Talpa, La Paz. 1993.

PROPIEDADES FÍSICAS	SISTEMAS DE LABRANZA				
	CONVENCIONAL	REDUCIDA	MINIMA	PROMEDIO	ANVA
VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN INICIAL	4.339	7.398	9.962	7.23	*
VELOCIDAD DE INFILTRACION FINAL	3.37	6.19	11.84	7.13	
ESFUERZO CORTANTE INICIAL	2.59	2.71	2.75	2.68	n. s.
ESFUERZO CORTANTE FINAL	3.13	2.98	3.3	3.14	n. s.
RESISTENCIA A LA PENETRACION INICIAL 0 a 20 cm.	2.05	2.06	1.94	2.02	n. s.
RESISTENCIA A LA PENETRACION INICIAL 20 a 40 cm.	2.25	2.63	2.68	2.52	n. s.
RESISTENCIA A LA PENETRACION INICIAL 40 a 60 cm.	4.41	4.24	4.5	4.38	n. s.
RESISTENCIA A LA PENETRACION FINAL 0 a 20 cm.	2.73	2.19	2.26	2.39	n. s.
RESISTENCIA A LA PENETRACION FINAL 20 a 40 cm.	4.5	4.37	4.5	4.46	n. s.
RESISTENCIA A LA PENETRACION FINAL 40 a 60 cm.	4.41	4.24	4.43	4.36	n. s.

* : Significativo al 5%.

n. s. : no significativo

CUADRO 6 Valores promedios de Velocidad de Infiltración (cm/h), Esfuerzo Cortante (Kg/cm²), Resistencia a la Penetración (Kg/cm²) y Estructura del suelo, anterior y posterior al tratamiento con tres sistemas de labranza. CAPREX. San Luis Talpa, La Paz. 1993.

PROPIEDADES FÍSICAS	SISTEMAS DE LABRANZA				ANVA
	CONVENCIONAL	REDUCIDA	MINIMA	PROMEDIO	
ESTRUCTURA INICIAL 0 - 3 cm	GRANULAR FINA FINA MODERADA	GRANULAR FINA MODERADA	GRANULAR FINA MODERADA	-	-
ESTRUCTURA INICIAL 3 - 10 cm	GRANULAR MUY FINA MODERADA	GRANULAR MUY FINA MODERADA	GRANULAR FINA MODERADA	-	-
ESTRUCTURA INICIAL 10 - 20 cm	GRANULAR MUY FINA DEBIL	GRANULAR MUY FINA MODERADA	GRANULAR FINA DEBIL	-	-
ESTRUCTURA INICIAL 20 - 40 cm	GRANULAR MUY FINA MODERADA	GRANULAR MUY FINA MODERADA	GRANULAR FINA MODERADA	-	-
ESTRUCTURA FINAL 0 - 3 cm	GRANULAR MUY FINA MODERADA	GRANULAR FINA MODERADA	GRANULAR FINA MODERADA	-	-
ESTRUCTURA FINAL 3 - 10 cm	GRANULAR MUY FINA DEBIL	GRANULAR MUY FINA MODERADA	GRANULAR FINA MODERADA	-	-
ESTRUCTURA FINAL 10 - 20 cm	GRANULAR MUY FINA DEBIL	GRANULAR MUY FINA MODERADA	GRANULAR FINA DEBIL	-	-
ESTRUCTURA FINAL 20 - 40 cm	GRANULAR MUY FINA MODERADA	GRANULAR MUY FINA MODERADA	GRANULAR FINA MODERADA	-	-

Respecto a la adición de Materia Orgánica, esta podría mejorar la Porosidad y por ende la Densidad Aparente (no así la Densidad Real que no es afectada) aplicada en grandes cantidades durante varios años (7, 16, 23). Y en la Consistencia, BAVER (7), precisa que la variación también es a largo plazo de (1% en diez años) en suelos fertilizados orgánicamente.

4.1.2. Velocidad de infiltración, Esfuerzo Cortante, Resistencia a la Penetración y Estructura de Suelo

Los resultados de estas propiedades se presentan en el Cuadro 6, los cuales se realizaron respecto a los sistemas de labranza que son los que tienen un efecto mayor en las propiedades físicas. Los valores encontrados se consideran como normales para suelos con textura Franco Arenosa y Franco Limosa (7, 17, 24, 26).

A cada propiedad se le hizo el Análisis de Varianza, no encontrándose diferencias significativas, a excepción de la Velocidad de Infiltración (que fue significativa) y la Estructura que se analizó por medio de Frecuencias.

En el caso de la Velocidad de Infiltración, ésta se comportó de la siguiente manera: La labranza Reducida y Convencional redujeron sus valores finales respecto a los iniciales; en cambio la labranza mínima aumentó. Según la prueba de Tukey hay una diferencia significativa al 5% en-

tre la labranza Mínima y la Convencional, pero no así entre la Mínima y la Reducida.

Este comportamiento se debe a que la Velocidad de Infiltración depende de la Porosidad y Estructura, y por lo tanto de la textura, así como también de la labranza, que de acuerdo a varios autores (17, 23), consideran que la labranza Convencional promueve un nuevo arreglo de las partículas del suelo, interrumpiendo la continuidad de los poros, compactando el suelo y disminuyendo su infiltración. Lo cual concuerda con el resultado obtenido en la Resistencia a la Penetración, la cual fue mayor para la labranza Convencional al final del ensayo (Cuadro 6).

Esta situación no ocurre en los suelos con labranza Mínima, ya que ésta no causa la disturbación del suelo, lo que permite la continuidad de la columna de agua, manteniendo una Velocidad de Infiltración mayor. Y entre la labranza Reducida y la Mínima se observa que la última es mayor (aunque no significativamente), lo que puede deberse a la remoción del arado y el pisoteo de los animales que aumenta la compactación.

Respecto al Esfuerzo Cortante, al inicio del ensayo se realizaron con un contenido de humedad promedio de 26.36% (Cuadro A-3), el cual es un poco menor que el Límite de Plasticidad (Consistencia) del suelo (28.21%, Cuadro 5), que permitió una buena Estructura del suelo reduciendo el Esfuerzo Cortante requerido por los aperos de labranza.

En el segundo muestreo el Esfuerzo Cortante es mayor - que el primero debido a que el contenido de humedad del -- suelo es menor (2.49%) en promedio (Cuadro A-4). Al respecto FORSYTHE (24), demostró que la relación entre el contenido de humedad y el Esfuerzo Cortante es inversamente proporcional.

Tampoco en el segundo muestreo hubo diferencia significativa en el Análisis de Varianza, lo que significa que se - requiere de la misma fuerza sobre el suelo para ser cortado, lo cual se debe al tipo de Estructura (Granular fina débil en promedio, Cuadro 6), en la que los pedios (unidades de suelo) están débilmente unidas (7).

En cuanto a Resistencia a la Penetración, aunque no se encontraron diferencias estadísticamente significativas, - se observó que al final, la labranza Convencional produjo el mayor valor, debiéndose este comportamiento, según algunos autores (23, 26), a que este sistema aumenta la comcompactación superficial por el uso de maquinaria pesada, situación que no ocurre en los demás sistemas de labranza. Un suelo compactado, en consecuencia, es más resistente a la penetración de raíces y arados.

Al comparar los datos iniciales con los finales, se observó que al final son mayores, lo que se asocia con los - porcentajes de humedad presentes en el suelo, lo cual se - puede ver en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Comparación entre los valores de Resistencia a la Penetración inicial y final (kg/cm^2) y sus respectivos porcentajes de humedad, en suelos tratados con tres tipos de labranza. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993.

PROFUNDIDAD (cm)	PENETRABILIDAD INICIAL	PORCENTAJE DE HUMEDAD	PENETRABILIDAD FINAL	PORCENTAJE DE HUMEDAD
0-20	0.67	26.86	2.39	2.49
20-40	2.52	24.45	4.46	3.88

La relación inversamente proporcional en el Cuadro 7, debió a que el proceso de desecación las partículas se acercan unas a otras aumentando la Resistencia a la Penetración.

También se observó el aumento de la Resistencia a la Penetración a medida se profundiza en el suelo, que de acuerdo a BAVER (7), es un comportamiento que se registra en la mayoría de los suelos y en los arcillosos es mayor.

Finalmente, en la Estructura solamente se observó un cambio en el sistema de labranza Convencional en la clase de estructura, que al analizarlo estadísticamente se determinó que tiene una Frecuencia Relativa de 77.77% para una profundidad de 0-3 cm. Esto quiere decir que pasó de una clase fina a muy fina en el 77.77% de los casos. La labranza Reducida mostró una Frecuencia de 33.33% y la Mínima de 0%, es decir no afectó la Estructura original del suelo manteniendo las características de clase y durabilidad de los peds.

El cambio en la labranza convencional es porque ésta proporciona una mayor cantidad de agregados pero de menor tamaño, aún comparado con el sistema Reducido, debido al paso del arado y el rastreado del suelo que disminuye el tamaño de los peds y aumenta su número.

4.2. Propiedades químicas

Las propiedades químicas del suelo se resumen en el Cuadro 8, donde se presentan los resultados iniciales y finales, los cuales se analizan en el Cuadro 9 y 10, según su grado de disponibilidad para la planta, y como podrá observarse ambos muestreos son muy semejantes.

Sin embargo, hubo ligeros incrementos para los siguientes elementos: Materia Orgánica, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Hierro y Cobre, que pueden interpretarse como un aporte del Compost a la fertilidad del suelo, lo cual puede observarse también a través del Análisis de Regresión Lineal en el Cuadro 11 y 12, donde la Materia Orgánica, Fosforo, Potasio, Magnesio, Cobre y Zinc, tuvieron correlaciones positivas, aunque no significativas. Es decir que a medida aumentaban las dosis de Compost también estos elementos mejoraban. Algunos autores (22, 52), obtuvieron resultados semejantes y lo atribuyen al suministro de nutrientes por parte de los abonos orgánicos, que liberan elementos nutritivos a través de reacciones químicas de mineralización -- que se dan debido al ataque de los microorganismos del suelo.

CUADRO 8 Comportamiento químico de un suelo Entisol, sometido a tres tipos de labranza, diferentes m cultivado con Maíz (Zea mays L). A una profundidad de 0-20 cm durante los meses de agosto CAPREX, San Luis Talpa, La Paz.

TRATA- MIENTOS	Materia Orgánica		Fósforo		Potasio		Calcio	
	M. O. %		P ppm		K ppm		Ca ppm	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
S101	1.86	3.37	24.33	30	170	232.5	1020.83	1320
S102	1.86	4.77	24.33	34	170	232.5	1020.83	1285
S103	1.86	3.32	24.33	35	170	227.5	1020.83	1385
S1Q	1.86	3.06	24.33	11.5	170	256.5	1020.83	1450
S201	1.48	1.61	25.77	71.5	175	165	916.67	1020
S202	1.48	1.59	25.77	28	175	170	916.67	1105
S203	1.48	1.74	25.77	32.5	175	190	916.67	1190
S2Q	1.48	1.57	25.77	15.5	175	230	916.67	1315
S301	1.65	2.5	21.33	26	205	325	969.17	1280
S302	1.65	2.5	21.33	27	205	302.5	969.17	1245
S303	1.65	2.53	21.33	30.5	205	322.5	969.17	1275
S3Q	1.65	2.5	21.33	47.5	205	232.5	969.17	1195

*El Nitrógeno fue menor de 35 ppm en todos los casos.

CUADRO 8 Comportamiento químico de un suelo Entisol, sometido a tres tipos de labranza, diferentes m cultivado con Maíz (Zea mays L). A una profundidad de 0-20 cm durante los meses de agosto y septiembre. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz.

TRATA- MIENTOS	HIERRO		Cobre		Manganeso		Zinc	
	Fe ppm		Cu ppm		Mn ppm		Zn ppm	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
S101	19.95	13.5	0.43	0.4	33.53	18.8	3.52	0.6
S102	19.95	41.1	0.43	0.65	33.53	30.8	3.52	0.6
S103	19.95	23.7	0.43	0.6	33.53	27.3	3.52	0.75
S1Q	19.95	33.2	0.43	0.55	33.53	33.11	3.52	0.55
S201	21.97	19.2	0.54	0.55	35.83	11.5	5.71	0.5
S202	21.97	31.1	0.54	0.65	35.83	20.5	5.71	0.6
S203	21.97	17.1	0.54	0.55	35.83	22.3	5.71	0.8
S2Q	21.97	35.5	0.54	0.55	35.83	30	5.71	0.7
S301	19.4	24.9	0.52	0.6	34.53	28.3	3.56	0.75
S302	19.4	24.7	0.52	0.6	34.53	26	3.56	0.8
S303	19.4	26.9	0.52	0.55	34.53	24	3.56	0.9
S3Q	19.4	18.8	0.52	0.5	34.53	22	3.56	0.75

Cuadro 9. Interpretación de la fertilidad del suelo, anterior a los tres tipos de labranza, diferentes dosis de fertilización Talpa, La Paz. 1993.

SISTEMA DE LABRANZA	PARAMETROS QUIMICOS							
	pH	M.O. %	N ppm	P ppm	K ppm	Ca ppm	Mg ppm	Fe ppm
Convencional	6.3*	1.86 Bajo	35.00 Bajo	24.35 Medio	170.00 Alto	1020.83 Alto	120.00 Bajo	19.95 Bajo
Reducida	6.4*	1.48 BAJO	35.00 BAJO	25.77 MEDIO	175.00 ALTO	916.67 ALTO	120.00 BAJO	21.97 MEDIO
Mínima	6.4*	1.65 BAJO	35.00 BAJO	21.33 MEDIO	205.00 ALTO	969.17 ALTO	120.00 BAJO	19.40 BAJO

* : Ligeramente ácido.

Cuadro 10. Interpretación de la fertilidad del suelo, sometido a tres tipos de veles de fertilización. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993.

SISTEMA DE LABRANZA	PARAMETROS QUIMICOS							
	pH	M.O. %	N ppm	P ppm	K ppm	Ca ppm	Mg ppm	Fe ppm
Convencional	6.275*	3.63 BAJO	35.00 BAJO	27.625 MEDIO	237.2 ALTO	1360.00 ALTO	190.00 BAJO	28.775 MEDIO
Reducida	6.30*	1.62 BAJO	35.00 BAJO	36.875 ALTO	188.75 ALTO	1157.50 ALTO	165.00 BAJO	25.72 MEDIO
Mínima	6.42*	2.582 BAJO	35.00 BAJO	32.75 ALTO	295.62 ALTO	1248.75 ALTO	163.75 BAJO	23.825 MEDIO

* Ligeramente ácido.

Cuadro 11. Coeficientes de correlación para los parámetros químicos de un suelo En
 rentes dosis de fertilización, tres tipos de labranza y cultivo con maíz
 Talpa, La Paz. 1993.

SISTE MA	PARAMETROS QUIMICOS									
	%M.O.	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn	
S ₁	0.3645	0.8772	-0.8614	-0.4072	0.9129*	0.1097	0.4781	0.1112	0.8944	-0
S ₂	0.8241	0.0400	-0.5025	-0.2975	-0.9487*	-0.6232	0.2582	-0.2396	-0.2582	0
S ₃	-0.7178	-0.6442	0.7384	0.6782	0.54	0.8904	0.4000	0.1769	0.9129*	0

*-/ Valor significativo al 5% de probabilidad.

Cuadro 12. Coeficientes de correlación para los parámetros químicos,
 dos a diferentes niveles de fertilización, tres tipos de
 con maíz, para datos obtenidos del promedio de nutrientes
 de labranza. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993.

DATOS	PARAMETROS QUIMICOS									
	%M.O.	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn	
Prome dio	0.3525	0.0677	0.4133	-0.1768	0.6742	0.0690	0.5115	-0.1836	0.7443	0

** -/ Valor significativo al 10% y 5% de probabilidad.

También hubo elementos que no cambiaron su disponibilidad en el suelo, pero disminuyeron sus concentraciones al final y son los siguientes : Magnesio, Manganeso y Zinc.

El Magnesio además de disminuir al final, presentó una correlación positiva y significativa en el S_2 (Cuadro 11). Estos diferentes comportamientos se atribuyen a que este elemento es bastante móvil y cambia sus concentraciones muy fácilmente (22).

En relación al Manganeso, no sólo disminuyó al final sino que su correlación es negativa, concordando con los resultados obtenidos por TYSDALE (54), quien menciona que la deficiencia en Manganeso se va haciendo más severa en la medida aumenta el contenido de Materia Orgánica en el suelo.

Y en cuanto al Zinc, su disminución al final se atribuye a que el cultivo de maíz es bastante exigente de este elemento (18) y además guarda una relación inversa con el Fósforo y el pH disminuyendo su solubilidad (22). Sin embargo, en el análisis de Correlación se observa que fue positivo y con un alto coeficiente que se debe al alto contenido de Zinc en el Compost (Cuadro A-7).

También se observó una correlación negativa en el Calcio y el Hierro, a pesar de ser mayores sus concentraciones al final. Pero hay que tomar en cuenta que sus coeficientes de correlación son bajos y no significativos, y su comportamiento puede deberse más bien a la heterogeneidad del suelo, siendo de mayor validez el resultado de tener -

mayores concentraciones al final, pudiendo significar un aporte del Compost.

Finalmente para el pH, los valores encontrados al inicio favorecen las reacciones químico-biológicas del suelo (22, 52, 54), y en el segundo muestreo se observaron valores similares, lo que indica que las cantidades aplicadas de Compost no son lo suficientemente grandes como para alterar significativamente el pH.

Pero se observó en la correlación una significancia positiva en el S_3 y en los promedios de labranza también hay significancia positiva, es decir el pH aumentó a medida se aumentaba el Compost, aunque estos cambios son pequeños y no varía el grado de acidez (se mantiene ligeramente ácido), se puede decir que es debido a la reacción alcalina del Compost (pH = 7.1, Cuadro A-7), en el cual se utilizó cal hidratada para su elaboración. Iguales resultados se han encontrado en diferentes zonas cafetaleras del país, en las que al utilizar hojas y pulpa de café se modifica el pH volviéndolo más alcalino. Por otro lado HARDY (29), menciona el uso de Materia Orgánica para corregir la alta alcalinidad del suelo, al aumentar su acidez.

Esto significa que los cambios en la acidez del suelo al fertilizar orgánicamente dependerá de los compuestos empleados en la elaboración del Compost.

4.3. Propiedades biológicas

Los resultados de las propiedades biológicas: Bacterias, Hongos y Nemátodos, se observan en los Cuadros 13, 14 y 15.

Estos microorganismos son parte normal de la vida microbiana del suelo, pudiéndose hallar en todos los horizontes del perfil del suelo, encontrándose en mayor número, generalmente en la zona superficial donde hay mucha Materia Orgánica y adecuada aeración (9). Sin embargo, los más numerosos son las Bacterias, que según BUCKMAN (9), se pueden encontrar hasta 3 ó 4 billones en un gramo de suelo y se podría considerar un peso de 450 a 560 kg de tejido bacteriano en el espesor de una capa arable como cálculo seguramente modesto.

En los Nemátodos el análisis cualitativo del laboratorio reportó como los géneros más comunes en el análisis -- inicial los siguientes : Criconemoides sp., Meloidogyne sp., Dorilaimus sp., Tylenchus sp., Helicotylenchus sp., los cuales son fitoparásitos, y al final Aphelenchus sp., Pratylenchus sp., Tylenchorhynchus sp., Trychodurus sp., Dorylaimus sp., Meloidogyne sp., y Helicotylenchus sp., los cuales son fitoparásitos, y entre los saprófitos se encontraron: Plectus sp., Rhabditis sp., y otros. Los géneros anteriores están comúnmente asociados al cultivo del maíz de acuerdo a CORDOVA OSORIO (15).

Cuadro 13. Recuento de colonias de Bacterias (Colonia/ml) en muestras anterior y posterior a los tratamientos con tres sistemas diferentes niveles de fertilización. CAPREX, San Luis Ta

SISTEMAS DE LA BRANZA	INICIAL - BLOQUES			FINAL - NIVELES DE		
	I	II	III	O ₁	O ₂	
Convencional	Inconta- bles	Inconta- bles	Inconta- bles	Inconta- bles	Inconta- bles	1,0
Reducida	Inconta- bles	Inconta- bles	Inconta- bles	Inconta- bles	1,248,000	Inco ble
Mínima	Inconta- bles	Inconta- bles	Inconta- bles	113,000	200,000	5

* : Se realizó una dilución 1/10,000

Cuadro 14. Análisis cualitativo de hongos presentes en el suelo, a
rios a los tratamientos con tres sistemas de labranza y
les de fertilización. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz.

SISTEMAS DE LABRAN za	INICIAL BLOQUES			NIVELES DE FERTILIZACIÓN	
	I	II	III	01	02
Convencio- nal	<u>Cunningha- mela sp.</u> <u>Penici- llium sp.</u>	<u>Cuningha- mela sp.</u> <u>Rhizopus</u> sp.	<u>Rhizopus sp.</u> <u>Aspergillus</u> sp.	<u>Rhizopus</u> sp.	<u>Rhizopus</u> sp. <u>Penici- llium sp.</u>
Reducida	<u>Cuningha- mela sp.</u> <u>Penici- llium sp.</u>	<u>Rhizopus</u> sp. <u>Aspergi- llus sp.</u> <u>Cuningha- mela sp.</u> <u>Fusarium</u> sp.	<u>Rhizopus sp.</u> <u>Aspergillus</u> sp.	<u>Rhizopus</u> sp. <u>Penici- llium sp.</u>	<u>Penici- llium sp.</u>
Mínima	<u>Cuningha- mela sp.</u>	<u>Cuningha- mela sp.</u> <u>Rhizopus</u> sp.	<u>Rhizopus sp.</u>	<u>Rhizopus</u> sp. <u>Penici- llium sp.</u>	<u>Rhizopus</u> sp. <u>Penici- llium sp.</u>

Cuadro 15. Recuento de nemátodos presentes en el suelo, anterior y posterior a tres sistemas de labranza y diferentes niveles de fertilización. C...
pa, La Paz. 1993.

SISTEMAS DE LABRANZA	INICIAL - BLOQUES			FINAL - NIVELES DE F		
	I	II	III	0 ₁	0 ₂	0
Convencional	152	248	22	8	32	2
Reducida	184	152	16	56	16	4
Mínima	8	216	16	16	16	44

* Recuento de 100 gr. de suelo.

Al comparar los resultados iniciales con los finales, se observa una disminución general en todos los microorganismos que se atribuyen al porcentaje de humedad en el suelo al momento de realizar los muestreos.

El muestreo inicial fue realizado con un contenido de humedad promedio de 26.86% (Cuadro A-3), en cambio al final del ensayo las condiciones de humedad eran de 2.45% (Cuadro A-5). De acuerdo a BUCKMAN (9), la población de microorganismos fluctúa marcadamente según la estación, encontrándose la mayor cantidad en la estación húmeda y la menor en la estación seca. En las Bacterias el agua actúa como medio de cultivo para las mismas (9). En los hongos la falta de humedad interrumpe la germinación de esporas y también la penetración del tubo germinal en el hospedero (1), enquistándose para resistir la época seca (9). Y en los Nemátodos también hay una relación directamente proporcional entre el contenido de humedad y el número de Nemátodos (1, 52), situación demostrada por BARKER (3), por medio de un gráfico de los muestreos realizados durante el año (Fig. A-45).

Aunque en el caso particular de los Nemátodos tampoco se descarta la posibilidad que el abono orgánico halla tenido algún efecto en la disminución de la población, al igual que la investigación realizada por DOÑAN LOPEZ y VILLEDA -- CASTILLO (20), quienes usaron Materia Orgánica como nematocida natural obteniendo buenos resultados que se comparan -

al nematicida químico comercial.

Al final del ensayo no se observa ninguna relación entre los sistemas de labranza y los niveles de fertilización en el número de microorganismos a excepción del recuento de Bacterias, en las cuales se observó una notable disminución de Colonias en el sistema de labranza Mínima y en el tratamiento Químico.

En el caso de la labranza Mínima habrá que tomar en cuenta dos factores: Primero, que no hubo remoción del suelo para la preparación de la cama de siembra, ni la incorporación de rastrojos (Materia Orgánica), en los estratos inferiores a través de los aperos de labranza como en los demás sistemas, y los cuales formaron una capa sobre el suelo, y su descomposición debió ser absorbida en los horizontes superficiales.

Y segundo, la profundidad de muestreo para las bacterias (al igual que Hongos y Nemátodos) fue de 20 cm.

THOMPSON (52), menciona que en general, un suelo virgen hasta una profundidad de 10 a 12.5 cm posee un contenido elevado de Materia Orgánica, pero la parte inferior del suelo superficial y subsuelo son pobres.

El área en que se realizó el experimento se asemeja en parte al caso anterior referido por THOMPSON, pues el suelo no había sido cultivado en varios años, ni se realizó para el ensayo algún laboreo en el sistema en discusión.

Al no haber incorporación de Materia Orgánica el número de colonias de Bacterias es menor en la profundidad en que se realizó el muestreo; lo que concuerda con FOOTH (23) que dice que la actividad microbiana es sostenida por la Materia Orgánica. BUCKMAN (9), también afirma que en general, la mayor población microbiana radica en los horizontes superficiales del suelo.

CAMPBELL (10), es más explícito al decir que el principal determinante de la distribución microbiana en el perfil del suelo es la naturaleza de las partículas de que se compone el suelo. Esto es en parte una respuesta a los nutrientes, ya que los microorganismos crecen más en partículas de humus que en granos de arena; en un estudio las partículas de Materia Orgánica constituían sólo el 15% del suelo, pero tenían más del 50% de las Bacterias asociadas con ellas.

Con respecto al tratamiento Químico, donde se observa - disminución de colonias en los tres sistemas de labranza - (Cuadro 13), se puede decir que en este tratamiento no se incorporó Materia Orgánica que es la que sostiene la actividad microbiana por ser fuente de energía y nutrientes asimilables para la Bacteria (9, 10, 23).

4.4. Germinación *

Los resultados del porcentaje de germinación se presentan en el Cuadro 16, y su promedio fue de 98% para todos los sistemas de labranza y los diferentes niveles de fertiliza-

CUADRO 16 Características morfológicas del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) sometido a tres sistemas de labranza y tres diferentes niveles de fertilización, Agosto a Diciembre de 1993. CAPREX. San Luis Potosí.

TRATAMIENTO	% de Germinación	Altura de plantas (cm)		Diámetro de tallo (mm)		Longitud de raíz (cm)
		30 días	60 días	30 días	60 días	
S101	98	48.67	177.58	7	11.33	14.83
S102	97.9	49.17	127.33	3.33	12.33	15.25
S103	98	51.25	201.35	10.67	12.58	14.92
S1Q	98	51.42	205.25	9.92	13.25	114.58
S201	98.5	48.92	177.92	9.83	11.33	15
S202	98	50.17	186.38	9.67	11.25	12.58
S203	98	51.25	210.58	12.42	13.75	14
S2Q	98	50.12	212.25	12.33	14.25	18.58
S301	98.5	51.5	202.33	11.25	12.58	14.58
S302	98	52.17	199.25	10.83	12.63	13.67
S303	98	55.67	210.42	12	12.83	16.42
S3Q	98	65.5	221.42	14.33	17	20.67

S1: Sistema de labranza convencional.

S2: Sistema de labranza reducida.

S3: Sistema de labranza mínima.

O1: Fertilización orgánica 15 Ton/ha Compost + 140 Kg/ha NPK

O2: Fertilización orgánica 30 Ton/ha Compost + 140 Kg/ha NPK

O3: Fertilización orgánica 45 Ton/ha Compost + 140 Kg/ha NPK

O: Fertilización química 260 Kg/ha fórmula 16-20-0

ción por lo que no fue necesario realizar el análisis de -
varianza por su similitud en el comportamiento.

En este caso el laboreo del suelo en forma Convencio-
nal y Reducida cumplió el objetivo de proporcionar las con-
diciones necesarias y adecuadas para la ferminación (7, -
17, 26).

Sin embargo, en la labranza Mínima no hubo ninguna re-
moción del suelo, y el resultado fue el mismo, debido este
efecto a las buenas condiciones que presentó el suelo (Po-
rosidad, Estructura, Textura) y que según diversos autores
(7, 26), son propias para la germinación de la semilla.

4.5. * Características morfológicas del cultivo

Los resultados obtenidos en las características mor-
fológicas del cultivo (altura de plantas, diámetro de ta-
llo y longitud de raíz) se observan en el Cuadro 16.

A cada característica se le realizó el respectivo análi-
sis de varianza, sin obtener diferencias significativas de-
bido a los sistemas de labranza o interacción de sistemas
de labranza por nivel de fertilización en ninguna de las ca-
racterísticas.

Pero debido a los niveles de fertilización sí se halló
diferencias altamente significativas solamente para la al-
tura de plantas y diámetro de tallos a los 30 y 60 días, cu-
yos promedios se presentan en el Cuadro 17, y a los que pos

CUADRO 17 Promedio de Características morfológicas y del Rendimiento en grano, bajo difere de fertilización y tres sistemas de labranza en el cultivo de Maíz (Zea mays L.). C Luis Talpa, La Paz. 1993.

CARACTERISTICA TRATAMIENTO	Altura de plantas (cm)		Diámetro de tallo (mm)		Longitud de raíz (cm)	
	30 días	60 días	30 días	60 días	30 días	60 días
O 1	49.69	185.94	9.36	11.75	14.8	57.72
O 2	50.5	190.89	9.94	12.49	14	59.28
O 3	52.72	207.44	11.7	12.97	15.11	61.17
Q	62.91	212.97	12.36	14.83	17.94	62.67
ANVA	* *	* *	* *	* *	n. s.	n. s.
C1 (Q x O1,O2,O3)	* *	* *	* *	* *	n. s.	n. s.
C2 (O3 x O2,O1)	n. s.	* *	*	n. s.	n. s.	n. s.
C3 (O2 x O1)	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
S 1	50.13	177.88	7.73	12.37	15.02	61.5
S 2	50.12	196.78	11.06	12.65	15.04	61.96
S 3	56.21	208.36	12.1	13.76	16.34	57.17
ANVA	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.

O1: Nivel de fertilización orgánica de 15 Ton/ha de Compost + 140 Kg/ha de Urea
O2: Nivel de fertilización orgánica de 30 Ton/ha de Compost + 140 Kg/ha de Urea
O3: Nivel de fertilización orgánica de 45 Ton/ha de Compost + 140 Kg/ha de Urea
Q: Nivel de fertilización química 260 Kg/ha de Fórmula 16-20-0 + 140 Kg/ha de Urea

S1: Sistema de labranza convencional.
S2: Sistema de labranza reducida.
S3: Sistema de labranza mínima.

* * : Significativo al 1 %.
* : Significativo al 5 %.
n. s. : no significativo.

teriormente se les aplicó la prueba de Significancia de Contrastes Ortogonales con el objetivo de determinar el comportamiento de la fertilización (Cuadro A-8, A-9 y A-10).

En el Cuadro 17 se puede observar que ambas características tuvieron similares comportamientos tanto a los 30 como a los 60 días, resultando mejor el tratamiento Q, seguido por el O_3 , O_2 y O_1 , respectivamente.

Sin embargo, al obtener el Rendimiento del cultivo no hubo diferencias significativas entre el Q y los orgánicos, que fueron mejorando poco a poco, hasta llegar a competir con el fertilizante químico.

El resultado obtenido en la altura y el diámetro evidenció una respuesta fisiológica del cultivo a la fertilización en las primeras etapas (germinación y desarrollo vegetativo), en concordancia a la interpretación de disponibilidad de cada elemento en el suelo en estudio y los requerimientos nutricionales del cultivo, según se presenta en el Cuadro 18.

En el Cuadro 18 se observa que hubo respuesta fisiológica del cultivo a los diferentes niveles de fertilización, y que se debió principalmente a la acción del Nitrógeno (Disponibilidad baja y respuesta del cultivo alta, Cuadro 17), tal como lo menciona MEYER et. al. (37), y también al Fósforo (Disponibilidad media y respuesta del cultivo media), según lo afirma el CENTA (11), los cuales actuaron como elementos nutricionales, produciéndose buen desarrollo de la --

Cuadro 18. Interpretación de la respuesta del cultivo de maíz (Zea mays) a la fertilización, según las concentraciones de elementos en el suelo Entisol y los requerimientos nutricionales del cultivo. Luis Talpa, La Paz. 1993.

ELEMENTO	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Manganeso
Respuesta del cultivo	Alta	Media	Ninguna	Mínima	Probable	Mínima
Rango de disponibilidad (ppm)	Bajo 35 ppm	Medio 21-25.7	Alto 170-205	Alto 969-1020	Bajo 120	Alto 33-35.83

planta. Pero tampoco se descarta el aporte de los demás elementos que estuvieron presentes en el suelo y en el Compost.

En este punto de la discusión interviene una variable muy importante para la explicación de los resultados obtenidos, como es la velocidad de mineralización del fertilizante a formas asimilables por la planta, ya que el fertilizante químico es de acción rápida y el Compost de acción gradual.

Según FASSBENDER (22) y THOMPSON (52), los fertilizantes químicos son transformados a las formas asimilables por la planta (iones NO_3 , H_3PO_4 , NH_4^+) a través de reacciones rápidas de hidrolización al entrar en contacto con la humedad del suelo. En cambio los abonos orgánicos suministran a la planta los compuestos asimilables en una forma gradual. según la tasa de mineralización, que consiste en una serie de reacciones donde se degradan proteínas y carbohidratos complejos (como la celulosa, ligninas, etc.) a compuestos más simples (como aminoácidos y almidones) y -- luego a moléculas sencillas asimilables por la planta (iones NO_3 , H_3PO_4 , NH_4^+), por medio de los jugos digestivos y enzimas de los microorganismos presentes en el suelo.

El progreso mostrado por los incrementos obtenidos con el Compost hasta alcanzar un nivel comparable con la fertilización exclusivamente química se explica con lo expuesto anteriormente.

Con respecto a la profundidad radicular no se obtuvo diferencias significativas, ocasionadas por los sistemas de labranza, niveles de fertilización o interacción sistema de labranza por nivel de fertilización. Lo cual se debió a - que los suelos donde se realizó el ensayo presentan buenas - características físicas para el desarrollo del cultivo como son : Una Estructura del tipo granular-fina-débil, penetrabilidad promedio de 0.672 Kg/cm^2 y Esfuerzo cortante promedio 2.683 Kg/cm^2 (Cuadro 2), los cuales son aceptados por diversos autores como favorables para el desarrollo del cultivo (7, 24, 26).

Así mismo la capacidad genética de la planta le permite adaptarse a diferentes condiciones edáficas (32). Por lo que la planta resulta muy favorecida al sembrarse en tierras de buena calidad.

4.6. Rendimiento en grano seco

El rendimiento en grano seco en Kg/ha se observa en - el Cuadro 16 y 17. Al aplicarse el análisis de varianza, no mostró diferencias significativas ocasionadas por los niveles de fertilización, los sistemas de labranza o la interacción de ambos. Sin embargo a través de la prueba de Contrates Ortogonales (Cuadro 17 y Cuadro A-12), pueden observarse diferencias que no son significativas, pero que permiten la siguiente discusión.

El mayor promedio (5522.38 Kg/ha) se obtiene con el tra

tamiento O_3 , el siguiente (5512.17 kg/ha) con la dosis O_2 , el tercer valor (5188.82 kg/ha) con fertilización química y el cuarto (4827.35 kg/ha) con el tratamiento O_1 (Cuadro 13).

Al comparar estos resultados con las características morfológicas (Altura de plantas y Diámetro de tallos específicamente, donde el tratamiento Q fué mejor que los orgánicos) se observa que no existe relación entre las características morfológicas y los de Rendimiento. Según HERNAN-DO Y CADAHIA (31), este comportamiento ocurre porque en algunas ocasiones sobre los rendimientos influyen diversas circunstancias a partir de la fructificación que impiden comparar las características morfológicas, y el rendimiento del cultivo, por lo que es más correcto relacionarlos con las concentraciones de elementos en las plantas (31).

Las circunstancias que determinaron este comportamiento en el ensayo son dos :

1. Respecto al Compost : La tasa de mineralización, que según BROWN y HILL, citados por THOMPSON (52), mencionan que suelos vírgenes o que han mantenido una cobertura vegetal por varios años, la mineralización puede ser tan grande que aporta importantes cantidades de nutrientes al cultivo. Asimismo FASSBENDER (22), menciona que a través del proceso de mineralización de la Materia Orgánica se puede producir una alta liberación de Fósforo en la selección

del suelo la que es de gran importancia, para la nutrición vegetal.

Además hay que considerar la acción que tuvieron las Bacterias que estaban en mayor cantidad en los niveles de Compost al final del ensayo (Cuadro 13), las cuales seguían actuando en el proceso de mineralización de nutrientes del Compost y que fueron aprovechados por las plantas. En cambio el fertilizante químico aportó la mayoría de nutrientes en las primeras etapas del cultivo por su rapidez de hidrolización. Además de haber presentado menor cantidad de Bacterias, lo que supone menor mineralización y menos aporte de nutrientes.

Al mismo tiempo, en los tratamientos orgánicos existe una mayor acción sinérgica entre los macro y micronutrientes. Esto quiere decir que un elemento puede estar en gran cantidad en el suelo, pero su asimilación dependerá de la presencia de otros. En el tratamiento Q solamente se aplicó Nitrógeno y Fósforo, en cambio con el Compost (según el análisis, Cuadro A-7 se aplicaron macro y micronutrientes que contribuyen en la mejor absorción de los nutrientes. Es decir que a través de la aplicación de Compost se logra un mejor balance nutricional para la planta (22, 23).

2. Respecto al tratamiento Q, las pérdidas por lixiviación, volatilización y precipitación del fertilizante químico. Esta ha sido estudiada por diversos autores y al respecto FASSBENDER (22), señala la volatilización del Amonio

y la lixiviación de los iones NO_3^- y NH_4^- , como la más importante respecto al Nitrógeno y la precipitación de fosfatos con los diferentes cationes existentes en la solución de suelo como la más importante con respecto al fósforo.

En el Compost por su configuración química (quelatos, ácidos orgánicos y polímeros), y su mineralización gradual se reducen las pérdidas por volatilización, precipitación, etc.

Este comportamiento explica por qué el cultivo en sus primeras etapas tuviera menores valores para el Compost y que fueron mejorando poco a poco hasta llegar a superar incluso al tratamiento químico en el rendimiento (el O_3 superó al Q en 6.47% y el O_2 en 0.47%).

Los resultados mostrados concuerdan con otras investigaciones en las que se utilizaron fertilizantes orgánicos, obteniendo iguales o mejores resultados que la fertilización química (3, 12, 36, 57).

Comparando los rendimientos obtenidos con el rendimiento del cultivo de maíz variedad H-5 de 5739.80 Kg/ha, reportado por el CENTA (Anexo A-1), se observa una respuesta del cultivo muy semejante, bajo las condiciones del ensayo.

5. CONCLUSIONES

1. Durante el período de evaluación los sistemas de labranza Reducida y Mínima no produjeron cambios en las propiedades físicas del suelo, mientras que el sistema de labranza convencional cambió (aunque no significativamente), las propiedades de : Infiltración que disminuyó, la Resistencia a la penetración que aumentó, y la estructura que cambió la clase fina a muy fina en la profundidad de 0-3 cm.
2. La adición del Compost regula el pH del suelo, dependiendo si se utiliza o no cal hidratada en su elaboración.
3. La fertilización química disminuye las colonias de bacterias del suelo, debido a que no hay incorporación de Materia Orgánica.
4. Con las dosis de Compost de 45 Ton/ha más 142 kg/ha de urea se obtienen mejores rendimientos que con fertilización química.
5. Los sistemas de labranza no influyen significativamente en el rendimiento del cultivo.

6. RECOMENDACIONES

1. En suelos ácidos utilizar cal hidratada en la elaboración del Compost a aplicar, y para suelos alcalinos no utilizar cal hidratada en la elaboración del Compost.
2. Realizar el análisis cualitativo y cuantitativo en las propiedades biológicas (Bacterias, Hongos y Nemátodos) para determinar en mejor forma el efecto de la fertilización química con relación a la orgánica.
3. En cuanto a la producción de Biomasa, utilizar la fertilización química (en dosis de 260 kg/ha de fórmula -- 16-20-0 + 140 kg/ha de urea), acompañada de la aplicación de Materia Orgánica que favorecerá más tarde la disponibilidad de macro y micronutrientes en el suelo y la población de microorganismos. Y en cuanto a la producción de grano, utilizar la dosis de 30 Ton/ha de Compost más 140 kg/ha de urea para fertilizar el maíz, y obtener rendimientos equivalentes a la fertilización química.
4. Utilizar Compost para iniciar el proceso de activación físico-químico-biológica del suelo.
5. Utilizar el sistema de labranza que mejor se adapte a las condiciones de suelo o tenencia del agricultor.
6. Incluir en el estudio los elementos Carbono y Azufre y determinar la relación Carbono-Nitrógeno.

7. BIBLIOGRAFIA

1. AGRIOS, G.W. 1986. Fitopatología. Trad. por Marcos - Guzmán. México, D.F. LIMUSA. P. 127-131.
2. ALDRICH, R.S.; LENG, R. 1966. Modern corn production the farm grarterly. Cincinnaty, Ohio, E.U. P. 3-6.
3. ARGUETA PORTILLO, A. 1988. Efecto de la aplicación - del bioabono en el desarrollo y rendimiento del cul tivo del tomate (Licopersicum esculentum L.). Te- sis Ing. Agr. San Salvador, Universidad de El Sal- vador, Facultad de Ciencias Agronómicas. P. 1-2, 19-20.
4. ATKINSON, H.H.; McLEAN, J.A. 1962. Manures and compost. Canadá, Department of Agriculture. 15 P.
5. BARKER, K.R. 1988. Manual de laboratorio, Fitonemato- logía. Edit. por Zuckerman, B.B.; Maij W.F.; Harri- son, M.B.; Trad. por N. Marbán-Mendoza. Turrialba, Costa Rica, CATIE. P. 13.
6. BARQUERO, H.T.; CAMACHO HENRIQUEZ, A. 1988. Manejo in tegrado de la producción de frijol basado en la la- branza ceño. Managua, Nicaragua. MINDIRA. P. 87- 92.
7. BAVER, L.D.; GARDNER, W.R. 1973. Física de suelos. - Trad. por Jorge Manuel Rodríguez y Rodríguez. Méxi co, D.F. UTEHA. P. 103-104, 124-127, 153-155, 165-166, 200, 385-386.

8. BONILLA MARCIA, E.E.; SANDOVAL MONTERROSA, S.A.; SERMEÑO CHICAS, S.A. 1993. Evaluación del rendimiento y composición química del pasto estrella (Cynodon plecostachyus) utilizando abonos orgánicos como fuentes de nitrógeno en Nueva Concepción, Chalatenango. San Salvador, Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas. 127 P.
9. BUCKMAN, N.Q.; BRADY, B.C. 1991. Naturaleza y propiedades de los suelos. Trad. por Salord Barcel. 4 ed. México, D.F. UTHEA. P. 122-123, 127-129.
10. CAMPBELL, R. 1987. Ecología microbiana. Trad. por Javier Jiménez Ortega. México, D.F. Limusa. P. 116, 137.
11. CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA. 1993. Programa de maíz, Guía técnica. Ministerio de Agricultura y Ganadería, San Andrés, La Libertad. El Salvador. P. 7-9.
12. CIMMYT. 1989. Proyectos colaborativos en agronomía, desarrollo y mejoramiento de germoplasma en maíz (Zea mays L.) Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y trigo, para Centroamérica, Panamá y El Caribe. 335 P.
13. COMPENDIO DE LAS PONENCIAS PRESENTADAS EN EL SIMPOSIO INTERNACIONAL CIMMYT-PORDUE. Maíz de alta calidad práctica. México-Buenos Aires. 509 P.

14. COOKE, G.W. 1975. Fertilizantes y sus usos. Trad. - por Alonso Blackeller Valdez. 12 ed. México, D.F. Continental. P. 46, 47, 71.
15. CORDOVA OSORIO, M. 1978. Identificación de nemátodos asociados al cultivo de maíz (Zea mays L.) en la zona Centro Occidental de El Salvador. Tesis Ing. - Agr. San Salvador, Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas. 203 P.
16. CUBIAS COLORADO, J.E. 1993. Efectos de la materia orgánica en el suelo agrícola. La Prensa Gráfica. - San Salvador (El Salvador). Sept. 14:60.
17. CUEVA CHAVARRIA, E.S.; LOPEZ LANDAVERDE, R.A., VILLALTA RODRIGUEZ, C.A. 1992. Efecto de los sistemas de labranza convencional, reducida y mínima en las propiedades físicas del suelo y comportamiento bioeconómico del cultivo de vigna (Vigna sinensis W.) -- San Luis Talpa, La Paz. Tesis Ing. Agr. San Salvador, Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas. 203 P.
18. DONAHUE, R.L.; MILLER, R.W., SHICKLUNA, J.C. 1981. Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas. Trad. por Jorge Peña C. México, D.F. Prentice Hall Hispanoamericana. P. 142, 143, 166, 206-214, 284-285.

19. DEPARTAMENTO DE SUELOS, FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS, UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR. 1975. Estudio semidetallado de suelos de la Estación Experimental. P. 1-50.
20. DOÑAN LOPEZ, M.A.; VILLEDA CASTILLO, D.A. 1992. Control de nemátodos fitoparásitos mediante la aplicación de abono orgánico en la Estación Experimental y de Prácticas. San Luis Talpa, La Paz. Tesis Ing. Agr. San Salvador, Universidad de El Salvador. Facultad de Ciencias Agronómicas. P. 48.
21. EGAWA, T. 1976. Utilización de materias orgánicas fertilizantes en Japón. In consulta de expertos FAO/SIDA. (1974, Roma, Italia). Roma, Italia, FAO. P. 93-133. (Boletón sobre suelos No. 27: Materias orgánicas fertilizantes).
22. FASSBENDER, H.W.; BORNEMISA, E. 1987. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. 2 ed. San José, Costa Rica. IICA. 398 P.
23. FOOTH, M.D.; TURK, L.M. 1957. Fundamentos de la Ciencia del suelo. Trad. por Juan Nava Díaz. México, D.F. Continental. P. 337-401.
24. FOTSYTHE, W.F. 1975. Física de suelos. Manual de laboratorio. San José, Costa Rica. IICA. P. 71, 84, 88-89.
25. FUNDACION SHELL. 1969. Maíz. 2 ed. Maracaibo, Venezuela, Nuestra América. P. 7-8.

26. GAVANDE, S.A. 1976. Física de suelos, principios y aplicaciones. México, D.F. LIMUSA. 351 P.
27. GROS, A. 1967. Abonos, guía práctica de la fertilización. Trad. por Ramón Olaguiaga Soriano y Juan F. de la Vega Duque. 4 ed. Madrid, España, Mundiprensa. P. 73-76, 78, 82, 122, 130.
28. GUINARD, A. 1973. Conserve el humus del suelo. Agricultura Salvadoreña. (El Salv.) No. 12: 39-42.
29. HARDY, F. 1970. Edafología tropical. Trad. por Rufo Bazán. México, D.F. Herrera Hermanos. P. 167.
30. HERNANDEZ JUAREZ, M. DE J. 1978. Determinación de materiales empleados como abono orgánico e identificación de los más promisorios para el agro salvadoreño. Tesis Ing. Agr. San Salvador, Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas. 55 P.
31. HERNANDO, V.; CADAHIA, S. 1973. El análisis de savia como índice de fertilización. Estudio comparativo con el análisis foliar. Consejo Superior de investigaciones científicas, Instituto de Edagología y Biología Vegetal. Madrid, España. P. 69.
32. INGLETT, G.E. Kernel structure, composition and quality corn: culture, processing, products. AVI publishing, West port, Connecticut. E.U. P. 123-137.
33. JACOB, A.; UEXKULL, H. 1973. Fertilización. Trad. - por L. Martínez de Alva. 4 ed. México, D.F. Euramérica. P. 57, 49, 50, 54-66, 68-82.

34. JUGENHEIMER, R.M. 1990. Maíz, variedades mejoradas, método de cultivo y producción de semillas. LIMUSA. México, D.F. 835 p.
35. KIESSERBACH, T.A. 1949. The structure and reproduction of corn. Nebraska agricultural experiment station research. Bulletin. 161 p.
36. MARQUEZ ARAUJO, J.C. 1992. Rendimiento en grano de Sorghum bicolor variedad ISIAP dorado, bajo fertilización con gallinazas. Tesis Ing. Agr. San Salvador, Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas. P. 25, 35-36, 42.
37. MEYER, B.S.; ANDERSON, D.B.; SONNING, R.H. 1976. Introducción a la fisiología vegetal. Trad. por Luis Gilbert y Robert Pitterberg. Buenos Aires, Argentina. Universitaria. P. 486-487.
38. MOSHER, R.N. 1974. Estiércol de aves: Fertilizantes excelentes. Agricultura Salvadoreña (El Salvador), No. 24: 25-36, 30.
39. ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION. 1983. In Informe de la Reunión Taller Latinoamericano sobre reciclaje de materias orgánicas en la agricultura. San José, Costa Rica. 7-17 de julio de 1980. FAO/SIDA. Roma, Italia. Boletín de suelos de la FAO No. 51. P. 4-5, 14.

40. ORTIZ CAÑAVATE. 1975. Técnica de la mecanización agraria, tractores y aperos de labranza y de cultivo. Madrid, España, Imprenta Aguirre. P. 149-158.
41. PAZ, J.; HERNANDEZ, T.L. 1989. Técnica de la mecanización agraria. 3 ed. Madrid, España. Mundi Prensa. P. 157-161.
42. PARKER SOL, L.G. 1987. Manual de teoría y práctica de maquinaria agrícola. Tesis Ing. Agr. San Salvador, Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias - Agronómicas. IU. II) P. 151-169.
43. PERDOMO, R.; HAMPTON, H.E. 1970. Ciencia y tecnología del suelo. Guatemala. Centro de Producción de Materiales de la Universidad de San Carlos. 366 P.
44. REUNION SOBRE SISTEMAS DE LABRANZA Y CONSERVACION DE SUELOS. (II, 1985, Córdoba, Arg.) 1986. Memoria. Edición por Carlos J. Malestina. Montevideo, Uruguay, ITCA. P. 63-73, 135-144.
45. REUSZER, H.W. 1975. Compost, Acar and sewage. Studge. United States Departmen of Agriculture. Yearbook of Agriculture. P. 231-244.
46. ROBLES SANCHEZ, M.C. 1975. Producción de granos y forrajes. México, D.F. LIMUSA. P. 9, 140.
47. SELKE, W. 1968. Los abonos. Trad. por Ortwin Gunther. León, España. P. 11, 20, 24-27, 31-33, 58=59, 108.

48. SEN, S. 1961. Comparative value of farm, yard manure prepared by different methak. Journal of the Indian Societ, of soil science. Estados Unidos. P. 180-185.
49. SOSA MORAN, J.H. 1992. Labranza de conservación para la producción de maíz en laderas. El Salvador, CENTA. Boletín Divulgativo No. 64, 11. 12 P.
50. TAMLED, D. 1974. Tratado de fruticultura. Trad. de la 3 ed. italiana por Arturo Caballero. Barcelona. Gustavo, S.A. P. 222-223, 262-266.
51. TEUSHER, H.; ADLER, R. 1965. El suelo y su fertilidad. Trad. por Rodolfo Vera Zapata. México, D.F. Continental. P. 303-330.
52. THOMPSON, L.M. 1966. El suelo y su fertilidad. Trad. por Ricardo Clará Camprubí. Barcelona, España. - Reverté. P. 33-35, 53, 190-234.
53. _____. Utilización de abono de establo. Hacienda (Estados Unidos). 1962. P. 33-35, 40-41. Octubre de 1962.
54. TYSDALE, S.L. s.f. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. 2 ed. P. 746.
55. UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR. 1978. Porosidad, densidad aparente y real. Departamento de suelos, Facultad de Ciencias Agronómicas. 15 P.

56. VILANOVA, J.R. 1985. Fisiología del maíz. Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Fitotecnia. P. 25-30.
57. ZUNIGA BERMUDEZ, L.A. 1992. Efecto de la gallinaza como abono orgánico en el rendimiento y composición química del pasto Bermuda var. Callie (Cynodon dactylon) en época seca bajo riego. Tesis Ing. Agr. San Salvador, Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas. P. 35.

8. A N E X O S

Cuadro A-1. Características fisiológicas del maíz Variedad H-5.

Año de liberación	:	1966
Híbrido	:	Doble
Ciclo vegetativo	:	105 días
Altura de plantas	:	245 cm
Altura de mazorca	:	156 cm
Forma de grano	:	Semidentado
Color del grano	:	blanco
Acame	:	Susceptible
Rendimiento	:	90.qq/mz

FUENTE : centa (11).

Cuadro A-2. Textura del suelo en estudio. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993.

SISTEMA DE LABRANZA	B L O Q U E S		
	I	II	III
Convencional	Franco Limoso	Franco Limoso	Franco Limoso
Reducida	Franco Arenoso	Franco Limoso	Franco Limoso
Mínima	Franco Arenoso	Franco Limoso	Franco Limoso

Cuadro A-3. Porcentaje de humedad del suelo, a una profundidad de 0-20 cm, anterior al laboreo del suelo con tres sistemas de labranza. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993.

SISTEMA DE SIEMBRA	BLOQUES			MEDIA
	I	II	III	
Convencional	24.16	27.13	25.77	26.35
Reducida	24.87	25.36	27.53	25.94
Mínima	25.61	30.88	28.42	28.30
Media	25.54	27.79	26.86	26.86

Cuadro A-4. Porcentaje de humedad del suelo, a una profundidad de 20-40 cm anterior al laboreo del suelo con tres sistemas de labranza. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993.

SISTEMA DE LABRANZA	B L O Q U E S			MEDIA
	I	II	III	
Convencional	22.32	25.54	25.69	24.18
Reducida	25.85	21.68	25.70	24.41
Mínima	25.12	25.44	23.71	24.76
Media	24.43	24.22	24.70	24.45

Cuadro A-5. Porcentaje de humedad del suelo, a una profundidad de 0-20 cm, posterior al laboreo del suelo con tres sistemas de labranza. CAPREX, - San Luis Talpa, La Paz. 1993.

SISTEMA DE LABRANZA	B L O Q U E S			MEDIA
	I	II	III	
Convencional	2.42	2.52	2.40	2.49
Reducida	2.25	2.36	2.57	2.39
Mínima	2.38	2.87	2.64	2.63
Media	2.35	2.58	2.54	2.49

Cuadro A-6. Porcentaje de humedad del suelo, a una profundidad de 20-40 cm, posterior al laboreo del suelo con tres sistemas de labranza. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993.

SISTEMA DE LABRANZA	B L O Q U E S			MEDIA
	I	II	III	
Convencional	3.47	3.97	3.84	3.76
Reducida	4.02	3.37	3.99	3.79
Mínima	3.90	3.95	3.96	3.94
Media	3.80	3.76	3.93	3.83

Cuadro A-7. Cantidad (%) de elementos contenidos en el abono orgánico.

ELEMENTO	CONTENIDO (%)
Nitrógeno	0.41
Fósforo	1.14
Potasio	0.006
Calcio	1.34
Magnesio	0.14
Cobre	0.0025
Manganeso	0.0236
Hierro	0.7902
Zinc	3.6
pH	7.1*

* No está dado en porcentaje, sino en su rango establecido (0-14).

Cuadro A-8. Contrastes ortogonales para los valores de altura de pl cultivo de maíz (Zea mays L.) a 30 días después de siem tratados con tres tipos de labranza y diferentes nivele ción. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993.

CONTRASTES		$(0_3)(0_2)^{C_1}(0_1) \times Q$	$(0_2)(0_1)^{C_2} \times (0_3)$
TRATAMIENTOS	TOTALES		
0_3	474.5	+ 1	- 2
0_2	454.5	+ 1	+ 1
0_1	447.25	+ 1	+ 1
Q	556.25	- 3	0
$\sum C1 \times Yjk$		- 322.50	- 47.25
$n \sum C1^2$		108	54
$\sum C1 \times Yjk / n \sum C1^2$		963.02	41.34

Cuadro A-9. Análisis de varianza para la prueba de contrastes ortogonales de plantas (cm) en el cultivo de maíz (Zea mays L.) de siembra, en suelos tratados con tres sistemas de diferentes niveles de fertilización. CAPREX, San Luis Talpa,

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F. Calculada
Nivel Fertilizac.	3	1007.28	335.76	6.45**
C ₁	1	963.02	963.02	18.50**
C ₂	1	41.34	41.34	0.794 ^{ns}
C ₃	1	2.92	2.92	0.056 ^{ns}
Cuadrado medio error (b)				

Cuadro A-10. Memoria de Cálculos para la prueba de Contrastes Ortogonales.

- Desarrollo para el muestreo de altura de plantas (cm) en el cultivo (L.), a 30 días después de la siembra.

Paso 1 : Determinación de posibles Contrastes Ortogonales. Los Contrastes son

Estos corresponden a las parcelas pequeñas, en las cuales se encontró diferencias entre parcelas grandes (sistemas de labranza) no se encontraron diferencias significativas no se evaluaron en esta prueba.

Paso 2 : Prueba de Contrastes Ortogonales.

CONTRASTES		C_1	C_2
TRATAMIENTOS	TOTALES	$(0_3)(0_2)(0_1) \times Q$	$(0_2)(0_1) \times (0_3)$
0_3	474.5	+ 1	- 2
0_2	454.5	+ 1	+ 1
0_1	447.25	+ 1	+ 1
Q	566.25	- 3	0
$\Sigma C_1 \times Y_{ij}$		-322.50	- 47.25
$n \Sigma C_i^2$		108	54
$\Sigma (C_1 \times Y_{ijk})^2 / n \Sigma C_1^2$		963.02	41.34

Obsérvese que la sumatoria de la suma de cuadrados de los contrastes es igual a la suma de los cuadrados de los niveles de abono (Cuadro A-9). Ejemplo : $963.2 + 41.34 + 2.92 = 1007$

Continuación Cuadro A-10.

Paso 3 : Análisis de varianza para la prueba de Contrastes Ortogonales (ver el Cuadro A-9).

Paso 4 : Determinación de las diferencias en unidades por tratamiento.

Una vez establecida la significancia estadística de los contrastes se determina en cuantas unidades supera un tratamiento al otro, y esto se realiza dividiendo el total de unidades en que supera un tratamiento a los demás entre el número de muestras usadas para el análisis estadístico. En este caso el total para el contraste 1 fué 322.5, que significa el total de plantas con fertilización orgánica. Para obtener la diferencia promedio entre plantas se divide el total de las diferencias (322.5) entre el número de muestras (36). Ejemplo : $322.5 \text{ cm}/36 \text{ plantas} = 8.96 \text{ cm/planta}$.

La misma metodología se sigue con los demás contrastes.

Cuadro A-11. Contrastes ortogonales para el Rendimiento en grano s
cultivo de Maíz (Zea mays L.), en suelos tratados con
branza y diferentes niveles de fertilización. CAPREX
La Paz. 1993.

CONTRASTES		C_1	C_2
TRATAMIENTOS	TOTALES	$(O_3)(O_2)(O_1) \times Q$	$(O_2)(O_1) \times (O_3)$
O_3	49701.45	+ 1	- 2
O_2	46909.50	+ 1	+ 1
O_1	43446.14	+ 1	+ 1
Q	46699.51	- 3	0
$M C1 \times Yjk$		- 41.49	-9047.16
$n M C1^2$		108	54
$M C1 \times Yjk/n M C1^2$		15.94	515761.186

Cuadro A-12. Análisis de varianza para la prueba de Contrastes Or Rendimiento en grano seco del cultivo de Maíz (Zea ma tratados con tres sistemas de labranza y diferentes n zación. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F. Calculada	
Nivel de fertilización	3	2182158.374	7273862.124	0.57241 ^{ns}	3.
C ₁	1	15.939	15.939	1.25 x 10 ⁵ ns	4.
C ₂	1	1515761.18	157671.186	1.1928	4.
C ₃	1	666381.2494	666381.2994	0.5244 ^{ns}	4.
Cuadrado medio error (b)		1270734.133			

Cuadro A-13. Densidad aparente (gr/cc) del suelo, a una profundidad de 0-20 cm, anterior del laboreo del suelo con tres sistemas de labranza. -- CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993.

SISTEMA DE LABRANZA	B L O Q U E S			MEDIA
	I	II	III	
Convencional	1.22	1.14	1.15	1.17
Reducida	1.26	1.20	1.11	1.19
Mínima	1.21	1.02	1.11	1.11
Media	1.23	1.12	1.12	1.16

Cuadro A-14. Densidad aparente (gr/cc) del suelo, a una profundidad de 20-40 cm, anterior al laboreo del suelo con tres sistemas de labranza. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993.

SISTEMA DE LABRANZA	B L O Q U E			MEDIA
	I	II	III	
Convencional	1.36	1.20	1.26	1.27
Reducida	1.17	1.23	1.02	1.14
Mínima	1.28	1.14	1.16	1.19
Media	1.27	1.19	1.15	1.20

Cuadro A-15. Densidad real (gr/cc) del suelo, a una profundidad de 0-20 cm anterior del laboreo del suelo con tres sistemas de labranza. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993.

SISTEMA DE LABRANZA	B L O Q U E S			MEDIA
	I	II	III	
Convencional	2.68	2.46	2.54	2.56
Reducida	2.13	2.35	2.24	2.24
Mínima	2.14	2.12	2.48	2.25
Media	2.32	2.31	2.42	2.39

Cuadro A-16. Densidad real (gr/cc) del suelo, a una profundidad de 20-40 cm, anterior al laboreo del suelo con tres sistemas de labranza. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993.

SISTEMA DE LABRANZA	B L O Q U E S			MEDIA
	I	II	III	
Convencional	2.65	2.60	2.50	2.58
Reducida	2.26	2.60	2.76	2.54
Mínima	2.46	2.64	2.31	2.47
Media	2.46	2.61	2.52	2.53

Cuadro A-17. Porosidad del suelo a una profundidad de 0-20 cm, anterior al laboreo del suelo con tres sistemas de labranza CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993.

SISTEMA DE LABRANZA	B L O Q U E S			MEDIA
	I	II	III	
Convencional	54.48	53.65	54.72	54.28
Reducida	40.85	48.94	50.45	46.75
Mínima	43.46	51.89	55.24	50.20
Media	46.26	51.49	53.47	50.41

Cuadro A-18. Porosidad del suelo, a una profundidad de 20-40 cm, anterior al laboreo del suelo con tres sistemas de labranza. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993.

SISTEMA DE LABRANZA	B L O Q U E S			MEDIA
	I	II	III	
Convencional	48.68	53.85	49.60	50.71
Reducida	48.23	52.69	63.04	54.65
Mínima	47.97	56.82	49.78	51.52
Media	48.29	54.45	54.14	52.13

Cuadro A-19. Porcentaje de humedad para la consistencia - en húmedo del suelo, anterior al laboreo del suelo con tres sistemas de labranza. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993.

SISTEMA DE LABRANZA	B L O Q U E S			MEDIA
	I	II	III	
Convencional	28.01	27.89	25.20	27.03
Reducida	28.65	27.76	28.74	28.38
Mínima	29.49	27.68	30.53	29.23
Media	28.72	27.78	26.16	28.22

Cuadro A-20. Valores de Velocidad de Infiltración (cm/h), anterior al laboreo del suelo con tres sistemas de labranza. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993.

SISTEMA DE LABRANZA	B L O Q U E S			MEDIA
	I	II	III	
Convencional	5.80007	5.2883	1.9296	4.339
Reducida	9.38460	7.9084	4.8743	7.389
Mínima	14.3978	7.5357	7.95303	9.962
Media	9.86083	6.9108	4.9189	7.230

Cuadro A-21. Velocidad de Infiltración (cm/h), posterior al laboreo del suelo con tres sistemas de labranza. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. -- 1993.

SISTEMA DE LABRANZA	B L O Q U E S			MEDIA
	I	II	III	
Convencional	3.8200	4.6348	1.6456	3.3668
Reducida	11.1107	4.5180	2.9446	6.1911
Mínima	17.7697	9.5163	8.2443	11.8431
Media	10.90001	6.2203	4.2778	7.1337

Cuadro A-22. Prueba de Tukey para la Velocidad de Infiltración (cm/h), posterior al laboreo del suelo con tres sistemas de labranza. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993.

M E D I A S	Y ₃	Y ₂	Y ₁
	11.8431	6.19112	3.36687
Y ₁ - 3.36687	* 8.4762*	2.8242	0
Y ₂ - 6.19112	5.6519 ^{ns}	0	
Y ₃ - 11.8431	0		

* Significativo al 5% de probabilidad.

Cuadro A-23. Esfuerzo Cortante (kg/cm^2) del suelo, anterior al laboreo del suelo con tres sistemas de labranza. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993.

SISTEMA DE LABRANZA	B L O Q U E S			MEDIA
	I	II	III	
Convencional	2.33	2.35	3.10	2.59
Reducida	2.30	3.00	2.83	2.71
Mínima	2.53	2.38	3.33	2.74
Media	2.39	2.58	3.09	2.68

Cuadro A-24. Esfuerzo Cortante (Kg/cm^2) del suelo, posterior al laboreo del suelo con tres sistemas de labranza. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993.

SISTEMA DE LABRANZA	B L O Q U E S			MEDIA
	I	II	III	
Convencional	3.20	3.05	3.13	3.12
Reducida	3.25	3.00	2.68	2.97
Mínima	3.10	3.03	3.78	3.30
Media	3.18	3.03	3.20	3.14

Cuadro A-25. Resistencia a la Penetración (kg/cm^2) del suelo, de 0-20 cm de profundidad, anterior al laboreo del suelo con tres sistemas de labranza. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993.

SISTEMA DE LABRANZA	B L O Q U E S			MEDIA
	I	II	III	
Convencional	2.88	1.95	2.85	2.72
Reducida	1.93	2.23	2.35	2.19
Mínima	2.48	1.80	2.50	2.26
Media	2.43	2.01	2.73	2.39

Cuadro A-26. Resistencia a la Penetración (kg/cm^2) del suelo, de 0-20 cm de profundidad, posterior al laboreo del suelo con tres sistemas de labranza. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993.

SISTEMA DE LABRANZA	B L O Q U E S			MEDIA
	I	II	III	
Convencional	3.20	3.05	3.13	3.12
Reducida	3.25	3.00	2.68	2.97
Mínima	3.10	3.03	3.78	3.30
Media	3.18	3.03	3.20	3.14

Cuadro A-27. Resistencia a la penetración (kg/cm^2) del suelo, de 0-20 cm de profundidad, anterior al laboreo del suelo con tres sistemas de labranza. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. -- 1993.

SISTEMAS DE LABRANZA	B L O Q U E S			TOTAL
	I	II	III	
Convencional	2.16	1.60	3.00	6.76
Reducida	2.45	2.40	3.05	7.90
Mínima	3.10	2.63	2.31	8.04
T O T A L	7.71	6.63	8.36	22.70

Cuadro A-28. Resistencia a la penetración (kg/cm^2) del suelo, de 20-40 cm de profundidad, posterior al laboreo del suelo con tres sistemas de labranza. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993.

SISTEMA DE LABRANZA	B L O Q U E S			TOTAL
	I	II	III	
Convencional	4.50	4.50	4.50	13.50
Reducida	4.10	4.50	4.50	13.10
Mínima	4.50	4.50	4.50	13.50
T O T A L	13.10	13.50	13.10	40.10

Cuadro A-29. Resistencia a la penetración (kg/cm²) del suelo, de 40-60 cm de profundidad, anterior al laboreo del suelo con tres sistemas de labranza. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993.

SISTEMAS DE LABRANZA	B L O Q U E S			TOTAL
	I	II	III	
Convencional	4.50	4.50	4.23	13.23
Reducida	4.50	4.50	3.72	12.72
Mínima	4.50	4.50	4.50	13.50
T O T A L	13.50	13.50	12.45	39.45

Cuadro A-30. Resistencia a la penetración (kg/cm²) del suelo, de 40-60 cm de profundidad, posterior al laboreo del suelo con tres sistemas de labranza. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1993.

SISTEMAS DE LABRANZA	B L O Q U E S			TOTAL
	I	II	III	
Convencional	4.50	4.50	4.23	12.23
Reducida	4.50	4.50	3.72	12.72
Mínima	4.50	4.50	4.50	13.50
T O T A L	13.50	13.50	12.45	39.45

CUADRO A - 31 Clasificación del Tipo, Clase y grado de Estructura del suelo. Previo al tratamiento con tres

Sistemas de Labranza	Profundidad en centímetros	B		L	O	Q	E	S
		Tipo	I Clase	Grado	Tipo	II Clase	Grado	Tipo
CONVENCIONAL	0-3	granular	fina	débil	granular	fina	moderada	granular
	3-10	granular	muy fina	débil	granular	muy fina	moderada	granular
	10-20	granular	muy fina	débil	granular	muy fina	débil	granular
	20-40	granular	muy fina	débil	granular	muy fina	moderada	granular
REDUCIDA	0-3	granular	fina	moderada	granular	fina	moderada	granular
	3-10	granular	muy fina	moderada	granular	muy fina	moderada	granular
	10-20	granular	muy fina	moderada	granular	muy fina	moderada	granular
	20-40	granular	muy fina	moderada	granular	muy fina	moderada	granular
MINIMA	0-3	granular	fina	moderada	granular	fina	moderada	granular
	3-10	granular	fina	moderada	granular	muy fina	moderada	granular
	10-20	granular	fina	débil	granular	muy fina	débil	granular
	20-40	granular	fina	moderada	granular	muy fina	moderada	granular

CUADRO A - 33 Altura de plantas (cm) en el cultivo de Maíz (*Zea mays* L.) 30 días después de siembra, en suelos tratados con tres tipos de labranza y diferentes niveles de fertilización. CAPREX, San Luis Talpa, LaPaz. 1993.

TRATAMIENTOS	B L O Q U E S			TOTAL	MEDIA
	I	II	III		
S 1 0 1	49.5	36.25	60.25	146	48.67
S 1 0 2	47.5	45.75	54.25	147.05	49.17
S 1 0 3	52.75	50.5	50.5	153.75	51.25
S 1 Q	47.5	46.75	60	154.25	51.42
SUBTOTAL	197.25	179.25	225	601.5	50.12
S 2 0 1	59	43.25	44.5	146.75	48.92
S 2 0 2	56.25	45.5	48.75	150.5	50.17
S 2 0 3	54.5	53.75	45.5	153.75	51.25
S 2 Q	70.25	74	71.2	215.5	71.83
SUBTOTAL	240	216.5	210	666.5	55.54
S 3 0 1	45	53.5	56	154.5	51.5
S 3 0 2	53.75	57.5	45.25	156.5	52.17
S 3 0 3	49	72	46	167	55.67
S 3 Q	61.5	59.5	75.5	196.5	65.5
SUBTOTAL	209.25	242.5	222.75	674.5	56.21

CUADRO A - 34 Análisis de varianza para altura de plantas (cm) en el cultivo de maíz a 30 días después de siembra en suelos tratados con tres tipos de labranza y diferentes niveles de fertilización. CAPREX. San Luis Talpa, La Paz. 1993.

FACTORES D VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADO	F TABLAS	
					5 %	1 %
Bloques	2	15.969	7.984	0.06214ns	6.94	18
Sistema de Labranza	2	267.167	143.583	1.0396ns	6.94	18
Error (a)	4	513.989	128.497			
Subtotal	8	797.125				
Nivel de abono	3	1007.285	335.762	6.449 **	3.16	5.09
Labranza x nivel de fertilización	6	405.819	67.637	1.299ns	2.66	4
Error (b)	18	937.083	52.06			
Total	35	3147.312				

CUADRO A - 35 Altura de plantas (cm) en el cultivo de Maíz (*Zea mays* L.) 60 días después de siembra, en suelos tratados con tres tipos de labranza y diferentes niveles de fertilización. CAPREX, San Luis Talpa, LaPaz. 1993.

TRATAMIENTOS	B L O Q U E S			TOTAL	MEDIA
	I	II	III		
S 1 0 1	200.5	157.25	175	535.75	177.58
S 1 0 2	202.5	169.25	190.25	562	187.33
S 1 0 3	207.25	191.75	205	604	201.23
S 1 Q	205.75	203.75	206.25	615.75	205.25
SUBTOTAL	816	722	776.5	2314.5	192.87
S 2 0 1	1184.5	166.5	182.75	533.75	177.92
S 2 0 2	190.5	189.75	178	558.25	186.08
S 2 0 3	213	218.25	200.5	631.75	210.58
S 2 Q	224	213.25	199.5	636.75	212.25
SUBTOTAL	812	787.75	760.75	2360.5	196.71
S 3 0 1	197.25	242.75	167	607	202.33
S 3 0 2	212.75	214.5	170.5	597.75	199.25
S 3 0 3	215.5	209	206.75	631.25	210.42
S 3 Q	227.25	208.75	228.25	664.25	221.42
SUBTOTAL	852.75	875	772.5	2500.25	208.35

CUADRO A - 36 Diámetro de tallo (mm) en el cultivo de Maíz (*Zea mays* L.) 30 días después de siembra, en suelos tratados con tres tipos de labranza y diferentes niveles de fertilización. CAPREX, San Luis Talpa, LaPaz. 1993.

TRATAMIENTOS	B L O Q U E S			TOTAL	MEDIA
	I	II	III		
S 1 0 1	9	3.5	8.5	21	7
S 1 0 2	8.25	10	9.75	28	9.33
S 1 0 3	11.25	8.75	12	32	10.67
S 1 Q	5.5	10.25	14	29.75	9.92
SUBTOTAL	34	32.5	44.25	1110.75	9.23
S 2 0 1	12.5	8	9	29.5	9.83
S 2 0 2	11	8.5	9.5	29	9.67
S 2 0 3	12.5	12.25	11.25	37.25	12.42
S 2 Q	13.25	14	25	38.5	12.83
SUBTOTAL	50.5	42.75	41	134.25	11.19
S 3 0 1	10.5	12.5	10.75	33.75	11.25
S 3 0 2	12	12.25	8.25	32.5	10.83
S 3 0 3	12.5	12.25	11.25	36	12
S 3 Q	13.75	14.25	15	43	14.33
SUBTOTAL	48.75	51.25	45.25	145.25	12.1

CUADRO A - 37 Diámetro de tallo (mm) en el cultivo de Maíz (*Zea mays* L.) 60 días después de siembra, en suelos tratados con tres tipos de labranza y diferentes niveles de fertilización. CAPREX, San Luis Talpa, LaPaz. 1993.

TRATAMIENTOS	B L O Q U E S			TOTAL	MEDIA
	I	II	III		
S 1 0 1	12.25	10	11.75	34	11.33
S 1 0 2	13.75	11.25	12.75	37.75	12.58
S 1 0 3	12.5	12.25	12.25	37	12.33
S 1 Q	12	12.75	15	39.75	13.25
SUBTOTAL	50.5	46.25	51.75	148.5	12.375
S 2 0 1	12.75	9.75	11.9	34	11.33
S 2 0 2	12.25	11.75	9.75	33.75	11.25
S 2 0 3	13.75	13.75	13.75	41.25	13.75
S 2 Q	113.5	14.75	14.5	42.75	14.215
SUBTOTAL	52.25	50	49.45	151.75	12.65
S 3 0 1	13	13	11.75	37.75	12.58
S 3 0 2	16.38	13	11.5	40.88	13.63
S 3 0 3	12.75	14	11.75	38.5	12.83
S 3 Q	19	15.25	16.75	51	17
SUBTOTAL	61.13	55.25	51.75	168.13	14.01

CUADRO A - 38 Longitud de raíz (cm) en el cultivo de Maíz (*Zea mays* L.) 30 días después de siembra, en suelos tratados con tres tipos de labranza y diferentes niveles de fertilización. CAPREX, San Luis Talpa, LaPaz. 1993.

TRATAMIENTOS	B L O Q U E S			TOTAL	MEDIA
	I	II	III		
S 1 0 1	14.25	10.5	19.75	44.5	14.83
S 1 0 2	16	14.75	16.5	47.25	15.75
S 1 0 3	14.5	14.25	16	44.75	14.92
S 1 Q	9.75	14.25	19.25	43.75	14.58
SUBTOTAL	54.5	54.25	71.5	180.25	15.02
S 2 0 1	16.75	11.25	17	45	15
S 2 0 2	10.75	13.25	13.75	37.75	12.58
S 2 0 3	16.25	15.25	10.5	42	14
S 2 Q	18.25	18.75	18.75	55.75	18.58
SUBTOTAL	62	58.5	560	180.5	15.04
S 3 0 1	13.25	14.25	16.25	43.25	14.58
S 3 0 2	14	15.25	11.75	41	13.67
S 3 0 3	15	19.75	14.05	49.25	16.42
S 3 Q	19	17	26	62	20.67
SUBTOTAL	61.25	66.25	68.5	196	16.33

CUADRO A - 39 Longitud de raíz (cm) en el cultivo de Maíz (Zea mays L.) 60 días después de siembra, en suelos tratados con tres tipos de labranza y diferentes niveles de fertilización. CAPREX, San Luis Talpa, LaPaz. 1993.

TRATAMIENTOS	B L O Q U E S			TOTAL	MEDIA
	I	II	III		
S 1 0 1	63	55.25	51.75	170	56.67
S 1 0 2	67.25	67	59.5	193.75	64.58
S 1 0 3	63.75	58	65	186.75	62.25
S 1 0	63.5	60.25	63.75	1187.5	62.5
SUBTOTAL	257.5	240.5	240.14	738	61.5
S 2 0 1	66	5	57	184.5	61.5
S 2 0 2	57.25	62.25	55.25	175	58.33
S 2 0 3	65	68.25	55	188.25	62.75
S 2 0	71.25	68.75	55.75	195.75	65.75
SUBTOTAL	259.75	260.75	223	743.5	61.96
S 3 0 1	53.25	56.75	55	165	55
S 3 0 2	59	47.5	58.25	164.75	54.92
S 3 0 3	58	55.75	61.75	175.5	58.5
S 3 0	59.25	63.25	58.25	180.55	60.25
SUBTOTAL	229.5	223.25	233.25	686	57.17

CUADRO A 40 Rendimiento en grano seco (Kg/ha), en el cultivo de Maíz (Zea mays L.) sometido a tres tipos de labranza y diferentes niveles de fertilización. CAPREX. San Luis Talpa, La Paz. 1993.

TRATAMIENTOS	B L O Q U E S			TOTAL	MEDIA
	I	II	III		
S 1 0 1	4162.07	3245.28	5403.38	12810.73	4270
S 1 0 2	5070.74	4105.28	7050.37	12226.39	5408.79
S 1 0 3	4778.67	4916.59	3448.11	13143.37	4381.12
S 1 0	3853.77	4259.43	5022.06	13135.26	4378.42
SUBTOTAL	17865.25	16526.58	20923.92	55315.75	
S 2 0 1	6084.89	6644.7	3756.41	16486	5495.33
S 2 0 2	6490.55	4713.76	5070.74	16275.05	5428.02
S 2 0 3	5022.07	7756.21	5476.4	18254.68	6084.89
S 2 0	5273.57	5119.42	5119.42	15512.14	5170.8
SUBTOTAL	22871.08	24234.09	19422.97	66528.14	
S 3 0 1	6490.55	4973.39	2685.47	14145.41	4716.47
S 3 0 2	6444.7	4567.72	3125.6	14408.02	4802.67
S 3 0 3	6766.4	5346.59	6190.23	18303.25	6101.12
S 3 0	6084.89	5070.54	6893.21	18051.84	6017.28
SUBTOTAL	25986.54	19958.44	18967.64	64912.62	

**CUADRO A-41 Interpretación de resultados químicos analíticos en
agrícolas. FUSADES. Laboratorio de Calidad Inter**

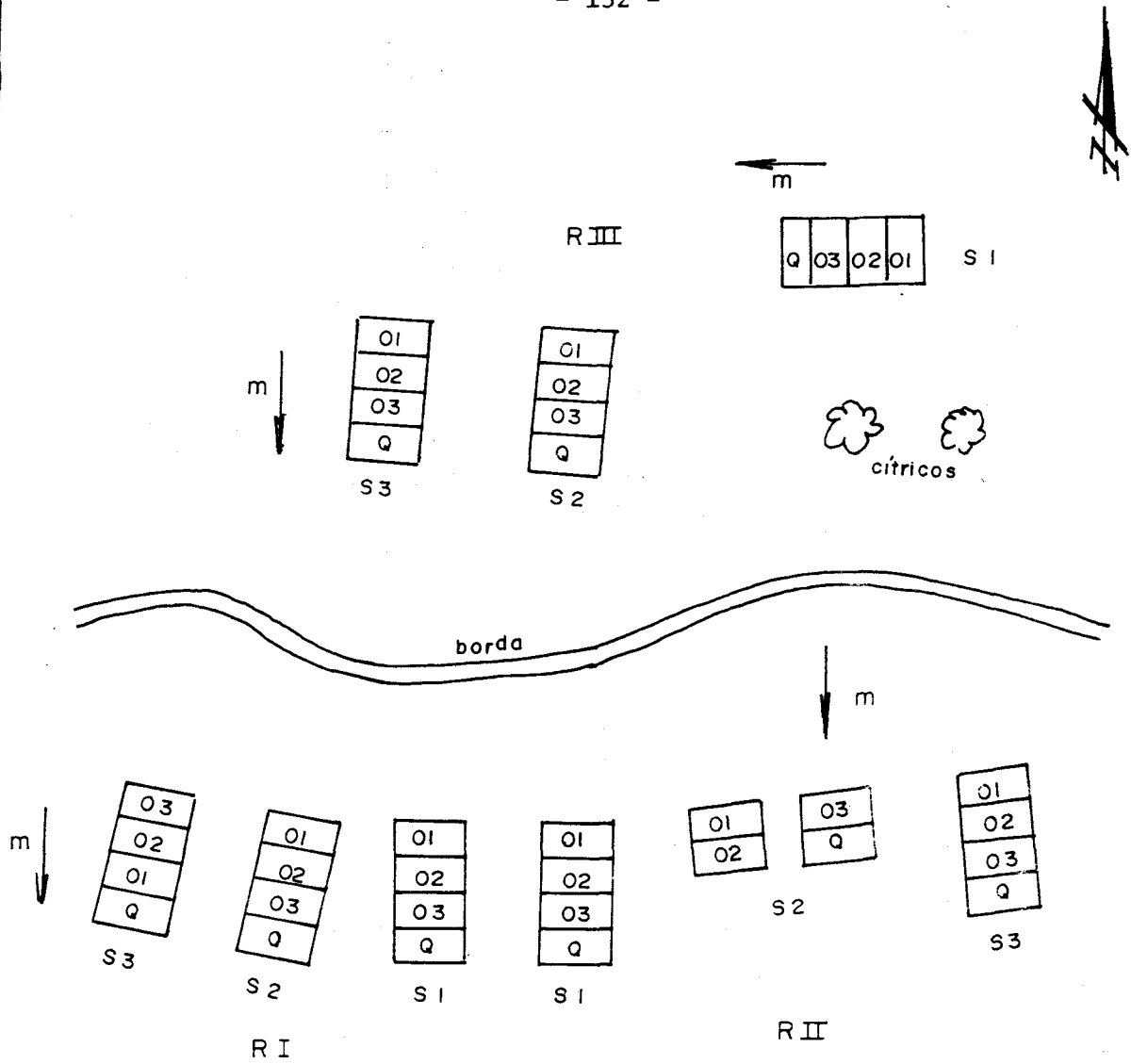
	pH	M.O. %	N ppm	P ppm	K ppm	Ca ppm	M ppm
Rango	5-6	3 -5	35	13-20	80-156	500-1000	54-1

	Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm	Bo ppm	Al ppm	Na ppm
Rango	3-20	20-80	10-100	6-36	0.6-2	0-90	0-23

a La Libertad

 AREA DE INVESTIGACION

Fig. A-1 - Plano de ubicación del ensayo en la Estación Experimental y de Prácticas de Ciencias Agronómicas, San Luis Talpa.



SIMBOLOGIA:

- S 1 = LABRANZA CONVENCIONAL
- S 2 = LABRANZA REDUCIDA
- S 3 = LABRANZA MINIMA
- O 1 = 15 ton / Ha de Compost
- O 2 = 30 ton / Ha de Compost
- O 3 = 45 ton / Ha de Compost
- Q = QUIMICO
- RI, RII, RIII = REPETICION
- m = PENDIENTE

Fig . A-2 . Plano de distribución de las parcelas experimentales .
CAPREX , San Luis Talpa , La Paz . 1993 .

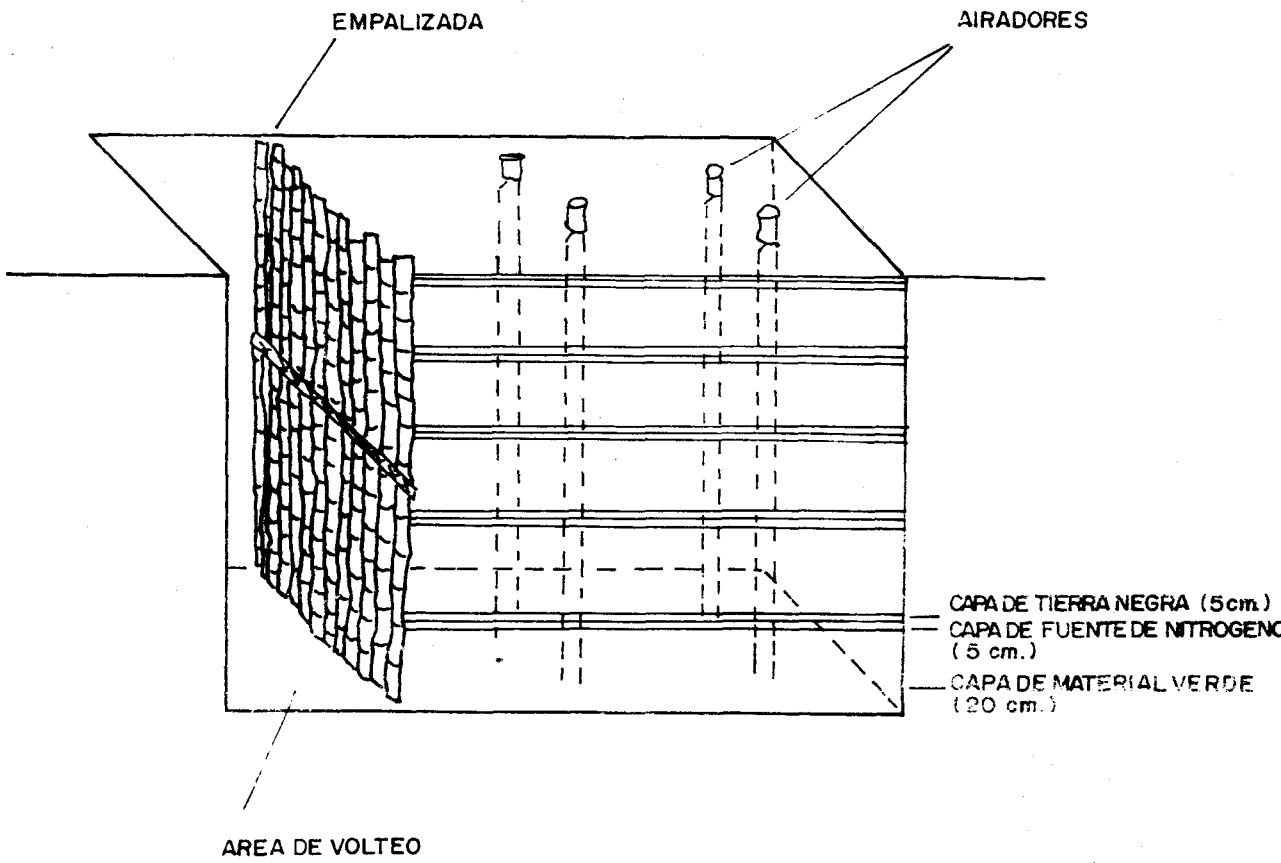
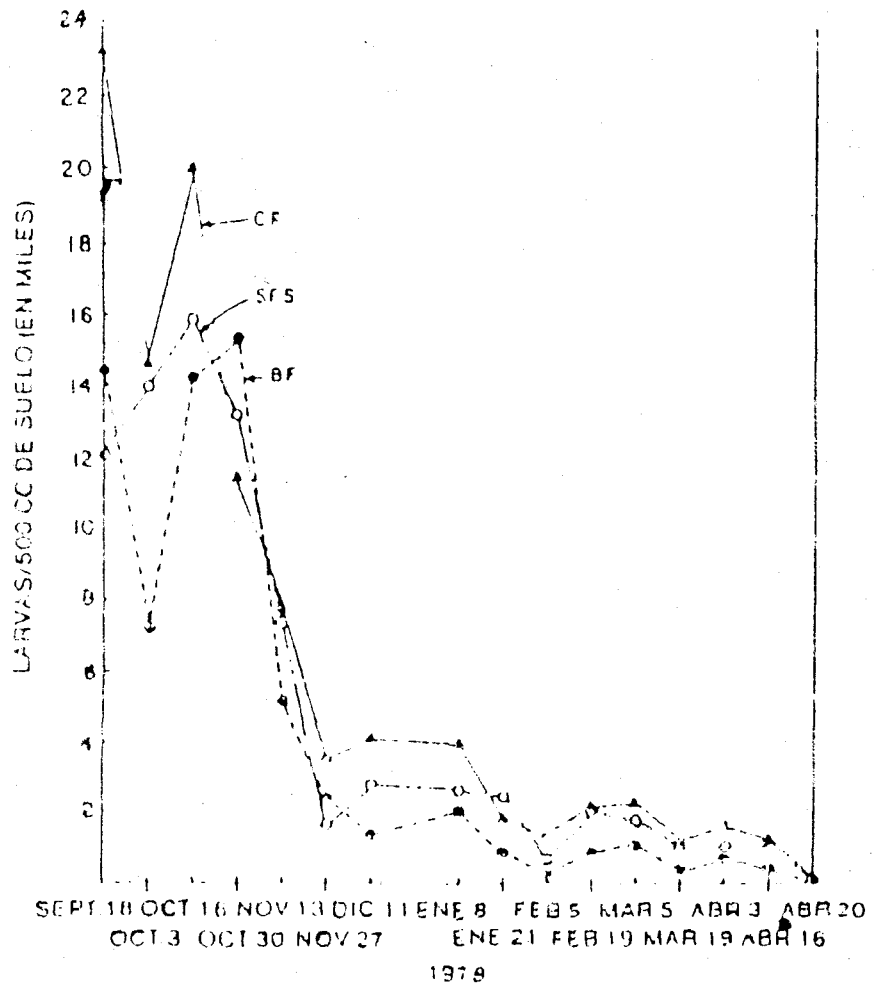


Fig. A-3 - Esquema de abonera tipo trinchera.



FECHA DE MUESTREO

Fig. A-4 . Declinación de la población de Meloidogyne incognita (juveniles = larvas) en el cultivo del tabaco, determinada por tres métodos de extracción: CF = Centrifugación y -- floración; TEA - Tamizado y flotación con azúcar y EB = Embudo de - Bearman.