



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE DESARROLLO RURAL

TRABAJO DE DIPLOMA

***"ESTUDIO DE DEGRADACION DE LAS
PROPIEDADES FISICAS DE LOS SUELOS
SOMETIDOS A TRES DIFERENTES SISTEMAS DE
MANEJO EN CULTIVO DE MAIZ (Zea mays L.) NB-12.***

AUTORES: Br. LUIS HERNANDEZ GONZALEZ

Br. ANTONIO AVILES SILVA

Br. ORLANDO GONZALEZ BALLADARES

ASESORES: ING. GERARDO MURILLO MALESPIN
ING. MSc. FCO. TELEMACO TALAVERA SILES

MANAGUA, SEPTIEMBRE DE 1998

AGRADECIMIENTO

NUESTRO MAS SINCERO AGRADECIMIENTO A LAS SIGUIENTES INSTITUCIONES: **CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (CENIA)**, QUE EN EL FORTALECIMIENTO CON **LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA** HA HECHO POSIBLE REALIZAR ESTE TRABAJO EN SU CENTRO, **AL PROGRAMA DE CIENCIA DE LAS PLANTAS (PCP)**, **AL FOMENTA AL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE ENERGIA ATOMICA N15 DE AUSTRIA**, A TODOS ELLOS GRACIAS POR SU COOPERACION.

DEDICATORIA

LUIS

Agradezco a mi madre por el apoyo que me brindo, a mi esposa Martha y mis hijos Jeniffer y Luis, quienes me brindaron apoyo y comprensión en todo momento. Le estoy muy agradecido al Ing. Víctor Calderón y al Ing. Gerardo Murillo por todo el apoyo brindado para la realización y finalización de este trabajo y agradezco a otras personas que nos brindaron apoyo.

ANTONIO:

Agradezco a Dios en primer lugar por darme esta oportunidad de coronar mi Carrera, a mis padres por brindarme todo su apoyo tanto moral como espiritual, así también a mi esposa Dorita y a mis hijos: Any, Holman, Jorge y Nancy, por su comprensión para conmigo. De igual manera quiero manifestar mi agradecimiento al Ing. Gerardo Murillo, quien tuvo toda la gentileza así como nuestros Asesores el Ing. Telémaco Talavera y el Ing. Víctor Calderón, sin menos preciar a aquellos personajes anónimos que de una u otra forma participaron en nuestro trabajo de tesis.

ORLANDO

Agradezco a todos lo que me apoyaron a materializar este trabajo.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTO

DEDICATORIA

CONTENIDO

RESUMEN

	Página
I. INTRODUCCION	1
1.1. Antecedentes y justificación	2
II. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivos generales	3
2.2. Objetivos específicos	3
III. REVISION DE LITERATURA	4
IV. MATERIALES Y METODOS	15
4.1 Ubicación del experimento	15
4.2 Condiciones edafo-climáticas del área experimental	15
4.3 Características generales del sitio de estudio.	15
4.3.1 Fecha de observación	15
4.3.2 Clasificación del suelo a nivel generalización amplia	16
4.3.3 Forma del terreno	16
4.4 Descripción del perfil del suelo del estudio de compactación	17
4.4.1 Descripción del perfil del suelo	17
4.4.2 Descripción del perfil de la serie Sabana Grande	18
4.4.3 Resumen de las características del suelo	19
4.5 La densidad aparente o densidad de volumen del suelo	20
4.6 Peso específico o densidad de la fase sólida del suelo	21
4.7 Determinación del proceso de compactación del suelo	22
4.8 Resistencia mecánica	23
4.9 Porosidad Total	24
4.10 Desarrollo radicular	25
4.11 Infiltración	26
4.12 Diagrama estructural	27
4.13 Diseño experimental	27
4.14 Variables del experimento	28

	Página	
V	RESULTADOS Y DISCUSION	29
	5.1 Densidad aparente	29
	5.2 Densidad real	31
	5.3 Porosidad total	32
	5.4 Resistencia mecánica	33
	5.5 Infiltración del agua a través del suelo	34
	5.6 Rendimiento del cultivo de maíz bajo diferentes sistemas de preparación del suelo.	35
	5.7- Diagramas estructurales	38
	5.7.1- Diagrama estructural del área subsoleada.	38
	5.7.2- Diagrama estructural del área no subsoleada.	39
	5.8 Análisis económico de los tres sistemas de labranza.	40
	5.8.1. Costos del tractor CASE 84 HP Modelo 42.3, acoplado con una sembradora-fertilizadora PAH de 4 surcos BALDAN.	41
	5.9 Reparaciones	42
	5.10 Mantenimiento	42
	5.11 Combustible	43
	5.12 Lubricantes	43
	5.13 Costos de siembra de los tres sistemas utilizados.	44
	5.13.1 Cálculo de los costos para siembra Mecanizada.	44
	5.13.2 Cálculo de los costos para sembrar con arado Egipcio	44
	5.13.3 Cálculo para siembra con Promech.	45
	5.13.4 Costos variables de los tres sistemas de siembras utilizados.	45
	5.14 Análisis económico de los tres sistemas de labranzas utilizados.	
	5.14.1- Relación de costos de los rendimientos del área subsoleada y no subsoleada.	46
VI	CONCLUSIONES	49
	6.1. Densidad Aparente	49
	6.2. Densidad Real	49
	6.3. Resistencia Mecánica	50
	6.4. Infiltración	50
	6.5. Análisis de los Rendimientos	50
	6.6. Análisis Económico	51
VII	RECOMENDACIONES	53
VIII	ANEXO	54
	INDICE DE CUADROS	
	INDICE DE FIGURAS	
IX	BIBLIOGRAFIA	63

INDICE DE CUADROS

página

Cuadro 1. Determinación de la densidad aparente (gr/cm^3) en 6 perfiles de suelos, en el área de estudio de compactación bajo tres sistemas de preparación de suelos en el cultivo de maíz (<i>Zea mays</i> L.) CENIA – INTA. 1996.	30
Cuadro 2. Determinación de la densidad real (gr/cm^3) en 6 perfiles de suelos, en el área de estudio de compactación bajo tres sistemas de preparación de suelos en el cultivo de maíz (<i>Zea mays</i> L.) CENIA – INTA. 1996.	31
Cuadro 3. Determinación de la porosidad total (gr/cm^3) en 6 perfiles de suelos, en el área de estudio de compactación bajo tres sistemas de preparación de suelos en el cultivo de maíz (<i>Zea mays</i> L.) CENIA – INTA. 1996.	32
Cuadro 4. Determinación de la resistencia mecánica (Kpc) en 6 perfiles de suelos, en el área de compactación bajo tres sistemas de compactación bajo tres sistemas de preparación de suelos en el cultivo de maíz (<i>Zea mays</i> L.) CENIA – INTA. 1996.	33
Cuadro 5. Determinación de la infiltración básica a través de 18 pruebas de infiltración realizados en el área de estudio de compactación bajo tres sistemas de suelos en el cultivo de maíz (<i>Zea mays</i> L.) CENIA – INTA. 1996.	35
Cuadro 6. Evaluación del rendimiento del cultivo del maíz (<i>Zea mays</i> L.) en el área de estudio de compactación bajo tres sistemas de preparación de suelos. En el área Subsoleada CENIA – INTA- 1996.	36
Cuadro 7. Evaluación del rendimiento del cultivo del maíz (<i>Zea mays</i> L.) en el área de estudio de compactación bajo tres sistemas de preparación de suelos. En el área no Subsoleada CENIA-INTA, 1996.	36
Cuadro 8. Evaluación del rendimiento del cultivo de maíz en el área de estudio de compactación bajo tres sistemas de preparación de suelo CENIA-INTA, 1996.	37
Cuadro 9. Diferencia de los rendimientos del cultivo de maíz (<i>Zea mays</i> L.) en el estudio de compactación en los tratamientos subsoleados y no subsoleados. CENIA – INTA. 1996.	37
Cuadro 10. Desarrollo Radicular del cultivo del maíz.	39
Cuadro 11. Fertilidad del suelo del área de estudio área Subsoleada y no Subsoleada	40
Cuadro 12. Relación de los costos y rendimientos del área Subsoleada y no Subsoleada.	47
Cuadro 13. Resultado de análisis físicos de suelos obtenido del laboratorio para la formación del Diagrama Estructural, del área subsoleada.	61

INDICE DE ANEXO

página

Anexo 1.	Esquema del área de estudio.	
Anexo 2.	Diseño experimental del área de estudio.	
Anexo 3.	Clasificación de la densidad aparente.	55
Anexo 4.	Clasificación de la densidad real.	56
Anexo 5.	Clasificación de la porosidad total.	57
Anexo 6.	Clasificación de la resistencia mecánica.	58
Anexo 7.	Clasificación de la velocidad de infiltración.	59
Anexo 8.	Clasificación de la capacidad de campo.	60

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Presentación de la densidad aparente del área subsoleada.

Fig. 2 Presentación de la densidad aparente del área no subsoleada.

Fig. 3 Representación de la densidad real del área subsoleada.

Fig. 4 Representación de la densidad real del área no subsoleada.

Fig. 5 Representación de la porosidad total del área subsoleada.

Fig. 6 Representación de la porosidad total del área no subsoleada.

Fig. 7 Representación de la resistencia mecánica en el área subsoleada.

Fig. 8 Representación de la resistencia mecánica en el área no subsoleada.

Fig. 9 Representación de los Diagramas estructurales del área no subsoleada

Fig.10 Representación de los Diagramas estructurales del área subsoleada.

RESUMEN

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 mas graves problemas de degradación. El presente estudio se realizó en el Centro Nacional de Investigación Agropecuaria (CENIA – INTA), seleccionando una area de 7,200 m². Se realizó una preparación previa de la mitad del área con un subsoleo de una profundidad de 50 cm y la otra mitad se tomó como testigo absoluto, en ambas áreas se establecieron tres tratamientos de manejo de suelos con dos repeticiones, un tratamiento mecanizado donde se roturó con arado de disco y se sembró con sembradora de precisión, un segundo tratamiento utilizando como implemento el denominado Promech, cuya función es la roturación y la siembra el cual a su vez es jalado con tracción animal y un tercer tratamiento como es el arado Egipcio jalado con tracción animal, consistiendo en el rayado y después se realizó la siembra manual.

La metodología de campo ejecutada consistió en realizar una calicata por cada tratamiento completando un total de seis en toda el área, donde en el perfil se tomaron datos de **densidad aparente, densidad real, resistencia mecánica, y porosidad total**, en profundidades de 10 hasta 50 cm, obteniendo como resultado que la labor previa del subsoleo mejora considerablemente no solo los rendimientos del cultivo sino las condiciones de aireación, infiltración, desarrollo radicular de las plantas, teniendo la facilidad de explorar en la profundidad del perfil y extraer los necesarios. En cuanto a los tratamientos en el manejo de suelo el arado Promech favorece la preservación de las características físicas del suelo y aumenta los rendimientos hasta 711 kg/ha, sin embargo el tratamiento mecanizado fue de 617.5 kg/ha y el arado egipcio fue de 681.5 kg/ha.

Evaluation of the physical soil degradation under three systems of soil preparation for maize (*Zea mays* L.)

The degradation of the soil structure, due to the intensive use of labor systems, is one of the major problems of agricultural production. A research project was carried out in the National Center of Basic Crops (CENIA-INTA) in Nicaragua. An area of 7200m² was chosen and in a pre-selection divided in two. One half had a subsoil of 50 cm, the other one was taken as an "absolute witness". In both areas three soil management systems were applied with two repetitions :

- a) Mechanized treatment. The soil is rotated with a disk-plough and the seed is distributed with a precision seeder
- b) Treatment with the so-called PROMECH. The soil is rotated and the seeding is carried out simultaneously, the machine being pulled by animals.
- c) Treatment with the Egyptian plough. This plough, pulled by animals, only rotates the soil. The seeding is carried out manually.

A bore was made for each treatment, summing up to a total of 6 in each area. In its profile data of apparent density, real density, mechanical resistance, percentage of humidity and total porosity were taken in soil layers of 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm. A description of root development was carried out, as this is an important indicator of the compacting of the internal soil levels. Superficially, a sampling of 72 squares of 100 m² was made, and their micro- and macro nutrient content, their apparent density and percentage of humidity were determined.

We found, that the previous treatment of the subsoil considerably increases not only the yield of the crop, but also the ventilation, infiltration and water storage. Furthermore, the root development is favored, facilitating the profound exploration of the profile and the extraction of the necessary nutrients.

As to the different soil management systems, the PROMECH favors the non-degradation of the physical soil characteristics and enhances the yield up to 711 kg/ha. Nevertheless, the yield under the mechanized treatment (617 kg/ha) was lower than the one under the Egyptian plough (681 kg/ha).

I. INTRODUCCION

Los suelos de Nicaragua sufren un proceso de degradación acelerado, el cual alcanza a más del 80% del área de suelos que han sido objeto de estudio, (P.c./95). Como consecuencia de la erosión, es afectando la fertilidad del suelo y en última instancia la producción de los cultivos.

La reducción de la productividad en estas áreas de alto riesgo, obliga a buscar alternativas de producción rentables y sostenidas. En la Agricultura, el suelo es uno de los soportes fundamentales en la obtención de buenas cosechas y tiene una influencia en la calidad del fruto.

Los aspectos cuantitativo y cualitativo 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, costo.

Los efectos de los problemas en la producción, causadas por el uso intensivo de los sistemas de labranza, donde la degradación de la estructura es considerada una de los más graves problemas de degradación, la aireación, infiltración, almacenamiento de agua, drenaje, la resistencia mecánica del suelo a la penetración y distribución de los tamaños 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. ANTECEDENTE Y JUSTIFICACION

En Nicaragua el uso intensivo de los sistemas de labranza en la producción agrícola tiende al deterioro de la estructura del suelo y en parte es responsable de la erosión en muchos suelos con alto potencial de producción.

La destrucción de la estructura por laboreo excesivo se manifiesta en pérdidas de porosidad, en particular los macroporos, formación de una capa dura, producto de la compactación. Esto indica menores tasa de infiltración y conductividad hídrica facilitando la escorrentía superficial del agua y la erosión hídrica.

Al mismo tiempo el suelo debajo de la capa de labranza tiende a tener mayor densidad aparente, debido a la compactación, la geometría del espacio poroso y la densidad aparente que se forman en la labranza es generalmente muy inestable y cambia considerablemente en el tiempo a pesar de las evidencias cualitativas, no existen datos que permitan referencias y facilitar recomendaciones técnicas para el laboreo de suelo.

Alegre, (1991) recomienda que todas las áreas mecanizadas con el sistema convencional se deben subsolar hasta los 40 cm. de profundidad. Recomienda que la labranza cero sólo se debe empezar cuando se tenga la seguridad que se han mejorado las propiedades físicas del suelo hasta la profundidad de 40 cm.

Otros estudios realizados por la FAO en Jalapa, muestran criterios similares a la recomendaciones de Alegre, basados en este contexto se establecerá el presente experimento a fin de generar datos que permitan fundamentar los criterios técnicos para el manejo del laboreo de suelo.

II. OBJETIVOS

2.1. Generales

- ☞ Generar alternativas técnicas sobre manejo de suelos a fin de generar alternativas adecuadas de manejo de suelos para pequeños y medianos productores en la zona, basados en la evaluación del proceso de compactación con diferentes métodos de labranza utilizando el cultivo de maíz (*Zea mays* L.), variedad NB-12.
- ☞ Determinar cualitativamente y cuantitativamente el proceso de degradación física y su impacto sobre las propiedades físicas de los suelos agrícolas dedicado al cultivo de maíz, bajo diferentes formas de preparación del suelo.

2.2. Específicos

- ☞ Determinar el efecto de los diferentes sistemas de preparación del suelo como: Maquinaria, arado egipcio y la promech sobre las propiedades físicas del suelo.
- ☞ Generar recomendaciones sobre laboreo de suelos basados en cada uno de los sistemas de labranza evaluados.
- ☞ Analizar el efecto de degeneración de los suelos agrícolas (Compactación) y su efecto sobre la capacidad de almacenamiento de agua a diferentes profundidades.
- ☞ Determinar el efecto de la degradación física sobre la asimilación de por parte del cultivo.
- ☞ Evaluar los beneficios costos de los diferentes sistemas de labranza.

III- REVISION BIBLIOGRAFICA

Las propiedades del suelo afectadas por las prácticas de labranza incluyen propiedades físicas relacionadas con la conductividad del suelo al agua, aire y calor, con la profundidad de las raíces, con la capacidad de almacenamiento del agua en el suelo, con la erodabilidad, y con la estabilidad del suelo (Pla Phd 1994)

Las propiedades del suelo, además de ser influidas por la labranza, juegan un papel primordial en determinar la intensidad, frecuencia y tipo de labranza requerida. Para ello debe tomarse en cuenta la tendencia de los suelos a erosionar, compactarse y los esperados regímenes de humedad y condiciones de drenaje, así como su pendiente, estabilidad, etc. lo cual implica la consideración conjunta de las condiciones climáticas, cultivos y duración de la estación de crecimiento (Pla Phd 1994)

Las propiedades físicas del suelo representan una gran variabilidad espacial, tanto en sentido horizontal como vertical, y están sometidos a continuos cambios, en condiciones naturales y especialmente con la intervención del hombre a través de diferentes actividades incluidas las agrícolas. Cuando estos cambios afectan desfavorablemente las condiciones del suelo para el crecimiento o producción de cultivos, u otros usos previstos, o provocan el uso de mayores insumos para mantener esa producción, o uso, hablamos de procesos de degradación física del suelo. Entre estos destacan las de erosión hídrica y eólica, que además implican una pérdida o desplazamiento de parte del suelo superficial y las de compactación, sellado y encostrados que implican cambios en las propiedades del suelo in situ, pero que generalmente influyen sobre otros procesos de degradación por erosión (Pla Phd 1994).

La fertilidad física del suelo es fundamental en el mantenimiento de un estado granular y biodinámico (bioestructura), que está estrechamente asociado a la arcilla y su tipo, a la existencia de hierro y aluminio, cationes alcalino térreos, y en lo fundamental a la presencia de la materia orgánica, los microorganismos y demás organismos vivos; donde se puede expresar la mejor aptitud del suelo para poner a disposición de las plantas los potencialmente disponible (Cairo Phd 1995).

El efecto de la compactación con implemento mecánico. Taylor y Bunnett (1994) aseguran que es la resistencia a la penetración, y no otra causa, determina el grado de crecimiento radicular. Estos trabajos, llevados a cabo en invernadero en condiciones controladas parecen indicar que el impedimento mecánico es más crítico para el desarrollo radicular que el abastecimiento de oxígeno (Gavande 1972).

La relación del terreno o labranza se refiere a las diferentes manipulaciones mecánicas de los suelos, con el fin de mantenerlo en condiciones óptimas para el desarrollo de los cultivos. Sin embargo, el efecto benéfico, o perjudicial de la labranza depende del tipo de implementos empleados y de la intensidad con que se usan, ya que en muchas reacciones el efecto beneficio de los implementos se notifica por un uso intenso, siendo de suma importancia mantener una buena relación maquinaria suelo (Gavande 1972).

La dinámica de los suelos es, prácticamente, la relación entre las fuerzas aplicadas y la acción resultante de éste. Desde un punto de vista general, en esta definición se incluyen fuerzas naturales tales como el viento, lluvia, etc.; factores que son importantes en la erosión e hidrología (Gavande 1972).

Aquí solo se consideran las reacciones causadas por fuerzas mecánicas aplicados directamente al suelo, tales como las labores de arado, barbecho, rastrojos y en general todas las tareas de labranza (Gavande 1972).

Los métodos para evaluar los efectos de la labranza son muy variados; dentro de ellos están los siguientes: Distribución del tamaño de los terrones, granulación y porosidad del suelo, uso del penetrómetro, longitud y tamaño del poro (Gavande 1972)

La compactación del suelo debe ser evitada siempre que sea posible, pero en muchos casos no puede ser eliminada completamente. Sin embargo resultados de investigación demuestran que la fertilización con potasio (K), puede reducir la pérdida del rendimiento debido a la compactación (INPOFOS 1997).

Niveles altos de potasio (K), en el suelo aumentan, el peso y reducen el diámetro de las raíces, lo cual incrementa el área efectiva para absorción de agua y ayuda a mantener el crecimiento en períodos de sequía (INPOFOS 1997).

La pérdida de rendimiento debido a la compactación de suelo es mucho menor en un suelo con alto nivel de potasio (K) que es uno con bajo nivel de potasio (K). La mayoría de los métodos que afectan el desarrollo radicular y las propiedades físicas del suelo afectan también, indirectamente, la absorción de agua y para las plantas, ya que con un desarrollo radicular limitado, causado por malas condiciones físicas, los disueltos en la solución del suelo no estarán en contacto con las raíces (Gavande 1972).

En Nicaragua en las regiones I, II y III, muchas áreas son manejadas con riego y con un uso intensivo de la mecanización que generalmente consiste en una labranza convencional con arado de disco, Romo Plow, rastra de disco y grada de disco. También se usa mucho el arado con bueyes (Alegre 1991).

En general se encontraron en las regiones antes mencionados, capas compactadas de 15 cm, para abajo causada por el resultado que producen el uso intensivo con muchos pasados de la rastra y grada de discos (Alegre 1991).

La pulverización del suelo mediante prácticas excesivas conduce a formar agregados extremadamente finos, menor de 0.5mm, perjudicial para el suministro de aire, es decir, repercute en su porosidad no capilar, aumenta los costos de preparación y altera las condiciones físicas debido a la oxidación de la materia orgánica especialmente en zonas donde las condiciones del pH del medio no son propicias para formar materiales húmicos estables (zonas recién recuperadas o adecuadas, orgánica, etc).

Se estima que la porosidad debe ser mayor del 10% del volumen total del suelo para que no se presente decrecimientos notorios de los rendimientos. Los requerimientos de aireación para el crecimiento de las plantas, varían constantemente (Suárez, Ph, D. 1994).

La preparación del suelo o labranza se refiere a las diferentes manipulaciones mecánicas de los suelos, con el fin de mantenerlos en condiciones optimas 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).

Los suelos actúan como medios en que el agua, nutrimentos y energía son transmitidos a la planta, siendo las raíces el contacto de estas con el suelo, necesario para dicha transmisión de dichos elementos a un determinado cultivo, para maximizar su producción depende que se provea a través de la selección del sistema de labranza adecuada, ambiente en el perfil del suelo que conduzcan a niveles deseables de crecimiento y proliferación radicular. Pla,(1982).

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 estas se incrementan o no, además no consideran las consecuencias hacia sus recursos. Espinoza A. (1995).

Arado: según Meier, (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.

Labranza Convencional: 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 Faulkunnr, (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.

Los intersticios o huecos que las partículas simples y compuestas dejan libres al aglomerarse para formar los agregados, se denominan poros 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 densidad aparente y la porosidad son propiedades resultantes de la textura, estructura y de la actividad biológica. Así, cuanto más gruesos son los elementos de la textura y exista mayor granulación en el suelo, habrá menor densidad aparente y mayor porosidad, influyendo la materia orgánica de la misma manera el comportamiento de las misas. Cairo, (1980).

La densidad aparente es afectada por la estructura del suelo, es decir por su grado de compactación, así como por características de expansión que dependen a su vez del grado de humedad. Gurovich, (1980).

De acuerdo a Kachinski, citado por Forsythe, (1980) se establece una relación entre la densidad aparente y el aspecto cualitativo del suelo. Foth, (1987) citado por Castro y Obando, (1994) define textura específicamente como la proporción relativa de las partículas de arena, limo y arcilla y que ésta proporción establece la textura de los suelos lo que se realiza mediante el triángulo textural.

El suelo de textura gruesa tiende a ser menos poroso que el de textura fina, aunque el tamaño promedio de los poros individuales es mayor en el primero que en segundo. Gurovich, (1985).

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).

Muchas evidencias indican que el uso intensivo de sistemas de labranza mecanizada asociados con la producción agrícola moderna tiende a la deterioración de la estructura del suelo. ASA, (1982). La deterioración de la estructura del suelo se manifiesta en pérdidas de porosidad o de continuidad de poros por compactación, en particular de macroporos y en la formación de costras superficiales y una capa dura de alta compactación en el subsuelo. Estos resultan en menores tasas de infiltración y conductividad hídrica y gaseosa, con mayores pérdidas de escurrimientos y por lo tanto mayor erosión. Sánchez, (1976; Lal y Greenland, 1979, Bolaños, 1988).

Ciertas prácticas de manejo del sistema suelo-planta, como por ejemplo: labranza y el empleo intensivo de cultivos, pueden ocasionar efectos negativos sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas. Eso es consecuencia de cambios en los flujos de temperatura, humedad y aireación; disminución de la materia orgánica y el aumento de la rotura de agregados y de la erosión del suelo. Rosseel, (1992).

Cuando un suelo virgen comienza a ser cultivado, se establecen gradualmente nuevos y más bajos niveles de materia orgánica y N₂. Muy a menudo presentan entre 30 – 60 % menos que el subsuelo virgen equivalente. Cairo, (1980).

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). Benites y Pla, (1992).

Además de los cambios en la resistencia mecánica que acompaña el aumento de la densidad aparente, la aireación del suelo se reduce. Con una mayor compactación hay mas resistencia al resistencia al movimiento del aire. Glinski y Stepniowski, (1985).

La infiltración es un proceso por el cual entra en el suelo a través de la superficie en el flujo vertical. El conocimiento de los efectos que sobre el proceso de infiltración tiene 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 zona compactadas. Hillel, (1992).

La mayoría de los factores que controlan la infiltración, también gobiernan el movimiento del agua en el suelo y distribución durante y después del proceso de infiltración. Jensen, (1983).

La pulverización del suelo mediante prácticas excesivas conduce a formar agregados extremadamente fino (menor de 0.5 mm.), perjudicial para el suministro de aire, es decir referente en su porosidad no capilar, aumenta los costos de preparación y altera las condiciones, físicos debido a la oxidación de la materia orgánica, especialmente en zonas donde las condiciones del Ph del medio no son propicias para formar materias húmicas estables (zonas recién recuperadas ó adecuados, orgánicos, etc.)

Se estima que la porosidad debe ser mayor del 10% del volumen total del suelo para que no se presenten decrecimientos notorios en los rendimientos. Los requerimientos de aireación para el crecimiento de las plantas serían constantemente.

Existen diferentes tipos de sembradoras de precisión para la tracción animal. La sembradora de precisión PROMECH, se caracteriza por la sencillez del diseño y el bajo costo de fabricación. Mediante la regulación del arado se gradúa la profundidad de la siembra, permitiendo al agricultor sembrar maíz y frijol, con el simple cambio de rotores.

La sembradora puede estar equipada con rotores adicionales para sembrar arroz, soya y sorgo, acoplada en la parte posterior del arado combinado y tirado por buéyes utilizando un tirón de madera regulado por cuñas, esta a su vez esta construida de metal, lo que garantiza su duración por muchos años, lo que dependerá del cuidado y mantenimiento.

Existen diferentes tipos de sembradoras de precisión para la tracción animal. La sembradora de precisión PROMECH, se caracteriza por la sencillez del diseño y el bajo costo de fabricación (Meir 1993)

El sistema mecanizado consiste en la tracción de un implemento agrícola por un tractor, en este caso estamos hablando de una sembradora de cuatro surcos la cual realiza las labores de siembra, y tapado de la semilla

Ventajas de la siembra Mecanizada

- Trabajos más rápidos.
- Trabaja en grandes extensiones de terrenos.
- Realiza grandes esfuerzos lo que da la posibilidad de utilizarlo en labores que lo requieran.

Desventajas

- Inversión alta.
- Costos de operación alta.
- No se fabrican en el país.
- Se requiere personal capacitado para su explotación.
- La utilización de esta técnica provoca la compactación de suelo.

Ventajas del sistema Promech

- Baja inversión.
- Manejo sencillo.
- Bajo costo de operación.
- Disponibilidad en el país.
- Trabaja en casi todo tipo de terreno.
- Ayuda a mantener la estructura del suelo.
- El buey obsoleto se puede carnear.

Desventajas

- Es mas lento que el tractor.
- Menor fuerza de tracción que el tractor.
- Propenso a ser robado por su tamaño.
- Además nos permite hacer en un pase el surco y el tapado de la semilla.
- Regula la cantidad de semilla, la distancia y la profundidad para lograr una calidad de siembra.

Sistema Arado Egipcio

El cuerpo del arado es un pedazo de madera de poco mas de 2 m de longitud que tiene en su centro un ángulo aproximado de 110 a 125 grados que forma de arriba la mancera y abajo el puente en cuyo extremo se acopla la punta.

El ángulo o codo no debe tener un nudo pues por allí se rompe cuando los animales ejercen la mayor fuerza al arar. Este ángulo es la razón de su existencia, pero también es el que ocasiona la mayor complicación pues es difícil de encontrarlo con esas características.

Por lo general de un árbol abatido salen con suerte hasta dos arados de palo ya que el resto se utiliza como leña, combustible construcciones o en la carpintería

Además con nuestra indiscriminada y desbastadora tala, este tipo de árbol son cada vez mas raros, obligando al artesano pasar muchos apuros para elaborarlos

Ventajas del arado Egipcio

- Baja inversión
- Manejo sencillo
- Bajo costo de operación
- Disponibilidad en el país
- Trabajo en casi todo tipo de terreno
- Ayuda a mantener la estructura del suelo
- El buey obsoleto se puede carnear

Desventajas

- Trabajo mas lento que la PROMECH se requieren aproximadamente ocho horas de trabajo para sembrar una manzana

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).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Ubicación del experimento

El presente trabajo de investigación está ubicado entre las coordenadas geográficas 12° 5" 12° 06" latitud Norte y 86° 09" 86° 08" longitud Oeste en el departamento de Managua Km. 13 1/2 carretera panamericana en el Centro Nacional de Investigación Agropecuaria (CNIA) cuenta con un total de 63.5 Ha de las cuales 35 han sido beneficiados por un sistema de riego por aspersión.

El presente estudio contempla un área de 7200 m² en el cual se tiene la mitad del área bajo un manejo de preparación del suelo con subsoleo a una profundidad de 50 cm. y la restante sin subsoleo. (anexo No.1)

4.2 Condiciones edafoclimáticas del área experimental

Suelos de origen volcánico, trópico seco según Kopper con precipitaciones que oscilan entre los 800 y 1000 mm. anuales siendo Agosto el mes lluvioso, temperaturas promedio anuales entre los rangos de 26 a 30°C, vientos con velocidades mayores de 30 Km./h. en los meses de Marzo y Abril .

4.3. Características generales del sitio de estudio

4.3.1. Fecha de observación:

- a) 4 de Mayo de 1996
- b) Número del perfil: perfil No 1
- c) Nombre del suelo: serie Sabana Grande (S.G.)

4.3.2. Clasificación del suelo a nivel de generalización amplia.

USDA 1971 Mollic vitrandepts

USDA 1990 Mollic vitrusdant

FAO 1971 Combisol Mollico vitrico

FAO 1990 Andosol Mollico vitrico

4.3.3. Formas del terreno

Posición fisiográfica

Planicie fluvio volcánica depresional (graven o foso tectónica) del aeropuerto Augusto César Sandino.

Topografía plana (0 -20 %)

Microtopografía: ninguna

4.3.4. Uso de la tierra

Al momento de la observación el terreno se encontraba con presencia de brotes de pasto jaragua (*Hiparrhenia rufa*) utilizando para el cultivo del maíz (*Zea mays* L.), con aplicaciones de fertilizantes, la preparación del suelo ha sido con el uso de maquinaria pesada.

4.4. Descripción del perfil del suelo del estudio de compactación

a) **Material originario**

Ceniza volcánica del cuaternario holocénico redepositada en la planicie depresional o fosa tectónica del aeropuerto César Augusto Sandino.

b) **Drenaje:**

Moderadamente rápido a rápido.

c) **Humedad del suelo de todo el perfil.**

d) **Profundidad de la capa friática no comprobada.**

e) **Presencia de piedras en el perfil o afloramiento rocoso no hay .**

f) **Evidencias de erosión. No perceptible.**

g) **Presencia de sales o álcalis.**

Por fuerte reacción al HCl (10%) se determinó la presencia de Ca CO_3 en la profundidad de 88 - 130 cm.

h) **Influencia humana**

Presencia de plantas cultivadas que han sustituidos a las plantas como también laboreo y fertilización.

4.4.1. Descripción del perfil del suelo

Perfil muy profundos originados de cenizas volcánicas del cuaternario holocénico, con un desarrollo incipiente por sus horizontes genéticas A-Bw-C-D.

Con colores en húmedos que van de negro en el horizonte superficial A a pardo grisáceos muy oscuros en el resto de horizontes (Bw, Cr- C2 y D). La textura es arena cementada con carbonato de calcio en el horizonte D, las estructuras son blocosas débil el horizonte A, masivo a blocosa por compactación en el horizonte Bwm sueltas en los horizontes, C1 y C2 y masivas por cementación el horizonte Dm la porosidad es de abundantes poros finos y poros medios en todo fértil, con pocos poros gruesos en el horizonte Bwm.

El drenaje es este perfil va de moderadamente rápido a rápido. La presencia de raíces es abundante en el horizonte A. moderadamente en el horizonte Bw poca en el horizonte D, se observa apreciable contenido de vidrio volcánico en los horizontes A, Bw, C1 y C2. Existe compactación en el horizonte Bw y cementación en el horizonte D.

4.4.2. Descripción del perfil de la Serie Sabana Grande

Ap (10 YR 2/1)m húmedo y pardo oscuro (10 YR 3/3) en seco, franco arenoso fino, bloques sub-angulares medios, finos y muy finos, débil, ligeramente suave, friable no plástico y no adherente, abundantes poros finos y pocos poros medios, abundantes raíces muy finas, limite neto y plano.

Bwm - pardo grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2) en húmedo y pardo a pardo oscuro(10 YR 4/3) en seco, franco arenoso medio, masivo o blocosa débil por compactación, ligeramente suave, friable, no plástico y no adherente, abundante poros finos y medios y pocos gruesos, sin cuates, sin superficie de presión, moderada cantidad de raíces finas y muy finas límite claro e incluido.

C1 : Pardo grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2) en húmedo y pardo amarillento oscuro (10 YR 3/4) en seco, arenoso francoso suelto, suave, muy friable, no plástico y no adherente, abundante poros finos y pocos poros medios, pocas raíces finas con 40% de cenizas volcánicas oscura cementada sílice límite claro y ondulado.

C2 : Pardo grisáceo muy oscuro, (10 YR 3/2) en húmedo y gris pardusco claro (10 YR 6/2) En seco arenoso francoso suelto, suave muy friable no plástico y no adherente, abundante poros finos y pocos medios, pocas raíces finas límite neto y uniforme.

Dm: Pardo grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2) en húmedo y gris pardusco claro (10 YR 6/2) en seco, arena cementada con carbonato de calcio (CaCO_3) y Sílice (Si) masivo, dura firme no plástico y no adherente, abundantes poros finos y moderadas cantidad de poros medios, muy pocas raíces finas, fuerte reacción al HCl 10% por presencia de CaCO_3

4.4.3. Resumen de las características del suelo

Suelo fuertemente susceptible a la erosión hídrica y eólica en el primer caso de escurrimiento superficial y subterráneo, presenta baja cohesión entre sus fracciones, bajo contenido de materia orgánica, con vientos de 30 Km /h. en los meses de remoción del suelo por laboreo y poca o ninguna cobertura vegetal (Mayo, Abril).

La retención de humedad y la humedad aprovechable es baja por la alta permeabilidad del suelo. Drenaje interno de moderadamente rápido a rápido con seis meses sin lluvia y canículas mayores de 30 días. Estas características limitan el uso de cultivos anuales.

La capacidad de uso de la tierra de secano se expresa con la subclase III pd por moderadas limitaciones de profundidad y drenaje para la producción de cultivos anuales mecanizadas.

Tierras con moderada altitud para el riego por profundidad del suelo y el drenaje, lo cual debe ser comprobado con estudio de tierra para clasificación de tierras para regadío.

4.5. La densidad aparente o densidad de volumen del suelo

Según Foth, (1987) la regla general de que los suelos de textura fina tienen más espacios porosos y menor densidad aparente que los de textura gruesa, puede ser válida cuando existen condiciones estructurales comparables como es el caso cuando se comparan muestras de capas labradas.

Para la toma de muestra de suelos, para el análisis de densidad aparente por el método del cilindro de volumen conocido, en cada parcela se hizo una calicata de 60 cm de profundidad, en una de sus caras se colocó un cilindro de volumen conocido (100 cm³), se tomaron tres muestras a la misma altura en cada 10 cm. En el laboratorio se limpiaron y se introdujeron al horno durante 24 horas a 105 °C. Centígrados de las mismas muestras de suelo se le hicieron los análisis de densidad real

Cálculo

$$Da = \frac{\text{Peso de suelo seco}}{\text{Volumen del suelo}} \times 100$$

La densidad aparente del suelo es la relación entre la masa secada al horno de las partículas de suelo y el volumen total incluyendo el espacio poroso que ocupan. Forsythe , (1980).

La determinación de la densidad aparente tiene un valor extraordinario para conocer el estado físico del suelo, refleja el comportamiento dinámico de la estructura y de la porosidad debido a que varía a la acción de agentes externos e internos

La densidad aparente constituye el peso de una unidad de volumen de suelo seco con una estructura natural. Lo natural significa que su volumen comprende tanto la parte sólida como los espacios porosos

4.5.1. Peso específico o densidad de la fase sólida del suelo

El peso específico o densidad de la fase sólida del suelo es la relación entre la masa del suelo y la masa de igual volumen de agua. El valor del peso específico depende de la naturaleza de los minerales integrantes y de la cantidad de sustancias orgánicas.

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

CALCULO

$$D_r = \frac{c-a}{(A+d)-(b+c)}$$

a= picnómetro vacío

b= picnómetro con suelo

c= picnómetro con agua

Para la mayoría de los suelos del valor medio de la densidad de su fase sólida es de 2.65g/cc, cuanto más humus contiene el suelo tanto menor es el peso específico

4.6. Determinación del proceso de compactación del suelo

En la degradación física de los suelos tropicales se incluyen principalmente, la erosión, la compactación y el laboreo intensivo y continuado. Estos procesos de degradación están vinculados unos con otros. En el suelo tropical a consecuencia de las lluvias intensas y temperaturas altas no solamente se lleva como el proceso de la erosión, sino también el de lixiviación de las partículas finas, lo cual desproteje el suelo superficial se compacta en profundidad. Cairo-Pedro, (1995).

Se entiende por compactación de suelo la alteración de sus propiedades mecánicas por medios mecánicos, el peso específico del material crece gradualmente bajo la acción natural de sobrecargas impuestas que provocan la salida de aire y agua aumenta su resistencia y disminuye la capacidad de deformación. Juárez Badillo, Rico Rodríguez, (1977).

Cuando la compactación afecta el subsuelo, el problema es más difícil de resolver que el de compactación superficial. Esta compactación suele responder con los llamados pisos de arado, formado a la profundidad de penetración de dichos implementos, los cuales además de afectar la infiltración de agua, provocan deficiencias en el drenaje interno del suelo, limitando el desarrollo radicular. (Curso sobre efectos de la labranza en las propiedades físicas de los suelos). Casteler, (1994).

4.6.1. Resistencia Mecánica

La resistencia mecánica a la penetración ha sido muy utilizada como un parámetro que describe el estado físico del suelo en forma compleja. Su uso ha sido desde estudios de compactación de suelos y efectos de labranza, hasta investigaciones relacionadas con el crecimiento de raíces las mediciones de R.M.P. son el método más rápido y preciso para detectar compactación. Como valores limitantes para el desarrollo de raíces se han reportado R.P.M. 0.8 – 5 Mpa. Castelar, (1994). Alegría, (1991) establece que los rangos bajo y alto de resistencia mecánica en Kilo Pascal corresponden a <50 y > 150 respectivamente.

Nosotros en las mismas calicatas de donde se tomaron las muestras para densidad aparente realizamos lecturas con el penetrometro de bolsillo, CL-700, realizamos 100 lecturas por cada profundidad, (0-40 cm.). En 10 cuadros a la misma profundidad con diez lecturas, en cada cuadro se obtuvieron los promedios de cada profundidad.

La matriz del suelo influye directamente a través del impedimento mecánico que ofrece al desarrollo de las raíces. Muchos estudios muestran una relación significativa entre la textura y estructura del suelo, el crecimiento y actividad de las raíces, pero la evaluación de la resistencia mecánica ejercida por el suelo se obtiene, frecuentemente por inferencia. Varios autores han estudiado recientemente el efecto de la compactación como impedimento mecánico.

Taylor y Burnett, (1964) aseguran que la resistencia a la penetración y no otra causa de invernadero en condiciones controladas parecen indicar que el impedimento mecánico es más crítico para el desarrollo radicular que el abastecimiento de oxígeno. Un estudio similar indica que las raíces jóvenes pueden penetrar una capa compactada de material, siempre que el diámetro de los poros no sea menor que el de la raíz.

La velocidad de crecimiento de las raíces puede estar limitada ya sea por la carencia de oxígeno o por una acumulación de CO_2 en los alrededores de la raíz. Estos efectos pueden corregirse por aireación artificial del suelo con aire artificial.

Las necesidades de oxígeno para la máxima velocidad de crecimiento aumentan con la temperatura del suelo, con la potencia del agua del suelo y con la cantidad de trabajo mecánico que debe hacerse para lograr el alargamiento y expansión de las raíces.

La capacidad de aire del suelo puede limitar el crecimiento de las raíces, si es lo suficientemente baja, pero parece que los factores críticos son la proporción de abastecimiento del oxígeno y extracción de CO_2 más bien que la cantidad de aire en el suelo.

Las raíces sufren cambios morfológicos y fisiológicos según la especie vegetal, como reacción a la aireación del suelo. Estos cambios permiten un grado de adaptación a cambios de aireación en las condiciones ambientales del suelo. Sampat A. Gavande, (1972). Lecturas de resistencia mecánica realizados con el penetrometro de bolsillo en unidades de Kpa/cm^2 .

4.7. Porosidad Total

Se define como estructura pobre a un arreglo de los agregados con un espacio poroso total pequeño (40% solamente) y una estructura con poros pequeños que no drenan bien de manera que únicamente una pequeña porción está ocupada por aire 5% del volumen del suelo cc.

Además, las estructuras pobres que interfieren con el crecimiento de las raíces son del tamaño de las arenas finas o limos lo que ocasiona una compactación del suelo. La porosidad está formado por la suma de los porcentajes de poros de diferentes tamaño, que actúan de la manera siguiente: los poros grandes sirven para aireación e infiltración los poros medianos para la conducción de agua y los poros pequeños para el almacenamiento de agua disponible para la planta. Sampat A. Gavande, (1,991).

Para la determinación de la porosidad total, solamente la calculamos en base a la Densidad real y Densidad aparente.

$$\text{Cálculo : \% Poros totales} = \left[1 - \frac{Da}{Dr} \right] 100$$

Es bueno mencionar que la densidad real del suelo lo obtuvimos por el método del Picnómetro. El agua almacenada en % del volumen poroso del suelo equivale a su porosidad. La porosidad total de un suelo conocer a partir de la densidad aparente (Da) y de la densidad real (Dr). Al mismo tiempo el grado de compactación del suelo se estima, a partir de los cálculos de la porosidad.

De donde Pr = Porosidad total (también se puede expresar como porcentaje)

Da = Densidad aparente del suelo

Dr = Densidad de las salidas del suelo

4.8. Desarrollo Radicular

Muchas propiedades físicas que se ven afectada desfavorablemente por los distintos métodos de preparación del suelo tienen afecto indirecto tanto en la absorción de agua y como en el desarrollo radicular.

Una de las propiedades físicas que tiene más repercusión en el desarrollo radicular es la compactación del suelo, que está asociadas con la densidad aparente. Se ha descubierto que la compactación de parcelas experimentales por excesivo laboreo, en un suelo arcillo-limoso, perjudica seriamente el desarrollo radicular y el rendimiento de maíz.

Al respecto se ha demostrado que las raíces de plantas comunes no penetran en suelos con densidad de 1.9 gr/ cm³. Kohnke, (1968) reporta que las raíces de maíz no penetraron en un suelo de textura areno arcilloso limoso compactado a una densidad 1.5 g/cc. Sampat A. Gavande, (1991).

En la misma calicata de donde se tomaron las muestrás de suelo para densidad aparente se escarbó para ampliar un poco más la calidad hasta llegar al pie de una planta de maíz y se procedió a hacer el conteo de las raíces con ayuda de un plástico transparente cuadriculado, cada cuadro de un cm². Nosotros hicimos el descubrimiento de las raíces con la ayuda de una mochila de agua, para limpiar las raíces sobre todo.

4.9. Infiltración

La infiltración es la entrada vertical (hacia abajo) del agua en el perfil del suelo. Es de gran importancia de tener conocimiento de infiltración ya que nos ayudaría a escoger los sistemas de riego adecuados para suelos y para diseñarlos. También nos permite evaluar la lluvia efectiva infiltrada y el escurrimiento causado por la misma. Musgrane y Holtan,). Así mismo el tiempo de estancamiento de agua sobre la superficie del suelo

El método puesto en práctica en el experimento fue: prueba de infiltración por inundación con sistema de anillos concéntricos. El anillo exterior sirve para facilitar el mojado del borde del suelo bajo estudio (en el anillo inferior). Esto reduce los errores que pueden surgir si un borde de suelo provoca el flujo horizontal del agua que penetra en el suelo del cilindro inferior.

La velocidad de infiltración es máxima al comienzo del ensayo pero se reduce y tiende a estabilizarse con el tiempo.

4.10. Fertilidad del Area de Estudio

Con el objetivo de determinar la fertilidad del área de estudio, se procedió a realizar un muestreo de suelo en cuadrículas de 10m^2 a una profundidad de 20cm con un barreno para un total de 63 muestras del área.

4.11. Diagrama estructural

Una forma sencilla y práctica de conocer sobre el estado físico del suelo, consiste en estudiar la relación agua-aire en la profundidad del perfil del suelo durante el periodo seco y húmedo, los resultados que se obtienen pueden ofrecer indicaciones valiosas sobre las propiedades físicas del suelo, estos diagramas se representan gráficamente. Pagel , (1972), Cairo, (1980). Ver figuras 9 y 10.

4.12. Diseño experimental

El diseño seleccionado fue parcelas divididas en bloques completos al azar (ver anexo.1) y consiste en lo siguiente: Area total: 60 m. ancho x 103 m. largo de sur a norte.

Con 12 parcelas de 48 m. de largo y 9 m. ancho cada parcela se subdividió en 10 sub-parcelas de 4.8 m. de largo cada uno y 9 m. de ancho unidas entre sí cada parcela quedó dividido por un área de 1 m. de ancho, un borde alrededor de toda el área total de 1 m. de ancho. El área total quedó dividida en dos partes por un área de 5 m. de ancho y 60 m. de largo este espacio se dejó con el objeto de abrir las calicatas, sin perjudicar los tratamientos. La mitad del área total a lo largo fue subsoleado.

Los tratamientos son seis de la siguiente forma:

Area con siembra Mecanizada convencional.

Area con siembra con arado Egipcio jalado por bueyes.

Area con sembradora Promech halado por bueyes, en cada tratamiento se hizo con una repetición y para motivos de rendimiento de biomasa se dividió en 20 partes cada tratamiento.

Se hicieron calicatas en cada tratamiento, con sus respectivas tomas de muestras de suelo para densidad aparente, densidad real, lecturas de resistencia mecánica a diferentes profundidades y observación de las longitudes del sistema radicular de las plantas de maíz. En cada parcela se hicieron, las pruebas de velocidad de infiltración.

4.13. Variables de rendimiento

Como ha quedado demostrado los cambios cualitativos y cuantitativos de las propiedades en el sentido de su mejoramiento pueden tener un efecto notable en la estimulación del desarrollo y crecimiento de las plantas, la cual se refleja en los rendimientos. Pedro Cairo, (1995).

Para medir las variables de rendimiento se dividieron las parcelas en 10 partes. Los parámetros que medimos fueron los siguientes:

1. Peso seco del grano
2. Peso del olote
3. Peso de la mazorca
4. Peso de la planta seca.

V. RESULTADOS Y DISCUSION

El uso y manejo de la tierra está limitado tanto por las características naturales de los suelos y climas, como por las condiciones socio-económicas prevaleciente. Para el manejo y desarrollo de las tierras disponibles es indispensable conocer y entender las potencialidades y limitaciones tanto a nivel de finca como a nivel regional en nuestro país.

En el presente estudio, realizado en la estación experimental del Centro Nacional de Investigación Agropecuaria (CENIA – INTA), tratamos de interpretar los efectos de los diferentes manejos de suelos que nuestros productores han venido realizando tradicionalmente y evaluar las nuevas tecnologías que se transfieran, que permitan mejorar el manejo del suelo y el aumento de los rendimientos en tierras agrícolas.

La degradación del suelo provocado por un inadecuado manejo, se manifiesta en sellamiento, compactación, deficiencia del drenaje. Por lo que en este estudio pretendemos brindar información básica de los parámetros fundamentales que caracterizan la calidad de los suelos como son: densidad aparente, densidad real, porosidad total del suelo, infiltración, resistencia mecánica y un estudio del sistema radicular en el cultivo de maíz.

5.1. Densidad aparente

Esta consiste en el peso del volumen del suelo seco en condiciones naturales. La naturaleza comprende tanto la parte sólida y el espacio poroso. Para la determinación de la densidad aparente se realizaron un total de seis calicatas de 1m^3 cada una.

Cuadro N° 1. Determinación de la densidad aparente (gr/cm^3), 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

Se encontraron densidades aparentes altas 1.45 y 1.31 gr/cm^3 en el tratamiento sistema egipcios en las profundidades de 30 a 50 cm, considerándose bajas las densidades en los tratamientos mecanizados y promech en el resto de las profundidades del tratamiento egipcio. Se observa que con los datos obtenidos de densidad aparente de los tratamientos egipcios promech mecanizados del área no subsoleada se obtuvieron diferencia entre tratamientos mecanizado, Promech y arado Egipcio, lo mismo entre el área subsoleada y no subsoleada.

En la determinación de la densidad aparente de cada uno de los tratamientos, encontramos que en el área sometida a subsoleo del suelo a una profundidad de 50 cm, se determinaron densidades aparentes menores, sin embargo se puede comprobar que la siembra con el implemento Promech, presenta menores densidades aparentes que los otros tratamientos en el área subsoleada. Según la clasificación de densidad aparente. Pedro Cairo (1995). Ver anexo N°1.

Esto es debido a que el área no subsoleada, las partículas del suelo se encuentran compactadas, reduciendo el espacio poroso hasta una profundidad de 30 cm, debido al efecto del uso continuo de la maquinaria (uso excesivo), sin embargo, en el área subsoleada el volumen de poro es mayor debido al efecto del subsoleo (descompactación).

5.2. Densidad real

Constituye la fase sólida del suelo y es la relación entre la masa del suelo y la masa de igual volumen de agua. El vapor del peso específico depende de la naturaleza de los minerales y de la cantidad de materia orgánica y al igual que la densidad aparente se expresa en g/cm^3 .

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

En los resultados obtenidos de densidad real, de los tres tratamientos mecanizados promech y egipcios ubicados en el área subsoleada, no se obtuvo ninguna variación significativa entre tratamientos. No así en los resultados de densidad real en el área no subsoleada, en que la calicata N° seis se encontró diferencia de 0.2 decimales con respecto a las calicatas cuatro y cinco.

Los suelos con una densidad real de 2.68 son suelos representativos de minerales como los silicatos y cuarzo, nivel normal de materia orgánica. Pedro Cairo, (1995). Ver anexo 2.

Según Foth, (1987) la regla general de que los suelos de textura fina tienen espacios porosos y menor densidad aparente que los suelos de textura gruesa, puede ser válida cuando existen condiciones estructurales comparables, como es el caso cuando se comparan muestras de capas labradas.

Para la toma de muestra de suelo para el método del cilindro de volumen conocido, en cada parcela se hizo una calicata de 60 cm de profundidad en una de sus caras, se puso un cilindro de volumen conocido (100 cc), se tomaron tres muestras a la misma altura en cada profundidad, en el laboratorio se limpiaron y se introdujeron al horno durante 24 horas a 105° C.

5.3. Porosidad

Este parámetro determina el volumen poroso del suelo, por ello la labranza tiene un efecto sobre la aireación y la retención de agua, dependiendo de las condiciones iniciales del suelo.

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

En el cuadro anterior de porosidad, podemos observar que en el tratamiento con sistema mecanizado, la porosidad total de 0-50 cm, tiene valores constantes, es estable. En el tratamiento con sistema Promech, la porosidad sufre una pequeña varianza ya que en los 0-10 cm, a los 50 cm. es de 1.1 %, donde hay una baja porosidad es en el tratamiento, con sistema arado egipcio, debido al efecto de límite borde (limitación con área subsoleada y no subsoleada).

Entre tratamientos no se observan diferencias significativas, pero sí al comparar el área subsoleada y no subsoleada. Los resultados a través de inferencia de los datos densidad y densidad real tanto subsoleado como no subsoleado, sometidos a diferentes sistemas de siembra, demuestran que el subsoleo favorece la aireación y almacenamiento de agua, sin embargo en el área sometida a manejo tradicional el arado Egipcio favorece la aireación debido a que el cincel en la roturación es más ancho pero a su vez disminuye la profundidad a como lo realiza el arado Promech. Cabe destacar que el subsoleo sí favorece la porosidad en el suelo aumentando la aireación, infiltración, así como la penetración y desarrollo del sistema radicular, conduciendo a una mayor exploración y absorción de de la planta. En la fig. 3., se puede apreciar el comportamiento de la porosidad de los tratamientos en el área subsoleada que es alta y mediana en area no subsoleada. Según Pedro Cairo, (1995). Ver anexo

5.4. Resistencia mecánica

Es un parámetro que determina el estado físico del suelo en forma compleja, su uso es importante en la determinación de la compactación de suelo, la labranza y sobre el crecimiento de la raíces de las plantas.

Cuadro N° 4. Determinación de la resistencia mecánica (kPa) en seis perfiles de 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

Como se puede apreciar, los valores obtenidos en los tratamientos mecanizados promech y egipcios del área subsoleada son similares, prácticamente no hubo diferencia entre los tres tipos de siembra. Lo mismo ocurre entre los tratamientos del área no subsoleada, donde no hubo diferencia marcada entre ellas, sin embargo entre los valores de las parcelas subsoleadas y no subsoleadas sí hubo diferencia bastante marcada, principalmente a la profundidad de 30-40 cm, que es la profundidad donde se ve y queda la capa de arado o suelo endurecido por el excesivo manejo del suelo con maquinarias agrícolas por largos periodos.

Los resultados obtenidos nos demuestran que los tratamientos ubicados en el área no subsoleada, presenta una mayor resistencia a la penetración en todo el perfil del suelo. Sin embargo, es necesario resaltar que en esta condición de no subsoleo el arado Egipcio presentó valores de resistencia al igual que la densidad aparente, el efecto de esta relación, obedece a que el volumen del espacio poroso se redujo por efecto de la compactación del implemento y la maquinaria utilizada, disminuyendo el crecimiento del sistema radicular de las plantas.

5.5 Infiltración del agua a través del suelo

Es el paso del agua a través de la masa del suelo. La cantidad y la velocidad estará determinada por las características del suelo en buena medida por el espacio de los macros poros, la relación entre la tasa o la velocidad de suplencia del agua a la superficie del suelo y la velocidad o tasa de infiltración a través del mismo determina la distribución de dicha agua entre escorrentías e infiltración. Esto a su vez determina la posibilidad de pérdida de suelo por la erosión y de almacenamiento del agua en zonas radiculares.

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

Los estudios analizados de las pruebas de infiltración demuestra que la parcela sometida a subsoleo mecanizado es moderadamente lenta en su infiltración básica, presentando diferencia con los tratamientos sometidos en la misma área como son el arado Egipcio y el Promech respectivamente, que presentan una infiltración básica moderada, según demuestran todas una clasificación moderadamente lenta.

5.6. Rendimiento del cultivo de maíz bajo diferentes sistemas de preparación de suelo.

Los tratamientos son seis de la siguiente forma:

- ✓ Area con siembra Mecanizada convencional.
- ✓ Area con siembra arado Egipcio jalado por bueyes.
- ✓ Area sembrada con Promech
- ✓ Hicimos dos repeticiones una Subsoleada y otra sin Subsolear.
- ✓ Las áreas Subsoleadas y no Subsoleada fueron las grandes parcelas y los tipos de siembra fueron las subparcelas.

Los factores estudiados fueron:

- Factor a_1 : Area Subsoleada
 a_2 : Area no Subsoleada
- Factor b_1 : Siembra Mecanizado
 b_2 : Siembra Promech
 b_3 : Siembra Egipcios

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

Factores	Rendimiento Kh/ha	ANDEVA Pr.	a_1 y a_2
a_1 (Subsoleado)	X 2,868.7	0.2325 NS	0.0001 xxx A.S.
a_2 (No Subsoleado)	X 2,189.6	0.5463 NS	

Cuadro N° 7. Análisis estadístico del cultivo del maíz en el área de estudio (Sub-parcelas).

Tipo de Labranza	Area Subsoleada	Area no Subsoleada	Diferencia entre tratamiento Kg/ha.
Mecanizado	a NS	a NS	617.5
Promech	a NS	a NS	711
Egipcios	a NS	a NS	681.5

Separación de medias por Duncan al 5%.

Medias con igual letras no difieren entre si.

Pr > 0.05 No significativos

Pr < 0.05 Altamente significativos

Nuestros resultados coinciden con lo expresado por Pla (1994), Cairo (1995), Gavandi (1972), Alegre (1991), Kamen (1974), sobre el hecho de mejorar las propiedades hidrofísicas del suelo, corrigiendo la compactación que existe en el suelo, cuando se hace uso excesivo de la maquinaria agrícola.

Podemos apreciar que los resultados obtenidos entre los tratamientos no es significativos, no así cuando se observa los resultados de los factores Subsoleados y no Subsoleados que si existe una diferencia altamente significativa en los rendimientos, debido al Subsoleo que se realizo en el área de mayor rendimiento.

A través del manejo de suelo que se realizara en el área subsoleada y en base a los parámetros anteriormente evaluados, se creó la necesidad de conocer los efectos de la siembra ya sea convencional o mecanizada, como tradicionalmente se conoce, el uso de la labranza conservacionista con el implemento del arado Egipcio y el Promech y su efecto sobre los rendimientos. Para ello se evaluaron lo parámetros de rendimiento como son: peso del grano, peso del olote, peso de la tusa, y el peso de la planta. Sin embargo es de sumo interés el peso del grano.

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

Cuadro N° 9. Diferencia de los rendimientos del cultivo de maíz en el estudio de compactación en los tratamientos subsoleados y no subsoleados. CENIA – INTA. 1996.

Tipo de labranza	Area subsoleada (kg/ha)	Area no subsoleada (kg/ha)	Diferencia entre los tratamientos (Kg/ha)
Mecanizado	2796.5	2179	617.5
Promech	3063.5	2325	711
Egipcio	2746.5	2065	681.5

En el manejo de los suelos agrícolas que se han encontrados sometidos a un uso intensivo de la maquinaria con afán de buscar el aumento de los rendimientos de los cultivos, ha conllevado a un proceso de degradación de alguna de las propiedades del suelo que permiten bajar la calidad y potencialidad de las propiedades físicas e indirectamente las características químicas y biológicas del mismo, lo que provoca considerablemente la poca exploración de las raíces, menor vigor y menor productividad del cultivo en términos de los rendimientos.

Cabe destacar que el manejo agronómico del cultivo de maíz fue el que tradicionalmente el INTA recomienda, sin embargo, debemos resaltar que el manejo de suelos tiene una influencia fundamental en los rendimientos del cultivo al igual que la tecnología que se transfiere.

En los cuadros 6 y 7, se demuestra que el simple hecho de subsolar una determinada área logró superar los rendimientos en todos los sistemas de preparación de suelos comparados con el área no subsoleada.

Es necesario destacar que el arado Promech ha demostrado los mejores efectos en la conservación y mejoramiento de las condiciones del suelo y de los mismos rendimientos del cultivo de maíz.

5.7. Diagramas estructurales

5.7.1. Diagrama estructural del área subsoleada

Utilizando los resultados obtenidos de los tratamientos mecanizados promech y egipcios del área subsoleada de densidad aparente, densidad real, porosidad total y la capacidad de campo, se formaron los diagramas estructurales de los tres tratamientos hasta la profundidad de 50 cm, en donde se demuestra que el sistema Promech, es el que profundiza más y contiene mayor aireación de 0-30 cm de profundidad, quedando demostrado que el subsolar tiene su efecto sobre este sistema de labranza. Ver Fig.10

5.7.2. Diagrama estructural del área no subsoleada

Utilizando los resultados obtenidos de los tratamientos mecanizados promech y egipcios del área no subsoleada de densidad aparente, densidad real, porosidad total y la capacidad de campo, se formaron los diagramas estructurales de los tres tratamientos, hasta la profundidad de 50 cm, en donde se demuestra que el sistema Promech, es que profundiza más y contiene mayor aireación de 0-30 cm de profundidad, quedando demostrado que en ambos tratamientos subsoleado y no subsoleado es el que menos degrada las estructuras físicas del suelo. Ver Fig. 9.

Cuadro N°10. Desarrollo radicular del cultivo del Maíz (Zea Mays L.) Variedad NB12. AL Momento de la forma de la Mazorca.

Subsoleado			Sin Subsolear		
Mecanizado	Promech	Egipcio	Mecánizado	Promech	Egipcio
25cm.	26cm.	20cm.	13cm.	14cm.	13cm.

En el cuadro anterior se puede observar claramente la diferencia de valores que existe en el área subsoleada y no subsoleada, siendo mayor la longitud de las raíces en el área subsoleada, consideramos que la diferencia entre los tratamientos del área subsoleada son casi nulos. Excepto en el tratamiento con arado egipcio que el desarrollo de las raíces fue menor que en los otros dos tratamientos, posiblemente pudo haber sido un efecto de borde porque en el cuadro n°1 de la Densidad Aparente se nota un efecto similar.

5.7.2. Diagrama estructural del área no subsoleada

Utilizando los resultados obtenidos de los tratamientos mecanizados promech y egipcios del área no subsoleada de densidad aparente, densidad real, porosidad total y la capacidad de campo, se formaron los diagramas estructurales de los tres tratamientos, hasta la profundidad de 50 cm, en donde se demuestra que el sistema Promech, es que profundiza más y contiene mayor aireación de 0-30 cm de profundidad, quedando demostrado que en ambos tratamientos subsoleado y no subsoleado es el que menos degrada las estructuras físicas del suelo. Ver Fig. 9.

Cuadro N°10. Desarrollo radicular del cultivo del Maíz (Zea Mays L.) Variedad NB12. AL Momento de la forma de la Mazorca.

Subsoleado			Sin Subsolear		
Mecanizado	Promech	Egipcio	Mecánizado	Promech	Egipcio
25cm.	26cm.	20cm.	13cm.	14cm.	13cm.

En el cuadro anterior se puede observar claramente la diferencia de valores que existe en el área subsoleada y no subsoleada, siendo mayor la longitud de las raíces en el área subsoleada, consideramos que la diferencia entre los tratamientos del área subsoleada son casi nulos. Excepto en el tratamiento con arado egipcio que el desarrollo de las raíces fue menor que en los otros dos tratamientos, posiblemente pudo haber sido un efecto de borde porque en el cuadro n°1 de la Densidad Aparente se nota un efecto similar.

Cuadro N° 11. Fertilidad del suelo del Area de Estudio del Area Subsoleada y no Subsoleada.

Tratamiento	P	Fe	Cu	Mn	Zn	Ca	Mg	K	Na	PH	CE	MO
	Ppm					Meq/100cc				H ₂ O	ms/cm	%
Mecanizado P1	456	19.11	2.52	10.1	5.5	19.56	7.55	3.4	0.66	7.72	0.14	1.89
Egipcio P2.	419	23.21	2.87	9.73	6.41	19.78	7.63	3.27	1.05	7.68	0.13	2.10
Promech P3	414	19.05	2.36	7.28	5.92	20.21	7.48	3.21	1.38	7.80	0.15	2.02
Mecanizado P12.	318	16.57	2.51	9.46	4.98	17.23	7.76	2.56	1.32	7.96	0.13	1.85
Promech P11	312	17.4	2.39	9.64	5.35	19.24	8.55	3.01	1.21	7.68	0.14	1.88
Egipcio P10	3.73	19.41	2.66	8.81	4.87	15.39	8.35	2.25	1.39	7.80	0.12	1.16
Area no Subsoleada												
Tratamiento	P	Fe	Cu	Mn	Zn	Ca	Mg	K	Na	PH	CE	MO
	ppm					Mep/100cc				H ₂ O	ms/cm	%
Mecanizado P1	468	6.85	0.77	25.57	6.25	19.91	9.39	2.69	2.85	8.36	0.15	1.60
Egipcio P2.	512	9.48	1.43	17.13	5.7	19.76	10.61	2.62	2.80	8.41	0.17	1.93
Promech P3	368	6.72	1.11	19.28	5.46	17.79	8.06	2.91	1.32	8.02	0.14	1.97
Mecanizado P12.	443	6.27	1.11	21.08	5.55	17.80	9.33	3.02	1.07	8.16	0.13	2.45
Promech P11	474	7.87	0.98	17.77	5.87	16.52	7.59	4.03	1.43	8.04	0.12	1.99
Egipcio P10	594	6.41	0.68	17.16	5.22	17.89	8.9	4.09	1.57	8.26	0.12	1.54

En el cuadro anterior se puede observar claramente que no existe limitante en la nutrición del cultivo por deficiencia de ninguno de los elementos que se encuentran reflejados en el cuadro, según los requerimientos del cultivo.

5.8. Análisis económico de los tres sistemas de labranza

Para realizar el analisis economico de los tratamientos antes mencionados tomamos en cuenta solamente los costos que incluyen diferencias de manejo.

En el analisis estadisticos de los rendimientos por tratamiento no existe significancia entre diferentes tipos de manejo de siembra, pero los rendimientos del area subsoleada y no subsoleada sí existe diferencia significativa a favor del area subsoleada con una diferencia de rendimiento de:

Tratamientos	Rendimientos
Siembra Mecanizada	: 617.5 kg/ha
Siembra Promech	: 711 kg/ha
Siembra Egipcia	: 681.5 kg/ha

En cuanto a los costos de manejos de siembra, los resultados son mayor en el tratamiento donde se hizo mecanizadamente, la siembra con arado Egipcio se hizo un poco menos costosa y la mas barata resulto ser con la combinada Promech.

Entonces, si los rendimientos son significativos y los costosos son menores, podemos concluir que el uso de la combinada Promech es mejor que el uso de las otras dos sembradoras.

En cuanto al uso de un subsoelador para mejorar las propiedades fisica del suelo rompiendo la capa de arado en el suelo, podemos concluir que si despues de haber subsoleado le damos al suelo un buen manejo, tendremos un suelo con buenas propiedades fisicas y posiblemente no tendremos que volver a a usar el subsoleador y desde esta optica el subsoleador es altamente rentable.

5.8.1. Costos del tractor CASE 84 HP Modelo 42.3. Acoplado con una sembradora –fertilizadora PAH DE 4 zurcos BALDAN.

Costos fijos

Precio del tractor	= U.S \$ 35,000
Sembradora	= U.S \$ 5,700
Salario del operador	= U.S: \$ 163/año
Total	= U.S: \$ 43,755/año
Vida útil del tractor	= 10 años
La depreciacion del tractor	= Costo del tractor/vida util
Depreciacion del tractor	= 35,000/10 = 3,500 dólares/año
Depreciacion de la sembradora	= 5,700/8 = 712.5 dólares/año
Costos fijos	= 3,500 + 712.5 = 4,375/año

Costos variables del Tractor y sus implementos:

Los costos variables que dependen directamente del uso de la máquina se calculan normalmente por unidad de trabajo ya sea por hora, por hectárea trabajada etc. según el caso. Pueden distinguirse los siguientes rubros.

Reparaciones.

Mantenimiento.

Combustible.

Lubricante.

5.9. Reparaciones

Los costos de reparación comprenden los gastos por las reparaciones corrientes y las revisiones periódicas, y son bastantes difíciles de estimar de antemano y dependen del valor de la máquina, intensidad del trabajo y edad de la máquina. Lo mas adecuado es calcular el 10 % anual sobre el valor del tractor.

5.10. 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 expresada en horas de trabajo del operador por unidad trabajada con la máquina. Para calcular el costo del mantenimiento se multiplica el tiempo requerido por el costo de una hora de trabajo del operador.

Costo Mantenimiento = (tiempo requerido mantenimiento)(Costo operador/hora).

5.11. Combustible

El consumo del combustible depende del tipo y de la potencia del motor y del grado de esfuerzo de la máquina.

El consumo específico por HP-hora varía muy poco:

0.22 H/Hp/hora para motores diesel.

0.37 H/Hp/hora para motores gasolina.

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

Ejemplo : Motor diesel de 60 HP, 40% de esfuerzo consumo estimado:

$0.22 \times 60 \times 0.4 = 5.28$ lts./hora.

Costo de combustible/h =
consumo de combustible Lts/h x precio del combustible US\$/h

5.12. Lubricantes

La experiencia enseña que el consumo de lubricantes equivale aproximadamente a 0.3 % de la potencialidad del motor en HP.

Costo de lubricante/h =
 $0.003 \times$ Potencia del motor (Hp) x precio lubricante (US\$/Lt).
 $0.03 \times 84 \times 2.16 =$ US\$ 5.46 l/h x 2304 h/año = 1,257.98US\$/año

COSTOS VARIABLES DEL TRACTOR

Los costos variables = Combustible + mantenimiento + lubricante
= 3,870 + 350 + 1,257.9 = 5,477.9 US\$/año

Costos totales = costo fijo + costo variable+
= 5,472 + 4,375 = 9,852.9/año = 4.27 US\$/h

5.13. Costos de siembra de los tres sistemas utilizados

5.13.1. Cálculo de los costos para siembra mecanizada

Para calcular el costo del tractor por manzana partimos que el tractor es capaz de realizar la siembra de maíz en 0.75 h/mz.

= 4.27 dólares / hora x 0.75 hrs/mz. = 3.2 dólares /mz.

5.13.2. Calculo de los costos para sembrar con arado Egipcio

Yunta de bueyes	= US\$ 754.71
Arado Egipcio	= 18.86
Salario de c/mozo	= 0.77/dia
Vida util del buey	= 8 años
Precio de compra	= 754.71
Precio de venta	= 603.76
Depreciación de bueyes	= $754.71 - 603.76 / 8 \text{ años} = \text{US\$}18.86 / \text{años}$
Depreciacion del arado	= $18.86 / 8 \text{ años} = 2.35 \text{ US\$/año.}$
Salario de c/mozo	= $\text{US\$ } 0.77 \text{ US\$/d} \times 2 = 1.54 \text{ US\$/d} \times$ $5 \text{ h diarias} \times 4 \text{ semanas} \times 12 \text{ meses} = 396.6 \text{ US\$/año.}$
Costo total de la siembra con arado Egipcio	= $18.86 + 2.35 + 369.6$ = 390.81US\$ / año.

Para pasar el costo del arado Egipcio de dólares /año a dólares / mz se pasa primero de año a hora, o sea $390.81 / 2,304 = \text{US}\$0.169/\text{h}$. El arado Egipcio es capaz de sembrar una manzana en 8 horas ($\text{US}\$0.196/\text{h} \times 8 \text{ h} = 1.35 \text{ US}\$/\text{mz}$).

5.13.3. Cálculo para la siembra con Promech

Cuando ya calculamos el costo de la yunta de bueyes que es de 18.86 dólares y el salario de un mozo es de 0.77 \$ / día, solamente nos queda calcular el costo de la Promech.

Costo de la Proemch	= US\$ 67
Vida util de la Promech	= 8 años
Depreciacion	= $67 / 8 \text{ años} = 8.37 \text{ \$ /año}$
Precio de la Promech	= 8.37 US\$/año
Yunta de bueyes	= 18.86
Salario de un mozo	= 184.8 año
Costo fijo	= 212.03

5.13.4. Costos variables de los tres sistemas de siembra utilizados

Realmente el mantenimiento de la yunta de bueyes, el arado Egipcio y de la Promech tienen un costo casi nulo por las condiciones casi primitivas del manejo veterinario y zootecnista en las zonas rurales 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 manzanas sería igual al paso anterior.

El costo total va a ser igual a $212.03 / 2,304 = \text{US}\$0.92/\text{hr.}$,

El costo pasar sembrar una manzana de maiza es igual a $(\text{US}\$0.092/\text{año}) \times 5 = \text{US}\$0.46/\text{mz}$.

Basándonos en que la Promech tarda 5 horas para sembrar una manzana de maíz.

5.14. Análisis económico de los tres sistemas de labranza utilizados

El tractor es un equipo que no resulta económico para usarlo en áreas pequeñas porque se estaría subutilizando, llegamos a la conclusión de que el tractor podría ser útil en áreas grandes. Pero también es bueno tomar en cuenta que la compactación del suelo genera el uso de maquinarias agrícolas.

El uso del tractor en un suelo donde ya se hizo un subsoleo nos obligaría a volver a usar el subsoleador, aumentando los costos de producción. Un tractor de 84 HP CASE se tarda en sembrar una manzana de maíz con una sembradora de 4 surcos aproximadamente 0.75 horas. La siembra con sembradora y arado combinado Promech se tarda aproximadamente 5 horas y el arado Egipcio se tarda 8 horas. CENIA- INTA.

En cuanto al costo del subsoleador, este equipo no es de uso generalizado en Nicaragua ya que en ningún lugar de Managua y sus alrededores incluyendo los centros de investigación y el INTA existe este equipo. Tuvimos que alquilarlo a una empresa de construcción el cual tuvo un costo de C\$3,000/d para un total aproximado US\$ 428.57 (1998).

Si calculamos el costo del equipo por día y los rendimientos que son altamente significativos, y a la vez tomamos en cuenta que el equipo posiblemente no lo volvamos a usar dependiendo de un buen uso que hagamos del suelo después del subsoleo, consideramos que el subsoleo en áreas compactadas es necesario hacerlo para obtener buenos rendimientos.

En cuanto a los tipos de siembra el uso de *la Promech* es más económico porque solamente necesita de un solo bueyero, el implemento prácticamente no necesita mantenimiento de costo significativo y el uso de los bueyes relativamente es más barato debido a la venta del animal para carrear. La Promech por no necesitar sembrador extra, realiza el trabajo más rápido lo que hace más económico. *El arado Egipcio* posee un costo muy bajo y posiblemente pudiera ser un instrumento de trabajo de fabricación casero sobre todo si es de familia numerosa donde la mano de obra resulta barata, aunque los costos de utilización resultan mas caros cuando el área a sembrar es grande debido a la lentitud de operación y si la mano de obra resultase contratada.

Cuadro N° 12. Relación de los costos y los rendimientos del área subsoleada y no subsoleada.

Tratamientos	Costo	Rendimiento
Area no subsoleada	\$/hr - \$ / mz	US\$/mz
Siembra Mecanizada	9.65 – 7.25	2,336.76
Siembra Promech	0.092- 0.46	2,493.72
Siembra Egipcio	0.169 – 1.35	2,063.52
Tratamientos	Costo	Rendimiento
Area subsoleada	\$/hr - \$ / mz	US\$/mz
Siembra Mecanizada	9.65 – 7.23	2,999.52
Siembra Promech	0.092 – 0.46	3,257.02
Siembra Egipcio	0.169 – 1.35	2,945.16

VI. CONCLUSIONES

VI. CONCLUSIONES

6.1. Densidad Aparente (D_a)

- ❖ La densidad aparente del suelo de los tres sistemas de siembra implementados del área subsoleada (Promech/Mecanizado/Arado Egipcio), tiene comportamientos similares entre ellos, en todas las profundidades del perfil analizado.

- ❖ En el área no subsoleada la densidad aparente (D_a), tiene el mismo comportamiento hasta la profundidad de 30 cm, siendo mayor la densidad aparente a mas profundidad.

- ❖ La densidad entre los tratamientos de las áreas subsoleadas y no subsoleadas, es diferente, por efecto del subsoleo que penetró hasta los 50 cm, en donde las menores densidades aparentes se encuentran en el área subsoleada.

6.2. Densidad real (D_r)

- ❖ La densidad real no varió en ninguno de los tratamientos y bloques, debido a que no hubo adición ni sustracción del material original en ninguno de ellos.

6.3. Resistencia mecánica (R.M)

- ❖ La resistencia mecánica del suelo en los tratamientos del área subsoleada muestra una tendencia uniforme en todas las profundidades con un intervalo de 2.3 – 3.3 Kpc.

Y en el área no subsoleada también muestra una tendencia similar entre sus tratamientos, que varían de 2.8 – 4.2 KPa, aumentando la resistencia mecánica del suelo a medida que aumenta la profundidad del suelo. Existiendo una diferencia bien marcada entre los dos bloques subsoleado y no subsoleado.

6.4. Infiltración básica (I.B)

La infiltración básica no tiene diferencia significativa entre los diferentes tipos de siembra, pero si los hay entre el área subsoleada y no subsoleada. Esto se debe a que en el área subsoleada se destruyó el piso de arado a la vez descompactó todo el perfil hasta una profundidad de 50 cm. permitiendo así el paso del agua a mayor profundidad.

6.5. Rendimientos (kg/ha)

- ❖ Los rendimientos entre los diferentes tipos de siembra no demostraron diferencia significativa, pero sí encontramos mayor rendimiento en el área subsoleada, esto es debido a que el sistema radicular alcanzó un mayor volumen.

6.6. Económico

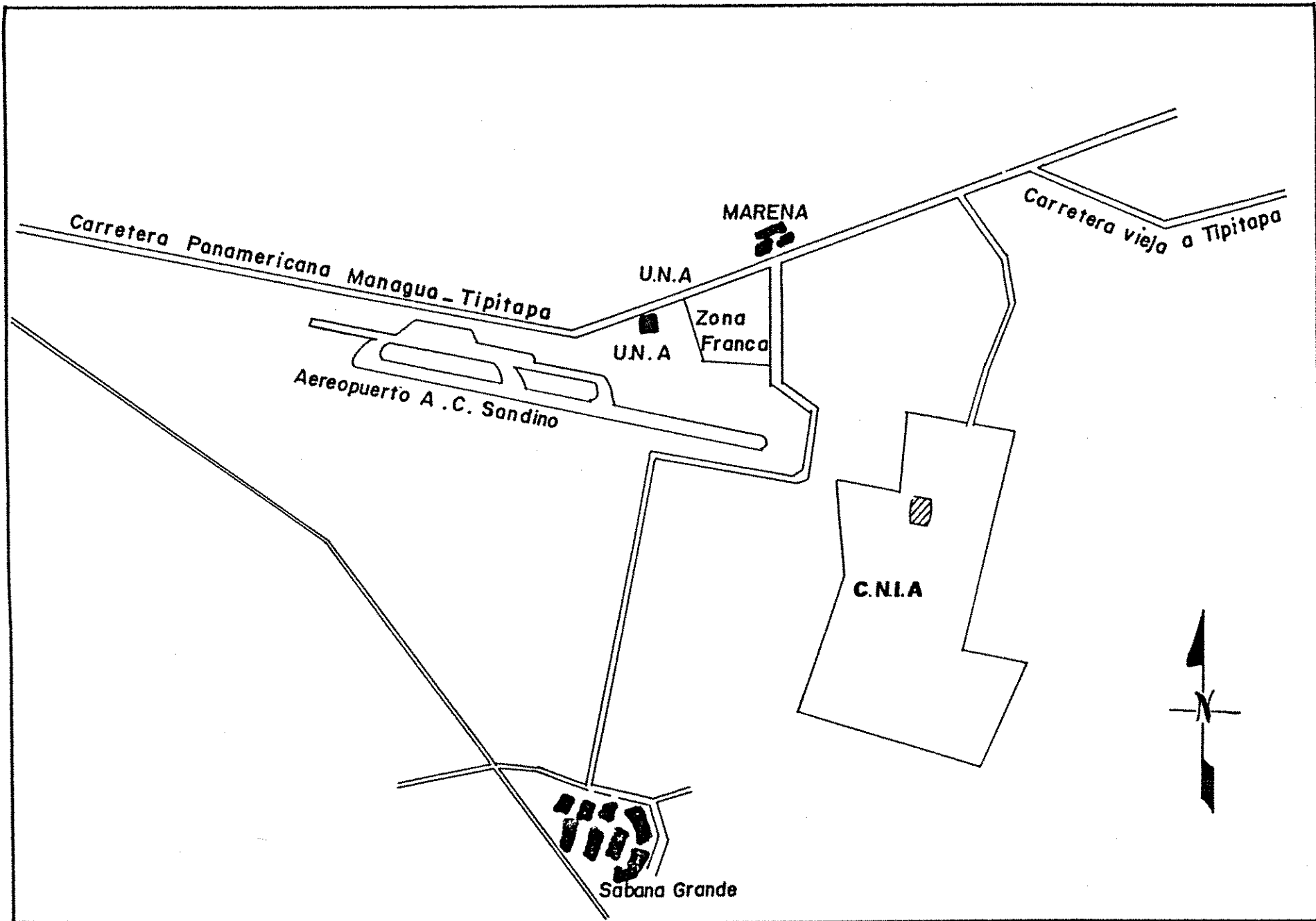
En cuanto a los costos de manejo de siembra observamos, que los resultados son mayores en el tratamiento donde la siembra se hizo con el sistema mecanizado, ya que la siembra con el sistema de Arado Egipcio, se hizo un poco menos costosa, resultando de menor costo el sistema combinado Promech. A pesar de que los rendimientos no resultaron estadísticamente significativos, se observó que hubo un mayor rendimiento en el área donde se sembró con Promech, en el orden el área donde se hizo la siembra mecanizada y por último el área donde se sembró con Arado Egipcio. Si nos ajustamos a datos estadísticos y obviamos las diferencias de rendimiento mencionadas anteriormente, aún así podemos concluir, que el uso de la combinada Promech, es la mejor forma de siembra que el uso de los otros dos sistemas.

VII. RECOMENDACIONES

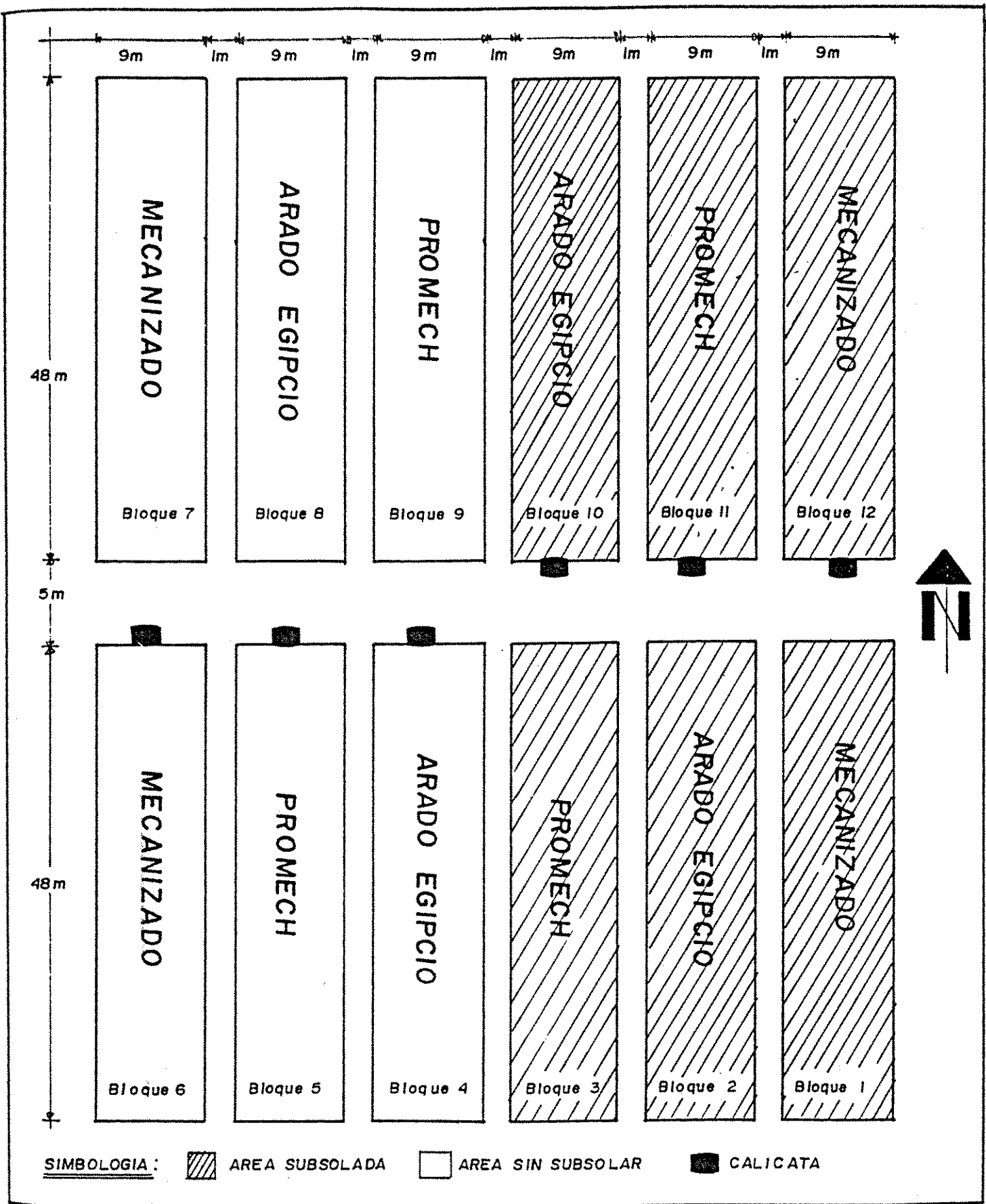
VII. RECOMENDACIONES

1. Hacer subbsoleo en áreas donde se ha trabajado intensivamente con maquinaria agrícola, cuando se verifique que existe un piso de arado.
2. Para preservar las propiedades físicas del suelo, recomendamos la utilización del arado combinado (Promech), basándonos en los resultados obtenidos en nuestro estudio.
3. Económicamente el arado combinado (Promech), resultó ser el de menor costo, porque requiere menos mano de obra y además de menor tiempo que el Arado Egipcio.

VIII. ANEXOS



ESQUEMA DEL AREA DE ESTUDIO



DISEÑO EXPERIMENTAL DEL AREA DE ESTUDIO

ANEXO 3

Clasificación de la Densidad Aparente

g/cm ³		Clasificación
-----	< 1.0	Muy baja
1.0 -	1.2	Baja
1.2 -	1.45	Mediana
1.45	- 1.60	Alta
<1.60	-----	Muy alta

P. Cairo, 1995.

ANEXO 4

Clasificación de Densidad Real

Peso específico gr/ cm ³	Clasificación
< 2.40	Bajo
2.40 - 2.60	Mediano
2.60 - 2.80	Alto
> 2.80	Muy alto

P. Cairo (1,995).

ANEXO 5

Clasificación de la Porosidad Total

%			Clasificación
<	-	40	Muy baja
40	-	45	Baja
45	-	55	Mediana
55	-	65	Alta
>	-	65	Muy alta

P. Cairo, 1995.

ANEXO 6

Clasificación de la Resistencia Mecánica

Según Kachinskii (citado por Birexki y Col. 1968), la medida de la resistencia del suelo se puede dividir en las categorías siguientes:

< 10 Kg/cm ²	=	Suelo suelto
10 - 20 Kg/cm ²	=	Suelo medianamente suelto
20 - 30 Kg/cm ²	=	Suelo medianamente denso
30 - 50 Kg/cm ²	=	Suelo denso
50 - 100 Kg/cm ²	=	Suelo muy denso
> 100 Kg/cm ²	=	Suelo extremadamente denso

ANEXO 7

Clasificación de la Velocidad de Infiltración

m.m.h ⁻¹	Clasificación
Muy lenta	< 2
Lenta	2 - 5
Moderadamente lenta	5 - 20
Moderada	20 - 65
Moderadamente rápida	65 - 125
Rápida	125 - 250
Muy rápida	> - 250

Klimesycol (1980).

ANEXO 8

Clasificación de la Capacidad de Campo

Capacidad Campo % de Volumen	Clasificación
< 20	Baja
20 - 40	Mediana
40 - 55	Alta
> 55	Muy alta

P. Cairo (1995).

Cuadro N^o.13. Resultados de análisis físicos de suelos obtenidos de laboratorio para la formación del diagrama estructural del Area subsoleada.

Prof Cm	CALICATA # 1. MECANIZADO												
	Poros (%)	Rend. (kg/ha)	Ks (mm/día)	Kl mm/día	Radio CC	Radio PMP	CC (%)	PMP (%)	Da g/cm ³	Dr g/cm ³	CC % Vol	Poros %Vol	Rest. Mec. Kpc
0-10	63	2,626	4.9294*10 ⁻¹⁸	5.7054*10 ⁻²⁹	4.242*10 ⁻⁸	9.33*10 ⁻⁸	23	18	1.0	2.72	23	40	2.46
10-20	63						23	17	1.0	2.72	23	40	2.40
20-30	61						24	17	1.06	2.72	25.84	35.16	2.41
30-40	67						27	19	0.90	2.72	24.3	42.7	2.96
40-50	67						27	18	0.90	2.72	24.3	42.7	2.40
> 50	67						27	17	0.90	2.72	24.3	42.7	2.36
	CALICATA # 2. PROMECH												
0-10	66	2,671	4.9294*10 ⁻¹⁸	5.7054*10 ⁻²⁹	4.242*10 ⁻⁸	9.33*10 ⁻⁸	24	19	0.92	2.72	22	44	2.58
10-20	64						23	17	0.97	2.72	22	42	2.48
20-30	61						25	19	1.05	2.72	26	35	2.99
30-40	59						25	17	1.09	2.72	27	33	3.12
40-50	59						24	17	1.11	2.72	27	32	2.50
> 50	59						24	17	1.11	2.72	27	32	2.50
	CALICATA # 3. ARADO EGIPCIO												
0-10	64	3,061	4.9294*10 ⁻¹⁸	5.7054*10 ⁻²⁹	4.242*10 ⁻⁸	9.33*10 ⁻⁸	23	18	0.97	2.74	22	42	2.92
10-20	63						24	17	0.99	2.72	24	40	2.58
20-30	60						22	19	1.07	2.74	23	37	2.60
30-40	60						27	18	1.10	2.74	30	30	2.92
40-50	60						26	18	1.10	2.74	28	32	2.50
> 50	59						26	19	1.11	2.74	29	31	2.50

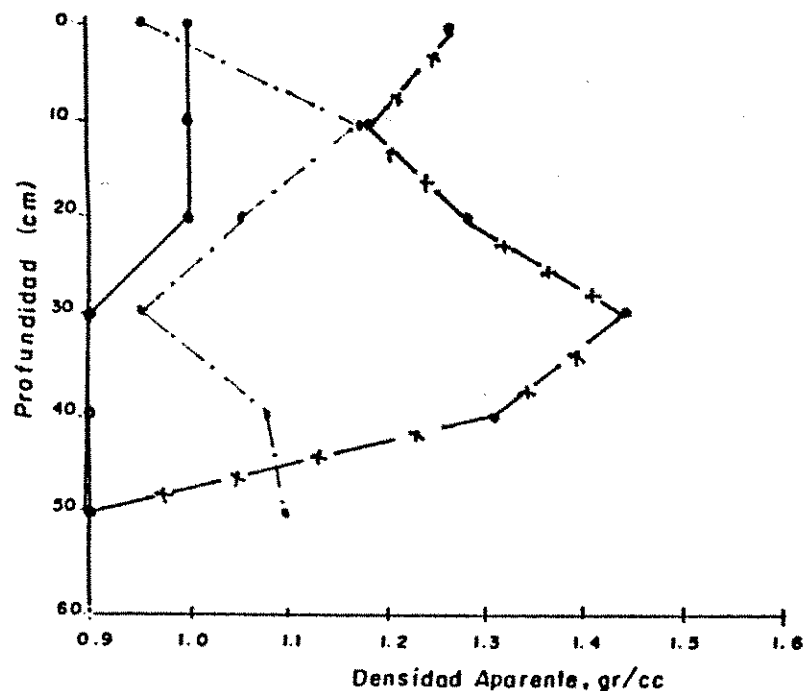
Cuadro N°14. Resultados de análisis físicos de suelos obtenidos de laboratorio para la formación del diagrama estructural del Area No subsoleada.

Prof Cm	CALICATA # 4. ARADO EGIPCIO												
	Poros (%)	Rend. (kg/ha)	Ks (mm/día)	Ki Mm/día	Radio CC	Radio PMP	CC (%)	PMP (%)	Da g/cm ³	Dr g/cm ³	CC % Vol	Poros %Vol	Rest. Mec. Kpc
0-10	62	2,132	4.9294*10 ⁻¹⁸	5.7054*10 ⁻²⁹	4.242*10 ⁻⁸	9.33*10 ⁻⁸	24	18	1.03	2.71	25	37	3.84
10-20	57						18	12	1.16	2.71	21	36	3.84
20-30	55						16	9	1.22	2.71	19	36	3.62
30-40	55						17	8	1.22	2.71	21	34	4.31
0-50	52						16	8	1.30	2.71	21	32	4.44
> 50	54						16	8	1.23	2.71	20		4.31
	CALICATA # 5. PROMECH												
0-10	56	2,219	4.9294*10 ⁻¹⁸	5.7054*10 ⁻²⁹	4.242*10 ⁻⁸	9.33*10 ⁻⁸	14	7	1.18	2.71	17	39	4.50
10-20	57						14	7	1.16	2.71	16	41	4.33
20-30	52						15	8	1.29	2.71	19	33	4.27
30-40	50						16	9	1.33	2.71	21	29	4.16
40-50	47						15	9	1.41	2.71	21	26	4.40
> 50	44						14	8	1.51	2.71	21	23	4.40
	CALICATA # 6. MECANIZADA												
0-10	57	2,135	4.9294*10 ⁻¹⁸	5.7054*10 ⁻²⁹	4.242*10 ⁻⁸	9.33*10 ⁻⁸	16	8	1.16	2.71	18	39	4.66
10-20	51						15	7	1.32	2.71	20	31	4.41
20-30	51						16	8	1.33	2.71	21	30	4.22
30-40	51						17	8	1.32	2.71	22	29	4.87
40-50	49						16	7	1.39	2.71	22	27	4.40
> 50	46						14	7	1.45	2.71	20	26	4.87

XI - BIBLIOGRAFIA

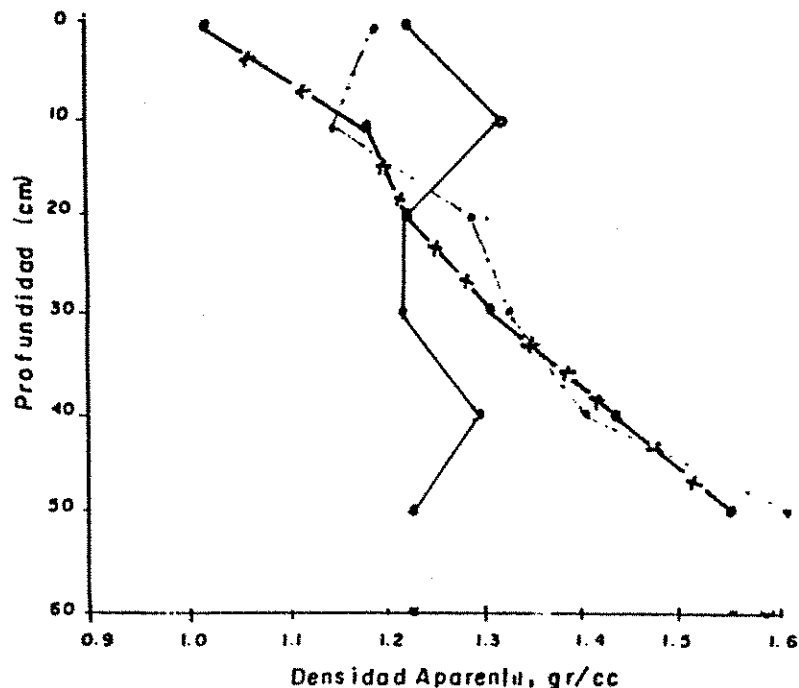
1. Idelfonso Plá Sentés. Phd. (1,994). Labranza y propiedades físicas de los suelos. Curso sobre los efectos de la labranza en las Propiedades Físicas de los Suelos. Buenos Aires, Argentina 1994.
2. Pedro Cairo. Phd. (1,995). La Fertilidad Física del Suelo y la Agricultura Orgánica en el Trópico. Curso de POST GRADO. Universidad Nacional Agraria. 1,995.
3. Sampat A. Gavande (1,972). Física de Suelo Principios y Aplicaciones. Editorial Limiusa. 1,972.
4. IMPOFOS. (1,997). Instituto del Fósforo y la Potasa. Informaciones Agronómicas Volumen 2, Mayo 1997.
5. Julio César Alegre (1,991). Informe sobre la consultoría en manejo de Suelo en las regiones I, II y IV de Nicaragua. Proyecto FAO GCPF Nic. 015 Nor. Documento de campo No. 6.
6. Arturo Suárez. Phd (1,994). Fundación Hondureña de Investigación Agrícola FHIA. 1,994. Manual para el curso de Muestreo de Suelo y propiedades Físicas.
7. Hams Mein. (1,993). Experiencias de Mecanización Agrícola en América Latina. ha sembradora PROMECH.
8. Razuri R.L., 1980, Reconocimiento del problema del drenaje, CIDIAT. S.f. Mérida (Venezuela), P. 47-44
9. Buckman Brady, 1985, naturaleza y propiedades de los suelos, editorial Hispanoamérica, de C.V. México, D.C. (reinpresión). Pág, 42-70

10. Bustamante O, W, 1984, (Tesis Ingeniero Agrónomo) consideramos la Infiltración del Agua en el Suelo, Universidad Autónoma de Chapingo, México, D.C.
11. Kramer, P.J, 1974, Relaciones Hídricas de Suelos y Plantas, Edntx, México, D.F. p. 51-114.
12. Tapia, H. B; García, J. A., 1983, Técnicas para la producción de Maíz, Managua – Nicaragua. p.15-16, 115-141.
13. INTA, 1995, Cultivo de Maíz: Guía Técnica, Managua, Nicaragua, p. 1
14. FAO, 1992 Manual de Systems de Labranza para América Latina, Argentina, p.5, 23, 109.
15. Barreto H. Raab R; Tasisto, A; Violi A. 1982, Labranza de Conservación en Maíz, el Batán, (México, D.F, p.5)
16. Fuente Y, L., 1989 El Suelo y los Fertilizantes IV Edición, ediciones mundiprensa, Madrid, España, p.33
17. Pedroza Henry 1993, Fundamentos de Experimentación Agrícola, CECO/TROPIC. Managua, Nicaragua.
18. INTA, 1994 Curso sobre efectos de la labranza en las propiedades físicas de los suelos. Castelar, Buenos Aires, Argentina.



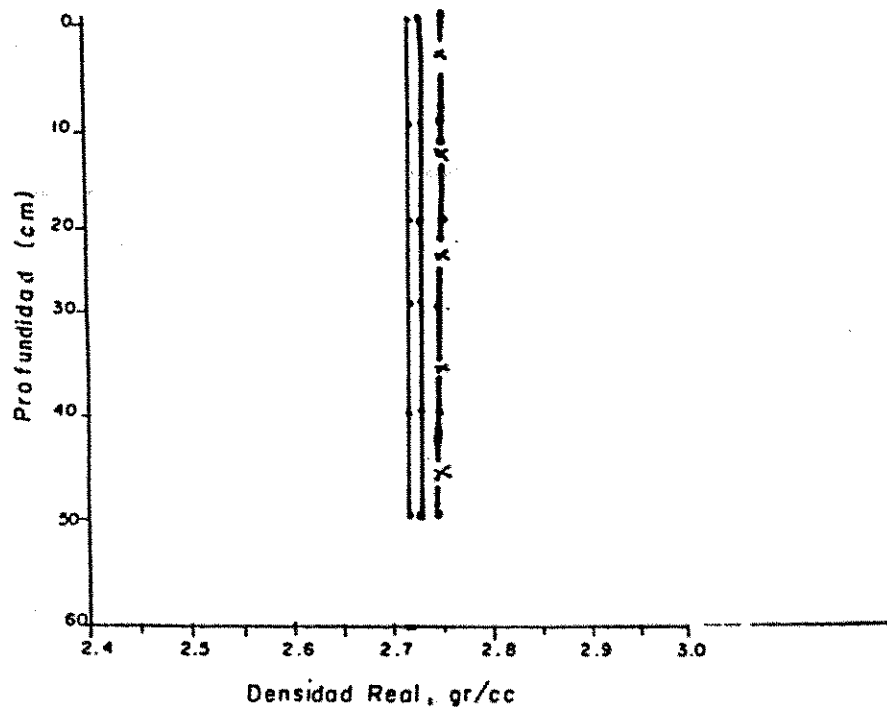
Calicata N°1 ——— Calicata N°2 - - - - - Calicata N°3 —x—x—
 Sist. Mecanizado Sist. Promech Sist. Arado Egipcio

Figura. 1-- REPRESENTACION GRAFICA DE LA DENSIDAD APARENTE DEL AREA SUB - SOLADA .

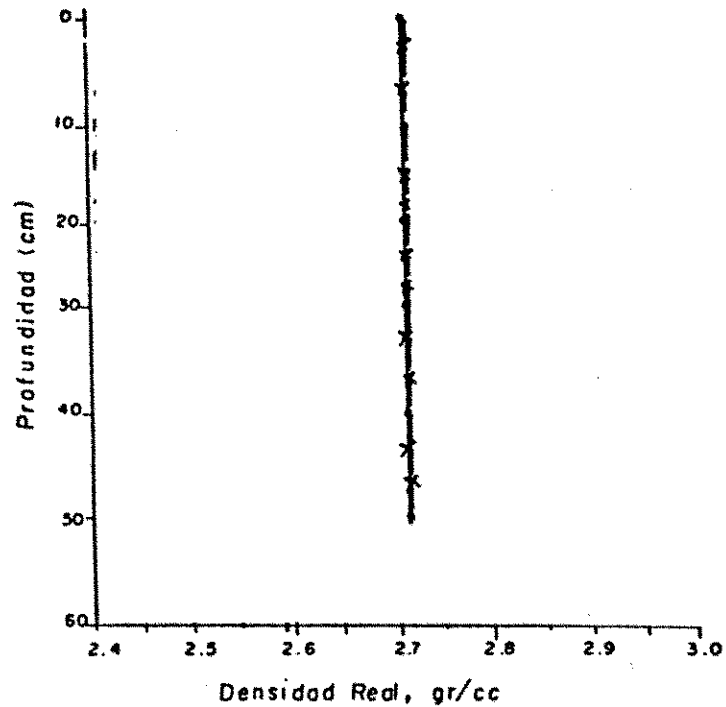


Calicata N°4 —x—x— Calicata N°5 - - - - - Calicata N°6 ———
 Sist. Arado Egipcio Sist. Promech Sist. Mecanizado

Figura. 2-- REPRESENTACION GRAFICA DE LA DENSIDAD APARENTE DEL AREA NO SUB - SOLADA.



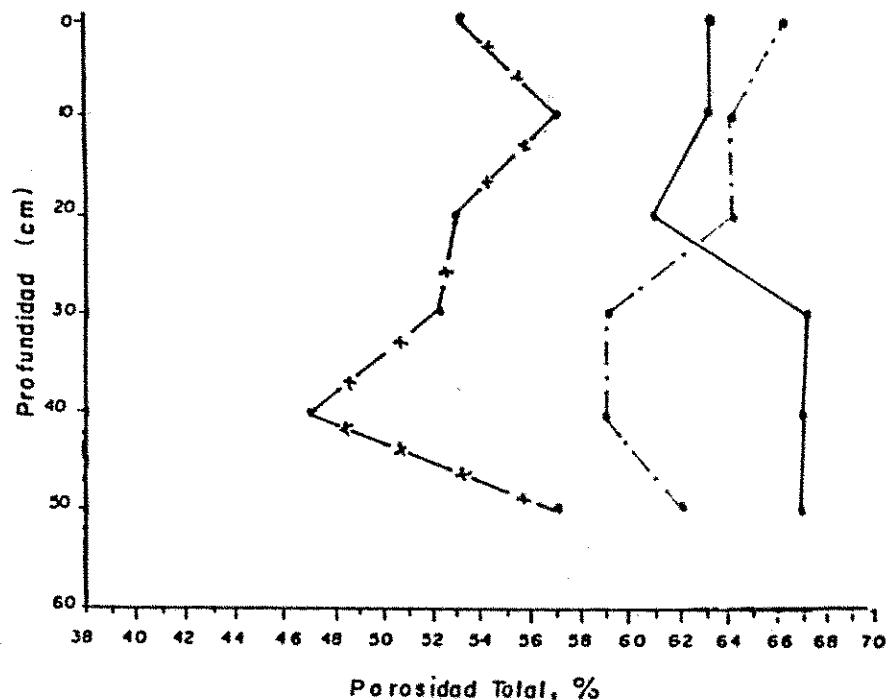
Calicata Nº1 ——— Calicata Nº2 - - - - Calicata Nº3 —X—X—
 Sist. Mecanizado Sist. Promech Sist. Arado Egipcio



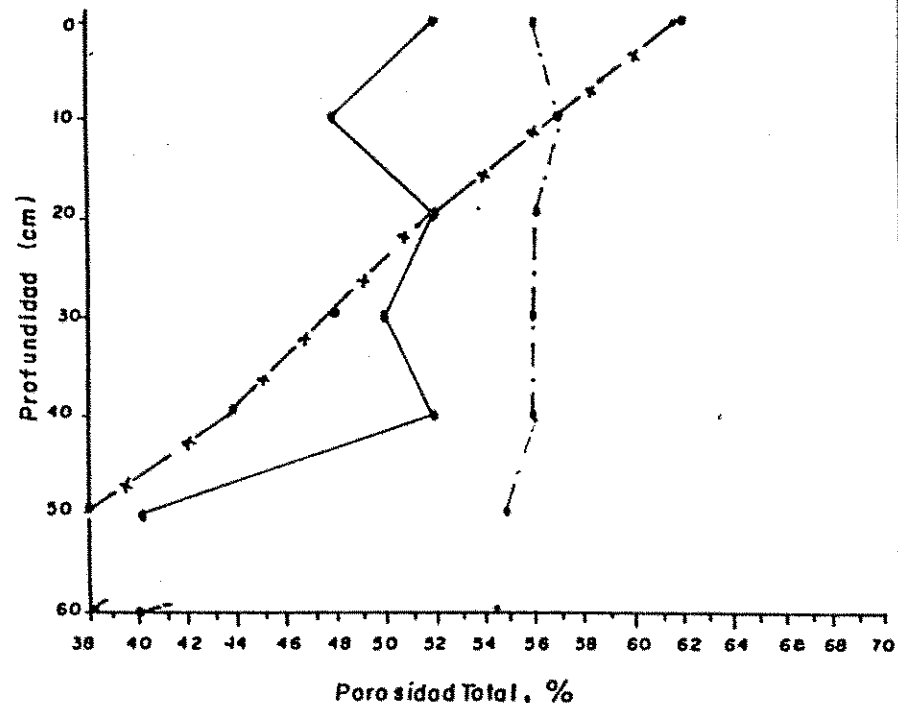
Calicata Nº4 —X— Calicata Nº5 - - - - Calicata Nº6 ———
 Sist. Arado Egipcio Sist. Promech Sist. Mecanizado

Figura 3-- REPRESENTACION GRAFICA DE LA DENSIDAD REAL DEL AREA SUB-SOLADA.

Figura 4-- REPRESENTACION GRAFICA DE LA DENSIDAD REAL DEL AREA NO SUB-SOLADA.



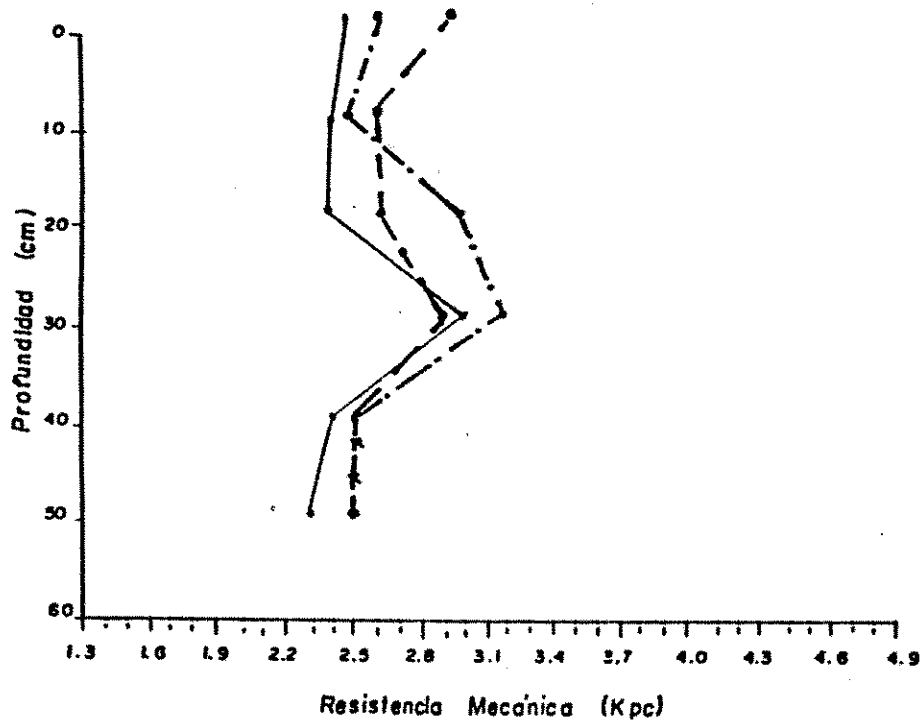
Calicata N°1 ——— Calicata N°2 - - - - - Calicata N°3 —x—x—
 Sist. Mecanizado Sist. Promech Sist. Arado Egipcio



Calicata N°4 —x—x— Calicata N°5 - - - - - Calicata N°6 ———
 Sist. Arado Egipcio Sist. Promech Sist. Mecanizado

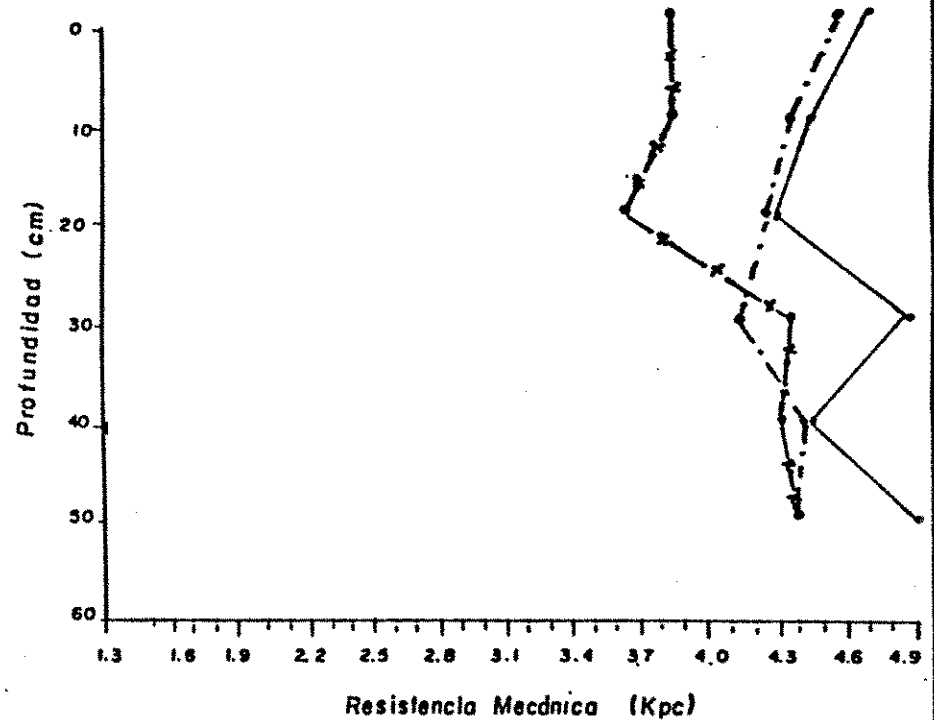
Figura. 5— REPRESENTACION GRAFICA DE LA POROSIDAD TOTAL DEL AREA SUB - SOLADA.

Figura 6-- REPRESENTACION GRAFICA DE LA POROSIDAD TOTAL DEL AREA NO SUB - SOLADA.



Calicata N°1 ——— Calicata N°2 - - - - Calicata N°3 -f-f-
 Sist. Mecanizado Sist. Promech Sist. Arado Egipcio

Figura 7-- REPRESENTACION GRAFICA DE LA RESISTENCIA MECANICA DEL AREA SUB-SOLADA.



Calicata N°4 -f-f- Calicata N°5 - - - - Calicata N°6 ———
 Sist. Arado Egipcio Sist. Promech Sist. Mecanizado

Figura 8-- REPRESENTACION GRAFICA DE LA RESISTENCIA MECANICA DEL AREA NO SUB-SOLADA.

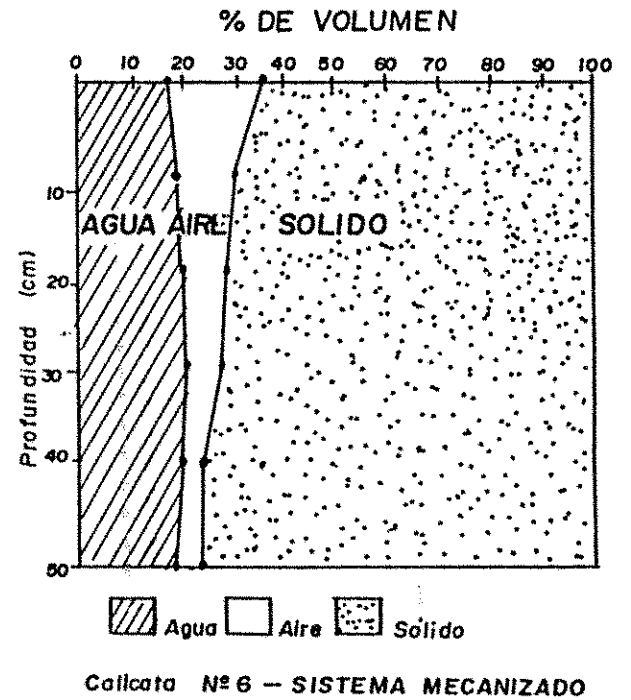
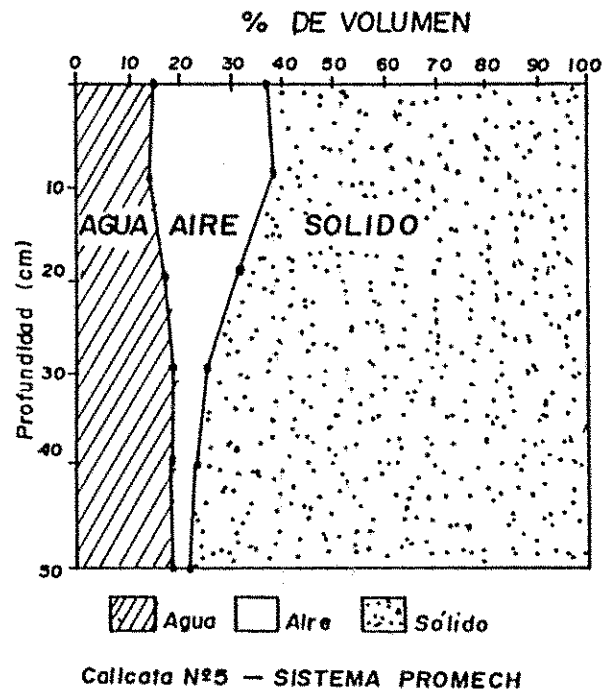
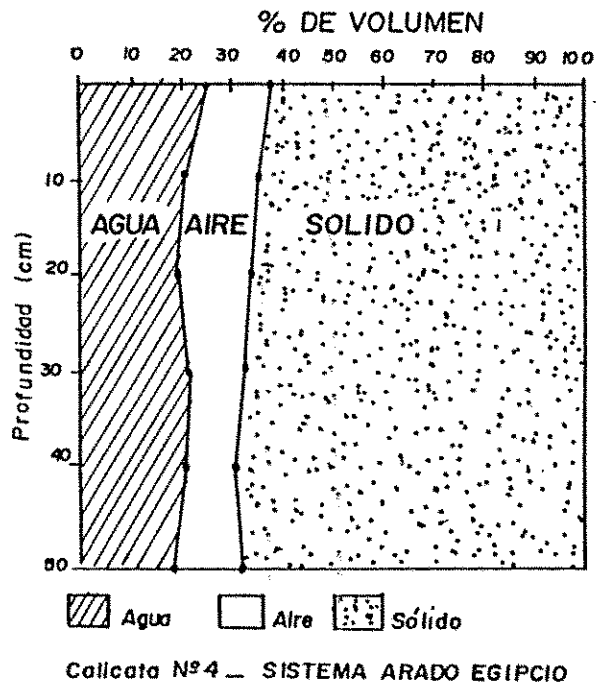


Figura N°9. DIAGRAMA ESTRUCTURAL DEL AREA NO SUB-SOLID A.