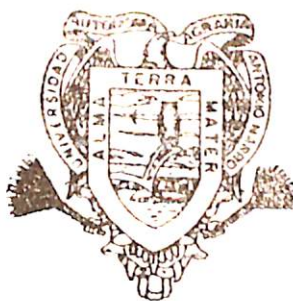


UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

PROGRAMA DE GRADUADOS



ESTUDIO DEL SUELO ASOCIADO CON
MORTANDAD DE ARBOLES DE MANZANO
(Malus SPP) EN LA REGION DE
NUEVO CASAS GRANDES, CHIH.

POR:

ENRIQUE DE J. MEDINA MORENO

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS
ESPECIALIDAD DE SUELOS

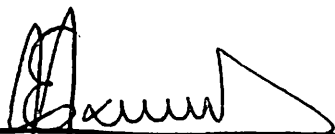
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MEXICO
JUNIO DE 1984

Tesis elaborada bajo la supervisión del comité particular
de asesoría y aprobada como requisito parcial, para optar
al grado de:

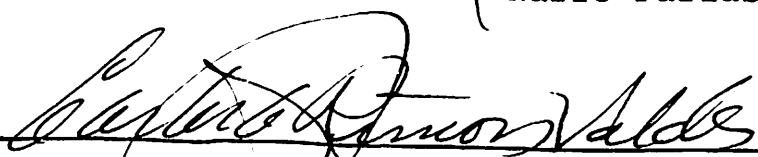
Maestro en Ciencias Especialidad de Suelos

Comité Particular

Asesor Principal:


Dr. Eduardo A. Narro Farías

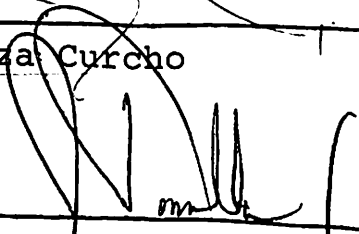
Asesor:


Dr. Carlos A. Rincón Valdés

Asesor:


M.C. Mercedes De la Garza Curcho

Subdirector de Postgrado:


Dr. Jesus Torralba Elguezabal

Buenavista, Saltillo, Coahuila



BIBLIOTECA
EGIDIO G. REBONATO
BANCO DE TESIS
U.A.A.A.N.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y Colegio de Graduados de la Universidad Autónoma - Agraria "Antonio Narro" (UAA"AN") por su apoyo en la realización de mis estudios de postgrado.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) por las facilidades brindadas en la realización del presente trabajo.

A las siguientes personas, por su ayuda y valiosas sugerencias en el desarrollo de este trabajo:

Dr. Raúl Mancilla y Díaz Infante
Dr. Keir Fco. Byerly Murphy
Dr. Raúl G. Obando Rodríguez
Dr. Teodoro Herrera Pérez
Dr. Antonio Castrejón Sanguino
Dr. Angel Lagarda Murrieta
M.C. Alejandro J. Cavazos Aguirre
M.S. Javier Z. Castellanos Ramos
Ing. Carlos Juárez Palacios

Con especial reconocimiento:

Dr. Eduardo A. Narro Farías
Dr. Carlos A. Rincón Valdés
M.C. Mercedes De la Garza Curcho
Q.Z. Graciela Tavera y S. G.
Dr. Alberto Solé Benett
Dr. Juan Fco. Pissani Zúñiga

A mis compañeros de trabajo del Campo Agrícola - Experimental Valle de Juárez (CAEVAJ) por su valiosa colaboración.

INDICE

	PAGINA
INTRODUCCION	1
LITERATURA REVISADA	3
El suelo.	3
Composición del suelo	3
El perfil del suelo	4
Propiedades importantes del suelo para su - clasificación y evaluación.	5
Propiedades físicas del suelo	7
Textura del suelo	8
Estructura del suelo.	10
Profundidad del suelo	12
Densidad aparente	13
Porosidad del suelo	15
Compactación del suelo.	16
Resistencia de la penetración	17
Infiltración	18
Pedregosidad.	20
Drenaje interno	22
Capacidad de retención de agua.	22
Propiedades químicas del suelo.	23
Materia orgánica del suelo.	24
Reacción del suelo (pH)	26
Capacidad de intercambio catiónico.	27
Propiedades del suelo y sus características asociadas con el sistema radicular.	30
La pudrición texana	33
Distribución geográfica	34
Rango de hospederos	35
Sintomatología.	37
El organismo causal	38
Etiología de la enfermedad.	41

	PAGINA
MATERIALES Y METODOS.	43
Características de la región	49
Localización de los huertos	51
Ubicación de los sitios de suelo bajo estudio	53
Descripción de perfiles de suelo.	54
Características físicas y químicas del suelo.	55
Densidad aparente y porosidad total del suelo.	56
Velocidad de infiltración	59
Resistencia del suelo a la penetración.	61
Patógenos en raíces y suelo	65
RESULTADOS Y DISCUSION	67
Huerto A.	67
Sitio 1	69
Sitio 2	74
Sitio 3	78
Sitio 4	83
Huerto B.	87
Sitio 5	89
Sitio 6	94
Sitio 7	98
Huerto C.	102
Sitio 8	104
Sitio 9	107
Sitio 10.	110
Sitio 11.	113
Huerto T ₂	116
Sitio 12.	117
Sitio 13.	120

	PAGINA
Huerto T ₁	124
Sitio 14.	125
Sitio 15.	129
Discusión general	133
CONCLUSIONES	136
RESUMEN.	137
BIBLIOGRAFIA	144
APENDICE	155

INDICE DE CUADROS

CUADRO N°		PAGINA
1	Clasificación del suelo de acuerdo a su profundidad (United States Department of Agriculture, U.S. Forest Service, -- 1948).	13
2	Relaciones generales entre la textura, la densidad aparente y la porosidad de varios suelos (Narro, 1980).	15
3	Familias de infiltración (Torres, 1980).	20
4	Contenido de materia orgánica en suelos minerales (Ortíz y Ortíz, 1980).	26
5	Clasificación de los suelos de acuerdo a su pH (Fassbender, 1975)	27
6	Capacidad de intercambio de algunos minerales arcillosos, óxidos amorfos y <u>ma</u> teria orgánica según Sheffer y <u>Schachts</u> chabel (Fassbender, 1975).	29
7	Algunas plantas representativas y su <u>re</u> lativa susceptibilidad a <i>Phymatotrichum omnivorum</i> (Adaptado de Streets y Bloss, 1973).	36

INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°		PAGINA
1	Localización de la región de Nuevo Casas Grandes, Chih.	50
2	Localización de los huertos estudiados.	52
3	Descripción del perfil de suelo. . . .	57
4	Muestreo de suelo con barrena tipo Uhland para determinar la densidad aparente del suelo.	57
5	Dibujo esquemático de la barrena tipo Uhland para tomar muestras de suelo de volumen conocido	58
6	Toma de lecturas para determinar la velocidad de infiltración del suelo. . .	62
7	Determinación de la resistencia del suelo a la penetración con penetrómetro de impacto.	62
8	Dibujo esquemático del penetrómetro de impacto.	63
9	Curva de calibración del penetrómetro de impacto	64
10	Plano correspondiente al huerto A que muestra la distribución y cuantificación de áreas con y sin problemas de árboles, así como la ubicación de sitios de suelo bajo estudio	68
11	Gráfica de infiltración en escala logarítmica (A) y curva para estimar la infiltración básica del suelo (B). Sitio 1.	71

12	Curvas de resistencia del suelo a la - penetración a tres distancias del tron <u>co</u> del árbol, durante un período de -- cinco días después del riego. Sitio 1.	73
13	Gráfica de infiltración en escala loga <u>r</u> rítmica (A) y curva para estimar la in <u>f</u> iltración básica del suelo (B). Sitio 2.	76
14	Curvas de resistencia del suelo a la - penetración a tres distancias del tron <u>co</u> del árbol, durante un período de -- cinco días después del riego. Sitio 2.	77
15	Gráfica de infiltración en escala loga <u>r</u> rítmica (A) y curva para estimar la in <u>f</u> iltración básica del suelo (B). Sitio 3.	81
16	Curvas de resistencia del suelo a la - penetración a tres distancias del tron <u>co</u> del árbol, durante un período de -- cinco días después del riego. Sitio 3.	82
17	Gráfica de infiltración en escala loga <u>r</u> rítmica (A) y curva para estimar la in <u>f</u> iltración básica del suelo (B). Sitio 4.	85
18	Curvas de resistencia del suelo a la - penetración a tres distancias del tron <u>co</u> del árbol, durante un período de -- cinco días después del riego. Sitio 4.	86

19	Plano correspondiente al huerto B que muestra la distribución y cuantificación de áreas con y sin problemas de árboles, así como la ubicación de sitios de suelo bajo estudio.	88
20	Gráfica de infiltración en escala logarítmica (A) y curva para estimar la infiltración básica del suelo (B). Sitio 5.	92
21	Curvas de resistencia del suelo a la penetración a tres distancias del tronco del árbol, durante un período de -- cinco días después del riego. Sitio 5.	93
22	Gráfica de infiltración en escala logarítmica (A) y curva para estimar la infiltración básica del suelo (B). Sitio 6.	96
23	Curvas de resistencia del suelo a la penetración a tres distancias del tronco del árbol, durante un período de -- cinco días después del riego. Sitio 6.	97
24	Gráfica de infiltración en escala logarítmica (A) y curva para estimar la infiltración básica del suelo (B). Sitio 7.	100
25	Curvas de resistencia del suelo a la penetración a tres distancias del tronco del árbol, durante un período de -- cinco días después del riego. Sitio 7.	101

26	Plano correspondiente al huerto C que muestra la distribución y cuantificación de áreas con y sin problemas de árboles, así como la ubicación de sitios de suelo bajo estudio.	103
27	Gráfica de infiltración en escala logarítmica (A) y curva para estimar la infiltración básica del suelo (B). Sitio 8.	106
28	Gráfica de infiltración en escala logarítmica (A) y curva para estimar la infiltración básica del suelo (B). Sitio 9.	109
29	Gráfica de infiltración en escala logarítmica (A) y curva para estimar la infiltración básica del suelo (B). Sitio 10	112
30	Gráfica de infiltración en escala logarítmica (A) y curva para estimar la infiltración básica del suelo (B). Sitio 11	115
31	Gráfica de infiltración en escala logarítmica (A) y curva para estimar la infiltración básica del suelo (B). Sitio 12.. . . .	118
32	Curvas de resistencia del suelo a la penetración a tres distancias del tronco del árbol, durante un período de -- cinco días después del riego. Sitio 12.	119

33	Gráfica de infiltración en escala loga <u>r</u> ítmica (A) y curva para estimar la in <u>f</u> iltración básica del suelo (B). Sitio 13	122
34	Curvas de resistencia del suelo a la - penetración a tres distancias del tron <u>c</u> o del árbol, durante un período de -- cinco días después del riego. Sitio 13.	123
35	Gráfica de infiltración en escala loga <u>r</u> ítmica (A) y curva para estimar la in <u>f</u> iltración básica del suelo (B). Sitio 14	127
36	Curvas de resistencia del suelo a la - penetración a tres distancias del tron <u>c</u> o del árbol, durante un período de -- cinco días después del riego. Sitio 14.	128
37	Gráfica de infiltración en escala loga <u>r</u> ítmica (A) y curva para estimar la in <u>f</u> iltración básica del suelo (B). Sitio 15	131
38	Curvas de resistencia del suelo a la - penetración a tres distancias del tron <u>c</u> o del árbol, durante un período de -- cinco días después del riego. Sitio 15.	132

INTRODUCCION

La fruticultura en México juega un papel importante, ya - que se estima que los frutales ocupan una superficie de 82 mil hectáreas, lo cual constituye el 5% de la superficie total cultivada; sin embargo, aportan el 20% del valor de la producción agrícola del país.

De los frutales cultivados en la región de Nuevo Casas -- Grandes, Chih., el manzano es la especie que mayor superficie ocupa. Para 1983 la superficie plantada de este frutal se estima en 3,225 hectáreas con 677,250 árboles en producción y 290,250 árboles en de sarrollo.

Uno de los principales problemas que afronta la fruticultura regional es la mortandad de árboles de manzano y durazno.

Durante el período de 1979 a 1981, el programa de fruticultura en el Campo Auxiliar de Nuevo Casas Grandes, Chih., CAEVAJ-CIAN-INIA-SARH, ha muestreado más de 30 huertos de manzano y otros tantos de durazno, observando que en la mayoría de los huertos existe el problema de mortandad de árboles.

El muestreo fue realizado descubriendo la zona radicular de árboles afectados, en donde se observaron pudriciones en las raíces, encontrándose en éstas, altas cantidades de cordones miceliares del hongo *Phymatotrichum omnivorum* causante de la pudrición texana. Por otra parte, se observaron pudriciones en el área del cuello de los árboles, identificando al hongo *Phytophthora* spp causante de la pudrición del cuello.

Esto motivó a realizar un segundo muestreo para evaluar la incidencia, distribución y grado de daño en huertos con este -- problema. El estudio fue realizado en 1982 mediante un muestreo - sistemático en seis zonas, observando un total de 1,206 árboles; - de los cuales, el 25% mostró síntomas del problema y el 21% habían muerto.

Entre las condiciones que pueden propiciar la mortandad de árboles, o bien crear condiciones para la actividad de los patógenos radiculares están: el exceso de humedad en la zona radicular, la baja aireación y la compactación del suelo.

El exceso de humedad, la baja aireación y la compactación del suelo, pueden deberse a las características y propiedades del suelo, así como a la tecnología de manejo en los huertos y en especial al uso y manejo del agua para riego y tránsito de maquinaria agrícola.

Por otra parte, se desconocen las características del -- suelo que determinan el movimiento del agua hacia y dentro del mismo, su disponibilidad para el frutal y la presencia o inexistencia de condiciones que crean estratos de saturación en la zona radicular.

Lo anteriormente señalado, motivó la realización del presente estudio con los siguientes objetivos:

Caracterizar suelos con y sin problemas de mortandad de árboles, así como determinar la incidencia de patógenos radiculares en huertos de manzano.

Estudiar la posible asociación entre algunas características del suelo y la condición de los árboles.

LITERATURA REVISADA

El suelo.

Gran parte del desarrollo de la vida en la tierra se debe al suelo. Para la agricultura, el suelo es el medio natural donde crecen las plantas, el cual suministra a éstas: agua, nutrientes, oxígeno y soporte mecánico, necesarios para su desarrollo y producción.

Se define al suelo como el material no consolidado sobre la superficie de la tierra, que ha estado sujeto a/e influenciado por factores genéticos y del medio ambiente como son: el material madre, el clima (incluyendo efectos de humedad y temperatura), los macro y microorganismos y la topografía; todos ellos actúan en un período de tiempo y originando un producto -el suelo- que difiere del material del cual es derivado en muchas propiedades y características físicas, químicas, biológicas y morfológicas (Ortíz y -Ortíz, 1980).

Composición del suelo.

El suelo es un sistema altamente complejo y dinámico en el cual se realizan simultáneamente un gran número de procesos físicos, químicos y biológicos. Está compuesto de partículas sólidas, orgánicas y minerales de muy diferentes formas y tamaños, las cuales constituyen la fase sólida del suelo. Estas partículas que forman el esqueleto o matriz del suelo, contienen una cantidad variable de poros -

los cuales pueden estar llenados por la solución del suelo (agua) o por aire, estos elementos constituyen la fase líquida y la fase gaseosa del suelo respectivamente (Narro, 1980).

El volumen ocupado por cada uno de estos componentes en un suelo superficial de textura franca y en condiciones ideales para el desarrollo de las plantas, será --aproximadamente como sigue: material mineral 45%, materia orgánica 5%, agua 25% y aire 25% (Brady, 1974).

La fase sólida es relativamente estable en cuanto a su composición y organización, mientras que las otras dos fases varían continuamente en tiempo y espacio debido a la evaporación y la absorción de agua por las plantas y a la reposición periódica del agua mediante la lluvia o el riego (Narro, 1980).

El perfil del suelo.

El perfil del suelo es la sección transversal -- desde la superficie del terreno hasta la roca madre, el -- cual es la base para el estudio y clasificación de suelos y está formado por diversos horizontes o capas (O, A, B, C y R), que han sido desarrollados sobre la roca madre. Muy pocos suelos tienen todos estos horizontes desarrollados, pero todos tienen algunos de ellos (Torres, 1980).

El suelo agrícola es la capa superior formada -- por los horizontes O, A y B, los cuales son más intensamente intemperizados y donde los elementos nutrientes se en-

cuentran en mayores cantidades y en formas aprovechables - por las plantas debido a su composición simple. El suelo agrícola puede variar desde 30 cm hasta dos metros de profundidad; sin embargo, en la generalidad de los casos la profundidad del suelo va de 60 a 80 cm, lo cual ocurre en los suelos in situ. En cambio los originados por erosión como son los aluviales, coluviales, etc., son generalmente profundos, con horizontes no diferenciados (Torres, 1980).

El subsuelo prácticamente se inicia a partir del horizonte C, que debido a su escaso proceso de intemperismo, presenta todavía características muy semejantes a las del material madre. Por su gran compactación, la flora microbiana tiene ahí un desarrollo incipiente y por lo tanto su fertilidad es mínima (Torres, 1980).

Propiedades importantes del suelo para su clasificación y evaluación.

Treinta y dos propiedades del suelo, la tierra y el medio ambiente son importantes para la clasificación -- del suelo y la tierra y para la evaluación de esta última (Storie, 1970).

Las propiedades 1 a 5 son condiciones externas - de la posición fisiográfica, pendiente del terreno, microrelieve, erosión o depósito y drenaje externo (escurrimiento). Todas éstas se deben determinar o clasificar en el campo. Las propiedades 6 a 16, condiciones físicas, con-

sisten en el color del suelo, profundidad del suelo, permeabilidad del suelo (del perfil), densidad del suelo, pedregosidad, estructura del suelo, consistencia del suelo, textura del suelo, drenaje interno, capacidad retentiva de agua y cantidad de agua disponible, todas las cuales se deben medir en el campo, determinándose en el laboratorio: la textura del suelo, capacidad de retención de agua y agua - aprovechable.

Las propiedades químicas (17 a 27) son la materia orgánica del suelo, nitrógeno total, reacción (pH), contenido de carbonatos de calcio, capacidad de intercambio de bases, contenido de sales, sodio, otras condiciones tóxicas - (boro), cantidad asimilable de fósforo, potasio asimilable, elementos menores como zinc, hierro, etc. y el nivel de fertilidad, principalmente se prueban en el laboratorio. La - composición mineralógica (28), o sea la clase de material - formador del suelo, se determina de modo aproximado en el - campo, y la composición detallada se comprueba por estudio de laboratorio.

La precipitación pluvial (29), la temperatura (30) y los vientos (31), son muy importantes en la producción de las diversas clases de suelo, en la producción de la vegetación nativa y en la productividad resultante de las tierras para plantas de cultivo, pastoreo y bosque maderable.

La vegetación natural (32) que se desarrolla en - la tierra es un elemento de clasificación científica de los

suelos, y sirve para la evaluación de las posibilidades de uso de la tierra.

Propiedades físicas del suelo.

La física de suelos comprende el estudio de todos los conceptos fundamentales de los procesos y propiedades físicas del suelo que son importantes en el crecimiento de las plantas, manejo de suelo y agua y otras actividades que se llevan a cabo en los suelos agrícolas (Gavande, 1972).

Desde el punto de vista físico, al suelo se le -- puede definir como un sistema de gran complejidad, heterogéneo, disperso y trifásico (sólido, líquido y gaseoso), el -- cual muestra como característica fundamental, un dinamismo intensivo, determinado por los efectos que provocan agentes tales como: la temperatura, la luz, la presión total, el -- agua, los solutos y los organismos (Gavande, 1972).

Entre las propiedades físicas más importantes se encuentran la textura, la estructura, la densidad aparente, la porosidad y otras muchas; dentro de los procesos físicos que ocurren en el suelo y que son de gran interés para la -- agricultura, se encuentran el movimiento del agua, el transporte de solutos (tales como fertilizantes), la transmisión de calor y la constante renovación del aire y en especial -- el oxígeno del suelo (Narro, 1980).

Textura del suelo.

Las partículas individuales totalmente dispersas o primarias se denominan unidades texturales. Las partículas texturales de los suelos se clasifican en varios grupos de tamaños, tomando como base sus diámetros equivalentes (Baver *et al*, 1973).

El tamaño relativo de las partículas del suelo - se expresa mediante el término textura, el cual se refiere al grado de finura o grosor. Más específicamente, la textura es la proporción relativa de arena, limo y arcilla. - La proporción y magnitud de muchas reacciones físicas y químicas en los suelos están gobernadas por la textura, debido a que ésta determina el tamaño de la superficie sobre la cual ocurren las reacciones (Millar *et al*, 1979).

El tamaño clave de partículas en la clasificación de fracciones de suelo ha sido el límite superior de la fracción de arcilla, basado primeramente en la expresión de las propiedades físicas y químicas asociadas con la actividad de la superficie. La partícula de arcilla es de superficie tensioactiva, con un alto grado de actividad física y química. Las partículas de arena y limo no muestran una actividad física notable y pueden ser consideradas como el esqueleto del suelo. Así en el aspecto textural o del tamaño de la partícula, los suelos arenosos normalmente tienden a ser áridos y están sujetos a lixiviación excesiva. Los suelos arcillosos, son plásticos y pegajosos

cuando están mojados, se dilatan al mojarse y se contraen al secarse; son poco permeables al agua y tienen deficiente aireación (Baver *et al*, 1973).

Para estudiar las partículas minerales del suelo, los científicos las clasifican, por lo regular, en grupos convenientes, según el tamaño. Estos diferentes grupos se llaman fracciones. El procedimiento analítico mediante el cual se separan se conoce como análisis mecánico o granulométrico, que es en realidad, una determinación de la distribución de los tamaños de las partículas. El análisis mecánico no solo sirve para describir en líneas generales, las propiedades físicas del suelo, sino también para determinar el nombre de su textura. Para dar nombres texturales a los suelos, el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos emplea un método exacto y fundamental que se basa en el análisis mecánico (Gavande, 1972).

Las texturas de los diferentes horizontes en un perfil del suelo son comúnmente diferentes. Cuando esto sucede, el suelo tiene un perfil de texturas. Ya que la textura tiene una gran influencia sobre las propiedades de los horizontes del suelo, el desarrollo del perfil de textura deberá ser considerado. La presencia del perfil de textura puede ser benéfica o perjudicial, dependiendo del grado al cual se ha desarrollado. Hasta cierto punto, un incremento en la cantidad de arcilla en el subsuelo es deseable. Esto puede aumentar la cantidad de agua y nutrien

tes almacenados en esa zona. Una reducción ligera de la velocidad de movimiento de agua a través del suelo disminuirá la velocidad de pérdida de nutrientes por eluviación. Si en cambio, la acumulación de arcilla es grande, como el caso de un suelo con una capa arcillosa endurecida, ésta restringirá severamente el movimiento del aire y agua y la penetración de raíces en el horizonte B (Millar *et al*, 1979).

Estructura del suelo.

La estructura se refiere a la agregación de partículas primarias del suelo (arena, limo y arcilla) en partículas compuestas o grupos de partículas primarias, las cuales están separadas de los agregados adyacentes en superficies de ruptura. La estructura de los diferentes horizontes del perfil de un suelo es una característica esencial del suelo (Millar *et al*, 1979).

La estructura afecta la penetración del agua, el drenaje, la aireación y desarrollo de raíces, afectando así la productividad del suelo y las facilidades de labranza (Ortíz y Ortíz, 1980).

Los agregados pueden tener diferente forma y tamaño y ser de gran o baja estabilidad, dependiendo de todo ello la influencia que ese ordenamiento o estructura tenga en el comportamiento del suelo respecto a aireación, drenaje y facilidad en el movimiento del agua (Calderón, 1977).

Al considerar la estructura del suelo, debe entenderse por partículas no sólo las que forman los separados mecánicos como arena, limo y arcilla, sino también los agregados o elementos estructurales que se han formado por agregación de fracciones mecánicas más pequeñas. La "partícula" designa, pues, toda unidad componente del suelo, - ya sea primaria (fracción de arena, limo o arcilla) o secundaria (agregado o tactoide). La estructura del suelo - implica un arreglo u ordenación de estas partículas primarias y secundarias en ciertos modelos o patrones estructurales, tales patrones incluyen necesariamente al espacio - de poros acompañante (Baver *et al*, 1973).

El grado de desarrollo de la estructura se observa en el campo en base a la proporción de suelo que se encuentra formando agregados y al desarrollo de las caras de los agregados. Los agregados estables muestran persistentemente caras bien formadas y son generalmente mas lisas - que las interiores cuando los agregados son rotos al través y algunas veces tienen diferente matiz, las caras pueden estar manchadas o cubiertas con otros materiales o muestran abundantes raíces sobre las caras. Los agregados mejor formados pueden tener caras lisas y brillantes. Los términos empleados para determinar el grado del desarrollo estructural son como sigue: sin estructura, débilmente desarrollada, moderadamente desarrollada y fuertemente desarrollada (Cuanalo, 1981).

Profundidad del suelo.

La profundidad del suelo es de gran importancia para el crecimiento vegetal, porque está relacionada al almacenaje de agua y nutrientes y la posible extensión radicular. Esta característica es un factor esencial en el desarrollo de las plantas en climas áridos o semiáridos; en las tierras altas poco profundas y en los suelos con estrato cementado (Storie, 1970).

En la mayoría de los levantamientos de suelo, se investiga hasta una profundidad de 150 a 180 cm, en casos especiales puede irse a mayores profundidades. El término - "profundidad efectiva de la raíz" ha sido usado para describir la posición del suelo favorable para las raíces. En un suelo aluvial de poca estratificación la profundidad radicular efectiva puede ser mayor de 150 cm, en un suelo arcilloso duro puede ser de solo 45 cm ó la profundidad del suelo que se encuentra sobre la capa dura. Así pues, para determinar la profundidad del suelo, es necesario determinar cuáles capas del suelo serán restrictivas a la penetración de raíces y agua (Narro, 1980).

La clasificación de la profundidad del suelo hasta el lecho de roca o el estrato cementado usado en los levantamientos de suelo-vegetación en California, se presenta en el siguiente cuadro.

CUADRO 1. Clasificación del suelo de acuerdo a su profundidad. (United States Department of Agriculture, U.S. Forest Service, 1948).

Profundidad	Clasificación
0 - 30 cm	Muy poco profundo
30 - 60 cm	Somero
60 - 90 cm	Profundidad moderada
90 - 120 cm	Profundo
120 cm o más	Muy profundo

Densidad aparente.

La densidad aparente del suelo es la relación entre la masa (secada al horno) de las partículas del suelo y el volumen total, incluyendo el espacio poroso que ocupan (Forsythe, 1975; Blake, 1965 y Chancellor, 1976). Esta medida tiene los siguientes usos:

- a.- Transforma los porcentajes de humedad gravimétrica -- del suelo en términos de humedad volumétrica y consecuentemente calcula la lámina de agua en el suelo.
- b.- Calcula la porosidad total del suelo cuando se conoce la densidad de las partículas.
- c.- Estima el grado de la compactación del suelo por medio del cálculo de la porosidad, y
- d.- Estima la masa de la capa arable (Forsythe, 1975).

La densidad aparente del suelo está inversamente

relacionada con su porosidad y en general su valor oscila entre 1.0 y 1.9 g/cm³ (Ortíz y Ortíz, 1980). Subsuelos -- densos pueden tener densidades aparentes de 2.0 g/cm³ o mayores. La compactación fuerza al material sólido dentro - de los poros del suelo. Esto reduce el espacio poroso total y aumenta la densidad aparente. En la clasificación - de suelos la densidad aparente es asimismo un dato muy valioso, se emplea para la detección de:

- 1.- Capas endurecidas (densidades mayores de 2.0 g/cm³) - las cuales provocan problemas de desarrollo radicular de los cultivos.
- 2.- Presencia de amorfos, como el alófono (densidades menores a 0.85 g/cm³) que comúnmente está relacionado a problemas de la fertilización fosfórica para cultivos y encalado, y
- 3.- Grado de intemperización cuando se comparan las densidades de los horizontes superficiales con el horizonte C.

Existe una clara relación entre la densidad aparente y la textura de suelos minerales bajo condiciones moderadas o normales de compactación (Cuadro 2). Los suelos arenosos alcanzan máximos valores de densidad aparente debido a que el acomodo de las partículas de suelo es más - uniforme por la baja actividad o interacción de partículas. Los suelos arcillosos muestran los menores valores de den-

sidad aparente debido a que por la gran interacción (cohesión y adhesión) que existe entre las partículas, se genera un volumen considerable de poros (Narro, 1980).

CUADRO 2. Relaciones generales entre la textura, la densidad aparente y la porosidad de varios suelos -- (Narro, 1980).

Clase textural	Da (g/cm ³)	Porosidad (%)
Arena	1.55	42
Migajón arenoso	1.40 - 1.30	48 - 51
Franco	1.20	55
Migajón limoso	1.15	56
Migajón arcilloso	1.10	59
Arcilla	1.05	60
Arcilla en agregados	1.00	62

Porosidad del suelo.

La porosidad del suelo es la relación entre el volumen total de poros (aire mas agua) y el volumen total del suelo, expresado en prociento (Chancellor, 1976).

La porosidad es el término más significativo para usarse en discusiones sobre compactación del suelo, porque describe directamente la proporción del volumen de suelo disponible para las raíces de las plantas y el agua y -aire que ellas requieren (Chancellor, 1976).

El arreglo de las partículas sólidas del suelo - determina la cantidad de espacio poroso. Los suelos arenos superficiales varían de 35 a 50% de espacio poroso total, mientras que los suelos de textura fina tienen del 40 al 60%. Los subsuelos compactos pueden decrecer hasta un 25 a 30% del espacio poroso total (Ortíz y Ortíz, 1980).

En general, existen dos tipos de clases de poros:

- 1.- Los macroporos, los cuales no pueden retener el agua en el suelo en contra de las fuerzas de la gravedad, y
- 2.- Los microporos, en donde el movimiento del agua se ve grandemente reducido por la presencia de agua, la - - cual se mueve lentamente en forma principalmente capilar.

Los macroporos pues, contribuyen al desarrollo - del cultivo facilitando la renovación constante del aire - del suelo, y los microporos, retienen en el suelo el agua aprovechable por las plantas. Un suelo agrícola productivo debe tener un adecuado balance entre la cantidad de cada tipo de poros presentes (Narro, 1980).

Compactación del suelo. .

El suelo está compactado cuando la proporción del volumen de poros total (o volumen de poros llenados por aire) del volumen total del suelo es inadecuado para el máximo crecimiento de los cultivos: La compactación del suelo puede ser considerada en términos de porosidad del suelo y

densidad, infiltración del agua o resistencia a la penetración (Chancellor, 1976).

La compactación del suelo puede ser causada por fuerzas mecánicas aplicadas, por la contracción en algunos suelos al secarse y por la destrucción de la estructura del suelo o de la materia orgánica presente en éste; sin embargo, los principales problemas de compactación de suelo son producidos por el abuso en el uso de la maquinaria agrícola y por la inoportunidad con que se realizan algunas de las prácticas de laboreo, dando como resultado la formación de una capa dura inmediatamente por debajo del suelo arado; a esta capa compacta se le llama piso de arado (Narro, 1980).

Resistencia a la penetración.

La resistencia de un suelo a la penetración de un instrumento de sondeo es un índice integrado de la compactación de suelo, contenido de humedad, textura y tipo de mineral de arcilla (Baver *et al*, 1973).

La cantidad de penetración por unidad de fuerza aplicada a un suelo determinado, varía con la forma y tipo de instrumento empleado. A medida que el penetrómetro entra en el suelo encuentra la resistencia a la compresión, la fricción entre el suelo y el metal y la resistencia del suelo al esfuerzo cortante, que implica la fricción interna y la cohesión (Baver *et al*, 1973).

Existe un aumento en la resistencia con la creciente disminución de la humedad, lo que indica que la resistencia del suelo se hace más grande a medida que las partículas se acercan unas a otras durante el proceso de desecación. La humedad del suelo aparece como un factor dominante en las lecturas del penetrómetro, aunque no hay una relación sencilla entre estas lecturas y la cantidad de agua del suelo. Las zonas de compactación se mueven hacia la superficie a medida que el número de operaciones de labranza aumenta (Baver *et al*, 1973).

Esta propiedad del suelo es importante en los suelos agrícolas y su valor nos proporciona información de la facilidad o dificultad con que raíces, bulbos, tubérculos, etc., crecen en el suelo, aunque éste solo dato no engloba todos los factores que intervienen en el crecimiento de las partes vegetales mencionadas (Narro, 1980). De acuerdo a resultados de trabajos de investigación, en términos generales se reporta que resistencias mayores de 20 kg/cm² (medida a capacidad de campo) ocasionan crecimientos limitantes de la raíz en cultivos tales como alfalfa, maíz y algodón (Taylor *et al*, 1966).

Infiltración.

La infiltración o entrada descendente del agua en el suelo, es causada por fuerzas matriciales, además de las gravitacionales. La entrada puede ocurrir no solo en di

rección descendente, sino también en direcciones lateral y ascendente. En general, la infiltración es considerada como movimiento descendente (Baver *et al*, 1973).

Cuando se aplica agua a un suelo, la velocidad de infiltración es afectada por varias características del suelo tales como la porosidad, textura, tipo de arcilla mineral presente, contenido de humedad del suelo, etc., y -- por las características del agua, especialmente su densidad y viscosidad y la carga hidráulica que actúa en la infiltración (Narro, 1980).

El grado de la intercomunicación de los macroporos del suelo tiene un efecto determinante sobre la velocidad de infiltración del mismo/ (Torres, 1980). Las diversas formas de expresar la infiltración del suelo son las siguientes:

- a.- Infiltración instantánea en cm/hr.
- b.- Infiltración acumulativa en cm.
- c.- Infiltración media en cm/hr.
- d.- Infiltración básica. Es el valor de infiltración instantánea cuando ésta se hace aproximadamente constante, se expresa en cm/hora y generalmente se estima -- que se ha llegado a la infiltración básica cuando el decremento en la velocidad instantánea es del 10% en una hora.

La permeabilidad del suelo, o sea la capacidad de absorber agua fácilmente en todo su espesor, es extrema

damente importante en la agricultura y de manera especial en las tierras de regadío. La permeabilidad de la superficie se puede mejorar por la labranza, la adición de materia orgánica, cal y yeso, pero es más difícil mejorar la permeabilidad de las capas profundas del suelo, particularmente en los subsuelos arcillosos muy densos, excepto con los implementos de labranza muy profundos llamados de subsuelo (Storie, 1970).

CUADRO 3. Familias de infiltración (Torres, 1980).

Familias	Infiltración básica (cm/hr)	Grado de permeabilidad al agua
1.0	1.7 o menos	muy baja
2.5	1.8 a 3.7	baja
5.0	3.8 a 7.4	media
10.0	7.5 a 14.8	alta
20.0	14.9 o más	muy alta

Pedregosidad.

Las piedras y las rocas que afloran en la superficie del suelo, tienen un efecto importante en el uso del suelo, por cuanto dificultan las labores del cultivo y el uso de maquinaria agrícola y reduce el área que se puede sembrar (Storie, 1970).

La pedregosidad del suelo se describe en términos de cantidad, tamaño, forma y clase de piedras (Cuanalo, 1981).

a.- Cantidad.- La proporción de piedras se estima en el campo en base a volumen. Se debe expresar el porcentaje.

- I. Sin piedras, menos de 1%
- II. Muy pocas piedras, alrededor de 1%
- III. Ligeramente pedregoso, de 1 a 5%
- IV. Pedregoso, de 5 a 20%
- V. Muy pedregoso, de 20 a 50%
- VI. Extremadamente pedregoso, de 50 a 75%
- VII. Las piedras son dominantes, más de 75%

b.- Tamaño.

- I. Grava, de 2 mm a 1 cm.
- II. Piedras pequeñas, de 1 a 5 cm.
- III. Piedras medias, de 5 a 10 cm.
- IV. Piedra grande, de 10 a 20 cm.
- V. Piedra muy grande, más de 20 cm.

c.- Forma.

Angular

Subangular

Redonda

Laminar

Tabular

d.- Clase de piedras.- Se describen en la misma forma -- que en el caso del material parental, por ejemplo arenisca, caliza, basalto, ceniza volcánica, granito, etc.

Drenaje interno.

Donde el nivel freático se halla dentro de los - 90 a los 120 cm de la superficie, o fluctúa en la zona de las raíces, se dice que el suelo tiene mal drenaje. Los - suelos de textura gruesa drenan a través del perfil muy rápidamente y este drenaje se califica de excesivo. Los suelos drenados de modo imperfecto, por lo general, son aquellos que tienen un subsuelo muy compacto o una capa dura - adyacente. Estos suelos mantienen un nivel de agua temporal por un período considerable durante las lluvias y después de ellas.

La mayoría de los suelos aluviales de pendiente ligera y con textura media están bien drenados. Un mal -- drenaje interno se puede producir rápidamente en suelos - aluviales de regadío si hay sobreriego en las tierras más altas o por filtración de canales (Storie, 1970).

Capacidad de retención de agua.

La capacidad de un suelo para retener agua después de una lluvia o un riego, es muy importante en los -- climas semiáridos y áridos y se vuelve una de las propiedades más importantes del suelo en la agricultura de regadío.

La cantidad de agua almacenada por unidad de volumen del suelo depende principalmente de la textura del suelo y de su contenido de materia orgánica (Storie, 1970). La capacidad de retención de agua por un suelo está íntimamente relacionada con su porosidad y sobre todo, con la distribución del tamaño de los poros, es decir, con el volumen de espacio poroso que ocupan los macroporos y los microporos del suelo (Narro, 1980).

La capacidad de retención del agua por el suelo a la capacidad de campo, depende principalmente de la textura, estructura y grado de compactación del suelo. Se define como "la máxima cantidad de agua que un suelo puede retener en contra del drenaje por gravedad", se presenta de dos a cinco días después de un riego pesado o una fuerte lluvia, según la textura del suelo, correspondiendo el mayor retraso a los suelos pesados o arcillosos. Generalmente la capacidad de campo del suelo y otras condiciones de humedad del mismo, se expresa como un contenido porcentual de la humedad tomando como base el peso del suelo seco (Torres, 1980).

Propiedades químicas del suelo.

La química del suelo se define como "la parte de la ciencia del suelo concerniente a la constitución química, a las propiedades y a las reacciones químicas de los suelos".

En base a la información sobre la composición, las propiedades y las reacciones químicas que ocurren en los suelos, se pueden aclarar problemas relacionados con la fertilidad y la nutrición vegetal; los resultados de los análisis químicos permiten formular las recomendaciones de fertilización adecuadas, clasificar los suelos en sus diferentes grupos y servir de base en la planificación del desarrollo agrícola, ganadero y forestal (Forsythe, 1975).

Materia orgánica del suelo.

La materia orgánica está constituida por los compuestos de origen biológico que se presentan en el suelo. El humus está compuesto por los restos postmortales de vegetales y animales que se encuentran en el suelo y que están sometidos constantemente a procesos de descomposición, transformación y resíntesis. De esta manera se diferencian los conceptos materia orgánica y humus. La fuente originaria de la materia orgánica y del humus, son los restos animales y especialmente vegetales que se depositan en el suelo (Forsythe, 1975).

Los suelos minerales contienen menos de 20% de M.O., mientras que los suelos orgánicos contienen más del 20% de M.O. Los suelos minerales con suficiente M.O. permiten un laboreo eficiente. La M.O. mejora la condición estructural tanto de los suelos arenosos como arcillosos.

El bajo grado de cohesión y plasticidad de la M.O. afloja a los suelos de textura fina, al compensar la alta cohesión y plasticidad de la arcilla. Los suelos arenosos que tienen muy poca cohesión y plasticidad son ligados por la M.O. Un buen abastecimiento de M.O. también mejora la capacidad de retención de agua de los suelos arenosos (Ortíz y Ortíz, 1980).

La materia orgánica del suelo puede ser clasificada en tres categorías, de acuerdo a su grado de descomposición:

1. Seres vivos, entre los que se consideran: raíces, hongos, insectos, nemátodos, algas, microorganismos, pequeños roedores y otros.
2. Hojarasca, siendo cualquier tipo de materia orgánica en proceso de descomposición.
3. Humus o materia orgánica descompuesta. Químicamente el humus es una mezcla de compuestos altamente alterados. Aproximadamente el 40% del humus es carbón, su relación $C/N = 10/1$, su relación $C/P = C/S = 100/1$.

La materia orgánica comúnmente se determina por el método de combustión húmeda propuesta por Walkley y Black. El procedimiento se basa en la determinación del carbón orgánico.

La escala adaptada para juzgar el contenido de materia orgánica en suelos minerales o inorgánicos se indica

ca en el siguiente cuadro:

CUADRO 4. Contenido de materia orgánica en suelos minerales.
(Ortíz y Ortíz, 1980).

Niveles de M.O. (%)	Interpretación
Menos de 1.0	muy pobre
1.0 a 2.0	pobre
2.0 a 3.0	medio
3.0 a 5.0	rico
más de 5.0	muy rico

Reacción del suelo (pH).

Se define al pH como el logaritmo recíproco (logaritmo negativo) de la actividad de los iones de hidrógeno - en solución.

En consecuencia:

$$\text{pH} = \log \frac{1}{[\text{H}^+]} = -\log [\text{H}^+] \quad (\text{Cajuste, 1977}).$$

El pH de los suelos es de suma importancia para - la agricultura. Esta propiedad afecta la solubilidad de muchos de los nutrientes esenciales para las plantas y también de sustancias que le son tóxicas. Afecta también las propiedades de intercambio de cationes y aniones del suelo y las diversas actividades de los microorganismos que viven en el suelo (Cajuste, 1977).

De acuerdo al pH los suelos se pueden clasificar en diferentes grupos conforme se presenta en el cuadro siguiente:

CUADRO 5. Clasificación de los suelos de acuerdo a su pH (Fassbender, 1975).

Clasificación	Según Sheffer y Schachtschabel pH (KCL)		Adaptado de Trough pH (H ₂ O)
Extremadamente ácido	< 4.0	Muy ácido	< 5.5
Fuertemente ácido	4.0 - 4.9	Acidez media	5.5 - 6.0
Medianamente ácido	5.0 - 5.9	Acidez débil	6.0 - 6.5
Ligeramente ácido	6.0 - 6.9	Acidez muy débil	6.5 - 7.0
Neutro	7.0		
Ligeramente alcalino	7.0 - 8.0	Alcalinidad muy debil	7.0 - 7.5
Medianamente alcalino	8.1 - 9.0	Alcalinidad débil	7.5 - 8.0
Fuertemente alcalino	9.1 - 10.0	Alcalinidad media	8.0 - 8.5
Extremadamente alcalino	10.1 >	Muy alcalino	8.5 >

Capacidad de intercambio catiónico.

El intercambio catiónico es una de las propiedades más importantes del suelo y tiene influencia sobre una gran cantidad de sus características. Los cationes cambiables influyen en la estructura, la actividad biológica, el regimen hídrico y gaseoso, la reacción, los procesos genéticos del suelo y en su formación. Los cationes aplicados en

forma de fertilizantes presentan interacciones con los cationes cambiabiles del suelo; generalmente son adsorbidos, quedando protegidos del lavado pero aún disponibles para la planta (Fassbender, 1975).

La capacidad de intercambio de cationes (CIC) es una expresión del número de sitios de adsorción de cationes por unidad de peso del suelo. Se define como la suma total de cationes intercambiabiles adsorbidos, expresados en miliequivalentes por 100 g de suelo secado al horno (Miller *et al*, 1979).

Se entiende por intercambio catiónico, los procesos reversibles por los cuales las partículas sólidas del suelo adsorben iones de la fase acuosa, desadsorben al mismo tiempo cantidades equivalentes de otros cationes y establecen un equilibrio entre ambas fases. Estos fenómenos se deben a las propiedades específicas del complejo coloidal del suelo que tienen cargas electrostáticas y una gran superficie. La M.O., las arcillas y los hidróxidos funcionan como "cambiadores". Como cationes cambiabiles en el suelo se presentan principalmente Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} , Na^{+} , Al^{3+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} e H^{+} . La suma de los cationes Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} , y Na^{+} cambiabiles se denominan bases cambiabiles y su porcentaje dentro de la capacidad total de intercambio se llama porcentaje de saturación (Fassbender, 1975).

En los minerales arcillosos predomina la carga permanente como fuente de cargas electronegativas para la adsorción de cationes. De acuerdo al Cuadro 6, los minerales arcillosos presentan diferentes capacidades de intercambio catiónico.

CUADRO 6. Capacidad de intercambio de algunos minerales - arcillosos, óxidos amorfos y materia orgánica - según Sheffer y Schachtschabel (Fassbender, 1975).

Mineral	Capacidad de intercambio (meq/100 g)
Caolinita	3 - 15
Haloisita	5 - 10
Montmorillonita	80 - 120
Vermiculita	100 - 150
Glauconita	5 - 40
Illita	20 - 50
Clorita	10 - 40
Alófana	< 100
= = =	
Opalo	11 - 34
Oxido Fe amorfo	10 - 25
= = =	
Materia orgánica	100 - 250

Propiedades del suelo y sus características asociadas con el sistema radicular.

Los suelos afectan las plantas, principalmente a través de sus efectos en las raíces del vegetal, Este órgano responsable de la absorción de nutrientes y agua es - especialmente dañado por ambientes desfavorables, tales como la pobre aireación, falta de humedad, toxicidad, y espacio limitado para su crecimiento. Las propiedades del suelo que afectan al sistema radicular vegetal se agrupan como sigue:

- (1). Aquellas que afectan las ramificaciones de la raíz.
- (2). Aquellas que afectan el almacén disponible de humedad del suelo, y
- (3). Aquellas que afectan el almacén de nutrientes (Adams y Pearson, 1967).

Las raíces sólo crecen en suelos donde existe espacio para su penetración (Black, 1960). Las raíces no pueden ramificar en subsuelos donde la densidad aparente - excede de 1.8 g/cm^3 o capas endurecidas, solo puede penetrar a través de canales o hendiduras preexistentes o grietas. En perfiles de subhorizonte arcilloso, también tienen dificultad para ramificarse y quedan restringidas solamente entre las casas de los peces u otros canales. Sin embargo, en suelos bien aireados, las raíces crecen vigorosamente, ya que el contenido de oxígeno del aire del suelo

es adecuado y no se han acumulado cantidades tóxicas de -- dióxido de carbono y otros subproductos de la descomposición anaeróbica (Stolzy, 1974).

El anegamiento en los suelos perjudica a las raíces llegando a matarlas, por otro lado, los suelos secos - a contenido de humedad de marchitez permanente también las daña. La temperatura del suelo a la cual muchas raíces indican su crecimiento es 7°C, aunque algunos investigadores han reportado crecimiento a temperatura de 2°C (Russell, - 1961). El crecimiento también se ve reprimido cuando las temperaturas alcanzan valores altos, por lo que la temperatura del suelo juega un papel importante en el desarrollo radicular (Richards *et al*, 1952 y Nielsen, 1974).

Los factores del suelo que afectan tanto a la capacidad de almacenamiento del agua disponible y la velocidad de movimiento de la humedad a través del suelo y a la interfase suelo-raíz del vegetal, están relacionados con - las características de espacio poroso. El número, tamaño y continuidad de los poros dentro del horizonte del suelo, así como entre horizontes, controlan la cantidad y velocidad de movimientos del agua. La velocidad depende de la - diferencia en potencia del agua entre los puntos del sistema y de la razón de continuidad del suelo (Newman, 1974).

La humedad disponible se asume ser aquella que - es retenida por el suelo entre los valores de capacidad de campo y el de punto de marchitez permanente. La cantidad

de agua retenida por el suelo depende de la cantidad retenida por unidad de volumen de suelo y de la profundidad a la cual las plantas pueden extraer el agua. Estudios han demostrado que el contenido de limo y materia orgánica en una capa de suelo tiene una correlación significativamente positiva por el porcentaje de agua disponible (Bartelli, -- 1979). Otros factores sin embargo, deben de ser considerados al estimar el régimen de humedad del suelo de las series de suelos; como textura superficial, zona de ramificación radicular y conductividad hidráulica de la zona de agua libre.

Las raíces muestran falta de desarrollo en suelos con deficiencias de nutrientes, aún en suelos con amplia zona de ramificación radicular y adecuado contenido de humedad disponible, pero detienen su crecimiento. El sistema radicular tiende a ser más ramificado y compacto en los suelos fértiles que en los suelos porosos. Existen tres fuentes posibles de las cuales las raíces de las plantas pueden extraer sus nutrientes: la solución del suelo, los iones intercambiables y de los minerales fácilmente intemperizados. También las plantas difieren de su habilidad de extraer nutrientes (Russell, 1961).

Algunos sistemas tienen un medio ambiente químico desfavorable con cantidades tóxicas de minerales que inhiben el crecimiento radicular. El amoniaco anhidro, zinc

y plomo son altamente tóxicos para las raíces vegetales -- (Bennett, 1974). Deficiencias en calcio inhiben el crecimiento radicular en suelos arenosos ácidos que tienen capacidad de intercambio catiónico bajo (Adams y Pearson, 1967). La acumulación de sales solubles en el suelo también inhiben el crecimiento de raíces de muchas plantas. La toxicidad del aluminio es un limitante a las raíces en muchos suelos ultisoles del sur de Estados Unidos y Puerto Rico. La toxicidad por aluminio no ocurre en suelos con pH mayor de 5.5, sin embargo, el efecto es severo a pH menor de 5.0 (Foy, 1974).

En resumen, las propiedades medibles del suelo -- que son consideradas al fijar el medio ambiente raíz-suelo son: profundidad efectiva de la zona de ramificación radicular, distribución del tamaño de partículas, contenido de materia orgánica, contenido de sales, capacidad de intercambio catiónico, saturación de bases, tipo de mineral de arcilla, permeabilidad, conductividad saturada y no saturada, drenaje del suelo, profundidad del manto freático y capacidad retentiva de humedad disponible por el suelo.

La pudrición texana.

La pudrición radicular causada por *Phymatotrichum* también conocida como chamuzco o pudrición texana, es una de las enfermedades más destructivas de las plantas. Fue reportada por primera vez en Texas en 1888 y ha estado ba-

jo estudio intensivo desde 1906 (Streets y Bloss, 1973).

El hongo *Phymatotrichum omnivorum* (Shear) Duggar, es un patógeno severo de más de 2,000 especies de plantas - dicotiledóneas, pero de ninguna monocotiledónea (Streets y Bloss, 1973; Perci, 1983 y Lyda, 1978).

La vegetación nativa de los desiertos y llanuras del suroeste de Estados Unidos y norte de México, hospedan el hongo sin mostrar ningún síntoma. La enfermedad se ha incrementado considerablemente durante las recientes décadas, debido a que en muchas áreas la vegetación nativa ha sido reemplazada por plantas susceptibles (Streets y Bloss, 1973 y Percy, 1983).

No existe una prueba confiable para detectar la enfermedad en el suelo, salvo si es sembrada alguna especie susceptible indicadora (Streets y Bloss, 1973).

El control químico de este patógeno es difícil, caro y muchas veces ineficiente, debido entre otras cosas a que el hongo produce varios tipos de estructura de resistencia a las condiciones adversas del medio (Streets y Bloss, 1973).

Distribución geográfica.

P. omnivorum es nativo del suroeste de Estados Unidos y norte de México (Streets y Bloss, 1973; Lyda, 1978 y King *et al*, 1932).

En Estados Unidos el patógeno ha sido reportado -

en Texas, Arizona, Nuevo México, California, Louisiana, -- Utah, Oklahoma, Arkansas y Nevada (Streets y Bloss, 1973).

En México se le conoce en los estados de Sonora, Coahuila, Chihuahua, Baja California, Sinaloa, Nuevo León, Durango, Tamaulipas, Zacatecas, Aguascalientes, San Luis - Potosí, Guerrero, Querétaro y Michoacán (King y Loomis, -- 1930; Lebeau, 1943; Streets, 1937; Castro y Rodríguez, 1970 y González y Valle, 1977).

Hasta lo que se conoce, *P. omnivorum* no se presenta naturalmente fuera de Norteamérica. Sin embargo, - existen diversos reportes de la ocurrencia de pudrición de la raíz por *Phymatotrichum* en la India y Pakistán (Vasudera, 1935), Hawaii (Chung, 1923) y Rusia (Dounine y Poner, 1936).

Rango de hospederos.

Phymatotrichum omnivorum ataca un gran número de especies de plantas dicotiledóneas. En el Cuadro 7 se presentan algunas especies susceptibles y resistentes a *P. omnivorum*. El término resistencia, como es usado aquí, no necesariamente implica que la resistencia genética al patógeno sea conocida, sino simplemente que estas especies frecuentemente no llegan a ser atacadas o mostrarán signos de recuperación en suelos infestados por este hongo (Streets y Bloss, 1973).

CUADRO 7. Algunas plantas representativas y su relativa -
susceptibilidad a *Phymatotrichum omnivorum*.
(Adaptado de Streets y Bloss, 1973).

Altamente susceptibles	Susceptibles	Resistentes
Aguacate	Alamo	Ajo
Alfalfa	Ajonjolí	Avena
Algodón	Berenjena	Bambú
Almendro	Calabaza	Carrizo
Cacahuete	Ciruelo	Cebada
Camote	Garbanzo	Cebolla
Chabacano	Girasol	Centeno
Chile	Granado	Espárrago
Frijol	Guayule	Fresa
Higuera	Melón	Huizache
Manzano	Naranjo agrio	Laurel
Noche buena	Naranja china	Maguey
Peral	Nogal	Maíz
Remolacha azucarera	Nopal	Palma datilera
Rosal	Olivo	Palo verde
Sauce llorón	Papa	Siempreviva
Soya	Pepino	Sorgo
Trébol	Sandía	Sotol
Vid	Sicomoro	Trigo
Zanahoria	Tomate	Zacate bermuda

Sintomatología.

El primer síntoma en árboles, algodón y otros -- cultivos, es un ligero amarillamiento o bronceado de las - hojas. Las hojas superiores se marchitan entre las 24 a - 48 horas después del bronceado, seguido de un marchitamiento de las hojas inferiores a las 72 horas. La temperatura interna de las hojas de plantas infectadas se eleva de 2 a 5°C (Ezekiel y Taubenhau, 1932). El marchitamiento permanente ocurre en el tercer día seguido por la muerte. Las hojas se quedan firmemente adheridas a la planta (Brown y Streets, 1934). Las raíces generalmente son invadidas por el hongo, a la vez de que se presenta un marchitamiento incipiente. El tejido cortical se muere, descascara rápidamente y con frecuencia es cubierto por una red de micelios visibles del hongo. Los cordones miceliares son abundantes durante los meses de junio a agosto, cuando el contenido - de humedad en el suelo es alto y el hongo está activo. Las raíces de algodón muertas son rápidamente destruídas por - microorganismos saprófitos y los cordones miceliares de *P. omnivorum* pueden ser prontamente atacados por ellos y desaparecer (Streets y Bloss, 1973).

Arboles susceptibles a menudo mueren repentinamente, después de la invasión por *P. omnivorum*, y sus hojas pueden retener su color verde; sin embargo, se encuentran secas y quebradizas.

Comúnmente hay un ligero bronceamiento y un aumento en la temperatura de las hojas al principio del marchitamiento, pero estos síntomas pueden pasar inadvertidos por mucho tiempo. Una o varias ramas en un lado del árbol pueden marchitarse y morir primero cuando sólo algunas raíces en ese lado del árbol son invadidas. Árboles frutales tales como chabacano, durazno y manzano, ocasionalmente mueren repentinamente, pero muchos muestran signos de stress y marchitamiento leve por una o dos temporadas, antes de morir por *P. omnivorum* (Streets y Bloss, 1973).

Los frutos de árboles enfermos no llegan a su desarrollo total, madurando prematuramente o mueren conjuntamente con el árbol (González y Valle, 1977).

El organismo causal.

El patógeno fue descrito y clasificado como *Ozonium auricomun* en 1889. Shear en 1907 comparó este hongo con la cepa tipo de *O. auricomun*, concluyendo se trataba de una nueva especie, denominándola *O. omnivorum*, el nombre fue dado en base a su enorme rango de hospederos - - (Streets y Bloss, 1973).

Duggar demostró que las matas de esporas desarrolladas en la superficie del suelo se producían a partir de hifas, naciendo estas conidias en esterigmas y conidióforos globosos; estas estructuras fueron similares para las descritas en el género *Phymatotrichum*, reclasificando al pató

geno como *Phymatotrichum omnivorum* (Shear) Duggar (Streets y Bloss, 1973).

La clasificación actual del hongo es: (Alexopoulos, 1962).

Reino:	Vegetal
División:	Mycota
Clase-forma:	Deuteromycetos
Orden-forma:	Moniliales
Familia:	Moniliaceae
Género:	Phymatotrichum
Especie:	Omnivorum

Morfología.

Hifas y rizomorfos.

Las hifas son largas, septadas con frecuencia ramificadas y polinucleadas, los rizomorfos son parecidos a los producidos por *Armillaria mellea*, formándose alrededor de una hifa central a la que se le entrelazan hifas más delgadas (Streets y Bloss, 1973; Rogers y Watkins, 1938), de éstas se desarrollan otras estructuras en forma de crucetas las cuales son muy importantes para la identificación de *P. omnivorum*, ya que son estructuras típicas de esta especie (Bloss, 1970). Los rizomorfos se encuentran sobre las raíces de las plantas enfermas y en el suelo mismo y son consideradas estructuras invernantes del hongo (Neal et al, 1934).

No se han deslucido los factores que afectan la formación de estas estructuras. Castrejón en 1976 reportó, para cepas aisladas de algodón en la Comarca Lagunera, que el pH es un factor importante en la formación de éstas. A pH alcalino, el hongo las produce, las cuales no se forman en medios ácidos; sin embargo, este último pH favorece el desarrollo vegetativo del hongo.

Esclerocios.

Son estructuras de resistencia a las condiciones adversas del medio, pudiendo sobrevivir en un terreno por períodos superiores a los 12 años (Dana, 1931). Los esclerocios presentan formas de elongadas a esferoidales y están formados por masas compactas de hifas, presentando un núcleo central de células parenquimatosas, seguidas de algunas capas de células con paredes gruesas y finalmente un resistente anillo exterior. Los esclerocios jóvenes son de color blanco, tornándose oscuros con el tiempo (Streets y Bloss, 1973).

La iniciación de la formación de esclerocios está asociada con altos contenidos de CO₂ en el suelo, siendo más abundantes en aquellos con alto contenido de carbonatos (Lyda y Burnett, 1971).

Con frecuencia, se han encontrado esclerocios alrededor de raíces de monocotiledóneas, siendo común en el zacate Johnson (*Sorghum halepense*) (Streets y Bloss, 1973).

Matas de esporas y conidias.

Las matas de esporas generalmente se forman en la época lluviosa y caliente del verano, en la superficie de los suelos infestados. Al principio aparece una masa algodonosa de color blanco, 24 horas después es de color arenoso y al tercer día de color canela.

Las matas de esporas están compuestas por células alargadas con hifas ramificadas, las células producen conidióforos globosos con numerosos esterigmas de donde nacen las conidias.

Las conidias en condiciones naturales se consideran con bajo poder germinativo y por consiguiente, no son muy importantes en la propagación del inóculo (Streets y Bloss, 1973).

Etiología de la enfermedad.

P. omnivorum sobrevive en un medio edáfico particular. Se encuentra a profundidad en el suelo y hay cierto factor intrínseco que restringe la capacidad del hongo de formar esclerocios en áreas localizadas dentro de un particular tipo de suelo. Generalmente no se distribuye en todo el terreno, sino que se desarrolla en áreas definidas. Dependiendo de las condiciones meteorológicas, el patógeno -- puede extenderse, los sitios afectados pueden juntarse y un campo entero puede ser destruido (Lyda, 1978).

La incidencia de *P. omnivorum* puede variar consi-

derablemente de un año a otro, pudiendo ocurrir que en un suelo altamente infestado, la enfermedad desaparezca al ciclo siguiente, la razón a este fenómeno no es conocida.

En el terreno, el hongo crece en forma más o menos circular, aumentando el diámetro año con año, pero puede ocurrir que las partes centrales de estos círculos queden libres del inóculo y las plantas susceptibles que se establezcan en ellos sobrevivan sin problemas de la enfermedad.

La principal forma de diseminación del hongo en el terreno es en forma de micelio o rizomorfo, a través de las raíces de plantas susceptibles o del mismo suelo.

En el cultivo del algodónero el hongo puede avanzar de 1.5 a 9 m por temporada y la velocidad de expansión está supeditada al grado de susceptibilidad de la hospede-ra, 40% de humedad en el suelo y temperatura del suelo de 28°C.

En árboles frutales plantados a una distancia de 7.5 m, las plantas adyacentes al foco de infección podrían morir al año siguiente y en árboles plantados a una distancia de 12 m o más morirán después de tres años (Streets y Bloss, 1973).

La composición química de los suelos afecta el desarrollo y sobrevivencia de *P. omnivorum* (Fraps y Fudge, 1935; Taubenhauus y Ezekiel, 1933; Taubenhauus *et al*, 1937 y

Taubenhaus *et al*, 1928). El hongo se encuentra en suelos alcalinos, calcáreos, arcillas montmorilloníticas con una amplia capacidad para expanderse y contraerse, y altos en fertilidad (Percy, 1983; Lyda, 1978 y Fraps y Fudge, 1935). El hongo persiste y avanza más en suelos con textura fina que con textura gruesa (Crawford, 1941). El pH del suelo es de cerca de 8.2 y la capacidad de retención de humedad es aproximadamente de 45%. *P. omnivorum* raramente se encuentra en suelos con capacidad de intercambio catiónico de bases abajo de 50 meq/100 g de suelo o contenidos de -- carbonatos de calcio menores de 1% (Lyda, 1978; Fraps y Fudge, 1935 y Kunze y Templin, 1956).

Fraps y Fudge, en 1935, encontraron que suelos aluviales o suelos de lechos de río fueron relativamente bastante altos en fertilidad y contenido de bases. La composición química de áreas con pudrición de la raíz activa y otras libres de la enfermedad, fueron prácticamente idénticas con la posible excepción del pH, indicando que esa composición química es uno de los muchos factores que influyen en la incidencia y virulencia de la enfermedad. -- Existe una posibilidad de que esa composición química del suelo pueda afectar ligeramente la composición de las raíces del algodónero, de modo que plantas desarrolladas en -- suelos de piedra caliza son más susceptibles a la pudrición de la raíz del algodónero, que aquellas desarrolladas en -- suelos arenosos no calcáreos.

El predominio de *P. omnivorum* está marcadamente influenciado por el pH del suelo (Ezekiel *et al*, 1930; Taubenhaus et al, 1937; Taubenhaus et al, 1928; Lyda y Burnett 1975; Lyda, 1978 y González y Valle, 1977). En Arizona y Texas, los suelos con pH alcalino presentan mayor porcentaje de plantas atacadas por *P. omnivorum* que los suelos ácidos (Ezekiel *et al*, 1930; Ezekiel *et al*, 1934 y Streets y Bloss, 1973). *P. omnivorum* puede estar presente en suelos con pH ácido; sin embargo, su propagación y grado de infección es reducido (Streets y Bloss, 1973).

En si el pH ácido no afecta el desarrollo del hongo en medios de cultivo artificiales, más aún pH 5 es el óptimo para el desarrollo vegetativo del patógeno; esto ha sido demostrado a nivel laboratorio (Castrejón, 1976 y Gunasekarun, 1972).

Taubenhaus et al, en 1937, llevaron a cabo una serie de pruebas durante un período de 6 años y concluyeron - que el hongo no sobrevive en suelos ácidos. Lyda y Burnett en 1975, encontraron que *P. omnivorum* no forma esclerocios en suelos ácidos, pero que esto puede ser alterado adicionando cal al suelo ácido. En un suelo con pH de 4.6, los esclerocios no se formaron, pero las hifas fueron visibles. El hongo evoluciona en suelos ácidos, pero es incapaz para formar el estado de supervivencia.

La aireación del suelo ha sido conocida hace mucho, por influir en la pudrición de la raíz por *Phymatotri-*

chum (Lyda, 1973). El reporte inicial de Pammel señala que la enfermedad se presenta más frecuentemente en suelos pobremente drenados (Pammel, 1888). Shear y Miles, en 1907 y -- 1908, aseveraron "Este organismo se desarrolla mejor donde la aireación del suelo es muy pobre" y propugnaron por arados profundos como un método de control de la enfermedad.

Lyda y Burnett, en 1971, encontraron que en un cultivo estéril de suelo, *P. omnivorum* creció en un substrato de semilla de sorgo. El hongo generó dióxido de carbono que se acumuló en el suelo y después de dos semanas, el hongo cambió a un período de producción de esclerocios. Lyda y Burnett sugirieron que el dióxido de carbono en la solución del suelo, forma el ión bicarbonato en el suelo alcalino. Se creía que el ión bicarbonato jugaba un papel regulador en la inducción de esclerocios por *P. omnivorum* (Lyda, 1974).

El dióxido de carbono o los iones bicarbonato, han sido implicados en un papel regulador que afecta el desarrollo o producción de estructuras inactivas de varios otros hongos (Cantino, 1952; Cantino, 1956; Griffin y Nair, 1968 y Macauley y Griffin, 1969).

Lyda y Burnett, en 1975, analizaron el nivel de CO_2 a una profundidad de 180 cm en arcilla negra Huston, y encontraron que el nivel del CO_2 aumentó con la profundidad del suelo. Durante un período de muestreo de tres años, -

los niveles de CO₂ en todas las profundidades se incrementaron durante los meses de invierno. El máximo nivel de CO₂ a los 30 cm de profundidad fue encontrado en junio, a los 60 cm en julio y a los 120 y 180 cm en agosto. A los 60-180 cm de profundidad, el CO₂ alcanzó niveles máximos - cercanos a 3% o en 100 veces los niveles de CO₂ de la atmósfera. El aumento en CO₂ fue generalmente compensado por una reducción en O₂; sin embargo, en ningún momento el O₂ cayó abajo del nivel requerido para el desarrollo óptimo del hongo. Los esclerocios de *P. omnivorum* germinan y desarrollan en un suelo no estéril, siempre que el CO₂ - (0.5 a 5.0%) esté nivelado a través del suelo. No ocurrió ningún crecimiento con aire o 50% de CO₂.

Además de afectar la formación de micelios de *P. omnivorum*, el CO₂ se cree que extingue saprófitos competitivos, proporcionando así un medio ambiente favorable para la extensión de hifas y la proliferación de los micelios.

P. omnivorum desarrolla más rápidamente a 28°C. El hongo crece y produce esclerocios de los 15 a 35°C, pero la producción máxima de esclerocios es obtenida en cultivos de suelo a 28°C, (Lyda y Burnett, 1971; Rogers, 1934; Rogers, 1938 y Gunasekarun, 1972).

Ezekiel, en 1945, propuso que el recorrido hacia el norte de la pudrición de la raíz por *Phymatotrichum* era inducida por la temperatura. Observó que la pudrición de

la raíz por *Phymatotrichum* persistió donde la temperatura del aire no descendió abajo de -23°C y donde la temperatura media anual del aire fue de 15.6°C o mayor. *P. omnivorum* se considera un habitante de suelos térmicos e hipertérmicos (Percy, 1983).

El hongo produce filamentos a partir de rizomorfos o hifas, los cuales son necesarios para la penetración del patógeno en la raíz y también es importante que *P. omnivorum* se encuentre en contacto directo con células vivas (Streets y Bloss, 1973).

Watkins, en 1937, estudió en laboratorio la penetración del patógeno en raíces de algodón, encontrando una invasión rápida de éstas. Examinando secciones bajo el microscopio, observó que las hifas penetraban la epidermis e invadían la corteza, el progreso del micelio a través del tejido cortical era de intra e intercelularmente. Las hifas penetran la endodermis y elementos vasculares del xilema, habiendo evidencia definitiva de acción lítica celular muriendo muchas capas de ellas antes de ser invadidas por el hongo. Esto último sugiere la secreción de alguna toxina por parte del patógeno, misma que no ha sido aislada.

Se ha demostrado, en condiciones de laboratorio, que las gramíneas cultivadas son igualmente susceptibles. La resistencia de éstas al patógeno en condiciones naturales, parece estar relacionado con control biológico (Streets y Bloss, 1973).

Castrejón, en 1974, observó en un suelo sembrado con sorgo, un 93.3% más de microorganismos por gramo de suelo, comparado con un suelo de viñedo invadido por pudrición texana, lo cual demuestra que las gramíneas ayudan al establecimiento de microorganismos, favoreciendo de esta manera al control biológico de la enfermedad.

MATERIALES Y METODOS

El presente estudio se llevó a cabo en la región de Nuevo Casas Grandes, Chih., durante los meses de junio a diciembre de 1983, en cinco huertos de manzano (*Malus* spp) de fruticultores cooperantes.

Características de la región.

La región de Nuevo Casas Grandes, Chih., está localizada al noroeste de la entidad entre los paralelos 29° 31' y 31°50' de latitud norte y los meridianos 107° y 109°- de longitud oeste.

Tiene una extensión territorial de 3'418,892 hectáreas, de las cuales alrededor de 70 mil están abiertas al cultivo bajo condiciones de riego. Comprende los municipios de Ascensión, Janos, Casas Grandes, Nuevo Casas Grandes, Galeana y Buenaventura (Figura 1).

La altitud sobre el nivel del mar varía de 1,287 a 1,726 msnm.

Las temperaturas son extremosas, van del frío extremo seco en la parte norte, al cálido extremo seco en la parte sur. Las más altas temperaturas se alcanzan en -- los meses de julio y agosto y las más bajas en los meses de enero y febrero.

Las primeras heladas se presentan en el mes de noviembre y las más tardías en el mes de abril, teniéndose un período libre de heladas de 215 días. El promedio anual de

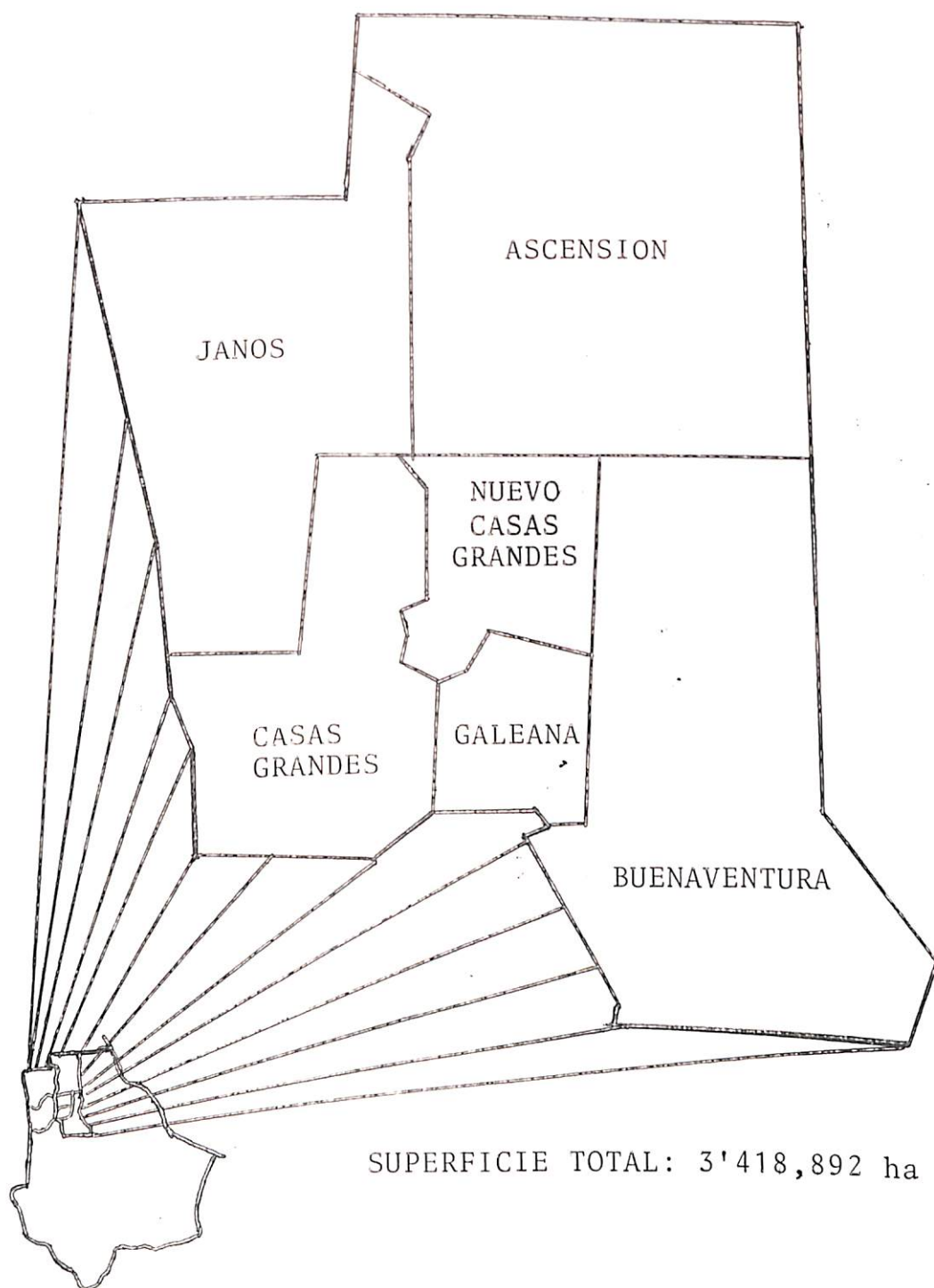


Figura 1. Localización de la región de Nuevo Casas Grandes, Chih.

temperaturas para un período de 15 años son: temperatura máxima media 24.7°C, temperatura mínima media 8.3°C y temperatura media 16.5°C.

La precipitación anual media es de 289 mm, presentándose las lluvias más intensas en los meses de julio a septiembre.

La humedad relativa promedio es de 40%, siendo -- más baja en los meses de abril a julio debido a que las -- temperaturas son altas y las lluvias muy escasas.

La evaporación excede a los 2,000 mm al año y -- los vientos predominan del suroeste a una velocidad promedio de 16 km por hora.

Localización de los huertos.

Inicialmente se realizó un recorrido en las principales zonas frutícolas de la región, mediante el cual se seleccionaron cinco huertos de manzano de fruticultores -- cooperantes. Los huertos están localizados en los municipios de Casas Grandes y Nuevo Casas Grandes, Chih. (Figura 2).

Estos municipios son los que dedican mayor superficie al cultivo del manzano y son los mas representativos de la problemática de mortandad de árboles de manzano en -- la región.

Los huertos A, B y C presentan marcado problema de mortandad de árboles y con síntomas de declinación. Los

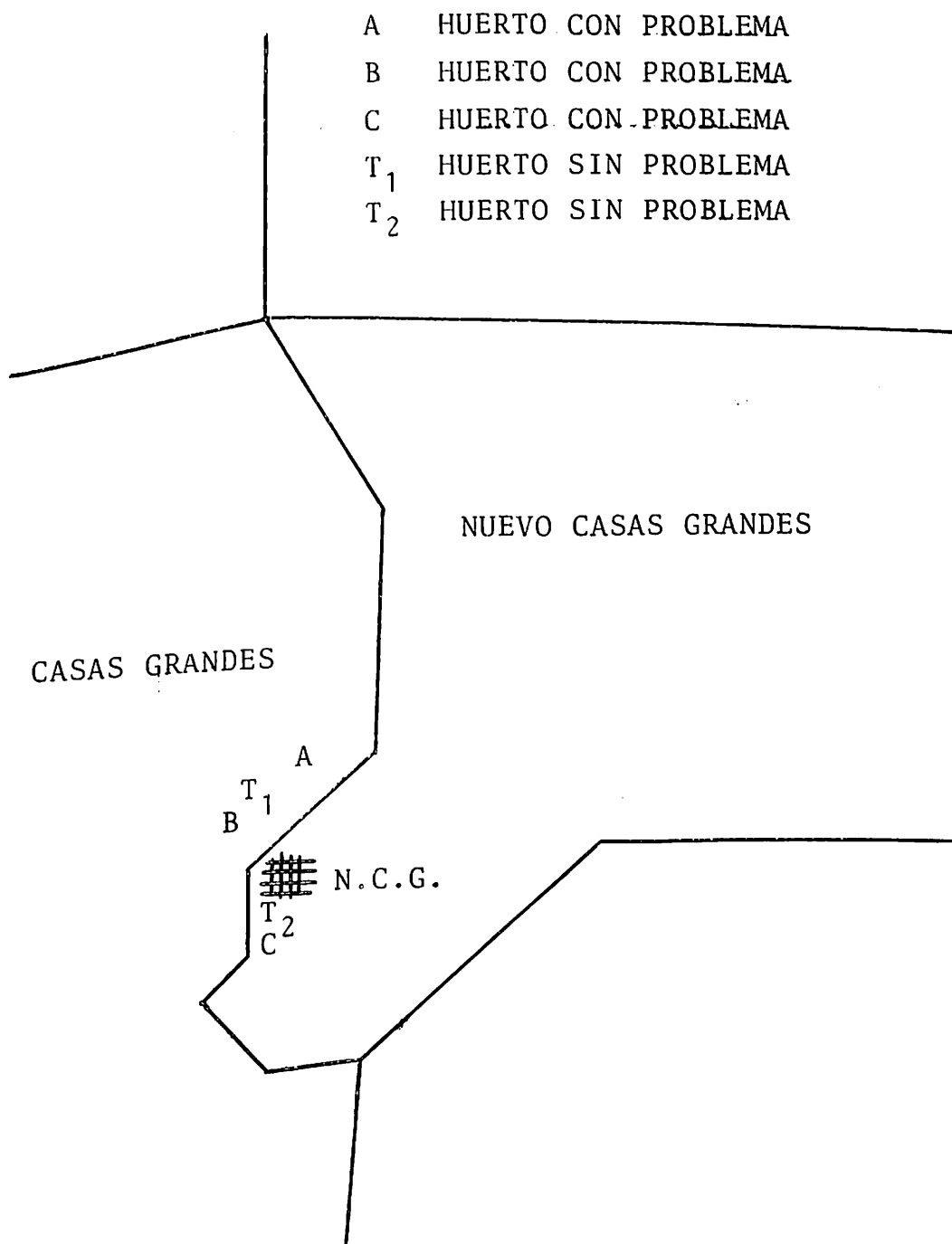


Figura 2. Localización de los huertos estudiados.

huertos T_1 y T_2 presentan mínimos problemas de mortandad de árboles, por lo que estos huertos son considerados como testigos.

Ubicación de los sitios de suelo bajo estudio.

Una vez elegidos los huertos sujetos a estudio, fue necesario ubicar en cada uno de ellos, los sitios de suelo en donde se realizaron las diferentes pruebas de caracterización del suelo.

El criterio que se empleó para la ubicación de los sitios fue el de delimitar áreas representativas con y sin problemas de acuerdo a la condición aérea de los árboles.

Para ello, durante el mes de junio se efectuó un recorrido entre las hileras de árboles, anotando en libro de campo la condición aérea de cada árbol. Por otra parte esta evaluación sirvió para la cuantificación del problema de cada huerto.

Se consideraron cinco condiciones aéreas de árboles las cuales fueron: sano, replante o falla, clorótico, afectado y muerto.

Todas estas condiciones, a excepción de sano, fueron representativas de áreas con problema.

Con esta información y con las medidas entre hileras y entre árboles, se elaboraron planos a escala (huertos A, B y C) en los cuales se presenta la distribución de

áreas con y sin problemas, así como la ubicación de los sitios de suelo bajo estudio.

Para los huertos T_1 y T_2 no se elaboraron planos puesto que estos huertos presentaban mínimos problemas de árboles; sin embargo, en el huerto T_1 se ubicaron los sitios 14 y 15, correspondiendo al sitio 14 un árbol muerto aislado y rodeado de un gran número de árboles sanos.

En el huerto T_2 se ubicaron los sitios 12 y 13, correspondiendo para el sitio 12 una área pequeña de árboles cloróticos.

Descripción de perfiles de suelo.

En la descripción de perfiles de suelo se empleó la metodología propuesta por el Dr. Cuanalo de la Cerda - (Manual para la descripción de perfiles de suelo en el campo).

A una distancia de 0.5 m del árbol y sobre la hilera, se excavó un pozo de 1 m de ancho por 1.5 m de largo y 1.5 m de profundidad.

Una vez terminado el pozo, se delimitaron visualmente los diversos horozintes del perfil considerando para ello las características de color, estructura, textura al tacto y resistencia del suelo a la penetración del cuchi-llo.

Ya delimitados los horizontes, se procedió a describir en cada uno de ellos las siguientes características:

espesor, color, textura, pedregosidad (cantidad, tamaño y forma de piedras), estructura (grado de desarrollo, forma y tamaño), humedad, consistencia, poros (número por dm^2 , diámetro, continuidad, localización y morfología), permeabilidad, raíces (número por 3 dm^2 y tamaño), fauna y transición a la siguiente capa (cambio y forma del límite) (Figura 3).

Características físicas y químicas del suelo.

A lo largo de cada horizonte del perfil, se tomaron muestras de suelo con el fin de determinar sus características físicas y químicas.

Las muestras de suelo fueron trasladadas a laboratorio en donde se secaron a la sombra, se molieron con marro de madera y se pasaron por un tamíz con malla de 2 mm de diámetro.

El suelo fue analizado en el laboratorio de suelos del Centro de Investigaciones Agrícolas del Norte ubicado en la región lagunera, en donde se determinaron las siguientes características:

Textura

Conductividad eléctrica

Cationes solubles (Ca + Mg y Na)

Porcentaje de sodio intercambiable

Capacidad de intercambio catiónico

Cationes intercambiables (Ca, Mg y K)

Materia orgánica

pH

Fósforo asimilable

Elementos menores (Cu, Fe, Mn y Zn) y

Carbonatos de calcio

Densidad aparente y porosidad total del suelo.

En cada horizonte del perfil y cuando fue posible, se tomó muestra de suelo para la determinación de la densidad aparente por el método de la barrena con cilindro de volumen conocido.

Los materiales utilizados en esta prueba fueron los siguientes: barrena tipo Uhland, botes para humedad, - balanza, estufa para secar suelo y espátula.

Para la toma de la muestra, se seleccionó la parte central del horizonte introduciendo la barrena golpeando uniformemente con el martillo, teniéndose cuidado de no compactar el suelo durante el muestreo, para así tener un volumen conocido con la estructura de campo.

Se extrajo la barrena suavemente haciéndola girar y sacando dentro de ésta los cilindros con la muestra de suelo (Figura 4). Se cortó con la espátula al ras los lados del cilindro de volumen conocido y se depositó la muestra de suelo en un bote para humedad previamente marcado.

En campo se registró el peso del suelo húmedo - de la muestra, la cual se llevó a laboratorio en donde se puso a secar en la estufa a 105°C por un período de 48 ho



Figura 3. Descripción del perfil de suelo.

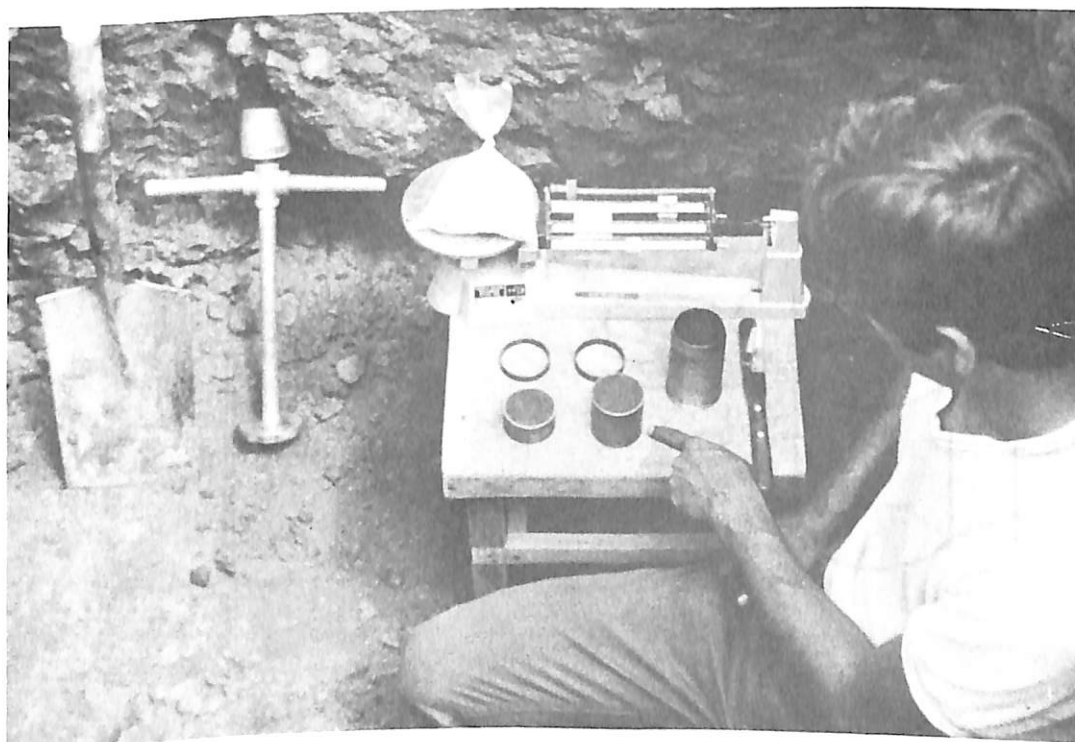


Figura 4. Muestreo de suelo con barrena tipo Uhland para determinar la densidad aparente del suelo.

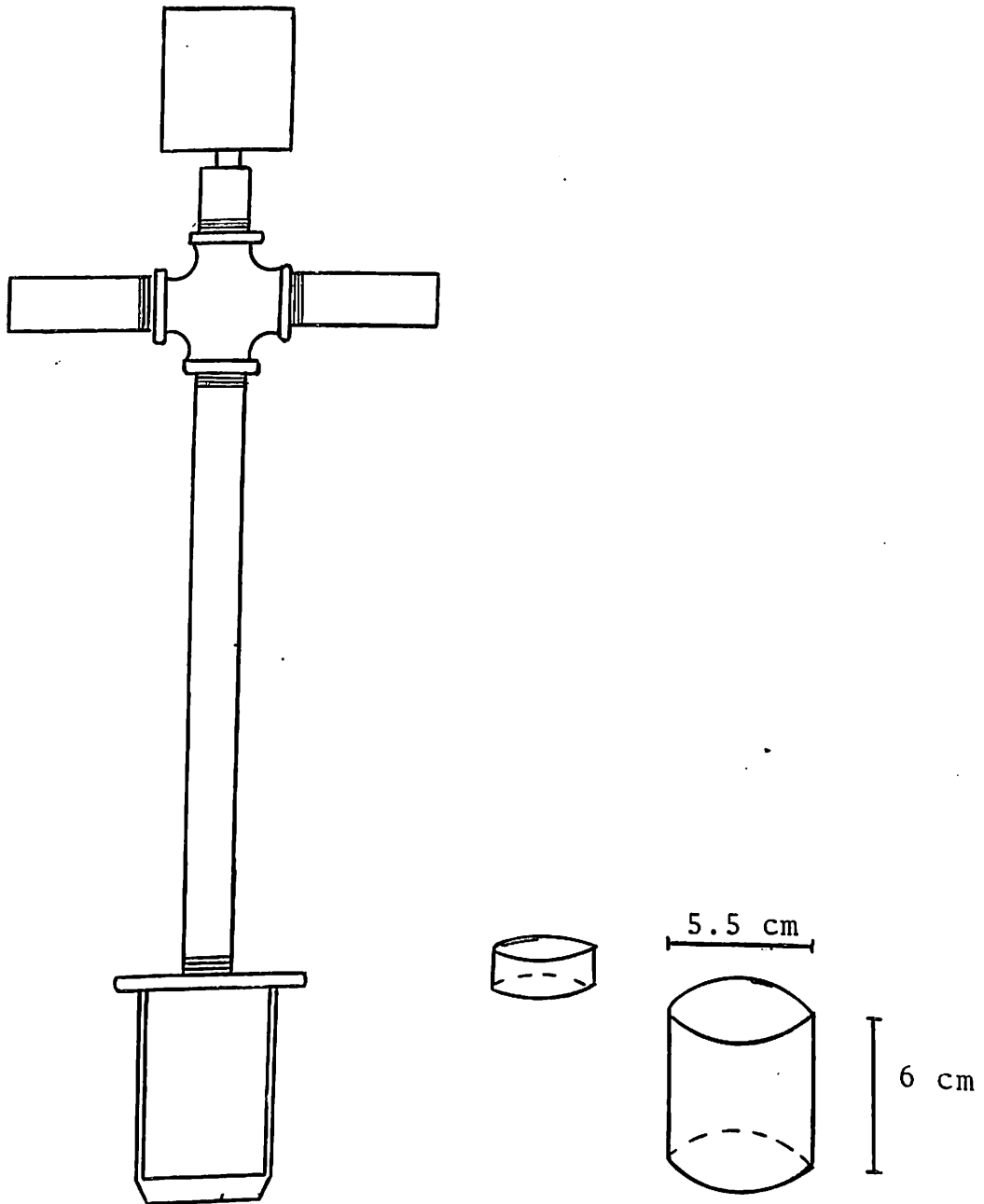


Figura 5. Dibujo esquemático de la barrena tipo Uhland para tomar muestras de suelo de volumen conocido.

ras y registrando posteriormente el peso del suelo seco.

Con los datos obtenidos y considerando el valor de densidad de sólidos de 2.65 g/cm^3 se calculó el valor de la densidad aparente y porosidad total del suelo mediante las siguientes fórmulas:

$$Dap = \frac{ms}{vt}$$

$$E=1 - \frac{Dap}{Ds}$$

donde

Dap = Densidad aparente

ms = Masa de sólidos

vt = Volumen total del suelo

E = Porosidad

Ds = Densidad de sólidos

Velocidad de infiltración.

Esta determinación se realizó en campo por el método del infiltrómetro de doble cilindro.

El equipo utilizado en esta prueba fue: juego de dos cilindros metálicos de 40 cm de altura y con diámetros diferentes (30 y 40 cm). Para la determinación se seleccionó el sitio por donde no transita la maquinaria agrícola en donde se enterraron los cilindros con ayuda de una plancha metálica golpeando con marro.

En el cilindro interior se colocó un pliego de polietileno agregando agua a una altura aproximada de 20 cm -

de la superficie del suelo. Se tomó la lectura con ayuda de un gancho medidor y regla, registrándose la hora de inicio. Se extrajo rápidamente el polietileno del cilindro interior a la vez que se agregaba agua en el cilindro exterior.

Las lecturas siguientes se tomaron de igual forma a diferentes intervalos de tiempo (Figura 6) y recargando periódicamente los cilindros, evitando que el nivel del agua bajara más de un 20%.

A partir de los datos de campo se calcularon las diversas expresiones de la infiltración.

Los valores de tiempo acumulado vs infiltración acumulativa, fueron sometidos a una prueba de regresión lineal simple, además de graficar éstos en papel logarítmico con el propósito de obtener en primer lugar la ecuación $LA = CT^a$ y a partir de ella la ecuación $VI = KT^n$ en donde:

LA = Lámina acumulada en cm.

C = Constante o coeficiente de infiltración por unidad de tiempo en centímetros.

T = Tiempo en minutos.

a = Pendiente de la línea encontrada.

VI = Velocidad de infiltración en cm/hr.

K = Coeficiente de infiltración por unidad de tiempo en cm/hr.

n = Exponente negativo encontrado al medir la pendiente de la gráfica.

Resistencia del suelo a la penetración.

La evaluación de la resistencia del suelo a la penetración se efectuó por el método del penetrómetro. El equipo y material utilizado en esta prueba fue: penetrómetro de impacto, barrena tipo holandesa, botes para humedad, balanza y estufa de secado.

Para la determinación se hizo un cajete con bordos de suelo de 5 m de largo y 1 m de ancho, al cual se le agregaron 2,000 litros de agua. Lo alargado del cajete estuvo en forma transversal a la dirección de las hileras de árboles con el propósito de medir el efecto del paso de maquinaria agrícola. Para ello se tuvieron cinco puntos de sondeo a un metro cada uno.

Una vez infiltrada el agua aplicada en el cajete, se colocó el penetrómetro en cada punto de sondeo, llevando la pesa hasta la altura de la varilla dejándola caer libremente. Se contó el número de golpes requeridos para la penetración de cada 10 cm hasta una profundidad de 80 cm (Figura 7).

Posteriormente se muestreó suelo con la barrena a tres profundidades (0-30, 30-60 y 60-90 cm) colocando las muestras en botes para humedad.

Las muestras de suelo se llevaron a laboratorio - en donde se les determinó su contenido de humedad.

Estas evaluaciones se efectuaron durante un período de cinco días continuos después del riego.



Figura 6. Toma de lecturas para determinar la velocidad de infiltración del suelo.



Figura 7. Determinación de la resistencia del suelo a la penetración con penetrámetro de impacto.

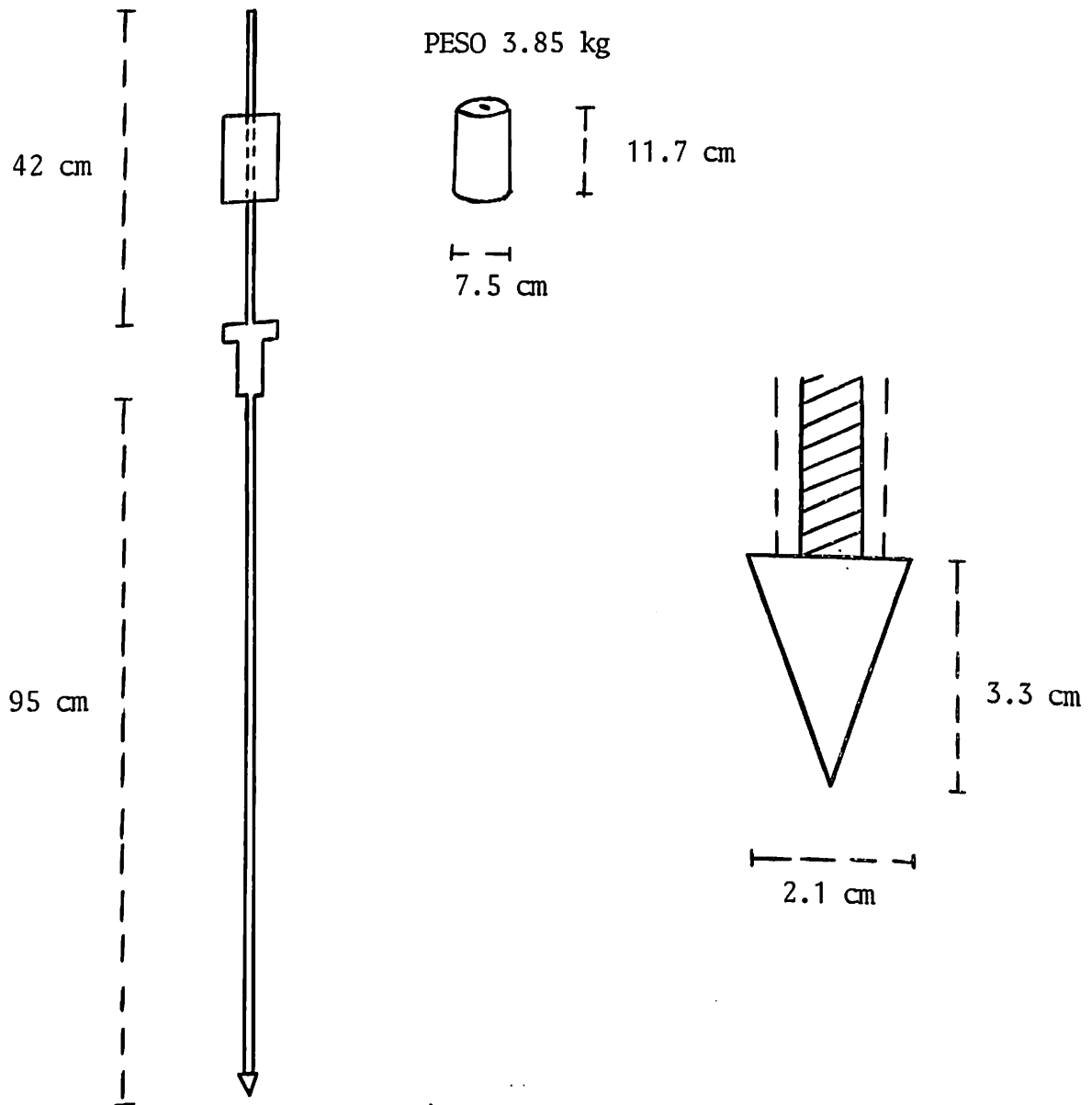


Figura 8. Dibujo esquemático del penetrómetro de impacto.

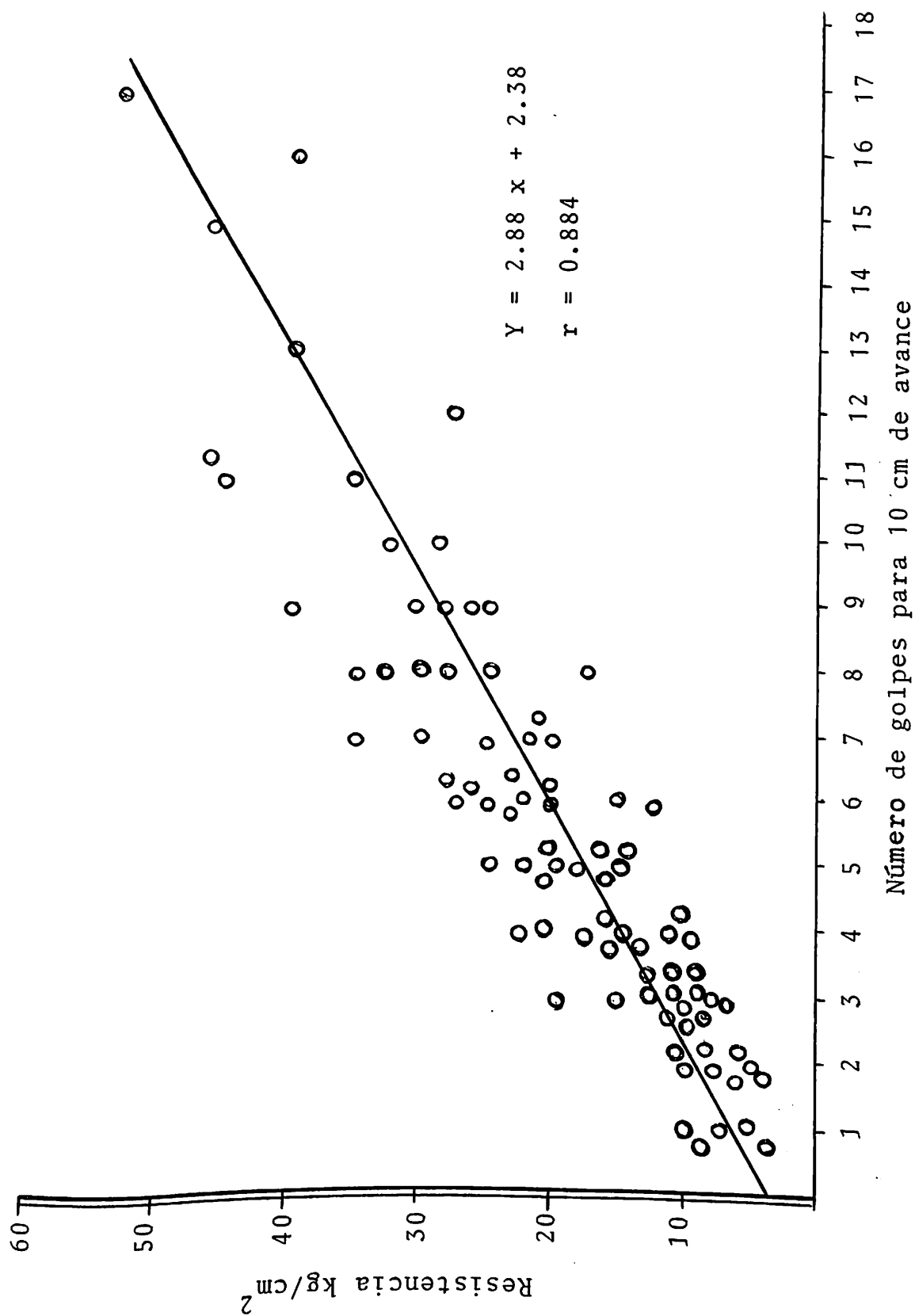


Figura 9; Curva de calibración del penetrómetro de impacto.

El número de golpes obtenidos en cada 10 cm de avance, fueron transformados a valores de resistencia en kg/cm^2 utilizando la curva de calibración que se presenta en la Figura 9. Esta curva fue elaborada en el Campo Agrícola Experimental de la Laguna, por el Ing. M.S. Javier Z. Castellanos Ramos, utilizando un penetrómetro de lectura directa.

Patógenos en raíces y suelo.

Al árbol próximo al perfil de suelo descrito, se le hizo una descripción de las apariencias generales con el propósito de caracterizar su sintomatología.

Por otro lado, se tomaron muestras de raíces y suelo a tres profundidades (0-30, 30-60 y 60-90 cm). Las muestras se colocaron en bolsas de polietileno y se llevaron a laboratorio en donde se procesó cada una.

Las raíces se observaron al microscopio estereoscópico examinando detenidamente la superficie de lesiones y tejidos necróticos. Las raíces que presentaban estructuras de patógenos se aislaron, observándose de inmediato al microscopio compuesto, con lo que se identificó al organismo y las que no las presentaban se procedió a inducirles a la esporulación.

Para ello, se utilizaron técnicas de esporulación en cámara húmeda empleando como cámaras bolsas de polietileno y cajas petri, en estas últimas se colocó un pedazo -

de papel filtro húmedo.

Otra técnica fue la de poner las raíces en cajas petri con medios de cultivo, los cuales fueron: PDA, harina de maíz-agar, jugo V8-agar, avena-agar y medio de Bonner-Addicott.

Las muestras fueron sometidas a la temperatura del laboratorio ya que se careció de estufa incubadora; sin embargo, en los meses en que se estuvo procesando el material, las temperaturas oscilaron entre los 23°C y 30°C, por lo que están dentro del rango para la inducción a la esporulación, además que las colonias de hongos se desarrollaron perfectamente.

Para el cultivo del suelo se tomaron 100 g de suelo colocándose en vaso de precipitado y se agregaron 500 ml de agua destilada, se agitó y dejó la suspensión de suelo en reposo durante un período de 72 horas. Posteriormente se extrajo el líquido sobrenadante, se tomó una muestra de suelo y se sembró en cajas petri con los diferentes medios de cultivo antes mencionados.

La identificación de los patógenos se hizo al microscopio compuesto, con ayuda de las técnicas de Barnett y Hunter de hongos imperfectos y las del manual de Finch.

RESULTADOS Y DISCUSION

Huerto A.

El huerto está ubicado en Sección Enríquez municipio de Casas Grandes, Chih. El lote bajo estudio es manzano, cultivar Oregon Spur con portainjerto MM 111 y una edad de 4 años, el cual ocupa una superficie aproximada de 7.0 has con un total de 4,118 árboles.

El sistema de arreglo de los árboles es de hileras en rectángulo (5 x 3.40 m). Las hileras de árboles es tán orientadas 350° al noroeste.

Los resultados obtenidos en la evaluación de las condiciones aéreas de los árboles efectuada en el mes de junio señala que el huerto presentó 32.7% de árboles sanos, 28.6% afectados, 2.9% cloróticos, 33.5% fallas y/o replantes y 2.3% muertos, correspondiendo un 32.7% de áreas sin problemas y un 67.3% de áreas con problemas (Figura 10).

En este huerto se ubicaron los sitios de suelo 1, 2, 3 y 4. Cuando se efectuó la evaluación de las condicio nes aéreas de los árboles, los sitios 2 y 3 fueron representativos de áreas sin problemas; sin embargo, al efectuar se las pruebas de caracterización del suelo en el mes de agosto, estas áreas que inicialmente estaban sin problemas, presentaban en su mayoría árboles con síntomas de declina ción, por lo que finalmente todos los sitios en este huerto fueron representativos de áreas con problemas de árboles.

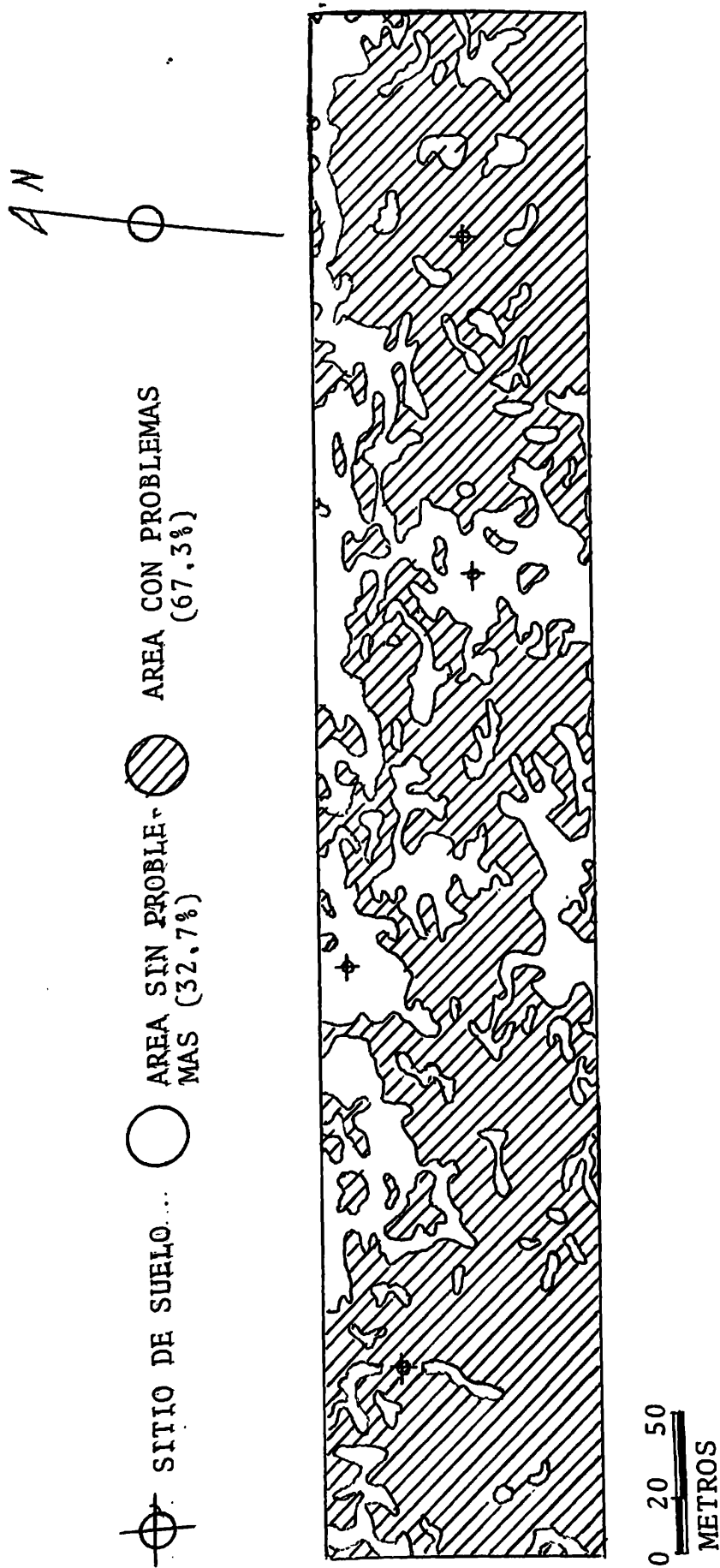


Figura 10. Plano correspondiente al huerto A que muestra la distribución y cuantificación de áreas con y sin problemas de árboles, así como la ubicación de sitios de suelo bajo estudio.

Sitio 1.

Este sitio es representativo de un área de árboles con problemas, siendo éstos en su mayoría replantes y/o fallas y árboles con síntomas de declinación.

El árbol próximo al perfil de suelo excavado, se presenta muerto, con la corteza del tronco fofa y las raíces principales y secundarias podridas y con micelios.

El suelo es muy profundo (> 120 cm) el cual es suficiente para el almacenaje de agua y nutrientes y la posible extensión de raíces.

El perfil de suelo exhibe cinco horizontes cuyas profundidades son: 0-26, 26-50, 50-70, 70-110 y 110-160 - cm.

Las texturas del suelo a partir de la superficie son: franca, migajón arcillosa, franca y migajón arenosa.

La pedregosidad en el perfil es baja, media y alta conforme aumenta la profundidad. El horizonte inferior está sujeto a lixiviación excesiva debido a textura ligera y a la alta pedregosidad.

La estructura del suelo en todo el perfil es masiva, la cual afecta la penetración del agua, la aireación del suelo y el desarrollo de raíces.

La porosidad del suelo es baja de 0-50 cm, media de 50-70 cm, buena de 70-110 cm y media de 110-160 cm.

La cantidad de raíces finas es regular de 0-50 - cm, baja de 50-70 cm y regular de 70-160 cm. La baja can-

tividad de raíces de 50-70 cm puede deberse a que esta capa presenta textura semipesada, baja permeabilidad del suelo al agua y pobre aireación.

El pH del suelo varía de ligeramente ácido (6.7) a ligeramente alcalino (7.3) lo cual no representa problema en cuanto a la disponibilidad de los nutrientes.

El suelo no presenta concentraciones excesivas - de sales solubles y sodio intercambiable.

El contenido de materia orgánica es menor de 1.0% en todo el perfil, clasificándose al suelo como muy pobre.

La densidad aparente de 0-70 cm está ligeramente por encima del valor normal en base a texturas y de 70-160 cm por debajo de los valores normales.

La descripción detallada del perfil de suelo y - los resultados del análisis físico y químico del laboratorio de todos los sitios de suelo bajo estudio, se encuentran en el apéndice.

La infiltración básica del suelo es de 0.16 cm/hr (Figura 11), correspondiendo este valor a un grado de - permeabilidad del suelo muy bajo, el cual está relacionado con la estratificación que presenta el perfil de suelo - - principalmente en texturas y porosidad, además de estructura del suelo masiva.

Los valores de resistencia del suelo a la penetración promedio de cinco días después del riego obtenidos

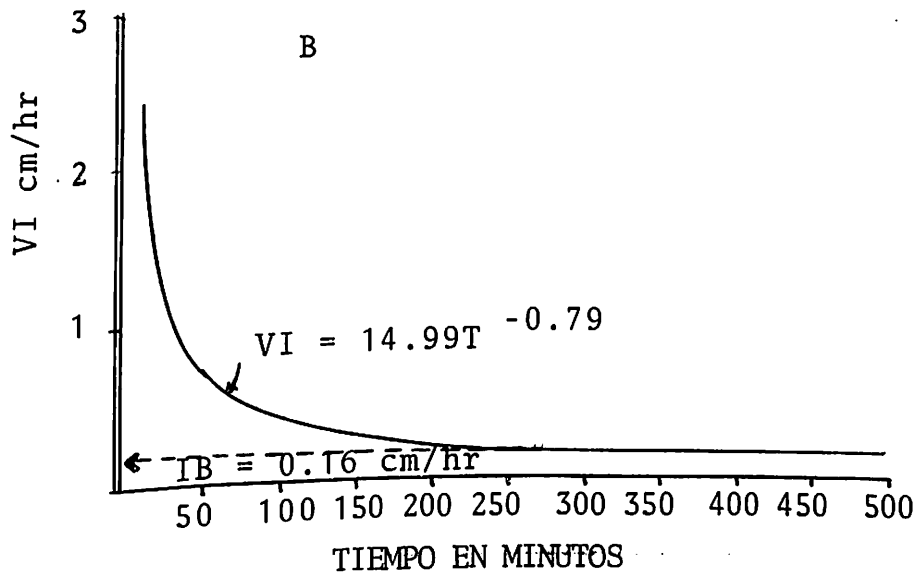
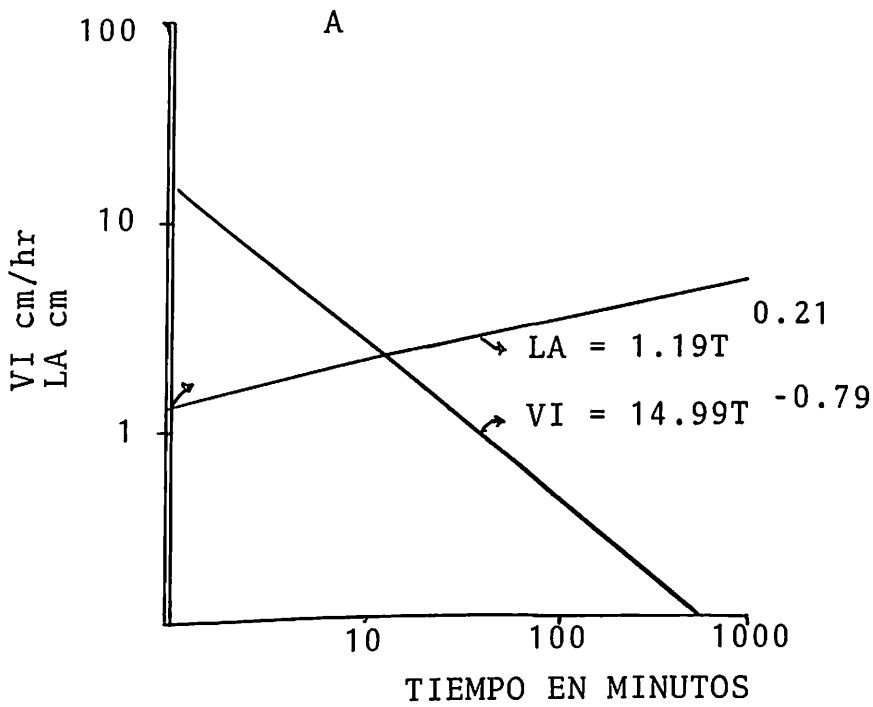


Figura 11. Gráfica de infiltración en escala logarítmica (A) y curva para estimar la infiltración básica del suelo (B) Sitio 1.

a partir de cero metros de distancia del tronco y a un metro de éste (dirección entre hileras), son menores de 20 kg/cm² (valores mayores de 20 kg/cm² limitan en crecimiento radicular) desde la superficie del suelo hasta 80 cm de profundidad; sin embargo, los valores de resistencia a dos metros del tronco son mayores de 20 kg/cm² a partir de 40 cm, siendo el valor más alto de 66 kg/cm² a los 60 cm, por lo que se considera que de 40-80 cm el crecimiento radicular es limitado (Figura 12).

Los patógenos encontrados en raíces fueron: 0-30 cm: *Phytophthora*, *Armillaria*, *Verticillium*, *Cylindrocarpon* y *Agrobacterium*; 30-60 cm: *Phymatotrichum*, *Verticillium* y *Cylindrocarpon*; 60-90 cm: *Phymatotrichum*.

En suelo los patógenos encontrados fueron: 0-30 cm: *Fusarium* y *Phytium*; 30-60 cm: *Fusarium* y esclerocios de *Phymatotrichum*; 60-90 cm: esclerocios de *Phymatotrichum*. De los patógenos encontrados los más severos son *Phytophthora* causante de la pudrición del cuello y *Phymatotrichum* causante de la pudrición texana.

Los factores del suelo adversos en este sitio - que están asociados con la condición y problema del frutal se pueden resumir como sigue: estructura del suelo masiva, baja permeabilidad del suelo al agua, deficiente aireación y niveles altos de resistencia del suelo a la penetración. Así mismo, la presencia de patógenos severos (*Phytophthora* y *Phymatotrichum*).

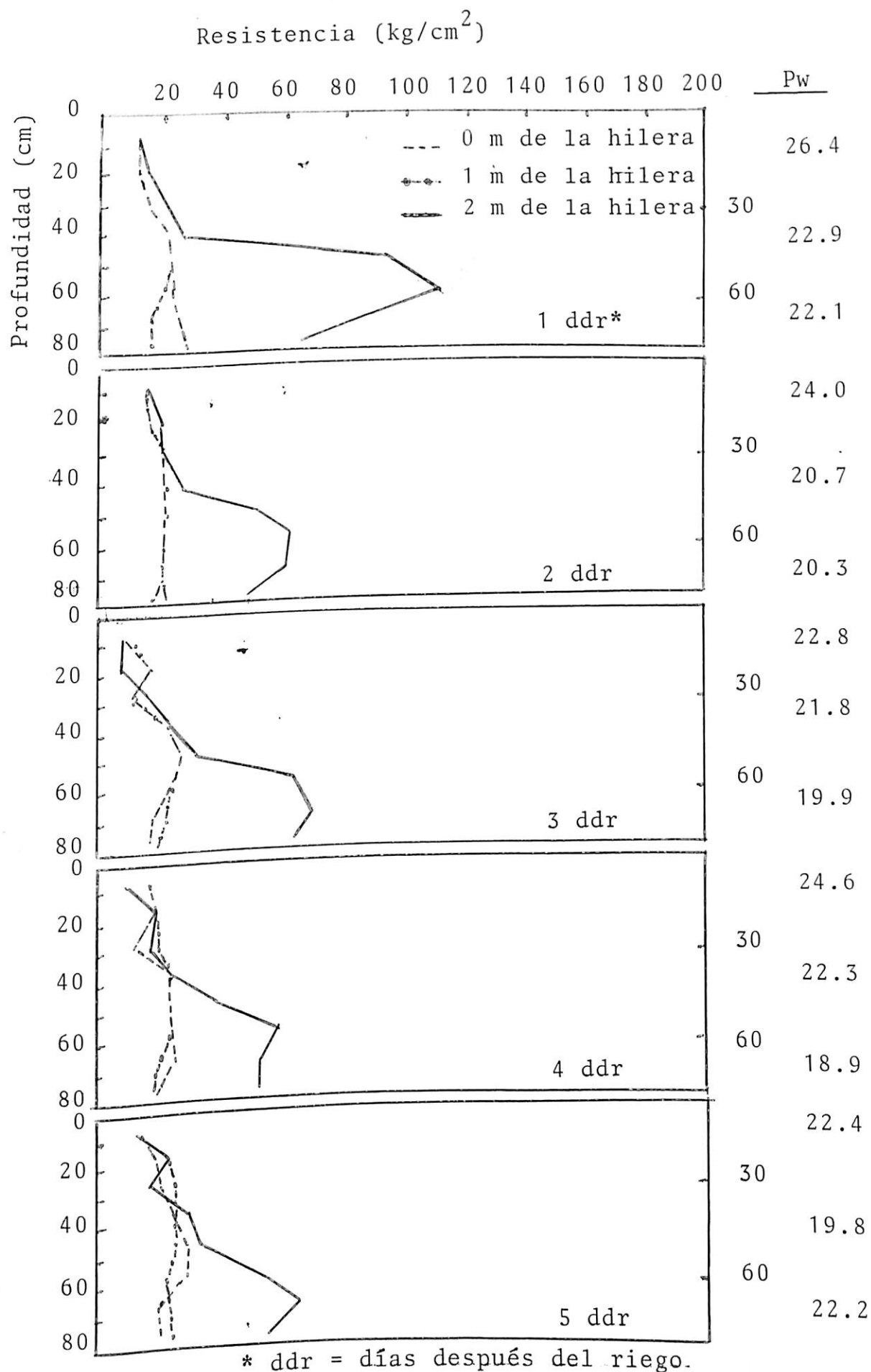


Figura 12. Curvas de resistencia del suelo a la penetración a tres distancias del tronco del árbol, durante un período de cinco días después del riego. Sitio 1.

Sitio 2.

Al realizar la evaluación de condiciones aéreas de árboles durante el mes de junio, este sitio fue representativo de un área sin problema de árboles; sin embargo, al efectuarse las pruebas de caracterización del suelo en el mes de agosto, los árboles presentaban síntomas de declinación, por lo que este sitio finalmente fue representativo de área con problemas de árboles.

El árbol próximo al perfil del suelo descrito -- presenta decline lento, daño zonificado, follaje amarillento y con defoliación, las raíces podridas y con rizomorfos.

El suelo es muy profundo (> 120 cm) suficiente - para el almacenaje de agua y nutrientes y la posible extensión de raíces.

El perfil de suelo exhibe tres horizontes cuyas profundidades son: 0-50-, 50-80 y 80-130 cm.

La textura del suelo es migajón arcillosa en el horizonte superior y migajón arcillo arenosa el resto del perfil.

La pedregosidad en el perfil es baja, media y alta conforme aumenta la profundidad. El horizonte inferior está sujeto a lixiviación excesiva debido a la alta pedregosidad.

La estructura en todo el perfil de suelo es masiva, la cual afecta la penetración del agua, la aireación y el desarrollo de raíces.

La porosidad del suelo es baja de 0-50 cm y buena de 50-130 cm.

La cantidad de raíces finas es regular de 0-80 cm y abundantes en el horizonte inferior.

El pH varía de ligeramente ácido (6.8) a neutro (7.0) el cual no representa problema respecto a la disponibilidad de los nutrientes.

No se presentan concentraciones excesivas de sales solubles y sodio intercambiable.

El suelo es muy pobre en materia orgánica (< 1.0 %) y los valores de densidad aparente están ligeramente -- por encima de lo normal en base a texturas.

La infiltración básica del suelo es de 0.48 cm/hr (Figura 13), la cual corresponde a un grado muy bajo de permeabilidad del suelo y está relacionada con texturas se mipesadas, baja porosidad y estructura masiva del suelo.

Los valores de resistencia del suelo a la penetración promedio de cinco días después del riego a ce tro metros del tronco del árbol, presentan limitación para el crecimiento radicular de 60-80 cm de profundidad con un va lor de 25 kg/cm². Para una distancia de un metro del tron co, la limitación del crecimiento radicular se presenta de 40-80 cm, siendo el valor más alto de 75 kg/cm² a los 70 cm. Para la distancia de dos metros del tronco, la resistencia que limita el desarrollo radicular se presenta a -

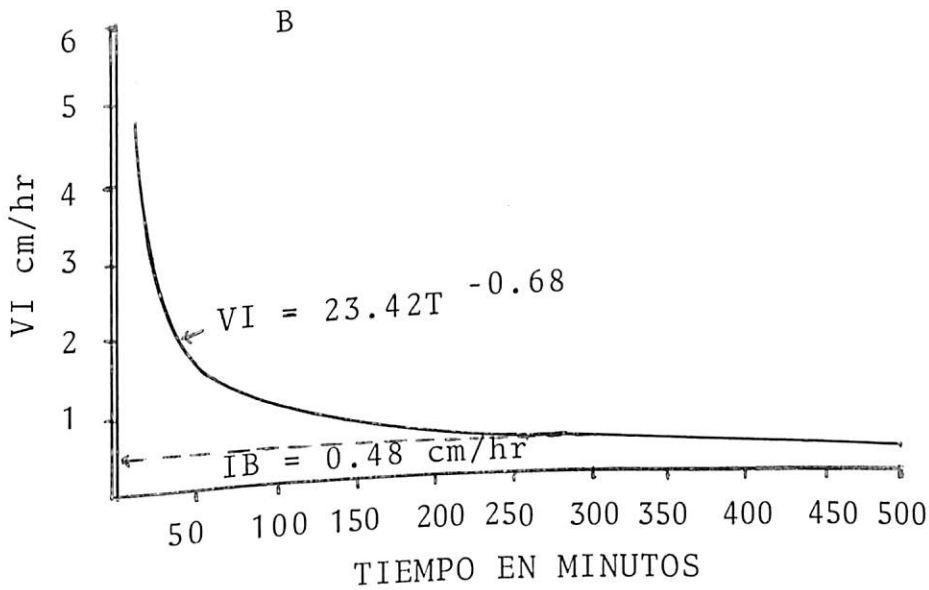
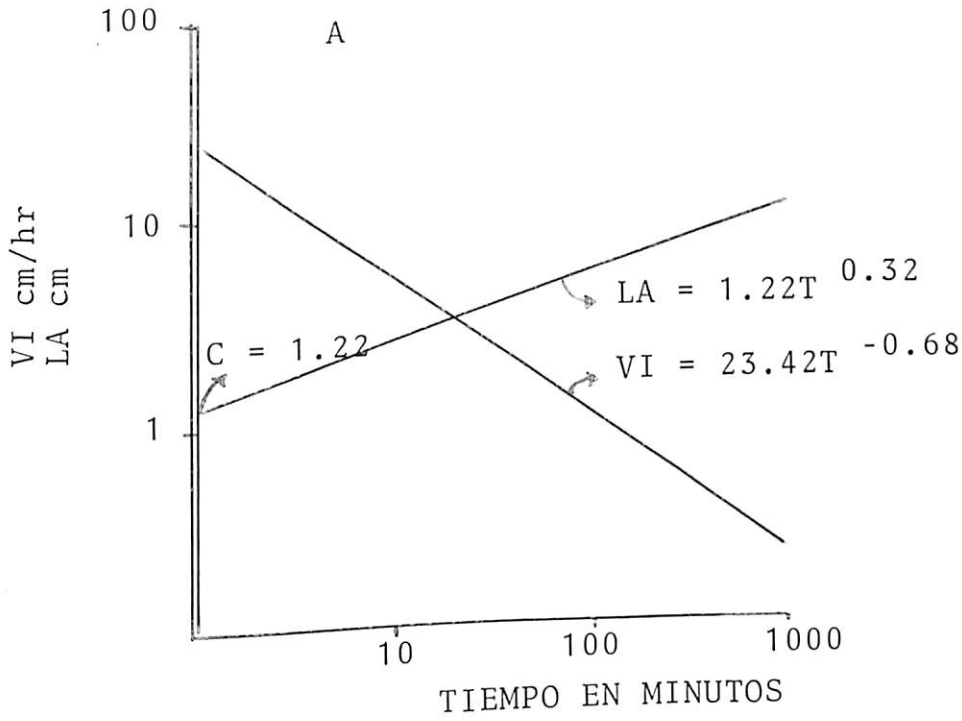


Figura 13. Grafica de infiltración en escala logarítmica (A) y curva para estimar la infiltración básica del suelo (B). Sitio 2.

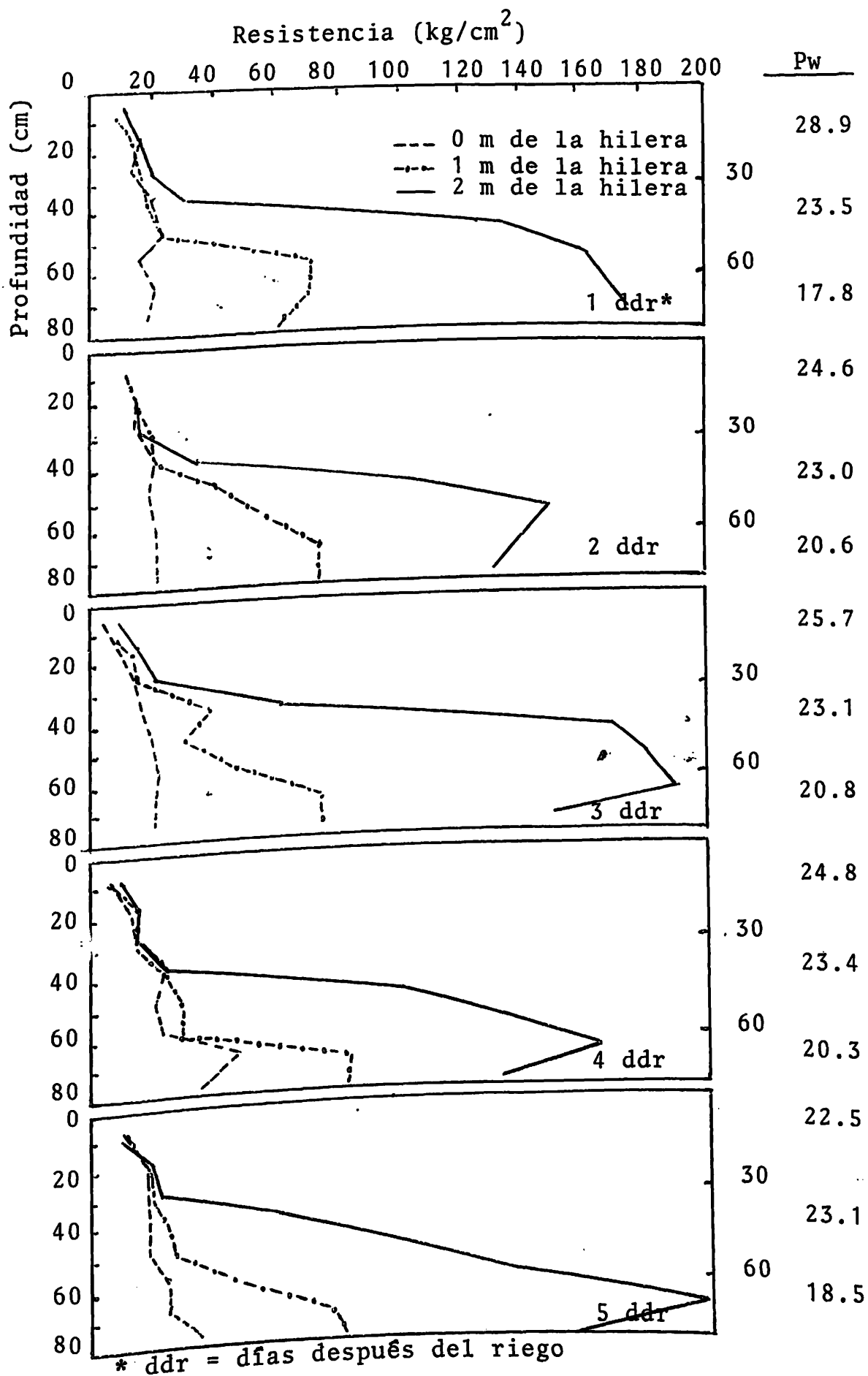


Figura 14. Curvas de resistencia del suelo a la penetración a tres distancias del tronco del árbol, durante un período de cinco días después del riego. Sitio 2.

partir de los 30 cm, siendo el máximo valor de 160 kg/cm² a los 70 cm (Figura 14).

Los patógenos encontrados en raíces fueron: 0-30 cm: *Phytophthora* y *Rosellinia*; 30-90 cm: *Phymatotrichum*. - En el suelo sólo se encontró *Rhizoctonia* de 0-30 cm.

Los factores del suelo adversos en este sitio -- que están asociados con la condición y problema del frutal se pueden resumir como sigue: texturas semipesadas, estructura del suelo masiva, baja permeabilidad del suelo al agua, aireación deficiente y niveles altos de resistencia del suelo a la penetración. Así mismo, la presencia de patógenos severos (*Phymatotrichum* y *Phytophthora*).

Sitio 3.

Al realizar la evaluación de las condiciones aéreas de árboles en junio, el sitio fue representativo de un área de árboles sin problema; sin embargo, al efectuarse las pruebas de caracterización del suelo en agosto los árboles presentaban síntomas de declinación, por lo que finalmente este sitio fue representativo de área con problemas de árboles.

El diagnóstico visual del árbol próximo al perfil de suelo, indica árbol con decline lento, algunas hojas amarillas, tronco y ramas de color normal, algunas raíces primarias y secundarias podridas y dañadas.

El suelo es muy profundo (> 120 cm), suficiente

para el almacenaje de agua y nutrientes y la posible exten
sión de raíces.

El perfil de suelo presenta cuatro horizontes cu
yas profundidades son: 0-41, 41-82, 82-123 y 123-154 cm.

La textura del suelo es migajón arenosa en el ho
rizonte superior y migajón arcillosa el resto del perfil.
No se presentan piedras en todo el perfil de suelo.

La estructura es moderadamente desarrollada, po-
liédrica subangular media en el primer horizonte y masiva
el resto del perfil, esta última afecta la penetración del
agua, la aireación y el desarrollo de raíces.

La porosidad del suelo es buena a lo largo del -
perfil y la cantidad de raíces es regular de 0-123 y baja
en el horizonte inferior.

El pH en el perfil es ligeramente alcalino y va-
ría de 7.2 - 7.3, el cual no representa problemas para la
disponibilidad de los nutrientes.

El suelo no presenta concentraciones excesivas -
de sales solubles y sodio intercambiable y es muy pobre en
materia orgánica.

La densidad aparente de 82-154 cm se presenta -
por encima de lo normal en base a textura, por lo que se -
considera que la porosidad en esta capa se encuentra redu-
cida, afectando los procesos de movimiento de agua, airea-
ción y penetración a las raíces.

La infiltración básica del suelo en este sitio - es de 0.50 cm/hr (Figura 15), correspondiendo a un grado - de permeabilidad del suelo muy bajo, el cual está relacionado con texturas semipesadas, estructura del suelo masiva y compactación del suelo.

Los valores promedio de resistencia del suelo a la penetración a cero metros del tronco, presentan limitación radicular de los 60-80 cm con un valor máximo de 28 - kg/cm². Para una distancia de un metro del tronco, la limitación del crecimiento radicular se manifiesta de los 40 cm en adelante, presentándose el mayor valor de resistencia a los 70 cm, el cual es de 80 kg/cm². Para dos metros del tronco, la limitación radicular se presenta de los 30 cm en adelante con un máximo valor de 106 kg/cm² a los 60 cm (Figura 16).

Los patógenos encontrados en raíces fueron: 0-30 cm: *Phytophthora*, *Armillaria*, *Verticillium* y *Cylindrocarp*on; 30-60 cm: *Phymatotrichum*, *Verticillium* y *Cylindrocarp*on; y de 60-90 cm: *Phymatotrichum*. En el suelo se encontro de 0-30 cm: *Fusarium*, *Phytium* y *Rhizoctonia*; de 30-60 cm: *Fusarium* y esclerocios de *Phymatotrichum*; y de 60-90 - cm: esclerocios de *Phymatotrichum*.

En este sitio los factores del suelo adversos - que están asociados con la condición y problema del frutal se pueden resumir como sigue: texturas semipesadas, estrucuc

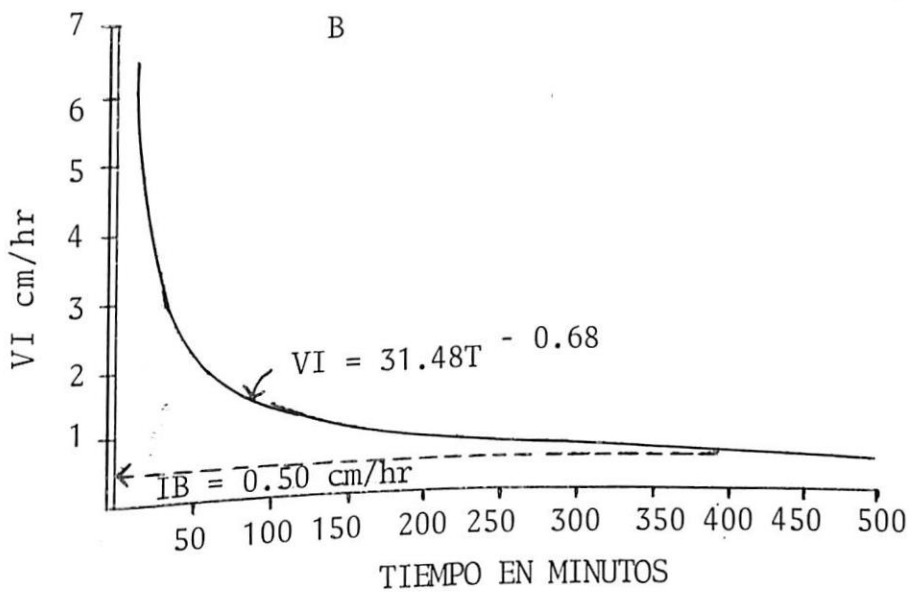
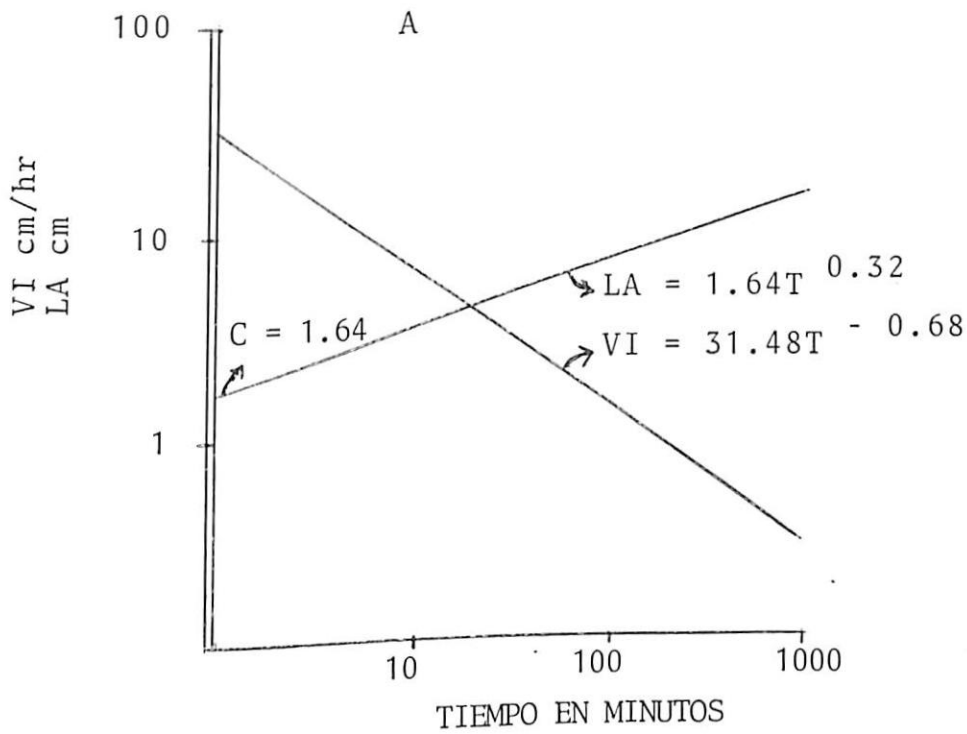


Figura 15. Gráfica de infiltración en escala logarítmica (A) y curva para estimar la infiltración básica del suelo (B) Sitio 3.

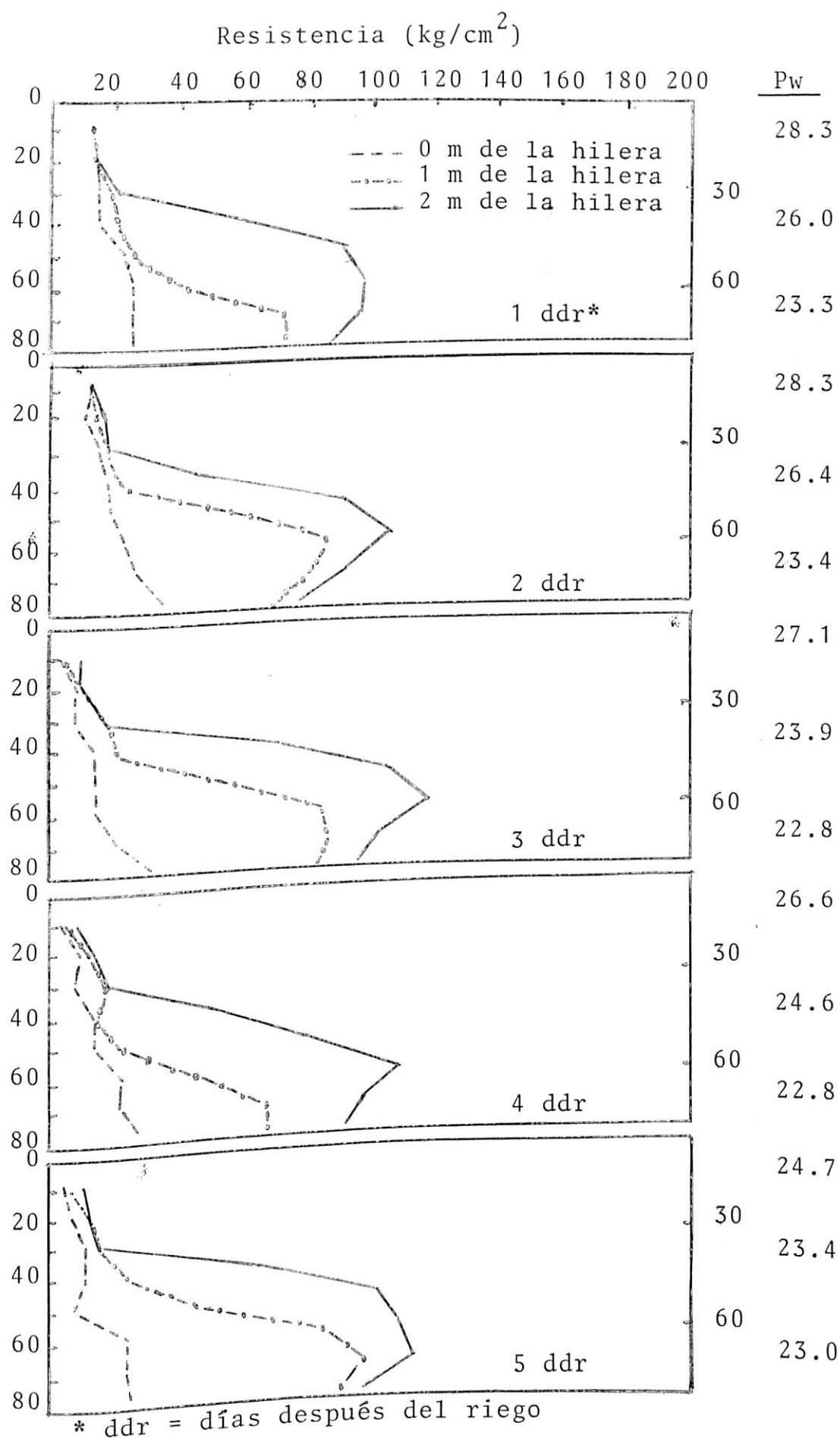


Figura 16. Curvas de resistencia del suelo a la penetración a tres distancias del tronco del árbol, durante un período de cinco días después del riego. Sitio 3.

tura del suelo masiva, baja permeabilidad del suelo al --- agua, baja aireación y niveles altos de resistencia del -- suelo a la penetración. Así mismo, la presencia de patógenos severos (*Phymatotrichum* y *Phytophthora*).

Sitio 4.

Este sitio es representativo de un área con problemas de árboles, principalmente muertos y afectados.

El árbol próximo al perfil de suelo se presenta muerto por colapso repentino, follaje seco y retenido, sin frutos, el tronco con necrosis vascular, las ramas color - café rojizo, las raíces principales y secundarias podridas con rizomorfos, agallas e insectos.

El suelo es muy profundo (> 120 cm) suficiente - para el almacenaje de nutrientes y agua y la posible extensión de raíces.

El perfil del suelo presenta tres horizontes cuyas profundidades son: 0-66, 66-104 y 104-130 cm.

La textura del suelo en todo el perfil es migajón arcillosa. No se presentan piedras y la estructura es moderadamente desarrollada, poliédrica subangular grande - de 0-104 cm y masiva en el horizonte inferior. Esta última capa afecta la penetración del agua, la aireación y el desarrollo de raíces.

La cantidad de raíces de 0-104 cm es regular y - baja en el horizonte inferior.

El pH es ligeramente alcalino y varía de 7.2 - 7.6 conforme aumenta la profundidad, pudiendo haber problema para la absorción de algunos nutrientes en los horizontes inferiores.

El suelo no presenta problema de excesos de sales solubles y sodio intercambiable y es muy pobre en materia orgánica.

La densidad aparente se presenta por encima de los valores normales en base a textura de 66-130 cm, por lo que la porosidad del suelo en esta capa se encuentra reducida afectando al movimiento del agua, la aireación y penetración de raíces.

La infiltración básica del suelo es de 0.95 cm/hr (Figura 17), correspondiendo a un grado de permeabilidad del suelo muy bajo, la cual está relacionada con textura semipesada, estructura masiva en el horizonte inferior, baja porosidad y compactación del suelo.

Los valores promedio de resistencia a la penetración a cero metros del tronco, presentan limitación radicular a partir de los 50 cm, siendo el valor mayor 36 kg/cm² a los 80 cm. Para una distancia de un metro, la limitación radicular ocurre a partir de los 50 cm, siendo el máximo valor 110 kg/cm² a los 80 cm.

Para una distancia de dos metros del tronco, la limitación radicular se inicia cerca de los 30 cm, con un

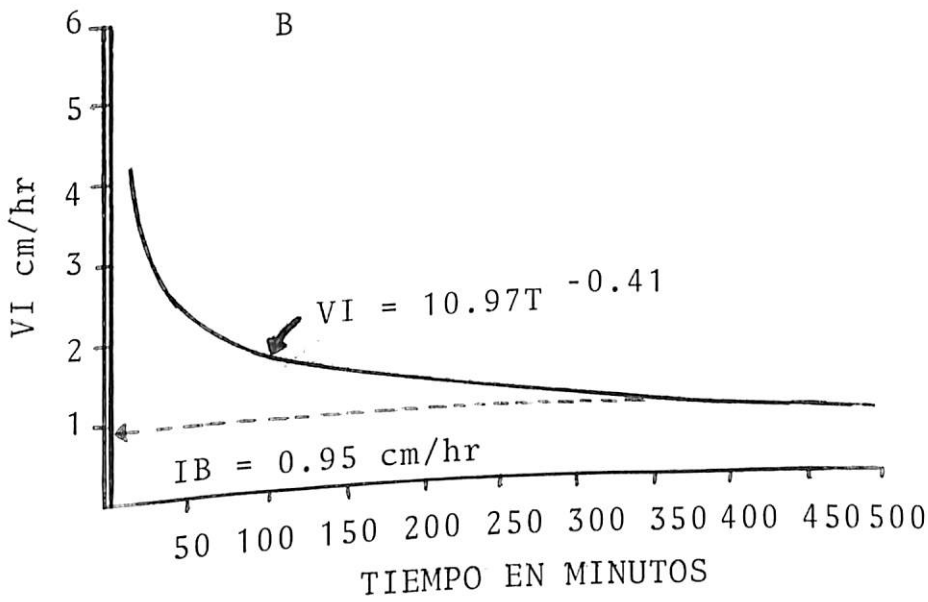
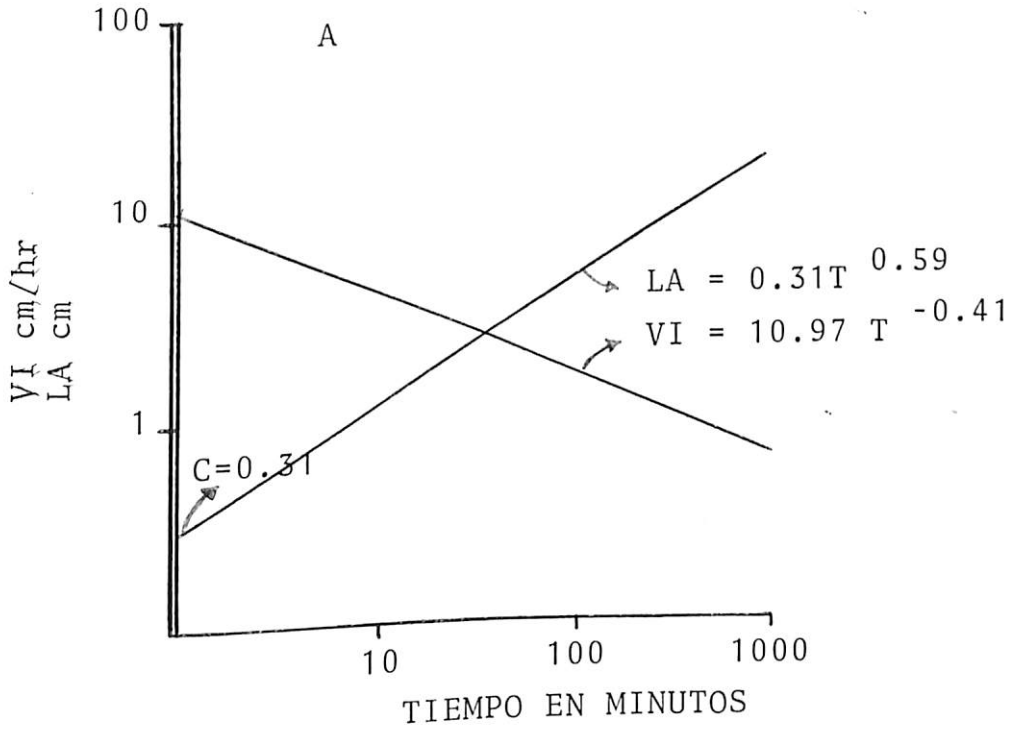


Figura 17. Gráfica de infiltración en escala logarítmica (A) y curva para estimar la infiltración básica del suelo (B) Sitio 4.

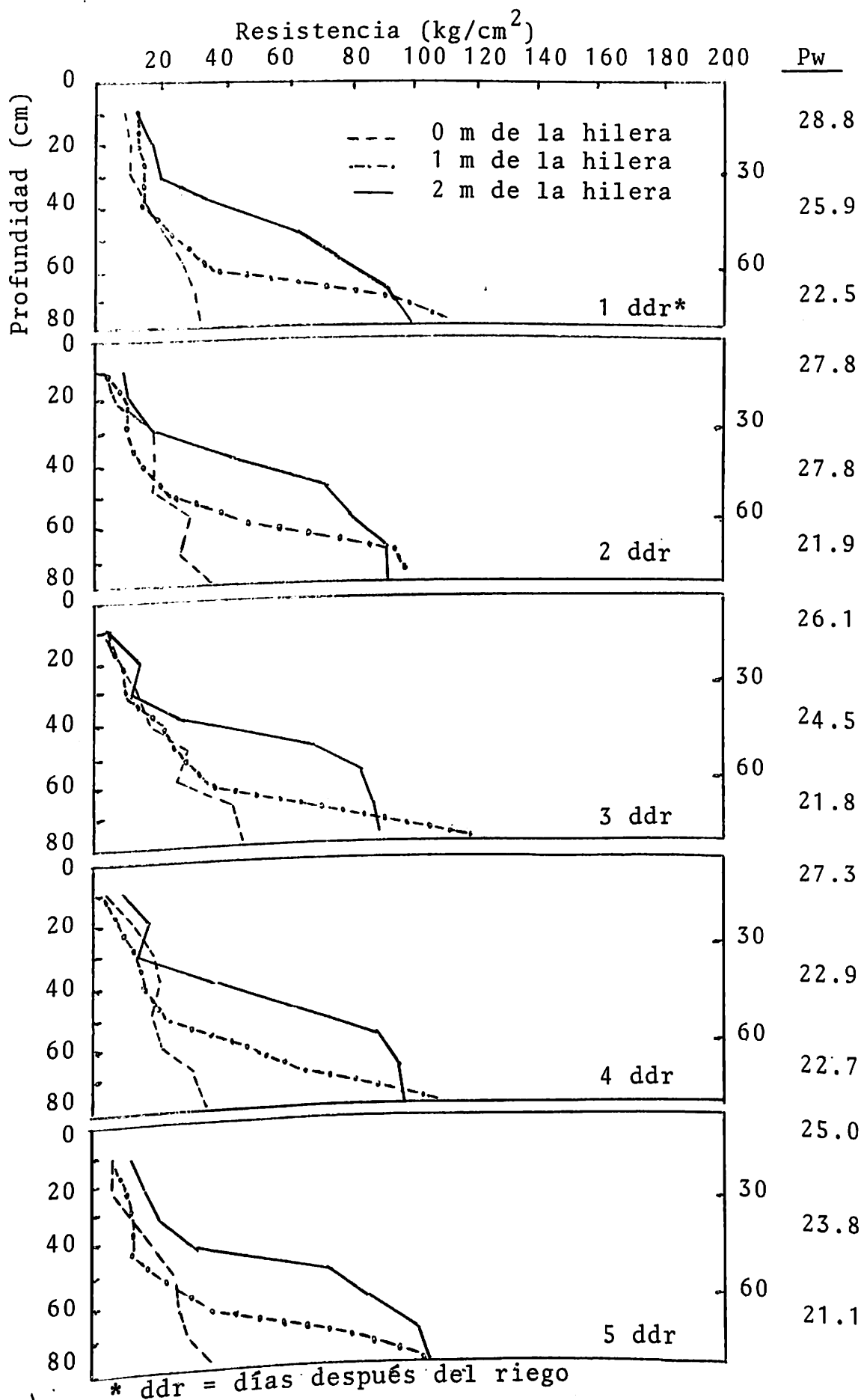


Figura 18. Curvas de resistencia del suelo a la penetración a tres distancias del tronco del árbol, durante un período de cinco días después del riego. Sitio. 4.

valor máximo de 96 kg/cm² a los 80 cm de profundidad (Figura 18).

Los patógenos encontrados en raíces fueron: 0-30 cm: *Phytophthora* y *Agrobacterium* y de los 30-90 cm: *Phymatotrichum*. En el suelo se encontró de 0-30 cm: *Fusarium* y *Rhizoctonia* y de 30-60 cm: *Fusarium*.

Los factores del suelo adversos en este sitio -- que están asociados con la condición y problema del frutal se pueden resumir como sigue: texturas semipesadas, estructura masiva en el horizonte inferior, baja porosidad, permeabilidad del suelo muy baja, deficiente aireación y niveles altos de resistencia del suelo a la penetración. -- Así mismo, la presencia de patógenos severos (*Phymatotrichum* y *Phytophthora*).

Huerto B.

El huerto está ubicado en Colonia San José, municipio de Casas Grandes, Chih. El lote bajo estudio es manzano, cultivar Oregon Spur con portainjerto MM 111 y una edad de 5 años, el cual ocupa una superficie aproximada de 3.0 ha con un total de 1,178 árboles.

El sistema de arreglo de los árboles es de hileras en rectángulo (6.5 x 4 m). Las hileras de árboles están orientadas 340° al noroeste.

Los resultados obtenidos en la evaluación de las condiciones aéreas de los árboles efectuada en el mes de -

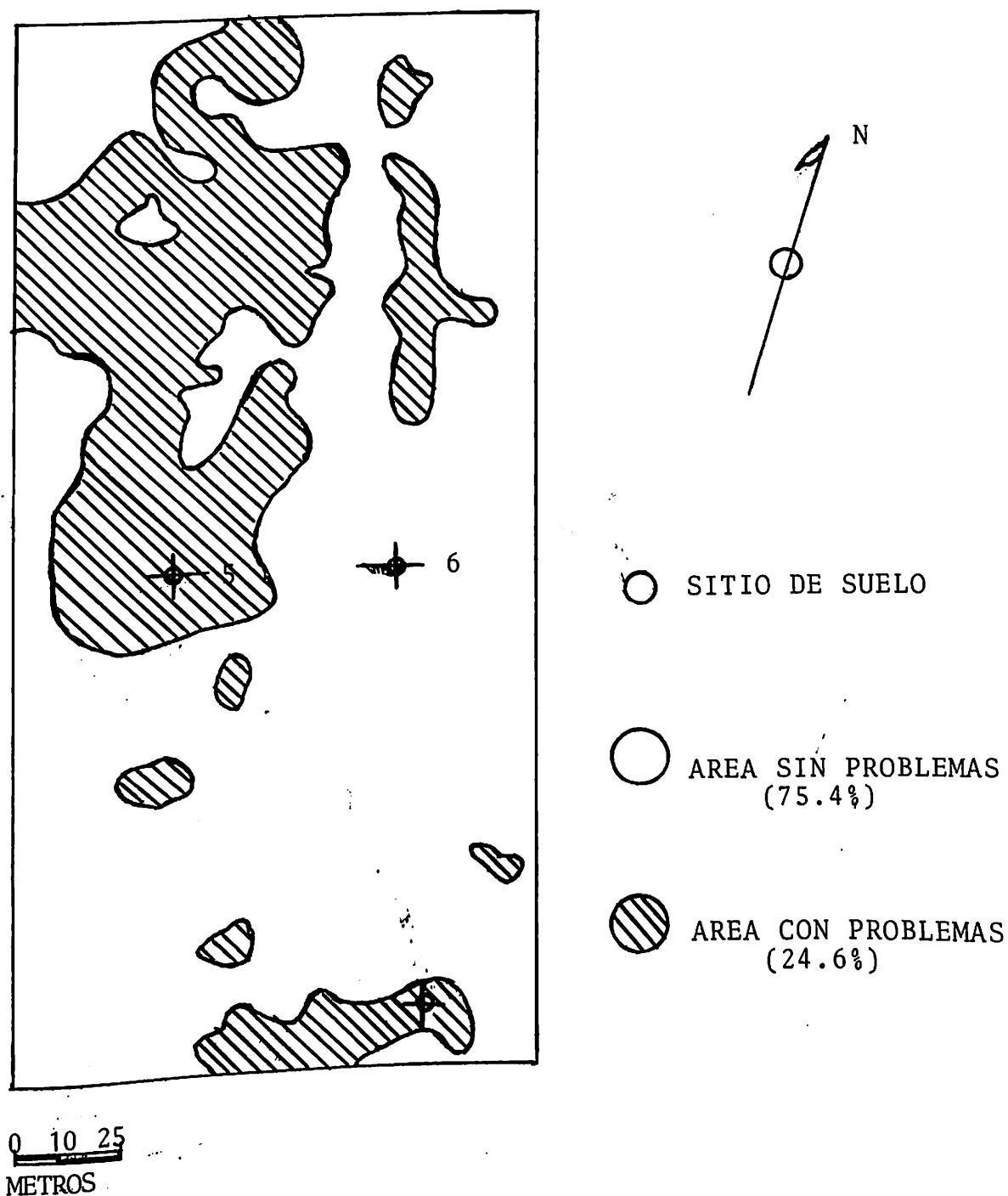


Figura. 19. Plano correspondiente al huerto B que muestra la distribución y cuantificación de áreas con y sin problemas de árboles, así como la ubicación de sitios de suelo bajo estudio.

junio, indica que el huerto presentó 75.4% de árboles sanos, 3.8% afectados, 17.7% cloróticos, 2.7% fallas y/o replantes y 0.4% muertos, correspondiendo un 75.4% de áreas sin problemas y 24.6% de áreas con problemas de árboles -- (Figura 19).

En el huerto se ubicaron los sitios de suelo 5, 6 y 7 correspondiendo a los sitios 5 y 7 representar áreas con problema y al sitio 6 área sin problema.

Sitio 5.

Este sitio es representativo de un área con problema de árboles principalmente cloróticos.

El diagnóstico visual del árbol próximo al perfil de suelo descrito, indica árbol con debilitamiento, daño zonificado, follaje clorótico, tronco y ramas de color café rojizo tenue y raíces aparentemente sanas.

El suelo es muy profundo (> 120 cm) siendo éste suficiente para el almacenaje de agua y nutrientes y la posible extensión de raíces.

El perfil del suelo exhibe cuatro horizontes cuyas profundidades son: 0-30, 30-56, 56-103 y 103-130 cm.

Las texturas del suelo a partir de la superficie son: franca, migajón arcillosa y arcillosa.

No se presentan piedras en todo el perfil de suelo.

La estructura del suelo se presenta fuertemente

desarrollada, poliédrica angular media de 0-30 cm, débilmente desarrollada de 30-56 cm y masiva de 56-130 cm. Este último estrato debido a textura arcillosa y estructura masiva afecta la penetración del agua, la aireación y desarrollo de las raíces.

La porosidad del suelo es baja 0-30 cm, buena de 30-56 y media de 56-130 cm.

La cantidad de raíces finas y delgadas es regular de 0-103 cm y no se presentan raíces en el horizonte inferior.

El pH del perfil es ligeramente alcalino y varía de 7.4 a 7.9 conforme aumenta la profundidad. Estos valores de pH pueden presentar baja disponibilidad de ciertos nutrimentos para la planta.

El suelo no presenta concentraciones excesivas de sales solubles; sin embargo, el porcentaje de sodio intercambiable varía de 3.2 a 10.2 conforme la profundidad, pudiendo este último valor presentar problemas sobre las propiedades del suelo y para la planta.

De acuerdo al contenido de materia orgánica, el suelo es pobre de 0-30 cm y muy pobre el resto del perfil.

La densidad aparente de 0-30 cm es normal en base a textura; sin embargo, se presentan valores más altos de 30-130 cm.

La infiltración básica del suelo es de 0.02 cm/

hr (Figura 20), correspondiendo a un grado muy bajo de permeabilidad del suelo, la cual está relacionada con texturas arcillosas, baja y mediana porosidad y estructura masiva en los horizontes inferiores.

Los valores promedio de cinco días después del riego, de resistencia del suelo a la penetración a cero metros del tronco, indican que hay crecimiento radicular limitado a partir de 60 cm, siendo el valor más alto de 46 kg/cm² a 80 cm. Para las distancias de uno y dos metros del tronco (dirección entre hileras) el crecimiento radicular es limitado a partir de 50 cm, siendo el mayor valor de 50 kg/cm² a 80 cm de profundidad (Figura 21).

El único patógeno encontrado en raíces fue *Phytophthora*, el cual se presentó de 0-30 cm. En el suelo se encontró de 0-30 cm: *Fusarium*, *Phytium* y *Rhizoctonia* y de 30-60 cm: *Fusarium*.

Los factores del suelo adversos en este sitio -- que están asociados con la condición y problema de los árboles se pueden resumir como sigue: texturas arcillosas, estructura del suelo masiva en horizontes inferiores, baja permeabilidad del suelo al agua, deficiente aireación, anegamiento del suelo, niveles altos de resistencia del suelo a la penetración y posiblemente alguna(s) deficiencia(s) de nutrimentos. Así mismo, la presencia de *Phytophthora*.

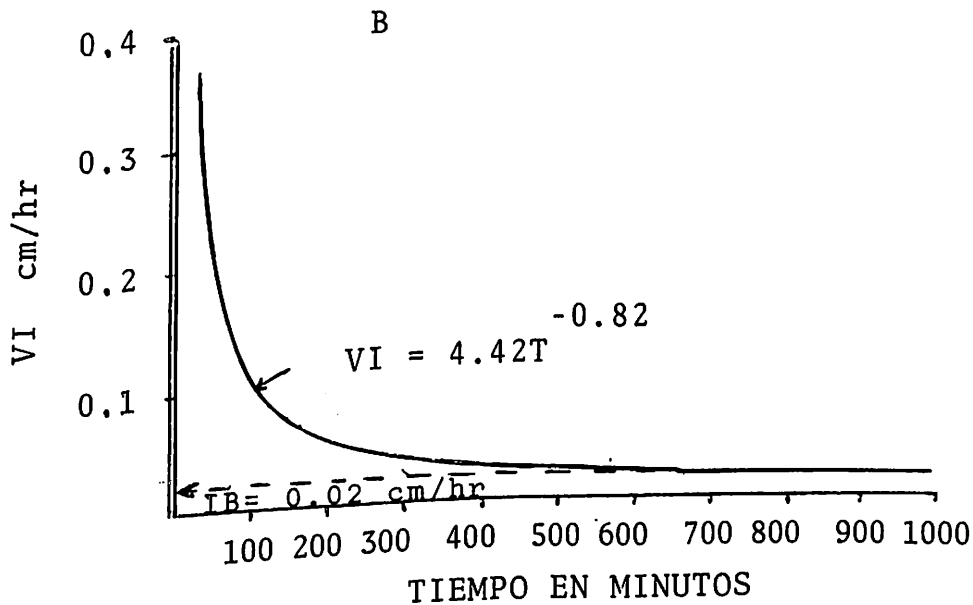
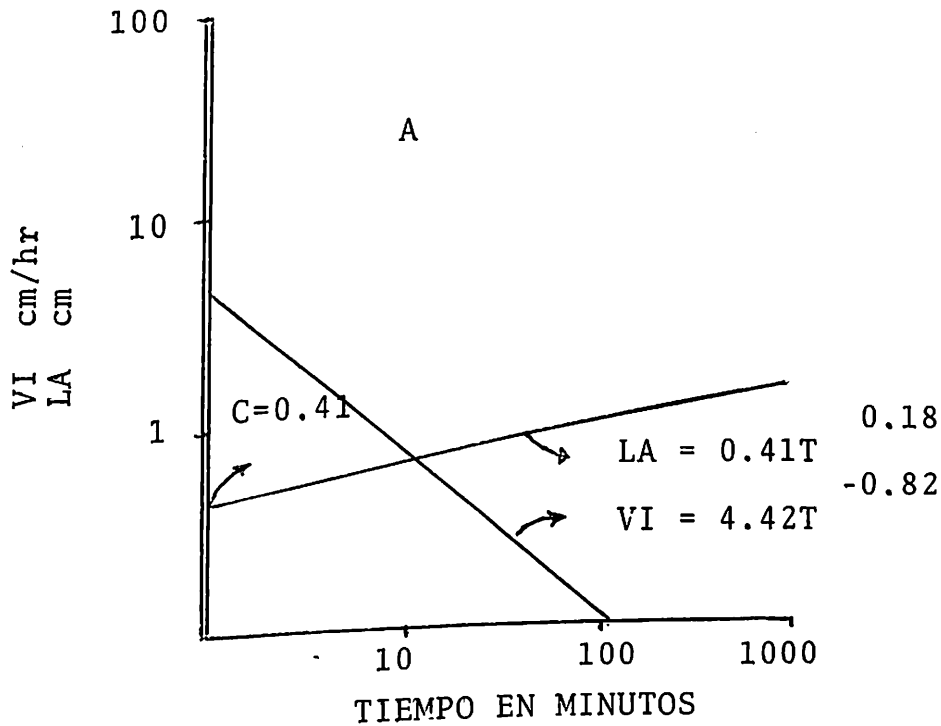


Figura 20. Gráfica de infiltración en escala logarítmica (A) y curva para estimar la infiltración básica del suelo (B). Sitio 5.

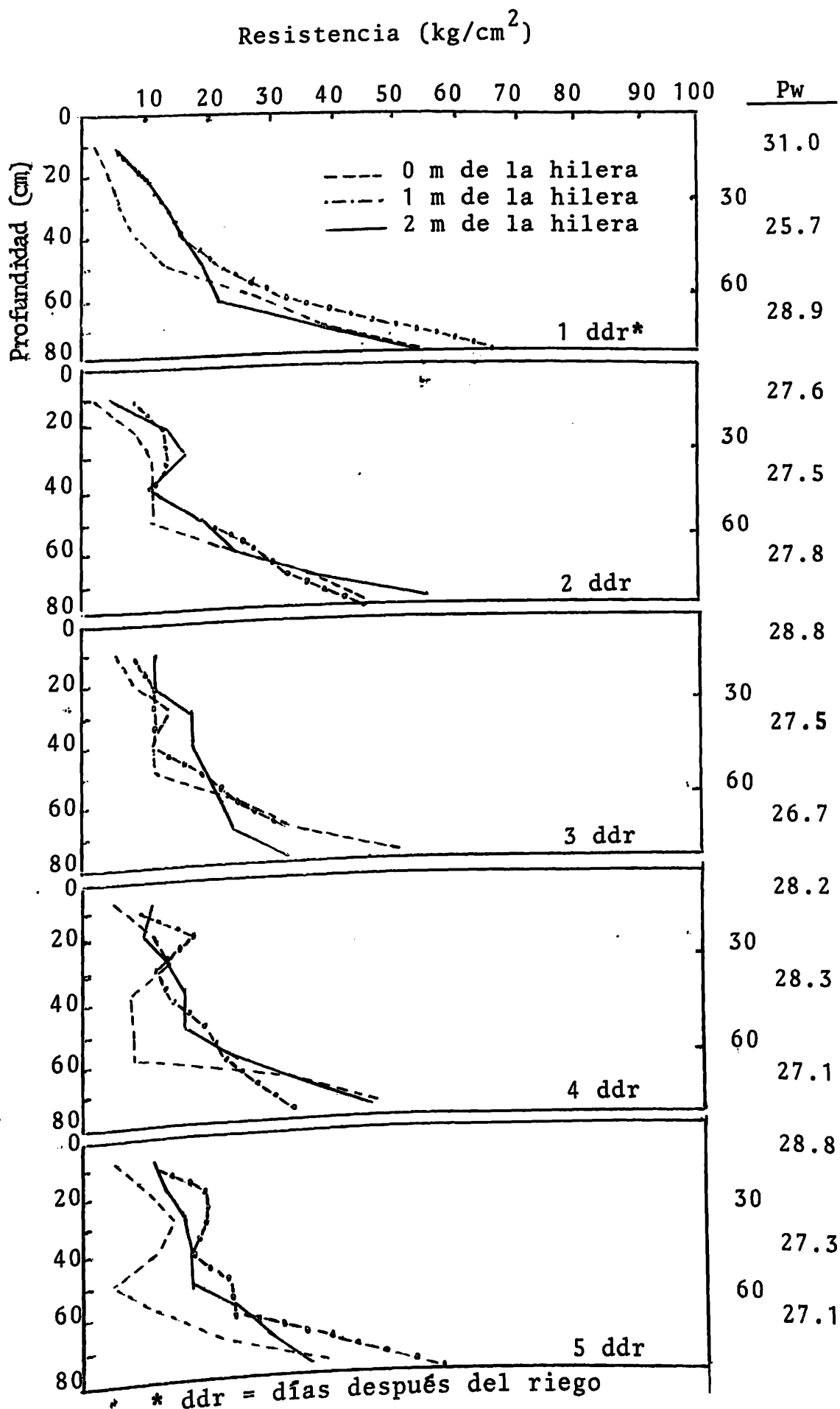


Figura 21. Curvas de resistencia del suelo a la penetración a tres distancias del tronco del árbol durante un período de cinco días después del riego. Sitio 5.

Sitio 6.

El sitio es representativo de una área con árboles sin problemas.

El árbol próximo al perfil de suelo descrito presenta apariencia normal, tronco, ramas y raíces sanas.

El suelo es muy profundo (> 120 cm), el cual es suficiente para el almacenaje de agua y nutrientes y la posible extensión de raíces.

El perfil de suelo exhibe seis horizontes cuyas profundidades son: 0-39, 39-63, 63-81, 81-100, 100-124 y 124-160.

La textura del suelo a partir de la superficie es migajón limoso, franca, migajón arenoso, franco y areno migajón en el horizonte inferior.

No se presentan piedras de 0-124 cm y la pedregosidad es media en el último horizonte. Esta última capa, por su textura ligera y pedregosa, es favorable para el drenaje interno del suelo.

La estructura en la capa de 0-39 cm es moderadamente desarrollada, poliédrica subangular fina, el resto del perfil presenta estructura masiva a débilmente desarrollada, por lo que el primer horizonte favorece la aireación y penetración del agua.

el suelo presenta buena porosidad de 0-124 cm favoreciendo el movimiento del agua, la aireación y la penetración de raíces.

La cantidad de raíces finas y delgadas es regular de 0-124 cm.

El pH del suelo es ligeramente alcalino en todo el perfil y varía de 7.2 - 7.4, el cual no representa problema de disponibilidad de los nutrientes.

El suelo no contiene excesos de sales solubles y sodio intercambiable y el contenido de materia orgánica es menor de 1.0%, clasificándose el suelo como muy pobre.

Los valores de densidad aparente se presentan normales de acuerdo a textura.

La infiltración básica del suelo es de 0.90 cm/hr (Figura 22), correspondiendo a un grado muy bajo de permeabilidad del suelo al agua.

Los valores promedio de resistencia del suelo a la penetración, se presentan por abajo de 20 kg/cm² a cero, uno y dos metros del tronco de 0-80 cm. Estos valores obtenidos de resistencia no son limitantes para el desarrollo radicular (Figura 23).

En raíces no se encontraron patógenos en las tres profundidades muestreadas. En suelo se encontró *Fusarium* y *Rhizoctonia* de 0-30 cm y *Fusarium* sólo a 30-60 cm, no encontrando patógenos en la profundidad de 60-90 cm.

En resumen, este sitio presenta características de suelo aceptables para un buen desarrollo de la planta, tales como suficiente profundidad, texturas medias, con un

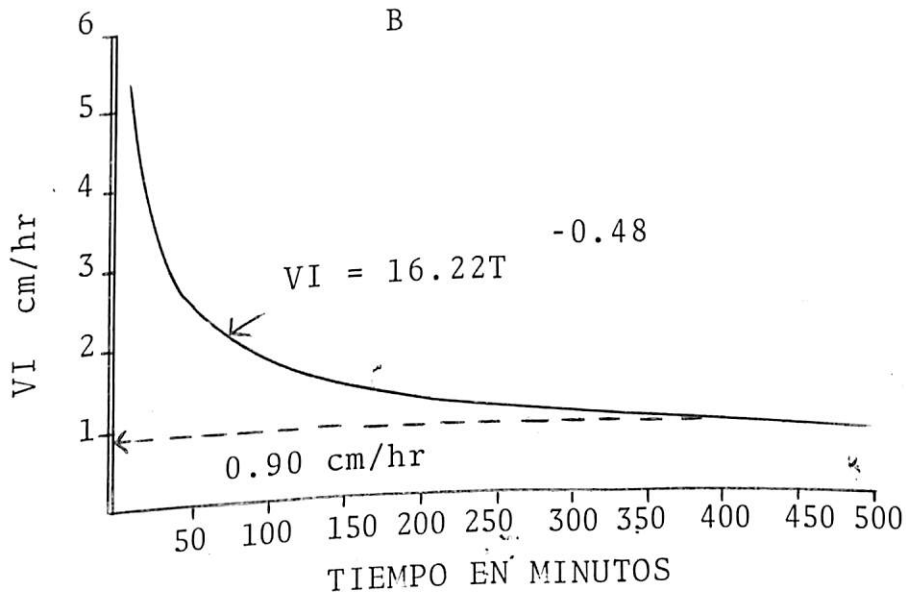
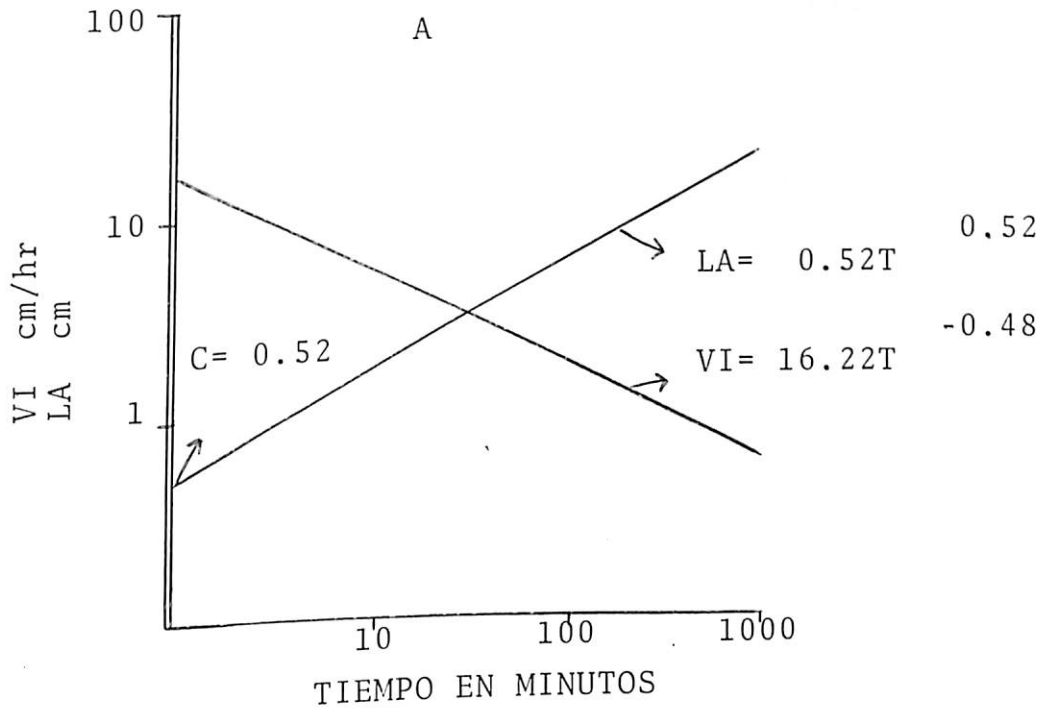


Figura 22. Gráfica de infiltración en escala logarítmica (A) y curva para estimar la infiltración básica del suelo (B). Sitio 6.

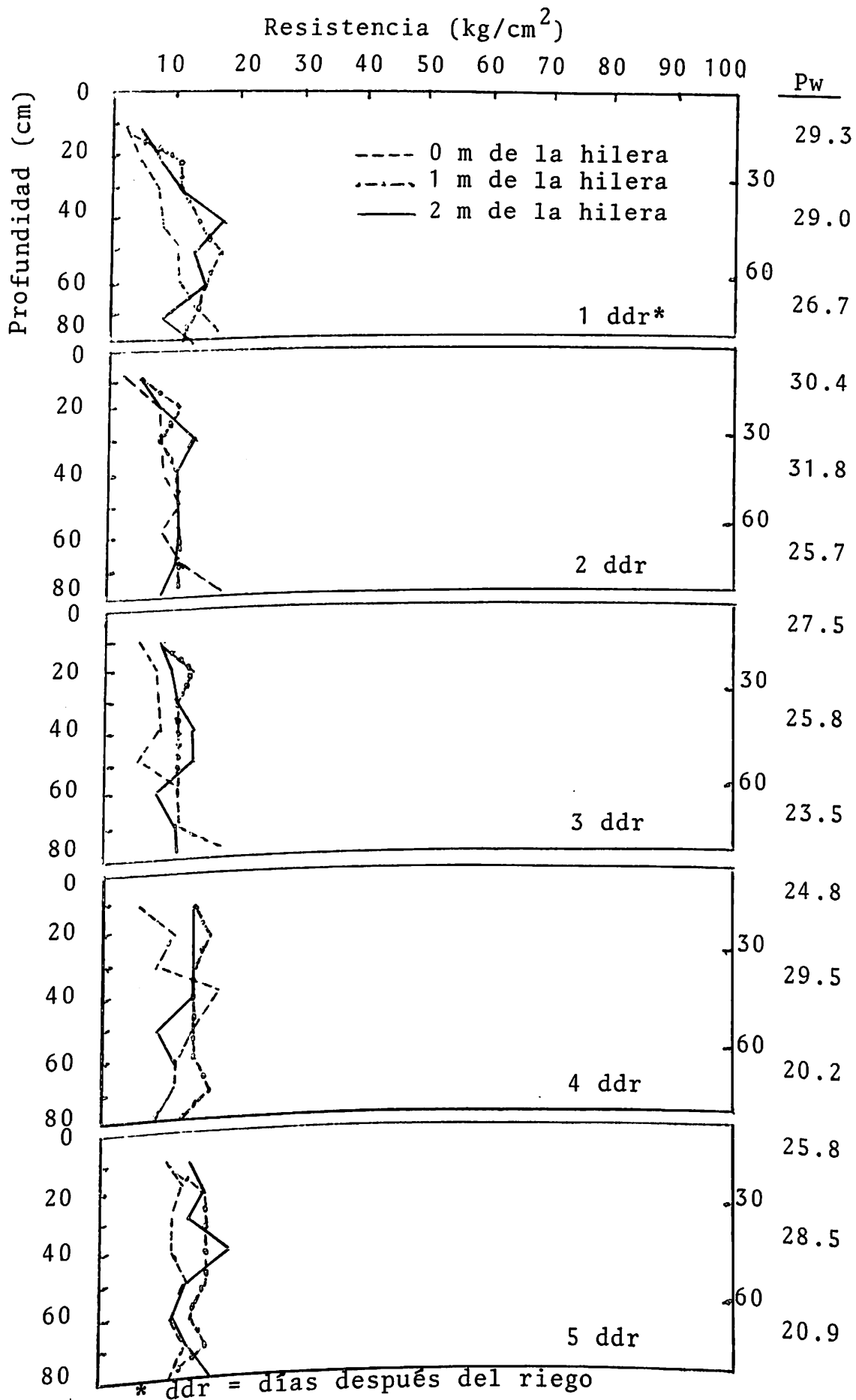


Figura 23. Curvas de resistencia del suelo a la penetración a tres distancias del tronco del árbol, durante un período de cinco días después del riego. Sitio 6.

horizonte inferior que favorece el drenaje interno del suelo, buena porosidad, estructura moderadamente desarrollada en el horizonte superior, favoreciendo la aireación y penetración del agua y no presenta valores de resistencia a la penetración que limiten el crecimiento radicular, además - de estar libre de patógenos severos.

Sitio 7.

El sitio es representativo de una área con problema de árboles, principalmente fallas y/o replantes y árboles afectados.

El árbol próximo al perfil de suelo descrito, se presenta muerto por colapso repentino, daño zonificado, follaje seco y retenido, frutos pegados a las ramas, tronco y ramas secos de color café rojizo, las raíces principales y secundarias podridas con rizomorfos.

El suelo es profundo (90-120 cm), suficiente para el almacenaje de agua y nutrientes y la posible extensión radical.

El perfil de suelo presenta cuatro horizontes cuyas profundidades son: 0-35, 35-60, 60-83 y 83-110 cm.

La textura es franca en el horizonte superior, - migajón arenosa de 35-83 cm y arenosa en el horizonte inferior, por lo que el suelo presenta una baja capacidad de - retención de agua, además de estar sujeto a excesiva lixi-viación de 60-110 cm por textura ligera y pedregosidad media.

La estructura del suelo es moderadamente desarrollada en el horizonte superior y débilmente desarrollada - de 35-83 cm.

La porosidad es baja de 0-60 cm y buena de 60-83 cm.

La cantidad de raíces finas y delgadas es regular en todo el perfil.

El pH del suelo es ligeramente alcalino (7.2 - 7.3), el cual no representa problemas de disponibilidad de nutrientes.

El suelo no presenta excesos de sales solubles y sodio intercambiable y es muy pobre en materia orgánica.

El valor de la densidad aparente de 0-35 cm se presenta normal de acuerdo a la textura.

La infiltración básica del suelo es de 1.30 cm/hr (Figura 24), correspondiendo a un grado de permeabilidad del suelo muy bajo, la cual está relacionada con baja porosidad en los horizontes superiores y compactación del suelo.

Los valores promedio de resistencia del suelo a la penetración encontrados a cero, uno y dos metros del tronco, indican limitante en el crecimiento radicular de los 50-60 cm de profundidad, con el valor más alto de 24 kg/cm² (Figura 25).

Los patógenos encontrados en raíces fueron: 0-30 cm: *Phytophthora* y de 30-90 cm: *Phymatotrichum*. En el -

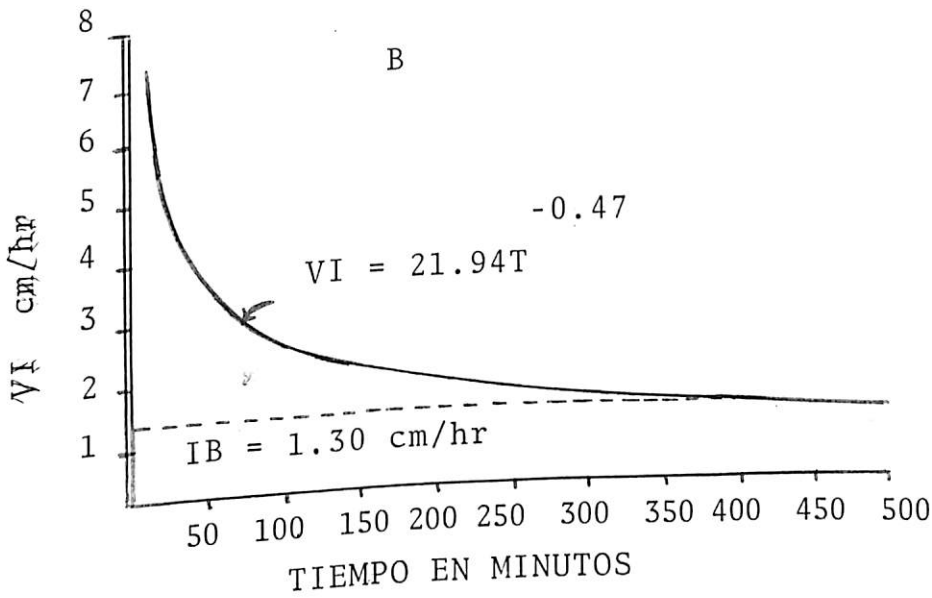
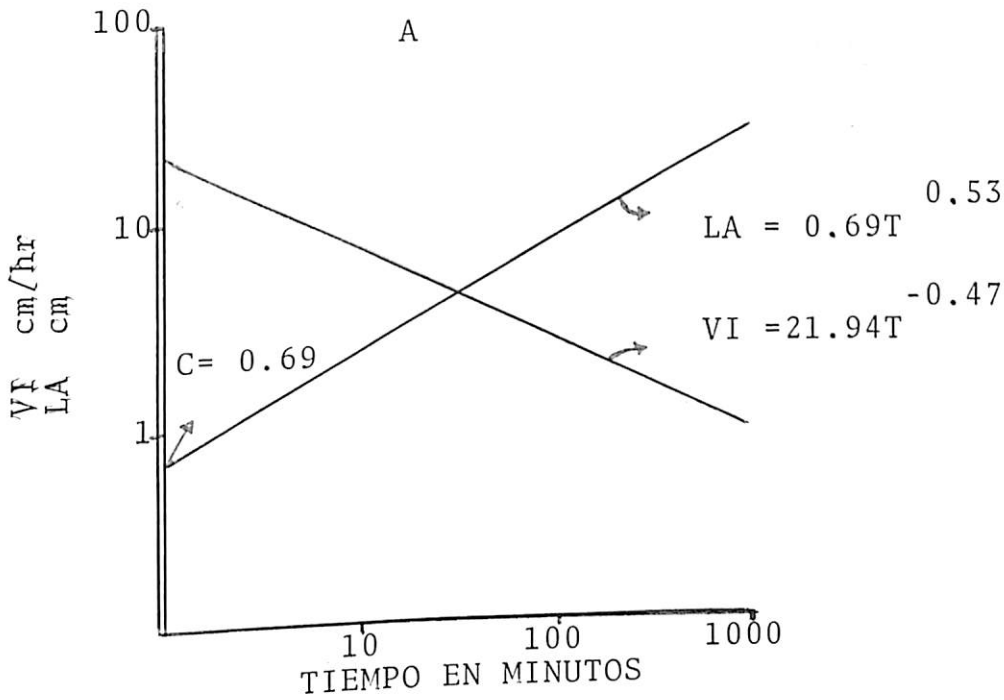


Figura 24. Gráfica de infiltración en escala logarítmica (A) y curva para estimar la infiltración básica del suelo (B). Sitio 7.

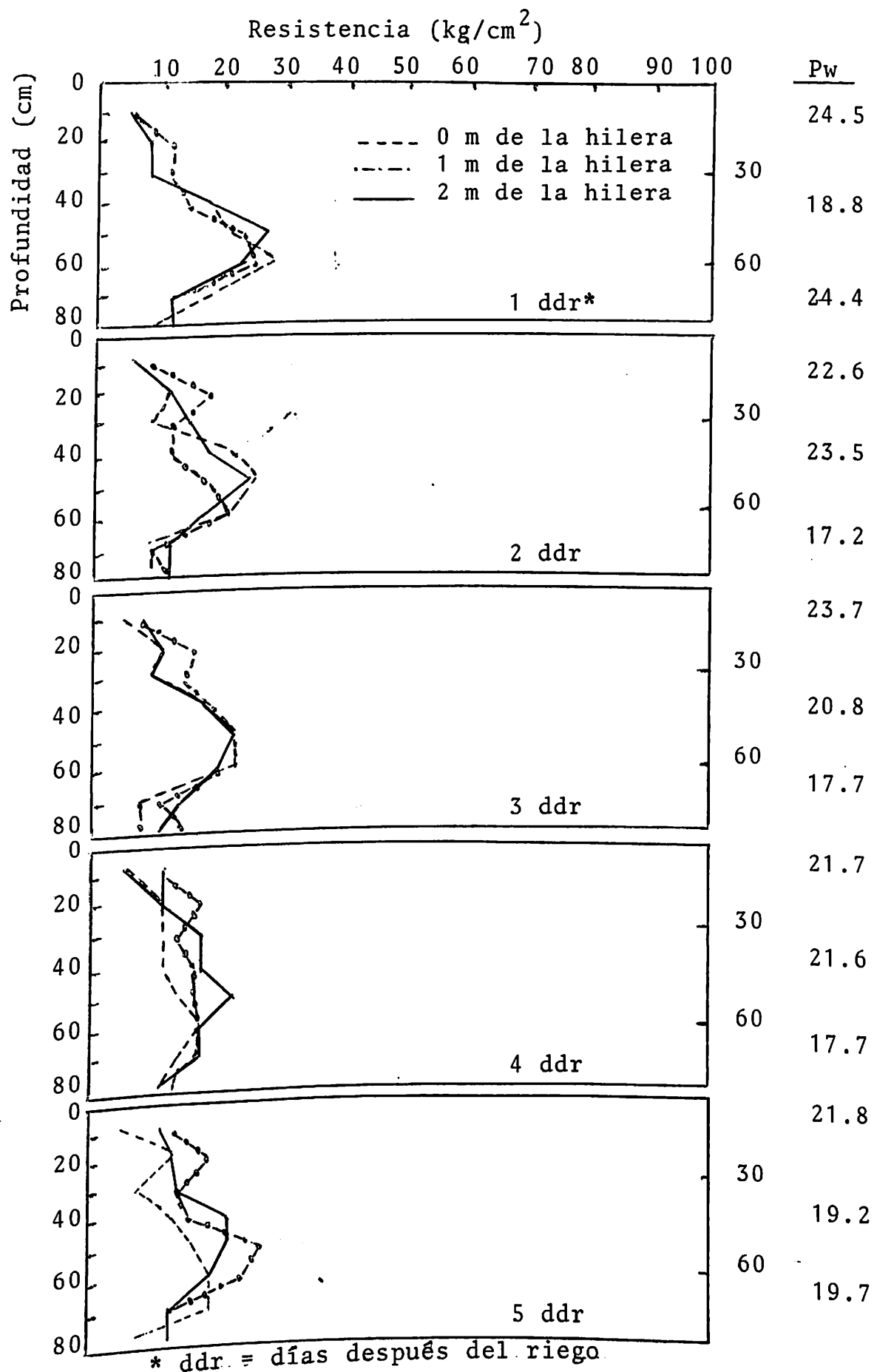


Figura 25. Curvas de resistencia del suelo a la penetración a tres distancias del tronco del árbol, durante un período de cinco días después del riego. Sitio 7.

suelo los patógenos encontrados fueron: de 0-30 cm: *Fusarium*; de 30-60 cm: *Fusarium* y esclerocios de *Phymatotrichum* y de 60-90 cm: esclerosios de *Phymatotrichum*.

En este sitio los factores adversos del suelo que están asociados con la condición y problema del frutal se pueden resumir como sigue: textura ligera la cual tiene -- una baja capacidad de retención de agua y un limitado rango de humedad disponible para la planta, baja porosidad en los horizontes superiores, baja permeabilidad del suelo al agua, deficiente aireación y niveles altos de resistencia del suelo a la penetración. Así mismo, la presencia de patógenos severos (*Phytophthora* y *Phymatotrichum*).

Huerto C.

El huerto está ubicado en el km 3 carretera Nuevo Casas Grandes-Casas Grandes, Col. San Isidro, municipio de Nuevo Casas Grandes, Chih.

El lote bajo estudio es manzano, cultivar Red Delicious con portainjerto standard y una edad de 8 años. Ocupa una superficie aproximada de 13 ha con un total de 3,759 árboles.

El sistema de plantación de árboles es de hileras en cuadrado (6 x 6 m). Las hileras de árboles están orientadas 350° al noroeste.

Los resultados obtenidos en la evaluación de la condición aérea de los árboles realizada en el mes de junio

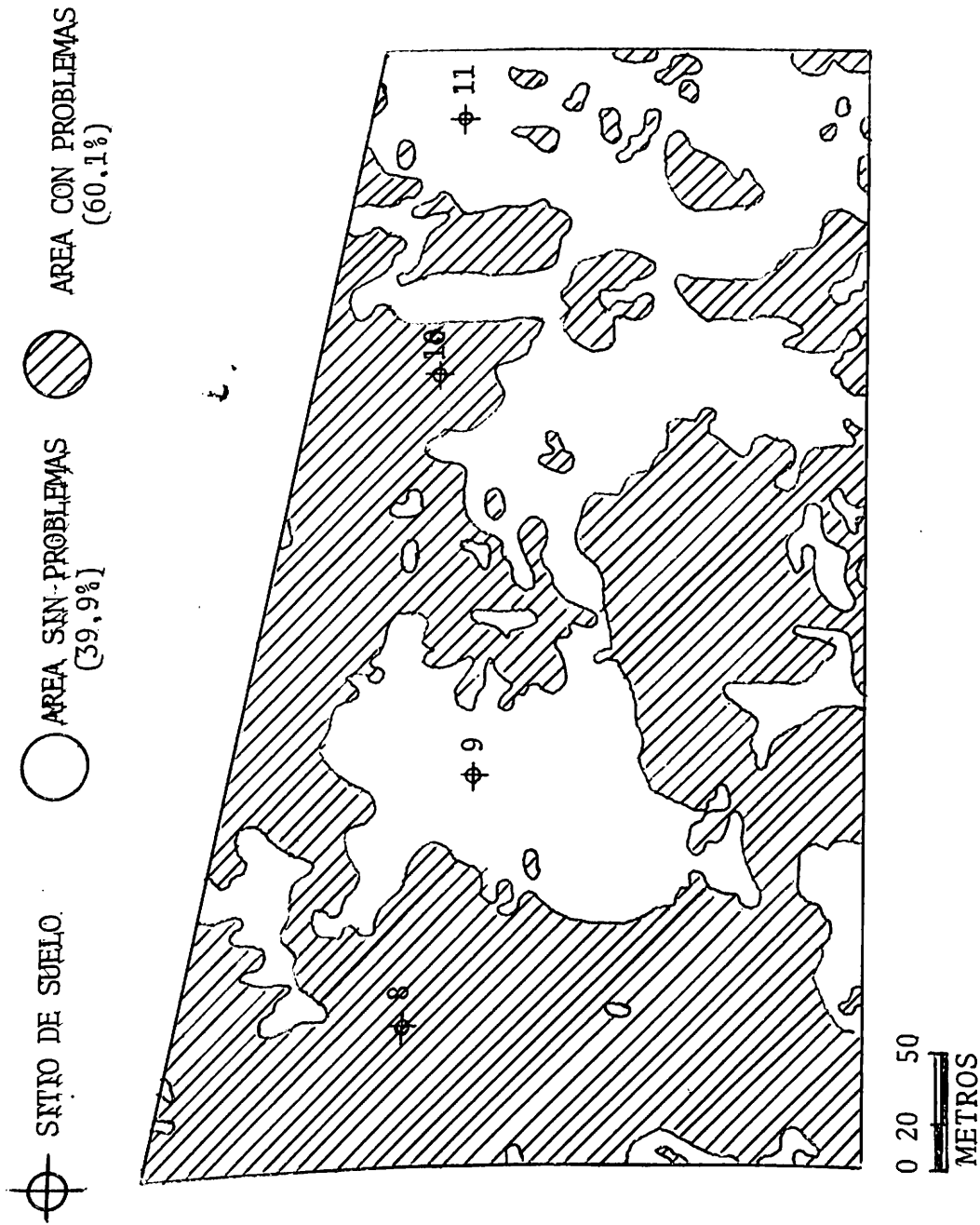


Figura 26. Plano correspondiente al Huerto C que muestra la distribución y cuantificación de áreas con y sin problemas de árboles, así como la ubicación de sitios de suelo bajo estudio.

señala que el huerto presentó un 39.9% de árboles sanos, - 23.0% afectados, 0.1% cloróticos, 33.4% replantes y/o fallas y 3.6% muertos, correspondiendo un 39.9% de áreas sin problema y 60.1% de áreas con problemas (Figura 26).

En este huerto se ubicaron los sitios 8, 9, 10 y 11, correspondiendo a los sitios 8 y 10 se representativos de áreas con problemas y los sitios 9 y 11 sin problemas.

Sitio 8.

El sitio es representativo de un área con problema de árboles, principalmente fallas y/o replantes y árboles con síntomas de declinación.

El árbol próximo al perfil de suelo descrito presenta debilitamiento y decline lento, daño zonificado, escaso follaje con crecimiento pobre, las hojas amarillentas y rojizas, frutos escasos y pequeños con corcho externo, - el tronco y ramas de color café rojizo y raíces principales con rizomorfos.

El suelo es muy profundo (> 120 cm).

El perfil de suelo exhibe tres horizontes cuyas profundidades son: 0-40, 40-90 y 90-130 cm.

La textura del suelo es migajón arenosa en los dos primeros horizontes y arena migajón en el horizonte inferior.

La pedregosidad es media de 0-40 cm y altamente pedregoso el resto del perfil.

El suelo presenta muy baja capacidad de retención de agua y está sujeto a excesiva lixiviación debido a textura ligera y alta pedregosidad, por lo que los riegos son muy frecuentes y el suelo se mantiene húmedo la mayor parte del año.

La estructura del suelo es débilmente desarrollada de 0-90 cm y sin estructura el resto del perfil.

La porosidad es baja en todo el perfil (microporos) y la cantidad de raíces finas y delgadas es abundante de 0-90 cm y pocas raíces de 90-130 cm.

El pH varía de 7.0 - 7.5 a partir de la superficie, no siendo problema para la disponibilidad de los nutrientes.

No se presentan problemas de excesos de sales solubles y sodio intercambiable en el perfil de suelo.

El suelo es muy pobre en materia orgánica (< 1.0%) y la densidad aparente de 0-40 cm es normal de acuerdo a la textura.

La infiltración básica del suelo es de 0.66 cm/hr (Figura 27), correspondiendo a un grado de permeabilidad del suelo muy bajo.

En este sitio no fue posible evaluar la resistencia del suelo a la penetración, debido a la alta pedregosidad que presenta el suelo.

Los patógenos identificados en raíces fueron: 0-30 cm: *Phytophthora*, *Rosellinia*, *Armillaria*, *Verticillium* y *Cylindrocarpon*; de 30-60 cm: *Phymatotrichum*, *Vertici-*

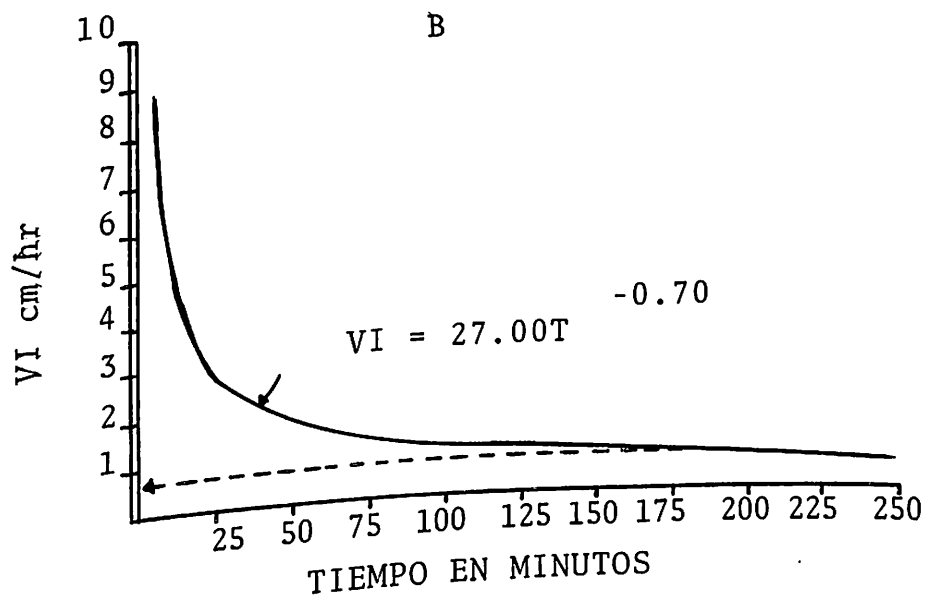
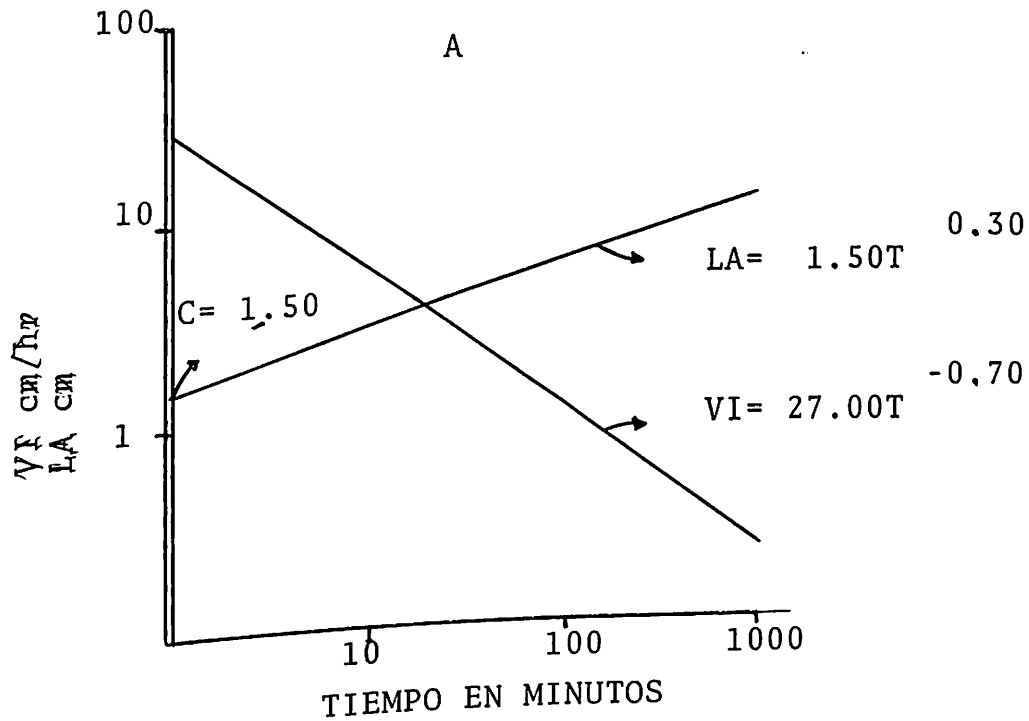


Figura 27. Gráfica de infiltración en escala logarítmica (A) y curva para estimar la infiltración básica del suelo (B). Sitio 8.

llium y *Cylindrocarpon* y de 60-90 cm: *Phymatotrichum*. En el suelo se encontraron de 0-30 cm: *Fusarium* y *Rhizoctonia*, de 30-60 cm: *Fusarium* y esclerocios de *Phymatotrichum*, y de 60-90 cm: esclerocios de *Phymatotrichum*.

Los factores del suelo adversos en este sitio -- que están asociados con la condición y problema del frutal se pueden resumir como sigue: texturas ligeras y alta pedregosidad relacionadas con baja capacidad de retención de agua y alta lixiviación, permeabilidad del suelo muy baja y porosidad baja (microporos), aunado a humedecimiento con tínuo del suelo. Así también la presencia de patógenos se veros (*Phytophthora* y *Phymatotrichum*).

Sitio 9.

Este sitio es representativo de una área de árbo les sin problemas.

El árbol próximo al perfil del suelo descrito - tiene apariencia normal, follaje abundante de color verde normal, frutos escasos con corcho externo, tronco y ramas normales y raíces con agallas e insectos.

El suelo es muy profundo (> de 120 cm), suficien te para el almacenaje de agua y nutrientes y la posible ex tensión de raíces.

El perfil del suelo exhibe tres horizontes cuyas profundidades son: 0-40, 40-83 y 83-150 cm.

La textura del suelo es migajón arenosa de 0-83

cm y arenosa de 83-150 cm.

La pedregosidad es media en el horizonte superior y alta el resto del perfil.

El suelo presenta muy baja capacidad de retención de agua y está sujeto a excesiva lixiviación, debido a texturas ligeras y alta pedregosidad.

La porosidad es baja en todo el perfil (microporos) y la cantidad de raíces finas a medias es abundante, - característico esto de suelos pedregosos y con poros grandes.

La estructura del suelo está débilmente desarrollada en el perfil.

El pH es ligeramente alcalino y varía de 7.3 - 7.7 conforme aumenta la profundidad, pudiendo presentar problema en la disponibilidad de ciertos nutrientes.

El suelo no presenta problemas de excesos de sales solubles y sodio intercambiable y es muy pobre en M.O. (< 1.0%).

La densidad aparente se encuentra dentro de lo normal en base a la textura.

La infiltración básica del suelo es de 0.73 cm/hr (Figura 28), correspondiendo a un grado de permeabilidad del suelo al agua, muy bajo.

En este sitio no fue posible evaluar la resistencia del suelo a la penetración, debido a la alta pedregosidad del suelo.

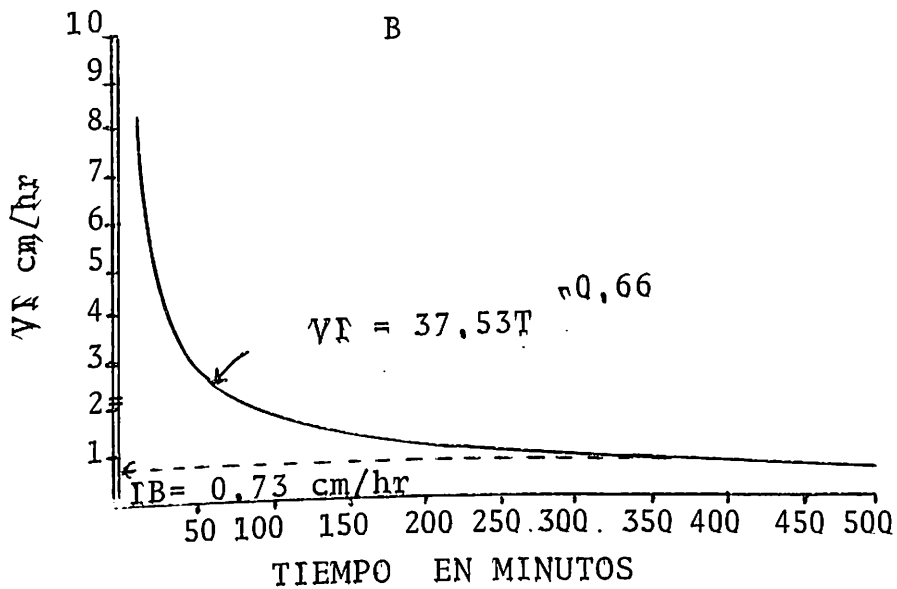
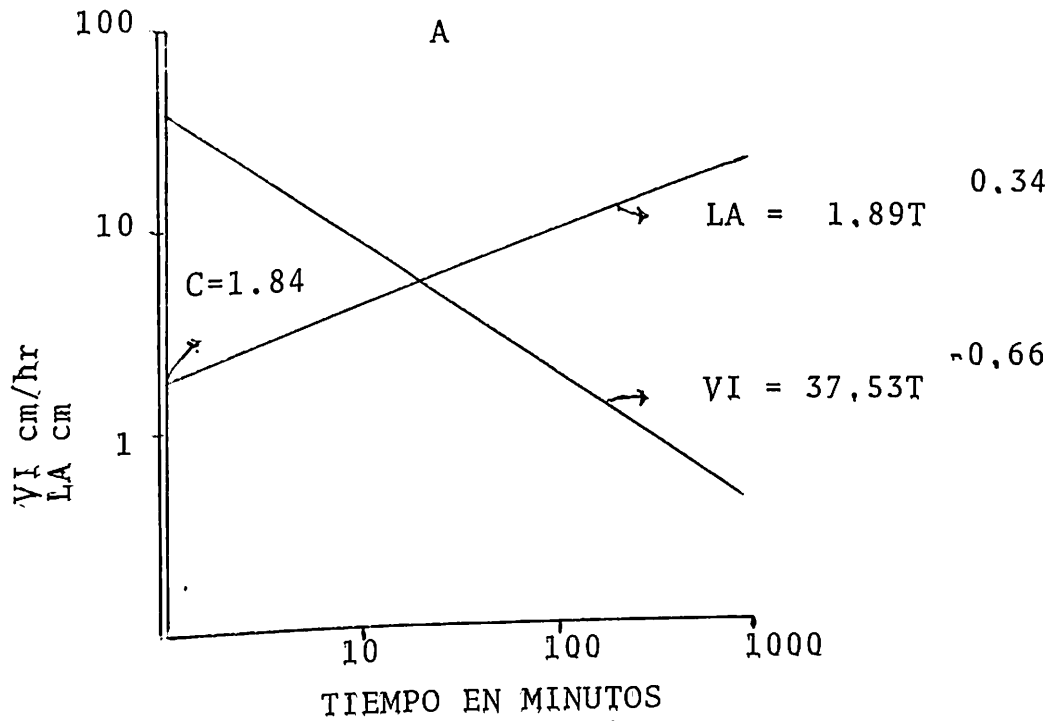


Figura 28. Gráfica de infiltración en escala logarítmica (A) y curva para estimar la infiltración básica del suelo (B), Sitio 9.

Los patógenos encontrados en raíces indicaron la presencia de *Rosellina* solo de 0-30 cm. En suelo a la misma profundidad se encontró *Fusarium* y *Rhizoctonia*. De 30 a 60 cm se encontró *Fusarium*.

En este sitio aparentemente sin problema (árboles sanos) el suelo tiene condiciones que pueden, en un momento, predisponer a la planta e influir en el desarrollo de patógenos; tales condiciones se refieren a baja capacidad de retención de agua, suelo altamente drenable y de excesiva lixiviación, por lo que el humedecimiento es continuo, aunque se sospecha que la aireación es buena dada la pedregosidad alta y continua del perfil. Además de presentarse bajo grado de permeabilidad del suelo (IB) y nivel bajo de fertilidad.

Sitio 10.

Este sitio es representativo de una área de árboles con problemas, principalmente fallas y/o replantes, afectados y muertos.

El árbol próximo al perfil de suelo descrito se presenta muerto por colapso repentino, follaje seco y retenido, sin frutos, el tronco seco con manchas café rojizas, las ramas secas rojizas y las raíces principales y secundarias podridas con rizomorfos.

El suelo es muy profundo (>120 cm) suficiente para el almacenaje de agua y nutrientes y la posible extensión de raíces.

El perfil del suelo exhibe tres horizontes cuyas profundidades son: 0-24, 24-80 y 80-140 cm.

La textura es migajón arenosa de 0-80 cm y arenosa en el horizonte inferior.

La pedregosidad es media en el horizonte superior y alta el resto del perfil.

Este suelo presenta baja capacidad de retención de agua y está sujeto a excesiva lixiviación, debido a textura ligera y alta pedregosidad.

La estructura del suelo es moderadamente desarrollada, poliédrica subangular media de 0-24 cm y débilmente desarrollada el resto del perfil.

La porosidad es baja en todo el perfil (microporos) y la cantidad de raíces finas es abundante de 0-80 cm y regular en el horizonte inferior.

El pH del suelo varía de 6.9 - 7.3, el cual no - representa problemas de disponibilidad de nutrientes.

El suelo no tiene concentraciones excesivas de - sales solubles y sodio intercambiable, clasificándose como normal y es muy pobre en materia orgánica (< 1.0%).

La infiltración básica del suelo es de 3.0 cm/hr (Figura 29), correspondiendo a un grado bajo de permeabilidad del suelo al agua.

En este sitio no fue posible evaluar la resistencía del suelo a la penetración debido a la alta pedregosidad del suelo.

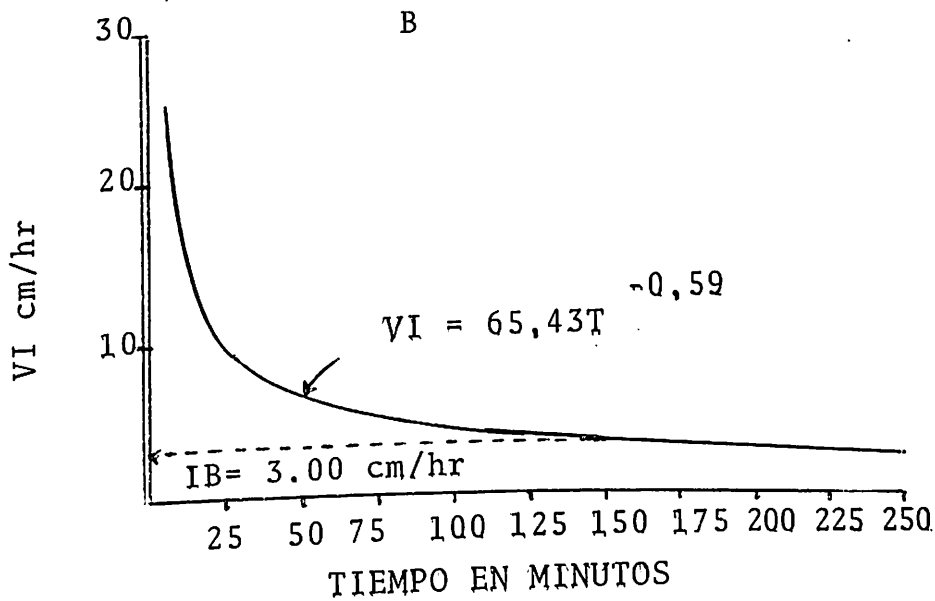
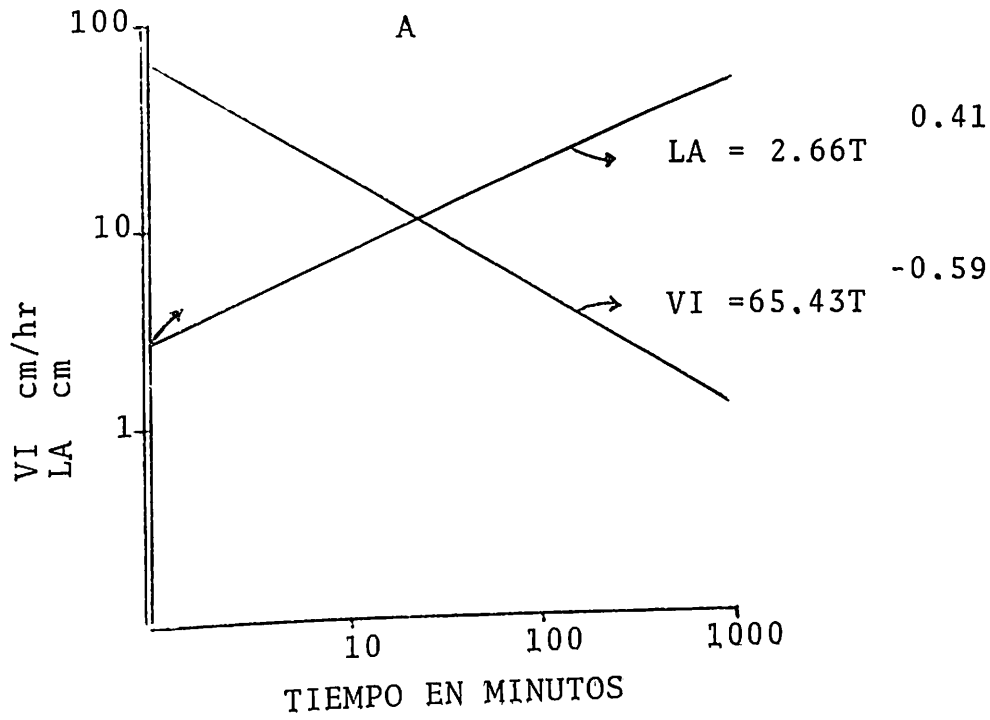


Figura 29. Gráfica de infiltración en escala logarítmica (A) y curva para estimar la infiltración básica del suelo (B). Sitio 10.

Los patógenos encontrados en raíces fueron: 0-30 cm: *Phytophthora*, *Armillaria* y *Agrobacterium*; 30-90 cm: - *Phymatotrichum*. En el suelo se encontró de 0-30 cm: *Phytium* y *Rhizoctonia* y de 30-90 cm: esclerocios de *Phymatotrichum*.

En este sitio los factores del suelo adversos - que se presentan asociados con la condición y problema - del frutal, se pueden resumir como sigue: baja capacidad de retención de agua, excesiva lixiviación, baja permeabilidad del suelo, baja porosidad (microporos) y nivel bajo de fertilidad del suelo. Así como la presencia de patógenos severos (*Phytophthora* y *Phymatotrichum*).

Sitio 11.

El sitio es representativo de una área de árboles sin problemas.

El árbol próximo al perfil de suelo descrito se presenta bien desarrollado con follaje abundante y sano, - frutos bien desarrollados, tronco y ramas normales, sanas, las raíces con agallas e insectos.

El suelo es muy profundo (> 120 cm), el cual es suficiente para el almacenaje de agua y nutrientes y la - posible extensión de las raíces.

El perfil del suelo exhibe tres horizontes, cuyas profundidades son: 0-48, 48-97 y 97-140 cm.

La textura es migajón arenosa de 0-97 cm y arena migajón en el horizonte inferior.

La pedregosidad es alta en todo el perfil, por lo que el suelo está expuesto a alta lixiviación y tiene una baja capacidad de retención de humedad, debido a texturas ligeras.

La estructura es débilmente desarrollada en el horizonte superior y muy débilmente desarrollada de 48-97 cm.

La porosidad del suelo es baja (microporos) y se presenta abundante cantidad de raíces finas en todo el perfil.

El pH es ligeramente alcalino y varía de 7.1 - 7.3, no representando problemas para la disponibilidad de los nutrientes.

El suelo se clasifica como no salino y no sódico y es muy pobre en materia orgánica.

La infiltración básica del suelo es de 1.2 cm/hr (Figura 30), siendo este valor un grado muy bajo de permeabilidad del suelo al agua.

En este sitio no fue posible evaluar la resistencía del suelo a la penetración, debido a la alta pedregosidad del suelo.

Los patógenos encontrados en raíces fueron: Verticillium de 0-60 cm solamente. En suelo se encontró Phytium de 0-30 cm.

En este sitio aparentemente sin problemas de árboles, el suelo tiene características que pueden en un mo-

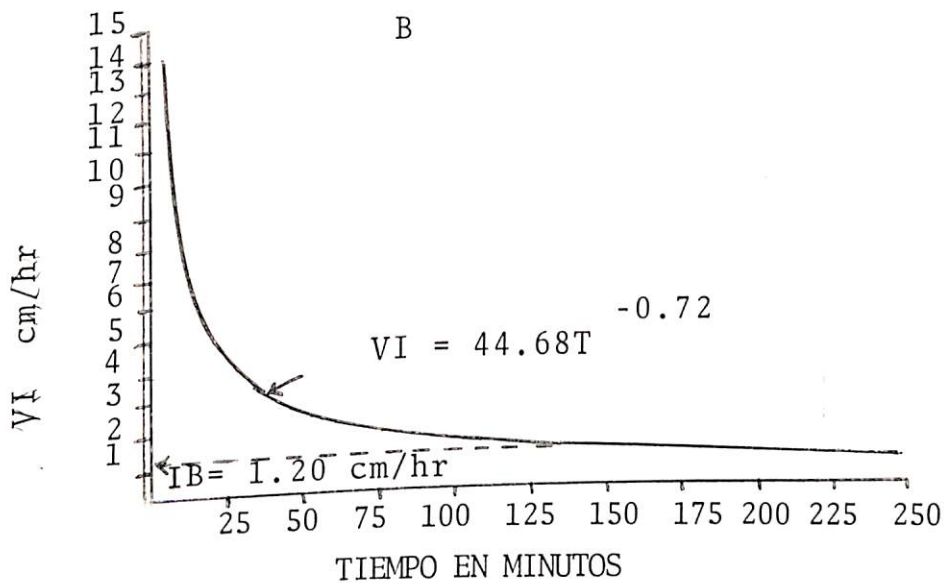
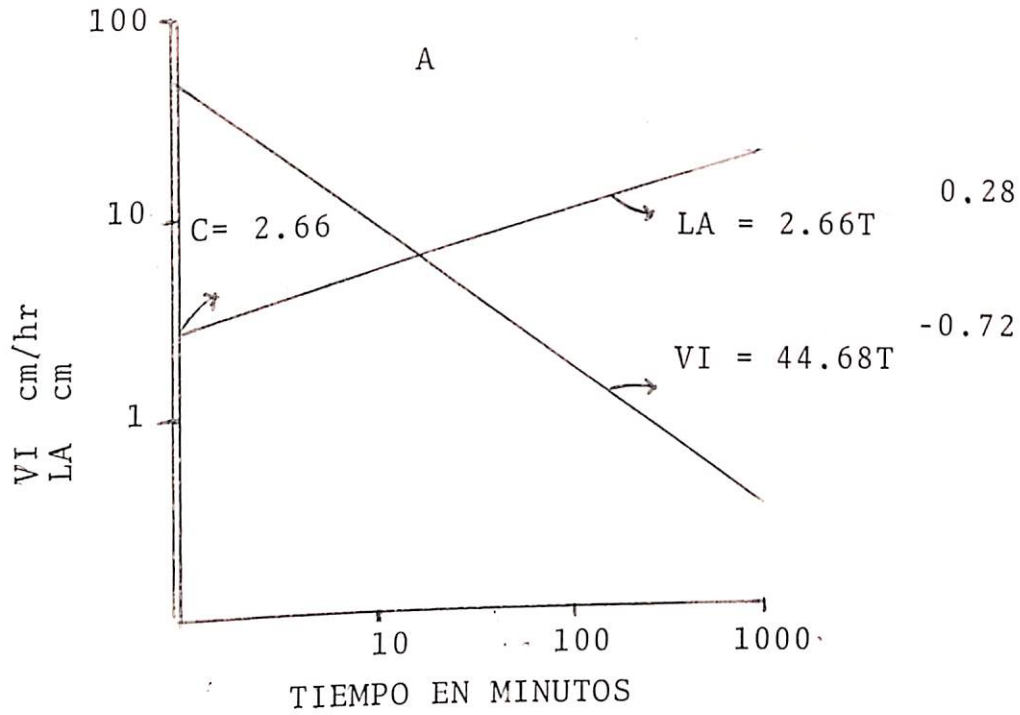


Figura 30. Gráfica de infiltración en escala logarítmica (A) y curva para estimar la infiltración básica del suelo (B). Sitio 11.

mento predisponer a la planta e influir en el desarrollo - de patógenos severos, tales condiciones se refieren a baja capacidad de retención de agua, alta lixiviación, bajo grado de permeabilidad del suelo al agua y nivel bajo de fertilidad. Además se sospecha que este suelo se mantiene en continuo humedecimiento.

Huerto T₂.

El huerto está ubicado en Col. San Isidro, municipio de Nuevo Casas Grandes, Chih. El lote bajo estudio es manzano, cultivar Hy Early con portainjerto MM 106 y una edad de 4 años. Ocupa una superficie aproximada de 3 ha, con 1,670 árboles.

El sistema de plantación es de hileras en rectángulo (6 x 3 m). Las hileras de árboles están orientadas - 270° al oeste.

Este huerto se considera como testigo de comparación para el huerto C. La distancia que separa a estos 2 huertos es menor de 1 km.

En este huerto sin problema de árboles, no se efectuó evaluación de condiciones aéreas de árboles; sin embargo, se localiza una pequeña área con árboles con síntomas de declinación en la cual se ubicó el sitio experimental 12, además se ubicó el sitio 13 el cual es representativo de área sin problema de árboles.

Sitio 12.

Este sitio es representativo de un área con problemas de árboles, principalmente cloróticos.

El árbol próximo al perfil de suelo descrito presenta debilitamiento, daño aislado, follaje clorótico, sin frutos, tronco, ramas y raíces normales.

El suelo es muy profundo (> 120 cm) suficiente para el almacenaje de agua y nutrientes y la posible extensión de raíces.

El perfil del suelo exhibe cuatro horizontes cuyas profundidades son: 0-30, 30-86, 86-130 y 130-150 cm.

La textura es migajón arcillo arenosa de 0-86 cm, migajón arenosa de 86-130 y arena migajón en el horizonte inferior.

El suelo no presenta piedras y la estructura es moderadamente desarrollada, poliédrica subangular gruesa de 0-30 cm y débilmente desarrollada el resto del perfil.

La porosidad es buena en todo el perfil y las raíces son abundantes de 0-30 cm y regular cantidad de raíces de 30-150 cm.

El pH varía de 6.8 - 7.0, no representando problema para la disponibilidad de nutrientes.

El suelo es normal en sales y muy pobre en materia orgánica.

La infiltración básica del suelo en este sitio es de 1.53 cm/hr (Figura 31), correspondiendo este valor a un -

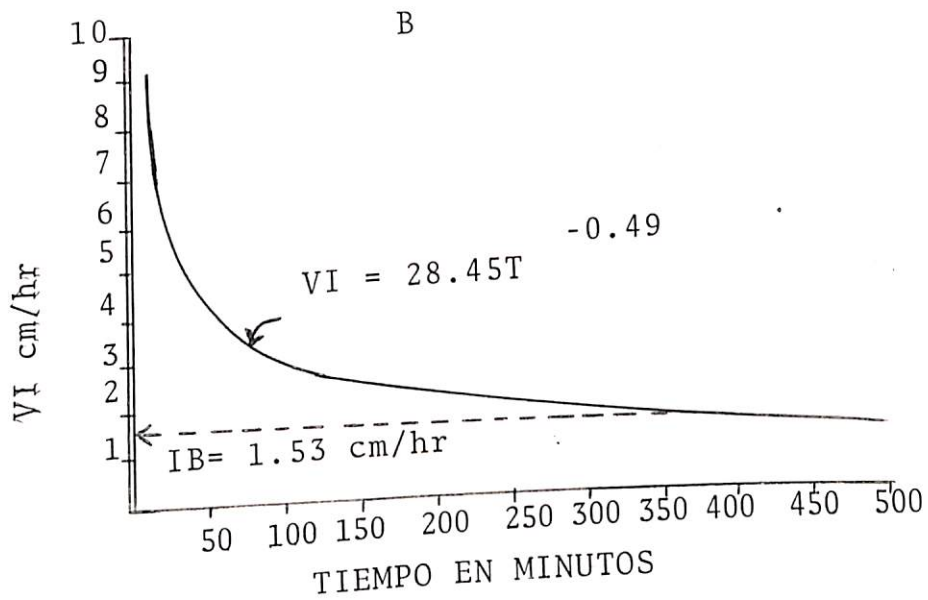
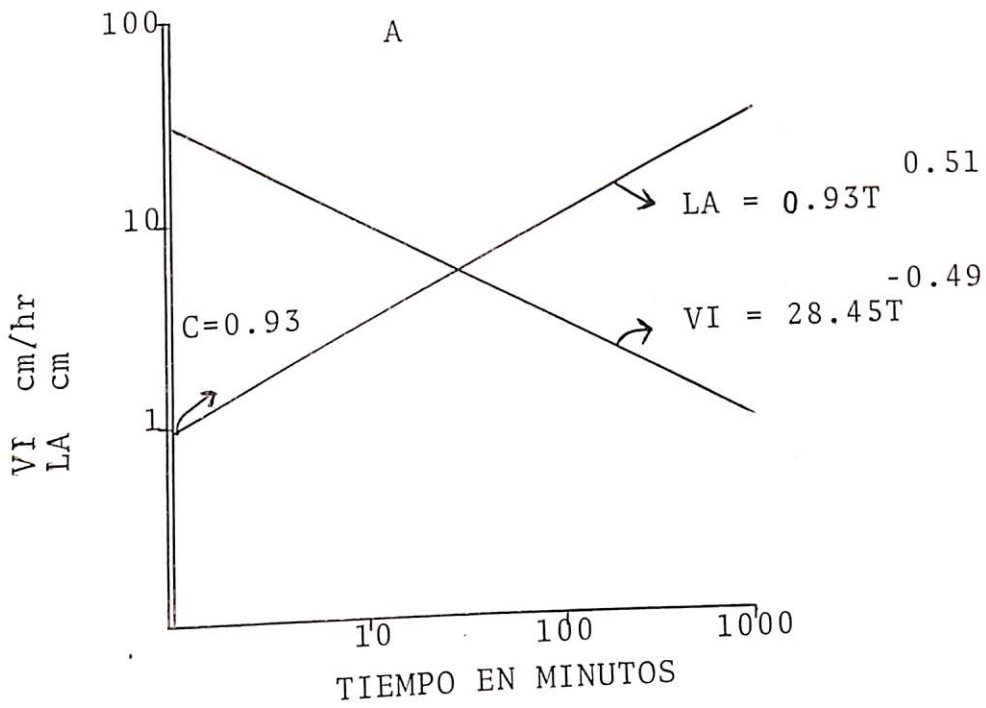


Figura 31. Gráfica de infiltración en escala logarítmica (A) y curva para estimar la infiltración básica del suelo (B). Sitio 12.

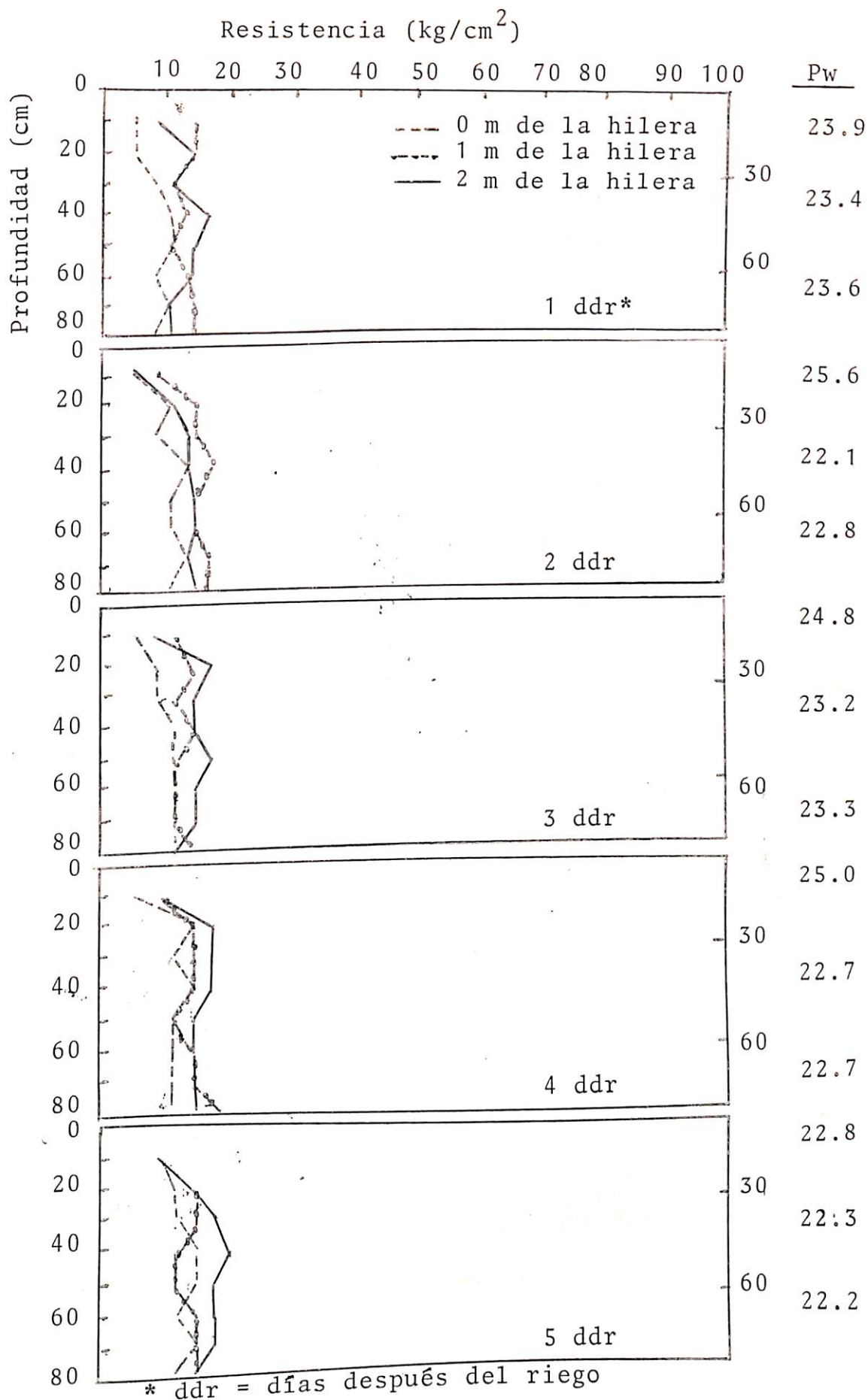


Figura 32. Curvas de resistencia del suelo a la penetración a tres distancias del tronco del árbol, durante un período de cinco días después del riego. Sitio 12.

grado muy bajo de permeabilidad del suelo.

Los valores promedio de resistencia del suelo a la penetración fueron menores de 20 kg/cm^2 hasta la profundidad explorada (0-80 cm), por lo que no hay limitancia al crecimiento radicular a los cero, uno y dos metros de distancia del tronco (Figura 32).

Los muestreos de raíces reportaron la presencia de *Phytophthora* de 0-30 cm y no hubo patógenos de 30-90 cm. En el suelo únicamente se encontró *Fusarium* de 0-60 cm.

En este sitio las características del suelo adversas, asociadas con la condición y problema de los árboles, pueden resumirse como sigue:

Textura semipesada en los horizontes superiores y grado muy bajo de permeabilidad del suelo al agua (IB). Así mismo, la incidencia de *Phytophthora*.

Sitio 13.

El sitio es representativo de una área de árboles sin problemas.

El árbol próximo al perfil de suelo descrito se presenta con apariencia normal, follaje, tronco y ramas - normales sin daño, raíces abundantes sin daño.

El suelo es muy profundo ($> 120 \text{ cm}$) suficiente para el almacenaje de agua y nutrientes y la posible extensión de raíces.

El perfil de suelo exhibe tres horizontes cuyas profundidades son: 0-40, 40-140 y $140 > \text{cm}$.

La textura del suelo es migajón arenosa de 0-140 cm y areno migajón en el horizonte inferior.

No se presentan piedras de 0-140 cm, siendo altamente pedregoso el horizonte inferior (140 > cm).

El suelo es uniforme en textura hasta 140 cm, el cual descansa en una capa de grava, lo cual es favorable - para un buen drenaje interno.

La estructura es fuertemente desarrollada, poliédrica subangular gruesa de 0-40 cm y débilmente desarrollada de 40-140 cm.

El perfil presenta buena porosidad de 0-140 cm y la cantidad de raíces finas y delgadas es regular de 0-40 cm, alta de 40-140 cm y regular en el horizonte inferior.

El pH varía de 6.9 a 7.2 conforme aumenta la profundidad, no representando problema para la disponibilidad de nutrientes.

El suelo no presenta problemas de excesos de sales solubles y sodio intercambiable y es muy pobre en materia orgánica. La densidad aparente se presenta normal de acuerdo a la textura.

La infiltración básica del suelo en este sitio - es de 2.7 cm/hr (Figura 33), correspondiendo a un valor bajo de permeabilidad del suelo.

Los valores promedio de resistencia del suelo a la penetración fueron menores de 20 kg/cm² hasta la profundidad explorada (0-80 cm), por lo que no existe limitancia

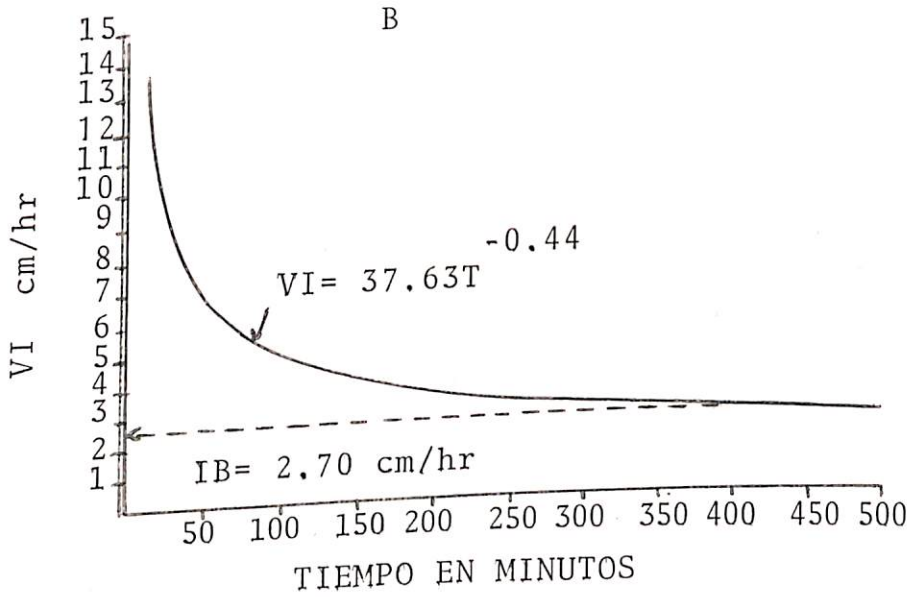
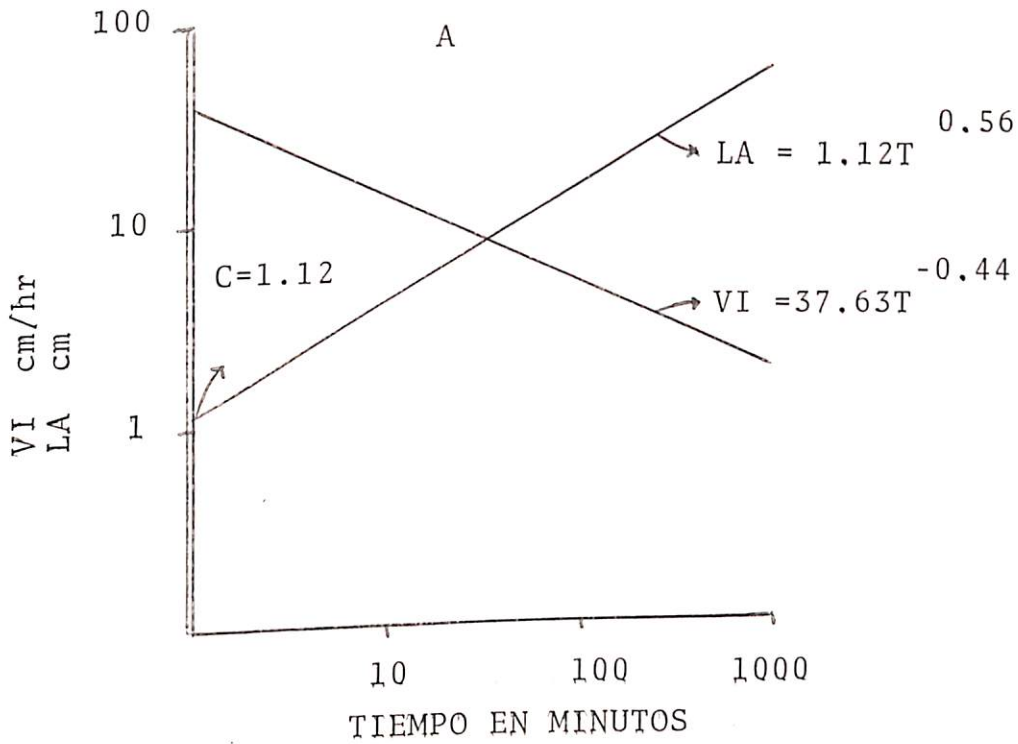


Figura 33. Gráfica de infiltración en escala logarítmica (A) y curva para estimar la infiltración básica del suelo (B). Sitio 13,

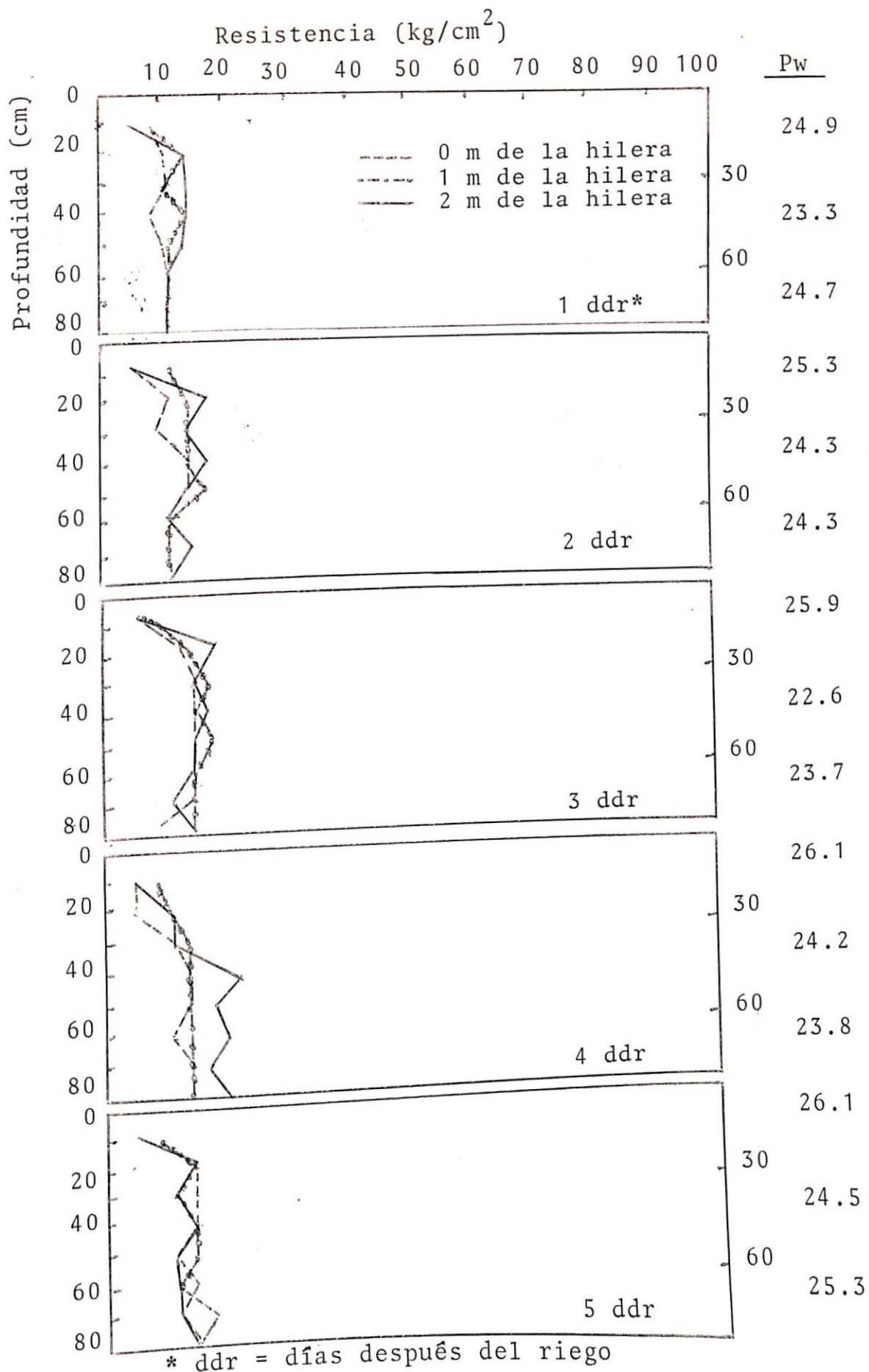


Figura 34.. Curvas de resistencia del suelo a la penetración a tres distancias del tronco del árbol, durante un período de cinco días después del riego. Sitio. 13.

al crecimiento radicular a cero, uno y dos metros de distancia del tronco dirección entre hileras (Figura 34).

En este sitio no se encontraron patógenos en raíces a las tres profundidades muestreadas. En suelo sólo se encontró *Fusarium* de 0-60 cm.

Este sitio presenta características de suelo -- aceptables para un buen desarrollo de la planta, tales como: perfil uniforme hasta 140 cm de profundidad descansando el suelo en una capa de grava favoreciendo el drenaje interno del suelo, estructura fuertemente desarrollada en el horizonte superior la cual favorece la aireación del suelo y el movimiento del agua, además el suelo presenta - buena porosidad y no tiene limitantes en el desarrollo radicular. Así mismo se encuentra libre de patógenos radiculares severos. Sin embargo, presenta una baja capacidad - de retención de agua debido a textura y bajo grado de permeabilidad del suelo al agua, lo cual pudiera en algún momento predisponer a la planta y/o influir en el desarrollo de patógenos severos.

Huerto T₁.

El huerto está ubicado en Col. San José, municipio de Casas Grandes, Chih. El lote bajo estudio es manzano, cultivar Top Red con portainjerto MM 111 y una edad de 14 años.

El sistema de plantación es de hileras en rectáng

gulo (5.5 x 3 m). Las hileras de árboles están orientadas 0° al norte.

El huerto se considera testigo de comparación para los huertos A y B, debido a que no presenta problemas de árboles, a excepción de encontrarse un árbol muerto aislado y rodeado de un gran número de árboles sanos, en donde se ubicó el sitio 14. Por otro lado, se ubicó el sitio 15 el cual es representativo de área sin problema.

Sitio 14.

Este sitio es representativo de una área sin problemas de árboles, aunque se presenta un árbol muerto aislado en el cual se desarrollaron las pruebas de caracterización del suelo. Este árbol muerto por colapso repentino presenta el follaje seco retenido, amarillento y rojizo, tronco con pudrición del cuello, corteza fofa con cordones miceliares blanquecinos, muerte descendente de ramas con cáncer, raíces principales y algunas secundarias podridas con rizomorfos y pequeñas agallas en las raíces principales.

El suelo es profundo (90-120 cm) suficiente para el almacenaje de agua y nutrientes y la posible extensión de raíces.

El perfil de suelo presenta cuatro horizontes, - cuyas profundidades son: 0-34, 34-65, 65-93 y 93 > cm.

La textura es migajón arcillo arenosa de 0-93 cm

y arenoso el horizonte inferior. Presenta baja pedregosidad de 0-93 cm. La estructura es moderadamente desarrollada poliédrica subangular de 0-65 cm y muy débilmente desarrollada de 65-93 cm. Presenta buena porosidad de 0-93 cm. De 0-34 cm presenta alta cantidad de raíces finas, regular cantidad de raíces delgadas y baja cantidad de raíces medias, de 34-93 cm presenta regular cantidad de raíces finas y delgadas. A partir de los 93 cm, se presenta una capa arenosa con alta pedregosidad, sin estructura y sin raíces.

El pH del suelo es ligeramente ácido (6.0 - 6.9) de 0-93 cm y ligeramente alcalino (7.2) en el horizonte inferior. No presenta problemas de exceso de sales solubles y sodio intercambiable y es muy pobre en materia orgánica.

La infiltración básica del suelo es de 2.10 cm/hr (Figura 35), correspondiendo a un grado bajo de permeabilidad del suelo.

Los valores promedio de resistencia del suelo a la penetración encontrados a cero, uno y dos metros del tronco, son menores de 20 kg/cm² a 0-80 cm, a excepción de un sólo punto, el cual se localiza a 50 cm de profundidad a partir de dos metros del tronco y cuyo valor es de 22.0 kg/cm² (Figura 36).

Los patógenos encontrados en raíces fueron: 0-30 cm: *Phytophthora*, *Rosellinia*, *Armillaria* y *Verticillium*; - 30-60 cm: *Phymatotrichum* y *Verticillium* y 60-90 cm: sólo-

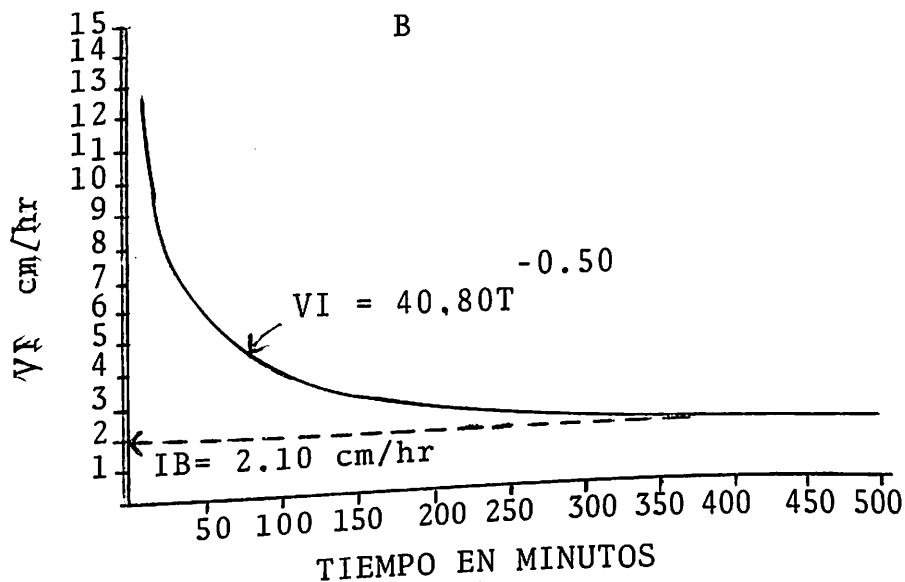
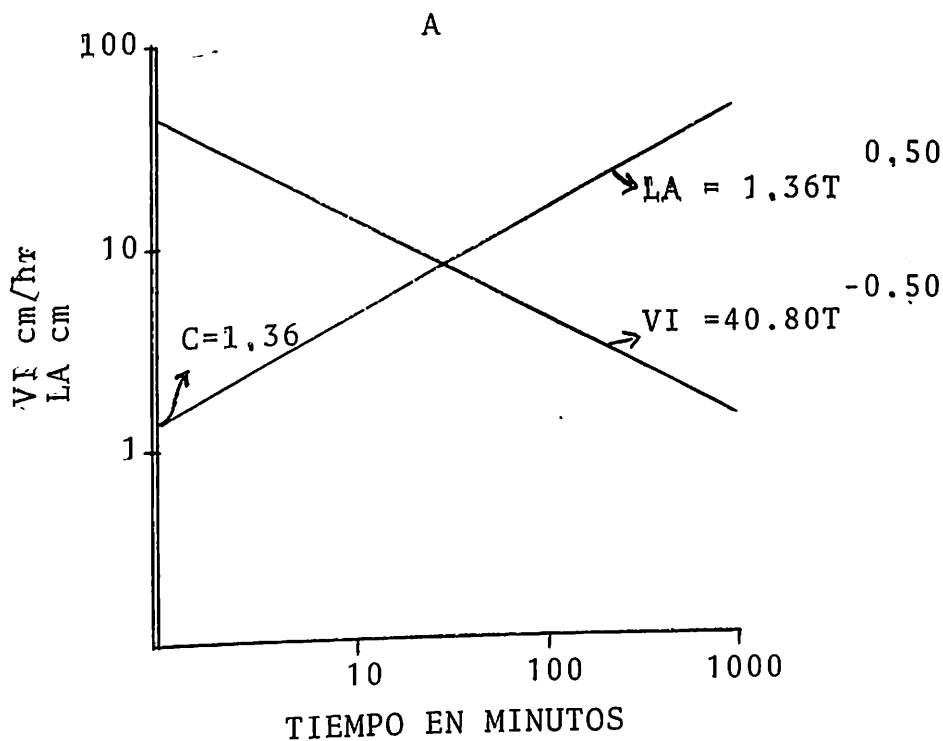


Figura 35. Gráfica de infiltración en escala logarítmica (A) y curva para estimar la infiltración básica del suelo (B). Sitio 14.

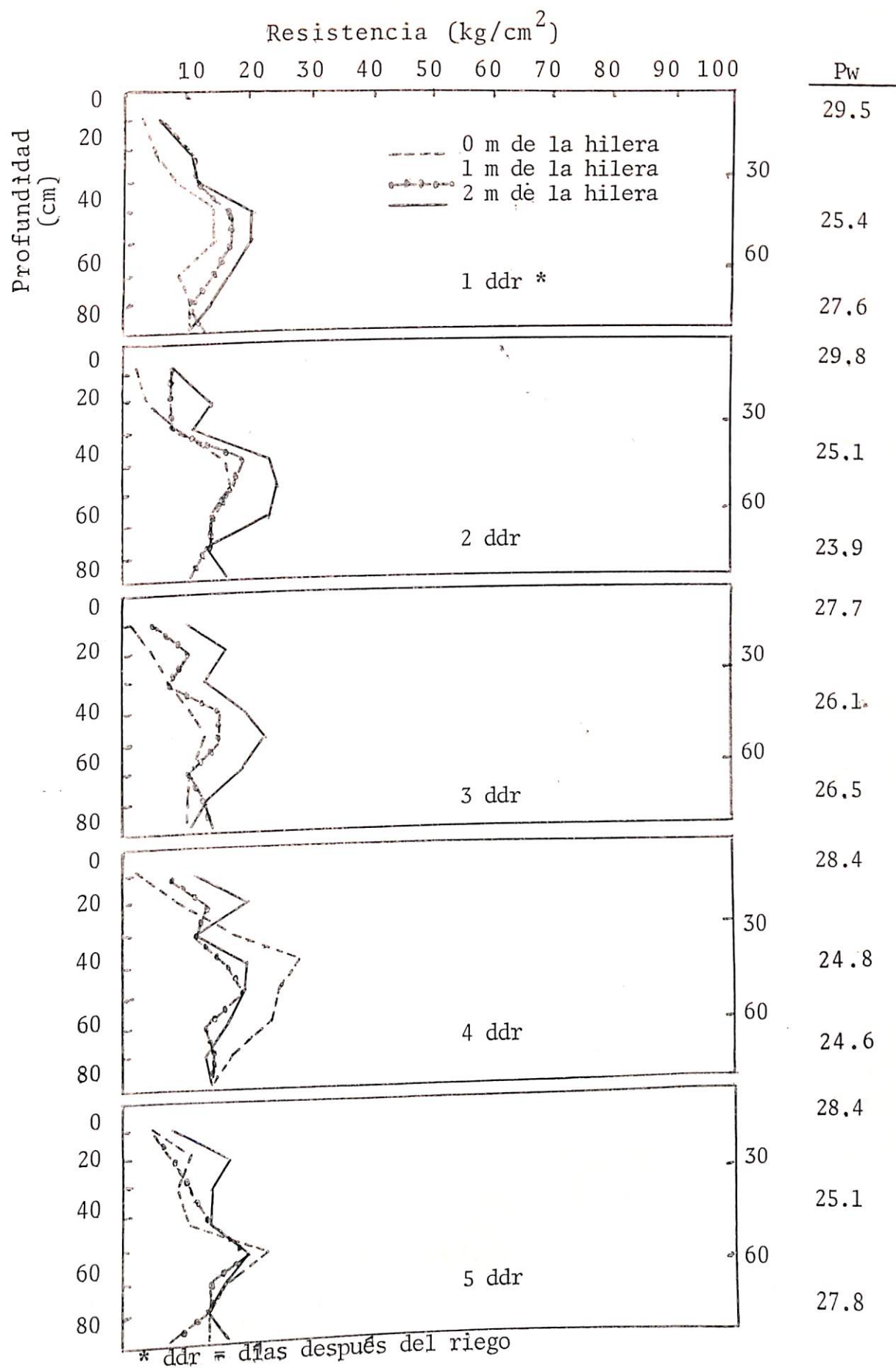


Figura 36. Curvas de resistencia del suelo a la penetración a tres distancias del tronco del árbol, durante un período de cinco días después del riego. Sitio 14.

mente *Phymatotrichum*. En el suelo se encontró de 0-30 cm: *Fusarium*; de 30-60 cm: *Fusarium* y esclerocios de *Phymatotrichum*.

Este sitio presenta aceptables características - de suelo para un buen desarrollo de la planta; sin embargo, se presentan patógenos severos tales como *Phytophthora* y - *Phymatotrichum* en el único árbol con problema (muerto), - por lo que puede pensarse en un posible foco de infección. Por otro lado, el suelo presenta texturas semipesadas y bajo grado de permeabilidad del suelo, lo cual pudiera estar asociado con la condición y problema del árbol.

Sitio 15.

Este sitio es representativo de una área de árboles sin problemas.

El árbol próximo al perfil del suelo descrito se presenta aparentemente sano, follaje normal y abundante, - frutos con algunas manchas aisladas y poco corcho externo, tronco bien desarrollado, ramas con algunas fallas de yemas y raíces aparentemente bien desarrolladas.

El suelo es muy profundo (> 120 cm), suficiente para el almacenaje de agua y nutrientes y la posible extensión de raíces.

El perfil de suelo presenta cuatro horizontes, - cuyas profundidades son: 0-30, 30-73, 73-133 y 133 > cm.

La textura es migajón arcillo arenosa en todo el

perfil y no se presentan piedras. La estructura es fuertemente desarrollada poliédrica subangular de 0-30 cm, débilmente desarrollada de 30-133 cm y muy débilmente desarrollada en el horizonte inferior. Baja porosidad de 0-30 cm siendo buena el resto del perfil. Alta cantidad de raíces finas y regular cantidad de raíces medias de 0-30 cm y regular cantidad de raíces finas y medias de 30-133 cm.

El pH del suelo es ligeramente ácido (6.1 - 6.7). No presenta problema de excesos de sales solubles y sodio intercambiable y es muy pobre en contenido de materia orgánica.

La infiltración básica del suelo es de 1.70 cm/hr (Figura 37), correspondiendo a un grado muy bajo de permeabilidad del suelo.

Los valores promedio de resistencia a la penetración, fueron menores a 20 kg/cm² hasta la profundidad explorada y a cero, uno y dos metros del tronco, por lo que no hay limitancia del desarrollo radicular (Figura 38).

El muestreo a tres profundidades en raíces indicó que no hubo patógenos. En suelo se encontró *Fusarium* y *Rhizoctonia* de 0-30 cm y *Fusarium* sólamente de 30-60 cm y no se detectaron patógenos de 60-90 cm.

El suelo en este sitio presenta características aceptables para un buen desarrollo de la planta; sin embargo, la textura y bajo grado de permeabilidad del suelo al agua, pudieran predisponer a la planta e influir en el desarrollo de patógenos.

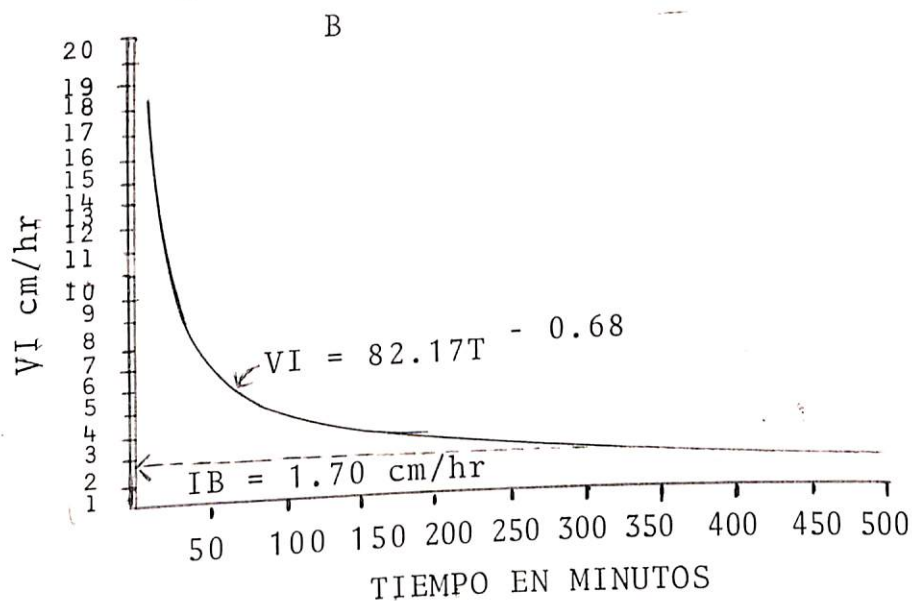
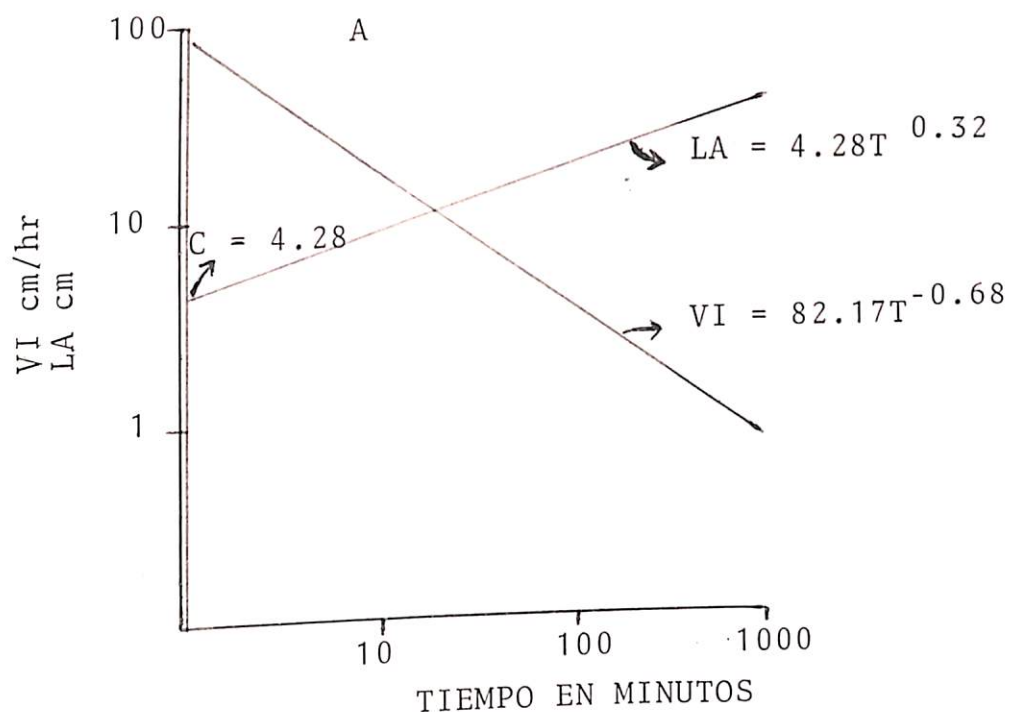


Figura 37. Gráfica de infiltración en escala logarítmica (A) y curva para estimar la infiltración básica del suelo (B) Sitio 15.

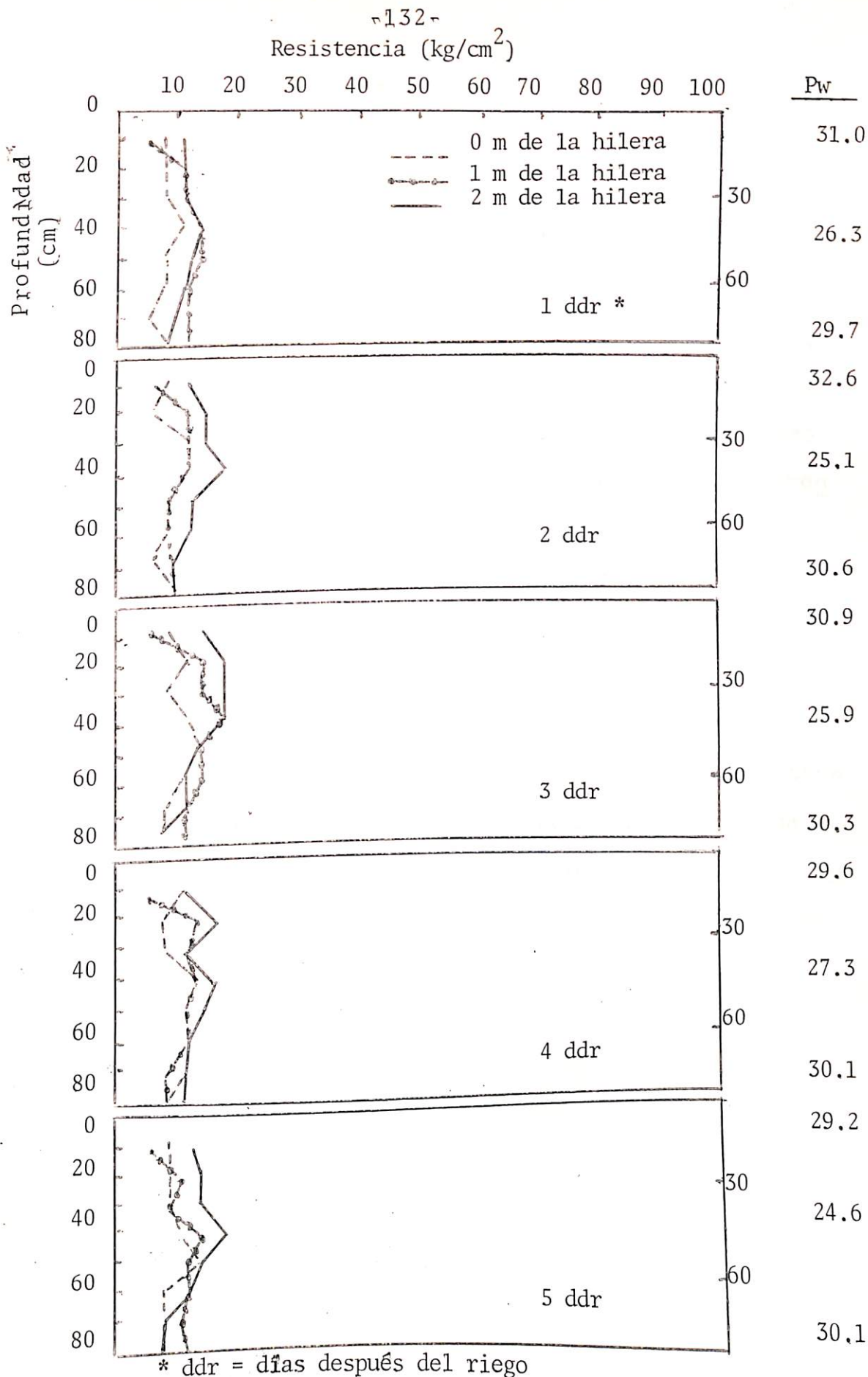


Figura 38. Curvas de resistencia del suelo a la penetración a tres distancias del tronco del árbol, durante un período de cinco días después del riego. Sitio 15.

Discusión general.

El presente estudio permitió conocer los factores, condiciones y características del suelo, presentes - en áreas con problemas de árboles y libres de problemas.

Se detectó la existencia de huertos de manzano de diferente variedad, patrón radicular y edad, así como diversas condiciones de los árboles y huertos con diferente grado de problema.

Se encontraron diferentes medios ambientes suelo, esto con respecto a sus características físicas, químicas, morfológicas y biológicas.

Los sitios de suelo 1 al 5 son similares en sus características. Los factores del suelo adversos en estos sitios, que están asociados con la condición y problema - del frutal, son: texturas pesadas y semipesadas, estructura masiva, baja permeabilidad del suelo al agua, deficiente aireación y valores altos de resistencia del suelo a la penetración, así como la presencia de patógenos severos tales como *Phymatotrichum* y *Phytophthora*.

Posiblemente el origen del problema en estos sitios sea la compactación que presenta el suelo.

Los sitios de suelo 6 y 7 son similares en sus características; sin embargo, el sitio 7 presentó valores altos de resistencia del suelo a la penetración, así como la incidencia de *Phymatotrichum* y *Phytophthora*.

Los sitios de suelo 8 al 11 son similares en sus características; sin embargo, el problema de mortandad de árboles se presenta en los sitios 8 y 10, en donde se encontró a los hongos *Phymatotrichum* y *Phytophthora*. En estos sitios, los factores del suelo adversos asociados con la condición y problema del frutal son: texturas ligeras, baja capacidad de retención de agua, excesiva lixiviación y baja fertilidad del suelo. Los sitios 9 y 11 aparentemente sin problemas, tienen estas características, las cuales pueden en un momento predisponer a la planta y/o influir en el desarrollo de los patógenos.

Los sitios de suelo 12 al 15 prácticamente son similares en sus características. El suelo en estos sitios presenta características aceptables para un buen desarrollo del frutal; sin embargo, las texturas semipesadas y la baja permeabilidad del suelo al agua, pueden predisponer en un momento dado al árbol y/o influir en el desarrollo de hongos patógenos del suelo.

El problema de mortandad de árboles de manzano se presenta en suelos de características distintas, lo cual no permite asociar alguna característica del suelo, en general, con la condición y problema del frutal. Sin embargo, se manifiesta cierta tendencia en relación a la resistencia del suelo a la penetración y la condición del árbol.

Por otra parte, suelos altamente pedregosos presentan dificultad para su caracterización con la metodología tradicional, por lo que es necesario buscar metodologías apropiadas para el estudio de estos suelos.

Finalmente, es necesario el estudio de otros factores del suelo que no se efectuaron en este trabajo y que son de gran importancia, tales como: temperatura y humedad del suelo durante el ciclo de cultivo, proceso de aireación, desarrollo radicular, estudio microbiológico del suelo, etc., así como el conocimiento de la tecnología de manejo de los huertos.

CONCLUSIONES

El presente estudio permitió conocer los factores, condiciones y características del suelo en sitios representativos con y sin problemas de mortandad de árboles.

Patógenos severos tales como *Phymatotrichum om-nivorum* y *Phytophthora* spp se presentaron sólomente en sitios representativos de árboles con problemas.

La mortandad de árboles de manzano se presentó en suelos de características diferentes.

El presente estudio no permitió asociar alguna característica del suelo, en general, con la condición y problema del frutal. Sin embargo, se manifestó cierta -tendencia en relación a la resistencia del suelo a la pe-netración y condición del árbol.

RESUMEN

De los frutales cultivados en la región de Nuevo Casas Grandes, Chih., el manzano es la especie que mayor superficie ocupa. Para 1983 la superficie plantada de este frutal se estima en 3,225 hectáreas.

Uno de los principales problemas que afronta la fruticultura regional es la mortandad de árboles de manzano por efecto de pudrición radicular (*Phymatotrichum omnivorum*) y pudrición del cuello (*Phytophthora* spp).

Durante 1982, el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas llevó a cabo un estudio para evaluar la incidencia, distribución y grado de daño en huertos con este problema. Se muestreó un total de 1,206 árboles, de los cuales el 25% mostró síntomas de declinación y el 21% habían muerto.

Entre las condiciones que pueden predisponer al hospedero o bien crear condiciones para la actividad de los patógenos radiculares están: el exceso de humedad en la zona radicular, la baja aireación y la compactación del suelo, las cuales pueden deberse a las características y propiedades del suelo, así como a la tecnología de manejo en los huertos y en especial al uso y manejo del agua para riego y tránsito de maquinaria agrícola.

Lo anteriormente señalado motivó la realización del presente estudio, teniendo como objetivos la caracteriz

zación de suelos en sitios representativos con y sin problemas de mortandad de árboles, la determinación de la incidencia de patógenos radiculares y el estudiar la posible asociación entre algunas características del suelo y la condición de los árboles.

Adams y Pearson, en 1967, señalan que los suelos afectan a las plantas, principalmente a través de sus efectos en las raíces del vegetal. Este órgano responsable de la absorción de nutrientes y agua es dañado por ambientes desfavorables, tales como la pobre aireación, falta de humedad, toxicidad y espacio limitado para su crecimiento. Las propiedades medibles del suelo que son consideradas al fijar el medio ambiente raíz-suelo son: profundidad efectiva de la zona de ramificación radicular, distribución del tamaño de partículas, contenido de materia orgánica, contenido de sales, capacidad de intercambio catiónico, saturación de bases, tipo de mineral de arcilla, permeabilidad, conductividad saturada y no saturada, drenaje del suelo, profundidad del manto freático y capacidad retentiva de humedad disponible por el suelo.

La pudrición radicular causada por *Phymatotrichum*, también conocida como pudrición texana, es una de las enfermedades más destructivas de las plantas. El hongo *Phymatotrichum omnivorum* es nativo del suroeste de Estados Unidos y norte de México (Streets y Bloss, 1973).

P. omnivorum sobrevive en un medio edáfico particular. Se encuentra a profundidad en el suelo y hay cierto factor intrínseco que restringe la capacidad del hongo de formar esclerocios en áreas localizadas dentro de un particular tipo de suelo. Generalmente no se distribuye en todo el terreno, sino que se desarrolla en áreas definidas (Lyda, 1978).

El hongo se encuentra en suelos alcalinos, calcáreos, arcillas montmorilloníticas y alta en fertilidad (Percy, 1983). *P. omnivorum* persiste y avanza mas en suelos con textura fina que con textura gruesa (Crawford, 1941). El pH del suelo es de cerca de 8.2 y la capacidad de retención de humedad es aproximadamente de 45% (Fraps y Fudge, 1935).

El presente estudio se llevó a cabo en la región de Nuevo Casas Grandes, Chih., durante 1983 en cinco huertos comerciales de manzano, localizados en los municipios de Casas Grandes y Nuevo Casas Grandes, Chih.

Los huertos A, B y C presentan marcado problema de mortandad de árboles y síntomas de declinación y los huertos T₁ y T₂ presentan mínimos problemas de mortandad de árboles, por lo que estos últimos huertos son considerados como testigos.

En cada huerto se ubicaron sitios de suelo bajo estudio, los cuales fueron representativos de áreas con problemas y libres de problemas de acuerdo a la condición

aérea de los árboles.

El criterio empleado en la condición aérea de los árboles fue: sano, replante o falla, clorótico, afectado y muerto. Todas estas condiciones, a excepción de sano, fueron representativas de áreas con problema.

Se elaboraron planos a escala (huertos A, B y C) en los cuales se presenta la distribución de áreas con y sin problema, así como la ubicación de los sitios de suelo bajo estudio.

Se tuvo un total de 15 sitios de suelo en los cuales se determinaron las siguientes pruebas:

Descripción del perfil del suelo. A una distancia de 0.5 m del árbol se excavó un pozo de 1 x 1.5 y 1.5 m de profundidad. Se delimitaron los diversos horizontes del perfil, describiendo en cada uno de ellos las siguientes características: espesor, color, textura, pedregosidad, estructura, humedad, consistencia, poros, permeabilidad, raíces, fauna y transición.

Características físicas y químicas del suelo.

Se tomó muestra de suelo de cada horizonte del perfil, determinando en laboratorio las siguientes características: textura, conductividad eléctrica, cationes solubles (Ca + Mg y Na), porcentaje de sodio intercambiable, capacidad de intercambio catiónico, cationes intercambiables (Ca, Mg y K), materia orgánica, pH, fósforo asimilable, elementos menores (Cu, Fe, Mn y Zn) y carbonatos de calcio.

Densidad aparente y porosidad del suelo. Estas pruebas se determinaron en cada horizonte del perfil utilizando barrena tipo Uhland con cilindro de volumen conocido.

Velocidad de infiltración en campo por el método del infiltrómetro de doble cilindro.

Resistencia del suelo a la penetración con penetrómetro de impacto a tres distancias del tronco del árbol (0, 1 y 2 m), con la finalidad de medir el efecto del peso de maquinaria agrícola. Se tuvo una profundidad de sondeo hasta 80 cm y cinco días después del riego, tomando muestra de suelo para determinar contenido de humedad a tres profundidades (0-30, 30-60 y 60-90 cm).

Patógenos en raíces y suelo a tres profundidades cada 30 cm. Se tomaron muestras de raíces y suelo en el perfil de suelo, las cuales fueron procesadas en laboratorio de fitopatología en donde se identificó a los patógenos con microscopio compuesto y con ayuda de las técnicas de Barnett y Hunter y las del manual de Finch.

Los resultados obtenidos indican la existencia de diferentes medios ambientes suelo, respecto a sus características físicas, químicas, morfológicas y biológicas.

Los sitios de suelo 1 a 5 representativos de áreas con problema de árboles, son similares en sus características.

Los factores del suelo adversos en estos sitios que están asociados con la condición y problema del frutal son: texturas pesadas y semipesadas, estructura masiva, baja permeabilidad del suelo al agua, deficiente aireación y valores altos de resistencia del suelo a la penetración los cuales limitan el desarrollo de las raíces, así como la presencia de patógenos severos tales como *Phymatotrichum* y *Phytophthora*.

Los sitios 6 (sin problemas) y 7 (con problemas) son similares; sin embargo, el sitio 7 presentó valores al tos de resistencia del suelo a la penetración, así como la incidencia de *Phymatotrichum* y *Phytophthora*.

Los sitios 8 a 11 son similares; sin embargo, el problema de mortandad de árboles se presenta en los sitios 8 y 10, en donde se encontró a los hongos *Phymatotrichum* y *Phytophthora*. En estos sitios los factores del suelo adversos asociados con la condición y problema del frutal - son: texturas ligeras, baja capacidad de retención de agua, alta pedregosidad, excesiva lixiviación y baja fertilidad del suelo.

Los sitios de suelo 12 al 15 (huertos testigos) prácticamente son similares en sus características. El suelo en estos sitios presenta características aceptables para un buen desarrollo del frutal, tales como: estructura desarrollada, buen drenaje interno, buena porosidad, va

lores de resistencia del suelo a la penetración no limitantes al desarrollo de raíces, así como la inexistencia de patógenos severos.

El estudio de caracterización del suelo permitió conocer a los factores, condiciones y características del suelo presentes en áreas con problema de árboles y libres de problema. Por otra parte, patógenos severos tales como *Phymatotrichum* y *Phytophthora* se presentaron solamente en sitios representativos de árboles con problemas.

La mortandad de los árboles de manzano se presenta en suelos de características diferentes por lo que no permite asociar en general, alguna característica particular del suelo con la condición y problema del frutal, sin embargo, se manifestó cierta tendencia en relación a la resistencia del suelo a la penetración y la condición del árbol.

BIBLIOGRAFIA

- Adams, F., y R. W. Pearson, 1967. Crop respons to the li-
me in the Southern United States and Puerto Rico. En:
Pearson, R. W. y Fred Adams (ed.). Soil acidity and
lime. Agronomy 12: 161-206, Amer. Soc. of Agronomy -
Madison, Wis.
- Alexopoulus, C. J., 1962. Introductory mycology. Form-
cass-Deuteromycetes. The imperfect fungi. Wiley In
ternational Edition. J. Wiley and Sons Inc. New York
London, Tokio. 2a. ed. p.p. 387-425.
- Bartelli, L. J., 1979. Interpreting soil data. Agronomy
21, ASA, p.p. 91-116.
- Baver, L. D., W. H. Gardner y W. R. Gardner, 1973. Física
de suelos. 1a. ed. en español. U.T.E.H.A., México,
D. F. p.p. 1-385.
- Bennett, A. C., 1974. Toxic effects of aqueous ammonia, -
copper, zinc, lead, boron, and manganese on root grow
th. p.p. 669-680. En: Carson, E. W. (ed.). The --
plant root and the environment. Univ. Press of Virgi
nia, Charlottesville, Va.
- Black, C. A., 1960. Soil-plant relationship. John Wiley
and Sons, Inc., New York. 553p.

- Blake, C. R., 1965. Bulk density. En: Black, C. A. (ed.) Methods of soil analysis. I. Physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling. Madison, Wis., American Society of - - Agronomy. p.p. 374-390. (Agronomy Series N^o 9).
- Bloss, H. E., 1970. Observations on species of *Phymatotrichum*. J. Arizona Acad. Sci. 6:102-108.
- Brady, N. C., 1974. The nature and properties of soils. 8th. ed. MacMillan Publishing Co., Inc., New York. p.p. 12-13.
- Brown, J. G. y R. B. Streets, 1934. Diseases of field - - crops in Arizona. Arizona Agric. Exp. Stn. Bull. 148. 228p.
- Cajuste, L. J., 1977. Química de suelos con un enfoque -- agrícola. 1a. ed. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. p.p. 45-154.
- Calderón, A. E., 1977. Fruticultura general. El esfuerzo del hombre. 1a. ed. ECA, México, D. F. p. 394.
- Cantino, E. C., 1952. The biochemical nature of morphogenetic patterns in *Blastocladiella*. Am. Nat. 86:399-404.
- Cantino, E. C., 1956. The relation between cellular metabolism and morphogenesis in *Blastocladiella*. Mycologia 48:225-240.

- Castrejón, A., 1974. Aislamiento y prueba de actinomyce-
tos antagónicos al hongo *Phymatotrichum omnivorum* - -
(Shear) Duggar, causante de pudriciones en la raíz.
Informe Anual de Labores. CIANE-INIA-SAG.
- Castrejón, A., 1976. Efecto de la acidez en el desarrollo
"in vitro" del hongo *Phymatotrichum omnivorum* (Shear)
Duggar, utilizando tres diferentes medios de cultivo.
Memorias VII Congreso Nacional de Fitopatología. Mé-
xico, D. F. p. 84.
- Castro, F. J. y A. Rodríguez V., 1970. Pruebas prelimina-
res para el combate de la pudrición texana del duraz-
no en el Bajío. CIAB, Circ. 34, 11p.
- Chancellor, W. J., 1976. Compaction of soil by agricultu-
ral equipment. Division of Agr. Sci. Univ. of Cali-
fornia. Bulletin 1881, p.p. 5-8.
- Chung, H. L., 1923. The sweet potato in Hawaii. Hawaii -
Agric. Exp. Stn. Bull. 50, 20p.
- Crawford, R. F., 1941. Root rot and its control. New Me-
xico Agric. Exp. Stn. Bull. 283, p. 13.
- Cuanalo, De la C. H., 1981. Manual para la descripción de
perfiles de suelo en el campo. 2a. ed. Centro de --
Edafología. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Mé-
xico. p.p. 5-40.

- Dana, B. F., 1931. Soil cultures for the laboratory production of sclerotia in *Phymatotrichum omnivorum*. -- *Phytopathology* 21:551-556.
- Dounine, M. S. y V. M. Poner, 1936. Ozoniosis (Texas rot and its analogues). Stat. Pub. Off. Lit. Selkhoziz, Leningrad, URSS. 328p.
- Ezekiel, W. N., 1945. Effect of low temperatures on survival of *Phymatotrichum omnivorum*. *Phytopathology* - 35:296-301.
- Ezekiel, W. N., J. J. Taubenhause y C. E. Carlyle, 1930. - Soil reaction effects on *Phymatotrichum* root rot. *Phytopathology* 20:803-815.
- Ezekiel, W. N. y J. J. Taubenhause, 1932. Leaf temperatures of cotton plants with *Phymatotrichum* root rot. - *Science* 75:391-392.
- Ezekiel, W. N., J. J. Taubenhause y J. F. Fudge, 1934. Nutritional requirements of the root rot fungus, *Phymatotrichum omnivorum*. *Plant Physiol.* 9:187-216.
- Fassbender, H. W., 1975. Química de suelos con énfasis - en suelos de América Latina. I.I.C.A. Turrialba, -- Costa Rica. p.p. 1-163.
- Forsythe, W., 1975. Física de suelos. Manual de laboratorio. I.I.C.A. San José, Costa Rica. p.p. 39-45.

- Foy, C. D., 1974. Effects of aluminium on plant growth. p.p. 601-642. En: E. W. Carson (ed.). The plant - root and the environment. Univ. Press of Virginia. Charlottesville, Va.
- Fraps, G. S. y Fudge, 1935. Relation of the ocurrence of cotton root rot to the chemical composition of soils. Texas Agric. Exp. Stn. Bull. 522.
- Gavande, S. A., 1972. Física de suelos. Principios y -- aplicaciones. 1a. ed. Limusa, México, D. F. p.p. 17-35.
- González, G. N. y G. P. Valle, 1977. Estudio ecológico y distribución de la pudrición texana *Phymatotrichum omnivorum* Shear (Duggar) en los municipios de Cuauhtémoc a Gran Morelos. CAESICH-CIANE-INIA-SARH.
- Griffin, D. M. y N. G. Nair, 1968. Growth of *Sclerotium rolfsii* at different concentrations of oxygen and - carbon dioxide. J. Exp. Bot. 19:812-816.
- Gunasekarun, M., 1972. Physiological studies on *Phymatotrichum omnivorum*. IV. Effect of pH and the interaction of temperature, minerals and carbon source on growth in vitro. Mycopathologia et Mycologia Applicata. 50(4):313-321.
- Juárez, P. C., 1982. Determinación de la incidencia y -- distribución de problemas fungosos radiculares prin-

principalmente por la asociación de *Phymatotrichum omnivorum* y *Phytophthora* spp en árboles de manzano en los municipios de Casas Grandes y Nuevo Casas Grandes, -- Chih.

King, C. J. y H. F. Loomis, 1930. Texas root rot. California Dept. Agric. Bull. 19:501-505.

King, C. J., C. Hope y E. D. Eaton, 1932. The cotton - root rot fungus indigenous in Arizona deserts. Science 75:48-49.

Kunze, G. W. y E. H. Templin, 1956. Houston black clay, - the type grumusol. II. Mineralogical and chemical - characterization. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 20:91-96.

Lebeau, F. J., 1943. *Phymatotrichum* root rot on *Cryptostegia grandiflora* with notes on its distribution in Mexico. Plant Dis. Rep. 27:278-280.

Lyda, S. D. y E. Burnett, 1971. Influence of temperature on *Phymatotrichum* sclerotial formation and disease - development. Phytopathology 61:728-730.

Lyda, S. D. y E. Burnett, 1971. Changes in carbon dioxide levels during sclerotial formation by *Phymatotrichum omnivorum*. Phytopathology 61:858-861

Lyda, S. D., 1973. Studies on *Phymatotrichum omnivorum* - and *Phymatotrichum* root rot. En: The relation of - soil microorganisms to soilborne plant pathogens. --

Southern Coop. Series Bull. 183. Virginia Polytechnic Inst. and State Univ.

Lyda, S. D., 1974. Studies on *Phymatotrichum omnivorum* - and *Phymatotrichum* root rot. En: The relation of - soil microorganisms to soilborne plant pathogens. ed. by G. C. Papavizas. p.p. 69-73. So. Coop. Ser. - - Bull. 183. Blacksburg, Va. Polytech, Inst. and State Univ.

Lyda, S. D. y E. Burnett, 1975. The role and carbon dioxide in growth and survival of *Phymatotrichum omnivorum*. En: Biology and control of soilborne plant pathogens. ed. by G. W. Bruehl. p.p. 63-68. St. Paul, Minn. Am. Phytopathol. Soc. 216p.

Lyda, S. D., 1978. Ecology of *Phymatotrichum omnivorum*. Ann. Rev. Phytopathol. 16:193-209.

Macauley, B. J. y D. M. Griffin, 1969. Effect of carbon dioxide and the bicarbonate ion on the growth of some soil fungi. Trans. Br. Br. Mycol. Soc. 53:223-228.

Millar, C. E., L. M. Turk y H. D. Foth, 1979. Fundamentos de la ciencia del suelo. 5a. ed. C.E.C.S.A., México, D. F. p.p. 41-203.

Narro, F. E., 1980. Apuntes del curso Física de Suelos. Departamento de Suelos, Programa de Graduados UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., México.

- Neal, D. C., R. E. Wester y K. C. Gunn, 1934. Morphology and life history of the cotton root-rot fungus in Texas. J. Agric. Res. 49:539-548.
- Newman, E. I., 1974. Root and soil water environment. p.p. 363-440. En: E. W. Carson (ed.). The plant root and its environment. Univ. Press of Virginia, Charlottesville, Va.
- Nielsen, K. F., 1974. Roots and root temperature. p.p. 293-333. En: E. W. Carson (ed.). The plant root and its environment. Univ. Press of Virginia, Charlottesville, Va.
- Ortíz, V. B. y A. Ortíz, 1980. Edafología. 3a. ed., Chapingo, México. p.p. 22-112.
- Pammel, L. H., 1888. Root rot of cotton on "cotton blight" Texas Agric. Exp. Stn. Bull. 4:50-65.
- Percy, R. G., 1983. Potential range of *Phymatotrichum omnivorum* as determined by edaphic factors. Plant Disease 67:981-983.
- Richards, *et al*, 1952. Soil temperature and plant growth. p.p. 303-480. En: B. T. Shaw (ed.). Soil physics conditions and plant growth. Agr. Vol. 2. Academic Press, New York.
- Rogers, C. H., 1934. Soil temperature as affecting sclerotial production. Tex. Agric. Exp. Stn. Ann. Rept. 47: 174.

- Rogers, C. H., 1938. The relation of moisture and temperature to growth of the cotton root rot fungus. J. Agric. Res. 58:701-709.
- Rogers, C. H. y G. M. Watkins, 1938. Strand formation in - *Phymatotrichum omnivorum*. Amer. J. Bot. 25:244-246.
- Russell, E. W., 1961. Soil conditions and plant growth. Longmans, Green and Co., New York. p. 635.
- Shear, C. L., y G. F. Miles, 1907. The control of Texas root-rot of cotton. U. S. Dep. Agric. Misc. Pap. 261: 39-42.
- Shear, C. L. y G. F. Miles, 1908. Texas root-rot of cotton field experiments in 1907. U. S. Dept. Agric. - Bur. Plant. Ind. Circ. 9.7 p.p.
- Stolzy, L. H., 1974. Soil atmosphere. p.p. 335-355. En: E. W. Carson (ed.). The plant root and its environment. Univ. Press of Virginia, Charlottesville, Va.
- Storie, R. E., 1970. Manual de evaluación de suelos. 1a. ed. en español. UTEHA, México, D. F. p.p. 1-35.
- Streets, R. B., 1937. *Phymatotrichum* (cotton or Texas) -- root rot in Arizona. Arizona Agric. Exp. Stn. Tech. Bull. 71:299-410.
- Streets, R. B. y H. E. Bloss, 1973. *Phymatotrichum* root rot. Monogr. 8. American Phytopathological Society. St. Paul, Minn.

Taubenhaus, J. J., W. N. Ezekiel y D. T. Killough, 1928.

Relation of cotton root rot and *Fusarium* wilt to the acidity and alkalinity of the soil. Tex. Agric. Exp. Stn. Bull. 389. 19p.p.

Taubenhaus, J. J. y W. N. Ezekiel, 1933. Additions of chemicals for the control of root rot. Tex. Agric. Exp. Stn. Ann. Rept. 46:80-83.

Taubenhaus, J. J., W. N. Ezekiel y J. F. Fudge, 1937. Relation of soil acidity to cotton rot. Tex. Agric. - Exp. Stn. Bull. 545. 39p.p.

Taylor, H. M., G. M. Ruberson y J. Parker Jr., 1966. Soil length-root penetration relations for medium to coarse-textured soil materials. Soil Sci. 102:18-22.

Torres, R. E., 1980. Manual de conservación de suelos agrícolas. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Na^{ro}". Saltillo, Coah., México. p. 12-41.

United States Department of Agriculture. U. S. Forest Service, 1948. "The timber stand and vegetation-soil maps of California". Folio, Regional Forester, San Francisco, Calif.

Vasudera, R. S., 1935. Studies on the root rot disease - in the Punjab. I. Symptoms, incidence, and cause of the disease. Ind. J. Agric. Sci. 5:496-512.

- Watkins, G. M., 1937. Penetration and invation of *Phymato*
trichum omnivorum in cotton roots grown under pure -
culture conditions. *Phytopathology* 27:143.
1982. Documento de trabajo. Plan de investigación para -
la región de Nuevo Casas Grandes, Chih. Campo Auxi-
liar de Nuevo Casas Grandes, Chih. CAEVAJ-CIAN-INIA-
SARH.

A P E N D I C E

SITIO 1

DESCRIPCION DEL PERFIL DE SUELO

Prof. cm

Descripción

- 0 - 26 Café obscuro; franco; muy pocas piedras pequeñas; estructura masiva a débilmente desarrollada con tendencia a poliédrica angular media, los primeros 10 cm presentan un arreglo laminar muy fino compacto; firme a muy firme en húmedo; pocos poros muy finos discontinuos tubulares dentro de la masa, escasas grietas finas de tendencia vertical; permeabilidad -- lenta a muy lenta; raíces comunes finas podridas algunas necróticas con micelio blanquecino; restos no frescos de excremento animal; - transición media horizontal.
- 26 - 50 Café obscuro; migajón arcilloso; muy pocas piedras medias; estructura masiva a débilmente desarrollada con mayor tendencia que el horizonte anterior a poliédrica fina; firme a - muy firme en húmedo; pocos poros muy finos - continuos caóticos tubulares dentro de la masa; permeabilidad muy lenta; pocas raíces finas necróticas; transición tenue horizontal.
- 50 - 70 Café; migajón arcilloso; muy pocas piedras medias; estructura masiva con tendencia a granu

lar y grumosa fina; friable en húmedo; poros pocos a frecuentes muy finos contínuos caóticos en la masa del horizonte; permeabilidad lenta; raíces raras y finas; transición tenue horizontal.

70 - 110

Café claro; franco; ligeramente pedregoso; - estructura masiva a débilmente desarrollada con tendencia a granular fina; más friable que el horizonte anterior en húmedo; poros frecuentes muy finos contínuos caóticos tubulares en la masa del horizonte; permeabilidad lenta a moderada; raíces pocas y finas; transición tenue horizontal.

110 - 160

Café claro; migajón arenoso; pedregoso a muy pedregoso conforme aumenta la profundidad - con piedras pequeñas y medias redondeadas; - sin estructura; muy friable a suelto en húmedo; poros muy pocos medianos verticales tubulares y poros finos frecuentes caóticos tubulares; permeabilidad muy rápida; raíces de - pocas a comunes finas; en la base del horizonte principia grava.

SITIO 2

DESCRIPCION DEL PERFIL DE SUELO

<u>Prof. cm</u>	<u>Descripción</u>
0 - 50	Café; migajón arcilloso; muy pocas piedras pequeñas redondas; estructura masiva a moderadamente desarrollada con tendencia a prismática media y poliédrica angular gruesa; firme en húmedo, de los 30 a 50 cm mucho más compacto; pocos poros muy finos continuos caóticos tubulares en la masa del horizonte; permeabilidad de muy lenta a lenta; raíces comunes finas; - transición tenue ondulada.
50 - 80	Café claro; migajón arcillo arenoso; ligeramente pedregoso con grava y piedras pequeñas redondas; estructura masiva con tendencia a - poliédrica angular gruesa; de friable a firme en húmedo; poros frecuentes muy finos continuos caóticos tubulares en la masa del horizonte; permeabilidad lenta; raíces comunes <u>fi</u> nas; transición media horizontal.
80 - 130	Café más claro que el horizonte anterior; migajón arcillo arenoso; muy pedregoso a extremadamente pedregoso conforme aumenta la profundidad; sin estructura; suelto en seco; poros frecuentes muy finos continuos caóticos -

tubulares en la masa del horizonte; permeabilidad rápida; raíces abundantes finas.

SITIO 3

DESCRIPCION DEL PERFIL DE SUELO

<u>Prof. cm</u>	<u>Descripción</u>
0 - 41	Café claro; migajón arenoso; sin piedras; estructura moderadamente desarrollada poliédrica subangular media y subestructura grumosa; friable los primeros 10 cm, el resto del horizonte firme en húmedo; poros frecuentes muy finos continuos caóticos dentro de los agregados; permeabilidad lenta; raíces comunes finas, pocas delgadas y muy raras medias; excesiva nodulación de arcillas en los agregados de forma granular muy pequeños; transición tenue horizontal.
41 - 82	Café claro; migajón arcilloso; sin piedras; estructura masiva débilmente desarrollada con tendencia a poliédrica angular media; firme en húmedo; poros de frecuentes a numerosos muy finos continuos caóticos tubulares; permeabilidad muy lenta; raíces comunes finas y raras medias; presencia de CaCO_3 en poca cantidad - difundido en toda la masa del horizonte de --

- forma esferoidal; transición tenue horizontal.
- 82 - 123 Café claro; migajón arcilloso; sin piedras; -
estructura masiva a débilmente desarrollada -
poliédrica subangular media; friable a firme
en húmedo; poros muy finos frecuentes y finos
pocos continuos caóticos tubulares; permeabi-
lidad de lenta a muy lenta; raíces pocas fi-
nas; presencia de CaCO_3 de forma esferoidal;
transición marcada horizontal.
- 123 - 154 Café claro; migajón arcilloso; sin piedras; -
estructura masiva a muy débilmente desarrollada
da con tendencia a poliédrica subangular me-
dia; suelto a muy friable en húmedo; poros -
frecuentes muy finos y pocos finos continuos
caóticos tubulares dentro y fuera de los agreg
ados; permeabilidad lenta; raíces raras y fin
nas.

SITIO 4

DESCRIPCION DEL PERFIL DE SUELO

<u>Prof. cm</u>	<u>Descripción</u>
0 - 66	Café oscuro; migajón arcilloso; sin piedras; estructura moderadamente desarrollada polié- drica subangular grande y muy grande; friable en húmedo; poros numerosos muy finos y frecuen <u>te</u>

tes finos contínuos caóticos verticales tubulares dentro de los agregados; permeabilidad moderada; raíces finas comunes y pocas delgadas; abundantes nódulos esferoidales de arcilla de tamaño pequeño color café claro y blandos; transición tenue horizontal.

66 - 104 Café obscuro; migajón arcilloso; sin piedras; estructura moderadamente desarrollada con tendencia a columnar subangular grande; firme en húmedo; poros frecuentes muy finos y finos - contínuos verticales tubulares dentro de los agregados; permeabilidad lenta; raíces comunes finas; en los últimos 20 cm existe gran cantidad de concreciones de CaCO_3 ; transición tenue horizontal.

104 - 130 Café claro; migajón arcilloso; pocas piedras pequeñas; sin estructura; muy friable en húmedo; poros pocos muy finos verticales tubulares dentro de los agregados; nodulación de - arena fina dentro de los agregados; permeabilidad lenta; raíces raras finas y delgadas.

SITIO 5

DESCRIPCION DEL PERFIL DE SUELO

<u>Prof. cm</u>	<u>Descripción</u>
0 - 30	Café oscuro; franco; sin piedras; estructura fuertemente desarrollada poliédrica angular - media y con subestructura entre granular y -- grumosa; firme en húmedo; poros pocos muy finos continuos caóticos tubulares; fisuras <u>ver</u> ticales menores de 1 mm; permeabilidad muy - lenta; raíces comunes finas y delgadas; muy - escasos restos de fauna; transición tenue sin precisar.
30 - 56	Café oscuro; migajón arcilloso; sin piedras; estructura débilmente desarrollada con tenden <u>cia</u> a grumosa fina; friable en húmedo; poros frecuentes muy finos continuos caóticos tubulares dentro de la masa; raíces comunes finas y delgadas; transición tenue.
56 - 103	Café vinoso; arcilloso; sin piedras; estructu <u>ra</u> masiva; muy plástico cuando muy húmedo; po <u>ro</u> s de comunes a pocos conforme aumenta la - profundidad, muy finos continuos caóticos tubulares en toda la masa del horizonte; permea <u>bi</u> lidad muy lenta; raíces pocas y finas; presencia de precipitaciones de CaCO_3 ; transición tenue.

103 - 130 Café vinoso; arcilloso; sin piedras; estructu
ra masiva con estrechas bandas verticales de
material color oscuro que parece proceder de
los horizontes superiores; muy plástico cuan-
do muy húmedo; poros tubulares con frecuentes
precipitaciones de CaCO_3 ; permeabilidad muy -
lenta; sin raíces.

SITIO 6

DESCRIPCION DEL PERFIL DE SUELO

<u>Prof. cm</u>	<u>Descripción</u>
0 - 39	Café oscuro; migajón limoso; sin piedras; <u>es</u> tructura moderadamente desarrollada poliédri- ca subangular fina, los 5 cm superficiales - presentan estructura moderadamente desarrolla <u>da</u> laminar muy fina; friable y firme en la <u>su</u> perficie en húmedo; microporos numerosos y <u>po</u> cos poros muy finos continuos caóticos tubula <u>res</u> en la masa del horizonte; permeabilidad - lenta; raíces finas comunes y delgadas raras; restos comunes de fauna; transición media ho- rizontal.
39 - 63	Café claro; franco; sin piedras; estructura - masiva a débilmente desarrollada con tenden- cia a granular fina; friable en húmedo; poros

- muy finos frecuentes y muy pocos finos continuos caóticos tubulares en la masa del horizonte; permeabilidad moderada; raíces finas comunes y delgadas raras; restos poco frecuentes de fauna; transición media horizontal.
- 63 - 81 Café más claro que el anterior; franco; sin piedras; sin estructura; suelto en húmedo; poros pocos muy finos y finos; permeabilidad rápida; raíces comunes finas y delgadas; transición marcada horizontal.
- 81 - 100 Café obscuro; migajón arenoso; sin piedras; estructura masiva a débilmente desarrollada con tendencia a granular fina; ligeramente pegajoso cuando muy húmedo; poros frecuentes muy finos continuos caóticos tubulares en la masa del horizonte; permeabilidad lenta a muy lenta; raíces comunes finas y delgadas; transición media horizontal.
- 100 - 124 Café claro; franco; sin piedras; estructura muy débilmente desarrollada con tendencia a granular fina; no pegajoso cuando muy húmedo; poros frecuentes muy finos continuos caóticos tubulares en toda la masa del horizonte; permeabilidad rápida; raíces finas comunes; transición tenue horizontal.

124 - 160 Arena migajón; pedregoso; sin estructura; no pegajoso cuando muy húmedo; permeabilidad rápida.

SITIO 7

DESCRIPCION DEL PERFIL DE SUELO

Prof. cm

Descripción

- 0 - 35 Café; franco; sin piedras; estructura moderadamente desarrollada poliédrica angular media; firme en húmedo; poros pocos finos oblicuos - tubulares en toda la masa del horizonte; permeabilidad lenta; raíces comunes finas y delgadas muy raras; restos comunes de fauna; - - transición media horizontal.
- 35 - 60 Café claro; migajón arenoso con lentejones de arena gruesa; sin piedras; estructura débilmente desarrollada; suelto en húmedo; poros - muy pocos de muy finos a medianos caóticos tubulares; permeabilidad rápida; raíces pocas y finas; presencia de vetas carbonosas horizontales; transición marcada horizontal.
- 60 - 83 Café; migajón arenoso; pedregoso, grava de río redondeada; estructura débilmente desarrollada con tendencia granular; friable en húmedo; poros frecuentes muy finos continuos caó

ticos; permeabilidad moderada; raíces comunes finas; transición marcada horizontal.

83 - 110 Arenoso; suelto en húmedo; en este horizonte se suceden capas entre 10 y 20 cm de espesor con textura arenosa y franco arenosa.

SITIO 8

DESCRIPCION DEL PERFIL DE SUELO

Prof. cm

Descripción

0 - 40	Café; migajón arenoso; pedregoso, piedras pequeñas, medianas y grava; estructura débilmente desarrollada poliédrica subangular media; no pegajoso cuando muy húmedo; poros muy pocos y muy finos discontinuos caóticos tubulares fuera de los agregados; permeabilidad rápida; raíces abundantes finas y delgadas y muy raras medias; restos de fauna; transición media horizontal.
40 - 90	Café claro; migajón arenoso; extremadamente pedregoso, piedras grandes, medianas y chicas; estructura débilmente desarrollada poliédrica subangular fina con tendencia a grumosa; no pegajoso cuando muy húmedo; muy pocos poros - muy finos discontinuos caóticos fuera de los agregados; permeabilidad muy rápida; raíces -

abundantes finas a medias algunas con micelios de hongos; transición marcada horizontal.

90 - 130 Café claro; arena migajón; extremadamente pedregoso, piedras de varios tamaños predominando medias; sin estructura; no pegajoso cuando muy húmedo; permeabilidad muy rápida; raíces raras finas y delgadas.

SITIO 9

DESCRIPCION DEL PERFIL DE SUELO

Prof. cm

Descripción

0 - 40	Café; migajón arenoso; pedregoso, piedras pequeñas medias y grava; estructura débilmente desarrollada poliédrica subangular de media a gruesa con tendencia a grumosa; no pegajoso cuando muy húmedo; poros muy pocos de finos a muy finos fuera de los agregados; permeabilidad rápida; raíces abundantes de finas a medias predominando delgadas; transición tenue horizontal.
40 - 83	Café claro; migajón arenoso; extremadamente pedregoso, grava a piedra grande; estructura débilmente desarrollada grumosa media; no pegajoso cuando muy húmedo; poros muy pocos de muy finos a finos; permeabilidad muy rápida;

raíces abundantes finas, delgadas y medias;
transición tenue horizontal.

83 - 150 Capa totalmente gravosa de todos tamaños y va
riados colores; muy húmedo; permeabilidad muy
rápida; raíces abundantes finas en los prime-
ros 30 cm.

SITIO 10

DESCRIPCION DEL PERFIL DE SUELO

<u>Prof. cm</u>	<u>Descripción</u>
0 - 24	Café oscuro; migajón arenoso con tendencia a franco arenoso; pedregoso, piedras de diversos tamaños; estructura moderadamente desarro- llada poliédrica subangular de media a gruesa con tendencia a granular gruesa; no pegajoso cuando muy húmedo; poros pocos muy finos caóticos tubulares dentro de los agregados; permeabilidad rápida; raíces abundantes finas y delgadas; transición tenue ondulada.
24 - 80	Café oscuro; migajón arenoso a arenoso; las piedras son dominantes, piedras medias; estructura débilmente desarrollada con tendencia a grumosa muy fina; suelto en húmedo; permeabilidad muy rápida; raíces abundantes finas en la parte superior y comunes finas en la parte inferior del horizonte, transición

tenue horizontal.

80 - 140 Arenoso; las piedras son dominantes de diversos tamaños predominando las medias; sin estructura; material suelto; permeabilidad muy rápida; raíces comunes.

SITIO 11

DESCRIPCION DEL PERFIL DE SUELO

<u>Prof. cm</u>	<u>Descripción</u>
0 - 48	Café oscuro; migajón arenoso; muy pedregoso, piedras medias y redondeadas; estructura débilmente desarrollada poliédrica subangular - media y subestructura grumosa; friable en húmedo; poros frecuentes caóticos tubulares y pocos finos dentro de los agregados; permeabilidad rápida; raíces finas abundantes, delgadas comunes y pocas gruesas; transición tenue horizontal.
48 - 97	Café claro; migajón arenoso; alta concentración de óxidos color ocre; las piedras son dominantes desde grava a piedras medias predominando las pequeñas; estructura muy débilmente desarrollada granular fina; suelto en húmedo; permeabilidad muy rápida; raíces abundantes - finas y pocas delgadas; transición tenue horizontal.

97 - 140 Arena migajón; las piedras son dominantes; --
suelto en húmedo; permeabilidad muy rápida; -
raíces abundantes finas y pocas delgadas.

SITIO 12

DESCRIPCION DEL PERFIL DE SUELO

Prof. cm

Descripción

0 - 30 Café medio a oscuro; migajón arcillo arenoso;
sin piedras; estructura moderadamente desarro-
llada poliédrica subangular gruesa; firme en
húmedo; poros muy finos frecuentes y finos po-
cos continuos caóticos tubulares dentro y fue-
ra de los agregados; permeabilidad lenta; raí-
ces finas abundantes y delgadas pocas; se - -
aprecia actividad biológica y restos de excre-
mentos de fauna; transición tenue horizontal.

30 - 86 Café medio a oscuro; migajón arcillo arenoso;
estructura débilmente desarrollada poliédrica
subangular de media a gruesa; friable a firme
en húmedo; poros muy finos numerosos, finos -
frecuentes y medianos muy pocos continuos ver-
ticales tubulares dentro de los agregados; --
permeabilidad moderada; raíces finas comunes,
delgadas raras, medias y gruesas muy raras;
transición tenue horizontal.

- 86 - 130 Café claro a medio; migajón arenoso; sin piedras; estructura débilmente desarrollada poliédrica subangular de gruesa a muy gruesa; - friable en húmedo; poros muy finos numerosos y finos frecuentes continuos tubulares dentro de los agregados; permeabilidad rápida; raíces finas comunes y delgadas pocas; transición tenue horizontal.
- 130 - 150 Café claro; arena migajón; sin piedras; estructura muy débilmente desarrollada poliédrica subangular de media a gruesa; no pegajoso cuando muy húmedo; poros muy finos pocos y finos frecuentes continuos verticales tubulares dentro de los agregados; permeabilidad muy rápida; raíces finas comunes y delgadas pocas.

SITIO 13

DESCRIPCION DEL PERFIL DE SUELO

<u>Prof. cm</u>	<u>Descripción</u>
0 - 40	Café oscuro; migajón arenoso; sin piedras; - estructura de moderada a fuertemente desarrollada poliédrica subangular gruesa; firme a - extremadamente firme en húmedo; poros muy finos frecuentes y abundantes microporos continuos caóticos tubulares dentro de los agrega-

dos; permeabilidad muy lenta; raíces finas -
comunes y delgadas pocas; se aprecia activi-
dad biológica y restos de fauna; transición -
media horizontal.

40 - 140 Café claro; migajón arenoso; sin piedras; es-
tructura débilmente desarrollada poliédrica -
subangular gruesa; friable en húmedo; poros -
muy finos numerosos, finos de frecuentes a nu-
merosos y medianos pocos; permeabilidad mode-
rada; raíces finas de comunes a abundantes; -
transición tenue horizontal.

140 > Café claro; arena migajón; las piedras son do-
minantes, gravas y cascajo de río; estructura
masiva a muy débilmente desarrollada; no pega-
joso cuando muy húmedo; permeabilidad muy rá-
pida; raíces finas comunes en la parte supe-
rios del horizonte.

SITIO 14

DESCRIPCION DEL PERFIL DE SUELO

Prof. cm

Descripción

0 - 34 Café oscuro; migajón arcillo arenoso; sin -
piedras; estructura moderadamente desarrolla-
da poliédrica subangular de media a grande; -
friable a firme en húmedo; poros muy finos --

frecuentes y finos pocos continuos verticales tubulares dentro de los agregados; permeabilidad de lenta a moderada; raíces finas abundantes, delgadas comunes y medias raras; transición de media a tenue horizontal.

34 - 65

Café oscuro; migajón arcillo arenoso; muy pocas piedras pequeñas; estructura moderadamente desarrollada poliédrica subangular de media a gruesa; firme en húmedo; poros muy finos numerosos continuos caóticos tubulares -- dentro y fuera de los agregados y finos pocos verticales caóticos tubulares dentro de los agregados; permeabilidad de lenta a moderada; raíces finas comunes y delgadas pocas; transición tenue horizontal.

65 - 93

Café claro; migajón arcillo arenoso; muy pocas piedras; estructura muy débilmente desarrollada poliédrica subangular gruesa; friable en húmedo; poros muy finos numerosos continuos verticales tubulares dentro y fuera de los agregados y finos pocos verticales tubulares dentro de los agregados; de pocos a frecuentes nódulos de arcilla de forma esferoidal tamaño pequeño dentro de los agregados -- que parece ser porceden de los horizontes su-

periores; permeabilidad moderada; raíces finas comunes y delgadas pocas; transición marcada horizontal.

93 > Arenoso; las piedras son dominantes, piedras medias redondas; sin estructura; suelto en húmedo; permeabilidad rápida; sin raíces.

SITIO 15

DESCRIPCION DEL PERFIL DE SUELO

Prof. cm

Descripción

0 - 30	Café oscuro; migajón arcillo arenoso; sin -- piedras; estructura fuertemente desarrollada poliédrica subangular de media a gruesa; firme a muy firme en húmedo; poros muy finos pocos continuos caóticos tubulares dentro de -- los agregados; permeabilidad de muy lenta a -- lenta; raíces finas abundantes y medias comunes; restos de fauna; transición horizontal.
30 - 73	Café claro; migajón arcillo arenoso; sin piedras; estructura débilmente desarrollada poliédrica subangular de media a gruesa; muy friable en húmedo; poros muy finos numerosos continuos caóticos tubulares dentro y fuera de -- los agregados y finos frecuentes continuos -- verticales tubulares dentro de los agregados;

permeabilidad rápida; raíces finas comunes y medias pocas; pocos restos de lombrices; transición media horizontal.

73 - 133

Café claro; migajón arcillo arenoso; sin piedras; estructura débilmente desarrollada poliédrica subangular gruesa; friable en húmedo; poros muy finos numerosos y finos pocos verticales dentro y fuera de los agregados; permeabilidad moderada; raíces finas y comunes, delgadas pocas y medias raras; transición tenue horizontal.

133 >

Material pedológico de morfología semejante - al horizonte anterior aunque con mayor porosidad y estructura muy débilmente desarrollada.

ANALISIS FISICO Y QUIMICO DEL SUELO

SITIO 1

FECHA 23/VIII/83

LOCALIZACION HUERTO A, Municipio Casas Grandes, Chih.

Profundidad (cm)		0-26	26-50	50-70	70-110	110-160	
Densidad aparente (g/cm ³)		1.28	1.29	1.24	1.09	1.11	
Porosidad total (%)		51.70	51.32	53.21	58.87	58.11	
T E X T U R A	Arena (%)	35.68	39.68	43.32	46.60	67.32	
	Limo (%)	45.44	31.44	31.44	32.16	15.80	
	Arcilla (%)	18.88	28.88	25.24	21.24	16.88	
	Clase textural	F	MR	MR	F	MA	
pH en extrato		7.30	7.10	7.00	7.00	6.70	
CE (mmhos/cm)		0.95	0.75	0.80	0.85	0.65	
Calcio + Magnesio (me/lt)		6.03	4.03	5.38	5.36	3.85	
Sodio (me/lt)		5.08	4.08	3.91	3.91	3.56	
P S I		2.96	2.89	2.20	2.21	2.46	
Carbonatos de calcio (%)		1.02	1.02	2.04	1.02	1.02	
Materia orgánica (%)		0.76	0.42	0.34	0.25	0.08	
Fósforo (ppm)		17.70	15.50	22.20	20.00	55.50	
C I C (me/100 g)		9.57	9.23	9.78	9.45	8.04	
Calcio* (ppm)		4100	4000	3400	3000	1900	
Magnesio* (ppm)		730	820	740	610	390	
Potasio* (ppm)		630	350	180	90	60	
Cobre (ppm)		26.00	24.00	23.00	28.00	28.00	
Fierro (ppm)		6.00	6.00	10.00	10.00	12.00	
Manganeso (ppm)		6.00	3.40	4.00	3.00	3.00	
Zinc (ppm)		1.00	1.00	0.70	1.00	1.00	

*Cationes intercambiables.

ANALISIS FISICO Y QUIMICO DEL SUELO

SITIO 2

FECHA 23/VIII/83

LOCALIZACION HUERTO A, Municipio Casas Grandes, Chih.

Profundidad (cm)		0-50	50-80	80-130			
Densidad aparente (g/cm ³)		1.27	1.28	-			
Porosidad total (%)		52-08	51-70	-			
T E X T U R A	Arena (%)	43.32	51.32	47.32			
	Limo (%)	24.16	20.16	30.16			
	Arcilla (%)	32.52	28.52	22.52			
	Clase textural	MR	MRA	MRA			
pH en estrato		6.80	6.90	7.00			
CE (mmhos/cm)		0.88	1.55	1.00			
Calcio + Magnesio (me/lt)		5.50	12.80	6.33			
Sodio (me/lt)		3.69	5.60	4.60			
P S I		1.98	1.96	2.49			
Carbonatos de calcio (%)		1.02	1.02	1.02			
Materia orgánica (%)		0.67	0.38	0.31			
Fósforo (ppm)		17.70	15.50	20.00			
C I C (me/100 g)		10.22	10.00	9.45			
Calcio* (ppm)		4900	3700	2900			
Magnesio* (ppm)		900	730	600			
Potasio* (ppm)		410	360	140			
Cobre (ppm)		25.00	26.00	28.00			
Fierro (ppm)		5.00	6.00	9.00			
Manganeso (ppm)		4.70	4.00	4.50			
Zinc (ppm)		0.80	0.80	1.00			

*Cationes intercambiables.

ANALISIS FISICO Y QUIMICO DEL SUELO

SITIO 3

FECHA 25/VIII/83

LOCALIZACION HUERTO A, Municipio Casas Grandes, Chih.

Profundidad (cm)		0-41	41-82	82-123	123-154		
Densidad aparente (g/cm ³)		1.04	1.12	1.19	1.28		
Porosidad total (%)		60.75	57.74	55.09	51.70		
T E X T U R A	Arena (%)	60.04	38.04	27.84	33.84		
	Limo (%)	21.44	27.44	33.80	33.80		
	Arcilla (%)	16.52	34.52	38.36	32.36		
	Clase textural	MA	MR	MR	MR		
pH en extrato		7.30	7.20	7.20	7.30		
CE (mmhos/cm)		0.85	0.65	0.60	0.50		
Calcio + Magnesio (me/lt)		5.31	3.46	3.35	3.35		
Sodio (me/lt)		3.95	2.91	2.39	2.34		
P S I		2.26	1.96	1.44	1.39		
Carbonatos de calcio (%)		1.02	1.02	3.06	3.06		
Materia orgánica (%)		1.01	0.42	0.25	0.25		
Fósforo (ppm)		24.40	15.50	24.40	13.30		
C I C (me/100 g)		10.10	10.00	10.00	9.89		
Calcio* (ppm)		3900	3900	5400	7300		
Magnesio* (ppm)		880	1200	1180	1290		
Potasio* (ppm)		710	570	450	300		
Cobre (ppm)		24.00	26.00	24.00	29.00		
Fierro (ppm)		6.00	7.00	10.00	9.00		
Manganeso (ppm)		5.80	3.70	3.60	3.00		
Zinc (ppm)		0.80	0.70	0.80	0.60		

*Cationes intercambiables.

ANALISIS FISICO Y QUIMICO DEL SUELO

SITIO 4

FECHA 25/VIII/83

LOCALIZACION HUERTO A, Municipio Casas Grandes, Chih.

Profundidad (cm)		0-30	30-66	66-104	104-130		
Densidad aparente (g/cm ³)		1.13	-	1.21	1.24		
Porosidad total (%)		57.36	-	54.34	53.21		
T E X T U R A	Arena (%)	27.84	23.48	33.48	43.48		
	Limo (%)	47.80	44.16	32.16	26.16		
	Arcilla (%)	24.36	32.36	34.36	30.36		
	Clase textural	MR	MR	MR	MR		
pH en extrato		7.20	7.30	7.50	7.60		
CE (mmhos/cm)		1.80	0.90	0.65	0.80		
Calcio + Magnesio (me/lt)		13.80	3.93	10.31	2.95		
Sodio (me/lt)		6.26	4.86	4.34	5.17		
P S I		2.20	3.71	1.53	4.78		
Carbonatos de calcio (%)		2.04	1.02	1.02	3.06		
Materia orgánica (%)		0.76	0.51	0.34	0.19		
Fósforo (ppm)		20.00	11.11	15.50	20.00		
C I C (me/100 g)		10.22	10.22	10.00	9.78		
Calcio* (ppm)		4800	4000	5500	7200		
Magnesio* (ppm)		1020	1230	1370	1300		
Potasio* (ppm)		530	170	100	90		
Cobre (ppm)		24.00	25.00	29.00	29.00		
Fierro (ppm)		4.00	4.00	8.00	10.00		
Manganeso (ppm)		6.50	3.00	3.00	3.00		
Zinc (ppm)		0.90	0.70	0.90	2.00		

*Cationes intercambiables.

ANALISIS FISICO Y QUIMICO DEL SUELO

SITIO 5

FECHA 24/VIII/83

LOCALIZACION HUERTO B, Municipio Casas Grandes, Chih.

Profundidad (cm)		0-30	30-56	56-103	103-130		
Densidad aparente (g/cm ³)		1.22	1.26	1.32	1.32		
Porosidad total (%)		53.96	52.45	50.19	50.19		
T E X T U R A	Arena (%)	41.48	37.48	19.48	27.48		
	Limo (%)	34.16	34.16	32.16	20.16		
	Arcilla (%)	24.36	28.36	48.36	52.36		
	Clase textural	F	MR	R	R		
pH en extrato		7.40	7.50	7.80	7.90		
CE (mmhos/cm)		0.65	0.80	0.80	0.75		
Calcio + Magnesio (me/lt)		3.31	2.63	1.25	1.11		
Sodio (me/lt)		4.00	6.13	6.82	6.43		
P S I		3.21	6.20	10.29	10.26		
Carbonatos de calcio (%)		2.04	1.02	3.06	2.04		
Materia orgánica (%)		1.26	0.76	0.51	0.42		
Fósforo (ppm)		28.80	17.70	13.30	13.30		
C I C (me/100 g)		10.22	10.32	10.00	10.33		
Calcio* (ppm)		8300	5600	10300	8900		
Magnesio* (ppm)		660	690	1050	1060		
Potasio* (ppm)		690	430	420	290		
Cobre (ppm)		28.00	27.00	28.00	28.00		
Fierro (ppm)		8.00	8.00	8.00	9.00		
Manganeso (ppm)		6.00	4.00	4.00	4.00		
Zinc (ppm)		1.00	0.70	0.90	0.70		

*Cationes intercambiables.

ANALISIS FISICO Y QUIMICO DEL SUELO

SITIO 6

FECHA 24/VIII/83

LOCALIZACION HUERTO B, Municipio Casas Grandes, Chih.

Profundidad (cm)		0-39	39-63	63-81	81-100	100-124	124-160
Densidad aparente (g/cm ³)		1.20	1.04	1.14	1.02	1.18	-
Porosidad total (%)		54.72	60.75	56.98	61.51	55.47	-
T E X T U R A	Arena (%)	23.48	39.48	45.48	58.20	38.20	86.20
	Limo (%)	58.16	44.16	38.16	28.52	46.52	8.52
	Arcilla (%)	18.36	16.36	16.36	13.28	15.28	5.28
	Clase textural	ML	F	F	MA	F	AM
pH en extrato		7.40	7.20	7.20	7.30	7.20	7.20
CE (mmhos/cm)		0.60	0.60	0.65	0.55	0.60	0.65
Calcio + Magnesio (me/lt)		3.26	2.98	2.50	2.16	4.70	4.16
Sodio (me/lt)		4.13	4.30	3.73	3.47	4.04	4.00
P S I		3.38	3.78	3.54	3.53	2.55	2.74
Carbonatos de calcio (%)		1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
Materia orgánica (%)		0.93	0.72	0.63	0.30	0.59	0.08
Fósforo (ppm)		20.00	15.50	15.50	31.10	17.70	20.00
C I C (me/100 g)		9.89	9.56	9.46	8.37	9.56	6.19
Calcio* (ppm)		6600	3600	3400	1800	3400	1200
Magnesio* (ppm)		570	450	450	250	430	190
Potasio* (ppm)		310	160	100	60	120	80
Cobre (ppm)		27.00	27.00	28.00	27.00	25.00	25.00
Fierro (ppm)		9.00	11.00	12.00	13.00	12.00	10.00
Manganeso (ppm)		6.40	4.00	4.00	5.00	4.00	2.00
Zinc (ppm)		0.80	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80

*Cationes intercambiables.

ANALISIS FISICO Y QUIMICO DEL SUELO

SITIO 7

FECHA 24/VIII/83

LOCALIZACION HUERTO B, Municipio Casas Grandes, Chih.

Profundidad (cm)		0-35	35-60	60-83	83-110		
Densidad aparente (g/cm ³)		1.28	-	-	-		
Porosidad total (%)		51.70	-	-	-		
T E X T U R A	Arena (%)	48.20	58.20	58.20	90.56		
	Limo (%)	30.52	26.52	28.52	6.52		
	Arcilla (%)	21.28	15.28	13.28	2.92		
	Clase textural	F	MA	MA	A		
pH en extrato		7.30	7.30	7.20	7.30		
CE (mmhos/cm)		0.45	0.40	0.45	0.25		
Calcio + Magnesio (me/lt)		10.61	2.26	2.07	1.16		
Sodio (me/lt)		3.96	5.00	3.04	2.26		
P S I		1.25	2.46	3.05	3.00		
Carbonatos de calcio (%)		1.02	1.02	1.02	1.02		
Materia orgánica (%)		0.72	0.34	0.46	0.08		
Fósforo (ppm)		15.50	20.00	37.70	22.20		
C I C (me/100 g)		9.67	8.37	8.80	5.54		
Calcio* (ppm)		5700	2200	2300	1000		
Magnesio* (ppm)		450	420	320	140		
Potasio* (ppm)		220	96	80	-		
Cobre (ppm)		27.00	23.00	26.00	25.00		
Fierro (ppm)		9.00	12.00	15.00	10.00		
Manganeso (ppm)		7.00	4.00	4.00	3.00		
Zinc (ppm)		1.00	2.00	1.00	0.60		

*Cationes intercambiables

ANALISIS FISICO Y QUIMICO DEL SUELO

SITIO 8

FECHA 26/VIII/83

LOCALIZACION HUERTO C, Municipio Nuevo Casas Grandes, Chih.

Profundidad (cm)		0-40	40-90	90-130			
Densidad aparente (g/cm ³)		1.34	-	-			
Porosidad total (%)		49.43	-	-			
T E X T U R A	Arena (%)	54.56	66.56	86.92			
	Limo (%)	26.52	20.52	4.16			
	Arcilla (%)	18.92	12.92	8.92			
	Clase textural	MA	MA	AM			
pH en extrato		7.00	7.40	7.50			
CE (mmhos/cm)		0.55	0.60	0.50			
Calcio + Magnesio (me/lt)		4.75	4.16	3.66			
Sodio (me/lt)		2.60	2.91	2.96			
P S I		1.21	1.68	1.92			
Carbonato de calcio (%)		1.02	1.02	1.02			
Materia orgánica (%)		0.55	0.25	0.08			
Fósforo (ppm)		26.60	35.90	40.00			
C I C (me/100 g)		8.91	8.59	6.30			
Calcio* (ppm)		2200	3200	3000			
Magnesio* (ppm)		430	490	440			
Potasio* (ppm)		180	60	40			
Cobre (ppm)		28.00	28.00	26.00			
Fierro (ppm)		11.00	8.00	8.00			
Manganeso (ppm)		10.00	5.00	3.00			
Zinc (ppm)		2.00	1.00	0.80			

*Cationes intercambiables.

ANALISIS FISICIO Y QUIMICO DEL SUELO

SITIO 9

FECHA 26/VIII/83

LOCALIZACION HUERTO C, Municipio Nuevo Casas Grandes, Chih.

Profundidad (cm)		0-40	40-83	83-150			
Densidad aparente (g/cm ³)		1.37	-	-			
Porosidad total (%)		48.30	-	-			
T E X T U R A	Arena (%)	56.92	66.92	90.92			
	Limo (%)	26.16	20.16	4.16			
	Arcilla (%)	16.92	12.92	4.92			
	Clase textural	MA	MA	A			
pH en extrato		7.30	7.50	7.70			
CE (mmhos/cm)		0.55	0.55	0.45			
Calcio + Magnesio (me/lt)		4.55	3.96	2.83			
Sodio (me/lt)		2.43	3.17	3.08			
P S I		1.10	2.01	2.49			
Carbonato de calcio (%)		1.02	1.02	1.02			
Materia orgánica (%)		0.46	0.25	0.05			
Fósforo (ppm)		22.20	59.90	26.60			
C I C (me/100 g)		8.37	7.93	5.65			
Calcio* (ppm)		2100	2000	2400			
Magnesio* (ppm)		360	380	320			
Potasio* (ppm)		150	110	40			
Cobre (ppm)		28.00	27.00	26.00			
Fierro (ppm)		8.00	8.00	6.00			
Manganeso (ppm)		8.00	4.00	3.00			
Zinc (ppm)		0.90	0.70	0.70			

*Cati6nes intercambiables.

ANALISIS FISICIO Y QUIMICO DEL SUELO

SITIO 10

FECHA 26/VIII/83

LOCALIZACION HUERTO C, Municipio Nuevo Casas Grandes, Chih.

Profundidad (cm)		0-24	24-80	80-140			
Densidad aparente (g/cm ³)		1.28	-	-			
Porosidad total (%)		51.70	-	-			
T E X T U R A	Arena (%)	52.92	68.92	90.92			
	Limo (%)	30.16	16.16	4.16			
	Arcilla (%)	16.92	14.92	4.92			
	Clase textural	MA	MA	A			
pH en extrato		7.00	6.90	7.30			
CE (mmhos/cm)		0.65	0.80	0.85			
Calcio + Magnesio (me/lt)		5.46	7.06	7.60			
Sodio (me/lt)		3.04	3.43	2.65			
P S I		1.42	1.40	0.73			
Carbonato de calcio (%)		1.02	1.02	1.02			
Materia orgánica (%)		0.84	0.55	0.08			
Fósforo (ppm)		40.00	40.00	31.10			
C I C (me/100 g)		9.02	9.13	6.52			
Calcio* (ppm)		2600	3300	2800			
Magnesio* (ppm)		430	480	350			
Potasio* (ppm)		250	130	60			
Cobre (ppm)		28.00	26.00	25.00			
Fierro (ppm)		12.00	10.00	8.00			
Manganeso (ppm)		19.00	15.00	3.00			
Zinc (ppm)		1.90	1.10	0.60			

*Cationes intercambiables.

ANALISIS FISICIO Y QUIMICO DEL SUELO

SITIO 11

FECHA 26/VIII/83

LOCALIZACION HUERTO C, Municipio Nuevo Casas Grandes, Chih.

Profundidad (cm)		0-48	48-97	97-140			
Densidad aparente (g/cm ³)		1.33	-	-			
Porosidad total (%)		49.81	-	-			
T E X T U R A	Arena (%)	54.92	72.92	89.28			
	Limo (%)	28.52	14.51	4.16			
	Arcilla (%)	16.56	12.56	6.56			
	Clase textural	MA	MA	AM			
pH en extrato		7.10	7.30	7.30			
CE (mmhos/cm)		0.75	1.10	0.75			
Calcio + Magnesio (me/lt)		6.53	9.17	9.65			
Sodio (me/lt)		3.56	4.69	5.04			
P S I		1.62	1.73	2.07			
Carbonato de calcio (%)		2.04	1.02	1.02			
Materia orgánica (%)		0.51	0.34	0.93			
Fósforo (ppm)		26.60	22.20	48.80			
C I C (me/100 g)		8.59	10.65	8.15			
Calcio* (ppm)		2300	4300	1600			
Magnesio* (ppm)		410	660	360			
Potasio* (ppm)		170	60	30			
Cobre (ppm)		27.00	28.00	25.00			
Fierro (ppm)		10.00	6.00	9.00			
Manganeso (ppm)		13.00	6.00	5.00			
Zinc (ppm)		1.00	0.80	1.00			

*Cationes intercambiables.

ANALISIS FISICIO Y QUIMICO DEL SUELO

SITIO 12

FECHA 27/VIII/83

LOCALIZACION HUERTO T₂, Municipio Nuevo Casas Grandes, Chih.

Profundidad (cm)		0-30	30-86	86-130	130-150		
Densidad aparente (g/cm ³)		1.28	1.31	1.25	1.19		
Porosidad total (%)		51.70	50.57	52.83	55.09		
T E X T U R A	Arena (%)	61.64	57.64	65.64	83.64		
	Limo (%)	17.80	17.80	15.80	5.80		
	Arcilla (%)	20.56	24.56	18.56	10.56		
	Clase textural	MRA	MRA	MA	AM		
pH en extrato		7.00	6.80	6.70	6.90		
CE (mmhos/cm)		0.35	0.45	0.35	0.35		
Calcio + Magnesio (me/lt)		2.00	3.63	2.33	3.18		
Sodio (me/lt)		1.87	2.65	1.96	2.43		
P S I		1.46	1.60	1.38	2.12		
Carbonato de calcio (%)		1.02	1.02	1.02	1.02		
Materia orgánica (%)		0.32	0.21	0.17	0.34		
Fósforo (ppm)		22.20	15.50	22.20	24.40		
C I C (me/100 g)		11.95	11.30	10.32	7.60		
Calcio* (ppm)		3000	2600	2400	1700		
Magnesio* (ppm)		580	540	480	480		
Potasio* (ppm)		350	240	150	-		
Cobre (ppm)		24.00	25.00	25.00	25.00		
Fierro (ppm)		7.00	9.00	10.00	9.00		
Manganeso (ppm)		7.00	3.00	2.50	2.00		
Zinc (ppm)		0.70	1.20	0.90	0.50		

*Cationes intercambiables.

ANALISIS FISICO Y QUIMICO DEL SUELO

SITIO 13

FECHA 27/VIII/83

LOCALIZACION HUERTO T₂, Municipio Nuevo Casas Grandes, Chih.

Profundidad (cm)		0-40	40-90	90-140	140 >		
Densidad aparente (g/cm ³)		1.27	1.31	-	-		
Porosidad total (%)		52.08	50.57	-	-		
T E X T U R A	Arena (%)	58.72	61.08	71.08	91.08		
	Limo (%)	23.08	17.84	13.08	1.08		
	Arcilla (%)	18.20	21.84	15.84	7.84		
	Clase textural	MA	MRA	MA	AM		
pH en extrato		6.90	7.00	7.00	7.20		
CE (mmhos/cm)		0.55	0.40	0.40	0.40		
Calcio + Magnesio (me/lt)		4.68	2.62	2.76	2.53		
Sodio (me/lt)		2.69	2.52	2.78	2.09		
P S I		1.32	1.95	2.17	1.78		
Carbonato de calcio (%)		1.02	1.02	2.04	1.02		
Materia orgánica (%)		0.25	0.17	0.17	1.01		
Fósforo (ppm)		31.10	13.30	22.20	40.00		
C I C (me/100 g)		12.17	10.97	10.87	6.85		
Calcio* (ppm)		3200	2700	2500	1400		
Magnesio* (ppm)		640	510	510	270		
Potasio* (ppm)		280	-	-	-		
Cobre (ppm)		25.00	26.00	24.00	23.00		
Fierro (ppm)		10.00	8.00	10.00	11.00		
Manganeso (ppm)		13.00	3.00	3.00	4.00		
Zinc (ppm)		1.00	0.80	0.60	0.70		

*Cationes intercambiables.

ANALISIS FISICO Y QUIMICO DEL SUELO

SITIO 14

FECHA 1/IX/83

LOCALIZACION HUERTO T₁, Municipio Casas Grandes, Chih.

Profundidad (cm)		0-34	34-65	65-93	93 >		
Densidad aparente (g/cm ³)		1.06	1.12	1.16	-		
Porosidad total (%)		60.00	57.74	56.23	-		
T E X T U R A	Arena (%)	53.44	49.44	55.44	95.44		
	Limo (%)	24.72	22.72	22.72	3.44		
	Arcilla (%)	21.84	27.84	25.84	1.12		
	Clase textural	MRA	MRA	MRA	A		
pH en extrato		6.00	6.70	6.90	7.20		
CE (mmhos/cm)		1.40	1.05	0.90	0.40		
Calcio + Magnesio (me/lt)		16.52	9.72	10.18	2.92		
Sodio (me/lt)		3.22	3.47	3.96	1.96		
P S I		0.38	1.05	1.30	1.10		
Carbonato de calcio (%)		1.02	2.04	1.02	2.04		
Materia orgánica (%)		0.51	0.42	0.08	1.10		
Fósforo (ppm)		35.50	20.00	77.20	28.80		
C I C (me/100 g)		12.50	12.39	11.70	4.13		
Calcio* (ppm)		3400	4100	3800	900		
Magnesio* (ppm)		660	810	860	180		
Potasio* (ppm)		280	40	-	-		
Cobre (ppm)		24.00	24.00	24.00	22.00		
Fierro (ppm)		10.00	8.00	8.00	8.00		
Manganeso (ppm)		27.00	3.00	3.00	2.00		
Zinc (ppm)		1.10	0.80	0.80	0.50		

*Cationes intercambiables.

ANALISIS FISICO Y QUIMICO DEL SUELO

SITIO 15

FECHA 1/IX/83

LOCALIZACION HUERTO T₁, Municipio Casas Grandes, Chih.

Profundidad (cm)	0-30	30-73	73-133	133 >		
Densidad aparente (g/cm ³)	1.15	1.17	1.08	-		
Porosidad total (%)	56.60	55.85	59.25	-		
T E X T U R A	Arena (%)	52.16	56.16	48.52	64.88	
	Limo (%)	20.72	22.72	22.36	14.00	
	Arcilla (%)	27.12	21.12	29.12	21.12	
	Clase textural	MRA	MRA	MRA	MRA	
pH en extrato	6.10	6.60	6.50	6.70		
CE (mmhos/cm)	0.45	0.40	0.40	0.50		
Calcio + Magnesio (me/lt)	4.35	2.82	2.57	3.70		
Sodio (me/lt)	2.52	2.30	2.48	2.47		
P S I	1.24	1.57	1.92	1.39		
Carbonato de calcio (%)	1.02	1.02	2.04	2.04		
Materia orgánica (%)	0.34	0.34	0.25	0.25		
Fósforo (ppm)	24.40	15.50	20.00	40.00		
C I C (me/100 g)	11.84	11.41	11.63	9.67		
Calcio* (ppm)	3900	3600	2800	2200		
Magnesio* (ppm)	820	580	590	470		
Potasio* (ppm)	280	80	40	30		
Cobre (ppm)	24.00	26.00	25.00	24.00		
Fierro (ppm)	10.00	8.00	9.00	11.00		
Manganeso (ppm)	18.00	4.00	3.00	3.00		
Zinc (ppm)	1.90	0.80	0.80	0.80		

*Cationes intercambiables.