

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE
ESCUELA DE SUELOS Y AGUA

TRABAJO DE DIPLOMA

**“EFECTO DE TRES SISTEMAS DE LABRANZA SOBRE
LAS PROPIEDADES FISICAS DE LOS SUELOS EN EL
CULTIVO DE MAIZ (Zea mays L.) NB-12”**

AUTORES:

Br. Oscar Enrique Bustamante Morales
Br. César Bayamé Solórzano Ramero

ASESORES:

Ing. Gerardo Ulises Murillo Malespin
Ing. Marcos Pacheco

Managua, Abril, de 1999

DEDICATORIA

Dedico este trabajo muy especialmente a mis padres por brindarme siempre su apoyo incondicional, tanto moral como espiritual:

María Andrea Orbelina Morales Martínez

Eduardo Bustamante Meneses

A mis hermanos

María Andrea

Natividad de Jesús

Santos Zacarias

Miguel Ángel

Virginia del Socorro

Dora del Carmen

José Antonio

A la memoria de mi recordado hermano

Guillermo Bustamante Morales

Oscar Enrique Bustamante Morales

DEDICATORIA

Dedico este trabajo muy especialmente a mi mamá Cesarín del Socorro Guardado Romero por todo su apoyo incondicional por su lucha, y a mis hermanos:

Ing. Mauricio Alberto Paredes Guardado

Ing. César Antonio Paredes Guardado

Arquitecto Jaime Martín Paredes Guardado

Ing. Marvin Alfonso Paredes Guardado

Carlos Andrés Paredes Guardado

Maria Isabel Solórzano Romero

A mi esposa Juana Alejandra Canales Zavala por toda su comprensión y espera

A mis grandes vecinos Eva Jarquín y a sus hijos y nietos

A todos los que hagan falta gracias.

Cesar Bayamé Solórzano Romero

AGRADECIMIENTO

Queremos agradecer por todo el apoyo moral, material y espiritual a los que de manera desinteresada nos apoyaron en la culminación de este trabajo. A:

Nuestro asesor Ingeniero Gerardo Ulises Murillo Malespín.

Ingeniero Sandra Lovo

Ingeniero Antonio Avilés

Licenciada Idalia Casco

Licenciada Marcia Mendieta

Señora Suyen Rodríguez

NUESTRO MAS SINCERO AGRADECIMIENTO A LAS SIGUIENTES INSTITUCIONES : A la Escuela de Suelos y Agua, al Centro Nacional de Investigación Agropecuaria (CNIA), que en el fortalecimiento con la Universidad Nacional Agraria (UNA) ha hecho posible la realización de este trabajo, al Programa Ciencia de las Plantas (PCP), al Instituto de Investigaciones de Energía Atómica N₁₅ de Austria. A todos ellos gracias por su cooperación.

INDICE

	PÁGINA
INDICE	I
INDICE DE TABLAS	IV
INDICE DE FIGURAS	VI
RESUMEN	VII
I. INTRODUCCION	1
1.1 Antecedentes y Justificación	2
II. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivos Generales	3
2.2 Objetivos Específicos	3
III. REVISISION BIBLIOGRAFICA	4
3.1 Labranza y Propiedades Físicas de los Suelos	4
3.2 Sistemas De Labranza	5
3.2.1 Labranza Convencional	5
3.2.2 Arado Egipcio	6
3.2.3 Arado PROMECH	6
3.3 Densidad Aparente	7
3.4 Densidad Real	8
3.5 Porosidad del Suelo	8
3.6 Textura y Estructura	9

	PAGINA	
3.7	Infiltración	11
3.8	Compactación Del Suelo	11
3.9	Resistencia Mecánica a la Penetración	12
3.10	Diagrama Estructural	13
3.11	Uso de la Sonda de Radiación Gamma	13
	3.11.1 Retrodispersión Gamma	14
IV.	MATERIALES Y METODOS	15
4.1	Ubicación del Experimento	15
4.2	Descripción del Perfil del Suelo	15
	4.2.1 Identificación de la Serie de Suelo	16
4.3	Variables Medidas	17
	4.3.1 Densidad Aparente	17
	4.3.2 Densidad Real	18
	4.3.3 Porosidad Total del Suelo	18
	4.3.4 Infiltración del Agua en el Suelo	19
	4.3.5 Resistencia Mecánica a la Penetración	19
4.4	Descripción de la Fertilidad del Suelo	20
4.5	Elaboración de Mapas	21
	4.5.1 Mapas de Resistencia Mecánica a la Penetración	21
	4.5.2 Mapas de Macro y Micro Elementos	22
	4.5.3 Elaboración de Mapas con los Datos Obtenidos de la Sonda Superficial	22
4.6	Manejo Agronómico	23
	4.6.1 Preparación de Suelo	23
	4.6.2 Siembra	24
	4.6.3 Fertilización	24
	4.6.4 Cosecha	24
4.7	Diseño Experimental	25

V.	RESULTADOS Y DISCUSION	26
5.1	Densidad Aparente	26
5.2	Densidad Real	31
5.3	Porosidad Total	33
5.4	Infiltración	34
5.5	Resistencia Mecánica a la Penetración	37
5.6	Descripción de la Fertilidad	43
5.6.1	Mapas de Macro y Micro Nutrientes	43
5.7	Diagramas Estructurales	47
5.7.1	Diagrama Estructural del Area Subsoleada	47
5.7.2	Diagrama Estructural del Area no Subsoleada	49
5.8	Resultados de la Sonda Superficial Gamma	51
5.9	Rendimientos del Cultivo de Maiz (<u>Zea mays</u> L) Bajo Diferentes Sistemas de Preparación del Suelo	54
5.10	Análisis Económico de los Tres Sistemas	56
5.10.1	Calculo de los Costos de Utilización de la Labranza Convencional	56
5.10.2	Calculo de los Costos de Utilización del Arado Egipcio	59
5.10.3	Calculo de los Costos de Utilización del Arado PROMECH	60
5.10.4	Costos Variables de los Sistemas de Labranza: Arado Egipcio y PROMECH	60
VI.	CONCLUSIONES	63
VII.	RECOMENDACIONES	64
VIII.	BIBLIOGRAFIA	65
IX.	ANEXO	69

INDICE DE TABLAS

	PÁGINA
TABLA N° 1 Ventajas y desventajas de los sistemas de labranza evaluados	6
TABLA N° 2 Evaluación de la densidad aparente del suelo	7
TABLA N° 3 Clasificación de la densidad aparente	8
TABLA N° 4 Evaluación de la porosidad total en el suelo	9
TABLA N° 5 Clasificación textural según el diámetro de las partículas del Suelo	10
TABLA N° 6 Evaluación de la velocidad de infiltración en mm h ⁻¹	11
TABLA N° 7 Categorías de resistencia mecánica a la penetración expresada en unidades de kg/cm ²	13
TABLA N° 8 Rango de contenido de macronutrientes	22
TABLA N° 9 Rango de contenido de micro nutrientes (Olsen modificado)	22
TABLA N° 10 Resultados de densidad aparente	26
TABLA N° 11 Resultados de densidad real	31
TABLA N° 12 Resultados de porosidad total	33
TABLA N° 13 Resultados de pruebas de infiltración básica realizadas en el área de estudio bajo tres sistemas de labranza en cultivo de maíz (<u>Zea mays</u> L). CNIA-INTA 1997	34
TABLA N° 14 Determinación de la resistencia mecánica a la penetración (kg/cm ²) en seis perfiles de suelo a diferentes profundidades en el area de estudio bajo tres sistemas de preparación de suelos en el cultivo de maíz (<u>Zea mays</u> L). CNIA-INTA 1997	37
TABLA N° 15 Resultados de análisis químico del suelo correspondientes al area de estudio (subsoleada y no subsoleada) obtenidos del laboratorio de suelos y agua universidad nacional agraria, 1997	43
TABLA N° 16 Resultados del rendimiento del cultivo de maíz (<u>Zea mays</u> L) obtenido en el area de estudio (subsoleada y no subsoleada) bajo tres sistemas de labranza. CNIA-INTA 1997	54

TABLA N° 17 Analisis de varianza para el rendimiento del cultivo de maíz (<u>Zea mays</u> L) bajo tres sistemas de labranza. CNIA-INTA, 1997	55
TABLA N°18 Costos fijos y costos variables de la siembra mecanizada	59
TABLA N°19 Costos fijos y costos variables de la siembra con arado egipcio y con arado PROMECH	60
TABLA N° 20 Costos de siembra de los diferentes sistemas de labranza	61

INDICE DE FIGURAS

		PAGINA
Figura 1.	Representación gráfica de densidad aparente para los tratamientos mecanizado subsoleado y mecanizado no subsoleado en el CNIA-INTA 1997-1998	28
Figura 2.	Representación gráfica de densidad aparente para los tratamientos PROMECH subsoleado y PROMECH no subsoleado en el CNIA-INTA 1997-1998	29
Figura 3.	Representación gráfica de densidad aparente para los tratamientos arado egipcio subsoleado y arado egipcio no subsoleado en el CNIA-INTA 1997-1998	30
Figura 4.	Representación gráfica de densidad real del area subsoleada y no subsoleada en el CNIA-INTA 1997-1998	32
Figura 5	Gráficas de infiltración área experimental CNIA-INTA 1997-1998	36
Figura 6.	Representación gráfica de resistencia mecánica a la penetración de los tratamientos subsoleados	39
Figura 6.	Representación gráfica de resistencia mecánica a la penetración de los tratamientos no subsoleado	40
Figura 7	Mapas de resistencia mecánica área subsoleada	41
Figura 8	Mapas de resistencia mecánica área no subsoleada	42
Figura 9	Mapas de macronutrientes NPK	45
Figura 10	Mapas de micronutrientes Cu, Fe y Zn	46
Figura 11.	Diagramas estructurales de los tratamientos del area subsoleada	48
Figura 12	Diagramas estructurales de los tratamientos del area no subsoleada	50
Figura 13	Mapas de densidad aparente obtenidos con datos de la sonda Gamma	52
Figura 14	Mapas de porcentajes de humedad obtenidos con datos de la sonda Gamma	53

RESUMEN

El suelo constituye la base fundamental para el desarrollo de una agricultura sostenible. Es esta la razón por la que en época de postrera del año 1997 se estableció este experimento de campo en el centro nacional de experimentación agropecuaria CNIA-INTA Managua.

El propósito de dicho estudio fue evaluar el efecto de tres sistemas de labranza sobre las propiedades físicas del suelo. Se analizaron las alternativas de arado egipcio, arado PROMECH, y mecanizado distribuidas en seis tratamientos con seis repeticiones comprendidos en un área de 7200m². Además el año anterior se realizó una preparación previa de la mitad del área con subsoleo a 50 cm y la otra mitad se tomó como testigo absoluto, teniendo lugar en cada área tres tratamientos con dos repeticiones; utilizándose además un arreglo factorial implementado en parcelas divididas.

La metodología utilizada consistió en la realización de calicatas entre los tratamientos establecidos de las que se tomaron datos de densidad aparente, densidad real, porosidad total, resistencia mecánica a la penetración a profundidades desde 10 hasta 40 cm de profundidad. Los resultados nos indican que la labor previa de subsoleo (descompactación) mejora la aireación, infiltración, desarrollo radicular del cultivo y por ende los rendimientos del mismo.

De los tratamientos estudiados el que causa menos daño a las propiedades del suelo por efecto de compactación resultó ser el PROMECH, lógicamente que los rendimientos obtenidos a partir del mismo también resultaron superiores comparados con el egipcio y el mecanizado.

"SUMMARY"

The soil represents the fundamental base for the development of a sustainable agriculture. This was the reason why in the post season crop of 1997 was established this field experiment in the national center of agricultural experimentation CMA-INTA, Managua.

The purpose of this study was to evaluate the effect of three tillage systems over the physical properties of the soil. The options were analyzed about egyptian plow, PROMECH plow and mechanized plow, distributed in six treatments with six repetitions in an area of 7,200 m². Furthermore the last year was carried out a previous preparation of the half of the area with subsoil to 50 cm and the other half was taken as absolute evidence, having in each area three treatments with two repetitions, using besides a factorial arrangement implemented in divided parcels of land.

The used methodology consisted in to perform a deep hole between the established treatments from which were taken some data with apparent density, real density, total porosity, mechanical resistance and the penetration to depths from 10 to 40 cm of depth. The results indicate us that the previous work of subsoil (descompactation) improve the ventilation, infiltration, root development of the crop and meanwhile the yield of the same crop.

From the treatments studied, that which causes less damage to the properties of the soil for effect of compactation was the PROMECH, logically that the obtained yielding starting from the same resulted higher comparatively with the egyptian plow and the mechanized plow.

I. INTRODUCCION

En los últimos años los diferentes procesos de degradación ya sean físicos, químicos o biológicos, tienen un impacto aniquilador debido a su incidencia sobre la producción y la productividad agropecuaria, que a su vez se refleja en la situación socio-económica del país.

En Nicaragua la erosión es una de las formas más importantes de degradación del suelo, sin embargo, ella se hace acompañar por el mal uso y manejo de los suelos agrícolas, teniendo su mayor importancia cuando la gradiente de la pendiente aumenta progresivamente.

La degradación del suelo a consecuencia de la erosión, afecta la fertilidad del suelo y en última instancia la producción de los cultivos.

Los aspectos cualitativos y cuantitativos del suelo dependen en gran medida de las propiedades y características del mismo. El presente trabajo se realizó con el objetivo de evaluar los factores que afectan las propiedades físicas del suelo, utilizando tres sistemas de labranza para medir su efecto en el rendimiento y la relación beneficio-costos.

Los efectos de los problemas en la producción causados por el uso intensivo de los sistemas de labranza, donde la degradación de la estructura es considerada uno de los más graves problemas de degradación, la aireación, infiltración, almacenamiento de agua, drenaje, resistencia mecánica del suelo a la penetración y distribución del tamaño de los poros, depende del arreglo y conexión entre las partículas, en donde la destrucción de la estructura por laboreo excesivo se manifiesta en los bajos rendimientos. Todas estas cualidades del suelo permiten determinar la estrategia de explotación, manejo y preparación del suelo con el fin de obtener rendimientos satisfactorios y limitando hasta cierta forma el proceso de degradación del suelo.

1.1 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACION

Son muy pocos los estudios que se han realizado en la línea de degradación física de los suelos, los mayores estudios se han realizado en las líneas de fertilización y erosión hídrica.

Los problemas de degradación física, especialmente de compactación, han adquirido su importancia a partir de 1991, a través del proyecto FAO GCPS/NIC/015/NOR, "aumento de la producción a través del uso de fertilizantes y otros insumos", donde se señala que para solucionar el aumento de la producción no se logra solo con el uso de fertilizantes sino que paralelo a ello, se tiene que solucionar los problemas físicos en el suelo, entre ellos la compactación (MAG, 1991).

Durante los dos últimos años se han realizado estudios concernientes a los cambios físicos de los suelos, ocasionado por el uso indiscriminado de maquinaria pesada, teniendo como efecto la formación de un piso de arado, cuyo impacto son directamente negativos en las propiedades físicas del suelo como; reducción de la capacidad de almacenamiento de agua, reduce la infiltración, disminuye el espacio poroso en el suelo, reduce el desarrollo radicular del cultivo y el área de anclaje de la planta provocando caída de la misma, poco vigor y estrés constante por carencia de agua, todo ello repercutiendo definitivamente en la rentabilidad del cultivo.

Con el excesivo laboreo se inicia el proceso de degradación de los suelos, provocando la pérdida de la capa arable y la fertilidad acompañada de la compactación de las capas subsuperficiales que se traduce en una alta densidad aparente, baja porosidad y reducción en la tasa de infiltración del agua en el suelo. En el presente trabajo se evaluaron tres sistemas de labranza en una área subsoleada y otra no subsoleada, para determinar el efecto sobre las propiedades físicas del suelo; definiéndose por lo antes expuesto los objetivos siguientes:

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General:

Determinar cualitativamente y cuantitativamente el proceso de degradación física y su impacto sobre las propiedades fisico-químicas de los suelos agrícolas dedicados al cultivo del maíz, bajo diferentes formas de preparación de suelo, a fin de generar alternativas adecuadas de manejo de suelos para pequeños y medianos productores de la zona en estudio.

2.2 Objetivos Específicos:

1. Determinar el impacto de la degradación física del suelo sobre las propiedades físicas; densidad aparente, densidad real, porosidad, y estructura
2. Determinar el efecto de los diferentes sistemas de preparación de suelos; maquinaria, arado egipcio y la PROMECH, sobre las propiedades físicas del suelo
3. Analizar el efecto degradativo de los suelos agrícolas (compactación)
4. Cuantificar el impacto de la degradación física sobre los rendimientos del cultivo del maíz, en base a un estudio económico, teniendo como parámetro el rendimiento del cultivo

III. REVISION BIBLIOGRAFICA

3.1. Labranza y Propiedades Físicas de los Suelos

La degradación del suelo significa el cambio de una o más de sus propiedades a condiciones inferiores a las originales, por medio de procesos físicos, químicos y/o biológicos. La degradación del suelo provoca alteraciones en el nivel de fertilidad del suelo y consecuentemente en su capacidad de sostener una agricultura productiva.

Según Bertoni y Lombardi (1985) las tierras agrícolas se vuelven gradualmente improductivas por cuatro razones principales:

1. Degradación de la estructura del suelo
2. Disminución de la materia orgánica
3. Pérdida de suelo
4. Pérdida de nutrientes

Estas razones son efectos producidos básicamente por el uso y manejo del suelo y por la acción de la erosión acelerada.

La preparación del suelo es un factor de gran importancia en la física, química y biología del suelo, que determina la fertilidad, erosión, infiltración y almacenamiento del agua, así como el desarrollo y proliferación de malezas, plagas y enfermedades y el crecimiento del sistema radicular de las plantas (Rava, 1991).

La preparación del terreno o labranza se refiere a las diferentes manipulaciones mecánicas de los suelos, con el fin de mantenerlos en condiciones óptimas para el desarrollo del cultivo. Sin embargo el efecto benéfico o perjudicial de la labranza depende del tipo de instrumento empleado y la intensidad con que se usen (Baver, 1987).

El objetivo principal de la labranza es modificar las condiciones del suelo para eliminar o reducir algunas limitaciones, principalmente físicas para la producción de cultivos, como son: compactación, sellado y encostrado, baja infiltración, drenaje interno y externo deficientes, 4

exceso o déficit de humedad, disposición de residuos de cultivos. Sin embargo, su mal uso o aplicación en momentos no adecuados y/o en forma no ajustada al suelo, clima, etc.; puede conducir a deterioro de la estructura del suelo (Pla, 1994).

3.2. Sistemas De Labranza

La operación de remover la capa de suelo se le denomina preparación del suelo. Este proceso se repite año con año, estación a estación, en todos los lugares de la tierra donde se practica agricultura cualquiera que sea la intensidad de ésta (Tapia & Camacho, 1988).

ARADO: Según Meier citado por Espinosa (1993), la historia del arado comienza cuando el hombre encuentra un sitio donde establecerse, es a partir de este punto que surge la necesidad de cultivar para alimentar a su familia y a los animales que habitan con él.

En la agricultura nicaragüense (de secano), la tracción animal ha jugado un papel fundamental en la producción de granos básicos. La disponibilidad y uso de este recurso ha permitido al pequeño y mediano productor (PMP), con o sin técnicas solventar el problema del uso de la maquinaria en sus pequeñas áreas.

El PMP ha usado y abusado de sus recursos para lograr la producción de granos básicos (alimentación). Su estrategia se limita en la mayoría de los casos al uso de técnicas que le permiten una producción determinada en un tiempo dado, no importando si éstas se incrementan o no, además no consideran las consecuencias hacia sus recursos (Espinosa A., 1995).

3.2.1. Labranza convencional

La labranza se define como el uso de arados, rastras u otros aperos para la remoción del suelo como medida de preparación del terreno para la siembra (Shenk et al 1987, citado por Valdivia, 1988.). La labranza convencional según Faulkner (1984), citado por Vega (1990) es el mejor sistema de siembra. Sin embargo la preparación del terreno no es necesaria y bastaría hacer una preparación del terreno rápida y superficial y sembrar directamente sin labrar. El hecho de usar energía motriz lo hace un instrumento rápido para realizar las labores de preparación de suelos y siembra (0,75h/mz).

3.2.2. Arado egipcio

La introducción de los animales de tiro para los trabajos agrícolas fue muy importante, por que significó un ahorro de mano de obra en las labores de preparación del suelo y siembra. El arado egipcio conjuntamente con el yugo y los bueyes, fueron introducidos durante la época colonial, durante todo el tiempo, no ha sufrido modificación en su diseño. Por eso el tiempo de trabajo por unidad de área es lento (ocho horas por manzana) en comparación con otras técnicas con tracción animal.

3.2.3. Arado PROMECH

Es un implemento de metal que reemplaza al arado de madera (arado egipcio) y que ofrece a las familias productoras muchas ventajas. Entre las que se encuentra la velocidad de laboreo que es de cinco horas por manzana y la durabilidad del material del cual está hecho que, además de ser resistente a la intemperie no es muy pesado en comparación con el arado egipcio.

TABLA N° 1 Ventajas y desventajas de los sistemas de labranza evaluados

Implemento	Ventajas	Desventajas
MACANIZADO.	<ul style="list-style-type: none"> - Favorece la entrada de aire - Mejor captación de agua de lluvia - Suaviza horizontes arables para mejor arraigamiento de los cultivos - Es rápido para laborar 	<ul style="list-style-type: none"> - Compactación del suelo - Propicia la erosión del suelo - Mayor costo - Alta inversión inicial - No se fabrica en el país - Se requiere personal capacitado para operario
ARADO EGIPCIO.	<ul style="list-style-type: none"> - Generalmente liviano - Puede ser fabricado por el mismo agricultor - Fácil y cómodo para el transporte - Permite su uso en pendientes mayores del 15% 	<ul style="list-style-type: none"> - Dificultad para arar en terrenos pesados - Corta duración - Menos eficiencia de trabajo (en comparación a siembra) - Propicia la erosión de los suelos
ARADO PROMECH.	<ul style="list-style-type: none"> - Permite surcar y aporcar - Mayor capacidad de volteo - Incorpora rastrojos - Mayor durabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> - Mayor rompimiento del prisma del suelo - Suelo propenso a la erosión - Uso restringido en suelos con altas pendientes - Menor eficiencia de trabajo (en comparación a siembra)

Fuente Membreño, Bustos y Espinoza (1997)

3.3. Densidad Aparente

La densidad aparente se define como la masa de una unidad de volumen de suelo seco con una estructura natural. El término estructura natural significa que su volumen comprende tanto las partículas sólidas como los poros del suelo (Cairo, 1995).

Según Pla (1994), la densidad aparente y la porosidad del suelo relacionadas con la labranza, afectan el crecimiento radicular y la emergencia de las plántulas, ya que son propiedades del suelo afectadas en un sentido u otro por la misma.

La labranza tiende generalmente a disminuir (al menos temporalmente) la densidad aparente y a aumentar la porosidad del suelo superficial o capa arable. Al mismo tiempo el suelo por debajo de la capa arable puede incrementar la densidad aparente por las fuerzas y presiones aplicadas a esa capa por la maquinaria e implementos de labranza (Pla, 1994).

A continuación se presenta una tabla de valores de densidad aparente según Kachinski, citado por Cairo (1980) en la que se muestran valores promedios que asume la densidad aparente y la evaluación que se le asigna de acuerdo a dicho valor.

TABLA N° 2 Evaluación de la densidad aparente del suelo

Evaluación	
Muy Baja	< 1
Baja	1.0-1.2
Mediana	1.2-1.4
Alta	1.4-1.6
Muy Alta	> 1.6

La densidad aparente es afectada por la estructura del suelo, es decir por su grado de compactación, así como por sus características de expansión y contracción que dependen a su vez del grado de humedad (Gurovich, 1985).

De acuerdo a Kachinski, citado por Forsythe, (1980), se establece una relación entre la densidad aparente y el aspecto cualitativo del suelo.

TABLA N° 3 Clasificación de la densidad aparente de acuerdo al aspecto cualitativo del suelo

DENSIDAD APARENTE (g/cm ³)	Aspecto cualitativo del suelo
< 1.0	Suelos ricos en materia orgánica
1.0—1.1	Suelos arables recientemente labrados
1.2	Campo labrado compacto
1.3—1.4	Campo labrado muy compacto
1.4—1.6	Horizontes yacentes bajo los horizontes arables de distinto suelo
1.6—1.8	Horizontes ilubiales muy compactados

3.4. Densidad Real o Peso Especifico

Un medio de expresión del peso del suelo lo constituye la densidad de las partículas sólidas que lo componen. El peso de los sólidos de los suelos ha sido expresado a menudo en términos de su peso específico. Es simplemente, el peso de los sólidos de los suelos comparado con el de un volumen igual de agua. También se define como la masa (o peso) de una unidad de volumen de sólido del suelo y es llamada densidad de las partículas. Generalmente la densidad real se expresa en términos de g/cm³ Cairo, 1980.

Los límites del peso específico de la capa arable de los suelos minerales, con un contenido de materia orgánica menor que el 3%, se encuentran comúnmente entre 2.6 y 2.7 g/cm³.

La densidad real es afectada por dos factores fundamental mente: contenido mineralógico y contenido de materia orgánica. Cuando están presente cantidades considerables de minerales pesados, como mica, magnetita, granates, epidota, turmalina,, etc. la densidad de la partícula puede exceder de 2.75g/cm³. Sin embargo un suelo con contenido alto de materia orgánica presenta valores bajos de densidad real Cairo, (1995).

3.5. Porosidad

Los intersticios o huecos que las partículas simples y compuestas dejan libres al aglomerarse para formar los agregados, se denominan poros o espacios porosos y están ocupados por el agua y el aire en proporciones que varían en modo continuo; por lo tanto la porosidad se define como el volumen total de espacios o huecos y canales que existen dentro del cuerpo del suelo (Cairo, 1980), la porosidad es también una resultante de la textura, estructura y de la actividad biológica del suelo.

Cuanto mas gruesos son los elementos de la textura, mayor son los vacíos entre ellos, salvo evidentemente, si las partículas mas finas vienen a colocarse dentro de esos vacíos Cairo, 1980.

La materia orgánica contribuye a aumentar sensiblemente la porosidad, es decir, son los suelos ricos en elementos coloidales los que tienen la mayor porosidad. La estructura se presenta como una red de grietas de importancia diversa que aparece y se fragmenta espontáneamente cuando se cumplen ciertas condiciones del medio; la influencia de la estructura sobre la porosidad del suelo es tan determinante, que a menudo se utiliza el valor de la porosidad para dar una idea de la estructura del suelo. La actividad biológica es el tercer factor que influye en la porosidad del suelo en especial la de la micro fauna (gusanos de tierra, cien pies, pequeños insectos); cuando este tipo de poros predomina, se dice que el suelo tiene una porosidad tubular y una estructura esponjosa Cairo, (1995).

Kachinski presenta una evaluación de la porosidad, en la que se evalúa la porosidad de acuerdo al porcentaje de poros existentes en el suelo.

TABLA N° 4 Evaluación de la porosidad total en el suelo

Muy alta	> de 65%
Alta	De 55 a 65%
Mediana	45 a 55%
Baja	40 a 45%
Muy Baja	< de 40%

3.6. Textura y Estructura

Las principales propiedades físicas del suelo, son la textura y la estructura; las cuales juntas son determinantes sobre el resto de las propiedades físicas del suelo. La textura o composición mecánica del suelo, depende del tamaño de las partículas minerales; específicamente de la proporción relativa de los varios grupos de partículas que componen el suelo dado. No menos importante es la estructura del suelo que viene dado por la disposición de las partículas del suelo, en grupos o agregados. Estas propiedades ayudan a determinar no solo la facilidad por los sólidos de abastecer de nutrientes a las plantas, sino también de agua y aire, elementos muy importantes para la vida de estas (Gavande. 1987).

El departamento de agricultura de Estados Unidos, presenta una clasificación de la clase textural según el diámetro de las partículas de suelos.

TABLA N° 5 Clasificación del tamaño de las partículas por su diámetro.

Arena muy gruesa	2—1
Arena gruesa	1—0.5
Arena mediana	0.5—0.25
Arena fina	0.25—0.1
Arena muy fina	0.1—0.05
Limo	0.05—0.02
Arcilla	< 0.02

La textura de un suelo no puede ser fácilmente modificada, a diferencia de la estructura de los suelos que puede ser manipulada por sistemas de labranza y de cultivo y puede deteriorarse rápidamente con repercusiones negativas para la productividad. (Sánchez, 1976; Lal, 1979 y Lal y Greeland, 1979).

Desde el punto de vista edafológico o agronómico, la distribución del tamaño de poros que resulta de ésta estructuración es mucho más importante que los agregados en sí. Sin embargo, es la estabilidad y cementación de las partículas en agregados la que determina la estabilidad y naturaleza de la fracción porosa del suelo (Bolaños, 1988).

En muchos casos el manejo exitoso de los suelos tropicales depende en gran parte del manejo exitoso de la estructura del suelo en sistemas de producción agrícola sostenido (Sánchez, 1976; Lal y Greeland, 1979).

La aireación, infiltración, almacenamiento de agua, drenaje y por lo tanto escorrentia y erosión hídrica, dependen fundamentalmente de la distribución de tamaño de poros y de su continuidad mientras que la resistencia mecánica del suelo a la penetración, fragmentación o flujo, depende del arreglo y conexión entre partículas, por lo tanto la degradación de la estructura del suelo es considerado uno de los más graves problemas de degradación de tierras, debido a que las otras propiedades físicas, químicas y biológicas están relacionadas con ella. (Pla, 1994).

3.7. Infiltración

La infiltración es un proceso por el cual el agua entra en el suelo a través de la superficie en el flujo vertical. El conocimiento de los efectos que sobre el proceso de infiltración tienen las propiedades físicas del suelo y la suplencia del agua es muy importante para lograr un eficiente manejo y conservación del suelo y agua, especialmente cuando la suplencia de agua es a través de la lluvia, (Pla, 1994).

La infiltración del suelo depende de varios factores:

- a) Del tiempo transcurrido después de la lluvia o riego
- b) Del contenido inicial de agua
- c) De la conductividad Hidráulica
- d) De las condiciones superficiales del suelo
- e) De la presencia o ausencia de zonas compactadas (Hillel, 1992).

La compactación del suelo superficial por el tráfico de maquinaria o pisoteo o por efecto de la labranza sobre la continuidad de los poros o con la formación del sellado por el impacto de las gotas de lluvia, suelen provocar grandes descensos en las tasas de infiltración (Pla, 1994).

TABLA N° 6 Evaluación de la velocidad de infiltración en mm/hr

CATEGORÍA	
Muy Lenta	< 2
Lenta	2 - 5
Moderadamente Lenta	5 - 20
Moderada	20 - 65
Moderadamente rápida	65 - 125
Rápida	125 - 250
Muy Rápida	> 250

Fuente: Cairo, 1995.

3.8. Compactación de Suelos

El término compactación de suelos se refiere a un aumento en la densidad, o disminución de volumen, debido a fuerzas externas, que se presentan en el suelo superficial (capa arable), o más comúnmente a la profundidad de las repetidas labores de cultivo. (Pla, 1994).

Un proceso gradual de compactación en el suelo parece inevitable con cualquier sistema de labranza, cuando las tierras se usan en forma intensiva y continua, sin o con escasas rotaciones para explotaciones agrícolas mecanizadas. (Pla, 1994).

El efecto más directo de las operaciones de labranza es sobre la estructura del suelo, cuyos cambios se reflejan en propiedades como rugosidad superficial, densidad aparente, porosidad de aireación, distribución de tamaño de agregados, resistencia a la penetración y conductividad hidráulica saturada. Todos ellos son índices de la llamada compactación del suelo que se manifiesta en incrementos en la densidad aparente y resistencia a la penetración, y por descenso en la rugosidad superficial, porosidad de aireación y conductividad hidráulica saturada, lo cual afecta directamente el crecimiento y desarrollo radicular. Estos efectos están muy condicionados por los niveles de humedad que se mantengan en el suelo, y por el cultivo (Pla, 1983).

La mayor compactación derivada del paso y circulación de maquinaria y animales se manifiesta en el suelo superficial, mientras la derivada de los implementos de labranza ocurre a la profundidad de laboreo. El grado de compactación alcanzado depende del peso de los vehículos, maquinaria y de los animales, de la humedad del suelo, del área de contacto de las ruedas e implementos, del efecto deformador del implemento y del suelo, (textura, mineralogía y materia orgánica (Pla, 1992).

3.9. Resistencia Mecánica a la Penetración

La resistencia está dada por la fuerza que opone el suelo a la penetración con un objeto punzante, esta fuerza viene expresada en kg/cm^2 .

El equipo utilizado para medir la resistencia mecánica del suelo a la penetración se conoce como penetrómetro o compactómetro, que permite evaluar el estado de compactación o dureza del suelo (Cairo, 1995).

Uno de los problemas principales para medir la resistencia mecánica a la penetración, son las variaciones temporales de densidad aparente y humedad del suelo. Para obviar esto en parte, las mediciones deben hacerse a humedad correspondiente a capacidad de campo del suelo o ligeramente por debajo de ella (Pla, 1994).

La resistencia del suelo a la penetración es un índice muy importante para el estudio de las propiedades físico mecánicas de los suelos, así como el comportamiento de ésta bajo diferentes condiciones de humedad o estado de estructura. (Cairo, 1995).

Según Kachinski (Cairo 1995) la medida de la resistencia del suelo se puede dividir en las categorías siguientes:

TABLA N°7 Categorías de resistencia mecánica a la penetración expresada en unidades de Kg/cm².

> de 100kg/cm ²	Suelo extremadamente denso
50 a 100kg/cm ²	Suelo muy denso
30 a 50kg/cm ²	Suelo denso
20 a 30kg/cm ²	Suelo medianamente denso
10 a 20kg/cm ²	Suelo medianamente suelto
< de 10kg/cm ²	Suelo suelto

3.10. Diagramas Estructurales

Los diagramas estructurales constituyen una forma sencilla y práctica de conocer sobre el estado físico del suelo, y consiste en estudiar la relación agua, aire, y sólido del suelo a la profundidad del perfil del mismo durante el periodo seco y húmedo, los resultados obtenidos nos brindaran indicaciones valiosas sobre las propiedades físicas del suelo, estos diagramas estructurales se representan gráficamente. Cairo (1980).

3.11. Uso de la sonda de radiación gamma

Se puede medir la densidad del suelo sobre la base de las interacciones conocidas de los rayos gamma con los electrones orbitales de los constituyentes del suelo. En la medida que aumenta la

cantidad de electrones por unidad de volumen de suelo, el poder de dispersión compton del medio aumenta proporcionalmente con la elevación de la densidad del suelo. Así con el aumento de la densidad electrónica del medio, aumenta también la posibilidad de dispersión múltiple. Esto implica que aumenta también la posibilidad de absorción fotoeléctrica. Las sondas gamma comercialmente disponibles funcionan principalmente sobre la base de los principios de atenuación de los rayos gamma o retrodispersión gamma.

3.11.1. Retrodispersión gamma

Los rayos gamma procedentes de fuente gamma mono energéticos sufren dispersiones sucesivas antes de llegar al detector. Las interacciones primarias de los rayos gamma en estos tipos de sondas son la dispersión compton y la absorción fotoeléctrica. Mediante este tipo de equipos se puede obtener directamente la densidad de suelo húmedo utilizando una relación de calibración empírica simple.

Las sondas gamma que se utilizan actualmente tienen acoplado sondas neutrónicas para medir simultáneamente la densidad seca del suelo y el contenido volumétrico de agua.

IV. MATERIALES Y METODOS

4.1. Ubicación del Area Experimental

La ubicación del área de estudio será en la propiedad del Centro Nacional de Investigación Agropecuaria (CNIA) del Instituto Nicaragüense de Tecnología (INTA), sobre el km. 13½ carretera norte y a solo 1½ km. De la Universidad Nacional Agraria, el CNIA se encuentra ubicado en las coordenadas geográficas 12° 05'- 12° 05', latitud norte y 86° 09'- 86° 08' longitud oeste en el departamento de Managua. Este centro de investigación cuenta con un total de 63.5ha. de las cuales 35 son beneficiadas por un sistema de riego por aspersión.

En cuanto a las condiciones agroecológicas son suelo de origen volcánico, trópico seco, según Koppen, con precipitaciones que oscilan entre 800 y 1000 mm anuales, siendo agosto el mes mas lluvioso con temperaturas promedio anuales, entre los rangos de 26 a 30°C, vientos con velocidad mayores de 30 km./hora, en los meses de marzo y abril.

En este estudio se contempla un área de 7,200m², en el cual se tiene un tercio del área bajo un manejo de suelo con subsoleo, a una profundidad de 60 cm. y la restante sin subsoleo. En cada área se tendrá 3 tratamientos con dos repeticiones, para un total de 12 parcelas en los 7,200m², se establecerá un diseño parcelas divididas. La semilla a utilizar será la variedad NB-12.

4.2. Descripción del Perfil

0 - 20 cm.: (Ap) Color en húmedo 10YR, 2/1 y 10YR, 3/3 en seco; la textura franco arenoso fino, estructura en bloques subangulares medios, consistencia en húmedo suelta y pocos poros medios, abundantes raíces muy finas, limite neto y plano.

20 - 45 cm.: (B_{wm}) Color en húmedo 10YR, 3/2 pardo grisáceo muy oscuro y pardo a pardo oscuro 10YR 4/3 en seco, textura franco arenoso medio, estructura masiva a blocosa débil por compactación, consistencia en húmedo es suelta, abundantes poros finos y medios, pocos poros gruesos; cantidad de raíces finas moderada, limite claro e incluido.

45 – 60 cm.: (C₁) Color pardo grisáceo muy oscuro 10YR, 3/2 en húmedo y pardo amarillento oscuro 10YR, 3/4 en seco. Textura areno francosa, estructura masiva o blocosa débil. Consistencia en húmedo suelta, abundantes poros finos, pocas raíces finas con 40% de ceniza volcánica oscura sementada con silice; límite claro y ondulado.

60 – 82 cm.: (C₂) Color pardo grisáceo muy oscuro 10YR, 3/2 en húmedo, y gris parduzco claro 10YR 6/2 en seco, textura areno francosa suelta, estructura blocosa débil, consistencia en húmedo no plástico y no adherente, abundantes poros finos y muy pocos medios, pocas raíces finas, límite neto y uniforme.

82 – 103 cm.: D_m Color pardo grisáceo muy oscuro 10YR 3/2 en húmedo, y gris parduzco claro 10YR 6/2 en seco, arena sementada con carbonato de calcio (CaCO₃) y Silice masivo, duro, firme, no plástico y no adherente, abundantes poros finos, pocas raíces finas fuerte reacción al HCl al 10% por presencia de CaCO₃.

103 – 130 cm.: Estrato de ceniza volcánica.

4.2.1. Identificación del Perfil de Suelo

El perfil de suelo descrito demuestra que pertenece a la serie COFRADIAS, lo que coincide con la clasificación mostrada en los foto mapas a escala 1:20000 y que están a disposición en el CENIDA. A continuación una identificación general del perfil descrito:

ORDEN	:	Andisol
SUB ORDEN	:	Ustand
GRAN GRUPO	:	Eustrand
SERIE	:	Cofradias

4.3. Variables Medidas

Las variables medidas fueron:

- ❖ Densidad aparente
- ❖ Densidad Real
- ❖ Porosidad total del suelo
- ❖ Infiltración
- ❖ Resistencia mecánica a la penetración

4.3.1. Densidad aparente (Dap)

Los datos para densidad aparente fueron obtenidos de perfiles localizados en cinco calicatas de 1m³ de profundidad aproximadamente distribuidas entre cada uno de los tratamientos.

Las muestras se tomaron a profundidades de 10,20,30 y 40cm a razón de una por cada espesor; utilizándose el barreno de densidad aparente con cilindros de volumen conocido (100cm³), lográndose de ésta manera obtener muestras inalteradas de suelo que posteriormente se enviaron al laboratorio de suelos y agua de la Universidad Nacional Agraria (UNA).

Las muestras sacadas de la calicata son pesadas y este peso representa el peso en húmedo de la muestra en cuestión, posteriormente se depositan en un pesa filtro, y se introducen en un horno especial donde son expuestas a una temperatura de 105° centígrados durante 24 horas, la muestra que pasa por este proceso es pesada nuevamente y este nuevo valor representa el peso del suelo en seco el cual dividido entre el volumen total del suelo o volumen del cilindro empleado da como resultado la densidad aparente del suelo, así:

$$Dap = \frac{Ps}{Vs} = \text{g/cm}^3 \quad \text{o} \quad Dap = \frac{Ps}{\pi \cdot r^2 \cdot h}$$

Donde:

Ps: Peso del suelo seco a estufa u horno.

Vs: Volumen del suelo (Sólido + poro).

h: Altura de la columna de suelo.

r: Radio del cilindro.

4.3.2. Densidad real (Dr)

La densidad real es otra de las características tan importantes de los suelos, que debe tomarse en cuenta cuando se realizan estudios relacionados con sus características físicas (compactación de suelos).

Para recopilar los datos de densidad real en el campo se procedió de la misma manera que para los de densidad aparente, de igual forma se procedió a enviar las muestras al laboratorio de suelos y agua de la UNA estos valores se expresan en g/cm³ pero en éste caso considerándose solo las partículas sólidas del suelo.

El método analítico usado en el laboratorio fue el método del picnómetro, el cual consiste en pesar un picnómetro vacío, después se pesa con suelo, al que se le agrega agua después hasta taparlo ligeramente y se le saca el aire con una bomba de vacío o con un calentador, después se afora con agua destilada y se pesa nuevamente, se bota el suelo con agua y finalmente se pesa el picnómetro aforado.

Para su cálculo se emplea la siguiente fórmula:

$$Dr = \frac{c-a}{b-a} \quad \text{donde } C = A+d \text{ y } a = b+c$$

A: Picnómetro vacío

b: Picnómetro con suelo

c: Picnómetro con agua

4.3.3. Porosidad total del suelo

Mediante la porosidad total del suelo y su distribución se puede determinar indirectamente su estructura, ya que la porosidad es una consecuencia del estado estructural del suelo.

Para obtener los valores de porosidad total del suelo fue necesario utilizar los valores de densidad aparente y densidad real utilizándose la siguiente ecuación:

$$\%Pt = (1 - Da/Dr) * 100$$

Donde:

%Pt : Porcentaje de porosidad total del suelo.

Dap : Densidad aparente del suelo.

Dr : Densidad Real.

4.3.4. Infiltración del agua en el suelo

El objetivo de medir esta variable es la de buscar elementos que nos indiquen el nivel de compactación del suelo.

La metodología utilizada para tal medición corresponde a la de los anillos concéntricos, haciéndose dos repeticiones por tratamiento para un total de doce en toda el área de estudio.

Los anillos fueron ubicados en el centro de cada tratamiento enterrando el anillo grande 15cm y el pequeño 10cm aproximadamente, limpiando antes 1m² del área donde se instalarían los anillos. El llenado de agua de los anillos comienza con el grande para evitar movimientos horizontales del agua infiltrada, luego llenamos el anillo pequeño o interior de agua no sin antes cubrir con una bolsa de polietileno el fondo del mismo para evitar alteraciones por la fuerza del agua al caer sobre el suelo. En el anillo interior (pequeño) ubicamos una cinta graduada en cm para hacer las lecturas de las láminas de agua infiltrada siguiendo los intervalos de lectura propuestos por Cairo (1995); quien establece que las lecturas se realizan a intervalos de 5mm, 5mm, 10mm, 20mm, 20mm, 30mm, 30mm, 1 hora, 1 hora, 1 hora, ..., hasta completar ocho horas de infiltración total.

Para la obtención de los gráficos de infiltración se introdujeron los datos a una hoja de cálculo de excel en las que las abscisas (x) representa el tiempo de infiltración y las ordenadas (y) la lámina infiltrada el modelo de gráficos empleado es del tipo potencial. De estas gráficas obtuvimos la infiltración básica de cada tratamiento. Este se obtuvo de la prolongación de la parte de la curva de tendencia que se estabiliza hacia el eje de las "y" que representa la lámina de agua infiltrada en un determinado tiempo.

4.3.5. Resistencia mecánica a la penetración (RMP)

Esta característica del suelo constituye uno de los más importantes parámetros que demuestra el grado de compactación del suelo.

Las lecturas se tomaron de los perfiles de cinco calicatas distribuidas entre los tratamientos. Lo primero que se hizo fue dividir el perfil en laminas de suelo de 10 cm de espesor posteriormente se trazaron columnas de 10cm de ancho, formando de esta manera las cuadrículas de 100cm²

De cada cuadrícula de 100cm² se obtuvieron 15 lecturas con el penetrómetro de bolsillo punta roma (Pocket penetrometer), a razón de 15 lecturas por lámina de suelo. Los datos se obtuvieron en época de riego. La resistencia mecánica a la penetración se expresa en unidades de k/cm². Gráfico que simula la forma en que se fue dividiendo el perfil en columnas (a), hileras (b) hasta formar la cuadrícula (c) de 100cm².

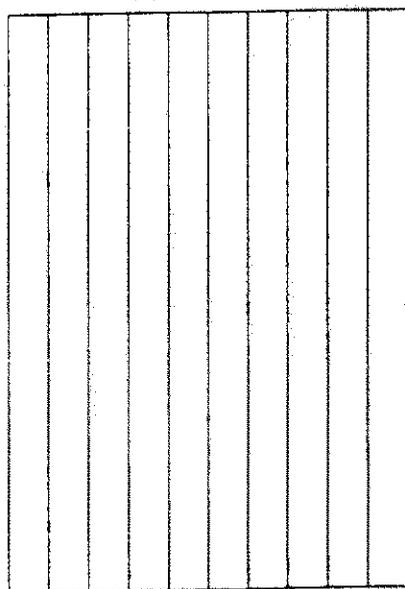


Figura a

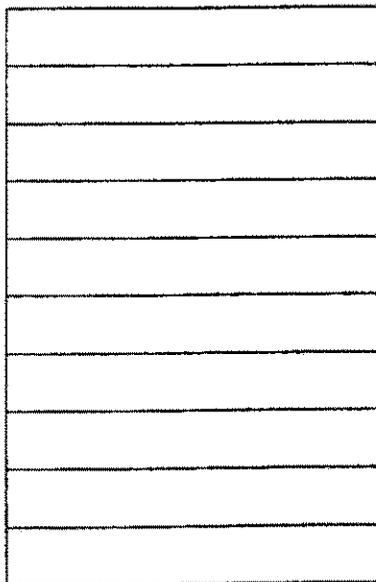


Figura b

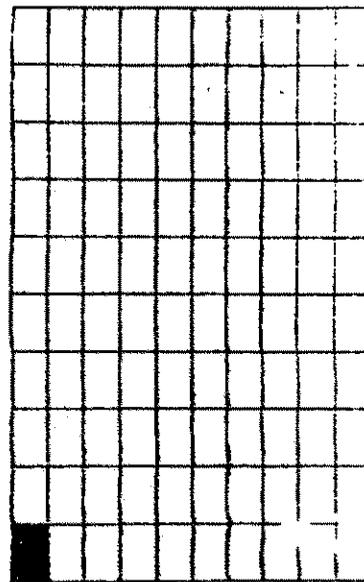


Figura c



Figura c

4.4. Descripción de la Fertilidad del Suelo

El análisis de suelo es la determinación, en el laboratorio, de las características físico - químicas de los suelos y de las cantidades aprovechables por las plantas de los diferentes elementos que contiene (Ramírez, 1982).

Para la obtención de resultados que sirvan como base para la elaboración de recomendaciones para el buen uso de materiales fertilizantes y el manejo de la fertilidad del suelo; se tomaron muestras en cuadrículas de 100m² distribuidas en toda el área de estudio a profundidad constante de 20cm con un barreno de suelos. para un total de 72 muestras.

El análisis de las muestras recolectadas en el área experimental CNIA-INTA 1997-1998, fue realizado en el laboratorio de suelos y agua de la Universidad Nacional Agraria (UNA).

4.5. Elaboración de Mapas

La elaboración de mapas está basada en la aplicación directa de un software conocido como SURFER, este programa transforma los datos obtenidos del campo en un mapa de isolíneas que representan regiones de iguales valores así como las curvas a nivel en la topografía o las isoyetas en hidrología que representan áreas con igual elevación para la primera y áreas con igual precipitación para las segundas. La metodología a seguir para la ejecución del programa SURFER se describe a continuación:

Una vez abierto el programa se abre el menú archivo (file) y se selecciona la opción hoja de trabajo (worksheet) posteriormente los datos recolectados se ordenan en un plano cartesiano X, Y, Z, representando la Z las concentraciones de nutrientes, valores de densidad aparente o valores de resistencia mecánica a la penetración, dependiendo de la variable que se esté evaluando. Estos valores se introducen en la hoja de cálculo del programa.

Ahora del menú archivo (file) seleccionamos la opción salvar como (save as) y se le asigna el nombre deseado al archivo en cuestión.

Nuevamente del menú archivo se selecciona la opción nuevo apareciendo en pantalla una ventana con tres opciones de las que se selecciona la opción plotear (plot), luego de esto del menú cuadrícula (grid) se selecciona la opción datos (data) apareciendo una ventana en la que se selecciona el archivo que contiene los datos a plotear, una nueva ventana aparecerá de la que se selecciona la opción cambiar (change). Luego aparece una ventana que propone un nuevo nombre al archivo seleccionado pero ahora con la terminación .grd. Del menú "mapa" se selecciona la opción contorno (contour) apareciendo una nueva ventana ofreciendo la apertura del archivo deseado, al aceptar esta opción aparece una ventana proporcionando opciones para definir intervalos de la variable, líneas y diferentes colores que se pueden asignar al mapa final, aceptando esta opción obtenemos en la hoja de ploteo el mapa final.

4.5.3. Mapa de resistencia mecánica a la penetración

Los mapas de resistencia mecánica se elaboraron con el programa surfer y aquí se han transformado los resultados de la resistencia mecánica a la penetración en el perfil de cada calicata en un mapa que representa el grado de compactación del suelo hasta la profundidad que se tenga la calicata.

Para una mejor representación de los resultados los datos fueron introducidos al programa de acuerdo a los rangos (bajo, medio y alto) establecidos por Alegre en 1991 con valores de 0.3 a 0.5, de 0.5 a 1.5 y mayor que 1.5/cm² respectivamente y a la vez éstos se relacionaron con tramas de color definido.

4.5.2. Mapas de macro y microelementos

Estos mapas se elaboraron de la misma manera que los de resistencia mecánica, solo que los datos introducidos al programa fueron los de macro y micro elementos los que resultaron del análisis químico realizado en el laboratorio de la UNA. Además los rangos empleados fueron dados por Quintana, et.al en el año de 1983 para cada uno de los elementos. A continuación se presentan los rangos de clasificación aproximada para contenido de algunos nutrientes en suelos de Nicaragua.

TABLA N° 8 Rango de contenido de macronutrientes

Nutrientes	Unidad	< 0.07	0.07-0.15	> 0.15
N	%	< 0.07	0.07-0.15	> 0.15
P	Ppm	< 10	10-20	> 20
K	Meg/100g suelo	< 0.2	0.2-0.3	> 0.3
Ca	Meg/100g suelo	< 2.5	2.5-5.5	> 5.5
Mg	Meg/100g suelo	< 0.3	0.3-1.0	> 1.0

TABLA N° 9 Rango de contenido de micro nutrientes (Olsen modificado)

Nutrientes	Unidad	5-10	10-16	16-21	21-27
Fe	ppm	5-10	10-16	16-21	21-27
Zn	ppm	1-2	2.1-3.1	3.1-4.2	4.2-5.3
Cu	ppm	0.2-0.8	0.8-1.5	1.5-2.2	2.2-3.0

4.5.3. Elaboración de mapas con los datos obtenidos de la sonda superficial gamma

El manejo de la sonda superficial fue necesario para la obtención de datos de densidad aparente y porcentajes de humedad del suelo a una profundidad estandar de 20cm. Los datos fueron recopilados en cuadrículas de 10 mx10 m (100m²) y para su procesamiento fue necesario hacer uso del programa SURFER, el cual transforma los datos en un mapa de isocurvas en donde se observan las variaciones de densidad aparente y porcentajes de humedad en toda el área de estudio.

Para la obtención de los datos con la sonda gamma se siguió los siguientes pasos:

1. Se desenllava la sonda para poder seleccionar la profundidad de trabajo.
2. La manigueta de selección de profundidad de trabajo fue llevada a la escala BS.
3. Hecho lo anterior se calibró la sonda gamma sobre una placa de cubierta plástico, esta calibración dura 60 segundos y la hicimos cada diez lecturas hechas en el campo.
4. Ubicamos la sonda gamma sobre el punto del cual sacamos los datos que posteriormente se grafican en el surfer (estos datos son: densidad aparente en saturado, densidad aparente en húmedo, densidad aparente en seco y porcentaje de agua en el suelo).
5. Se repitió este mismo procedimiento para los demás puntos ubicados en los vértices de las cuadrículas de 100 m² distribuidos en toda la superficie del terreno con orientación sur con respecto al plano que presentamos en el anexo n°2, el primer dato lo tomamos del vértice 1 ubicado en el extremo sur del tratamiento mecanizado subsoleado bloque 1.

4.6. Manejo Agronómico

El manejo del cultivo fue el mismo que ordinariamente realizan los productores. Para todos los tratamientos se han realizado labores de preparación de suelos, siembra, manejo fitosanitario, fertilización y cosecha.

4.6.1. Preparación de suelos

El área en cuestión está dividida en dos grandes áreas (de 3600 m² cada una), una subsoleada a 50cm de profundidad y la otra sin subsolar, cada una de estas contiene tres tratamientos (de 450 m²) con dos repeticiones cada una. Cabe señalar que dicho subsuelo fue realizado en el año 1997 al momento de realizar la primera fase del estudio.

Las labores de preparación de suelos fueron realizadas por operarios calificados y con experiencia. a continuación se describe la preparación por tratamiento:

T1: Tratamiento Subsuelo +mecanizado convencional, se hizo un pase de arado a los 15 cm de profundidad, un pase de grada, un cruce y un recuce, seguido de la nivelación y el surcado, la siembra se realizó manualmente.

T2: Tratamiento subsolado + arado egipcio, puesto que el objetivo es observar el efecto de cada sistema de labranza en éste no se utilizó aperos metálicos ni tractor sino la tracción animal arándose a 15 cm. de profundidad con el arado egipcio y sembrándose de forma manual simultánea a la aradura.

T3: Tratamiento subsoleado + ARADO PROMECH combinado, se preparó el suelo con arado PROMECH de tracción animal jalado por bueyes, realizándose la siembra con la sembradora PROMECH combinada.

T4, T5, T6: Sin subsoleo + Arado egipcio, sin subsoleo + PROMECH, y sin subsoleo + mecanizado, son respectivamente idénticos a los anteriores por orden de aparición, con la diferencia que éstos no se establecieron en áreas subsoleadas.

4.6.2. Siembra

Se efectuó en la época de postrera, en el mes de Septiembre de 1997, utilizándose la variedad NB-12 con un ciclo vegetativo de 110 días.

Se realizó de forma manual en el tratamiento mecanizado y egipcio, y en la PROMECH con la sembradora combinada

4.6.3. Fertilización

Fue realizada siguiendo las orientaciones de la guía técnica del centro nicaraguense de investigación agropecuaria, la cual consiste en una aplicación completa de NPK 12-30-10, al momento de la siembra en dosis de 90kg/Ha y el nitrógeno se aplicó en forma de UREA al 46% de forma fraccionada, a los 25 y 45 días después de la siembra (DDS).

4.6.4. Cosecha

Esta se realizó 110dds, de manera manual, cosechando por miniparcela de 90m² luego de dejar que el grano alcanzara el porcentaje de humedad deseable óptimo para la cosecha (cerca del 14%). Cabe señalar que cada tratamiento fue dividido en 10 miniparcels de 90m², para un total de 60 miniparcels.

4.7. Diseño Experimental

El diseño seleccionado, corresponde a un parcelas divididas en bloque completo al azar y consiste en una superficie total de 7200m².

Comprende 12 parcelas de 50m de largo y 9m de ancho. El área total quedó dividida en dos partes iguales una subsoleada y la otra sin subsoleo comprendiendo cada una de ellas tres tratamientos con dos repeticiones.

Los tratamientos estudiados corresponden a: Siembra mecanizada convencional, siembra con arado PROMECH halado por bueyes y siembra con arado egipcio también halado por bueyes. Se realizaron calicatas entre cada tratamiento para la toma de datos a diferentes profundidades de densidad aparente, densidad real, resistencia mecánica a la penetración

V. RESULTADOS Y DISCUSION

5.1. Densidad Aparente

La densidad aparente es una magnitud en la que se tiene en cuenta además de los volúmenes de las partículas sólidas, el volumen debido a los espacios o poros, (Gisper, 1983).

Los resultados se analizaron de forma comparativa entre tratamientos de cada una de las áreas, posteriormente entre el área subsoleada y no subsoleada, una vez analizados los datos entre ambas áreas procedemos a especificar cuál de los tratamientos de toda el área en estudio es el mejor de acuerdo a la densidad aparente del suelo.

A continuación se presentan los valores de densidad aparente de los diferentes tratamientos en estudio.

TABLA N° 10 Resultados de densidad aparente. CNIA-INTA (1997-1998)

0-10cm	1.02	1.25	1.26	1.21	1.39	1.14
10-20cm	1.30	1.21	1.21	1.38	1.41	1.53
20-30cm	1.23	1.26	1.27	1.51	1.43	1.36
30-40cm	1.30	1.28	1.28	1.39	1.43	1.48

En muchos estudios la labranza convencional reduce la macroporosidad, aumentando la densidad aparente y la compactación, con reducciones en la conductividad e infiltración, (Bolaños, 1988).

Estos resultados se relacionan con el planteamiento de Plá Sentis (1994), aduciendo que la labranza tiende generalmente a disminuir al menos temporalmente, la densidad aparente y aumentar la porosidad total del suelo superficial o capa arable. Al mismo tiempo, el suelo por debajo de la capa arable puede incrementar la densidad aparente por las fuerzas y presiones aplicadas a esa capa por la maquinaria y aperos de labranza.

En los resultados obtenidos se observa claramente la diferencia existente entre el área subsoleada y no subsoleada presentándose los menores valores en el área subsoleada, en la cual entre cada uno de los tratamientos no existen diferencias marcadas, con valores que van desde 1.02 hasta 1.30g/cm³

En muchos estudios la labranza convencional reduce la macroporosidad, aumentando la densidad aparente y la compactación, con reducciones en la conductividad e infiltración, (Bolaños, 1988).

Estos resultados se relacionan con el planteamiento de Plá Sentis (1994), aduciendo que la labranza tiende generalmente a disminuir al menos temporalmente, la densidad aparente y aumentar la porosidad total del suelo superficial o capa arable. Al mismo tiempo, el suelo por debajo de la capa arable puede incrementar la densidad aparente por las fuerzas y presiones aplicadas a esa capa por la maquinaria y aperos de labranza.

En los resultados obtenidos se observa claramente la diferencia existente entre el área subsoleada y no subsoleada presentándose los menores valores en el área subsoleada, en la cual entre cada uno de los tratamientos no existen diferencias marcadas, con valores que van desde 1.02 hasta 1.30g/cm³.

En el área no subsoleada a partir de los primeros 10cm de profundidad los valores sobrepasan de 1.3g/cm³ que según Alegre,(1991), son considerados valores altos de densidad aparente, ya que para el mismo los valores ideales están entre 1.1 a 1.3kg/cm³. Entre los tratamientos comprendidos en dicha área (no subsoleada), el PROMECH presentó los valores más bajos con 1.43g/cm³ seguido del mecanizado y el egipcio con valores de hasta 1.51 y 1.53g/cm³ respectivamente.

Seguramente la diferencia marcada entre el área subsoleada y no subsoleada se debe a que en la última el volumen de poros es menor que en la primera por el paso continuo de maquinaria y aperos pesados aumentando así la densidad aparente; sin embargo en el área subsoleada el comportamiento es inverso debido al efecto del subsoleo (descompactación).

Estos resultados nos demuestran el efecto positivo del subsoleo sobre las características del suelo. Principalmente en aquellos suelos con capas compactadas por diferentes actividades realizadas al mismo.

Resultados obtenidos por Hernández L. et al, en el año 1997 en la misma área experimental demuestra valores altos de densidad aparente en los tratamientos del área no subsoleada. Además se pudo comprobar que el tratamiento PROMECH subsoleado presentó los menores valores de densidad aparente comparado con los demás tratamientos del área subsoleada. (ver anexo 11).

A continuación se presentan gráficas de densidad aparente versus profundidad del suelo:

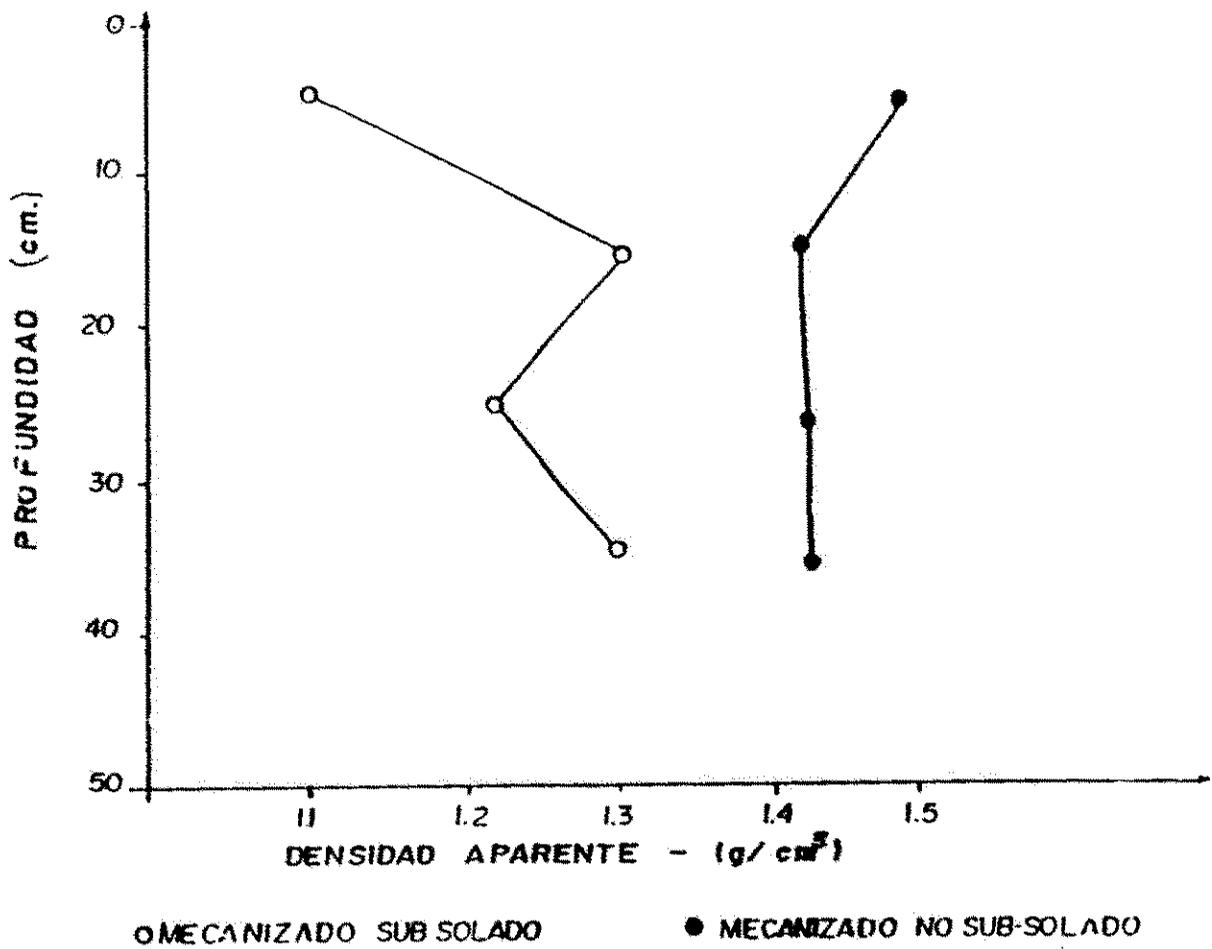
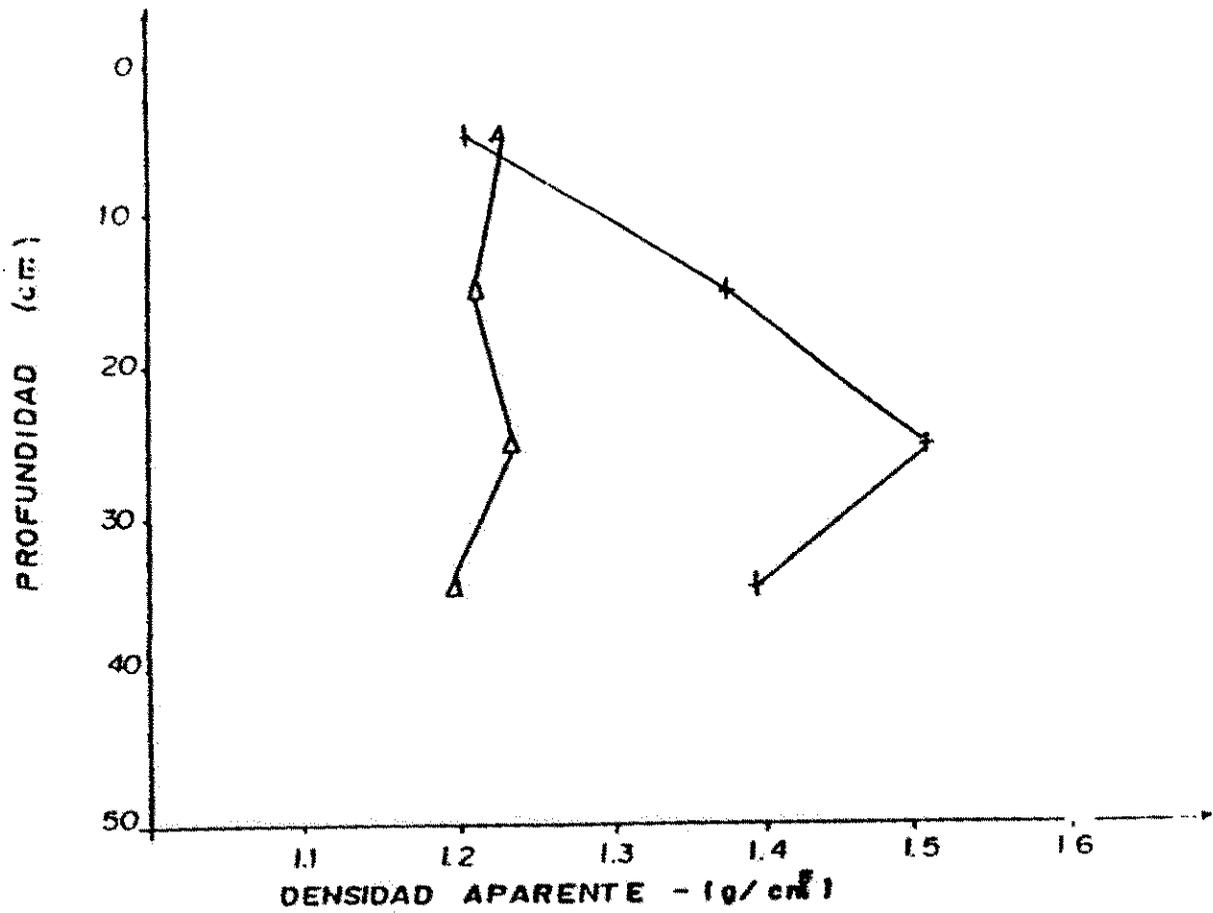


Fig. DENSIDAD APARENTE PARA DOS TRATAMIENTOS, MECANIZADO SUB SOLADO Y MECANIZADO NO SUB SOLADO EN EL CNIA INTA.



Δ PROMECH SUB SOLADO † PROMECH NO SUB SOLADO

Fig. DENSIDAD APARENTE PARA DOS TRATAMIENTOS, PROMECH SUB SOLADO Y PROMECH NO SUB SOLADO. EN EL CNIA-INTA.

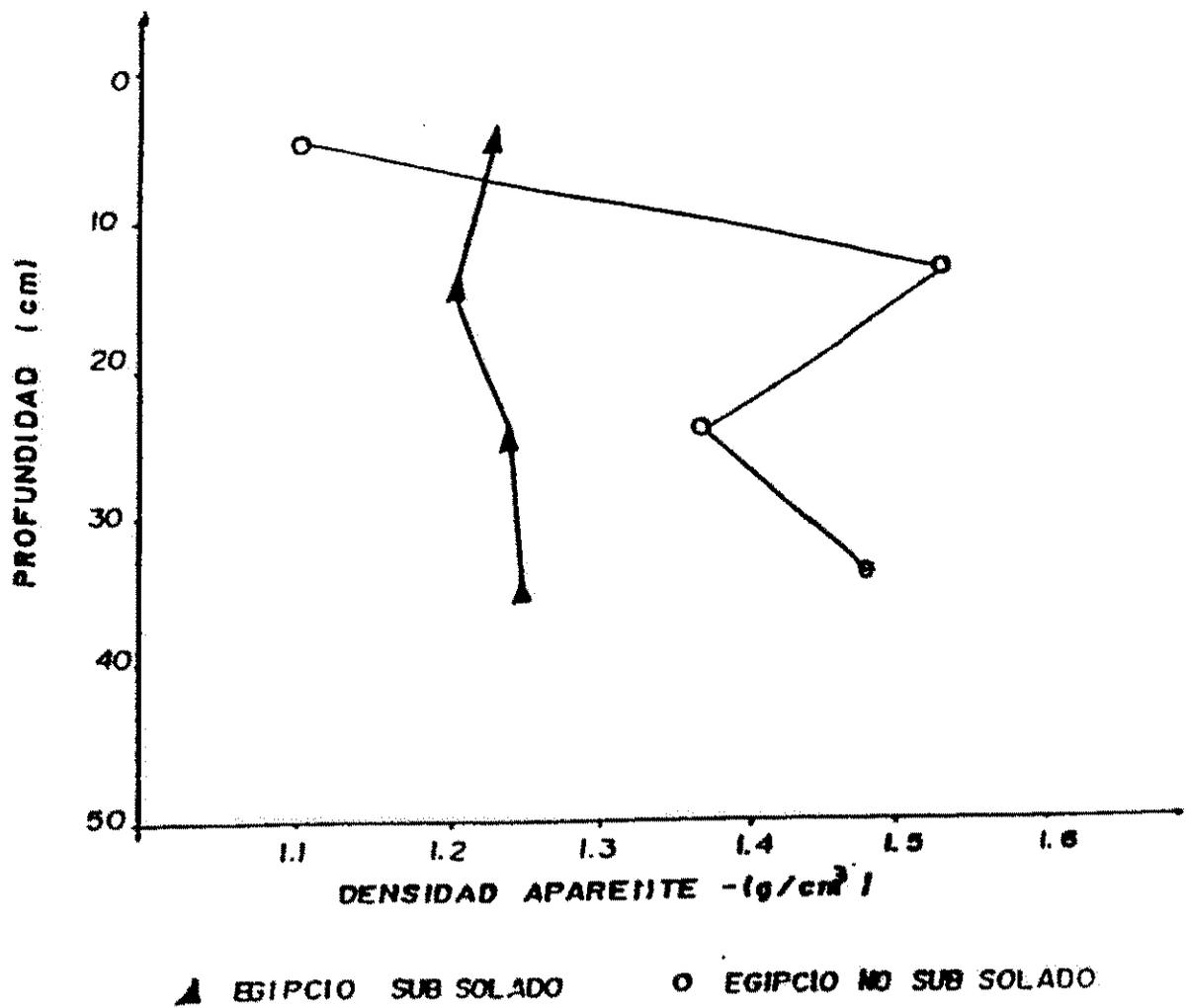


Fig. 2 DENSIDAD APARENTE PARA DOS TRATAMIENTOS, EGIPCIO SUB SOLADO Y EGIPCIO NO SUB SOLADO EN EL CNIA-INTA.

5.2. Densidad Real

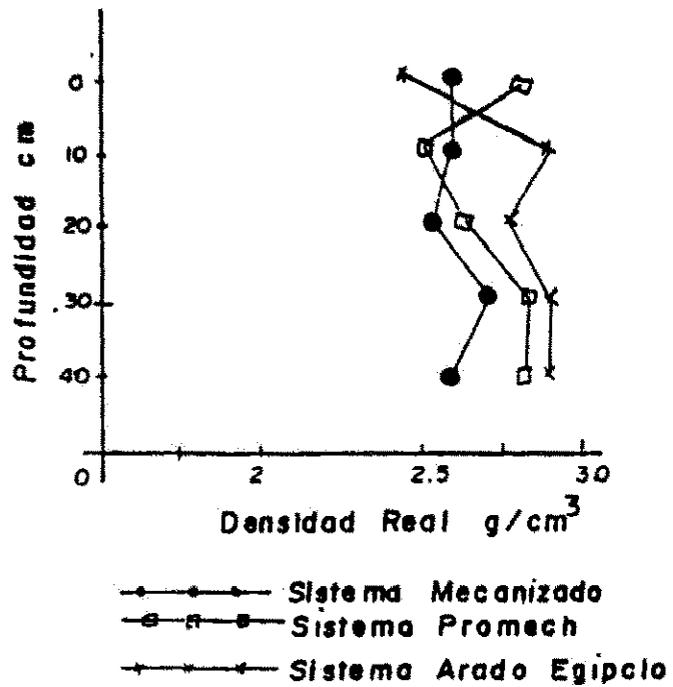
TABLA N° 11 Resultados de densidad real. CNIA-INTA (1997-1998)

PROFUNDIDAD (cm)	T1	T2	T3	T4	T5	T6
0-10cm	2.59	2.73	2.34	2.82	2.69	2.54
10-20cm	2.47	2.58	2.82	2.72	2.40	2.76
20-30cm	2.61	2.55	2.75	2.80	2.50	2.69
30-40cm	2.49	2.82	2.83	2.56	2.54	2.62

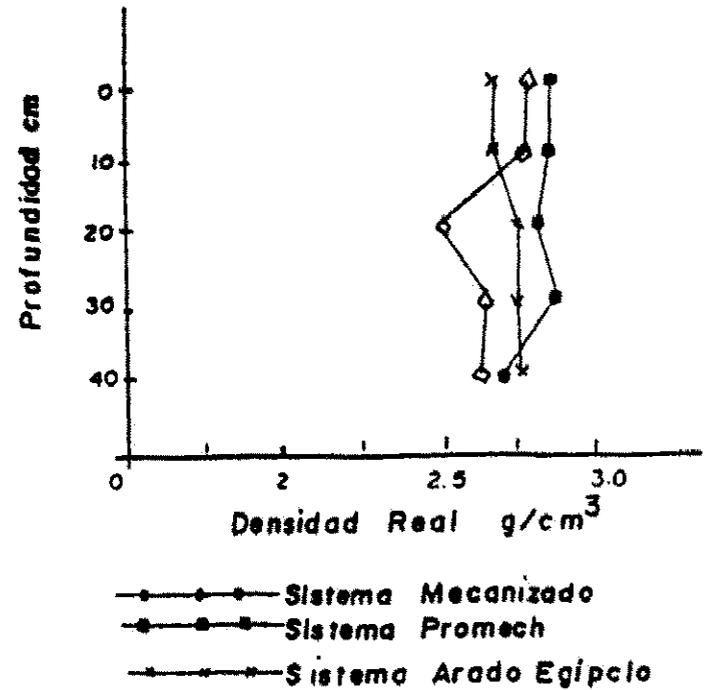
La densidad real se refiere al peso de la parte sólida de el suelo dividida por el volumen ocupada por la misma. Los resultados de densidad real obtenidos en todos los tratamientos estudiados no presentan diferencias entre tratamientos inclusive ni a medida que profundizamos en el perfil. Los valores obtenidos oscilan entre 2.22kg/cm^3 y 2.83kg/cm^3 . Además el efecto del subsoleo según la tabla anterior no tuvo influencia en la densidad real del suelo ya que en ambas áreas tanto en la subsoleada como en la no subsoleada no se observan diferencias bien marcadas. Esto se explica por el hecho de que la densidad real depende de la mineralogía de los materiales que componen su parte sólida y de los contenidos de materia orgánica en el suelo.

La tabla n°11 demuestra valores de densidad real superiores a 2.7g/cm^3 que es el valor promedio de densidad real de los suelos minerales según Cairo (1995); esto probablemente se deba a la acumulación de hierro y manganeso que tiene lugar por la acción intensa del clima que provoca el lavado del Calcio, Magnesio, Sodio, Potasio, así como el predominio de minerales tales como: Hematita, Goetita, Gibsita etc. muy ricos en Hierro y Aluminio. Siendo estas las razones por las que se dice que los suelos desarrollados presentan densidad real alta. Esta situación se presenta en la región de la Costa Atlántica de Nicaragua es decir en el trópico húmedo.

A través del tiempo los procesos de formación del suelo se pueden desarrollar o actuar sobre el mismo provocando variaciones en la estructura y sobre todo en la textura del suelo tendiendo este a convertirse en un suelo con el tiempo bien desarrollado acumulando cantidades determinadas de Hierro y de Manganeso por lo tanto la densidad real aumentará; también la acumulación de la materia orgánica puede aumentar por la introducción año con año de los rastrojos de la cosecha anterior por lo tanto la densidad real se hace menor. A continuación se presentan gráficos de densidad real obtenidos en el área de estudio.



Representación Gráfica de la Densidad Real del Area Subsoleada.



Representación Gráfica de la Densidad Real del Area no Subsoleada.

5.3. Porosidad Total del Suelo.

TABLA N° 12 Resultados de porosidad total. CNIA-INTA (1997-1998)

0 – 10cm	60.6	54.21	46.15	56.74	48.33	55.12
10 – 20cm	47.37	53.1	57.09	49.26	41.25	44.56
20 – 30cm	52.87	50.59	53.82	46.07	42.8	49.44
30 – 40cm	47.79	54.61	57.6	45.7	43.7	43.51

El espacio de los poros de un suelo es la porción ocupada por el aire y el agua. El volumen de éste espacio viene determinado casi totalmente por la colocación de las partículas sólidas. Si ellas tienden a ligarse entre sí, como en los subsuelos compactos, la porosidad total es baja. (Morales, 1987).

La porosidad del suelo es una característica relacionada con la densidad aparente, aumentando la primera a medida que ésta última disminuye, siendo por lo tanto inversamente proporcionales. Los resultados de porosidad de la tabla n°12 muestran diferencias al igual que en la densidad aparente entre el área subsoleada y el área no subsoleada siendo los mayores porcentajes en el área subsoleada.

Dentro del área no subsoleada en relación a los tratamientos no se presentó diferencias, sin embargo en el área subsoleada resultó ser mejor tratamiento el PROMECH con valores de porosidad en todo el perfil mayores de 50% considerado por Cairo (1995) como una porosidad de media a alta.

Es importante señalar que en todos los tratamientos estudiados en los primeros 10cm de profundidad se observan valores altos de porosidad por el efecto de roturación de los aperos utilizados en la preparación de el suelo, presentándose los valores más altos en el área subsoleada.

En un estudio realizado por Hernández L., et al. 1996-1997 en la misma área experimental demuestra que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos estudiados, pero al comparar dichos resultados con los de nuestro estudio resultan ser mayores demostrando que dicho suelo ya

indudablemente de la labranza y el pase repetido de arados y maquinarias pesadas sobre el suelo, (ver anexo 11).

Es obvio que valores bajos de densidad aparente del suelo también demuestran valores altos de porosidad del mismo ya que el espacio existente entre las partículas del suelo serán mayores, por lo tanto la cantidad de aire aumentará permitiendo el desarrollo normal del sistema radicular del cultivo favoreciéndose así la alta productividad del mismo.

5.4. Infiltración del Agua en el Suelo.

La infiltración se define como el proceso mediante el cual el agua penetra en el suelo en dirección vertical.

La velocidad de infiltración es una consecuencia del drenaje de la aireación y las porosidad del suelo lo cual permite valorar el carácter agronómico de un suelo para su explotación.

Es de esperarse que suelos con textura franco arenosa presenten valores altos de infiltración comparados con suelos arcillosos. Los resultados presentados en la tabla nº14 nos demuestran velocidades de infiltración que van de moderadamente rápida hasta muy rápida de acuerdo a Cairo (1995). A continuación se presentan los resultados de infiltración básica de los diferentes tratamientos.

TABLA Nº13 Resultados de pruebas de infiltración básica realizadas en el área de estudio bajo tres sistemas de labranza en cultivo de maíz (*Zea mays L.*). CNIA-INTA 1997.

Sistema de Labranza	Velocidad de Infiltración (cm/h)	Velocidad de Infiltración (cm/h)
MECANIZADO	18cm/h	7.5cm/h
PROMEH	15cm/h	12.5cm/h
ARADO EGIPCIO	15.45cm/h	11.27cm/h

Según las gráficas de infiltración que se presentan a continuación se observa que la capacidad de penetración del agua en el perfil del suelo es menor en el área no subsoleada que en área subsoleada; como resultado del análisis comparativo en cada uno de los tratamientos podemos decir que en todos hubo diferencias marcadas, siendo los tratamientos con mayor infiltración el arado

egipcio subsoleado y PROMECH subsoleado con infiltraciones básicas de 15.45 y 15cm/h respectivamente. La cual se considera como una infiltración rápida de agua en el suelo. En lo que respecta a la rápida infiltración en el tratamiento con arado egipcio es debido al tipo de cincel que presenta pues este es mas ancho que el apero que utiliza el PROMECH, por lo que remueve mas suelo en anchura que en profundidad por lo que permite obtener agregados más pequeños en comparación con el arado PROMECH y mecanizado.

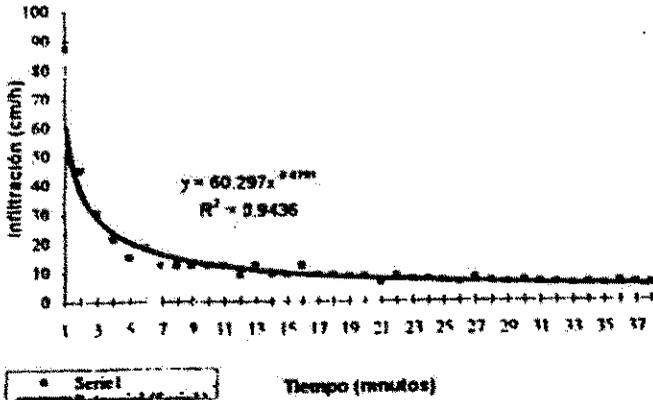
Es de esperarse que el tratamiento mecanizado presente las tasas más bajas de infiltración de toda el área de estudio con valores de hasta 7cm/h. Si comparamos todos los tratamientos nos damos cuenta que el PROMECH, seguido de el egipcio es el mejor ya que la reducción en la infiltración al comparar ambas áreas, es menor. Las bajas tasas de infiltración del arado mecanizado en comparación con los tratamientos de labranza con PROMECH y el egipcio se debe a que a pesar de remover el suelo superficial las huellas de las llantas del tractor debido a que soportan el peso del cuerpo e implemento del mismo compacta el suelo en capas inferiores hasta donde pueda perturbar el implemento en profundidad (por lo general 12 pulgadas).

Estudio realizado por Hernández L. et al. en la misma área experimental en 1996-1997 presentan valores de infiltración superiores a los 15cm/h, si los comparamos con los resultados obtenidos en este estudio nos damos cuenta de la reducción en la tasa de infiltración debido al efecto de la compactación gradual del suelo reduciéndose por lo tanto la porosidad del suelo aumentando así el escurrimiento superficial y provocando la erosión hídrica del mismo.(ver anexo 11).

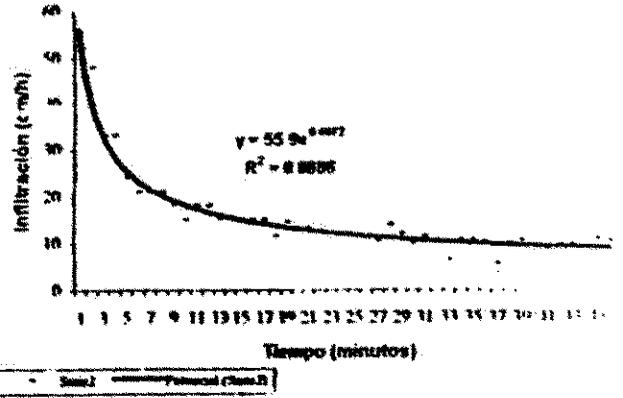
A continuación se presentan los gráficos de infiltración de agua del área experimental CNIA-INTA 1997-1998, obtenidos del programa excel.

Infiltración comparada entre Tratamientos

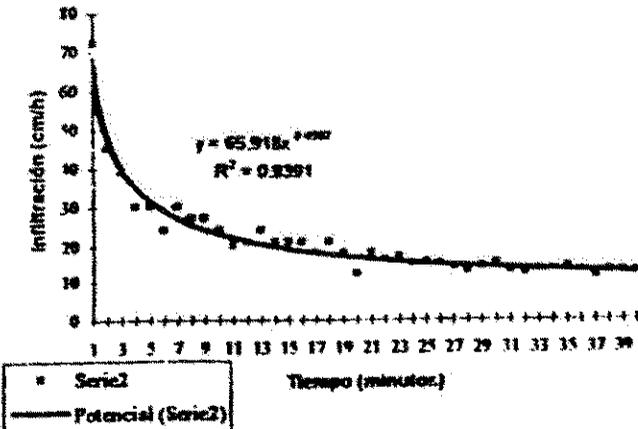
Tratamiento mecanizado subsoleado



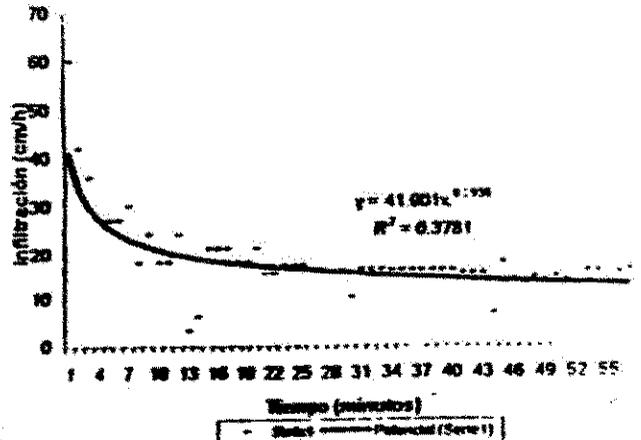
Tratamiento mecanizado sin subsileo



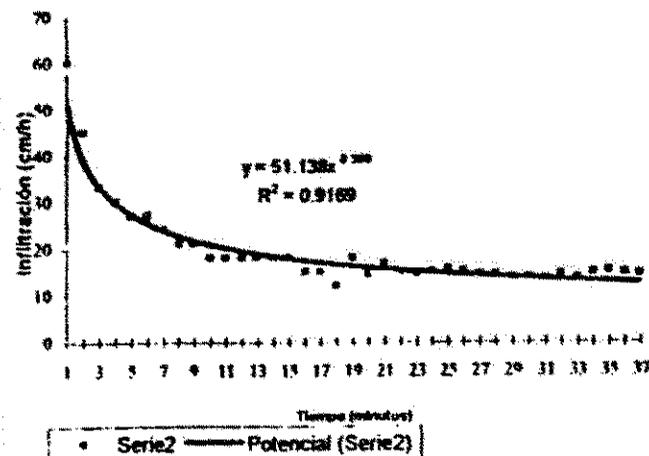
Tratamiento promech subsoleado



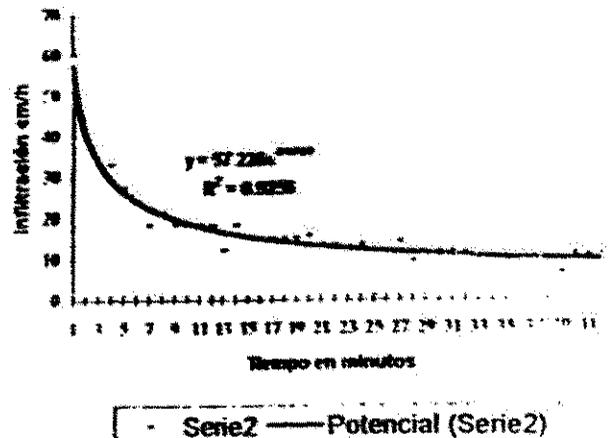
Tratamiento promech sin subsileo



Tratamiento Arado Egipcio subsoleado



Tratamiento Arado Egipcio sin subsileo



5.5. Resistencia Mecánica a la Penetración (rmp)

TABLA N°14 Determinación de la resistencia mecánica a la penetración (kg/cm²) en seis perfiles de suelo, en el área de estudio bajo tres sistemas de preparación de suelos en el cultivo de maíz (*Zea mays* L). CNIA-INTA 1997-1998

0-10cm	1.2654	1.2510	1.2727	2.4377	1.2380	0.0033
10-20cm	3.8497	3.1190	3.9863	2.5370	3.1717	2.5340
20-30cm	3.6703	2.6980	4.4650	1.4373	3.1693	3.8683
30-40cm	3.1863	2.4340	4.4273	1.4340	3.1497	3.5790
40-50cm	3.1327	2.4147	4.1973	1.2483	3.4297	2.9037
50-60cm	3.6077	3.9323	4.3947	2.0977	3.8620	3.1677
60-70cm	3.6580	4.0680	4.2447	1.6297	3.3470	3.0960
70-80cm	3.2687	3.7403	4.5000	1.0817	3.5593	3.7003

Al evaluar el parámetros del suelo afectados por la labranza hay que esperar tiempo suficiente (generalmente mayor de cinco años), para que los efectos de ella se presente claramente y sean representativos del sistema probado. Para ello hay que tomar en cuenta que las operaciones de labranza causan gran variación espacial en las propiedades físicas de suelo, especialmente en la capa arable (Pla, 1994).

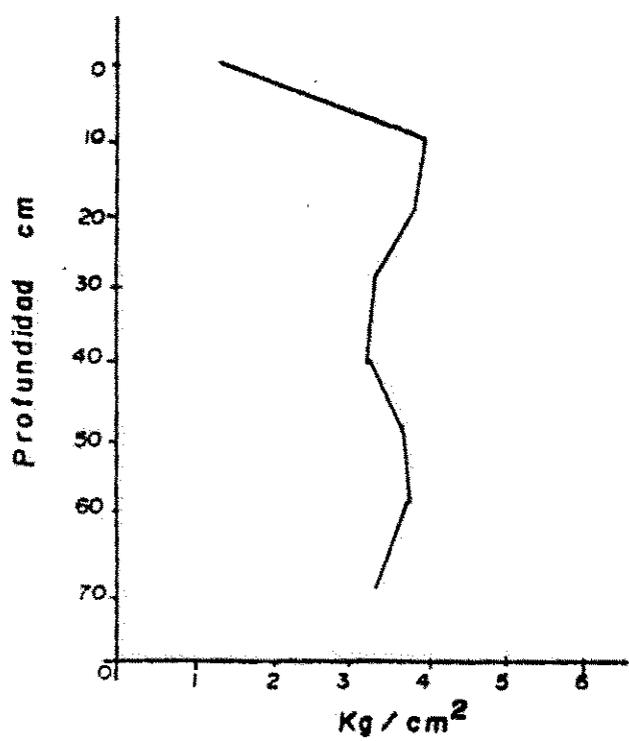
En los resultados obtenidos de resistencia mecánica a nivel de todos los tratamientos en estudio no se presentó ninguna diferencia, sin embargo los valores de resistencia mecánica de el suelo a partir de los primeros 20cm de profundidad oscilan entre 2 y 4.5kg/cm². Sin embargo Alegre, (1991), determinó para algunas condiciones de suelo, que a 1.5kg/cm² ya se consideraba área fuertemente resistente a la penetración (compactación); por lo que se consideró en términos generales que toda el área sufre de compactación.

Otro estudio realizado por Hernández L., et al. en los mismos suelos de el CNIA, confirma el grado de compactación sufrido por el suelo del mismo; presentándose en todos los perfiles estudiados valores altos de resistencia mecánica a la penetración, inclusive hasta 4.5kg/cm², ver anexo 11.

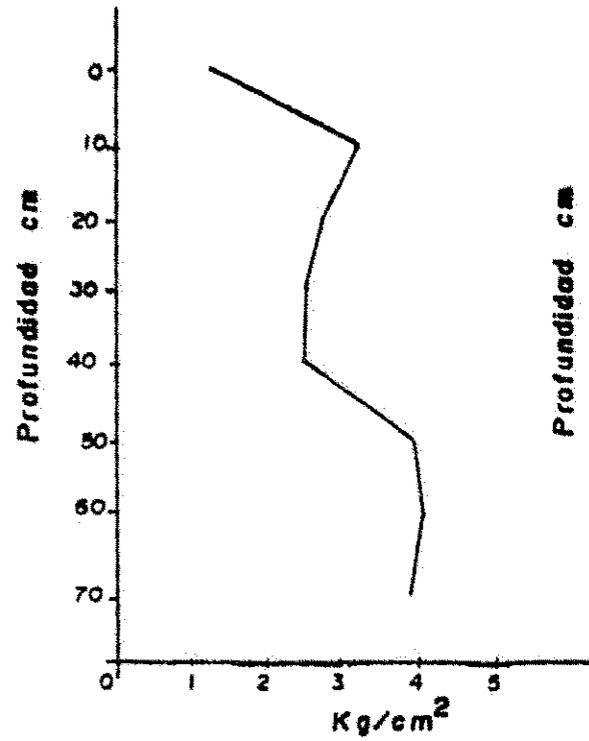
En los mapas presentados a continuación se confirma lo anterior ya que demuestran alto grado de compactación en todo el perfil del suelo. Además que muestran el grosor de las isoclinas inferior a las del estudio realizado el año 1996-1997.

Seguramente los resultados obtenidos nos traducen el efecto negativo de las repetidas labores agrícolas realizadas en el suelo con aperos pesados reduciendo los poros del suelo, aumentando la densidad aparente, reduciendo la retención del agua y disminuyendo los rendimientos del cultivo además del incremento en los costos de producción ya que se hace necesario la aplicaciones repetidas de determinados insumos .

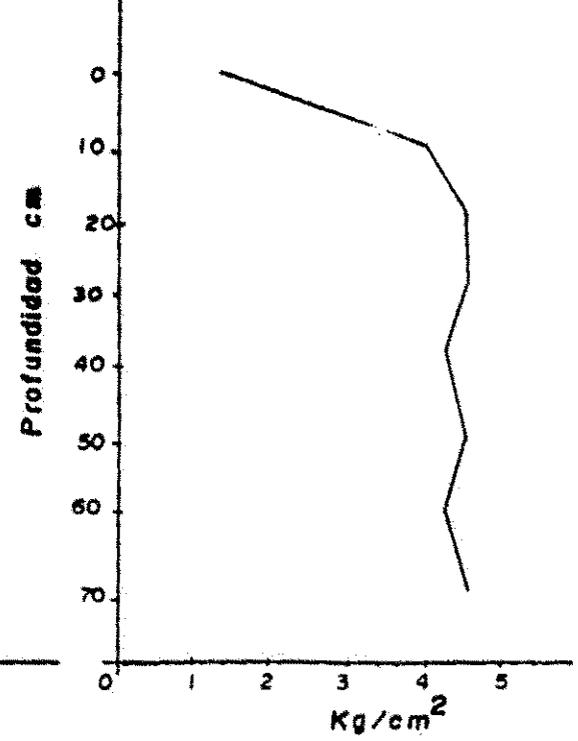
A continuación se presentan las gráficas de resistencia mecánica a la penetración



SISTEMA MECANIZADO

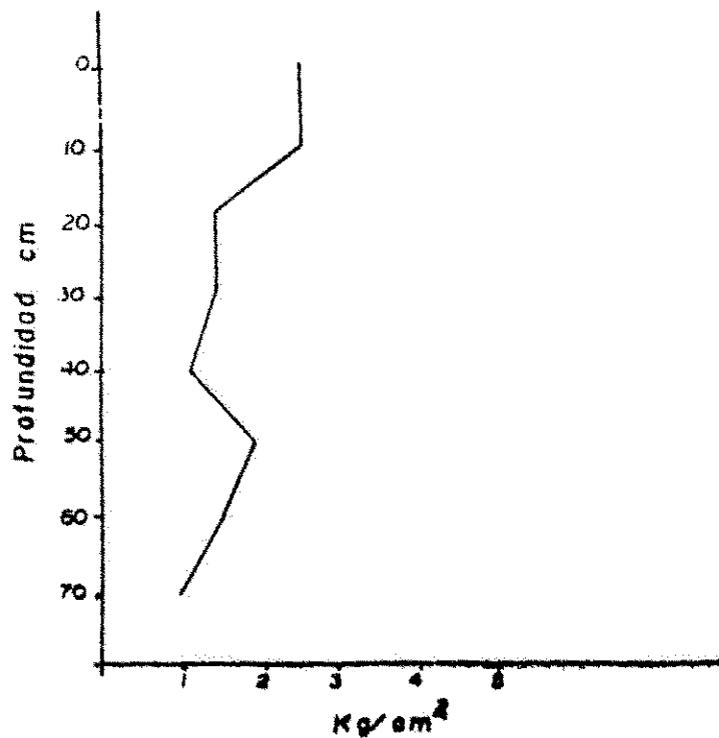


SISTEMA PROMECH

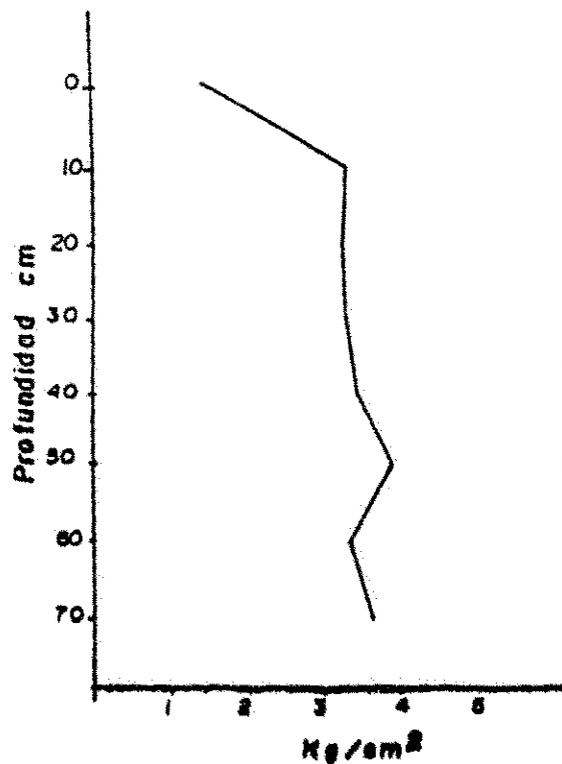


SISTEMA ARADO EGIPCIO

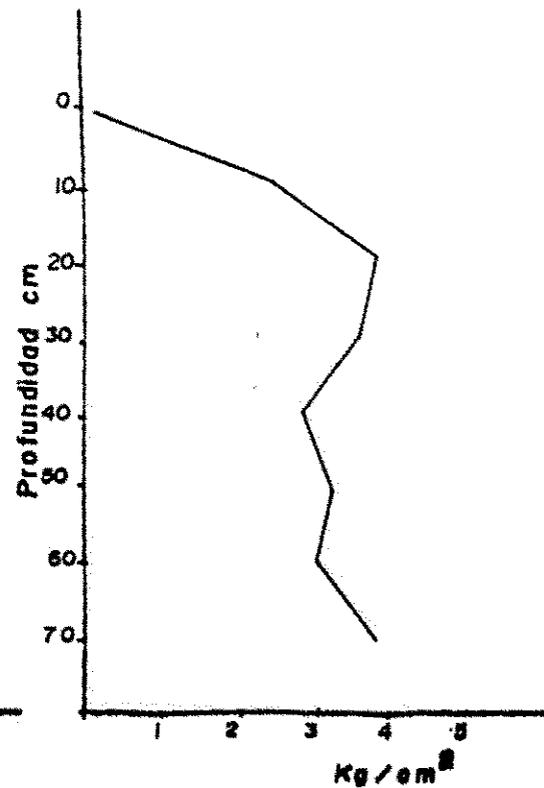
Figura. Representación Gráfica de Resistencia Mecánica a la penetración del Area Subsólido



SISTEMA MECANIZADO



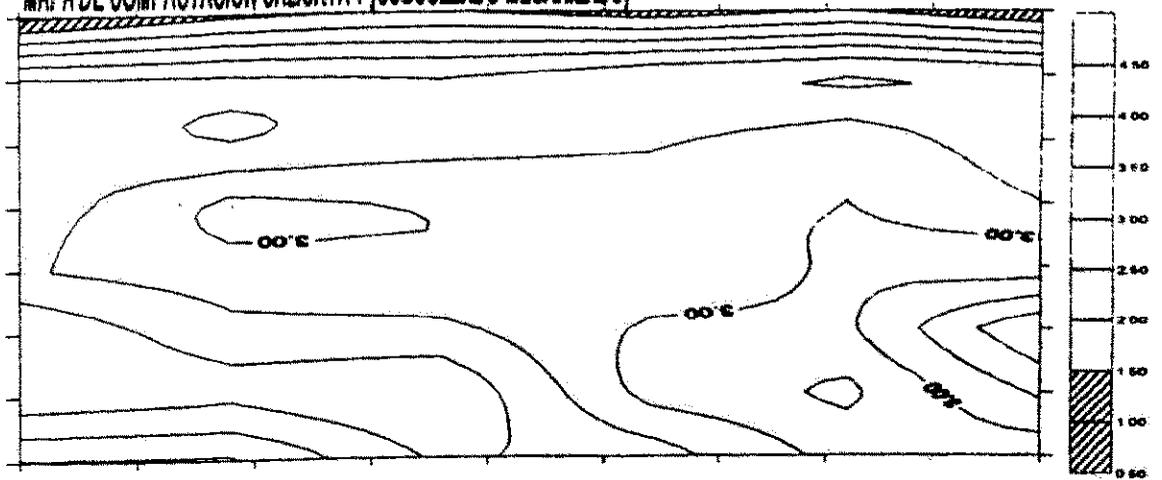
SISTEMA PROMECH



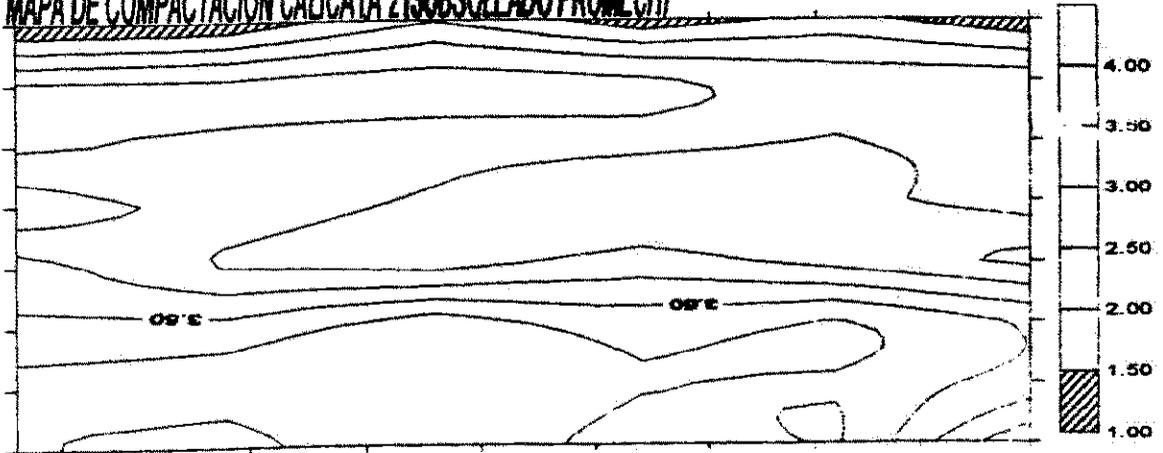
SISTEMA ARADO EGIPCIO

Figura. Representación gráfica de Resistencia Mecánica a la penetración del área no Subsidiada.

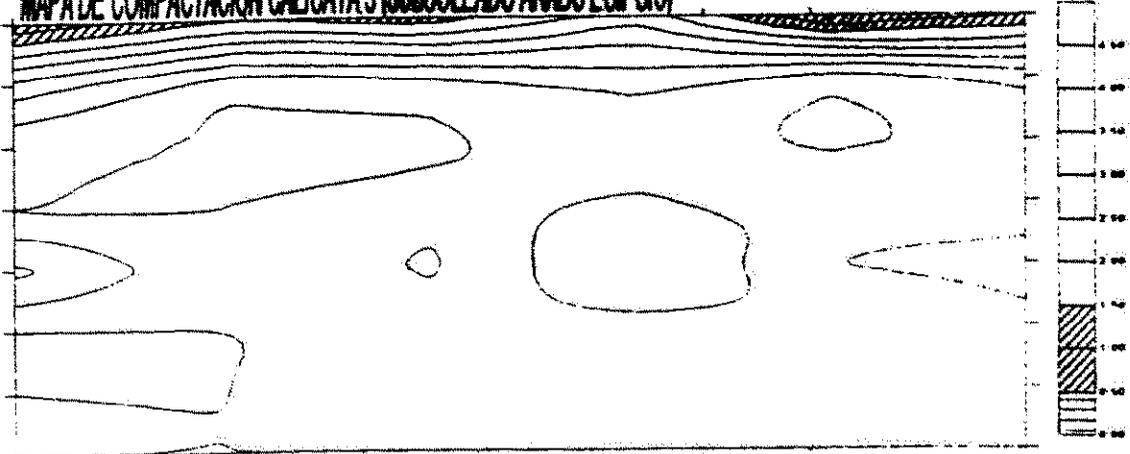
MAPA DE COMPACTACION CALICATA 1 (SUBSOLEADO MECANIZADO)



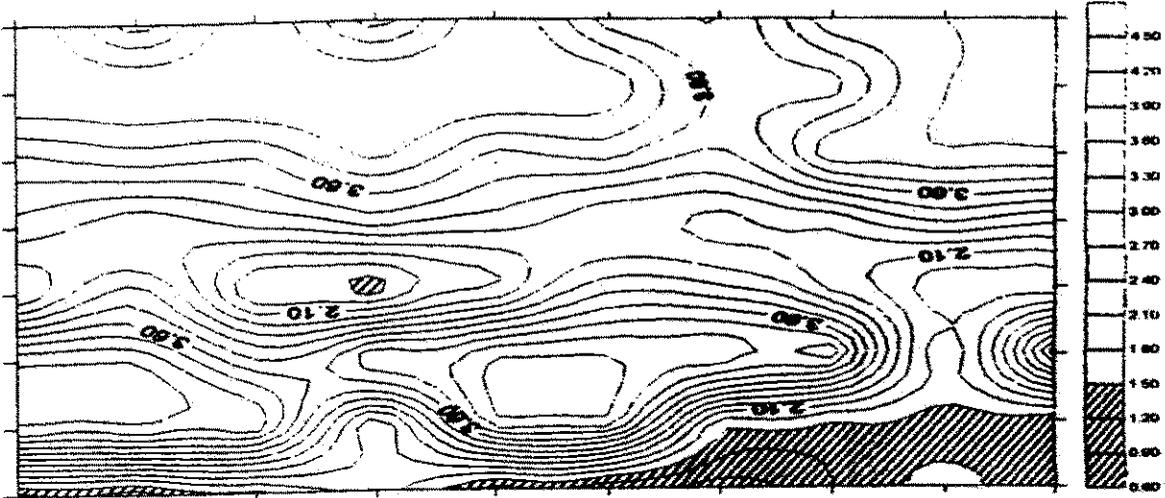
MAPA DE COMPACTACION CALICATA 2 (SUBSOLEADO PROMECHI)



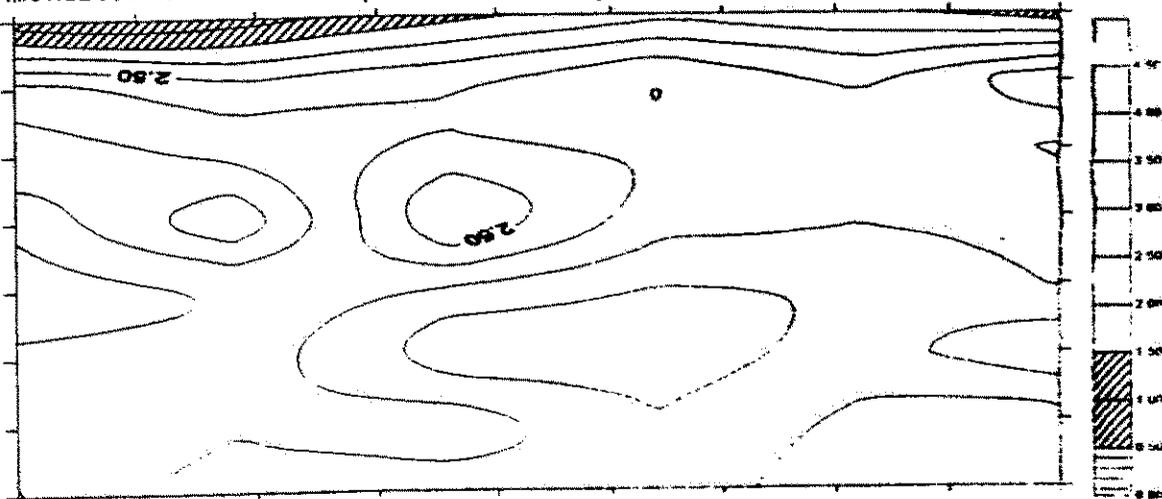
MAPA DE COMPACTACION CALICATA 3 (SUBSOLEADO ARADO EGIPCIO)



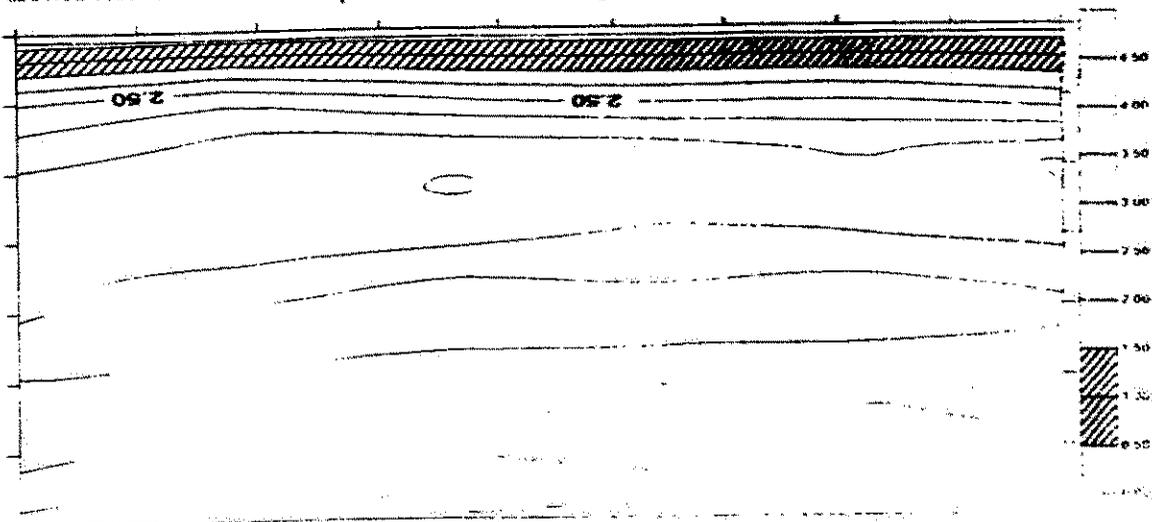
MAPA DE COMPACTACION CALICATA 6 (SIN SUBSOLEO MECANIZADO)



MAPA DE COMPACTACION CALICATA 5 (SIN SUBSOLEO PROMECHA)



MAPA DE COMPACTACION CALICATA 4 (SIN SUBSOLEO ARIDO EGIPSO)



5.6. Descripción de la Fertilidad del Suelo

TABLA N° 15 Resultados de análisis químico del suelo correspondientes al área de estudio (subsoleada y no subsoleada) obtenidos del laboratorio de suelos y agua Universidad Nacional Agraria, 1997-1998

	N	K	P	Fe	Cu	Zn	Mn
Mecanizado 1	0.132	2.305	78.302	9.500	0.367	4.067	0.533
Mecanizado 12	0.113	2.608	75.435	18.483	0.717	1.383	3.000
Promech 11	0.117	2.495	80.163	8.533	0.650	1.500	3.483
Egipcio 2	0.223	2.500	77.712	9.033	0.400	4.833	0.733
Promech 3	0.152	1.967	64.198	9.967	0.633	4.400	0.567
Egipcio 10	0.122	2.468	81.935	12.833	1.200	1.317	1.733

	N	K	P	Fe	Cu	Zn	Mn
Promech 9	0.117	2.403	80.982	10.567	2.067	1.517	5.650
Egipcio 4	0.128	1.983	71.715	8.700	0.833	4.533	0.767
Promech 5	0.095	1.977	67.655	5.267	0.467	3.967	0.900
Egipcio 8	0.113	2.355	77.613	17.533	1.467	1.200	3.067
Mecanizado 7	0.143	2.415	67.872	11.883	0.900	1.417	3.300
Mecanizado 6	0.080	2.257	72.505	11.467	1.417	2.367	2.150

Según requerimientos del cultivo en estudio (*Zea mays* L.) en el cuadro anterior se puede observar que no existe limitación alguna para la nutrición del cultivo por deficiencia de alguno de los elementos reflejados en el cuadro.

5.6.1. Mapa de macro y micro nutrientes

Hasta el momento las recomendaciones de fertilización del maíz generalmente se hacen en base a los requerimientos de nutrientes del suelo Tapia, (1983)

El nivel crítico de suficiencia de un nutriente es dado por la cantidad del nutriente en el suelo (estimado por el análisis químico) a partir del cual la aplicación de fertilizante no causa aumentos en los rendimientos.

La forma de la curva de respuesta del maíz a las aplicaciones de nitrógeno o cualquier otro nutriente varía, además de los factores del suelo, con la variedad, régimen de agua y población de plantas (Tapia, 1983).

Analizando los mapas de macro y micro elementos presentados a continuación, concluimos que existen en toda el area altas concentraciones de fósforo y potasio (>20ppm y >0.3meq/100g de suelo respectivamente). A demás de las altas concentraciones de Nitrógeno en los tratamientos mecanizado + subsoleo y arado egipcio + subsoleo; y de manganeso en los tratamientos ubicados en la parte norte del área en estudio. De lo anterior podemos decir que no hubo respuesta a la aplicación de Fósforo y Potasio en ninguno de los tratamientos; y de Nitrógeno en los tratamientos mecanizado + subsoleo y arado egipcio + subsoleo, debido a las altas concentraciones existentes en el suelo.

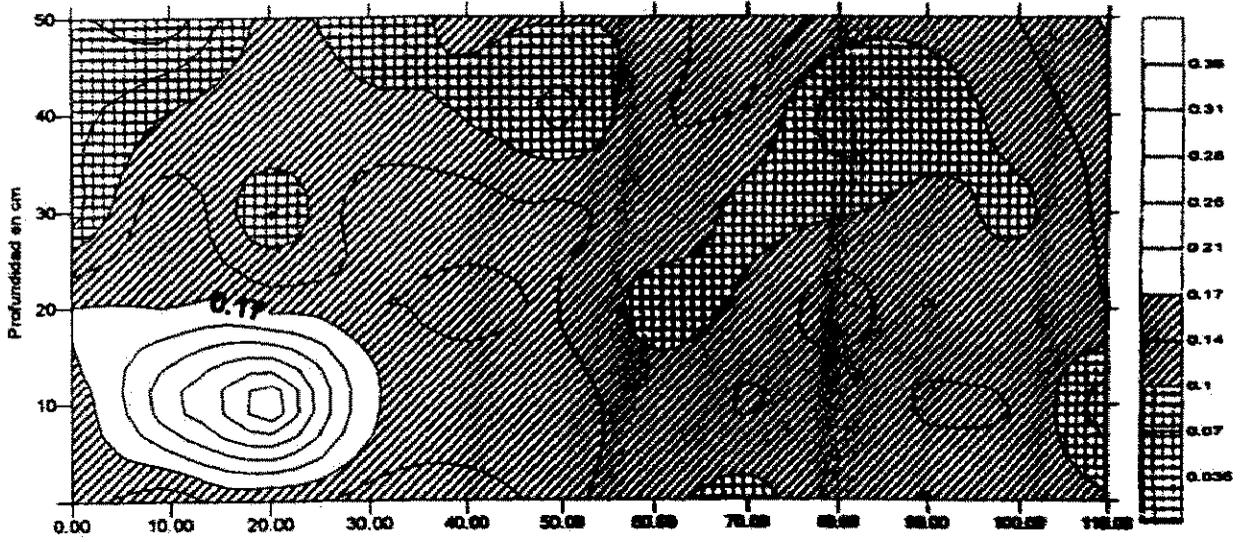
Las respuestas del maíz al Nitrógeno inorgánico es usualmente positiva, excepto en suelos recientemente incorporados a la agricultura, cuando la cantidad de Nitrógeno inorgánico es alto, o cuando problemas de acidez u otros nutrientes existen. (Tapia, 1983).

Resultados de experimentos realizados (1990, 1991); no mostraron efecto a la aplicación de fertilizantes fosfóricos en maíz, en suelos que contenian mas de 10ppm de fósforo disponible (Ministerio de agricultura y ganadería, 1991)

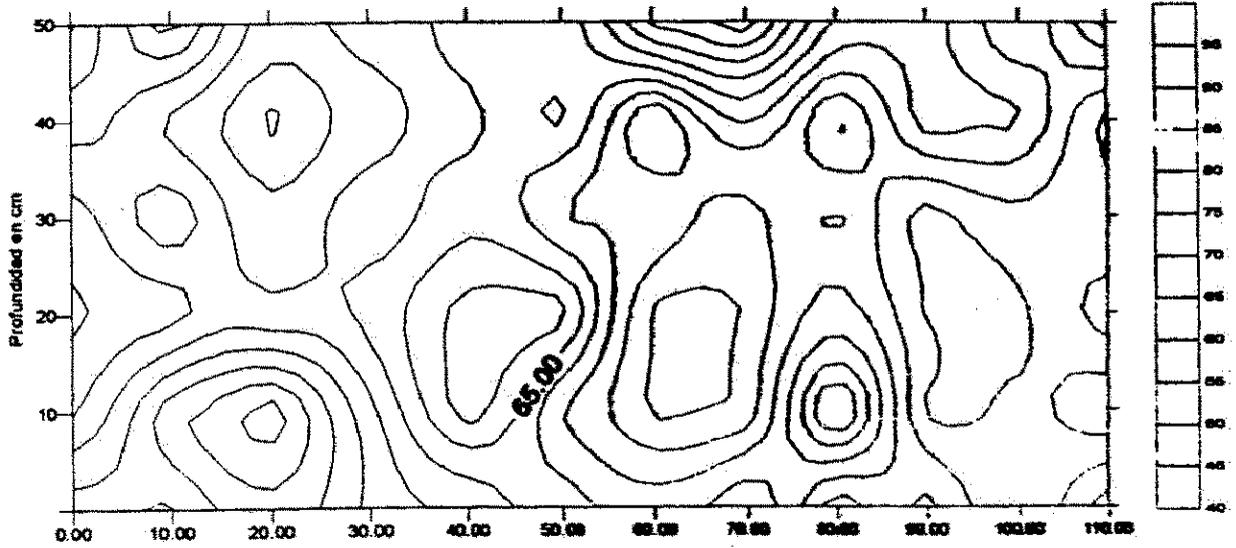
Los suelos de Nicaragua son en lo general ricos en Potasio. Los resultados de experimentos realizados en el ciclo 1991-1992 muestran que no hubo respuesta al Potasio, cuando la cantidad del nutriente disponible en el suelo era >0.6meq/100g de suelo. Lo que se puede decir con seguridad es que para el cultivo de granos básicos no es necesario aplicar Potasio en suelos con mas de 0.5-0.6meq/100g de suelo. ((Ministerio de agricultura y ganadera, 1991).

Estudios Realizados por Cuadra, M., (1991) demuestran que el suministro de zinc y posiblemente de otros micro elementos tales como cobre, manganeso, hierro pueden ser inadecuados para el desarrollo del cultivo de maíz y altos rendimientos.

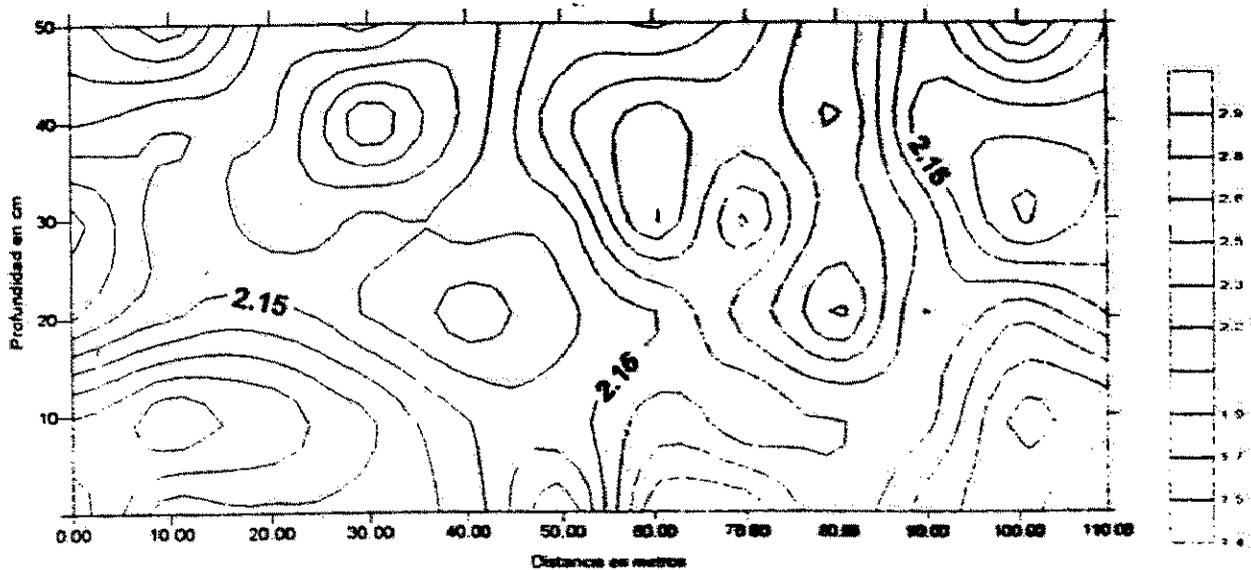
Concentración de Nitrógeno area CREA INTA



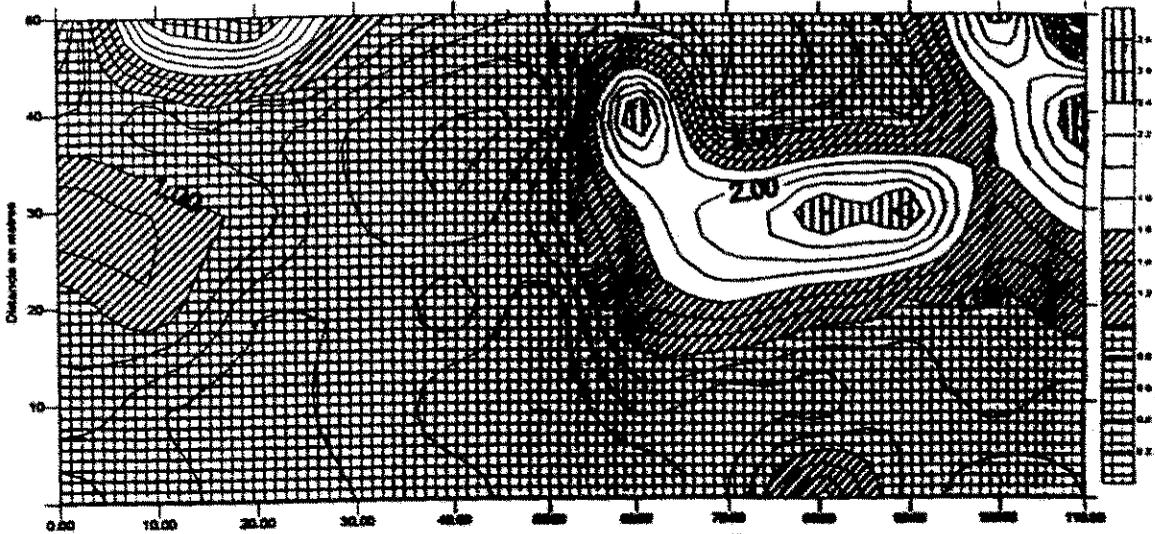
Concentración de Fósforo area CREA INTA



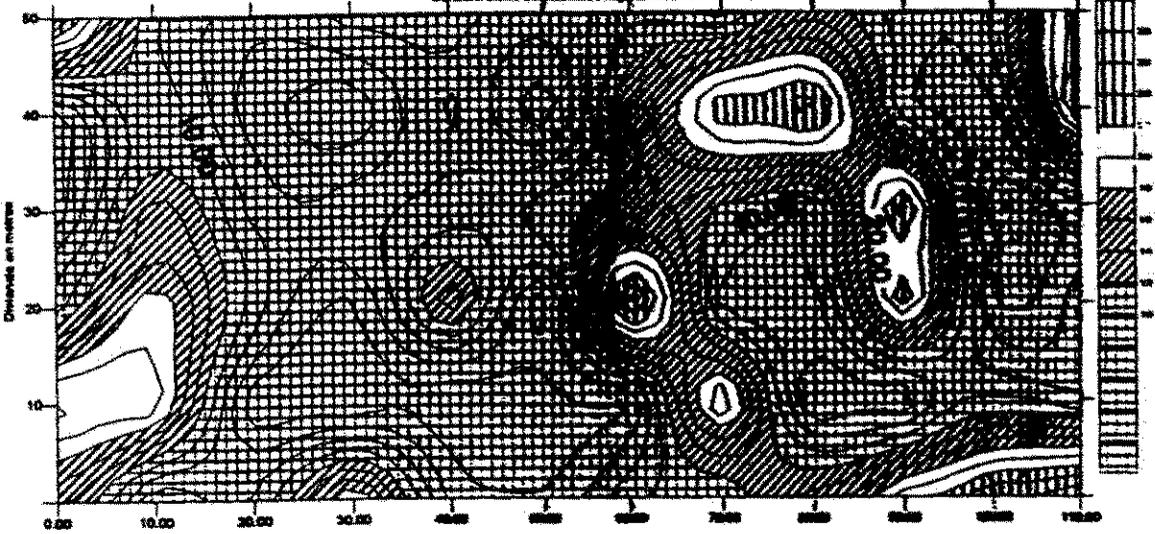
Concentración de Potasio area CREA INTA



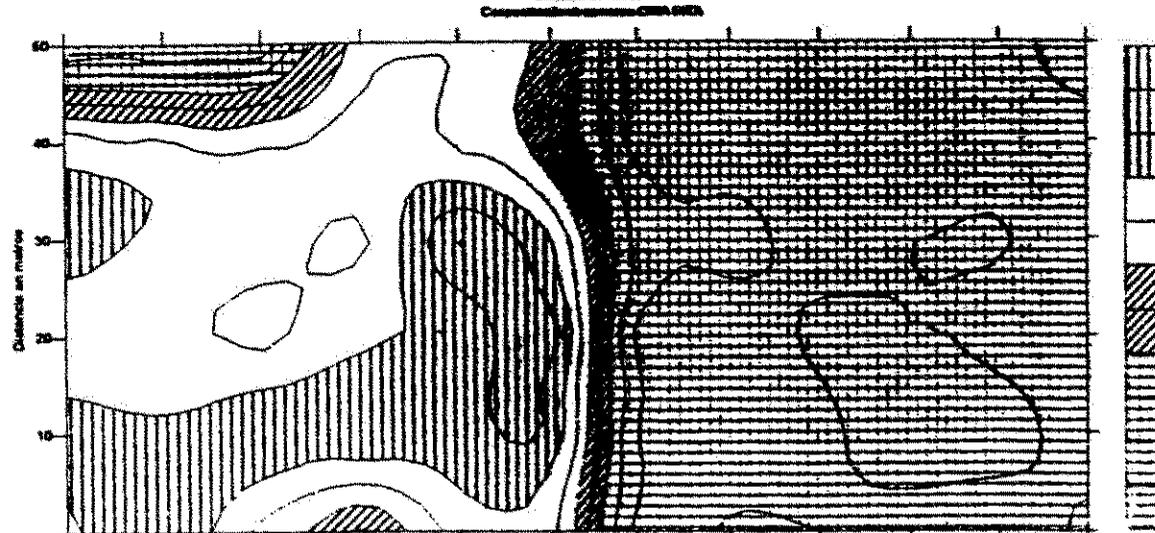
Contorno de Concentración de CO_2 en ppm



Contorno de Concentración de CO_2 en ppm



Contorno de Concentración de CO_2 en ppm



5.7. Diagrama Estructural del Area en Estudio Bajo Tres Sistemas de Labranza (CNIA 1998).

Para la realización de los diagramas estructurales presentados a continuación utilizamos los valores de densidad aparente, densidad real, porosidad total y capacidad de campo de toda el área en estudio diferenciando el área subsoleada a 40cm de profundidad y área no subsoleada.

Los resultados de los diagramas estructurales realizados nos demuestran como la porosidad disminuye a medida que profundizamos en el perfil del suelo, observándose en el área subsoleada los mayores porcentajes de aire; con esto se comprueba una vez mas el efecto del subsoleo y las ventajas que trae el uso del arado PROMECH.

5.7.1. Diagrama estructural del área subsoleada.

Utilizando los resultados de los tratamientos mecanizado, arado egipcio, y arado PROMECH del área subsoleada de densidad aparente, densidad real, porosidad total y la capacidad de campo se construyeron los diagramas estructurales de los tres tratamientos a profundidad de 40cm, quedando demostrado que el sistema PROMECH es que deteriora menos las propiedades del suelo presentando mayor aireación en todo el perfil descrito, además con lo anterior se demuestra el efecto positivo del subsoleo sobre este sistema de labranza y sobre el suelo mismo.

A continuación se presentan los diagramas estructurales del área subsoleada:

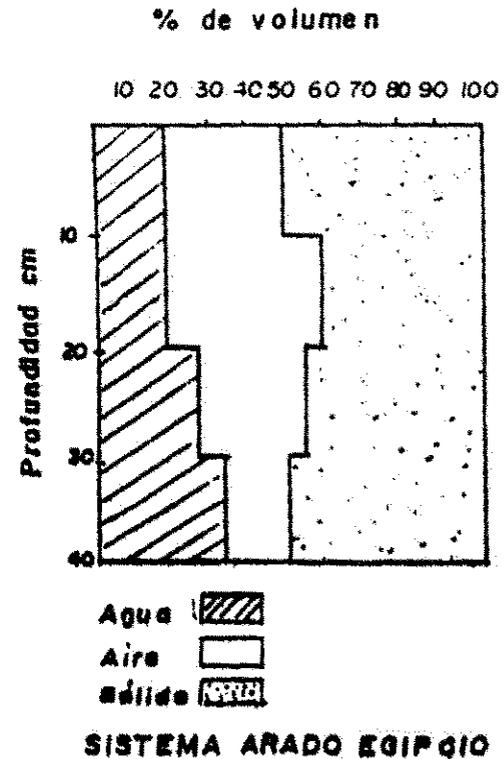
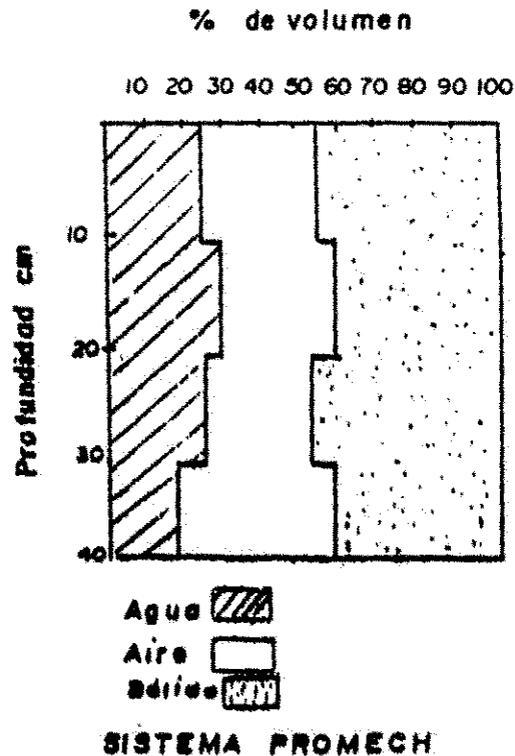
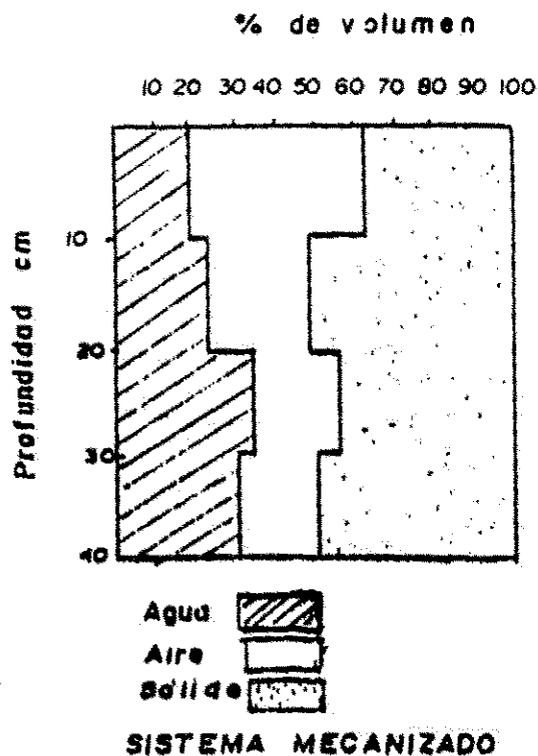
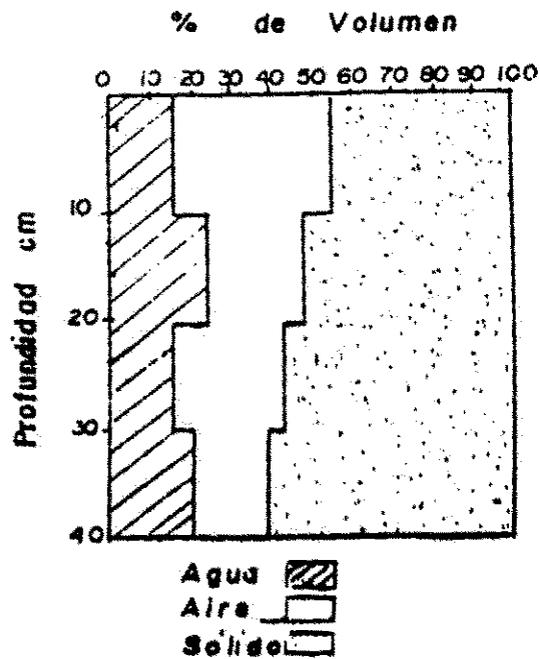


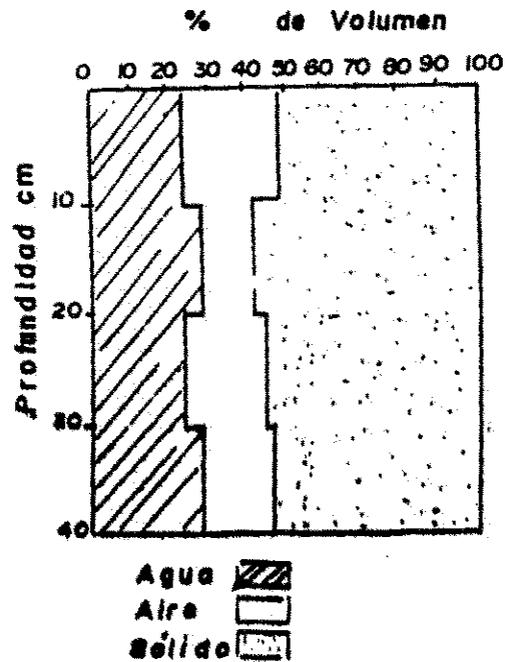
Diagrama Estructural del Area Subsoleada.

5.7.2. Diagrama estructural del área no subsoleada.

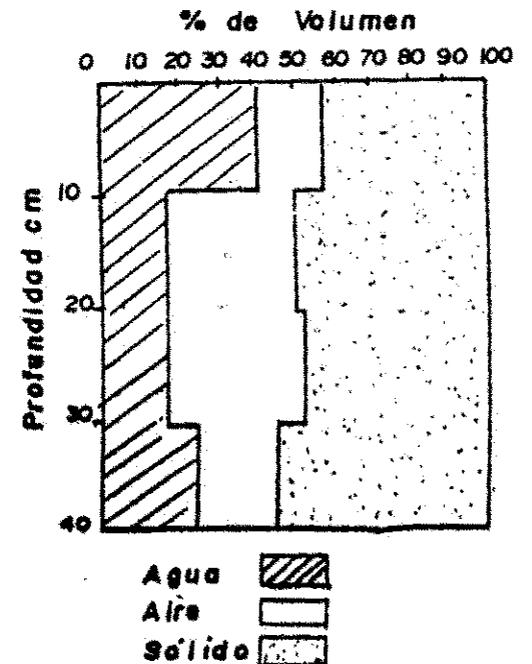
Utilizando los resultados de los tratamientos mecanizado arado egipcio y arado PROMECH del área subsoleada de densidad aparente, densidad real, porosidad total y la capacidad de campo se construyeron los diagramas estructurales de los tres tratamientos a profundidad de 40cm, quedando demostrado que el sistema PROMECH deteriora menos las propiedades del suelo, presentando mayor aireación en todo el perfil descrito, tanto en el área subsoleada como en el área no subsoleada. A continuación se presentan los diagramas estructurales del área no subsoleada.



SISTEMA MECANIZADO



SISTEMA PROMECH



SISTEMA ARADO EGIPCIO

Diagrama Estructural del Area no Subspleado

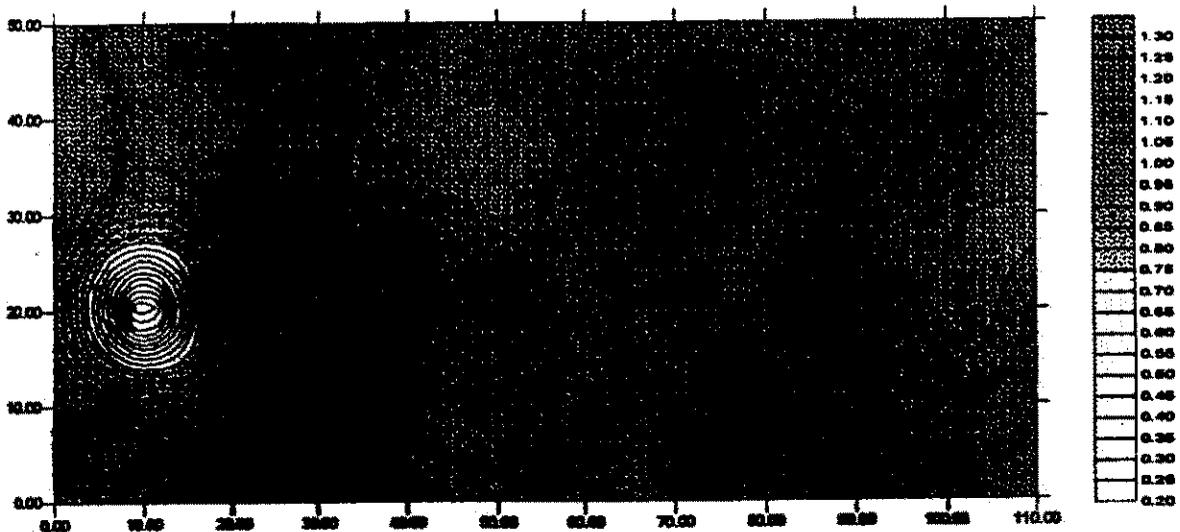
Resultados de la Sonda Superficial Gamma

sonda superficial fue utilizada para obtener datos de densidad aparente (en seco, húmedo y mojado) y porcentaje de humedad en el suelo a profundidad de 20cm, en cuadrículas de 10m x 10m (100m²) en el área de estudio; previa calibración de la sonda y ubicándola en cada vértice de cuadrículas.

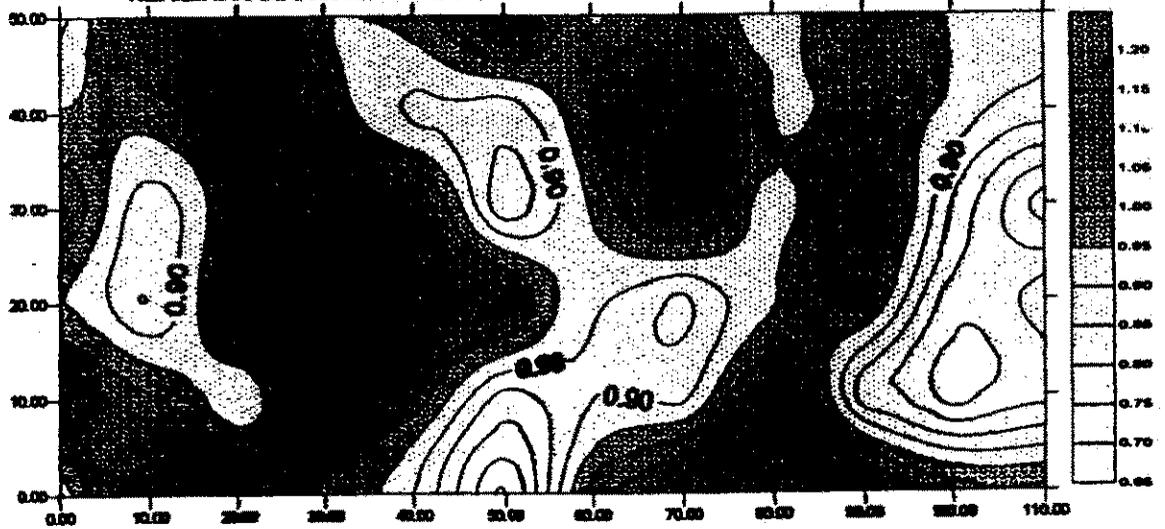
Como resultado de dicha información son mapas obtenidos a través del programa SURFER los cuales demuestran los valores bajos de densidad aparente en el área subsoleada y por ende altos porcentajes de porosidad del suelo; con lo anterior queda demostrado una vez mas el efecto del riego sobre las propiedades del suelo. Con estos resultados afianzamos los datos anteriores de densidad aparente y porosidad del suelo obtenidos a través del método gravimétrico en el laboratorio de la UNA. Estudio realizado en el año 1996-1997 por Hernández L. et al., coinciden con nuestros resultados presentando valores bajos de densidad aparente en el área subsoleada mostrando ser el mejor tratamiento el PROMECH subsoleado, ver anexo 11.

Los mapas de densidad aparente obtenida a través de la sonda superficial se presentan a continuación.

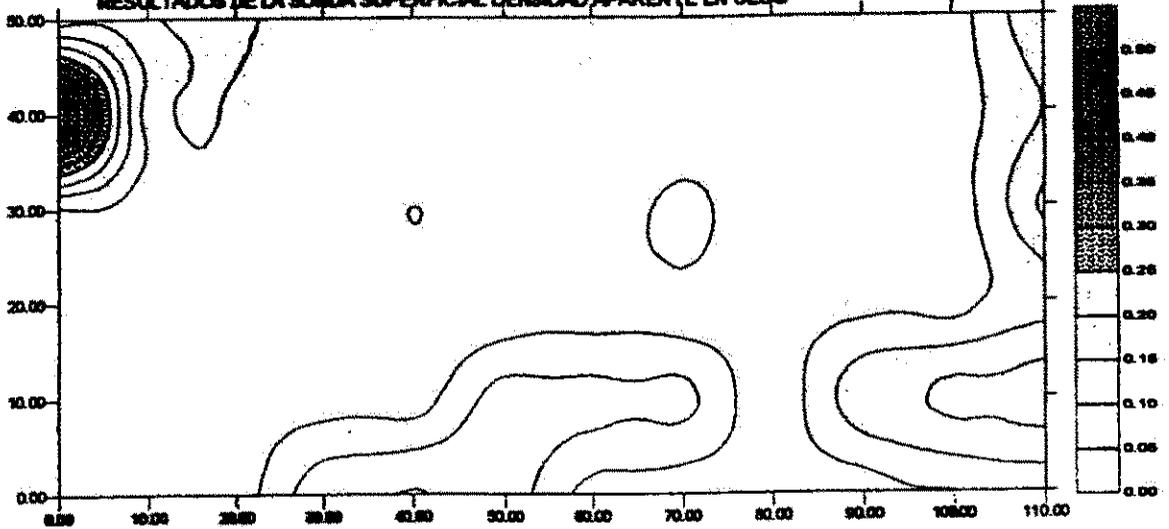
RESULTADOS DE LA SONDA SUPERFICIAL DENSIDAD APARENTE EN SATURADO



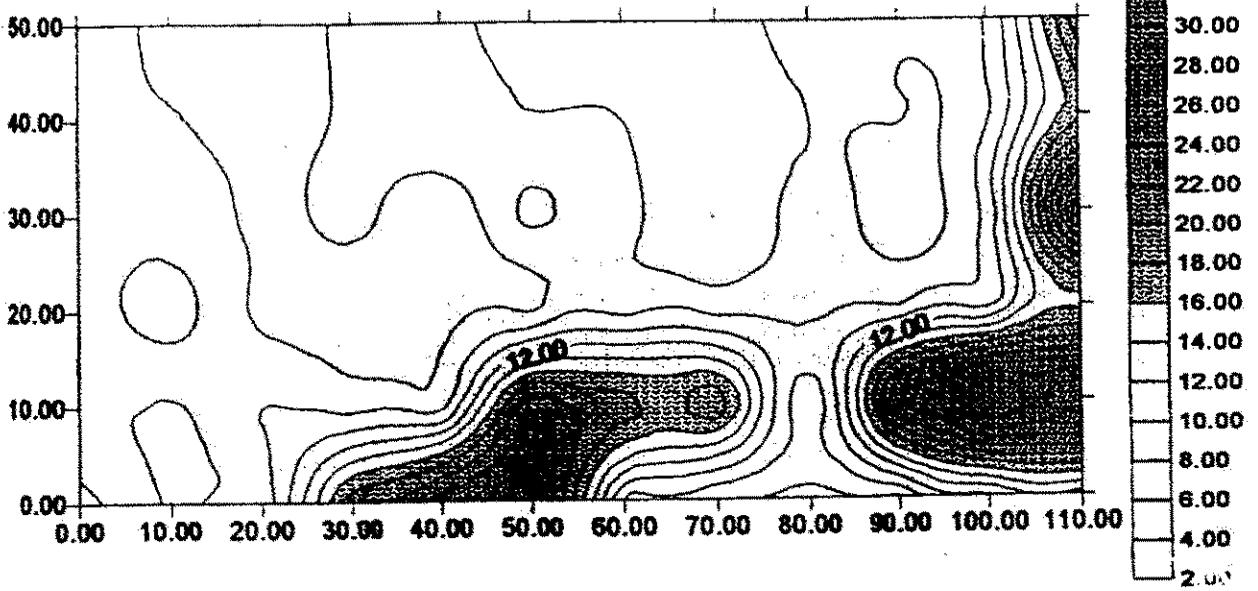
RESULTADOS DE LA SONDA SUPERFICIAL DENSIDAD APARENTE EN HÚMIDO



RESULTADOS DE LA SONDA SUPERFICIAL DENSIDAD APARENTE EN SECO



RESULTADOS DE LA Sonda SUPERFICIAL % DE HÚMEDAD



Rendimiento del Cultivo del Maiz (Zea Mays L.) Bajo Diferentes Sistemas de Preparación de Suelos

Los tratamientos son seis combinados de la siguiente forma:

Área con siembra mecanizada convencional

Área con siembra de arado egipcio jalado por bueyes

Área sembrada con PROMECH

En cada tratamiento se realizó dos repeticiones en áreas subsoleadas y no subsoleadas. Las parcelas son las áreas subsoleadas y no subsoleadas y las subparcelas las áreas con los diferentes sistemas de labranza.

factores estudiados fueron:

Factor A: a₁: Área subsoleada
a₂: Área no subsoleada

Factor B: b₁: Siembra Mecanizada
b₂: Siembra con Arado Egipcio
b₃: Siembra con PROMECH

tratamientos presentados en la tabla N°16 se diferencian únicamente en la preparación del suelo (subsoleo, no subsoleo) y en los aperos usados para realizar esta operación.

Los resultados obtenidos de los diferentes tratamientos estudiados se presentan a continuación:

TABLA N°16 Resultados del rendimiento del cultivo de maiz (Zea mays L.) obtenido en el área de estudio (subsoleada y no subsoleada) bajo tres sistemas de labranza. CNIA-INTA 1996-1997.

	SUBSOLEADO	NO SUBSOLEADO
MECANIZADO	2126.26Kg/Ha	1505.05Kg/Ha
ARADO EGIPCIO	2501.01Kg/Ha	2030.30Kg/Ha
PROMECH	2166.67Kg/Ha	1712.12Kg/Ha

Nuestros resultados coinciden con los expresados por Pla, (1994), Cairo, (1995), Gavande, (1972), Alegre, (1991), sobre el hecho de mejorar las propiedades hidrofísicas del suelo, corrigiendo la compactación que existe en el suelo, cuando se hace un uso excesivo de la maquinaria agrícola.

TABLA N°17 Análisis de varianza para el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L) bajo tres sistemas de labranza. CNIA-INTA, 1996-1997

REPETICIONES	1	960	960	20	0.147 NS
FACTOR A	1	321972	321972	6707.75	0.011*
ERROR A	1	48	48		
FACTOR B	2	9896	4948	0.0186	0.983 NS
INTERACCION	2	346648	173324	0.6518	0.571 NS
ERROR B	4	1063584	265896		
TOTAL	11	1743108			

C.V. (ERROR EN B) = 29.32 %, Factor A: Subsuelo o no subsuelo, Factor B tipo de labranza.

El análisis de varianza realizado para los rendimientos obtenidos nos muestra con un 5% de significancia que si hubo diferencias significativas entre el área subsoleada y no subsoleada y que no hubo ningún efecto de labranza sobre los rendimientos. Lógicamente los mayores rendimientos tienen lugar en el área subsoleada a 40cm de profundidad. Sobresaliendo los tratamientos PROMECH y Arado Egipcio con rendimientos de 2501.01kg/ha y de 2166.67kg/ha respectivamente, esta diferencia se relaciona con las características físicas y químicas del suelo. Al analizar los resultados de densidad aparente que aparecen en la tabla n°10 los tratamientos del área subsoleada presentaron los menores valores, esto significa que el porcentaje de poros es mayor y por ende el cultivo en estas condiciones asimiló mejor los nutrientes del suelo; además las tasas de infiltración de los tratamientos subsoleados fueron las mayores de toda el área en estudio por lo tanto los nutrientes fácilmente formaron parte de la solución del suelo y absorbidos por el cultivo. Las características antes descritas (densidad aparente, porosidad del suelo, infiltración del agua) son indicadores de la compactación del suelo afirmando de esta manera que el área subsoleada presenta grados de compactación inferiores al área no subsoleada por lo que los rendimientos obtenidos en la misma resultaron superiores del área en estudio.

Resumir lo anterior diremos que a menor densidad aparente: mayor porosidad del suelo, mayor extracción del agua, menor resistencia a la penetración y definitivamente que mayores serán los rendimientos obtenidos.

Sibien es cierto que estadísticamente no existen diferencias significativas entre los tratamientos que si analizamos los resultados desde el punto de vista numérico si existen diferencias bien marcadas entre los tratamientos estudiados sobresaliendo el tratamiento PROMECH subsoleado con rendimientos de hasta 2501.01kg/ha; esto significa que el arado PROMECH es una alternativa de para el pequeño y mediano productor que no pueda realizar la labor de subsoleo por lo tanto es necesario transferir esta tecnología a los mismos.

10 Análisis Económico de los Tres Sistemas de Labranza

10.1. Cálculo de costos de utilización de la labranza mecanizada

al igual que en cualquier cálculo de gastos agropecuarios estos se dividirán en costos fijos y costos variables.

puestos del tractor CASE 84 HP modelo 423. Acoplado con una sembradora-fertilizadora PAH de 4 arcos BALDAN.

costos fijos:

precio del tractor (P_t)	:	US \$35000
costo de la Sembradora (S)	:	US \$5700
salario del operador (S_o)	:	US \$163/año
total	:	US \$40863/año

La vida útil (V_u) del tractor ha de calcularse en base a 10 años, de donde se parte para calcular la Depreciación de la siguiente manera:

Depreciación del tractor $D_t = P_t/V_u$, luego $D_t = \$ 35000/10 \text{ años} = \text{US } \$3500/\text{año}$

la depreciación de la sembradora (D_s) será: $\$ 5700/8 \text{ años} = \text{US } \$712.5/\text{año}$.

En este caso el costo fijo será: $D_t + D_s = \text{US } \$3500/\text{año} + \text{US } \$712.5/\text{año} = \text{US } \$4212.5/\text{año}$

Costos variables de la maquinaria:

Los costos variables que dependen directamente del uso de la maquinaria se calculan normalmente por unidad de trabajo, ya sea por hora, por hectárea trabajada, etc.

Según el caso se distinguen los siguientes rubros:

- ❖ Reparaciones
- ❖ Combustible
- ❖ Mantenimiento
- ❖ Lubricantes

Reparaciones

Los costos de reparación comprenden los gastos de reparación a que se incurren por hacer reparaciones corrientes y las revisiones periódicas, las que son difíciles de estimar ya que dependen del valor, edad de la maquinaria y la intensidad del trabajo. Lo más adecuado es calcular el 10% anual sobre el valor del tractor.

Mantenimiento

El mantenimiento de una máquina consiste en el trabajo requerido para mantenerla en buenas condiciones para su uso normal y adecuado: Limpieza, Engrase, ajuste para el trabajo específico, el tiempo necesario es expresado en tiempo de trabajo del operador por unidad trabajada con la maquinaria; para calcular el costo de mantenimiento se multiplica el tiempo requerido por el costo de una hora de trabajo del operador.

Así: $\text{Costo de Mantenimiento} = \text{Tiempo requerido de mantenimiento} * \text{salario del operador/hora}$

Combustible

El consumo de combustible depende del tipo, la potencia y del grado de esfuerzo de la máquina. El consumo específico de l/HP/h varía muy poco:

- ❖ 0.22l/HP/h para motor diesel

❖ 0.37/HP/h para motores de gasolina

En el caso de uso particular de un tractor, se puede partir de un 25% del grado del esfuerzo del motor. En el caso de una empresa de alquiler de maquinaria se calcula con un 40% del grado del esfuerzo.

Ejemplo:

Un tractor con motor diesel con potencia de 60 HP y un 40% de esfuerzo tendrá un consumo de combustible estimado así:

$$\text{Consumo estimado} = 0.22 * 60 * 0.4 = 5.28 \text{ l/h}$$

Lubricantes

La experiencia enseña que el consumo de lubricantes equivale aproximadamente a 0.3% de la potencia del motor en HP. Así el gasto de lubricante (Gl) por hora se calcula como sigue:

$$Gl = 0.003 * 60 \text{ HP} * \text{US } \$2.16/\text{l} = \text{US } \$0.5443/\text{h}$$

Puesto que en términos generales un tractor trabaja como media 2304 horas/año el producto anterior ha de multiplicarse por éste nuevo valor, de esa forma obtenemos:

$$\text{US } \$0.5443 \text{ l/h} * 2304 \text{ horas/año} = \text{US } \$1254.11/\text{año}$$

Los costos variables (CV) será el producto de la suma de: Combustible, mantenimiento y lubricantes; como sigue, $CV = 3870 + 350 + 1254.11 = \text{US } \$5477.11/\text{año}$.

Logo los costos totales = Costos fijos + costos variables

$$= \text{US } \$4121.5 + \text{US } \$5477.11 = \text{US } \$9598.61/\text{año}$$

Para realizar los cálculos de costos para la siembra mecanizada se ha de partir de que el tractor es capaz de realizar la siembra del maíz en 0.75h/mz., y al multiplicar este valor por US \$4.17/h obtenemos el precio pagado de US \$3.12/mz.

TABLA N°18 Costos fijos y costos variables de la siembra mecanizada

COSTOS FIJOS	
Precio del tractor	US \$35000
Depreciación del tractor	US \$3500/año
Precio de la sembradora	US \$5700
Depreciación de la sembradora	US \$712.5/año
Salario del Operador	US \$163/año
Sub Total	US \$4375.5/año
COSTOS VARIABLES	
Reparaciones	
Combustible	US \$3870/año
Lubricantes	US \$1257.9/año
Mantenimiento	US \$350/año
Sub Total	US \$5477.9/año
TOTAL	US \$9853.4/año

5.10.2. Cálculo de los costos de utilización de la labranza con arado egipcio

- Yunta de bueyes : US \$754.71
- Arado Egipcio : US \$18.86
- Salario de cada mozo : US \$0.77/día
- Vida Útil del Buey : 8 años
- Precio de compra : US \$754.71
- Precio de Venta : US \$603.76
- Depreciación de bueyes : US $(754.71 - 603.76) / 8$ años = US \$18.87/año
- Depreciación del arado : US $18.86 / 8$ años = US \$2.35/año
- Salario de cada mozo : US $0.77/\text{día} * 2 = \text{US } 1.54/\text{día} * 5 \text{d} * 4 \text{seman} * 12 \text{meses} = \text{US } 369.6/\text{año}$

De esa manera los costos totales (CT) en la siembra con arado egipcio (AE) se calculan de la siguiente forma:

$$CT \text{ AE} = \text{Depreciación de bueyes} + \text{Depreciación del arado} + \text{Salario de los mozos}$$

$$CT \text{ AE} = \text{US } (18.87 + 2.35 + 369.6) = \text{US } 390.82/\text{año}.$$

Para pasar los costos de US \$/año a US \$/mz se dividen los (US \$390.82/año)/2304= US \$ 0.196/año. Puesto que el arado egipcio es capaz de sembrar una manzana en 8 horas, multiplicamos estas por el producto anterior; así: (US \$ 0.196/año)*8horas/mz= US \$1.35/mz.

5.10.3. Cálculo de los costos de utilización de la labranza con la PROMECH

Puesto que esta utiliza tracción animal; se sigue como en la yunta de bueyes en el arado egipcio cuyo costo es US \$18.86 y el salario por mozo es de US \$0.77/día, por lo cual solo nos queda calcular el precio de la PROMECH:

Costo de la PROMECH	: US \$67
Vida Útil	: US 8 años
Depreciación de la PROMECH	: US \$67/8 años = US \$8.37/año
Depreciación de la yunta de bueyes	: US \$18.87
Salario del mozo	: US \$184.8/año
Costo fijo Total	: US \$212.03

5.10.4. Costos variables de los sistemas de siembra arado egipcio y PROMECH

Realmente el mantenimiento de la yunta de bueyes, el arado egipcio y la PROMECH, tienen un costo casi nulo por las condiciones primitivas del manejo veterinario en las zonas rurales de la zona de Nicaragua, así como la subvaloración del galpón, por eso no lo tomamos en cuenta para pasar el resultado de año y de horas a manzana sería igual al paso anterior, así: El costo total va a ser igual a $212.03/2304 = US \$0.092/hora$. Luego el costo para sembrar una manzana de maíz es igual a $US \$0.092/hora * 5horas/mz = US \$0.46/mz$. Basándonos en el hecho que la PROMECH tarda 5 horas para sembrar una manzana de maíz.

TABLA N°19 Costos fijos y costos variables de la siembra con arado egipcio y PROMECH

Costos fijos		
Yunta de bueyes	US \$754.71	US \$754.71
Depreciación de bueyes	US \$18.86/año	US \$18.86/año
Arado	US \$18.86	US \$67
Depreciación del arado	US \$2.35/año	US \$8.37/año
Salario de cada mozo	US \$369.6/año	US \$184.8/año
Sub total	US \$390.81/año	UU \$212.03/año
TOTAL	US \$390.81/año	UU \$212.03/año

TABLA N°20 Costos de siembra de los diferentes sistemas de labranza.

INDICADORES	MANTENIMIENTO			SUBSOLADO		
	PROMECH	A. EGIPCIO	MECANIZAD	PROMECH	A. EGIPCIO	MECANIZAD
Costos fijos	US \$212.03/a	US \$390.81/a	US \$4375/a	US \$212.03/a	US \$390.81/a	US \$4375/a
Costos variables			US \$5477.9/a			US \$5477.9/a
Costo Total	212.03\$/a	390.81\$/a	US \$9852.9/a	US \$212.03/a	390.81\$/a	US \$9852.9/a
Costo de la siembra	US \$0.46/mz	US \$1.36/mz	US \$3.12/mz	US \$0.46/mz	US \$1.36/mz	US \$3.12/mz

a = año

Todo lo anteriormente descrito nos sirve de base para afirmar que en términos económicos el arado PROMECH de tracción animal es el mas económico porque tiene bajos costos, el tiempo de operación es mas corto que el arado egipcio (cinco horas por manzana), necesita un solo operador y el tapado de la semilla es simultaneo a la siembra, no necesita mantenimiento además que el uso del buey no sólo se limita a su uso de tracción sino que después de descartado puede sacrificarse para carne y es posible su empleo en pequeñas áreas al igual que el arado egipcio, remarcamos que el área de aplicación se limita a unas cuantas manzanas no mas de cinco manzanas.

El arado egipcio por su parte es un implemento de elaboración casera lo que nos da una idea del bajo costo para su adquisición, pero en términos económicos es desfavorable debido a que necesita dos operadores lo que es negativo cuando en la familia hay escacés de mano de obra y se hace necesario contratarla, es más lento que el PROMECH (el arado egipcio tarda ocho horas para preparar una manzana) por lo tanto su utilización se hace mas costosa en la medida que aumenta el área de siembra.

El mecanizado no resulta económico en áreas pequeñas y es especialmente útil para productores con grandes extensiones de terreno que al mecanizar el trabajo necesitan menos mano de obra, aunque la utilización de maquinaria produzca un mayor deterioro del suelo que va reduciendo gradualmente los índices productivos y aumenta las aplicaciones fertilizantes que en cierto modo enmascaran la capacidad productiva del suelo.

El subsolador no es un implemento de uso general en Nicaragua, por lo tanto la labor del subsolado resulta económicamente costosa esto hace que los grandes productores no lo usen como una alternativa para aumentar los rendimientos.

Lógicamente que los resultados de rendimiento y económicos están estrechamente relacionados, ya que al obtener rendimientos altos a los mas bajos costos resulta rentable para los productores en general. En el presente estudio al evaluar los tres sistemas de labranza en cuestión nos damos cuenta de que los mayores rendimientos se obtuvieron en el tratamiento PROMECH tanto en el área subsoleada como en la no subsoleada, además de que los costos de siembra con el mismo (PROMECH), son los más bajos comparado con el egipcio y el mecanizado, por lo tanto es el PROMECH una alternativa para los pequeños y medianos productores por su baja relación costo/rendimiento.

VI CONCLUSIONES

La labor previa del subsoleo mejora las propiedades físicas del suelo, disminuyendo los valores de densidad aparente así mismo incrementa los porcentajes de poros del suelo y mejora la infiltración del agua en el mismo

El área en estudio presenta suelos que han sufrido un proceso gradual de compactación, por el uso de maquinaria e implementos agrícolas, teniendo como indicador los altos valores de resistencia mecánica a la penetración

El arado PROMECH es el mejor sistema de labranza evaluado en toda el área de estudio ya que deteriora en menor grado las propiedades físicas del suelo, incrementando por lo tanto los rendimientos del cultivo, seguido del egipcio y del mecanizado

Económicamente el arado PROMECH es el mas rentable, seguido del egipcio y del mecanizado

El suelo presenta altas concentraciones de macro y micro elementos en relación a los requerimientos del cultivo

VII. RECOMENDACIONES

1. Utilizar la metodología de la calicata y el penetrómetro como instrumento que permite predecir capas endurecidas en el perfil del suelo que han sido sometidos al uso excesivo de maquinaria
2. Realizar subsoleo en áreas donde intensivamente se ha utilizado maquinaria agrícola habiendo antes comprobado a través del perfil del suelo que existe piso de arado
3. En caso de realizar o no subsoleo recomendamos para pequeños y medianos productores, la preparación del suelo con arado PROMECH combinado para disminuir el deterioro de las propiedades físicas del suelo, (serie Cofradía)
4. Difundir en las familias productoras el uso de la PROMECH, como una alternativa de roturación y conservación de los suelos, para obtener mayores rendimientos a menor costo
5. Establecer nuevos estudios en nuevas series de suelos que permitan precisar el proceso de compactación en dicha serie y bajo condiciones diferentes a las que fue llevado este estudio

VIII. BIBLIOGRAFIA

- Avilés A, Hernández L, González O, 1998, (Tesis Ing. Agrónomo) Estudio de Degradación de las Propiedades Físicas de los Suelos Sometidos a Tres Diferentes Sistemas de Manejo en el Cultivo de Maíz (Zea mays L) NB-12. Managua, Nicaragua, 54 p.
- Alegre J, C. 1991. Informe sobre la consultoría en manejo de suelos en las regiones I, II, IV de Nicaragua. Managua, Nicaragua, 30 p.
- Baldizón M, Cortez J, 1997 (Tesis Ing. Agrónomo) Evaluación del Proceso de Compactación en tres Métodos de Labranza en el Cultivo del Maíz (Zea mays L), Utilizando N₁₅ como Trazador, Managua, Nicaragua, 26 p.
- Barreto, H; Raab, R; Tasistro, A, 1988, Labranza de conservación en maíz, México DC, p. 5.
- Baver, L.D, 1987, Física de Suelos, UTHA, México, 529p.
- Bertoni J., Lombardi Neto, F., 1972, Conclusión general de investigación sobre conservación de suelos, Campinas (Brazil), IAC. 32p.
- Bustos P, Membreño J, Espinoza C, 1997, (Tesis Ing. Agrónomo) Evaluación de Diferentes Formas de Preparación de Suelos y Siembra en Labranza Conservacionista con Tracción Animal en el Cultivo del Frijol (Phaseolus vulgaris L), 57 p.
- Buckman y Brady, 1985, Naturaleza y propiedades de los suelos, Editorial Hispano América S.A. de C.V., México DC (Reimpresión), P. 42-70.
- Bustamante. W. O. 1984, (Tesis Ing. Agrónomo), Consideraciones sobre la infiltración del agua en el suelo, Chapingo-México,
- Cairo, P, 1980, Suelos, Editorial Pueblo y Educación, La Habana (Cuba), P. 169-173.

- Cairo, P., 1995, *La Fertilidad Física del Suelos y la Agricultura Orgánica en el Trópico*. Curso de Post Grado Universidad Nacional Agraria. Managua—Nicaragua, 225 p.
- Cuadra M., 1991, tesis Ing. Agr. Efecto de diferentes dosis de fertilizantes sobre los rendimientos del maíz. Managua (Nicaragua), 35p.
- Espinosa S,H., 1995, Seminario Taller de tracción animal (FOMENTA), Managua (Nicaragua), p. 5-20
- FAO, 1992, *Manual de Sistemas de Labranza para América Latina, Argentina*, P. 5, 23, y 109.
- Fuentes, Y, L, 1989, *El Suelo y los Fertilizantes*, IV Ed., Ediciones Mundi-Prensa, Madrid (España), p. 33.
- Forsythe, W., 1980, *Física de suelos: Manual de laboratorios San José (Costa Rica)* 212p.
- Gavande, S, A, 1987, *Física de Suelos: Principios y Aplicaciones*, LIMUSA, México DC, P. 257-261.
- Gisper, C., 1983, *Física de suelos: Propiedades físicas del suelo*, LIMUSA, México DC, p.10-18.
- Gurovich, L.A., 1985, *Fundamentos y diseño de sistemas de riego*, San José (Costa Rica), 433p.
- Hilel, T., 1980 *Applications of soils physics*, London (Inglaterra), 385p.
- INTA, 1994, *Curso Sobre Efecto de la Labranza Sobre las Propiedades Físicas del Suelo*, Castelar, Buenos Aires, Argentina.
- INTA, 1995, *Cultivo del Maíz: Guía Tecnológica*, Managua-Nicaragua, P. 1.
- Kramer, P. J. 1974, *Relaciones Hídricas de Suelos y Plantas*, México DF, P. 51-114.

- Lal, R.; Greenland, D.J 1979, Soil physical properties and crop production in the tropics New York (EAU), 551p.
- Morales, J. P. 1987, Suelos y Agroquímica. Pueblo y Educación, La Habana—Cuba, P. 48-77.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería, 1991, Aumento de la producción a través del uso de fertilizantes y otros insumos, Managua (Nicaragua), 20 p.
- Organización Internacional de energía atómica, 1990, Empleo de Técnicas Nucleares en los Estudios de la Relación Suelo Planta, Curso de Capacitación N° 2, Viena, p. 280-284.
- Pedroza, H, 1993, Fundamentos de Experimentación Agrícola, CECO/TROPIC. Managua, Nicaragua.
- Pla Sentís, I., 1994, Labranza y propiedades Físicas de los suelos. Curso Sobre los Efectos de Labranza en las Propiedades Físicas en los Suelos, Buenos Aires (Argentina), 76 p.
- PROMECH, Manual Para el uso del Arado Combinado, Honduras, 4 p.
- Proyecto de mecanización agrícola PROMECH, Metodología de Cálculo de Costos de Operación de la Maquinaria Agrícola, Honduras, 32 p.
- Ramirez E.; Quintzana A., 1995 Manual de fertilización para suelos de nicaragua, 30p.
- Razuri, R. L., 1980, Reconocimiento del problema de Drenaje, CIDIAT, Mérida (Venezuela), P. 47-49.
- Rava, C., 1991, Producción artesanal de semilla mejorada de frijol en la región I, Congreso Nacional de granos Básicos, Managua (Nicaragua), 120p.
- Sanchez, M. 1970, Maquinaria y equipo de labranza y preparación de suelos: Técnicas para la producción de maíz, p. 108-139.

Tapia, H. B; García, J. A., 1983, Técnicas para la producción de Maíz, Managua-Nicaragua, P. 15-16, y 108-115.

Tapia B, H; Camacho H, A, 1988, Manejo Integrado de la Producción de frijol basada en labranza cero, Mangua (Nicaragua), 182p.

Thompson, Louis M., 1962, El Suelo y su Fertilidad, Editorial REVERTE, SA, Barcelona.

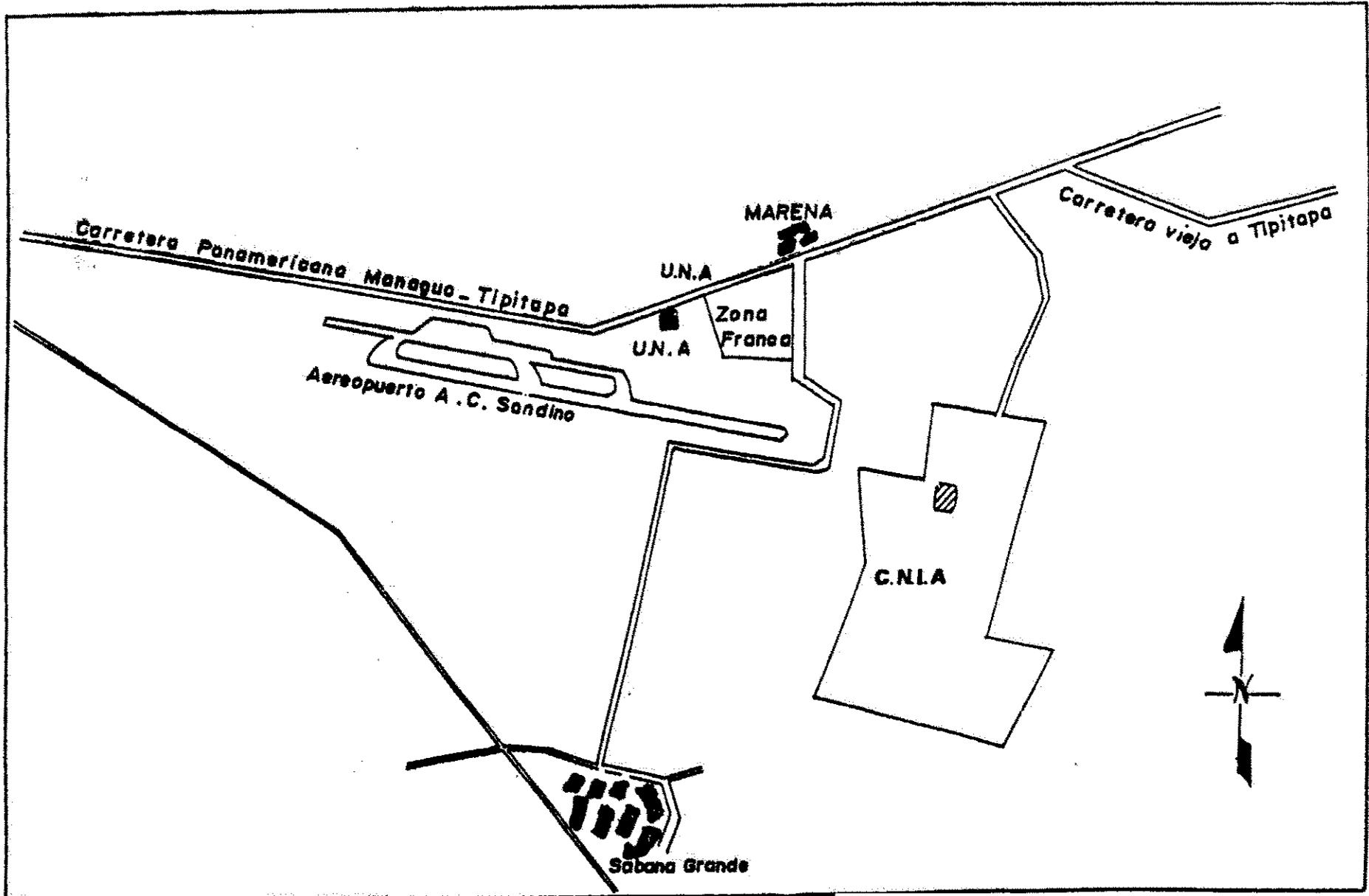
Valente, J. F; y Rodríguez, C., 1994, Programa de Fertilización en Nicaragua (Congreso de Granos Básicos), Managua-Nicaragua, 10 p.

Valdivia Ruiz, M., 1988, tesis Ing. Agr. Efecto de tres sistemas de labranza y métodos de control de maleza sobre cenosis, plagas, y enfermedades en cultivo del maíz (zea mays L.) , Managua (Nicaragua), 61p.

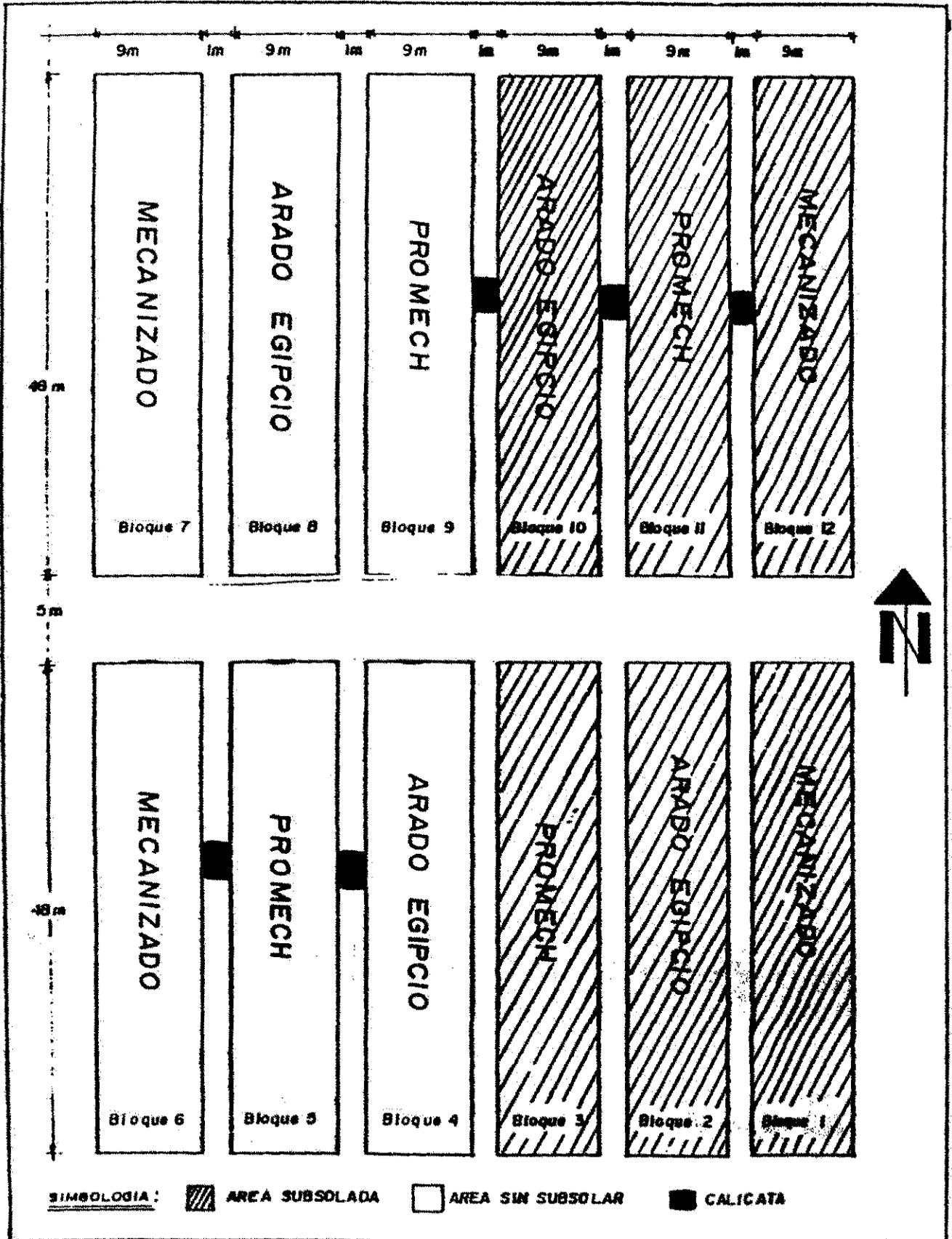
Valdivia, G., 1988, Dinámica poblacional de plagas de maíz en III región de Nicaragua, V.1(1) p. 14-15.

Vega Correa, J., 1990, tesis Ing. Agr., Efecto de la labranza sobre las plagas, la efectividad de herbicidas preemergentes y fertilización de nitrógeno en el system maíz y frijol en relevo, Tegucigalpa (Honduras), 79p.

IX. ANEXOS



ESQUEMA DEL AREA DE ESTUDIO



DISEÑO EXPERIMENTAL DEL AREA DE ESTUDIO

Cuadro N° 1. Determinación de la densidad aparente (gr/cm³), en seis perfiles de suelo en el área de estudio de compactación bajo tres sistemas de preparación de suelos en el cultivo de maíz (*Zea mays L.*), CENIA - INTA, (1996).

Prof. Cm.	Area subsoleada (gr/cm ³)			Area no subsoleada (gr/cm ³)		
	Mecanizado	Promech	Egipcio	Egipcio	Promech	Mecanizado
0-10	1.0	0.96	1.27	1.03	1.18	1.22
10-20	1.0	1.18	1.17	1.18	1.16	1.32
20-30	1.0	1.07	1.28	1.22	1.29	1.23
30-40	0.9	0.95	1.45	1.22	1.33	1.32
40-50	0.9	1.09	1.31	1.30	1.41	1.44
>50	0.9	1.11	0.9	1.23	1.61	1.56

Cuadro N° 2. Determinación de la densidad real en seis perfiles de suelo en el área de estudio de compactación bajo tres sistemas de siembra en el cultivo de maíz (*Zeamays*) CENIA - INTA. 1996.

Prof. Cm.	Area subsoleada (gr/cm ³)			Area no subsoleada (gr/cm ³)		
	Mecanizado	Promech	Egipcio	Egipcio	Promech	Mecanizado
0-10	2.72	2.72	2.74	2.76	2.71	2.58
10-20	2.72	2.72	2.74	2.76	2.71	2.58
20-30	2.72	2.72	2.74	2.76	2.71	2.58
30-40	2.72	2.72	2.74	2.76	2.71	2.58
40-50	2.72	2.72	2.74	2.76	2.71	2.58
>50	2.72	2.72	2.74	2.76	2.71	2.58

Cuadro N° 3. Determinación de la porosidad total % en seis perfiles de suelo a diferentes profundidades en el área de estudio de compactación, bajo tres sistemas de siembra en el cultivo de maíz (*Zea mays L.*). CENIA - INTA. 1996.

Prof. Cm.	Area subsoleada (%)			Area no subsoleada (%)		
	Mecanizado	Promech	Egipcio	Egipcio	Promech	Mecanizado
0-10	63.0	66.0	53.0	62.6	56.0	52.0
10-20	63.0	64.0	57.0	57.2	57.0	48.0
20-30	61.0	64.0	53.0	55.7	52.0	52.0
30-40	67.0	59.0	52.0	55.7	50.0	48.0
40-50	67.0	59.0	47.0	55.8	52.0	44.0
<50	67.0		67.0	55.4	40	38.0

Cuadro N° 4.

suelo a diferentes profundidades en el área de estudio, bajo tres sistemas de compactación de suelo en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). CENIA-INTA.1996.

Prof. Cm.	Area subsoleada (Kpa)			Area no subsoleada (Kpa)		
	Mecanizado	Promech	Egipcio	Mecanizado	Promech	Egipcio
0-10	2.46	2.58	2.92	4.66	4.50	3.84
10-20	2.40	2.48	2.58	4.41	4.33	3.84
20-30	2.41	2.99	2.60	4.22	4.27	3.62
30-40	2.96	3.12	2.92	4.87	4.16	4.31
40-50	2.40	2.50	2.50	4.40	4.40	4.40
<50	2.36	2.50	2.50	4.87	4.40	4.31

Cuadro N° 5. Determinación de la infiltración básica a través de 18 pruebas de infiltración, realizado en el área de estudio de compactación bajo tres sistemas de siembra en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). CENIA- INTA. 1996.

Area subsoleada (cm/hr)			Area no subsoleada (cm/hr)		
Mecanizado	Promech	Egipcio	Mecanizado	Promech	Egipcio
14.31	27.31	21.62	15.45	17.33	14

Cuadro N° 6. Evaluación estadística del rendimiento del cultivo del maíz en el área de estudio Subsoleado y no Subsoleado (Gras Parcelas).

Factores	Rendimiento Kh/ha	ANDEVA Pr.	α_1 y α_2
α_1 (Subsoleado)	X 2.868.7	0.2325 NS	0.0001 xxx A.S.
α_2 (No Subsoleado)	X 2.189.6	0.5463 NS	

Cuadro N°8. Evaluación del rendimiento del cultivo del maíz en el área de estudio de compactación bajo tres sistemas de preparación de suelo. CENIA-INTA.1996.

Repetición	Area subsoleada (Kg/ha)			Area no subsoleada (Kg/ha)		
	Mecanizado	Promech	Egipcio	Mecanizado	Promech	Egipcio
1	2642	3061	2671.5	2135.2	2219.17	2132
2	2951	3012	2821	2431	2431	2223
Promedio	2796.5	3063.15	2746.5	2179	2325	2065

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA
ANALISIS QUIMICO DE SUELOS**

CNIA

FINCA : _____

MANAGUA

DEPTO.: _____

NOMBRE : GERARDO MURILLO

FECHA : 18 DE MAYO DE 1998

No.	IDENTIFICACION	PROF (cm)	pH		%		PPM	meq /100g suelo					PPM				mq/100g		mEq/CE	
			H2O	KCl	M.O	N		P	K	Ca	Mg	Na	CIC	Fe	Cu	Zn	Mn	H		AL
21	232 B4 #3 EJIP. SIN SUBSOLE					0.17	75.04	2.08						7.2	0.4	3.8	1.0			
22	233 B4 #4 EJIP. SIN SUBSOLE					0.06	65.72	1.91						7.2	1.0	4.2	1.0			
23	234 B4 #5 EJIP. SIN SUBSOLE					0.18	80.20	2.15						15.6	1.2	4.4	0.4			
24	235 B4 #6 EJIP. SIN SUBSOLE					0.05	67.08	1.62						2.4	1.4	4.6	1.0			
25	236 B5 #1 PROM. SIN SUBSOLE					0.06	77.33	2.18						2.0	0.8	4.4	1.2			
26	237 B5 #2 PROM. SIN SUBSOLE					0.11	68.47	1.97						12.2	0.6	4.2	0.6			
27	238 B5 #3 PROM. SIN SUBSOLE					0.14	58.17	2.04						4.8	0.6	4.0	1.0			
28	239 B5 #4 PROM. SIN SUBSOLE					0.11	67.67	1.35						2.0	0.4	4.4	0.6			
29	240 B5 #5 PROM. SIN SUBSOLE					0.10	71.56	1.88						8.6	0.2	3.8	0.6			
30	241 B5 #6 PROM. SIN SUBSOLE					0.05	68.75	1.44						2.0	0.2	3.0	1.4			

Clave: A = Alto M = Medio B = Bajo

Director del Laboratorio



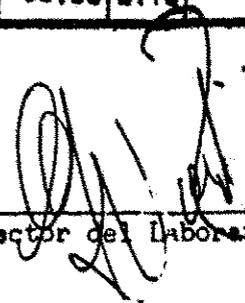
**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA
ANALISIS QUIMICO DE SUELOS**

NOMBRE : GERARDO MURILLO
FECHA : 18 DE MAYO DE 1998

CNIA
FINCA : _____
DEPTO.: MANAGUA

No.	IDENTIFICACION	PROF (cm)	pH		%		ppm	meq /100g suelo					ppm				mg/100g	
			H2O	KCl	M.O	N	P	K	Ca	Mg	Na	CIC	Fe	Cu	Zn	Mn	H	AL
31	242 B6 #1 MEC. SIN SUBSOLEO					0.11	89.27	2.20					6.6	0.6	3.4	1.4		
32	243 B6 #2 MEC. SIN SUBSOLEO					0.12	87.87	1.88					9.2	0.8	4.0	1.0		
33	244 B6 #3 MEC. SIN SUBSOLEO					0.08	73.81	2.24					9.0	1.2	3.8	0.8		
34	245 B6 #4 MEC. SIN SUBSOLEO					0.12	88.81	2.09					8.8	3.0	1.0	3.0		
35	246 B6 #5 MEC. SIN SUBSOLEO					0.01	88.33	2.75					10.0	2.7	1.0	5.7		
36	247 B6 #6 MEC. SIN SUBSOLEO					0.04	89.14	2.38					27.4	0.2	1.0	1.0		
37	248 B7 #1 MEC. SIN SUBSOLEO					0.18	63.33	2.30					23.8	0.1	2.0	5.5		
38	249 B7 #2 MEC. SIN SUBSOLEO					0.14	81.52	2.84					9.7	2.7	1.2	2.8		
39	250 B7 #3 MEC. SIN SUBSOLEO					0.12	87.81	2.19					9.0	1.1	1.5	1.9		
40	251 B7 #4 MEC. SIN SUBSOLEO					0.13	88.88	2.75					13.1	0.8	1.4	8.8		

Clave: A = Alto M = Medio B = Bajo


 Director del Laboratorio

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA
ANALISIS QUIMICO DE SUELOS**

NOMBRE : GERARDO MURILLO

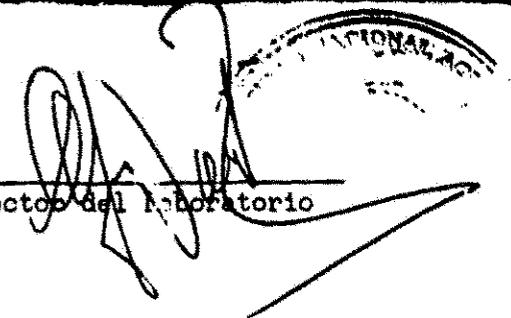
FINCA : CNIA

FECHA : 18 DE MAYO DE 1998

DEPTO.: MANAGUA

No.	IDENTIFICACION	PROF (cm)	pH		%		ppm		meq /100g suelo				ppm				mg/100g	
			H2O	KCl	M.O	N	P	K	Ca	Mg	Na	CIC	Fe	Cu	Zn	Mn	H	AL
41	252 B7 #5 MECA. SINSUBSOLEO					0.18	80.93	2.34					9.4	0.4	1.3	2.2		
42	253 B7 #6 MECA. SINSUBSOLEO					0.11	47.88	2.09					9.5	0.6	1.1	1.0		
43	254 B8 #1 EJIP. SINSUBSOLEO					0.14	87.40	2.72					14.5	2.9	1.2	2.4		
44	255 B8 #2 EJIP. SINSUBSOLEO					0.14	88.39	2.49					23.9	0.2	1.3	1.8		
45	256 B8 #3 EJIP. SINSUBSOLEO					0.04	87.93	2.82					26.2	0.6	1.0	1.2		
46	257 B8 #4 EJIP. SINSUBSOLEO					0.08	88.39	1.98					8.0	0.6	1.3	5.0		
47	258 B8 #5 EJIP. SINSUBSOLEO					0.12	88.17	2.06					7.1	1.6	1.2	4.7		
48	259 B8 #6 EJIP. SINSUBSOLEO					0.16	87.40	2.06					25.5	2.9	1.2	3.3		
49	260 B9 #1 PROMECH SIN SUB.					0.18	84.88	2.65					5.1	1.6	1.1	1.6		
50	261 B9 #2 PROMECH SIN SUB.					0.09	81.05	1.72					1.4	1.3	1.6	10.7		

Clave: A = Alto M = Medio B = Bajo


 Director del Laboratorio

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA
ANALISIS QUIMICO DE SUELOS**

CNIA

FINCA : _____

MANAGUA

DEPTO. : _____

LIBRE : GERARDO MURILLO

FECHA : 18 DE MAYO DE 1998

No.	IDENTIFICACION	PROF (cm)	pH		%		ppm		meq /100g suelo				ppm				mg/100g		ms/cm
			H2O	KCl	M.O	N	P	K	Ca	Mg	Na	CIC	Fe	Cu	Zn	Mn	H	AL	CE
51	262 B9 #3 PROMECH SIN SUB.					0.13	87.93	2.41					25.5	2.8	1.5	1.0			
52	263 B9 #4 PROMECH SIN SUB.					0.10	73.50	2.69					7.2	2.7	1.3	10.9			
53	264 B9 #5 PROMECH SIN SUB.					0.09	81.40	2.07					11.6	2.2	1.8	8.7			
54	265 B9 #6 PROMECH SIN SUB.					0.14	75.28	2.82					12.6	1.8	1.8	1.0			
55	266 B10 # 1 EJIP. SUBSOLEAD					0.08	86.23	2.11					28.7	1.4	1.2	1.0			
56	267 B10 # 2 EJIP. SUBSOLEAD					0.11	84.83	2.84					6.4	1.6	1.2	1.0			
57	268 B10 # 3 EJIP. SUBSOLEAD					0.17	72.47	2.89					6.7	1.2	1.6	2.1			
58	269 B10 # 4 EJIP. SUBSOLEAD					0.10	85.59	2.27					24.2	0.9	1.5	1.0			
59	270 B10 # 5 EJIP. SUBSOLEAD					0.13	85.84	2.61					3.6	0.9	1.3	2.8			
60	271 B10 # 6 EJIP. SUBSOLEAD					0.14	76.65	2.29					7.4	1.2	1.1	2.5			

Clave: A = Alto M = Medio B = Baje

Director del laboratorio

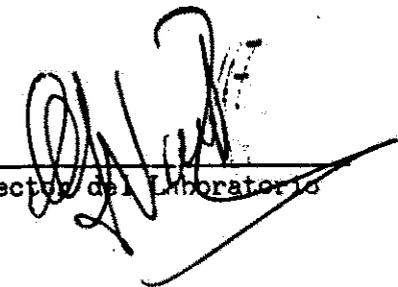
**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA
ANALISIS QUIMICO DE SUELOS**

NOMBRE : GERARDO MURILLO
FECHA : 18 DE MAYO DE 1998

CNIA
FINCA : _____
MANAGUA
DEPTO. : _____

No.	IDENTIFICACION	PROF (cm)	pH		%		ppm	meq /100g suelo					ppm				mq/100g	
			H2O	KCl	M.O	N	P	K	Ca	Mg	Na	CIC	Fe	Cu	Zn	Mn	H	AL
61	272 B11 #1 PROMECH SUBSOLEA					0.04	89.41	2.87					7.7	0.7	1.3	3.8		
62	273 B11 #2 PROMECH SUBSOLEA					0.14	83.21	2.97					10.0	0.9	1.8	5.9		
63	274 B11 #3 PROMECH SUBSOLEA					0.15	86.88	2.38					4.0	0.8	1.8	2.7		
64	275 B11 #4 PROMECH SUBSOLEA					0.10	80.79	2.89					3.1	0.4	1.4	1.8		
65	276 B11 #5 PROMECH SUBSOLEA					0.15	84.33	2.10					23.3	0.4	1.3	4.1		
66	277 B11 #6 PROMECH SUBSOLEA					0.12	86.36	2.38					3.1	0.7	1.4	2.8		
67	278 B12 #1 MECANIZ. SUBSOLE					0.11	72.63	2.76					9.7	0.2	1.2	2.5		
68	279 B12 #2 MECAN. SUBSOLEAD					0.09	84.91	2.73					10.2	0.8	1.6	4.1		
69	280 B12 #3 MECAN. SUBSOLEAD					0.13	84.27	2.32					14.8	1.8	1.5	2.7		
70	281 B12 #4 MECAN. SUBSOLEAD					0.10	73.36	3.69					21.5	0.7	1.3	1.8		

Clave: A = Alto M = Medio B = Bajo


Director del Laboratorio

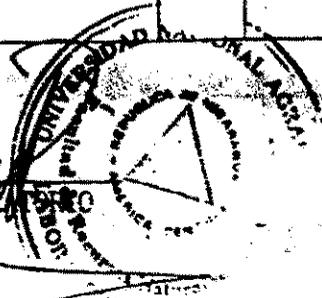
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA

NOMBRE : GERARDO MURILLO
FECHA : 26 DE MARZO DE 1998

FINCA : CNIA
DEPTO.: MANAGUA

NO.	CODIGO	IDENTIFICACION	TARA	TARA + PSH	TARA + PSS	PSH	PSS	% HUMEDAD
01	212	B1M1						1.28
02	213	B1M2						3.47
03	214	B1M3						5.12
04	215	B1M4						6.9
05	216	B1M5						12.13
06	217	B1M6						7.37
07	218	B2M1						4.47
08	219	B2M2						6.72
09	220	B2M3						5.13
10	221	B2M4						4.96
11	222	B2M5						7.85
12	223	B2M6						9.65
13	224	B3M1						12.01
14	225	B3M2						5.53
15	226	B3M3						21.82
16	227	B3M4						4.87
17	228	B3M5						6.10
18	229	B3M6						5.40
19	230	B4M1						7.56
20	231	B4M2						7.51

DIRECTOR DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA

GERARDO MURILLO

CHLA

NOMBRE : _____

FINCA : _____

26 DE MARZO DE 1998

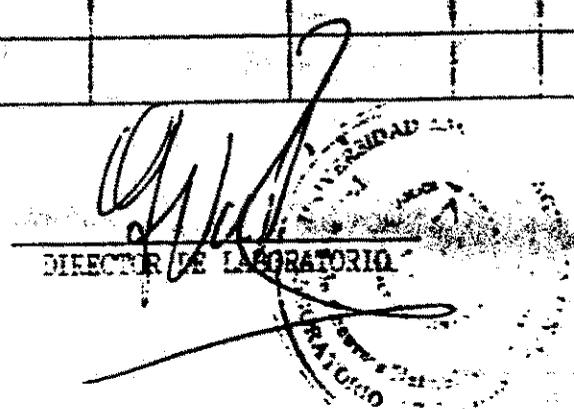
MANAGUA

FECHA : _____

DEPTO. : _____

NO.	CODIGO	IDENTIFICACION	TARA	TARA + PSH	TARA + PSS	PSH	PSS	% HUMEDAD
21	232	B4M3						6.32
22	233	B4M4						8.23
23	234	B4M5						4.86
24	235	B4M6						6.41
25	236	B5M1						4.95
26	237	B5M2						6.43
27	238	B5M3						5.95
28	239	B5M4						6.96
29	240	B5M5						5.86
30	241	B5M6						4.50
31	242	B6M1						4.05
32	243	B6M2						5.70
33	244	B6M3						7.50
34	245	B6M4						4.62
35	246	B6M5						6.04
36	247	B6M6						11.06
37	248	B7M1						19.47
38	249	B7M2						5.63
39	250	B7M3						1.79
40	251	B7M4						18.44

DIRECTOR DE LABORATORIO

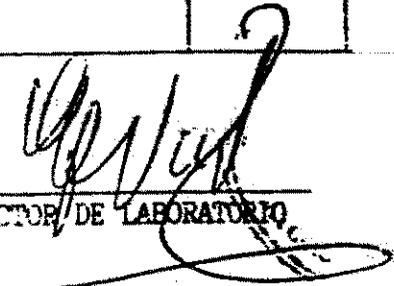


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA

NOMBRE : GERARDO MURILLO
FECHA : 26 DE MARZO DE 1998

FINCA : CNIA
DEPTO. : MANAGUA

NO.	CODIGO	IDENTIFICACION	TARA	TARA + PSH	TARA + PSS	PSH	PSS	% HUMEDAD
61	272	B11M1						2.73
62	273	B11M2						1.75
63	274	B11M3						1.72
64	275	B11M4						7.27
65	276	B11M5						1.72
66	277	B11M6						8.62
67	278	B12M1						5.00
68	279	B12M2						15.38
69	280	B12M3						3.70
70	281	B12M4						7.14
71	282	B12M5						6.45
72	283	B12M6						18.18


DIRECTOR DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA

GERARDO MURILLO

NOMBRE : _____

26 DE MARZO DE 1998

FECHA : _____

CNTA

FINCA : _____

MANAGUA

DEPTO. : _____

NO.	CODIGO	IDENTIFICACION	TARA	TARA + PSH	TARA + PSS	PSH	PSS	% HUMEDAD
41	252	B7M5						4.28
42	253	B7M6						2.42
43	254	B8M1						5.04
44	255	B8M2						4.09
45	256	B8M3						5.05
46	257	B8M4						4.17
47	258	B8M5						5.18
48	259	B8M6						4.20
49	260	B9M1						5.40
50	261	B9M2						2.37
51	262	B9M3						1.34
52	263	B9M4						3.63
53	264	B9M5						0.46
54	265	B9M6						0.50
55	266	B10M1						6.68
56	267	B10M2						15.63
57	268	B10M3						3.68
58	269	B10M4						1.79
59	270	B10M5						4.98
60	271	B10M6						9.69


DIRECTOR DEL LABORATORIO

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA

ANALISIS FISICO DE SUELO

NOMBRE: GERARDO MURILLO

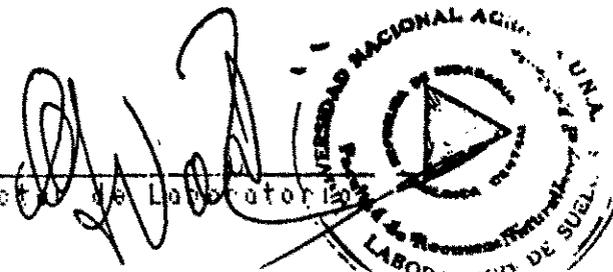
FINCA: CNIA

FECHA: 11 DE MAYO DE 1998

DPTO.: MANAGUA

No.	CODIGO	IDENTIFICACION	PROF. (cm)	DENSIDADES		RET. DE HUM		ANALISIS TEXTURA				
				D _s	% H	CC	PMP	% ARCILLA	% LIMÓ	% ARENA	CLASE DE TEXTURA	
01	529	Sin subeoleo elip	0-10		3.37	44.41						
02	530	Sin subeoleo elip	10-20		2.56	17.08						
03	531	Sin subeoleo elip	20-30		3.14	17.41						
04	532	Sin subeoleo elip	30-40		2.71	16.46						
05	533	Sin subeoleo elip	40-50		2.64	16.82						
06	534	Sin subeoleo elip	50-60		2.54	14.06						
07	535	Sin subeoleo elip	60-70		2.20	11.01						
08	536	Sin subeoleo elip	70-80		10.16	12.01						
09	537	Subeoleo pronech	0-10		4.81	23.34						
10	538	Subeoleo pronech	10-20		5.29	25.06						

Director de Laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA

ANALISIS FISICO DE SUELO

NOMBRE: GERARDO MURILLO

FINCA : CNIA

CUA : 11 DE MAYO DE 1998

DPTO. : MANAGUA

No.	CODIGO	IDENTIFICACION	PROF. (cm)	DENSIDADES		RET. DE HUM		ANALISIS TEXTURA			
				D _s	x H	CC	PMP	% ARCILLA	% LIMO	% ARENA	CLASE DE TEXTURA
11	539	Subsuelo pronech	20-30		4.11	23.08					
12	540	Subsuelo pronech	30-40		3.95	15.48					
13	541	Subsuelo pronech	40-50		2.16	14.16					
14	542	Subsuelo pronech	50-60		4.79	11.23					
15	543	Subsuelo pronech	60-70		27.73	2.38					
16	544	Subsuelo pronech	70-80		1.37	10.96					
17	545	Sin subsuelo neoo	0-10		2.69	18.17					
18	546	Sin subsuelo neoo	10-20		2.72	22.72					
19	547	Sin subsuelo neoo	20-30		3.31	17.22					
20	548	Sin subsuelo neoo	30-40		3.78	20.11					

Director de Laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA
ANALISIS FISICO DE SUELO

NOMBRE: GERARDO MURILLO
FECHA: 11 DE MAYO DE 1998

FINCA: _____ CANTON: _____
DPTO.: _____ MANAGUA

No.	CODIGO	IDENTIFICACION	PROF (cm)	DENSIDADES		RET. DE HUM		ANALISIS TEXTURA				
				D _s	% H	CC	PMP	% ARCILLA	% LIMO	% ARENA	CLASE DE TEXTURA	
21	549	Sin Subeoleo seco	40-50		2.68	20.65						
22	550	Sin Subeoleo seco	50-60		2.20	21.12						
23	551	Sin Subeoleo seco	60-70		3.01	20.26						
24	552	Sin Subeoleo seco	70-80		2.73	14.18						
25	553	Subeoleo elipico	0-10		3.27	19.11						
26	554	Subeoleo elipico	10-20		3.31	19.10						
27	555	Subeoleo elipico	20-30		3.24	18.68						
28	556	Subeoleo elipico	30-40		2.94	20.13						
29	557	Subeoleo elipico	40-50		1.92	31.0						
30	558	Subeoleo elipico	60-60		1.16	22.69						

Director de Laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA
ANALISIS FISICO DE SUELO

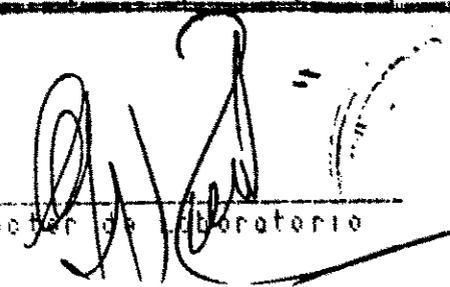
CONCRETE: GERARDO MURILLO

FINCA : UNIA

FECHA : 11 DE MAYO DE 1998

OPIC. : MANAGUA

No.	CODIGO	IDENTIFICACION	PROF. (cm)	DENSIDADES		RET. DE HUM		ANALISIS TEXTURA				
				D _s	X _H	CC	PMP	% ARCILLA	% LIMO	% ARENA	CLASE DE TEXTURA	
31	559	Subsuelo elipico	60-70		1.62	30.00						
32	560	Subsuelo elipico	70-80		5.32	19.39						
33	561	Sineubsuelo prone	0-10		2.55	29.67						
34	562	Sineubsuelo prone	10-20		2.38	25.47						
35	563	Sineubsuelo prone	20-30		2.80	28.02						
36	564	Sineubsuelo prone	30-40		1.93	29.57						
37	565	Sineubsuelo prone	40-50		2.77	14.55						
38	566	Sineubsuelo prone	50-60		3.20	19.09						
39	567	Sineubsuelo prone	60-70		2.86	12.50						


 Director de Laboratorio

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA
ANALISIS FISICO DE SUELO

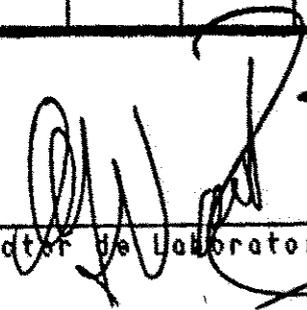
MBREI: **GERARDO MURILLO**

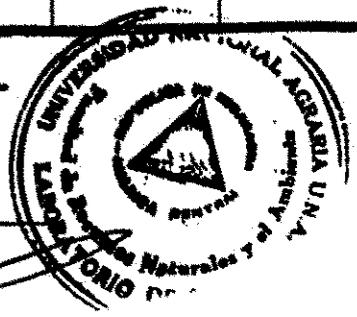
 CHA: **27 DE ABRIL DE 1998**

FINCA: **CNIA**

 DPTO.: **MANAGUA**

No.	CODIGO	IDENTIFICACION	PROF. (cm)	DENSIDADES		RET. DE HUM		ANALISIS TEXTURA			
				D _a	D _r	CC	% H	% ARCILLA	% LIMO	% ARENA	CLASE DE TEXTURA
01	587	Mec subeolado	0-10			18.75	15.18				
02	588	Mec subeolado	10-20			21.29	13.63				
03	589	Mec subeolado	20-30			22.27	14.87				
04	590	Mec subeolado	30-40			18.47	14.54				
05	591	Mec subeolado	40-50			16.07	15.78				


 Director de Laboratorio



ANALISIS FISICO DE SUELO

NOMBRE: GERARDO MURILLO

FINCA: CNIA

FECHA: 06 DE JULIO DE 1998

OPTO.: MANAGUA

No.	CODIGO	IDENTIFICACION	PROF. (cm)	DENSIDADES		RET. DE HUM		ANALISIS TEXTURA			
				D _s	D _p	CC	PMP	% ARCILLA	% LIMO	% ARENA	CLASE DE TEXTURA
01	529				2.54						
02	530				2.76						
03	531				2.69						
04	532				2.62						
05	533				2.74						
06	534				2.70						
07	537				2.73						
08	538				2.59						
09	539				2.55						
10	540				2.82						

Director de Laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA
ANALISIS FISICO DE SUELO

NOMBRE: GERARDO MURILLO
FECHA: 06 DE JULIO DE 1998

FINCA: CNIA
DPTO.: MANAGUA

No.	CODIGO	IDENTIFICACION	PROF. (cm)	DENSIDADES		RET. DE HUM		ANALISIS TEXTURA			
				D ₀	D _r	CC	PMP	% ARCILLA	% LIMO	% ARENA	CLASE DE TEXTURA
11	541				2.71						
12	542				2.68						
13	543				2.62						
14	546				2.72						
15	547				2.80						
16	548				2.56						
17	549				2.42						
18	550				2.54						
19	553				2.94						
20	554				2.62						

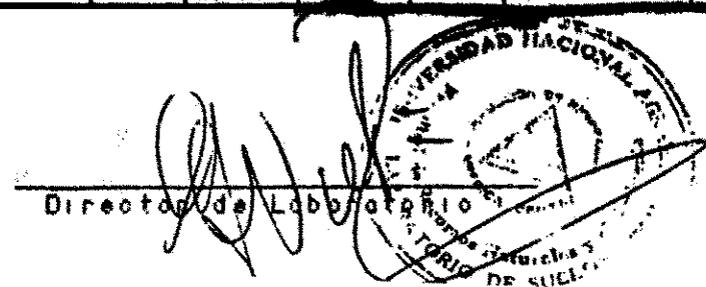

 Director de Laboratorio
 

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA
ANALISIS FISICO DE SUELO

NOMBRE: GERARDO MURILLO
FECHA: 06 DE JULIO DE 1998

FINCA: CNIA
DPTO.: MANAGUA

No.	CODIGO	IDENTIFICACION	PROF (cm)	DENSIDADES		RET. DE HUM		ANALISIS TEXTURA			
				D ₀	D _r	CC	PMP	% ARCILLA	% LIMO	% ARENA	CLASE DE TEXTURA
21	555				2.75						
22	556				2.89						
23	557				2.66						
24	558				2.45						
25	561				2.69						
26	562				2.40						
27	563				2.50						
28	564				2.54						
29	565				2.49						
30	566				2.41						



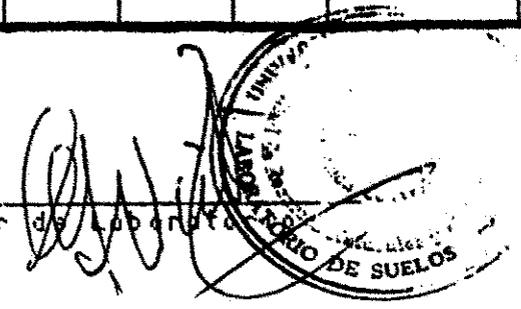
 Director del Laboratorio

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
 LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA
ANALISIS FISICO DE SUELO

NOMBRE: GERARDO MURILLO
 FECHA: 06 DE JULIO DE 1998

FINCA: CNIA
 DPTO.: MANAGUA

No.	CODIGO	IDENTIFICACION	PROF. (cm)	DENSIDADES		RET. DE HUM		ANALISIS TEXTURA			
				Do	Dr	CC	PMP	% ARCILLA	% LIMO	% ARENA	CLASE DE TEXTURA
31	587				2.59						
32	588				2.47						
33	589				2.61						
34	590				2.49						
35	591				2.22						


 Director de Laboratorio de SUELOS