

CARACTERIZACION PREVIA DE LAS PROPIEDADES FISICAS DE UN SUELO,
DEL ALJARAFE (SEVILLA) PARA LA INTRODUCCION DE UN LABOREO DE
CONSERVACION.-

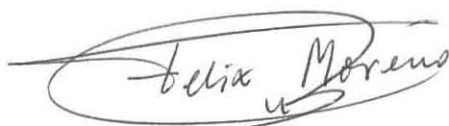
OLIMPIA EMILIA TIMUDO TORREVILLA

Correspondiente al XXIX Curso
Internacional de Edafología y
Biología Vegetal. Realizado en el
Instituto de Recursos Naturales y
Agrobiología de Sevilla (CSIC)
España.

Sevilla, Julio de 1992

El presente trabajo fue realizado por Olimpia Emilia Timudo Torrevilla, Ingeniero Agrónomo, de Venezuela, participante del XXIX Curso Internacional de Edafología y Biología Vegetal, patrocinado por la UNESCO, ICI, CSIC y Universidades de Sevilla y Granada.

La dirección de este trabajo estuvo a cargo del Dr. Félix Moreno Lucas, Jefe del grupo Estructural de Física de Suelos y Bioclimatología, del Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla, en colaboración con el Dr. Francisco Pelegrín, profesor de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de la Universidad de Sevilla.

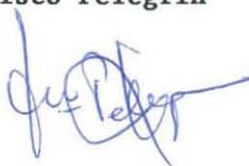
A handwritten signature in black ink that reads "Félix Moreno Lucas". The signature is enclosed within a large, loopy oval shape.

Fdo.: Dr. Félix Moreno Lucas

A handwritten signature in black ink that reads "Odo:". The signature is enclosed within a large, loopy oval shape.

Fdo.: Olimpia E. Timudo T.

Fdo.: Dr. Francisco Pelegrín

A handwritten signature in blue ink that reads "Francisco Pelegrín". The signature is enclosed within a large, loopy oval shape.

Sevilla, Julio de 1992

AGRADECIMIENTO

Quiero dar las gracias a todas las personas e instituciones que con su inestimable apoyo han hecho posible la realización de este trabajo, especialmente:

Al Dr. Félix Moreno Lucas, Investigador Científico del Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla (CSIC), por su acertada labor de dirección y apoyo en el desarrollo de este trabajo, así como su inestimable ayuda.

Al Dr. Francisco Pelegrín, Profesor de la Escuela de Ingenieros Técnicos Agrícolas, de la Universidad de Sevilla, por su permanente interés y dedicación en todas las etapas del trabajo.

Al Dr. José Luis Mudarra, Profesor de Investigación del Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla (CSIC), coordinador del curso, por su permanente dedicación y estímulo durante el desarrollo del curso y por haberme transmitido su sapiencia por el estudio de los suelos.

Al Profesor Dr. Antonio Troncoso Arce, director del Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla, por su amabilidad al poner a mi disposición los recursos humanos y técnicos para el desarrollo del trabajo.

A mis compañeros de unidad, Ingenieros Agrónomos Luis Andreu, José Enrique Fernández y José Antonio Cayuela por brindarme su amistad, apoyo y colaboración en todo momento.

A José Rodríguez, por su invalorable ayuda en la realización de las labores de campo.

Al Dr. Cesáreo Sáiz, Profesor de Investigación, del Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla y a los integrantes de su equipo de trabajo, Bernarndo Hermosin y Angel Sánchez, por su disposición permanente de colaboración y ayuda.

A las siguientes instituciones que financiaron el traslado y estancia en Sevilla: UNESCO, Instituto de Cooperación Iberoamericana (ICI), Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y la Universidad de Sevilla.

Al personal Científico, Técnico , Administrativo y de Servicio del Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla, por la cálida acogida y atenta colaboración manifestada en todo momento.

A María de las Mercedes García Orgaz, siempre colaboradora y entrañable amiga.

Por último, Francisco M. Ochoa C., Profesor de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, por el gran apoyo a distancia de la fuerza de su cariño.

LISTA DE FIGURAS

	Pág
1.- Localización de la finca experimental, donde se han realizado las experiencias.	5
2.- Promedios de precipitación y temperatura en la finca experimental, Aljarafe. Período 1982-1992.	6
3.- Esquema de la parcela experimental y ubicación de las observaciones realizadas.	7
4.- Croquis de la barrena utilizada en la toma de muestras para la determinación de la distribución radicular, densidad aparente y conductividad hidráulica.	9
5.- Esquema del penetrómetro.	16
6.- Detalle del infiltrometrómetro de doble anillo.	20
7.- Simulador de lluvia.	23
8.- Índice de cono (IC) a las profundidades de 0 - 5 cm y 20 - 25 cm.	32
9.- Índice de cono (IC) a las profundidades de 25 - 30 y 45 - 50 cm.	33
9(a). Índice de cono promedio.	35
10.- Variogramas obtenidos a partir de los valores de índice de cono, (a) de 0-5 cm y (b) de 20-25 cm de profundidad.	36
11.- Variogramas obtenidos a partir de los valores de índice de cono, (c) de 25-30 cm y (d) de 45-50 cm de profundidad.	37
12.- Tasa de infiltración e infiltración acumulada (doble anillo) en los puntos 1 y 2.	40
13.- Tasa de infiltración e infiltración acumulada (Doble anillo) en los puntos 3 y 4.	41
14.- Tasa de infiltración e infiltración acumulada (Simulador de lluvia), en cada punto de observación (1,2,3 y 4).	42
15.- Distribución de la precipitación para el período Noviembre (1991) a Mayo (1992).	45
16.- Evolución del perfil hídrico durante el ciclo de cultivo.	46

17.- Evolución del perfil hídrico durante el ciclo de cultivo.	48
18.- Densidades radicales obtenidas en cada punto de observación.	49
19.- Altura de plantas del cultivo de trigo en diferentes estados de crecimiento. Fecha de siembra 19-11-91.	53
20.- Detalle de la toma de muestra de trigo, para la estimación de cosecha.	54
21.- Vista general del estado de madurez alcanzado por el cultivo (21-05-92).	55

LISTA DE CUADROS

	Pág.
1.- VALORE DE DENSIDAD APARENTE (Da), CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA (Ks), DISTRIBUCION DEL TAMAÑO DE PARTICULAS Y CLASE TEXTURAL.	30
2.- CONTENIDO DE HUMEDAD VOLUMETRICO OBTENIDO A DIFERENTES PROFUNDIDADES, PROMEDIO DE TRES OBSERVACIONES A LO LARGO DEL TRANSECT.	34
3.- ESTIMACION DE COSECHA UTILIZANDO COMO AREA DE MUESTREO 0.25 m ²	56

CONTENIDO

	Pág.
AGRADECIMIENTO	i
LISTA DE FIGURAS	ii
LISTA DE CUADROS	iv
CONTENIDO	vii
1.- INTRODUCCION	1
1.1. Objetivo general	2
1.2. Objetivo específico	3
2.- MATERIAL Y METODOS	4
2.1. Area experimental.	4
2.2. Características del ensayo.	4
2.3. Métodos para el análisis de las propiedades físicas del suelo en el laboratorio.	7
2.3.1. Densidad aparente	8
2.3.2. Distribución del tamaño de partículas	10
2.3.3. Conductividad hidráulica, en suelo saturado.	11
2.3.4. Características de retención de humedad (Curva pF)	13
2.3.4.1. Técnica de presión para pF altos (2.0 - 4.2)	13
2.4. RESISTENCIA A LA PENETRACION (RP) PENETROMETRO DE IMPACTO VERTICAL.	15
2.4.1. Procedimiento	15
2.4.2. Variabilidad espacial de la resistencia a la penetración.	15
2.5. MEDIDA DE LA INFILTRACION. METODO DE DOBLE ANILLO Y SIMULADOR DE LLUVIA:	19
2.5.1. Infiltrómetro de doble anillo.	19
2.5.2. Infiltración de agua de lluvia simulada.	21
2.5.3. Descripción del aparato.	21
2.5.4. Procedimiento.	22
2.6. MEDIDA DE LA EVOLUCION DEL PERFIL HIDRICO.	25
2.7. DETERMINACION DE LA DISTRIBUCION RADICULAR.	26

2.7.1. Muestreo.	26
2.7.2. Obtención de raíces.	26
2.7.3. Mediciones.	27
3.- RESULTADOS Y DISCUSION	30
3.1. Resultado de la caracterización física del suelo bajo estudio.	30
3.2. Resistencia a la penetración. Índice de cono.	31
3.2.1. Estudio de la variabilidad espacial de la resistencia a la penetración.	34
3.3. Resultados de los ensayos de infiltración:	39
3.3.1. Infiltración mediante el método del doble anillo.	39
3.3.1. Infiltración mediante el método del Simulador de lluvia.	39
3.4. PERFIL HIDRICO	44
3.5. DESARROLLO DEL SISTEMA RADICULAR Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO.	50
4.- CONCLUSIONES.	57
5.- BIBLIOGRAFIA.	58
6.- ANEXOS.	

1.- INTRODUCCION

En la Ciencia del Suelo, cuando se trata de la conservación de los suelos agrícolas, que en la mayoría de los casos se encuentran en mayor o menor grado afectados por procesos degenerativos, se hace referencia a prácticas que conduzcan hacia la protección y uso racional del recurso sin disminuir su capacidad productiva.

En este sentido, numerosos esfuerzos se han realizado en el estudio del suelo, con un enfoque integral, atendiendo a sus características y al resto de los componentes ecológicos, con el propósito de establecer su vocación equilibrada en una determinada unidad o zona productiva con miras hacia una agricultura sostenible.

En las regiones mediterráneas, caracterizadas por precipitaciones escasas, altas temperaturas y suelos frágiles, es frecuente, después de muchos años de cultivo, que las principales tierras agrícolas presenten degradación y contaminación de las fuentes de agua debido a sistemas de manejo intensivos que, junto a los incendios forestales, aumentan las zonas devastadas. Considerándose en algunos casos extremos la reforestación de las tierras marginales como la única estrategia para contrarrestar la erosión (De la Rosa y col. 1992).

En un contexto más amplio, dentro del ámbito europeo actual, los países comunitarios enfrentan una situación distinta a los planteamientos de 1965, cuando estaba conformada por 6 miembros y el objetivo principal era aumentar la productividad de la tierra expresada en Kg/ha. A partir de entonces, hasta 1985, se incrementó anualmente la producción de 1.5 a 2 %, mientras que la demanda interna se mantuvo en 0.5%, con excedentes, principalmente en

cereales; actualmente con la incorporación de España, Portugal y Grecia han aumentado las áreas mediterráneas con problemas de erosión (Verheye, 1992). Es por ello que, los esfuerzos se encuentran dirigidos hacia la racionalización de la agricultura, partiendo de una agricultura, químicamente dependiente, hacia una agricultura ecológicamente sostenible.

Lo anterior constituye el punto de partida y motivación para el estudio, en una primera fase de diagnóstico, del efecto regenerativo de la introducción de un laboreo reducido y 100% de cobertura de residuos en un suelo Vertic Xerofluvents de la provincia de Sevilla, bajo sistema de labranza tradicional con cultivos de secano.

Para ello se plantean los siguientes objetivos:

1.1.- GENERAL

- Caracterizar las principales propiedades físicas del suelo Vertic Xerofluvents, en el cual en los últimos 5 años se ha sembrado girasol con laboreo tradicional.

1.2.- ESPECIFICOS

- 1.- Evaluar las posibilidades de establecimiento de un laboreo de conservación en un suelo bajo sistema de labranza convencional, tomando en cuenta sus principales limitaciones físicas.
- 2.- Caracterizar físicamente el suelo bajo estudio:
 - Textura
 - Densidad aparente (Da)
 - Conductividad Hidráulica (K)
- 3.- Movimiento de agua en el suelo

- Infiltración con el método del doble anillo (infiltrómetro)
 - Simulador de lluvia
- 4.- Índice de resistencia a la penetración (IC)
 - 5.- Seguimiento periódico de las oscilaciones del contenido de humedad del suelo en función a la suplencia de agua proveniente de la lluvia y las demandas del cultivo.
 - 6.- Establecer como cultivo indicador el trigo, dadas las ventajas que ofrece como cobertura superficial.
 - 7.- Evaluar la presencia de capas compactadas subsuperficial que puedan restringir el desarrollo y normal crecimiento de las raíces, a través de la determinación del Índice de Cono.
 - 8.- Finalmente, resumir el estado y limitaciones actuales del suelo a tomar en cuenta y la factibilidad de éxito en él; establecimiento en las labores de conservación.

2.- MATERIAL Y METODOS

2.1.- AREA EXPERIMENTAL.

El presente trabajo se desarrolló en la finca experimental Aljarafe, del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, ubicada en la provincia de Sevilla, municipio Coria del Rio, perteneciente a la zona denominada Aljarafe Alto, a 5 msnm (Figura 1).

La zona del Aljarafe Alto presenta un clima típicamente mediterráneo, caracterizado por precipitaciones escasas en los meses de Julio y Agosto, las temperaturas máximas se dan entre Junio y Septiembre, que corresponde al verano. Por el contrario, el máximo de pluviosidad se distribuye en los meses de otoño e invierno y algunas en primavera. El promedio de precipitación anual en la zona es de 512 mm. El almacenamiento de agua en el suelo, se inicia en otoño (Octubre-Noviembre), siguiendo un período de exceso de humedad, hasta el mes de Marzo o Abril. De acuerdo con la clasificación de Thornthwaite, corresponde a un clima mesotérmico seco-subhúmedo, con moderado exceso de agua en el invierno (Mudarra, 1988).

El suelo bajo estudio está clasificado como un Vertic Xerofluvents con pendientes comprendidas entre 3 y 6 %. De acuerdo a las normas establecidas por el Soil Taxonomy (1975), corresponde a un régimen de humedad xérico que es típico de los climas mediterráneos, donde los inviernos son fríos y húmedos y los veranos calidos y secos (Figura 2).

2.2.- CARACTERISTICAS DEL ENSAYO

Con el propósito de estudiar con detalle las condiciones físicas del suelo y obtener una homogeneidad de estas, en vista al establecimiento posterior de

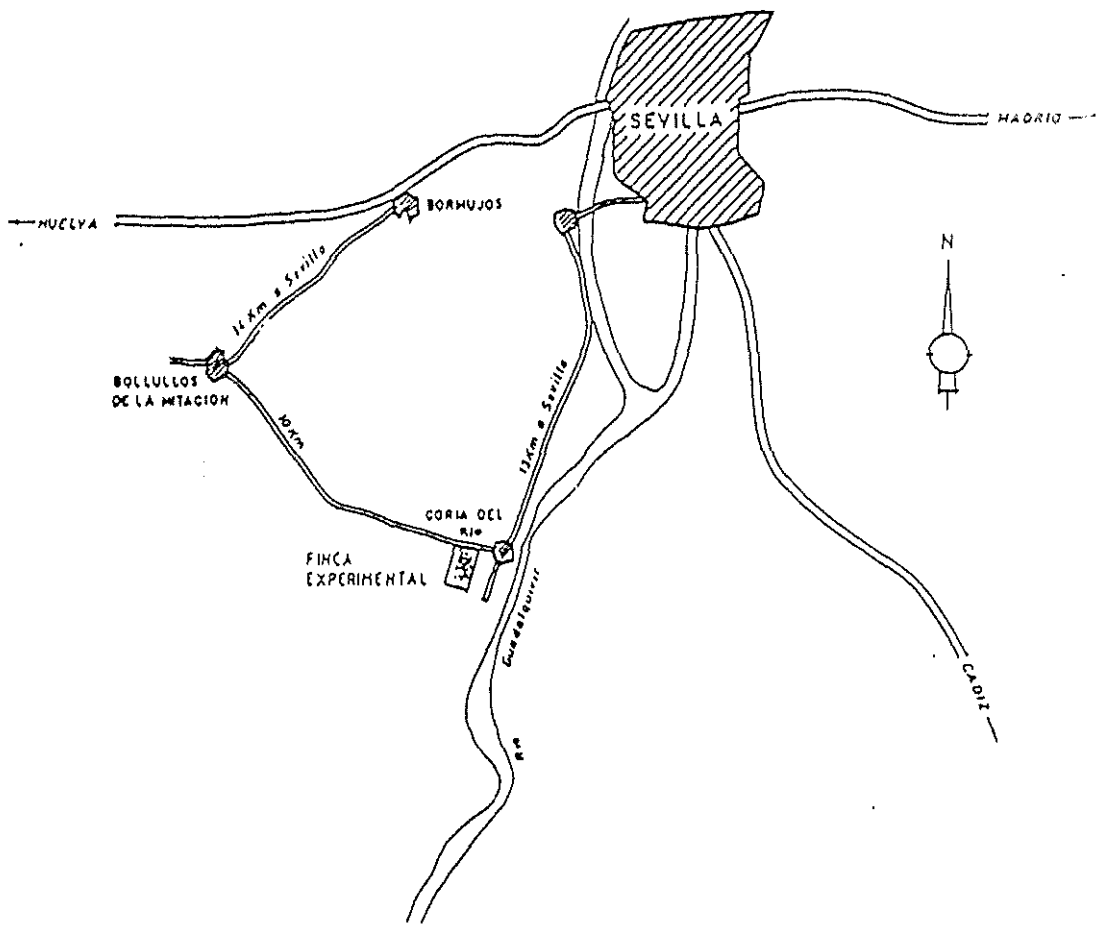


FIG. 1 Localización de la finca donde se han realizado las experiencias.-

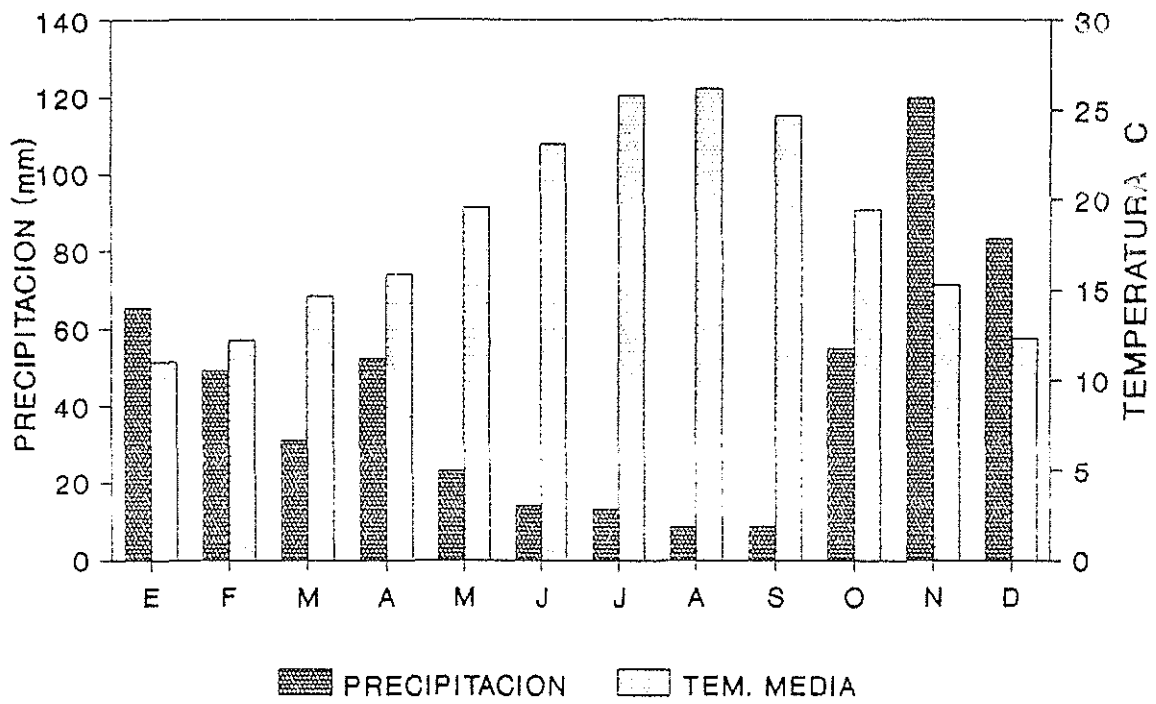


Fig. 2 Promedios de precipitacion y temperatura en la Finca Experimental, Aljarafe. Periodo 1982-1991.

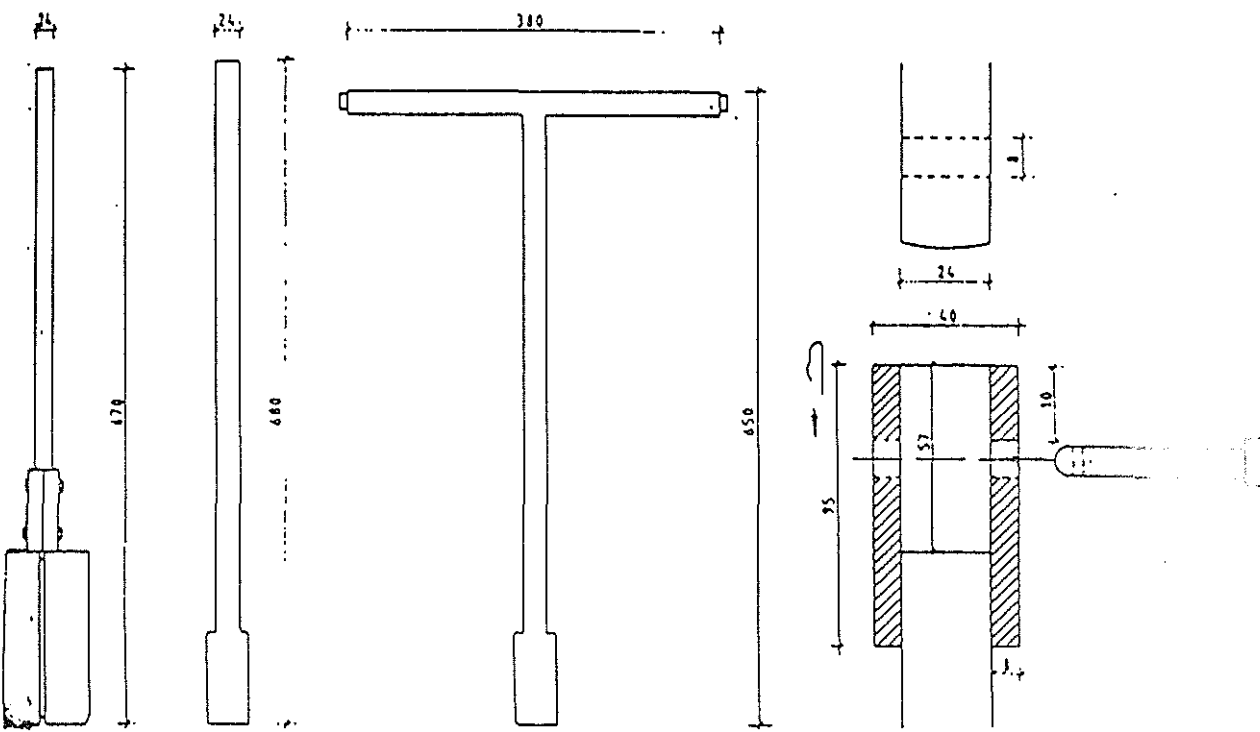
evaluaciones de laboreo de conservación, se delimitó una parcela de 1984 m² de superficie, tradicionalmente utilizada para el cultivo del girasol (*Helianthus annuus L.*),. A tal efecto, se realizaron dos pases de grada para romper la costra superficial y dos pases de cultivador; seguidamente se realizó la siembra manual de trigo (*Triticum aestivum L. em Thell*), variedad KGM2 R, el 19 de noviembre de 1991. A los 12 días de la siembra se observó el 100% de nascencia, 60 días después de la siembra se aplicó una fertilización de cobertera con urea, (40 Kg) equivalente a 200 Kg/ha. El cultivo se desarrollo bajo condiciones de secano y a los 153 días se efectúo la cosecha. En la Figura 3, se muestra el esquema de las mediciones realizadas y la ubicación de los puntos de observación 2 y 4. Durante el ciclo de cultivo no se detectó la presencia de plagas y/o enfermedades que justificaran el uso de control químico.

2.3.- METODOS PARA EL ANALISIS DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL SUELO EN EL LABORATORIO.

2.3.1.-DENSIDAD APARENTE

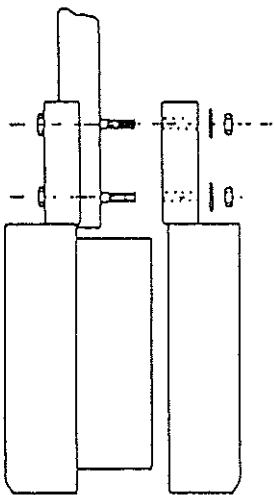
En un mismo suelo el valor de la densidad aparente (D_a), está considerado como un buen índice del grado de compactación, es decir, de la reducción del espacio poroso con radio equivalente mayor a 15 μ m, que constituye el espacio poroso no capilar, al que se atribuye el drenaje rápido del exceso de agua, por ende de la aireación (Pla, 1983).

Para la determinación de la densidad aparente (D_a), o peso específico del suelo, se emplearon muestras de suelo sin alterar contenidas en cilindros de metal, con un diámetro de 8 cm y 4 cm de altura. Las muestras se tomaron con una barrena diseñada por Arrúe (1980), que permite extraer simultáneamente dos cilindros a las profundidades de 0-10 y 20-30 cm (Fig. 4), dos por cada profundidad. Posteriormente, las muestras se desecaron en la estufa (105 C), para obtener el porcentaje de humedad gravimétrico. La D_a se obtuvo de la relación peso/volumen.

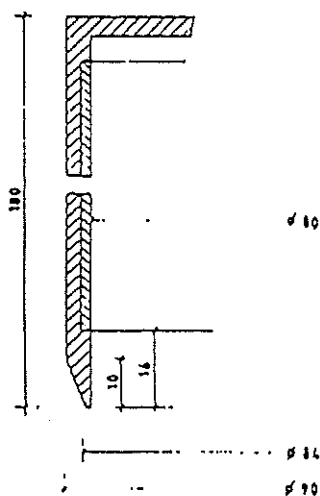


componentes de la barrena

detalle de la unión de los componentes



pinza



pared de la pinza

FIG: 4 Croquis de la barrena utilizada en la toma de muestras para la determinación de la distribución radicular, densidad aparente y conductividad hidráulica.-

2.3.2.- DISTRIBUCION DEL TAMAÑO DE PARTICULAS

El análisis de las muestras se ha realizado teniendo en cuenta las normas del Método Internacional de Análisis Mecánico, en lo relativo al tamaño de las partículas para cada fracción :

arena gruesa, arena fina, limo y arcilla, como se muestra a continuación:

Fracción	de partículas (mm)
Arena gruesa	2 - 0,2
Arena fina	0,2 - 0,02
Limo	0,02 - 0.002
Arcilla	< 0,002

Se tomaron muestras en los puntos de observación 2 y 4 hasta 30 cm de profundidad, luego fueron llevadas al laboratorio donde se secaron al aire y se hizo la determinación por el método del hidrometro de cadena (De Leenheer y col., 1965).

2.3.3.- CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA, EN SUELO SATURADO

La conductividad hidráulica del suelo se define por el coeficiente de proporcionalidad de la Ley de Darcy, aplicada al flujo de agua en el suelo.

Esto es:

$$Q = K \times \Delta H / \Delta L$$

Donde:

Q = caudal

K = conductividad hidráulica

$\Delta H / \Delta L$ = gradiente

Es una medición que permite estimar las posibilidades de penetración y circulación del agua en el suelo, tomando en cuenta la velocidad con que el agua pasa a través de una masa de suelo por unidad de gradiente de carga hidráulica y depende de la porosidad del suelo (Pla, 1983).

La conductividad hidráulica a carga constante, se fundamenta en mantener una carga de agua constante sobre la superficie de la muestra, midiendo el volumen de agua que pasa a través del suelo durante un tiempo determinado. Siguiendo el mismo procedimiento descrito para la densidad aparente, las muestras extraídas, dos por cada profundidad, una vez saturadas por capilaridad durante 24 h (comprobado por el aspecto brillante de la superficie), se colocaron en el permeámetro de carga constante diseñado por Martín-Aranda (1973), que consiste en un depósito de metal en el cual el nivel del agua es constante y a través de conductos de goma el agua es derivada hacia las muestras sobre las cuales, previamente, se coloca una banda de goma que une el cilindro con la extensión de metal.

Durante las primeras tres horas se recogen los volúmenes percolados y el volumen final al cabo de 24 horas.

2.3.4.- CARACTERISTICAS DE RETENCION DE HUMEDAD (CURVA pF)

La capacidad de campo, está definida como la cantidad de agua almacenada en el perfil, después de haber perdido por drenaje libre el agua de gravitación, se ha establecido en 9 m y corresponde a un valor de pF 2.5. Otro factor a considerar, es el límite inferior que se establece en un tamaño aproximado de poros de 0,2 m y equivalente a 15 atmósferas (pF 4.2), que corresponde al punto de marchitez permanente: valor que está dado por la humedad que presenta el suelo, después que la planta ha llegado a una condición irreversible de desecación. Este valor está representado por una tensión de humedad de un pF aproximadamente igual a 4.2, valor equivalente al logaritmo de las tensiones expresadas en cm altura en centímetros de una columna de agua.

2.3.4.1.- TECNICA DE PRESION PARA pF ALTOS (2.0 - 4.2)

Para los valores de pF 2.54 y 4.2 que corresponden a capacidad de campo y punto de marchitez permanente, se utilizó la metodología propuesta por Richards (1967), la cual consiste en colocar la muestra de suelo previamente saturado, sobre un aparato de placa de cerámica en el interior de las cámaras respectivas.

Al trabajar con pequeñas muestras de suelo separadas de su condición natural en el campo, sólo proporciona información en cuanto a las propiedades de retención de agua del suelo a cada presión aplicada. El problema de usar muestras disgregadas puede afectar los resultados obtenidos a bajas presiones, al desaparecer los poros de tamaño relativamente grandes que aún retienen agua, quedando descartada tal posibilidad a presiones mayores de 1 bar.

Para la determinación del pF 2.54 se utilizaron muestras de suelo superficiales sin alterar, contenidas en cilindros metálicos de 20 mm de

altura y 80 mm de diámetro interno. Las muestras para pF 4.2 se dejaron secar y tamizaron (tamiz malla 2 mm) y posteriormente se saturaron sobre la cerámica en anillos de goma de 10 mm de altura y 50 mm de diámetro.

Una vez saturadas las muestras se introdujeron en la cámara, durante 48 horas, se extrajeron y colocaron en una cápsula metálica para ser luego pesadas y colocadas en la estufa a 105 C durante 24 horas. Una vez secas se calculó a el porcentaje de humedad gravimétrico. Finalmente, con los valores obtenidos se realizó la representación gráfica del contenido de humedad con respecto a las presiones ejercidas.

2.4.- RESISTENCIA A LA PENETRACION (RP). PENETROMETRO DE IMPACTO VERTICAL.

Para esta experiencia se utilizó un penetrómetro manual de impacto, diseñado por Pla y col., (1991) y modificado por Pelegrin (1992), que consta de las siguientes partes:

- . Vástago
- . Masa
- . Varillas
- . Puntas cónicas

El aparato tiene un peso total de 5.5 Kg (Fig.5).

2.4.1.- PROCEDIMIENTO:

En primer lugar, se enrosca la varilla al extremo inferior del vástago, seguidamente se elige la punta cónica que mejor se adapte a las condiciones de humedad del suelo, en este caso se utilizó una punta cónica 2 cm² de sección. Una vez armado, se procede a colocar el penetrómetro lo más verticalmente posible sobre la superficie del suelo, teniendo especial cuidado en evitar zonas con presencia de grietas o cualquier otra perturbación sobre la superficie del mismo que pudieran afectar la medición. La varilla metálica tiene una longitud de 50 cm y está dividida en segmentos de 5 cm, estas divisiones ayudan al operador a cuantificar el número de impactos a cada profundidad.

2.4.2.- VARIABILIDAD ESPACIAL DE LA RESISTENCIA A LA PENETRACION

Se estableció un transect a lo largo de la parcela de 63 puntos de observación

PENETROMETRO
DE
IMPACTO
VERTICAL

- 1. VASTAGO
- 2. MASA
- 3. VARILLA
- 4. PUNTA CONICA

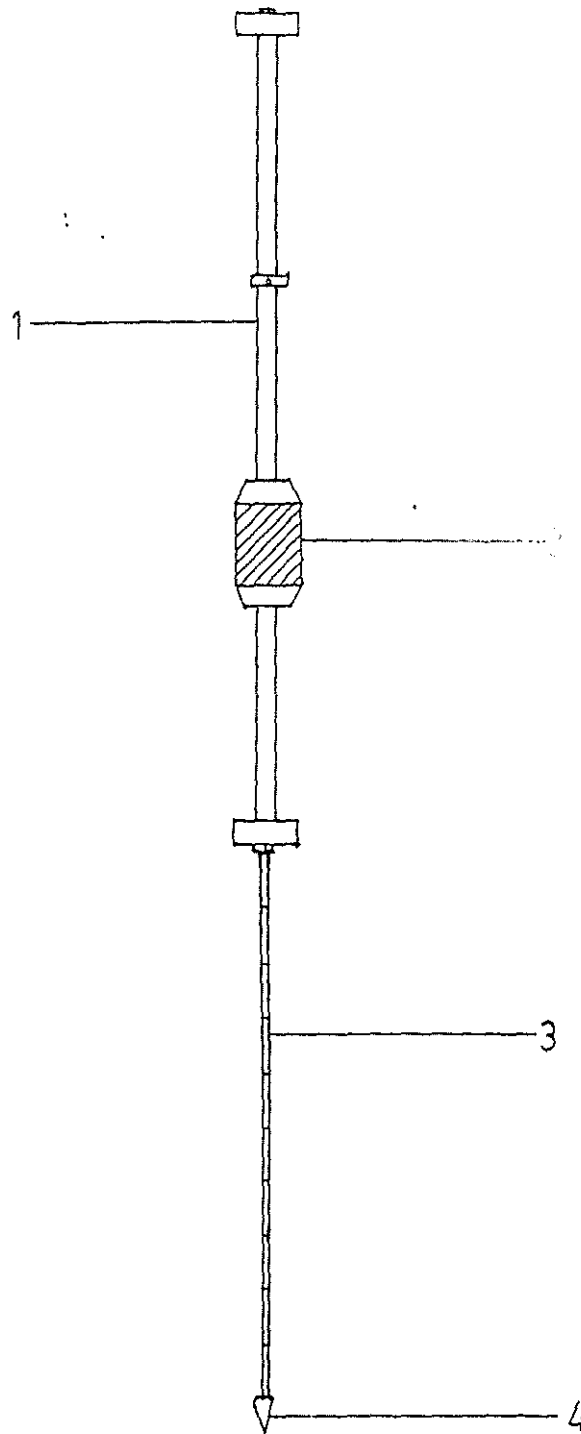


Fig.5 Esquema del penetrometro

a 1 m de distancia cada uno. El total de impactos obtenidos en cada punto, a las diferentes profundidades, se tabularon y transformaron en valores de Índice de Cono (factor de conversión 0.356 MPa).

Teniendo en cuenta que la resistencia a la penetración (RP) es una medida puntual en el campo sujeta a una alta variabilidad espacial (Biggar y col. 1976), la Geoestadística puede permitirnos determinar si existe o no correlación entre las observaciones separadas entre si por una distancia dada y establecer también una estructura espacial.

Etimológicamente, el término geoestadística designa el estudio estadístico de fenómenos naturales. El investigador, Matheron (1962), fue el primero en utilizar este término ampliamente y su definición aún tiene vigencia, la geostatística es la aplicación del formalismo en funciones al azar de reconocimiento y estimación de fenómenos naturales.

Un fenómeno natural puede frecuentemente ser caracterizado por la distribución en el espacio de una o más variables y se denomina regionalización de variables. Como por ejemplo la distribución de la altitud en un espacio horizontal definido por la superficie del suelo.

A través de la geoestadística es posible calcular la función denominada variograma. cuya expresión matemática es:

$$\gamma(h) = 1/2 \text{ var. } (Z(x) - Z(x+h)) = 1/2n \sum_{i=1}^n (Z(x_i) - Z(x_i + h))^2$$

Donde:

n = número de pares de valores de la variable

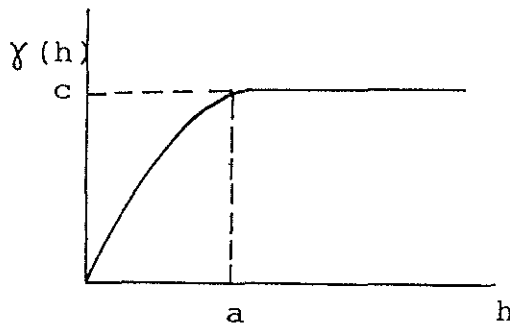
Z(x) = valor de la variable en el punto de la abcisa x,
respecto a un origen dado.

Z(x+h) = valor de la variable en un punto próximo, separado
por un valor h.

Var = varianza, h = separación entre puntos.

$\gamma(h)$ = semivariograma o variograma según esté o no
dividido por 2.

El variograma se define como un gráfico y/o una fórmula que describe las diferencias esperadas entre los valores asociados de muestras con una relativa orientación conocida.



Donde:

a = rango del variograma, que representa la distancia entre pares de puntos a partir del cual la variable es independiente.

c = meseta.

2.5.- MEDIDA DE LA INFILTRACION. METODO DE DOBLE ANILLO Y SIMULADOR DE LLUVIA.

A continuación se describen los dos métodos utilizados el infiltrometro de doble anillo (Bower, 1961) y el simulador de lluvia (Pelegrín, 1989).

2.5.1.- INFILTROMETRO DE DOBLE ANILLO

Con este método se intenta representar la infiltración de agua que cubra, por inundación, la superficie del suelo. El infiltómetro (doble anillo) consta de dos anillos metálicos, uno interior $D=10.5$ cm donde se realizan las mediciones y otro exterior $D=30$ cm que ayuda a controlar la infiltración lateral, donde se mantiene también una lámina de agua de 5 cm; la altura del agua en el cilindro interior es de 5 cm (Fig. 6).

Para el momento de la instalación se prestó especial atención a ubicar los cilindros en zonas donde no hubiesen grietas o cualquier otra perturbación que afectara la fiabilidad de la prueba.

El procedimiento consistió en: determinar la altura de la lámina de agua, que viene dada por la longitud de la aguja que se clava en el centro del anillo interior, luego se procede a llenar de agua, dependiendo de la velocidad de infiltración inicial. El tiempo a partir de este momento es controlado con el cronómetro, observando que cuando aparezca la punta de la aguja es el momento de verter el volumen de agua fijado y tomar nota, tanto del período de tiempo transcurrido como del volumen vertido.

Se da por concluida la prueba cuando el descenso del nivel de agua dentro del cilindro es aproximadamente igual a dos lecturas sucesivas con el mismo intervalo de tiempo.

Finalmente, se toman muestras de suelo para conocer las condiciones de humedad inicial.



FIG. 6 DETALLE DEL INFILTROMETRO DE DOBLE ANILLO.

Con la información obtenida se construyen las curvas de infiltración instantánea y acumulada para cada punto de observación, expresadas en mm/h y mm respectivamente.

2.5.2.- INFILTRACION DE AGUA DE LLUVIA SIMULADA

Con el simulador de lluvia es posible determinar la tasa de infiltración equivalente a la del agua de lluvia o de riego por aspersión, bajo una determinada intensidad y tiempo sobre la superficie del suelo, el cual recibe el impacto de las gotas.

Se fundamenta el método en hacer caer sobre un área conocida una lluvia de intensidad P mm/h predeterminada y recoger y medir el agua que escurre. El valor de la tasa viene dado por la expresión:

$$i = P - E$$

Donde:

i : tasa de infiltración (mm/h)

P : precipitación (mm/h)

E : escorrentía (mm/h)

2.5.3.- DESCRIPCION DEL APARATO

El simulador diseñado por Pelegrin (1989) y modificado posteriormente consta de las siguientes partes:

- Depósito cilíndrico de plástico rígido, frasco Mariotte, de 16 cm de diámetro y 5 l de capacidad.
- Goteros de plásticos formadores de las gotas (20 unidades, constan de dos partes una fija en la base y otra un tornillo enroscado), colocados en forma concéntrica en la base del depósito.

- Soporte metálico regulador de la altura, sirve de base al depósito y permite ver y manipular los goteros.
- Tubo soporte y escudo protector del viento.
- Ventana de inspección del área mojada, ubicada en la parte baja del soporte, permite observar la uniformidad de la caída de las gotas sobre la superficie y determinar el inicio del encharcamiento.
- Anillo metálico inferior, se clava en el suelo y es la base del resto del aparato.
- Canalón de recogida de agua de escorrentía y extensión de goma, son partes del anillo metálico y facilitan el flujo de escorrentía hacia el frasco colector.
- Frasco colector de agua de escorrentía, se cambia cada 5 minutos.
- Nivel de burbuja, para la verticalidad del conjunto antes de comenzar la prueba (Fig.7).

2.5.4.- PROCEDIMIENTO

Antes de realizar la experiencia en campo, se procede a la calibración del aparato, que consiste en llenar el depósito plástico con agua, seguidamente colocarlo sobre el soporte metálico y comenzar a regular la salida de agua a través de los goteros, cada 5 minutos se recoge el volumen y se calcula la intensidad. La calibración se da por concluida cuando el volumen recogido es constante en el tiempo establecido para la intensidad seleccionada.

Concluida la calibración, depósito y soporte son colocados sobre el tubo soporte, que cumple la doble función de servir de base al depósito y además evitar la dispersión de las gotas por efecto del aire circundante. Para la experiencia se utilizó una intensidad alrededor de 100 mm/h durante 60 min. El volumen de escorrentía se cuantificó a intervalos de 5 minutos durante una

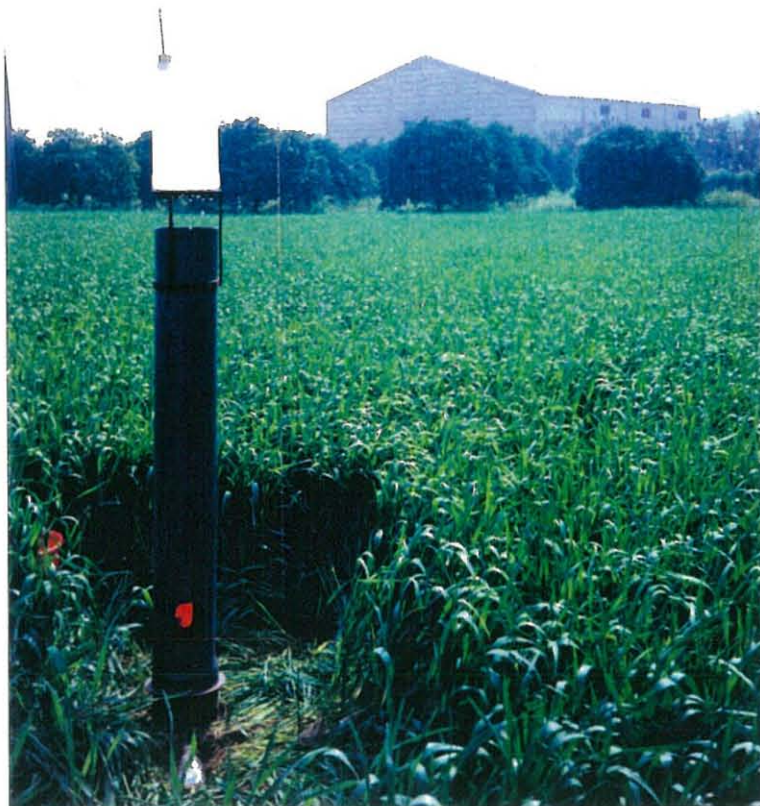


FIG. 7 SIMULADOR DE LLUVIA.-

hora, la altura de caída establecida fue 1.5 m. Tomando en cuenta la altura de las plantas de trigo, para el momento de la medición (alrededor de 60 cm), se procedió a cortarlas para uniformizar la superficie.

Al concluir la prueba, se tomaron muestras de suelo hasta 50 cm de profundidad para conocer el contenido de humedad antes y después de la prueba.

2.6.- MEDIDA DE LA EVOLUCION DEL PERFIL HIDRICO

Con la finalidad de hacer el seguimiento de los cambios en el contenido de humedad del suelo, durante el ciclo de cultivo del trigo, se procedió al muestreo semanal de suelo, utilizando una barrena semi-circular tipo media caña, a 100 cm de profundidad en los puntos de observación pre establecidos. Las muestras así colectadas de 10 cm de espesor, se pesaron y se obtuvo el peso húmedo (PH) y colocaron durante 24 h. en la estufa a 105 C para determinar el peso seco (PS). El porcentaje de humedad en peso fue calculado por el método gravimétrico y, posteriormente, relacionado con la densidad aparente calculada para cada profundidad y así obtener el contenido volumetrico de agua en el suelo.

2.7.- DETERMINACION DE LA DISTRIBUCION RADICULAR

El estudio de la distribución del sistema radicular en el suelo es de gran actualidad, con ese fin, existen diferentes métodos que van desde la toma de muestras en zanjas o trincheras, pasando por el descubrir el sistema radicular hasta métodos basados en la toma de muestras con barrenas de diferentes tipos.

2.7.1.- MUESTREO:

Las muestras fueron extraídas con la ayuda de una barrena de acero, diseñada por Arrúe (1980) y posteriormente modificada para mejorar su fiabilidad y eficacia (Fig. 4), en cada punto de observación. La barrena tiene una longitud total de 2 m. y esta dividida en tres vástagos. El inferior de forma cilíndrica, permite recoger un volumen de 1000 cm³ de suelo y el superior en forma de T facilita la extracción. En cada punto de muestreo se tomaron 8 muestras de 18 cm de altura hasta alcanzar la profundidad de 72 cm. Una vez colectadas las muestras se identificaron y trasladaron al laboratorio en bolsas de plástico negro.

2.7.2.- OBTENCION DE LAS RAICES

Consistió en separar las raíces del suelo, mediante un proceso de filtrados, que consistió en colocar la muestra en un vaso de vidrio 10 l de capacidad y luego verter agua hasta llenar el recipiente. Seguidamente se agito suavemente con una varilla de vidrio, hasta lograr la disgregación total de la muestra. Se dejo en reposo hasta el día siguiente agitando de nuevo, antes de realizar los sucesivos filtrados, a través de un tamiz de 0,5 mm. Las raíces así

separadas son trasladadas en cápsulas de metal a la estufa para el secado durante 24 h a 60 C de temperatura.

2.7.3.- MEDICIONES:

Para estimar la distribución del sistema radicular se siguió la metodología propuesta por Newman (1966), que considera los siguientes parámetros:

- . Longitud total de las raíces.
- . Peso total de las raíces.

El diámetro de las raíces no fue considerado debido a que las raíces de trigo en general presentan un diámetro menor o igual a 1 mm.

El parámetro longitud total de las raíces se determinó por el método de intersección de líneas, desarrollado por Newman (1966) y modificado por Marsh (1971). Utilizando el retículo de Arrúe (1980), que consiste en una lámina de metacrilato transparente de 33,0 cm de largo por 20,3 cm de ancho, siendo 1,27 cm el lado de la cuadrícula elemental.

Las raíces pertenecientes a cada una de las muestras, fueron esparcidas lo más uniformemente posible sobre una superficie lisa de papel, sobre el cual seguidamente se colocó el retículo, para facilitar el contraste y por ende el conteo se utilizó cartulina de color negro. De acuerdo a esta metodología el número de intersecciones de las raíces con la cuadrícula corresponde a la longitud total de la muestra, en cada muestra se realizaron 5 conteos y el promedio es la longitud total, esto se deduce de la ecuación planteada inicialmente por Newman en 1966, donde:

$$N = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \frac{\Delta L H}{A} \sin\theta \, d\theta$$

Donde :

- = En el punto de inserción
- = Elemento diferencial de longitud de raíz.
- = Longitud total de los segmentos de recta.
efectuada la integración.

$$N = \frac{2 (\Delta L) H}{\pi A}$$

y para una muestra de raíces de longitud L, ésta puede estimarse según:

$$L = \left(\frac{\pi}{2}\right) \frac{NA}{H}$$

Apoyándose en este planteamiento Marsh (1971) desarrollo un reticulo de malla cuadrada de área $HX/2$, donde H es la longitud de cada línea y X el lado de la cuadrícula, con lo que la relación de Newman (1966) es entonces:

$$L = \left(\frac{\pi}{4}\right) NX$$

Si se considera, que el lado de la cuadrícula es igual a 4/ unidades de longitud, = N (unidades de X).

En ningún caso se determino la actividad radicular.



VISTA DE LA PARCELA EXPERIMENTAL.-

3.- RESULTADOS Y DISCUSION

3.1.- RESULTADOS DE LA CARACTERIZACION FISICA DEL SUELO BAJO ESTUDIO.

Los resultados obtenidos en la estimación de las condiciones estructurales del suelo bajo estudio, se resumen en el Cuadro 2.

CUADRO 1.- VALORES DE DENSIDAD APARENTE (Da), CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA (Ks), DISTRIBUCION DEL TAMANO DE PARTICULAS Y CLASE TEXTURAL.

Prof. (cm)	Da (g/cm)		K (mm/h)		% Arena total		% Limo		% Arcilla		Clase Textural
	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	
0-10	1.4	1.6	12.1	10.7	54.5	57.8	21.1	15.7	24.0	24.7	Franco
20-30	1.6	1.7	9.0	3.2	55.8	60.7	21.5	13.8	22.7	25.6	Arcillo arenoso

En general, los valores de densidad aparente promedio obtenidos tanto en la superficie como en la capa subsuperficial (20 a 30 cm), son altos excepto el correspondiente al punto 2, a la profundidad comprendida entre 0 y 10 cm, 1.47 g/cm³. Mientras que los valores de la conductividad hidráulica (Ks), son considerablemente bajos si los comparamos con los obtenidos por Cabrera y col. 1987, en el mismo suelo. Tanto la densidad aparente como la conductividad hidráulica, son índices estructurales que permiten estimar la facilidad o rapidez con que el exceso de agua desaparecerá de la superficie del suelo o de la masa de suelo superficial. En cuanto a la distribución del tamaño de partículas, no hay grandes diferencias entre los dos puntos de muestreo, sin embargo, en el punto 4 a las dos profundidades seleccionadas el contenido de arena total y arcilla es mayor. De lo anterior se puede concluir que, no se observan limitaciones severas para el almacenamiento y desarrollo de las plantas, no obstante, será la combinación de los factores climático y de manejo los que definan las restricciones.

3.2.- RESISTENCIA A LA PENETRACION. INDICE DE CONO

En los últimos años el uso del penetrómetro, especialmente el de cono, se ha convertido en un instrumento de gran utilidad en el diagnóstico de la compactación de los suelos, con énfasis en los estudios de labranza. Especialmente para establecer comparaciones entre los efectos de las labores de conservación y la labranza tradicional (Perumpral, 1987).

Para el caso que nos ocupa, de un total de 630 observaciones, provenientes del transect establecido en la parcela (Fig.3), se escogieron para su interpretación los índice de cono comprendidos entre 0-5, 20-25, 25-30 y 45-50 cm de profundidad, por considerarlos como los que mejor representan las condiciones de humedad del suelo para desarrollo del mayor volumen de raíces. La representación gráfica de los índices de cono, a cada profundidad se muestran en las Fig. 8 y 9. Donde se puede observar, que en la superficie (0 - 5 cm) los valores no exceden el 1.06 MPa, correspondiendo en muchos casos el valor de < 0.0028 MPa, cuando la resistencia del suelo a la penetración fue tan pequeña que el penetrómetro por su propio peso profundizó entre 5 y 10 cm, todo ello debido al alto grado de mullimiento del suelo, como consecuencia de las labores mecanizadas realizadas antes de la siembra, en el momento de la prueba el contenido de humedad volumétrico promedio en los 50 cm fue de 18.88%.

Entre los 20 - 25 cm, las condiciones cambian y es evidente el incremento en los valores del índice de cono, manteniéndose en la mayoría de los valores entre 2 y 5 MPa (Fig. 8a; 9a y 9b).

En ningún caso se aprecia tendencia de aumento o descenso marcado dentro de cada estrato por debajo de los 20 cm de profundidad, este efecto pareciera estar relacionado con la escasa humedad del suelo (Cuadro. 2).

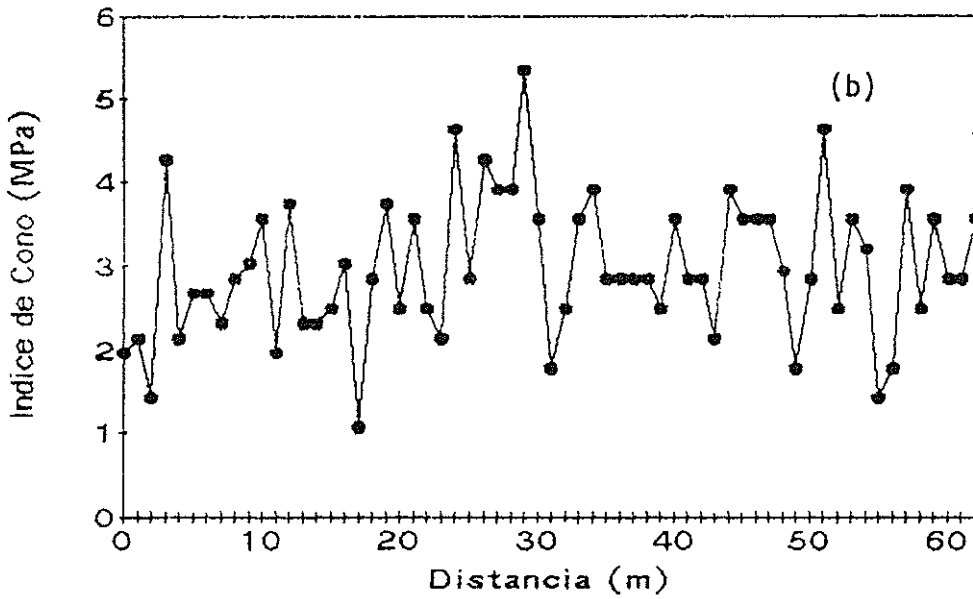
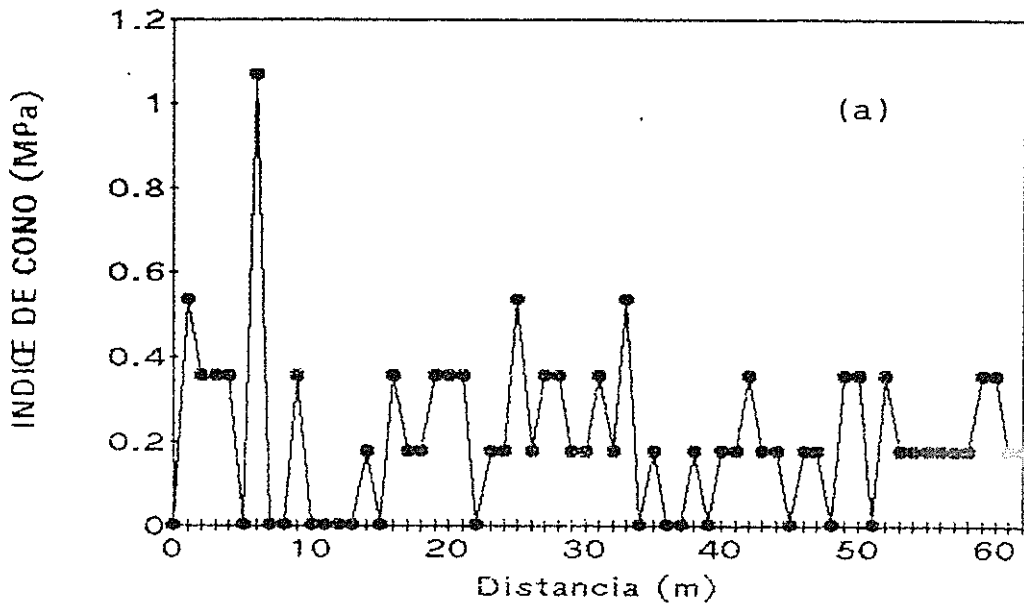


Fig. 8 Índices de cono (IC) a las profundidades de 0-5 y 20-25 cm

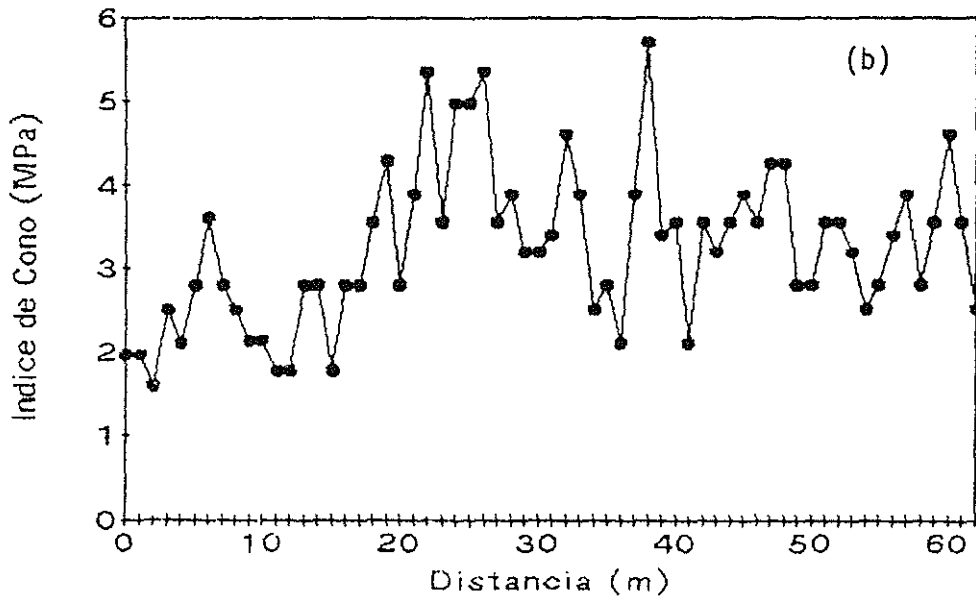
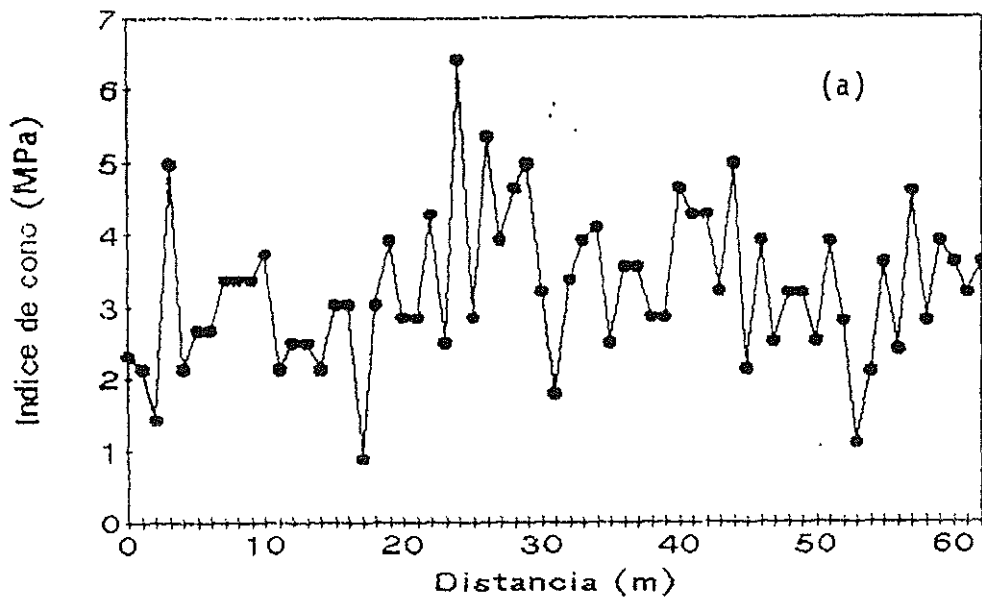


Fig. 9 Indices de cono (IC) a las profundidades de 25-30 y 45-50 cm.

Al graficar los valores IC promedios a cada profundidad (0-5, 20-25, 25-30 y 45-50 cm), comprobamos que la resistencia a la penetración aumenta con la profundidad, detectandose entre los 30 y 50 cm una capa compactada (Fig. 9A).

CUADRO 2.- CONTENIDO DE HUMEDAD VOLUMETRICO OBTENIDO A DIFERENTES PROFUNDIDADES, PROMEDIO DE 3 OBSERVACIONES A LO LARGO DEL TRANSECT.

Profundidad (cm)	Contenido de humedad (% vol.)
0 - 10	18.56
10 - 20	17.81
20 - 30	18.71
30 - 40	20.07
40 - 50	19.29

3.2.1.- ESTUDIO DE LA VARIABILIDAD ESPACIAL DE LA RESISTENCIA A LA PENETRACION.

La resistencia a la penetración (RP), es una medida puntual en el campo sujeta a una alta variabilidad espacial (Biggar y col. 1976), que requiere para su análisis y posterior interpretación de la geoestadística.

En este sentido, al procesar los índices de cono correspondientes a las profundidades ya mencionadas se obtuvieron los variogramas contenidos en las Fig. 10 y 11. Donde es posible observar a excepción de la profundidad de 45-50 cm un acusado efecto pepita o Nugget Effect", particularmente en la profundidad de 20-25 cm (Fig. 10b), donde el efecto pepita es puro.

El efecto pepita, permite caracterizar la influencia residual de todas las variables que tienen rango (a-) mucho mayor que la distancia disponible de observación ($h > a$ -), como en este caso, el efecto pepita, aparece en el variograma como una aparente discontinuidad con respecto al origen.

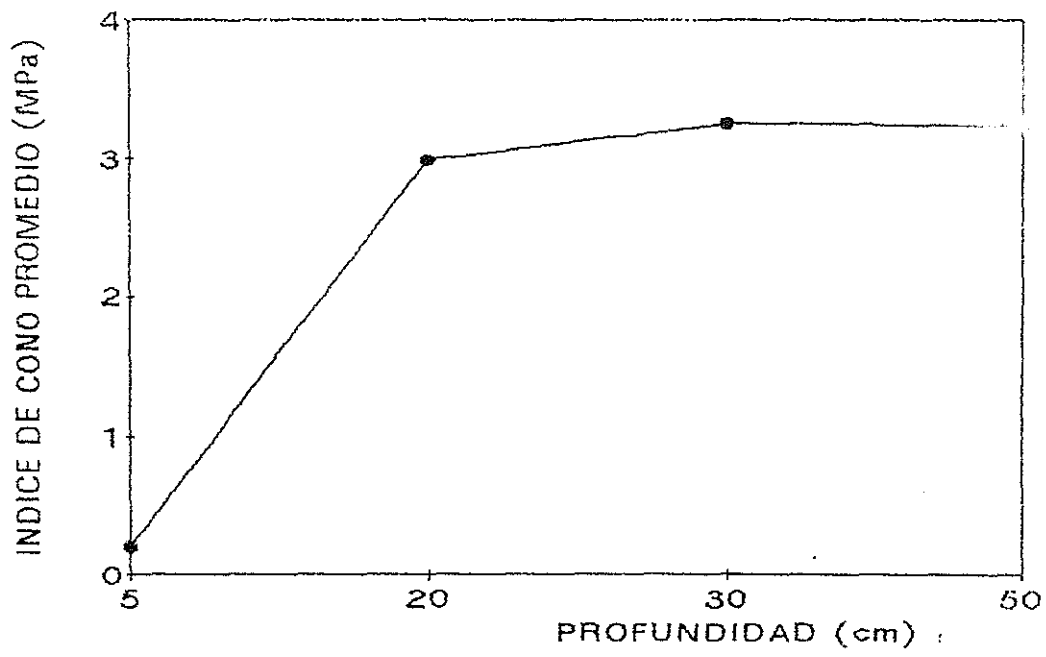


FIG. 9(A). INDICE DE CONO PROMEDIO

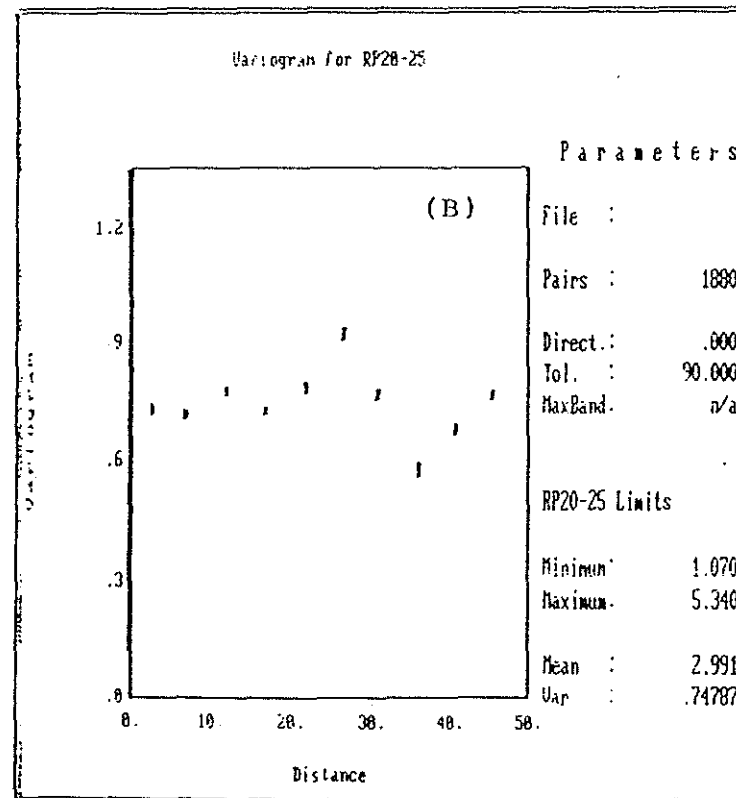
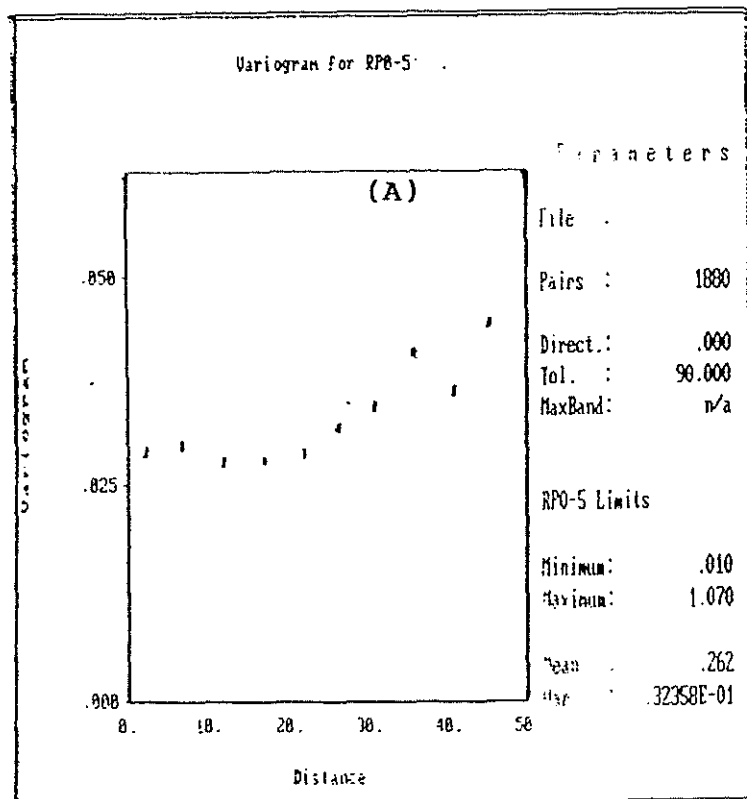


FIG. 10 Variogramas obtenidos a partir de los valores de índice de cono, (A) de 0 a 5 cm y (B) de 20 a 25 cm de profundidad.-

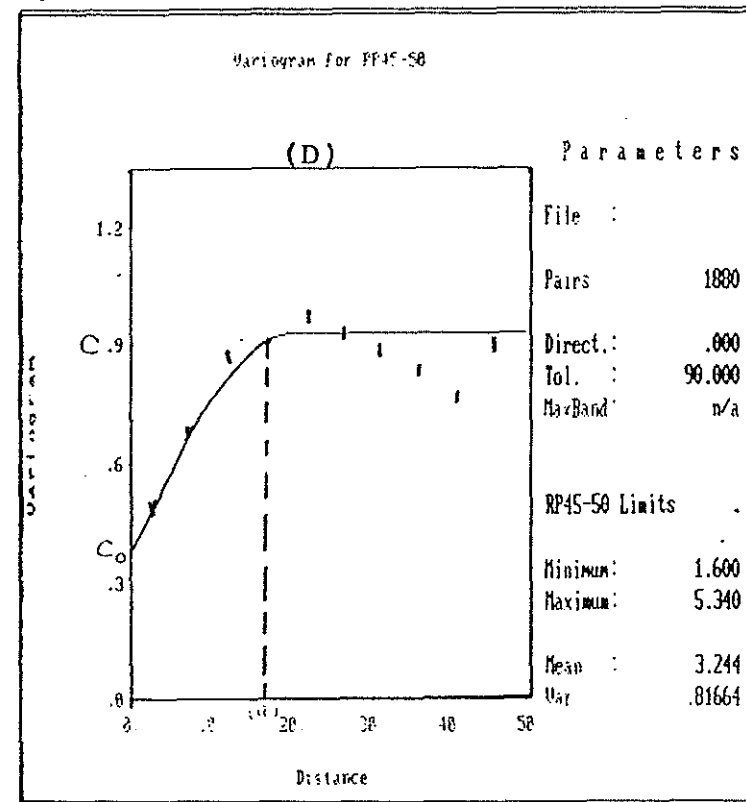
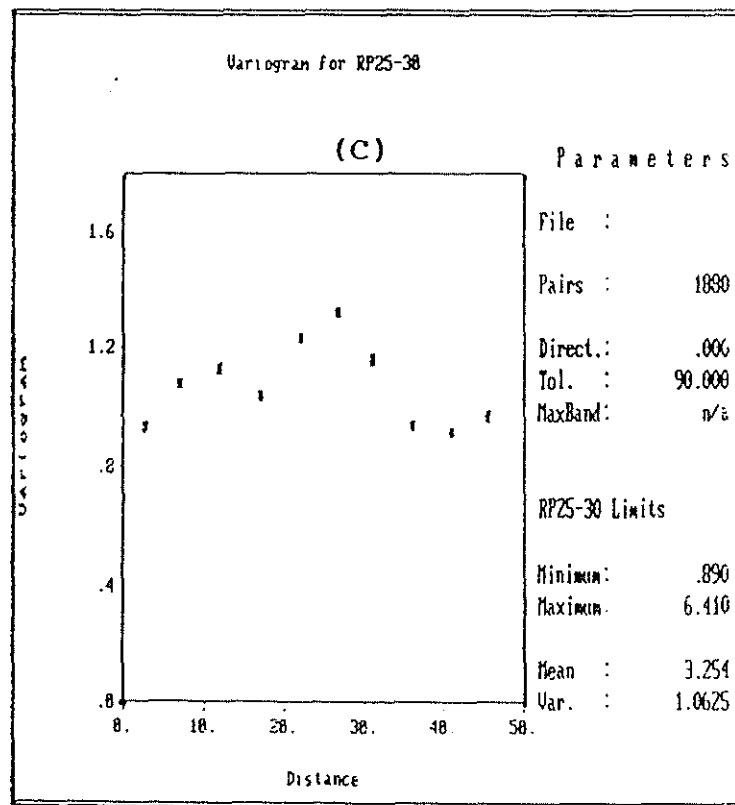


FIG. 11 Variogramas obtenidos a partir de los valores de índice de cono, (C) de 25 a 30 cm y (D) de 45 a 50 cm de profundidad.-

Incluso en los primeros 30 cm de profundidad, predomina una alta variabilidad que no puede ser atribuida a variabilidad espacial, es decir, la causa de la variabilidad, es aleatoria y aquí es necesario hacer énfasis en la importancia del efecto de escala, que se encuentra estrechamente relacionado con el efecto pepita.

Presumiblemente, la alta perturbación del suelo con las labores antes de la siembra, el bajo contenido de humedad del suelo en el momento de la medición y el error experimental, pudieran ser la causa de estos resultados, confirmado por los altos coeficientes de variación, 68.7% (0-5 cm), 28.9% (20-25 cm) y 31.7% (25-30cm).

Al revisar los resultados obtenidos a la profundidad comprendida entre 45 a 50 cm (Fig. 11d), encontramos un variograma con todos sus componentes, aleatorio (c·), espacial o meseta (c) y rango (a·), bastante aproximado al modelo esférico y con un efecto pepita es relativamente bajo.

Al efectuar la relación $c\cdot/c = 0.4/0.9 = 44\%$, tenemos que a distancias menor es que el rango ($a = 19$ m) tiene un componente aleatorio de 44% y por debajo de 19 m existe estructura espacial y correlación.

A esta profundidad se obtuvo el coeficiente de variación más bajo, 27.8%, que sumado a lo anterior pone de manifiesto que a profundidades mayores a los 30 cm la influencia del laboreo es mínima y por consiguiente la perturbación.

3.3.- RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE INFILTRACION

Como se resaltó en la metodología, las pruebas de infiltración con el infiltrómetro de doble anillo y el simulador de lluvia, Ose realizaron en forma conjunta en 4 lugares distribuidos al azar en la parcela.

3.3.1.- INFILTRACION MEDIANTE EL METODO DEL DOBLE ANILLO

Los valores de tasa de infiltración e infiltración acumulada obtenidos en todos los puntos 1, 2, 3 y 4 (Fig. 12 y 13) son muy variables. No es posible hacer comparaciones entre puntos ubicados relativamente cerca. Posiblemente esto se deba a diferencias en el contenido de humedad del suelo en el momento de la prueba, a la variabilidad de otras propiedades que controlan el proceso de infiltración, como la densidad aparente (Cuadro. 1) y puesto de manifiesto por la diferencia de resistencia a la penetración, mostrados anteriormente. Resultados similares han sido encontrados por Pelegrín (1989) para suelos de esta zona.

3.3.2.- INFILTRACION MEDIANTE EL SIMULADOR DE LLUVIA

En las pruebas con el simulador de lluvia, las tendencias son más homogéneas, las diferencias entre puntos adyacentes no son tan marcadas, aún cuando se utilizaron 60 minutos de medición del volumen escurrido (Fig. 14)

Es importante resaltar, que no se consideraron las pérdidas ocurridas por salpique y escurrimiento de agua a través de las paredes del tubo soporte. La

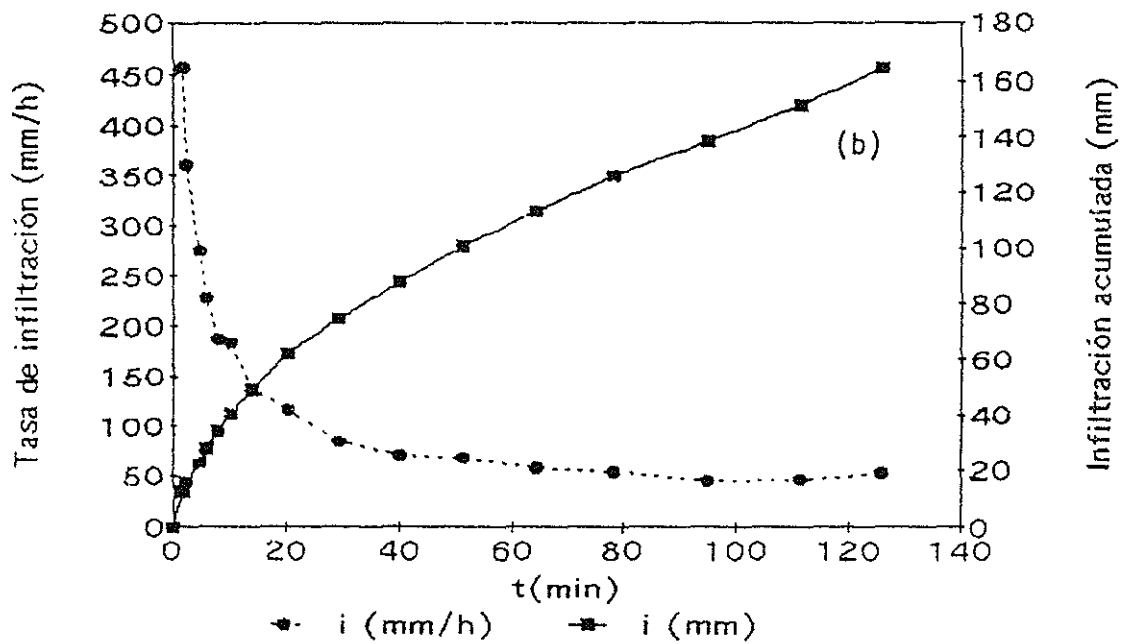
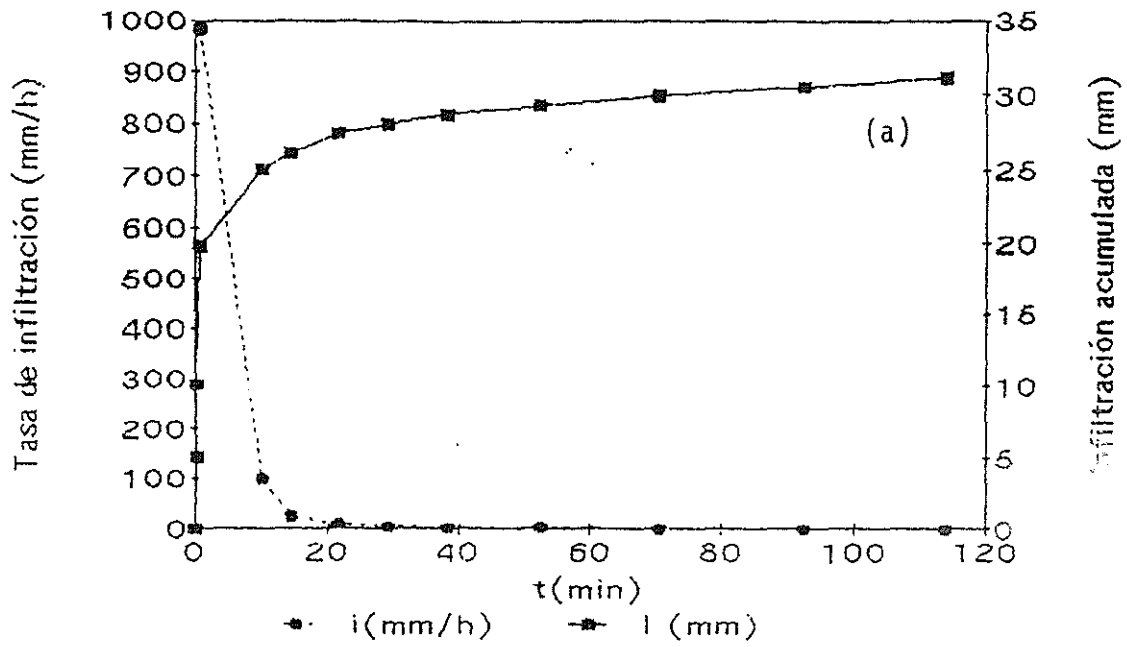


Fig. 12 Tasa de Infiltración e Infiltración Acumulada (doble anillo) en los puntos 1 y 2.-

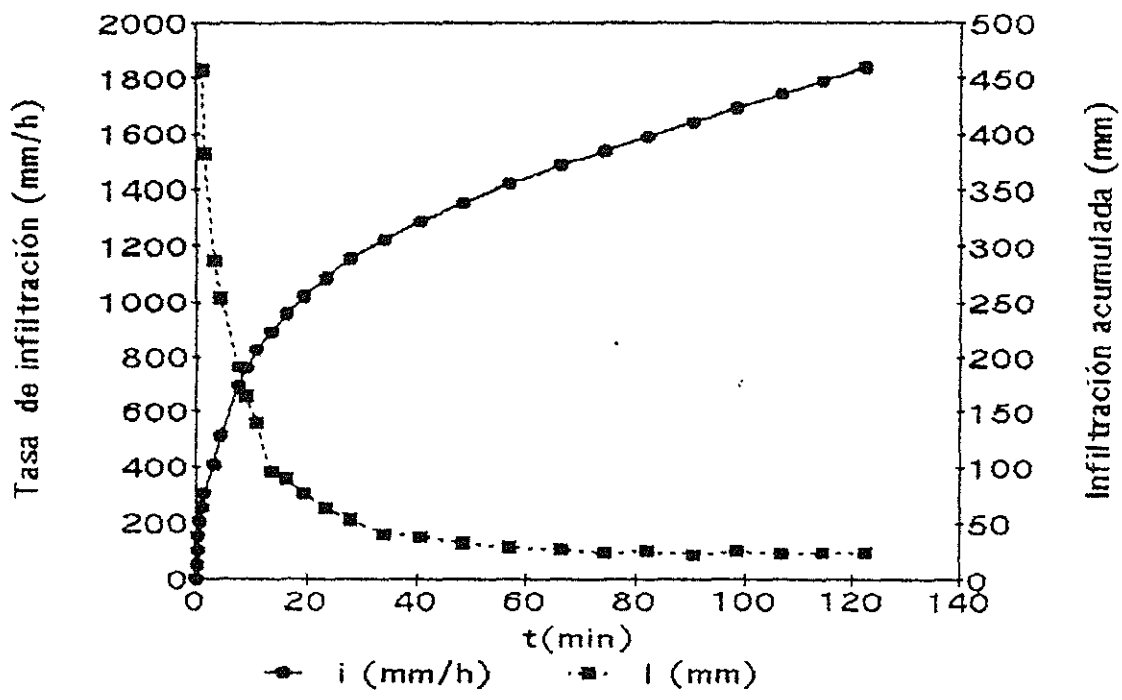
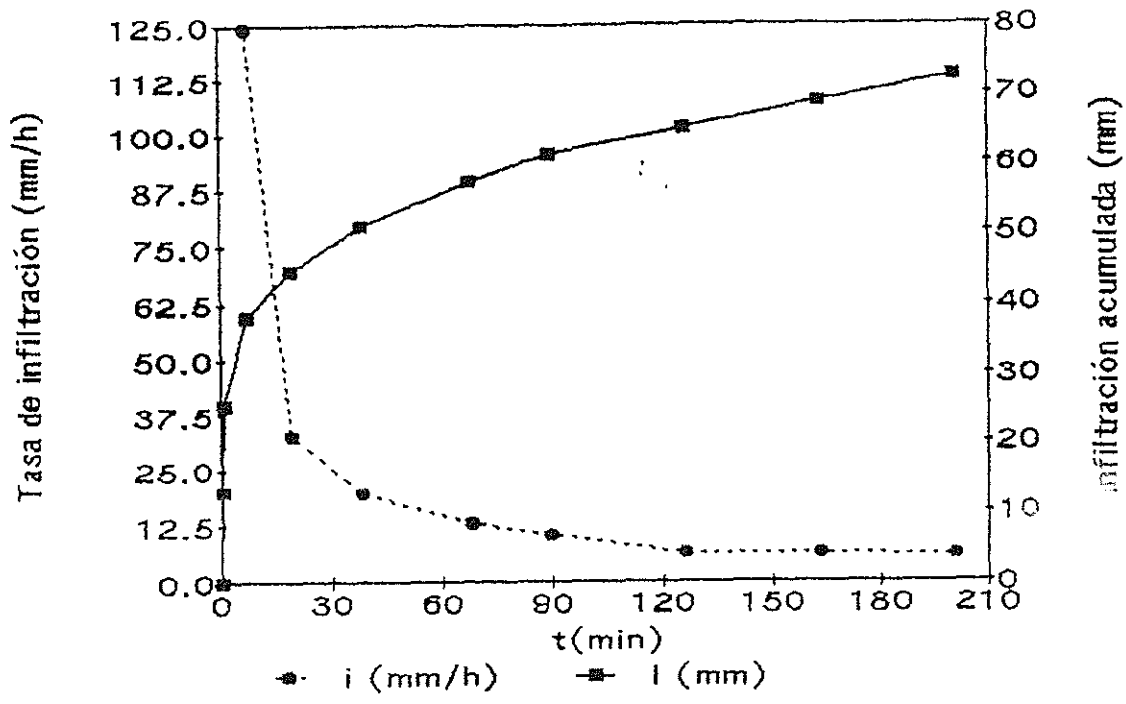


FIG. 13 TASA DE INFILTRACION E INFILTRACION ACUMULADA (DOBLE ANILLO) EN LOS PUNTOS 3 y 4.-

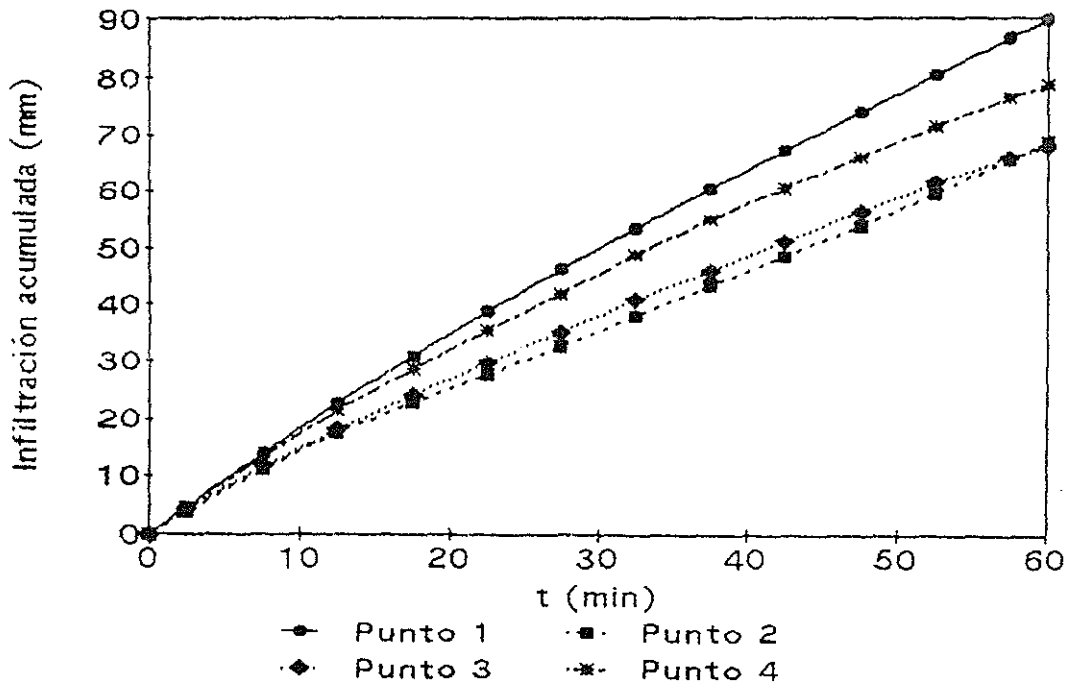
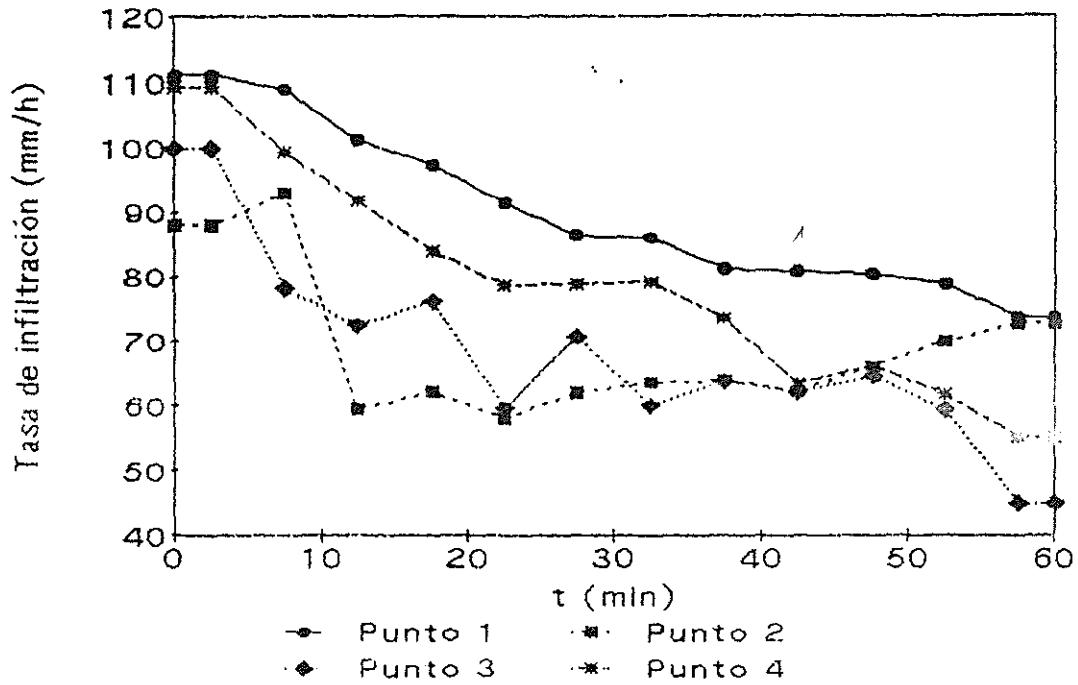


FIG. 14 TASA DE INFILTRACION E INFILTRACION ACUMULADA (SIMULADOR DE LLUVIA) EN CADA PUNTO DE OBSERVACION (1,2,3 y 4)

presencia de material vegetal, restante del corte realizado al trigo para colocar el aparato 0también favoreció el escurrimiento.

En todo caso, parecería que la infiltración bajo lluvia simulada estaría más de acuerdo con lo que sucede en realidad en los suelos bajo condiciones de seco.

3.4.- PERFIL HIDRICO

La evolución del perfil hídrico a lo largo del ciclo del cultivo, permitió hacer el seguimiento de los cambios en el contenido de humedad del suelo, como consecuencia de las entradas, que en este caso exclusivamente procedieron del agua de lluvia y las salidas por el consumo del cultivo y las pérdidas por evaporación. La representación gráfica de estos valores de humedad viene dada por el perfil medio, de las mediciones realizadas en los puntos 2 y 4.

En general, la tendencia observada, es que los contenidos de humedad fueron mayores dependiendo del volumen de agua precipitada (Fig. 15) y las demandas de consumo por parte del cultivo en las diferentes etapas de crecimiento. En la Figura 15a, se aprecia como el contenido de humedad en la superficie fue superior al 20% y el almacenamiento en profundidad se encontró alrededor del 25 %, favorecido por las lluvias caídas en el invierno, Noviembre y Diciembre 25.8 y 66 mm respectivamente. Situación que es parecida a la encontrada por Pelegrín y col. (1990), para suelos similares de esta zona con cultivo de trigo.

El perfil hídrico del 10-01-92 (Fig. 16a) muestra valores más bajos que los registrados en Diciembre, lo cual es debido en gran parte al drenaje, por debajo de los 70 cm de profundidad, ya que en esta época la evapotranspiración es bastante baja debido a la escasa extracción por parte del cultivo que para esta fecha se encontraba en su estado de crecimiento inicial. A finales de Enero y principio de Febrero, los perfiles hídricos mostraban valores bastante bajos en los primeros 20 cm como consecuencia de la ausencia de precipitaciones y la influencia de la extracción de agua por parte del cultivo.

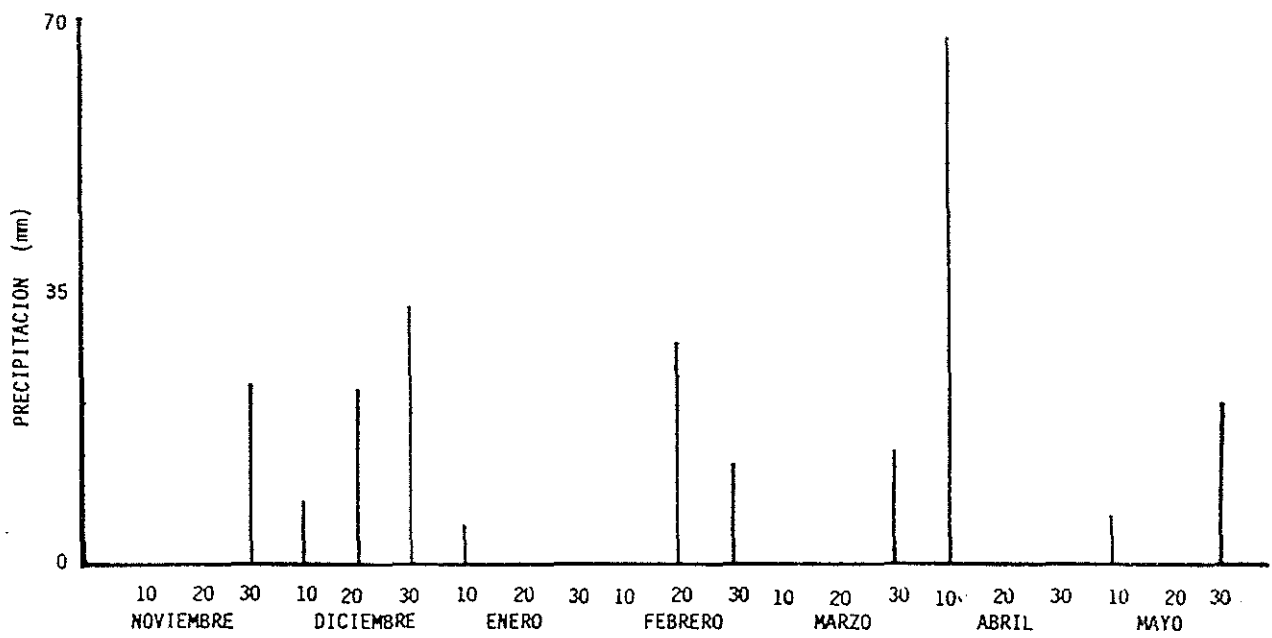


Fig. 15 DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION PARA EL PERIODO NOVIEMBRE (1991) A MAYO (1992).-

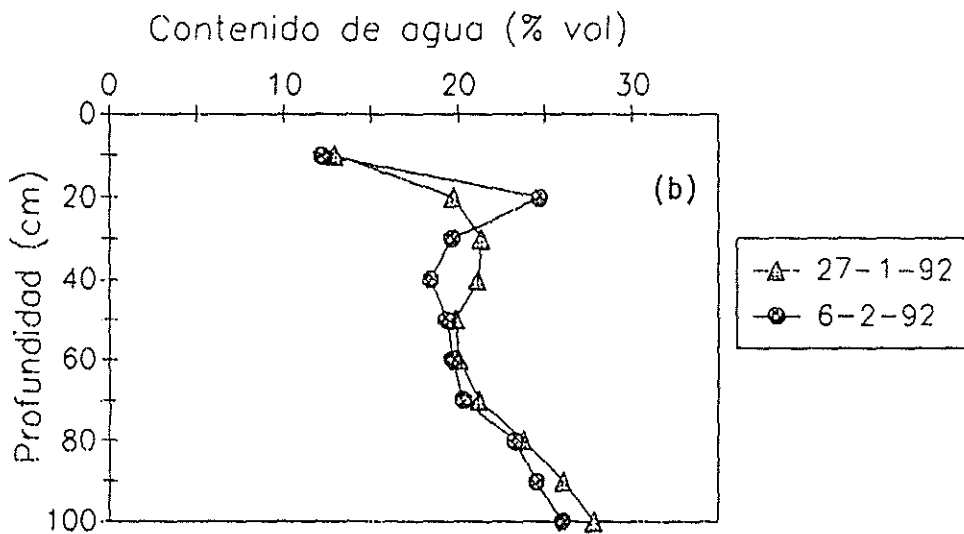
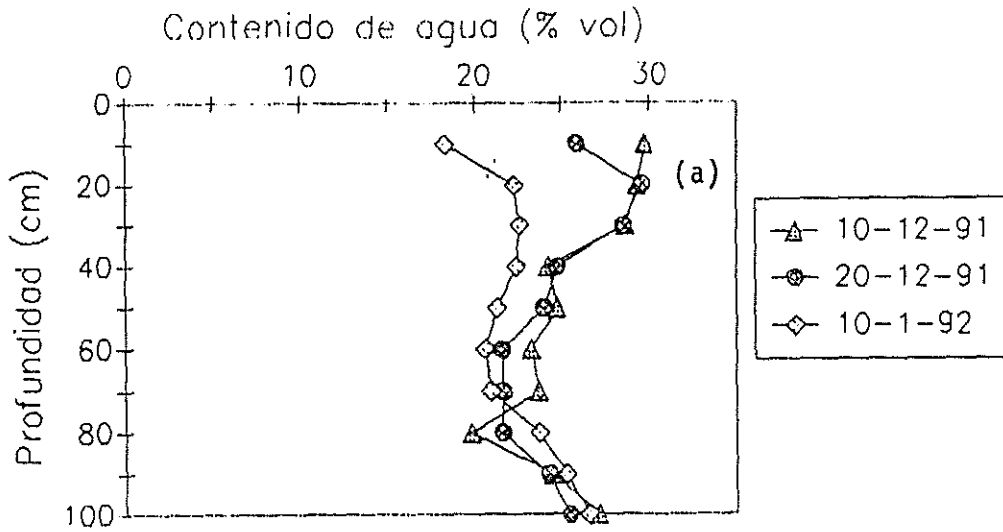


Fig. 16 Evolución del perfil hidrico durante el ciclo de cultivo.-

A partir de Febrero Fig. 17a, el cultivo demanda mayor consumo de agua, lo que provoca una desecación del perfil que no introduce mayores cambios en el perfil hasta una profundidad de 70 cm (Fig. 17a; 27-2-92), sin embargo, las lluvias caídas en la segunda quincena de Febrero, recargan los primeros 30 cm del perfil. Durante el mes de marzo las demandas del cultivo van agotando progresivamente la reserva del perfil, situándose el contenido de humedad por debajo del 15 %, hasta una profundidad de 60 cm (Fig. 17b ; 23-03-92). Esta última situación se modificó de forma notable con las lluvias registradas entre el 25 de Marzo y el 5 de Abril (85 mm), como muestra el perfil del 5-04-92 en la Fig. 18. A partir de este momento, las altas temperaturas registradas, provocan una fuerte demanda por parte del cultivo, que se encontraba en ese momento en la fase de llenado del grano, que se reflejó en la evolución del perfil hasta contenidos muy bajos de agua, como se mostró en el perfil del 28-04-92 (Fig. 18).

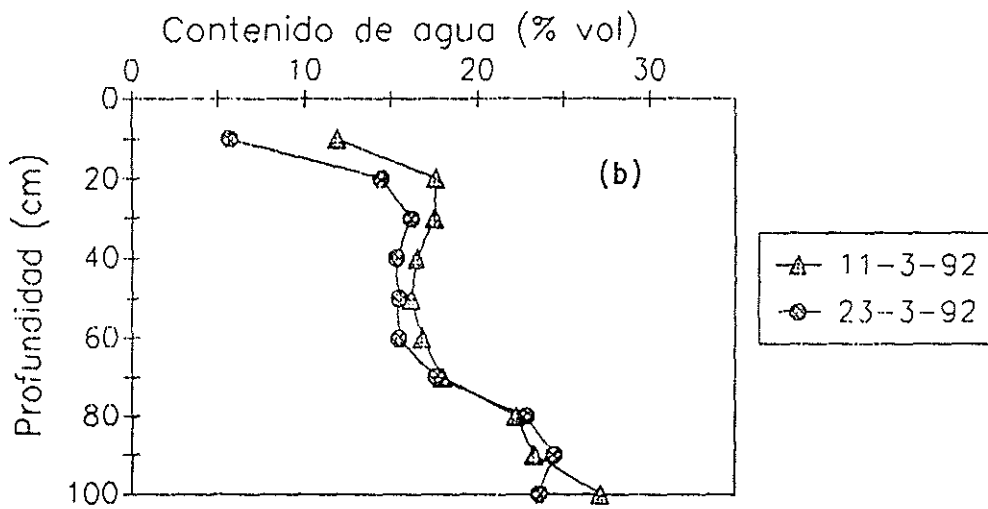
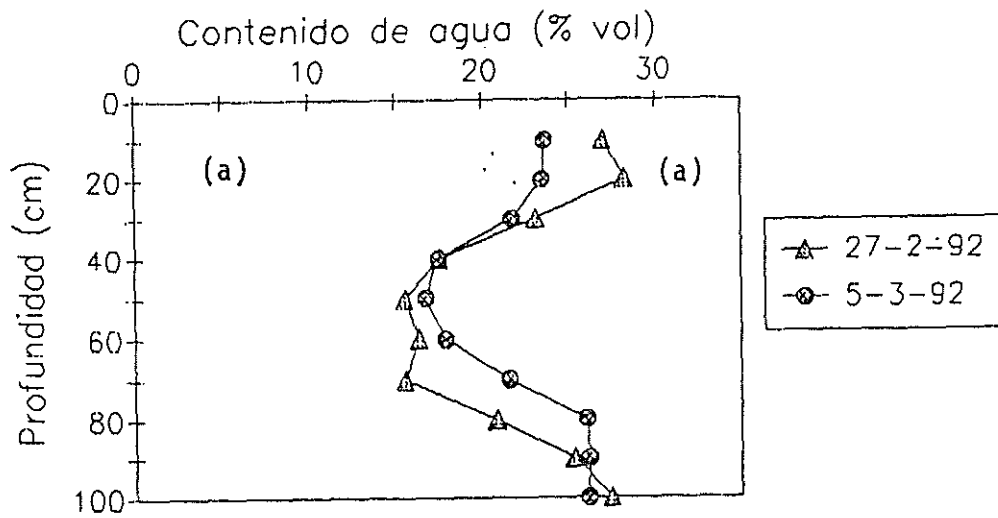


Fig. 17 Evolución del perfil hidrico durante el ciclo de cultivo.-

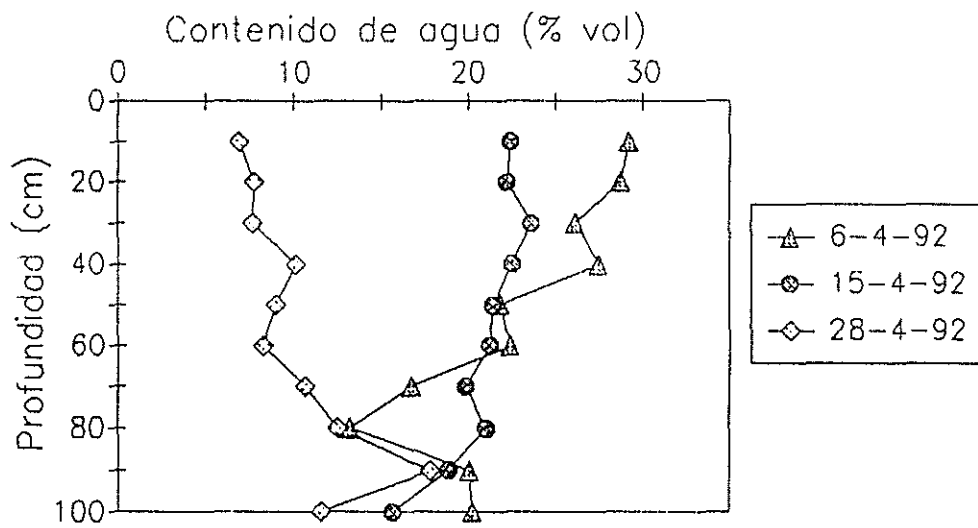


Fig. 18 Evolución del perfil hidrico durante el ciclo de cultivo.-

3.5.- DESARROLLO DEL SISTEMA RADICULAR Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO

Al analizar los resultados obtenidos del muestreo exploratorio realizado en los puntos de observación 2 y 4 y transcurridos 115 días después de la siembra, encontramos una gran diferencia en los valores de densidad radicular en los primeros 30 cm de profundidad (Fig. 18).

El punto de muestreo 4, ubicado en la parte ligeramente más alta de la parcela, la cantidad de raíces cuantificadas es bajo y constante con la profundidad, notándose solamente un ligero aumento a partir de los 50 cm de $0.04 \frac{\text{mm}^3}{\text{mm}^3}$, en este punto aún cuando texturalmente es igual al 2, el contenido promedio de limo es más bajo 14.74% el de arcilla un poco más alto 25.14 % y en lo que respecta al contenido de arena total es más alto 59.21 %. La cantidad y distribución de las raíces en el punto 2 es diferente, en los primeros 30 cm de suelo se ubica la mayor densidad de raíces, disminuyendo drásticamente hasta alcanzar valores muy similares a los obtenidos en el punto 4, a partir de 35 cm de profundidad. Este mayor desarrollo de raíces, puede deberse a una mayor capacidad de retención de agua por parte del suelo, sin descartar la infiltración de agua a través de grietas que en esta zona de la parcela eran más frecuentes.

Al revisar los valores de índice de cono, obtenidos a la profundidad de 35 cm, encontramos que son superiores a los registrados en la superficie, en su mayoría superiores a los 3 MPa, lo que nos induce a considerar la presencia de una capa compactada a dicha profundidad que disminuyó la tasa de crecimiento de las raíces aún cuando las condiciones de humedad del suelo fuesen favorables.

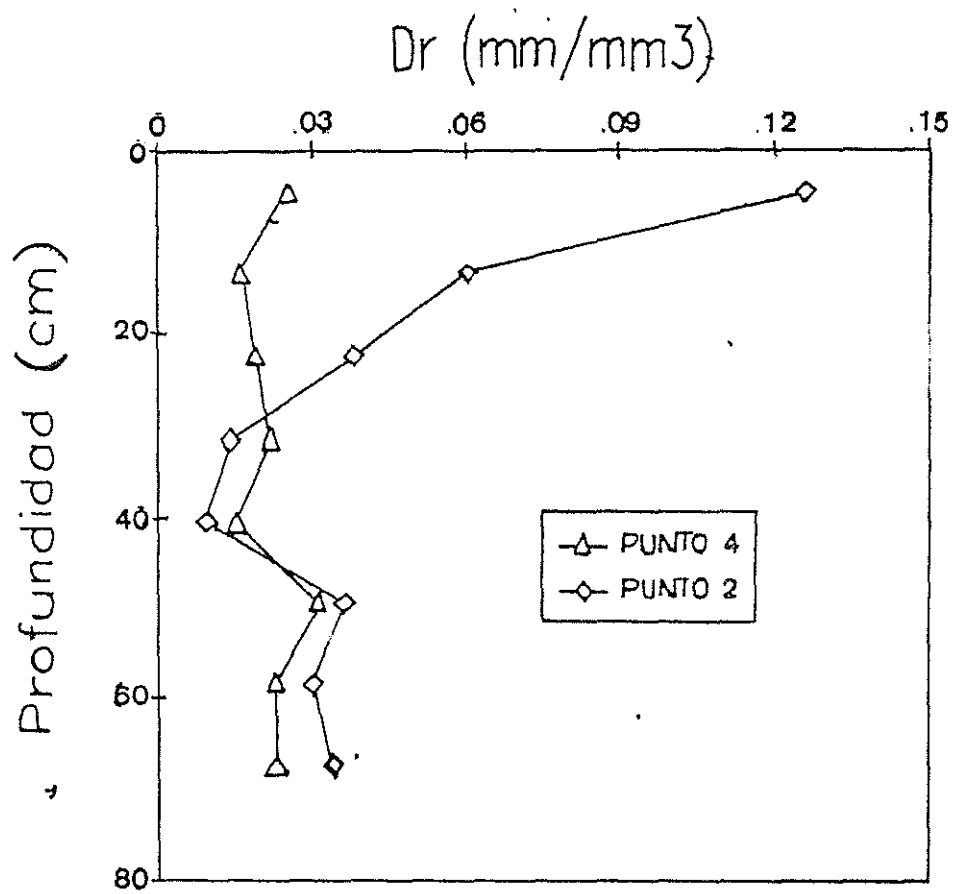


Fig.18 Densidades radiculares obtenidas en cada punto de observacion.-

En todo caso, estos resultados no son confirmatorios ya que sería necesario analizar mayor número de observaciones y mediciones en el tiempo, no obstante, nos proporcionan información importante acerca de los efectos del laboreo tradicional y su incidencia en la formación de la suela de labor.

En lo que respecta a, la altura alcanzada por las plantas de trigo desde la fase de crecimiento vegetativo (27-01-92), hasta la fase de maduración (14-04-92), Fig. 19 se aprecia que las plantas ubicadas en el punto 2 alcanzaron el mayor desarrollo a lo largo ciclo (85 cm), con respecto a las plantas ubicadas en los puntos 1, 3, 4 y 5 respectivamente. Es necesario destacar que el mayor desarrollo obtenido en esta zona de muestreo, coincide también con la mayor densidad de raíces cuantificadas en los primeros 30 cm de suelo. No obstante, estas diferencias no se manifestaron en los rendimientos. En este sentido se procedió antes de realizar la cosecha definitiva, hacer una estimación del rendimiento, a través de un muestreo al azar, utilizando una cuadrícula de 0.25 m² colectando un total de 12 muestras (Fig. 20), con un promedio de 140 plantas por muestra, obteniéndose un rendimiento estimado de 6704.77 kg/ha (Cuadro.3 y Fig. 21).

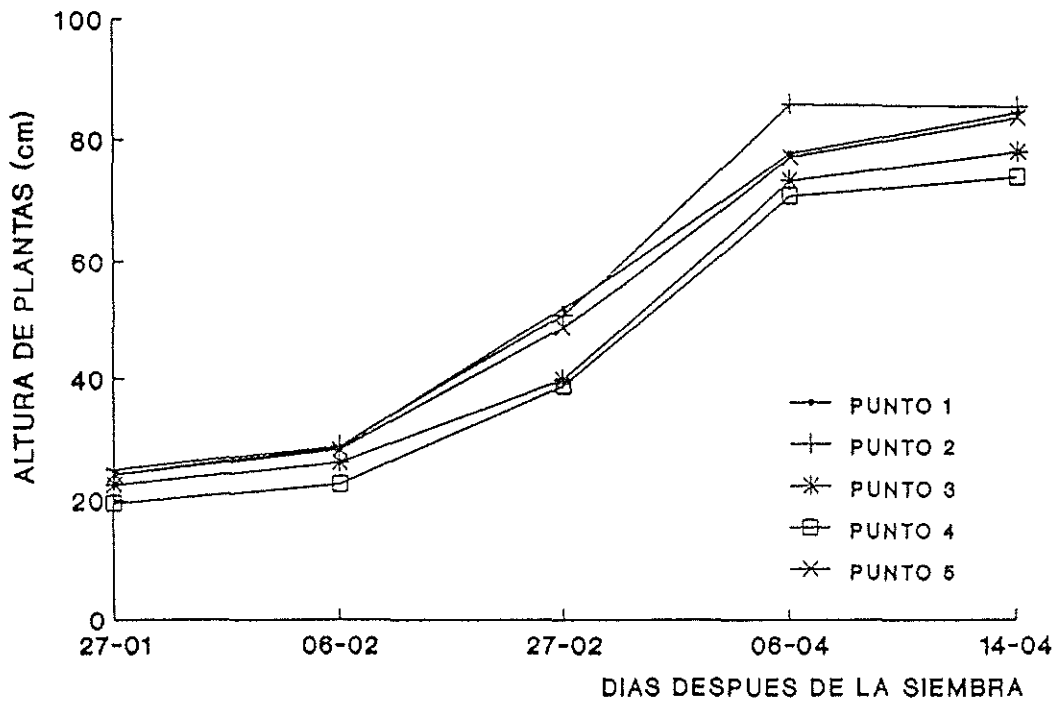


Fig.19 Altura de plantas del cultivo de trigo en diferentes estados de crecimiento, Fecha de siembra 19-11-91.



FIG. 20 DETALLE DE LA TOMA DE MUESTRA DE TRIGO, PARA LA ESTIMACION DE COSECHA.-



FIG. 21 VISTA GENERAL DEL ESTADO DE MADUREZ ALCANZADO POR EL CULTIVO (21 - 05 - 92).-

Cuadro. 3 ESTIMACION DE COSECHA UTILIZANDO
COMO AREA DE MUESTREO 0.25 m.

Muestra	Peso Grano (g)	Número de espigas	Peso total (g)
1	183.65	130	273.72
2	199.05	140	291.71
3	177.22	125	251.76
4	160.75	136	232.89
5	158.08	130	244.08
6	162.55	145	244.61
7	158.47	150	231.00
8	146.15	148	224.45
9	158.23	136	230.41
10	164.36	130	236.53
11	173.26	125	264.78
12	179.66	130	265.85

La diferencia entre el rendimiento estimado y el rendimiento definitivo de 5594.76 Kg/ha, fue de 1110.02 Kg/ha. Esta diferencia nos permite tener una idea en cuanto a la magnitud de las pérdidas en el proceso de la cosecha mecanizada.

4.- CONCLUSIONES

A la vista de estos primeros resultados de las propiedades físicas del suelo, previo a la introducción de un sistema de laboreo de conservación, se pueden establecer las siguientes conclusiones preliminares:

De acuerdo a los resultados obtenidos bajo condiciones de secano se observó que existen dificultades para la infiltración del agua, como consecuencia de la compactación superficial y subsuperficial. No obstante, estas limitaciones no llegaron a ser críticas para el desarrollo del cultivo.

Considerando a que el efecto de la pendiente es despreciable en la parcela experimental y el suelo se encuentra desnudo en las primeras etapas de crecimiento del cultivo, el proceso de erosión hídrica se caracteriza por la destrucción de los agregados y el sellado superficial, con la posterior formación de grietas.

La introducción del laboreo de conservación utilizando aperos de proyección vertical hacia arriba, como los arados chisel, con profundidades de labor alrededor de 30-35 cm, eliminarán las suelas de labor detectada.

5.- BIBLIOGRAFIA

- ARRUE UGARTE, J. L. 1980. El sistema radicular del olivo (*Olea europea*) y del naranjo (*Citrus sinensis*). Cuantificación de su influencia en la compensación de las necesidades de agua, según las condiciones del medio. Memoria Resumen Beca Doctoral. Centro de Edafología y Biología Aplicada del Cuarto, Sevilla.
- BIGGAR, J. W. y NIELSEN, B. R. 1976. The espatial variability of the leaching characteristics of a fiel soil. *Water Resours. Res.*, 12, 78-84.
- BOWER, H. 1961. A double tube method for measuring hydraulic conductivity of soil in situ above a water table. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 25, 334-339.
- CABRERA, F. ; MORENO, F. ; MACCI, S y DE ARRAMBARRI P. 1987. Utilization of wastes from olive and sugar beet processing industries in fertirrigation. 4th. International CIEC Symposium. Proceeding 11-14 May Fed. Rep. of Germany.
- DE LA ROSA, D. ; MORENO, J. A. ; GARCIA, L. V. y ALMORZA, J. 1992. MicroLeis: A microcomputer-based Mediterranean land evaluation information system. *Soil use and management*, Vol. 8 N. 2. En: Resumen de Ponencias Curso de Evaluación de Suelos. Univ. Mélendez Pelayo, Valencia-España.
- DE LEENHEER, L. ; VAN RUYMBEKE, M y MAES, L. 1985. The chain hydrometer method for particle size analyses. *Z. Pflanzenernahr Dung. Bodenk.* 68:10-19.
- MARSH, B. .1971. Measurement of lenght in random arrangement of lines. *J. Appl. Ecol.* 8, 265-267.
- MARTIN-ARANDA, J. 1973. Factores físicos fundamentales en la economía de agua en los suelos de Andalucía Occidental. Alcance agronómico en cultivos de regadío. Tesis Doctoral, Univ. Granada, España.
- MATHERON, G. 1962. *Traité de Géostatistique Appliquée*, Vols. 1 y 2, Technip, Paris, Francia.

- MUDARRA, J. L. 1988. Reconocimiento de los suelos de la comarca del Aljarafe (Sevilla). Publicaciones del C.S.I.C.
- NEWMAN, E. J. 1966. A method of estimating the total length of root in a sample. *J. Appl. Ecol.*, 3, 139-145.
- PELEGRIN, F. 1989. Relación entre laboreo y propiedades físicas del suelo: Influencia en el balance hídrico y en las disponibilidades de agua en una rotación de cultivo de secano en la campiña de Sevilla. Tesis Doctoral, Univ. de Córdoba, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos.
- PELEGRIN, F. 1992. Comunicación personal.
- PLA, I. 1983. Metodología para la caracterización física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales. *Rev. Alcance*. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía. Maracay, Venezuela.
- PLA, I. y NACCI, S. 1991. Técnicas y equipos desarrollados en el país para evaluar propiedades físicas de los suelos. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP). Maracay, Venezuela.
- RICHARDS, L. A. 1967. Determination of the moisture characteristic in the range of (3-4.3) by means of the pressure membrane apparatus - West-European methods for soil structure determination, V. 62 - 65.
- SOIL SURVEY STAFF. 1975. Soil Taxonomy. *Agric. Handb.*, 436. USDA, US. Government Printing Office, Washington. D.C.
- VERHEYE, W. H. 1992. Application of the FAO approach for land evaluation to european condition. Resumen de las ponencias Curso de Evaluación de Suelos. Univ. Méndez Pelayo. Valencia, España.