

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

CLASIFICACION DE TIERRAS CON FINES DE RIEGO DE LA ESTACION EX  
PERIMENTAL Y DE PRACTICAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMI  
CAS DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

POR :

VICTOR MANUEL CAÑAS REYES  
MANUEL DE JESUS OSORIO TORRES

REQUISITO PARA OPTAR EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO

SAN SALVADOR, ABRIL DE 1991.

10513  
C-235



00853  
3

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR : DR. BENJAMIN LOPEZ GUILLEN  
SECRETARIA GENERAL : DRA. GLORIA ESTELA GOMEZ DE PEREZ

*d) por la Secretaria de la Fac. de CC.AA. 19.IV.91*

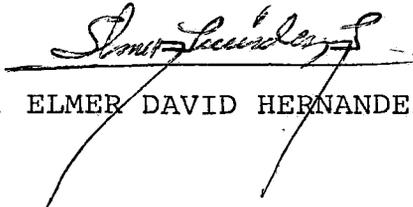
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS

DECANO : ING. AGR. JOSE MARIA GARCIA RODRIGUEZ  
SECRETARIO : ING. AGR. JORGE ALBERTO ULLOA

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGRICOLA

ING. AGR. ELMER DAVID HERNANDEZ HENRIQUEZ

ASESORES :



ING. AGR. ELMER DAVID HERNANDEZ HENRIQUEZ

ING. AGR. CARLOS ALBERTO AGUIRRE CASTRO

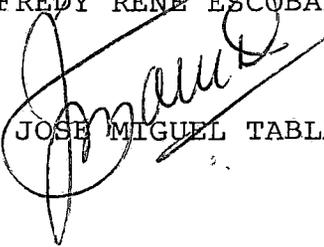
JURADO EXAMINADOR



ING. AGR. ALIRIO EDMUNDO MENDOZA



ING. AGR. FREDY RENE ESCOBAR MARTINEZ



ING. AGR. JOSE MIGUEL TABLAS DUBON

## R E S U M E N

Debido al acelerado incremento de la población humana, el uso irracional de los recursos naturales, etc. Todo esto aunado a la gran demanda alimenticia, la escasez de tierras cultivables y las limitaciones hídricas que se presentan en El Salvador; se adoptó una metodología para clasificar las tierras con fines de riego en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, la cual consiste en evaluar las características físicas, químicas, topográficas y de drenaje de los suelos, obteniéndose como resultado las unidades de clases de tierra regables o no, que finalmente permitieron la elaboración de un mapa cartográfico, el cual refleja la mejor alternativa de hacer uso de los recursos de la Estación Experimental. Demostrándose que esta metodología es aplicable a todo el país para clasificar las tierras con fines de riego, y es utilizada por el Ministerio de Obras Públicas de Venezuela.

## DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso, por brindarme la oportunidad de obtener este triunfo en mi vida, el cual es la expresión de muchos esfuerzos y de muchas personas quienes inspiradas por el amor de Dios hicieron posible mis éxitos.

De manera especial dedico este documento a :

Mi querida madrecita, de todo corazón por el sacrificio realizado para alcanzar mi meta propuesta.

A mis amados hermanos, por todo el apoyo recibido para alcanzar mi objetivo trazado.

A mi dulce esposa, por brindarme toda su comprensión e instar me a seguir triunfando.

A mis familiares y amigos, como una muestra de estima y consideración.

Víctor

## DEDICATORIA

Con estas frases doy por finalizada una etapa muy importante de mi vida, en la que se fue tallando mi preparación académica a base de muchos esfuerzos y de muchas personas, quienes inspirados por el amor a Dios y el amor al hombre hicieron posible mis éxitos alcanzados.

Es a ellos a quienes dedico este documento y de manera muy especial :

A mis queridos padres : Juan Francisco Osorio (QDDG) y María Perfecta Torres.

A mis amados hermanos : Rosario, Angela, Luis, Francisco, Antonio, Matías, Magdalena y Nazario.

A mis compañeros de estudio : Víctor, Edwin, Orlando, Chacón, Marito, Villatoro, Tejada y otros que a mi mente escapan.

A la niña Marínita y Anabel

De igual manera me es grato dedicarlo a todos aquellos amigos que me acompañaron durante el largo, pero hermono camino de mis estudios.

Manuel

# I N D I C E

	Página
RESUMEN .....	
AGRADECIMIENTO Y DEDICATORIA .....	
INDICE DE CUADROS .....	
INDICE DE FIGURAS .....	
1. INTRODUCCION .....	1
2. REVISION BIBLIOGRAFICA .....	3
2.1. Generalidades .....	3
2.2. Clasificación de suelos .....	4
2.3. Clasificación de suelo según su capacidad de riego .....	6
2.3.1. Clases y sub-clases de tierras .....	7
2.4. El suelo .....	7
2.4.1. El perfil del suelo .....	8
2.4.2. Propiedades físicas de los suelos ....	9
2.4.2.1. Toma de muestras .....	9
2.4.2.2. Textura .....	10
2.4.2.3. Estructura .....	11
2.4.2.4. Densidad y porosidad .....	11
2.4.2.5. Infiltración .....	13
2.4.2.6. Permeabilidad .....	15
2.4.2.7. Plasticidad .....	16
2.4.2.8. Capacidad de campo .....	18

2.4.2.9.	Punto de marchitez permanente .....	18
2.4.2.10.	Saturación del suelo y ex- tracto de saturación .....	19
2.4.3.	Propiedades químicas del suelo .....	19
2.4.3.1.	Salinización .....	19
2.4.3.2.	Acidez .....	20
2.4.3.3.	Intercambio catiónico ...	20
2.4.3.4.	Sodio intercambiable .....	21
2.4.3.5.	Alcalinización .....	22
2.4.4.	Suelos salinos y sódicos o alcali- nos .....	22
2.5.	Topografía .....	23
2.5.1.	Pendiente .....	23
2.5.2.	Relieve .....	24
2.5.3.	Posición .....	24
2.5.4.	Tamaño y forma .....	25
2.5.5.	Cobertura .....	25
2.6.	Drenaje .....	25
2.6.1.	Drenaje de suelos agrícolas .....	26
2.6.2.	Apreciación visual del mal drenaje en el perfil del suelo .....	27
2.7.	El agua en el suelo .....	27 *
2.7.1.	Importancia de agua-suelo .....	28
2.7.2.	Calidad del agua para riego .....	29

2.7.3.	Clasificación de aguas para riego ..	31
3.	MATERIALES Y METODOS .....	32
3.1.	Generalidades .....	32
3.2.	Características del lugar .....	32
3.3.	Metodología .....	35
3.3.1.	Fase de pre-campo .....	35
3.3.2.	Fase de campo .....	36
3.3.2.1.	Comprobación de las unidades de suelo .....	36
3.3.2.2.	Establecimiento del sitio correspondiente al patrón de la unidad de suelo ....	37
3.3.2.3.	Apertura de calicatas ....	38
3.3.2.4.	Descripción del sitio y perfil respectivo .....	40
3.3.2.5.	Recolección de muestras de suelo en el perfil .....	40
3.3.2.6.	Recolección de muestras de agua .....	41
3.3.2.7.	Pruebas de campo .....	42
3.3.3.	Fase de laboratorio .....	43
3.3.3.1.	Análisis físicos .....	43
3.3.3.2.	Análisis químico de suelo.	45
3.3.3.3.	Análisis químico de agua .	46
3.4.	Criterios de interpretación de resultados ..	47

	Página
3.5. Metodología y criterios utilizados para clasificar las tierras con fines de riego .....	50
4. RESULTADOS .....	52
4.1. Descripción del sitio y perfil N°1 .....	52
4.2. Descripción del sitio y perfil N°2 .....	53
4.3. Descripción del sitio y perfil N°3 .....	53
4.4. Descripción del sitio y perfil N°4 .....	54
4.5. Descripción del sitio y perfil N°5 .....	55
4.6. Descripción del sitio y perfil N°6 .....	56
4.7. Descripción del sitio y perfil N°7 .....	56
4.8. Descripción del sitio y perfil N°8 .....	57
4.9. Descripción del sitio y perfil N°9 .....	58
4.10. Resultados de velocidad de infiltración .....	59
4.11. Resultados de análisis físicos y químicos de cada perfil de suelo .....	68
4.12. Resultados de materia orgánica, fósforo y potasio en los primeros dos estratos de cada perfil .....	86
4.13. Resultados de los análisis químicos de las cuatro fuentes de agua con que dispone la Estación Experimental .....	87
5. DISCUSION .....	88
5.1. Interpretación de resultados del perfil N°1.	88
5.2. Interpretación de resultados del perfil N°2.	90
5.3. Interpretación de resultados del perfil N°3.	91

	Página
5.4. Interpretación de resultados del perfil N°4.	92
5.5. Interpretación de resultados del perfil N°5.	93
5.6. Interpretación de resultados del perfil N°6.	94
5.7. Interpretación de resultados del perfil N°7.	95
5.8. Interpretación de resultados del perfil N°8.	96
5.9. Interpretación de resultados del perfil N°9.	97
5.10. Interpretación de los resultados de los análisis químicos de las cuatro fuentes de - agua de la Estación Experimental .....	98
6. CONCLUSIONES .....	100
7. RECOMENDACIONES .....	104
8. BIBLIOGRAFIA .....	106
9. ANEXOS .....	111

## INDICE DE CUADROS

Cuadros		Página
1	Resultados de la velocidad de infiltración que corresponde al perfil N°1 .....	59
2	Resultados de la velocidad de infiltración que corresponde al perfil N°2 .....	60
3	Resultados de la velocidad de infiltración que corresponde al perfil N°3 .....	61
4	Resultados de la velocidad de infiltración que corresponde al perfil N°4 .....	62
5	Resultados de la velocidad de infiltración que corresponde al perfil N°5 .....	63
6	Resultados de la velocidad de infiltración que corresponde al perfil N°6 .....	64
7	Resultados de la velocidad de infiltración que corresponde al perfil N°7 .....	65
8	Resultados de la velocidad de infiltración que corresponde al perfil N°8 .....	66
9	Resultados de la velocidad de infiltración que corresponde al perfil N°9 .....	67
10	Resultados de análisis físicos y químicos del perfil N°1 .....	68
11	Resultados de análisis físicos y químicos del perfil N°2 .....	70

Cuadros		Página
12	Resultados de análisis físicos y químicos del perfil N°3 .....	72
13	Resultados de análisis físicos y químicos del perfil N°4 .....	74
14	Resultados de análisis físicos y químicos del perfil N°5 .....	76
15	Resultados de análisis físicos y químicos del perfil N°6 .....	78
16	Resultados de análisis físicos y químicos del perfil N°7 .....	80
17	Resultados de análisis físicos y químicos del perfil N°8 .....	82
18	Resultados de análisis físicos y químicos del perfil N°9 .....	84
19	Resultados de materia orgánica, fósforo y potasio en los primeros dos estratos de cada perfil .....	36
20	Resultados de los análisis químicos de las cuatro fuentes de agua con que dispone la Estación Experimental .....	87
A-12	Resultados complementarios de la capacidad de intercambio catiónico .....	138
A-16	Factores edáficos y su codificación .....	153
A-17	Tablas para la clasificación de tierras con pendientes menores y mayores del 12% ..	154

## INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Efectos de humedad sobre la adhesión y cohesión del suelo .....	17
2	Localización de la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador .....	33
3	Mapa de unidades de suelo de la Estación Experimental .....	
4	Perfil tipo de una calicata y sus dimensiones .....	39
5	Representación gráfica de la permeabilidad del perfil N°1 .....	69
6	Representación gráfica de la permeabilidad del perfil N°2 .....	71
7	Representación gráfica de la permeabilidad del perfil N°3 .....	73
8	Representación gráfica de la permeabilidad del perfil N°4 .....	75
9	Representación gráfica de la permeabilidad del perfil N°5 .....	77
10	Representación gráfica de la permeabilidad del perfil N°6 .....	79
11	Representación gráfica de la permeabilidad del perfil N°7 .....	81

Figura		Página
12	Representación gráfica de la permeabilidad del perfil N°8 .....	83
13	Representación gráfica de la permeabilidad del perfil N°9 .....	85
14	Nomograma para determinar el valor del RAS y para estimar el porcentaje de <u>so</u> dio intercambiable .....	122
15	Diagrama para la clasificación de las aguas para riego .....	123

## 1. INTRODUCCIÓN

Es indiscutible que la base de la economía en El Salvador radica principalmente en la agricultura; es así, que toda técnica encaminada a la explotación y uso racional de los recursos, favorece la economía nacional.

La producción agrícola está influenciada por diversos factores dentro de los cuales el suelo y el agua son de gran importancia. En el país, debido a su condición climática, la agricultura está concentrada en seis meses del año y con períodos secos inmersos en la misma. Siendo el agua el factor limitante y como consecuencia de ésta, el factor suelo es sub-utilizado en nuestro país; por lo que existe la necesidad de clasificar las tierras con fines de riego como una alternativa de tecnificar la agricultura y poder multiplicar la producción agrícola.

En nuestro medio hay pocas investigaciones de esta magnitud y como apoyo a este estudio, solamente se cuenta con investigaciones realizadas en otros países, las que tienen un valor limitado como base para los trabajos locales.

En el presente trabajo, se clasifican las tierras con fines de riego de la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, en la cual el procedimiento general llevado a cabo en esta clasificación, comprende la utilización de un mapa base de unidades de suelo, luego se continúa con análisis físico, químicos, topográficos y drenaje como condiciones que determinan que la

tierra sea arable y regable; terminando con la designación de la clase de tierra representada en un mapa de unidades arables y no arables.

## 2. REVISION BIBLIOGRAFICA.

### 2.1. Generalidades

El desarrollo agrícola es posible en una de las dos direcciones siguientes, sin que ellas sean mutuamente exclusivas: Cultivar más tierra, o aumentar la productividad por unidad de superficie. La primera alternativa se puede poner en práctica con sólo métodos tradicionales, mientras que la segunda depende por completo de cambios tecnológicos. En El Salvador, sin lugar a dudas la única alternativa viable y urgente es la segunda. En este contexto, la agricultura bajo riego juega un papel sin precedencia (10).

El Salvador, como país densamente poblado y con sus limitaciones de tierra, no ofrece otra alternativa más que la tecnificación de la agricultura para la producción de alimentos, y cubrir así, la dieta básica de sus habitantes (28).

Hay una gran diversidad de tipos de suelos, no obstante la pequeñez de nuestro territorio. Algunos se diferencian en uno o en dos particularidades y otros son tan distintos entre sí, que no tienen características comunes (9).

Dada la complejidad y prácticamente la infinita variedad con que los suelos se presentan en la naturaleza; cualquier intento de sistematización científica, debe ir precedido por otro de clasificación completa. Es evidente que un sistema de clasificación que pretenda cubrir las necesidades correspondientes,

debe estar basado en las propiedades mecánicas de los suelos. El problema de la identificación de los suelos es de importancia fundamental, ya que identificar un suelo es, en rigor, encajarlo dentro de un sistema previo de clasificación. La identificación permite conocer en forma cualitativa, las propiedades mecánicas e hidráulicas del suelo, atribuyéndole las del grupo donde se sitúe; naturalmente, la experiencia juega un papel importante en la utilidad que se pueda sacar de la clasificación (16).

## 2.2. Clasificación de suelos

La clasificación de los suelos consiste en el examen, la diferenciación y la delimitación de suelos en el campo sobre un mapa base, complementado por los estudios y análisis de laboratorio que se estimen convenientes para caracterizarlos (24).

Los levantamientos de suelos ofrecen una excelente información sobre la distribución y propiedades de los suelos de una zona dada. Estos levantamientos han sido divididos en: Detallados, Semidetallados y de Reconocimientos, de acuerdo al grado de precisión en la definición de los suelos. Los levantamientos Detallados sirven para recomendaciones a nivel parcelario y su cartografía se realiza exclusivamente en el campo, con un alto costo. Los Semidetallados y de Reconocimiento tienen como finalidad el ofrecer una idea muy general de los suelos de una zona dada y su cartografía se efectúa por medio de la interpretación

de fotografías aéreas con un mínimo de trabajo de campo y de costo (20).

La clasificación de las tierras es de vital importancia y puede ser orientada a fines distintos, conforme el criterio o norma que se adopte para la clasificación. La FAO, distingue cinco tipos: a) Clasificación de las tierras por sus características intrínsecas, b) Clasificación de las tierras por su aprovechamiento actual, c) Clasificación de las tierras por sus posibilidades de aprovechamiento, d) Clasificación de tierras por el aprovechamiento recomendado, e) Clasificación de tierras en función de la ejecución de programas (17).

Los suelos son agrupados en clase de aptitud para el riego; teniendo en cuenta que las propiedades físicas de los suelos determinan fundamentalmente la aptitud de los suelos para riego. Las características y propiedades del perfil del suelo que se toman en cuenta son la profundidad efectiva, textura, estructura, porosidad, velocidad de infiltración de agua y consistencia. De las propiedades químicas son tomadas en cuenta para evaluar los suelos para riego, la salinidad y la alcalinidad las cuales tienen importancia fundamental. De las características topográficas que se toman en consideración tenemos la forma del terreno, pendiente y posición (30).

Aunque las influencias económicas y sociales afectan grandemente la explotación de las tierras, se ha llegado a la conclusión, en forma general, de que la clasificación de las tierras debe basarse más bien en las características naturales del te-

rreno. Esto es esencial si la clasificación ha de servir como base para un manejo intensivo que convierta a la tierra en un recurso de producción constante (17).

### 2.3. Clasificación de los suelos según su capacidad para riego

Clasificar la tierra tiene por objeto identificar los cuerpos del suelo y su colocación dentro de clases definidas que varían según sus facilidades de irrigación. Esto incluye una síntesis de las características y cualidades del suelo. Esta síntesis es difícil y compleja y no puede ser excluida en ninguna clasificación bien fundamentada.

Una irrigación eficiente requiere de la combinación correcta de suelo-agua-cultivo-clima y manejo. Esto obliga a conocer bien, suelo por suelo y campo por campo, la profundidad efectiva, la retención de humedad y la capacidad de aprovisionamiento de cada suelo, la permeabilidad, la cantidad y la clase de sales y la cantidad de sodio del suelo, el relieve y gradiente de la superficie del suelo, el cultivo que va a crecer y la calidad del agua.

Las unidades básicas para identificar los suelos de acuerdo con su aptitud o capacidad para la agricultura bajo riego son las clases y las subclases (12).

### 2.3.1. Clases y subclases de tierras

La clase de tierra regable comprende un grupo de suelos que son similares respecto al grado de limitaciones y riesgos para su uso en la agricultura bajo riego. Por otra parte las subclases son agrupaciones dentro de cada clase, en las que se indica el porqué una superficie determinada se considera inferior a la clase I (12). Ver anexo A-1.

El número de las clases en una investigación particular, depende de la diversidad encontrada en las condiciones de la tierra y de otros requisitos establecidos por los objetivos de la investigación, se usan cuatro clases básicas para identificar las tierras de acuerdo con su aptitud al riego; las primeras tres clases son las de mayor aptitud para la agricultura de riego, y la cuarta y sus subclases son de menor aptitud (31). Ver anexo A-2.

### 2.4. El suelo

A diferencia de las rocas, el suelo es la superficie suelta de la tierra. Es un cuerpo naturalmente desarrollado, en que tienen lugar procesos físicos, químicos y biológicos (2).

En general, se puede afirmar que un suelo normal tiene tres fases: sólida, líquida y gaseosa. En condiciones ideales, el 50% de los componentes debe corresponder a la fase sólida, del 15% al 35% a la fase líquida y del 15% al 35% a la gaseosa (12).

La piedra angular o la base de una clasificación, es el suelo que es el medio natural tridimensional en donde se desarro-llan las plantas terrestres aún cuando éstos no tengan horizon-tes o capas definidas en el perfil del suelo.

De acuerdo a las definiciones de la Séptima Aproximación podemos decir que el suelo es el más pequeño volumen que pue-de ser llamado suelo (23).

#### 2.4.1. El perfil del suelo

Una característica común a todos los suelos es la apari-ción de distintas capas, desde la superficie hacia abajo. La sección vertical del suelo, se conoce con el nombre de perfil. La capa más superficial tiene más materia orgánica, y por tan-to más color, que la capa siguiente; se denomina horizonte A o suelo superior. Por debajo de esta capa existe otra que pue-de contener más arcilla que el suelo superior y puede ser bas-tante distinta en color; se denomina horizonte B o subsuelo. Estos dos suelos constituyen el Solum.

El espesor de un suelo, es una característica que está aso-ciada con la acumulación de materia orgánica. Como regla gene-ral se puede reconocer el estado de desarrollo de un suelo por medición del espesor en que se ha acumulado la materia orgáni-ca. Por debajo del solum se encuentra un material primario, que se conoce con el nombre de horizonte C. En conjunto los ho-rizontes A, B y C constituyen el perfil del suelo (27).

Desde el punto de vista morfológico, el suelo está compuesto por una serie de horizontes. Estos son capas que varían en espesor, diferenciación y carácter y que tienen una orientación casi paralela a la superficie del suelo. En conjunto forman el perfil del suelo. Cada suelo contiene uno o más horizontes pero no tienen porqué contenerlos todos (3).

#### 2.4.2. Propiedades físicas de los suelos

Los suelos están clasificados y marcados en los mapas de acuerdo a sus características físicas, que se reconocen por simple inspección visual. Muchas propiedades químicas vienen reflejadas por las propiedades físicas, que determinan por otra parte, casi totalmente, su capacidad productiva. Las relaciones de aireación y humedad, así como la zona de penetración de las raíces, son funciones de la configuración del perfil (1).

##### 2.4.2.1. Toma de muestras

La toma de muestras del suelo constituye una actividad importante, tanto para las propiedades físicas como para las químicas. El resultado de un análisis, por mucho cuidado que se ponga en su realización y muy costosos que sean los aparatos que se usen en él, no sirve para nada, si ha sido realizado sobre una muestra que no es representativa.

En vista de la variabilidad de los mismos, es imposible dar

un único método de toma de muestras que tenga validéz general, y los detalles acerca del modo de realizarla vienen regidos por el fin a que dediquemos esta muestra. Sin embargo hay algunas consideraciones que debemos procurar siempre tener en cuenta al tomar muestras. Una de ellas es la variación que experimenta el suelo, no sólo con respecto al sitio elegido en relación a otro más próximo, sino también, dentro del mismo sitio, con la profundidad a que escojamos la muestra dentro del perfil. El muestreo de perfiles de suelos debe realizarse con gran cuidado, puesto que estas muestras van a servir para clasificar al mismo. Se recomienda tomar muestras del perfil tan profundas como sea posible, incluyendo todas las capas del suelo y subsuelo hasta la roca madre no meteorizada (10).

#### 2.4.2.2. Textura \*

La textura específicamente se refiere a la proporción relativa de los tamaños de varios grupos de partículas de un suelo.

Esta propiedad adquiere tanta importancia, que se le ha considerado como propiedad fundamental del suelo que determina, en alto grado, su valor económico (1).

En el suelo se presentan diversas combinaciones de arena, limo y arcilla y la proporción relativa de cada una de ellas, define la textura del mismo. La textura es de importancia fundamental ya que condiciona la capacidad de transmisión del a-

gua, a través del perfil del suelo. Muchas de las propiedades físico-químicas del suelo, están relacionadas con el tipo de textura; se ha establecido que, mientras más finas sean las partículas del suelo, mayor es la capacidad de retención de agua, el tamaño de los poros es más pequeño y disminuye la velocidad de infiltración del agua (13).

#### 2.4.2.3. Estructura

La estructura hace referencia a la ordenación de las partículas en el suelo. Si el suelo es rico en arena y limo no existe una ordenación estructural, debido a la ausencia de las propiedades aglutinantes que le proporciona la arcilla. Una estructura bien desarrollada indica la presencia de arcilla (27).

La estructura de un suelo, está definida por la forma en que se agrupan las partículas elementales que lo constituyen. La estructura tiene un gran efecto sobre ciertas propiedades físicas de los suelos, tales como su grado de erodabilidad, porcentaje de porosidad, velocidad de infiltración del agua y la capacidad de retención de humedad (13).

#### 2.4.2.4. Densidad y porosidad

Como todos los cuerpos porosos, el suelo presenta dos densidades; una densidad real correspondiente a la de sus elemen-

tos constituyentes y que es constante; y una densidad aparente que tiene en cuenta los vacíos existentes entre esos elementos y que cambia según el grado de agrietamiento o de apelmazado.

- Densidad aparente

Es interesante conocerla, pues comparada con la densidad real, permite deducir la proporción de los vacíos o porosidad. Para ser correcta su medición debe efectuarse sobre una muestra de suelo que presente la estructura que tiene en su lugar (sin disturbar) y que se debe procurar respetar.

- Densidad real

Se mide por medio de métodos convenientes para los cuerpos de esta naturaleza. Varía, evidentemente, con la proporción de los elementos constituyentes; es aproximadamente igual a la densidad de la sílice que es de 2.6 ó de los feldespatos que es de 2.7.

- Porosidad

La porosidad representa la proporción del volumen del suelo en su lugar no está ocupado por la fase sólida, es el conjunto de los vacíos del suelo, o también es el espacio lagunar (11).

Densidad aparente de algunos suelos

<u>Textura del suelo</u>	<u>Densidad aparente gr/cc</u>		
	Mínima	Media	Máxima
Arenoso	1.55	1.65	1.80
Areno Francoso	1.50	1.55	1.65
Franco-arenoso	1.40	1.50	1.60
Franco	1.35	1.40	1.50
Franco-limoso	1.32	1.37	1.45
Franco-arcilloso	1.30	1.35	1.40
Limoso	1.25	1.30	1.35
Arcilloso-arenoso	1.25	1.30	1.35
Franco arcillo limoso	1.20	1.25	1.30
Arcillo limoso	1.20	1.25	1.30
Arcilloso	1.10	1.15	1.20

(11).

2.4.2.5. Infiltración

La infiltración es el flujo de agua de la superficie del suelo hacia abajo, primero en la zona de raíces, y después en el subsuelo. La cantidad de agua que se filtra en el suelo, depende de la velocidad de infiltración y del tiempo disponible para este proceso.

La velocidad de infiltración depende principalmente de la porosidad y permeabilidad del suelo. A su vez, ésta depende

de la estructura del suelo y, por lo tanto, de su textura, su contenido de materia orgánica y de la labranza. La velocidad de infiltración alcanza hasta 25cm/hora en los suelos arenosos; hasta 10cm/hora en los suelos francos y hasta 2.5cm/hora en los suelos arcillosos. Ver Cuadro adjunto (9).

La velocidad de infiltración es el fenómeno por medio del cual el volumen de agua aplicado al suelo, se introduce a éste a través de los poros, para quedar almacenada el agua en el perfil del suelo, a disponibilidad de las plantas. Físicamente se expresa como el volumen de agua que penetra al suelo por unidad de área de suelo en la unidad de tiempo, es decir:

$$I = \frac{V_a}{A \times T} \text{ (cm/hora) } \quad (13).$$

La cantidad de agua que se infiltra en un suelo, en una unidad de tiempo, bajo condiciones de campo, disminuye conforme aumenta la cantidad de agua que ya ha entrado en él.

La cantidad de agua que se infiltra en un suelo, en un intervalo de tiempo, es máxima al comenzar la aplicación en el suelo. Después de un largo tiempo, la velocidad con que el agua entra se acerca a un valor constante (12).

Rangos de velocidad de infiltración según clase textural

Clase textural	Velocidad de infiltración en cm/hora	
	Mínima	Máxima
C	0,10	0,25
Cl y CA	0,25	0,50
FC y FCL	0,50	1,00
FCA	0,75	1,50
L, FL y F	1,25	1,75
FA	<del>1,75</del>	<u>2,50</u>
AF	2,50	5,00
A fino	5,00	

(13).

2.4.2.6. Permeabilidad

Cualitativamente, la permeabilidad del suelo se refiere a la facilidad con que éste deja pasar el agua. Se mide por la rapidéz de filtración del agua a través del suelo. Se trata, pues, de un movimiento del agua llamado "per descensum" y regido por la gravedad (22).

La destrucción de los agregados del suelos durante el riego, reduce su permeabilidad y propicia la formación de costras. Las costras de los suelos retardan la aireación del suelo, obstaculizando el brote de las plántulas, y trastornan las funciones normales de las raíces de las plantas (28).

Clases de permeabilidad de perfiles de suelo.

Clase	Conductividad Hidráulica (cm/hora)
-------	---------------------------------------

LENTA:

- |              |               |
|--------------|---------------|
| 1. Muy lenta | Menor de 0,13 |
| 2. Lenta     | 0,13 - 0,51   |

MODERADA:

- |                         |             |
|-------------------------|-------------|
| 3. Moderadamente lenta  | 0,51 - 2,0  |
| 4. Moderada             | 2,00 - 6,3  |
| 5. Moderadamente rápida | 6,30 - 12,7 |

RAPIDA:

- |               |               |
|---------------|---------------|
| 6. Rápida     | 12,7 - 25,4   |
| 7. Muy rápida | Mayor de 25,4 |

(29).

2.4.2.7. Plasticidad

Existen suelos que al ser remodelados, cambian su contenido de agua si es necesario, adoptan una consistencia característica, que desde épocas antiguas se ha denominado plástica. Estos suelos han sido llamados arcillosos.

La plasticidad es, en este sentido, una propiedad tan evidente que ha servido para clasificar suelos en forma puramente descriptiva. Existe una relación específica entre la plasticidad y las propiedades físico-químicas determinantes del comportamiento mecánico de las arcillas (16).

La plasticidad es una forma de consistencia. Es la capacidad del suelo para ser moldeado sin romperse en donde suelos con menos del 14 al 16% de arcilla no presenta plasticidad a ningún contenido de humedad (12).

La consistencia del suelo comprende los atributos del material del suelo que están expresados en su grado y clase de cohesión y adhesión o en su resistencia a la deformación o ruptura.

Los fenómenos causados por la consistencia del suelo son: Friabilidad, plasticidad, pegajocidad y resistencia a la compresión y a las rupturas. Las dos fuerzas principales causantes de la consistencia es la atracción molecular (cohesión) y la tensión superficial (adhesión), ver su comportamiento con los efectos de humedad del suelo en la figura 1.

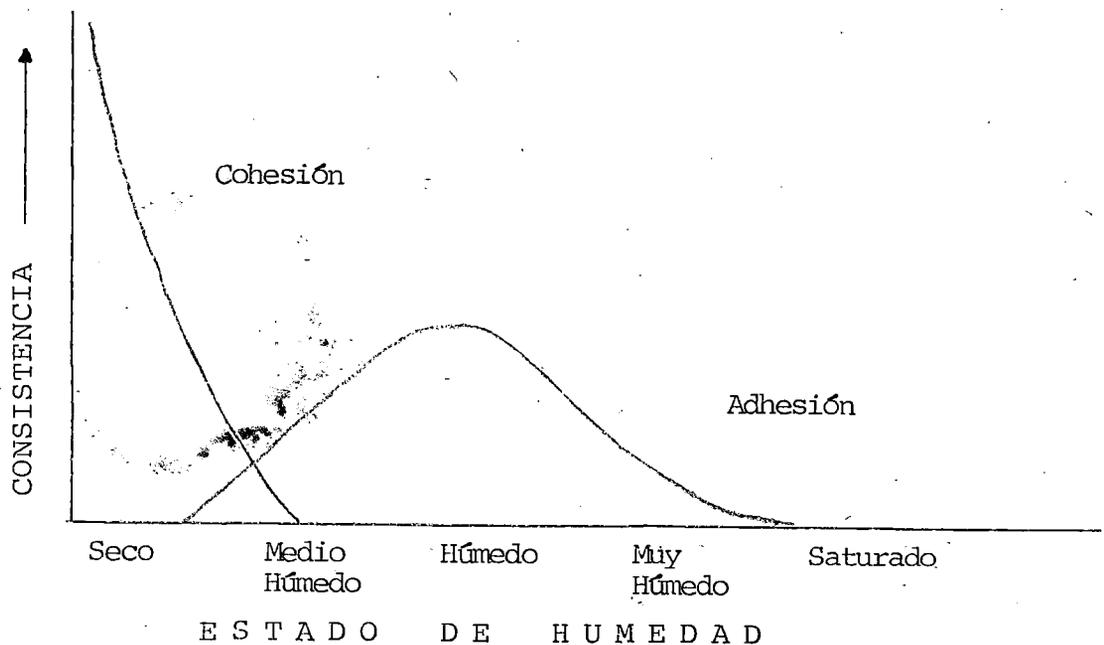


Figura 1. Efectos de humedad sobre la adhesión y cohesión del suelo.

#### 2.4.2.8. Capacidad de campo

Esta característica de humedad del suelo tiene su origen en la física de los suelos; la cual representa el contenido de humedad del suelo, cuando el agua que éste contiene deja de fluir por acción de la gravedad. Generalmente, esto se consigue dos días después de haber efectuado un buen riego y que las condiciones del perfil del suelo permitan un buen drenaje interno. La succión con que el agua es retenida por el suelo varía entre 1/10 y 1/3 de atmósfera (16).

Es un contenido de agua único, que un suelo alcanza y mantiene; luego que ha sido completamente humedecido y permitido que drene libremente durante uno o dos días (20).

#### 2.4.2.9. Punto de marchitez permanente

Esta característica de humedad tiene su origen en la fisiología de la planta y que representa el límite mínimo de humedad del suelo, por debajo del cual las plantas no pueden obtener el agua del suelo para desarrollarse normalmente. La magnitud de la succión con que el agua es retenida por el suelo en el punto de marchitez es equivalente a unas 15 atmósferas (13).

El porcentaje a punto de marchitez permanente, es el contenido de agua que un suelo alcanza en el momento que la extracción por las plantas ha cesado.

En consecuencia, el punto de marchitez permanente es un

concepto idealizado que se basa en el supuesto que por debajo de un cierto contenido de agua, las plantas van a marchitar y no se van a recobrar (15).

#### 2.4.2.10. Saturación del suelo y extracto de saturación

La saturación del suelo con agua se alcanza cuando todos los poros están llenos de agua. Para evitar efectos estructurales y el error por aire acumulado en los poros, la muestra se amasa con agua, agitándola y homogenizándola con una espátula. La solución extraída al vacío se llama extracto de saturación, o extracto saturado, y se utiliza para evaluar la salinidad y la sodicidad (22).

#### 2.4.3. Propiedades químicas del suelo

##### 2.4.3.1. Salinización

Este es el proceso de la acumulación de sal en los suelos. Se produce cuando no se drenan satisfactoriamente las aguas superficiales y las subterráneas. La sal se concentra por la evaporación del agua. En las primeras etapas de salinización predominan las sales de sodio generalmente. El carbonato y el sulfato de calcio son menos solubles, por lo que se acumulan más despacio y luego se precipitan al proseguir los procesos

de evaporación y de concentración (27).

El contenido de sales de un suelo, se puede estimar en forma aproximada de una medición de la conductividad eléctrica en un extracto saturado.

Cuando se investiga la salinidad del suelo con relación al desarrollo de las plantas, es preferible usar la conductividad eléctrica del extracto de saturación como un medio para evaluar salinidad, ya que el resultado puede relacionarse más fácilmente con las respuestas de las plantas (22).

#### 2.4.3.2. Acidez

La acidez de los suelos (pH) está asociado con la presencia de hidrógeno y aluminio en forma intercambiable. La acidez del suelo comprende aspectos de intensidad y de cantidad. El primero se caracteriza por la actividad del ión hidrógeno, que se expresa como pH, y , el segundo, sea en forma directa o indirecta, por la cantidad de álcali necesario para titular el suelo hasta un punto final arbitrariamente establecido. En la actualidad se considera que la capacidad de intercambio catiónico varía según el valor de pH (3).

#### 2.4.3.3. Intercambio catiónico

Los cristales de arcilla tienen la facilidad de cambiar los cationes absorbidos en su película superficial; en verdad

lo que ocurre es un intercambio de cationes entre el agua y las películas absorbidas por las partículas, algunas veces en reacción rápida. Los cationes intercambiables más usuales son:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{H}^+$  y  $(\text{NH}_4)^+$ .

Las caolinitas son menos susceptibles de intercambiar sus cationes que las montmorillonitas y las ilitas poseen la propiedad en grado intermedio.

La capacidad de intercambio catiónico crece con el grado de acidez de los cristales, es decir es mayor si el pH del suelo es menor; la actividad catiónica se hace notable, en general para valores de pH menores que 7 (5).

La distribución de la capacidad de intercambio catiónico de las distintas capas de perfil del suelo, generalmente va de mayor en su primer estrato, siguiendo una descendencia debida a la disminución de la cantidad de materia orgánica presente en los estratos, y además, del tipo de arcilla que contenga el perfil (22).

#### 2.4.3.4. Sodio intercambiable

El  $\text{Ca}^{++}$  y, en menor grado el  $\text{Mg}^{++}$ , inducen la floculación de la arcilla y, al mismo tiempo, son importantes en la nutrición y en proporcionar al suelo una reacción favorable para el crecimiento de raíces y microorganismos, por otro lado, el  $\text{Na}^+$  tiende a deflocular, es decir a separar o romper coloides de arcillas y a crear una reacción en la que muchos de los nutrien

tes presentes no pueden aprovecharse y, por lo tanto, disminuye el crecimiento de raíces y microorganismos, causando una mala aireación.

Si el porcentaje de sodio cambiabile es de 15% o más y la conductividad del extracto de saturación es menor de 4 milimohs/cm, el suelo se denomina no salino-alcalino o sódico. Estos suelos tienen un pH alto, son impermeables al agua y al aire, tienen una fuerte tendencia a amasarse, y una capacidad estructural deficiente. Generalmente, son suelos de color negro porque los coloides orgánicos son solubles y se acumulan en forma de costra en la superficie (18). Ver anexo A-3.

#### 2.4.3.5. Alcalinización

Al acumularse las sales en los suelos, existe un equilibrio establecido entre los iones cargados positivamente en solución y los absorbidos en los coloides del suelo. Como las sales de sodio se concentran más en la solución del suelo, se absorben mayores cantidades. Al aumentar el porcentaje de sodio intercambiable, el suelo adquiere una reacción más alcalina, y por esta razón se llama al proceso Alcalinización (28).

#### 2.4.4. Suelos salinos y sódicos o alcalinos

Se dice que un suelo es salino cuando contiene exceso de sales solubles y sódico cuando contiene exceso de sodio. El exce

so de sales solubles y sodio ejercen gran influencia negativa en crecimiento vegetal y, en muchos suelos, la producción agrícola se ve limitada por los efectos perjudiciales que derivan de estas condiciones. Según su contenido de sales los suelos se clasifican en cuatro categorías:

Suelo	Conductividad eléctrica (mmhos/cm)	% de sodio intercambiable
Salinos no sódicos	> 4	< 15
Salinos sódicos	> 4	> 15
Sódicos no salinos	< 4	> 15
No sódicos no salinos	< 4	< 15

(3).

## 2.5. Topografía

El factor topografía en la clasificación de la tierra refleja la necesidad y el costo de desarrollo de la tierra; la facilidad o dificultad en hacer llegar el agua y aplicarla a la tierra cultivada; la correlación de este factor con el grado de aptitud, obliga a considerar los tres factores topográficos importantes: Pendiente, relieve y posición.

### 2.5.1. Pendiente

Las tierras que no tienen una pendiente general uniforme, o

tienen muy poca pendiente, generalmente son afectadas por mal drenaje, a menos que tengan condiciones que les den un buen drenaje interno (31).

Es el porcentaje de inclinación o gradiente y es el ascenso o descenso vertical por cada cien unidades de distancia horizontal. Así, una pendiente de 2.5%, significa que hay una diferencia de elevación de 2.5 m por cada 100 m de distancia horizontal (4).

#### 2.5.2. Relieve

El relieve de la superficie terrestre interviene en la formación de los suelos a través de su influencia en el movimiento transversal y lateral del agua (25).

#### 2.5.3. Posición

Es considerado el factor posición cuando las tierras están aisladas, o son altas o bajas, lo cual trae por resultado un aumento en los costos de desarrollo o en los de operación. El grado de aptitud de una parcela puede estar relacionada con las dificultades para hacerle llegar el riego y con las posibilidades de operación de la maquinaria agrícola (31).

#### 2.5.4. Tamaño y forma

El tamaño y forma de las áreas se consideran en la medida en que la extensión, configuración y localización de la parcela, determinan que pueda ser trabajada como un campo uniforme, para regar eficientemente y obtener beneficios de acuerdo con la clase indicada de tierra (31).

#### 2.5.5. Cobertura

La cobertura de la superficie comprende la vegetación o roca; pero hay casos en que las tierras presentan una cobertura eliminada; sin embargo si la cobertura no ha sido removida en el momento de la clasificación, se tomará como factor para la determinación de la clase (31).

#### 2.6. Drenaje

Es necesario el intercambio de gases entre el ambiente aéreo interno del suelo y el aire atmosférico para que el crecimiento de las raíces y las actividades biológicas dispongan del ambiente gaseoso adecuado. Si el espacio de poros del suelo se llena de agua, el intercambio gaseoso no puede realizarse.

La falta de aireación impide la actividad biológica; la descomposición de la materia orgánica se retarda y la tasa de

mineralización de los compuestos orgánicos de nitrógeno disminuye. Algunos organismos patógenos se hacen más activos en condiciones anaeróbicas, lo cual agrava los problemas de las enfermedades que provienen del suelo. En consecuencia, los suelos mal drenados, con bajas temperaturas, afectan los procesos de nutrición y retardan la germinación de las semillas.

Además de los efectos del exceso de agua en la aireación y en la temperatura del suelo, los suelos húmedos son fácilmente compactados por el tránsito de maquinaria y animales. Esta compactación aumenta la densidad global del suelo (19).

#### 2.6.1. Drenaje de suelos agrícolas

El drenaje de tierras agrícolas, quita el exceso de agua superficial de una zona, o de parte de ella; o bien, hace descender el nivel del agua del subsuelo, por debajo de la zona de raíces de las plantas.

También el drenaje reduce la acumulación de sales del suelo, ayudando a mejorar el crecimiento de las plantas, ya que estas sales se disuelven con el agua, que a su vez descienden al producirse el drenaje, arrastrando estas sales hasta niveles de profundidad, dentro del suelo, que no limitan el desarrollo de los vegetales (14).

### 2.6.2. Apreciación visual del mal drenaje en el perfil del suelo

Sabemos que el mal drenaje es limitante de la profundidad de un suelo, al igual que la roca, ya que las raíces de las plantas crecen normalmente en un suelo libre de agua. El suelo que presenta mal drenaje permanente, o sea, con agua durante todo el año, es de color gris, debido al óxido ferroso. El suelo con buen drenaje y por lo tanto, con buena aireación, es de color café rojizo, debido al óxido férrico. Los moteados (perfil de color café rojizo con pequeñas manchas de color gris y amarillo) del suelo indica, que en alguna época del año, existe un período de mal drenaje, aún cuando al momento de ver el perfil del suelo, no se encuentre agua presente en esa zona. Además indica la profundidad efectiva del suelo, desde el punto de vista de adaptación de plantas de arraigamiento profundo. Considerando lo anterior se tienen los grupos de drenaje rápido (suelos arenosos); normal (suelos libres de moteos hasta 60 cm de profundidad); pobre (suelo sin problema hasta 30 cm de la superficie) y muy pobre con moteados hasta la superficie del suelo (21).

### 2.7. El agua en el suelo

El suelo actúa como absorbente del agua que proviene de las precipitaciones o del riego y, luego, sirve como fuente a

las plantas hasta tanto no reciban cantidades adicionales del agua. Los suelos tienen una capacidad de retención tal que les permite suministrar agua durante mucho tiempo a las plantas que tienen un sistema radicular profundo. Sin embargo, en la mayoría de cultivos agrícolas, la capacidad de retención de los suelos en la zona radicular no alcanza a cubrir las necesidades de agua de una estación y se necesitan, por lo tanto, reabastecimientos periódicos a medida que la planta crece. La retención y el desplazamiento del agua en los suelos constituyen dos de los aspectos principales de la física de suelos (3).

En el planteamiento de los sistemas de riego, se debe prestar mucha atención, a la capacidad de almacenamiento de agua de los suelos; a la velocidad de infiltración de agua, a la profundidad del desarrollo de las raíces y a la cantidad de agua que las plantas consumen, para desarrollarse en condiciones óptimas (2).

#### 2.7.1. Importancia de agua - suelo

El agua es el factor esencial para la vida. Las necesidades del hombre para su consumo directo, a fin de asegurar su simple existencia, constituyen, sin embargo, solamente un pequeño porcentaje de las necesidades totales.

El agua ejerce su principal control sobre los destinos del hombre en combinación con el suelo. Son éstos los recursos

gos:

- a) La concentración total de sales solubles
- b) La concentración de sodio y la proporción del sodio al calcio más el magnesio,
- c) La concentración de bicarbonato y la presencia de elementos menos importantes tales como el Boro, en cantidades que puede ser tóxico.

El contenido de sal de la mayoría de las agua de riego varía de 70 a 3500 ppm.

La variación de la concentración de sal en el agua de suelo bombeada de los pozos puede ser mucho mayor que la de las aguas superficiales..

El agua de pozos cercanos puede ser diferente en concentraciones de sales y en su composición.

La salinización de la tierra afecta al crecimiento de las plantas de cosecha, de tal forma que existe una disminución en la cantidad de agua absorbida por las raíces. Esto se dá porque los contínuos riegos con agua salada, producen un aumento progresivo de la presion osmótica de la solución de la tierra.

Cuando el agua de riego que contiene residuos de carbonato de sodio se evapora en la tierra, se precipitan los carbonatos de calcio y magnesio y aumenta el porcentaje de sodio en la solución de la tierra (5).

Condiciones químicas que debe cumplir el agua para riego

Conductividad eléctrica	3.6 mmhos/cm
pH	7.08
CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0 mg/lit.
CO <sub>3</sub> H	2.55 mg/lit.
Cl	1.02 mg/lit.
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	0.38 mg/lit.
Na <sup>+</sup>	0.696 mg/lit.
K <sup>+</sup>	0.156 mg/lit.
Ca <sup>++</sup>	1.83 mg/lit.
Mg <sup>++</sup>	1.41 mg/lit.
B	0.0 ppm (22).

2.7.3. Clasificación de aguas para riego

El diagrama para la clasificación de agua para riego está basado en la conductividad eléctrica en micromhos por centímetro y en la relación de absorción de sodio. La interpretación y significado de las clases por calidad en el diagrama se presentan en el Anexo A-4, A-5 (22).

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Generalidades

##### - Localización del estudio.

El estudio se realizó en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, localizado en el Cantón Tecualuya, jurisdicción de San Luis Talpa, en el departamento de La Paz, a 36 Km de San Salvador, siendo sus coordenadas geográficas  $13^{\circ}28'3''$  latitud Norte,  $89^{\circ}05.8''$  longitud Oeste; coordenadas planas; 261.5 km Latitud Norte, 489.6 km longitud Oeste y una elevación de 50 m.s.n.m. Ver figura 2.

#### 3.2. Características del lugar

##### - Clima.

De acuerdo al sistema de clasificación de las zonas de vida del Dr. L.H. Holdrige, se encuentra la siguiente zona: bh-S(c) bosque húmedo sub-tropical.

Según la clasificación climática de Koppen, Sapper y Laver, la estación experimental se encuentra en la zona Clima propia de las sabanas tropicales calientes o tierra caliente, la clasificación es Awaig (7).

##### - Temperatura (°C)

La temperatura promedio anual es de  $26.5^{\circ}\text{C}$ , registrando

# INDICE DE CUADRANTES

EL SALVADOR

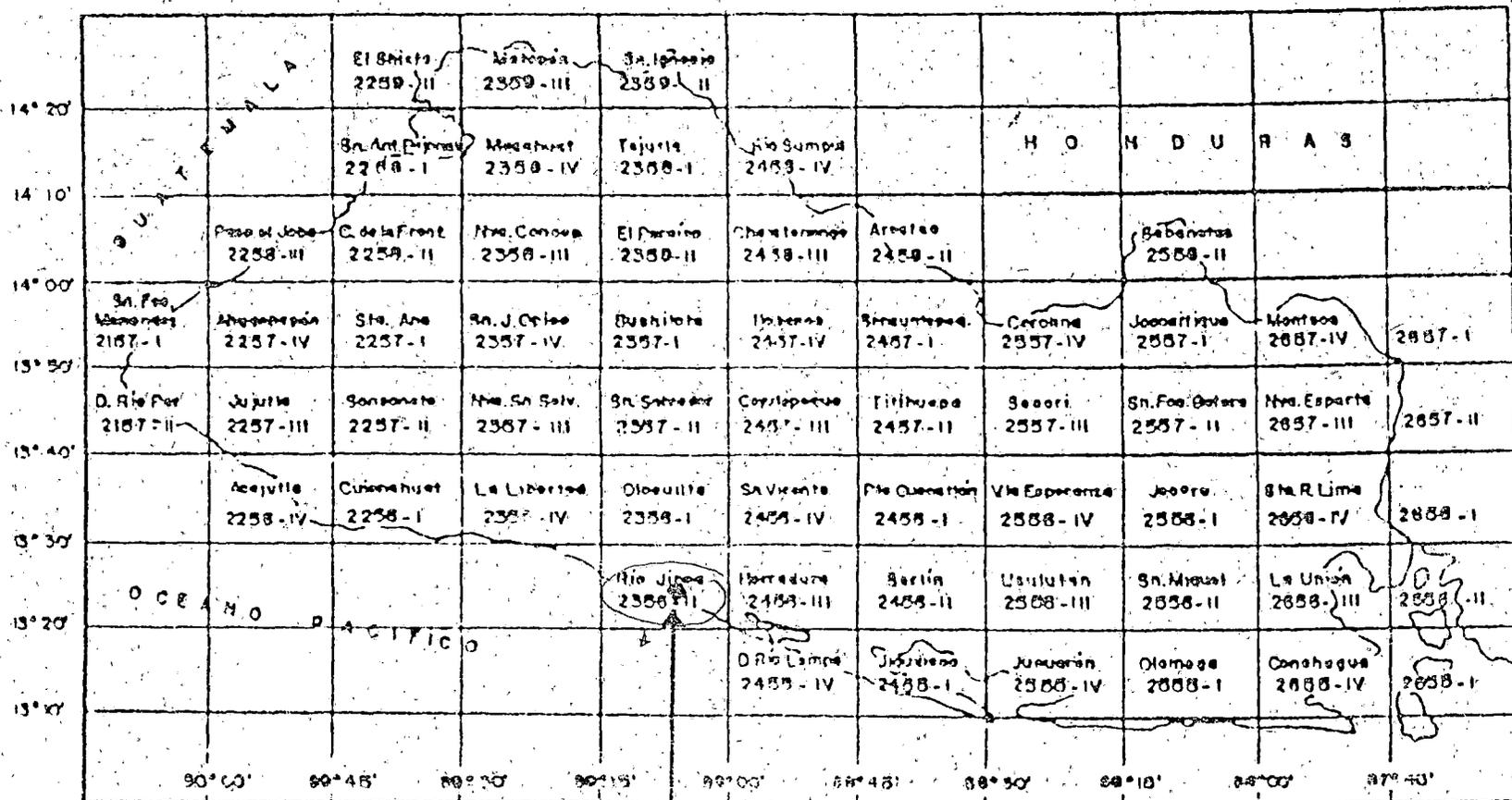


Figura 2. Estación Experimental.

se la máxima mensual en los meses de febrero a abril (34.2°C) y la mínima media mensual en los meses de noviembre a febrero (21.4°C) (7).

- Humedad relativa (%)

La humedad relativa promedio mensual es de 74%; registrándose la mínima en el mes de febrero (63%) y la máxima en septiembre (84%) (7).

- Precipitación (mm)

La suma anual de precipitación promedio es de 1723 mm; la mayor parte de este aporte total es debido a los meses de mayo hasta octubre, en los cuales se limita la época lluviosa. En el resto del año las precipitaciones son menores de 52 mm mensuales (7).

- Viento (Km/hora)

La velocidad promedio del viento es de 1.7 en la escala de Beaufort que corresponde de 6 a 11 Km/hora. Las ráfagas máximas se registran en los meses de diciembre a enero, y las mínimas en junio (7).

- Evaporación (mm)

La evaporación anual media en tanque clase A, es de 2312 mm, observándose las mayores pérdidas de agua evaporada en los meses de diciembre hasta abril (7).

- Suelos

De acuerdo con el estudio semi-detallado de suelos de la Estación Experimental "La Providencia", realizado por el Departamento de Suelos de la Facultad de Ciencias Agronómicas

de la Universidad de El Salvador en el año de 1975; se diferenciaron básicamente tres grandes grupos de suelo: a) Aluviales, b) Regosoles, c) Litosoles. Dicho estudio se basa en la antigua clasificación de suelos de Estados Unidos del año 1949 y modificada por Thorp y Smith, y en la taxonomía americana (1975) son agrupados en el orden Entisol.

La topografía predominante es plana a ligeramente inclinada, encontrándose también ondulada a alomada (7).

### 3.3. Metodología METODOLOGIA

El método utilizado para la clasificación de tierras con fines de riego de la Estación Experimental y de Prácticas, es el método de Levantamiento Detallado, el cual es desarrollado en tres fases correlativas: La fase de pre-campo, la fase de campo y la fase de laboratorio (34).

#### 3.3.1. Fase de pre-campo

Para esta clasificación se tomó como base el estudio semi detallado de suelos de la Estación Experimental, elaborado por el Departamento de Suelos de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, en el año de 1975. En dicho estudio se establecieron catorce unidades de suelo, las cuales se presentan en el mapa de la Figura 3. Anexo A-19.

Tomando como punto de partida dicho mapa; fue necesario

estudiar y comprender cada una de las unidades de suelo. Sin embargo, esto no fue suficiente para continuar con la clasificación sino hasta confirmar y verificar directamente en el campo cada una de las unidades y poder delimitarla geográficamente su forma, su tamaño y por último su verdadera existencia. Para realizar esta comprobación, se localizaron una serie de puntos en cada una de las unidades en el mapa, como se muestra en la Figura 3. En donde cada punto corresponde a un sondeo (barrenación) directamente en el campo a una profundidad de 1,50 m.

### 3.3.2. Fase de campo

En esta fase se realizaron todas aquellas actividades que tienen relación directa con el campo, las cuales son descritas a continuación.

#### 3.3.2.1. Comprobación de las unidades de suelo

Utilizando el mapa de las unidades de suelo elaborado por el Departamento de Suelos y los puntos localizados en el mismo -considerados éstos como puntos de sondeos- y sobrepuestos en un mapa topográfico de escala 1:4000 de la misma Estación Experimental; se procedió a la perforación respectiva de cada uno de los puntos en el lugar definido por cada punto. Estas perforaciones fueron realizadas utilizando un barreno extensible con

una capacidad de perforar a una profundidad de 1,50 m o más.

Las características físicas observadas y anotadas en el momento de la perforación fueron color, textura al tacto, espesor de horizontes y profundidad efectiva.

Después de haber realizado todos los sondeos y anotadas sus características físicas, se interpretó y se comparó cada uno de los resultados con los demás obtenidos en la misma unidad de suelos y así sucesivamente para las demás unidades. Lográndose al final comprobar, la verdadera existencia de las unidades de suelo presentadas en dicho mapa, así como sus límites y tamaño.

Una vez comprobada la existencia de las unidades de suelo; se procedió a la selección y establecimiento de un sitio, que fuere representativo como patrón de cada unidad de suelo, el cual fue considerado como el sitio fundamental para la perforación de la calicata.

3.3.2.2. Establecimiento del sitio correspondiente al patrón de la unidad de suelo (sitio de la calicata)

Para el establecimiento de estos sitios, se analizaron todas y cada una de las unidades de suelo anteriormente verificadas; luego se agruparon todas aquellas bajo condiciones semejantes, escojiéndose la más representativa en la cual se estableció el sitio que representaría el lugar de excavación de la calicata.

Para aquellas unidades de suelo con algunas diferencias en determinadas características, la escogitación se realizó en base a su representatividad y a su mayor vocación agrícola. Ver sitios de calicatas en la Figura 3. Anexo A-19.

### 3.3.2.3. Apertura de calicatas

Una calicata, es una excavación que para su construcción; es necesario delimitar el área correspondiente a las dimensiones de su forma rectangular. Siendo éstas de 2 m de largo, 1,25 m de ancho y 1,5 de profundidad. Se orientaron de tal forma que su longitud (2 m) quedará de norte a sur y su ancho (1,25 m) de este a oeste, con la finalidad de que la luz solar permitiera distinguir con facilidad las características internas del perfil y la distribución de horizontes contenidos en él.

Para la excavación de la calicata se utilizó cinta métrica, cuatro estacas de 0,75 m de alto por 0,05 m de diámetro, picos, palas y machete. Este último se utilizó para pulir los cuatro lados o perfiles de la calicata, con la finalidad de poder apreciar mejor el lado o perfil más representativo de la misma. Ver calicata tipo en la Figura 4.

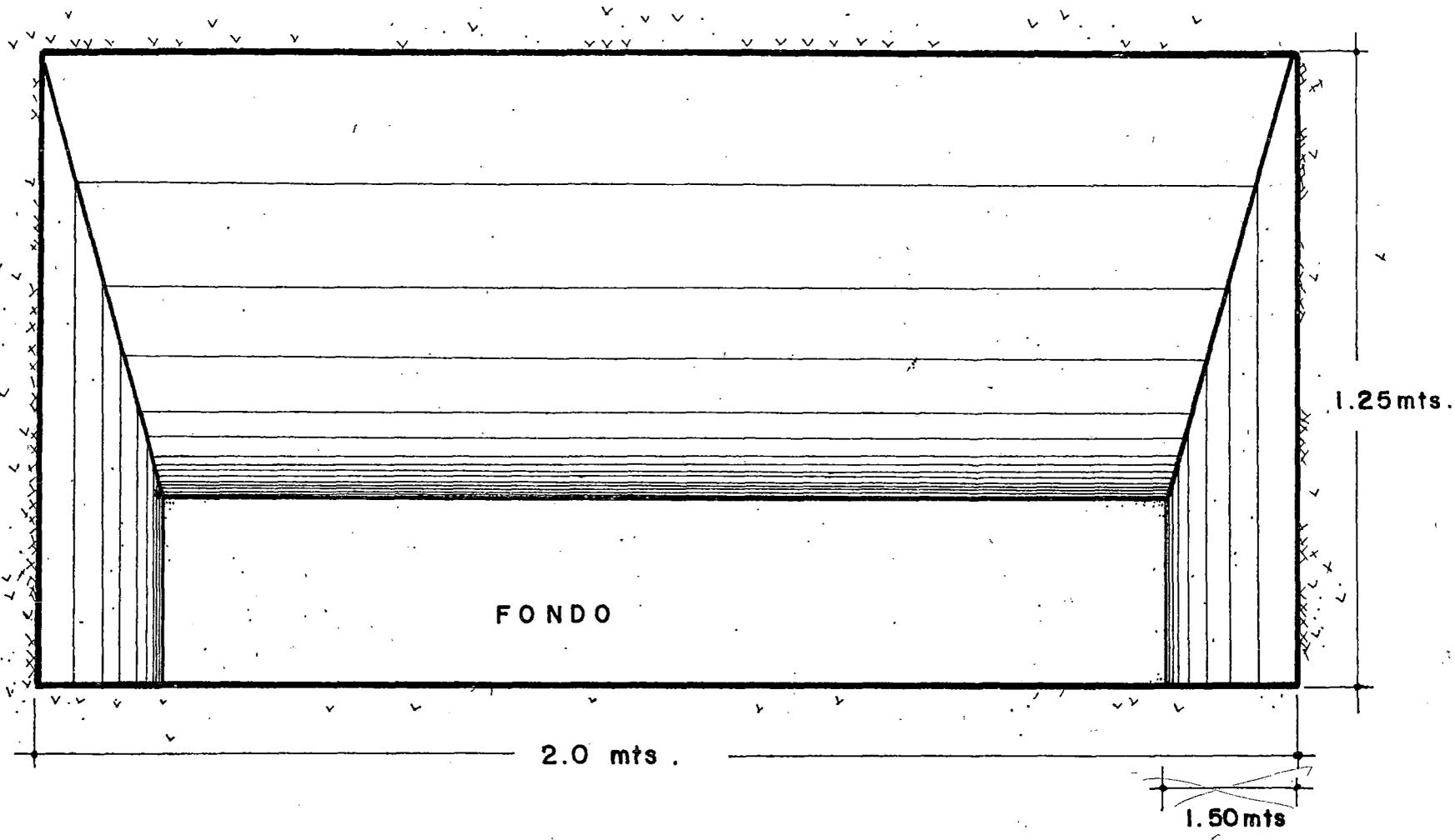


FIGURA 4. Vista en Planta de un perfil tipo de una Calicata y sus dimensiones

3.3.2.4. Descripción del sitio y del perfil respectivo

a) Las características tomadas en la descripción del lugar fueron las siguientes: cobertura vegetal, relieve, pendiente, posición, drenaje externo, grado de erosión, inundaciones y presencia de sales o moteos en la superficie.

b) Luego, se procedió a la descripción de las características internas del perfil, dichas características fueron: número de horizontes, profundidad o espesor de cada horizonte, textura al tacto, estructura, consistencia, plasticidad, presencia de raíces, estado de humedad del perfil, profundidad efectiva, drenaje interno del perfil, presencia de moteos o formaciones especiales y color de los horizontes.

3.3.2.5. Recolección de muestras de suelo en el perfil

Las muestras fueron tomadas inmediatamente después de descrito el perfil, siendo necesario para la toma de muestras de suelo el siguiente material: cinta métrica, cuchillo, palines, muestreador Uhland, cilindros galvanizados de 5,08 cm de diámetros por 8 cm de alto, viñetas, bolsas plásticas y lápiz para las anotaciones en las viñetas.

El muestreo de estos perfiles se realizó con gran cuidado, puesto que estas muestras serían utilizadas para la clasifica-

ción del mismo. La toma de muestras se dividió en dos tomas de muestras debido a las determinaciones físicas y químicas a realizarse en el laboratorio, para lo cual era necesario dos muestras del mismo estrato.

Para las muestras tomadas con fines de análisis físicos; el muestreo se realizó en cada uno de los estratos comprendidos en el perfil a la profundidad de 1,5 m. Mientras que para las muestras tomadas con fines de análisis químicos, se realizó en cada estrato comprendido en la profundidad de 1,00 m con excepción de las muestras de fertilidad. Luego, todas las muestras fueron identificadas (enviñetadas) y posteriormente llevadas al laboratorio de física y química de suelos del Centro de Tecnología Agrícola (CENTA).

#### 3.3.2.6. Recolección de muestras de agua

Las cuatro fuentes de agua con que cuenta la Estación Experimental y de Prácticas son: El agua del pozo profundo del lote la bomba (agua actualmente utilizada para riego); el agua del río Cacapa que atraviesa a la estación al noreste (agua sin utilizarse); el agua de la laguna artificial al noroeste del casco de la estación (agua estancada y sin utilizarse); el agua del pozo profundo del lote el mango (agua retenida y sin utilizarse). De cada una de estas aguas, se tomó una muestra de un litro en un frasco plástico, identificando cada una con una viñeta en la cual se anotaba la fecha en que se tomaba la

muestra, lugar de origen y temperatura, luego estas muestras eran llevadas de inmediato al laboratorio de Química Agrícola del Centro de Tecnología Agrícola (CENTA); para sus respectivos análisis.

#### 3.3.2.7. Pruebas de campo

Se realizaron dos pruebas directamente en el campo, la medida de la velocidad de infiltración y la prueba de permeabilidad.

##### a) Prueba de velocidad de infiltración.

La infiltración se refiere a la entrada vertical del agua en el suelo. La velocidad de infiltración, es la relación entre la lámina que se infiltra y el tiempo que tarda en hacerlo; se expresa en cm/hora.

Para la realización de esta prueba, fue en período seco; para la cual se utilizó el método de los cilindros infiltrómetros por considerarse más práctico, versátil y fácil de operar. La prueba consistió en instalar en forma concéntrica en un punto preestablecido a diez metros de distancia de cada calicata, dos cilindros de acero hueco de 40 cm de alto y 30 y 45 cm de diámetro respectivamente, aplicando cierta cantidad de agua al cilindro interior y al espacio entre ambos cilindros, la infiltración se midió por el descenso que tiene el agua en el cilindro interior, en el lapso de tiempo preestablecido. Ver resultado en Cuadros 10 --- 18.

b) Prueba de permeabilidad.

Esta prueba consistió en tomar muestras sin disturbar de cada uno de los horizontes del perfil, por medio de cilindros galvanizados de volumen conocidos, tratando de que cada cilindro penetrara 5 cm en el suelo, luego el cilindro era cubierto para mantener el contenido de la humedad y posteriormente eran puestos en saturación en una bandeja por 12 horas. Pasado ese tiempo la muestra en el cilindro era drenada, lográndose con ello eliminar el exceso de agua. Luego los cilindros eran colocados en embudos-filtros aplicándose en este caso el principio de la Ley de Darcy y su ecuación. Procedimiento en Anexo A-6.

3.3.3. Fase de laboratorio

En esta fase, se analizaron tanto las muestras de suelo como las cuatro muestras de agua, ambas recolectadas directamente en el campo. Los análisis de suelo se dividieron en dos partes, en análisis físicos y en análisis químicos.

3.3.3.1. Análisis físicos

En el laboratorio, todas las muestras de suelo con excepción de las muestras para densidad aparente, fueron secadas al aire y tamizadas en tamices de 2 mm antes de ser analizadas. Dentro de estos análisis físicos están las siguientes determinaciones rea-

lizadas en la laboratorio:

a) Análisis textural

El análisis textural, es un análisis mecánico que consiste en la separación de las partículas del suelo en grupos, de acuerdo a su tamaño y en determinar el porcentaje en peso, de cada uno.

Para la determinación de esta propiedad, se utilizó el método del hidrómetro de Bouyoucos cuya denominación es textura de Bouyoucos. Dicho método está basado en la Ley de Stokes el cual se presenta en el Anexo A-7.

b) Densidad real, densidad aparente y porosidad total.

La densidad real, por ser una propiedad física del suelo poco alterable, su valor es considerado en base a la densidad de la sílice (2,6) o de los feldespatos (2,7), por lo que en este trabajo, se ha utilizado el valor promedio de 2,65 gr/cm<sup>3</sup>, como la densidad real de las partículas de suelo.

La porosidad total o el porcentaje del volumen total del suelo seco, que no está ocupado por sólidos, constituye una indicación de la aireación y compactación del suelo; por lo que es mejor calcularla a partir de los datos de densidad aparente y densidad real. El método utilizado para la determinación de la densidad aparente fue usando un cilindro muestreador de volumen conocido tipo Uhland; en donde ese volumen de suelo fue puesto en estufa a 110°C por 24 horas. Este método se presenta en el Anexo A-8.

c) Capacidad de campo y punto de marchitez permanente.

En la determinación de estas propiedades se utilizó el método de la olla de presión y platos de cerámica de Richards que consiste en la determinación del porcentaje de humedad a 0,3 y 15 atmósferas de presión. El procedimiento se presenta en el Anexo A-9.

d) Saturación del suelo y extracto de saturación.

Esta propiedad física, se determina en una pasta saturada de suelo de la cual se separa una fracción de 10 gr y se seca en estufa a 105-110°C y se vuelve a pesar; con los datos se calcula el porcentaje de saturación. El resto de la pasta se somete a la extracción de la solución al vacío y es lo que se llama extracto de saturación el cual se guarda para realizar análisis químicos. Ver método en el Anexo A-10.

#### 3.3.3.2. Análisis químicos de suelo

De igual forma en estos análisis, las muestras son secadas y tamizadas. Las determinaciones químicas son las siguientes:

a) Conductividad eléctrica.

Para este análisis se utilizó el extracto de saturación obtenido de la pasta saturada, descrita en el literal d) del numeral 3.3.3.1. Este extracto es puesto en un tubo de ensayo o en una probeta y se le toma la temperatura; luego se mide la conductividad eléctrica en forma directa por medio del puente de Wheatstone de acuerdo a la temperatura de la muestra, la

lectura se reporta en mmhos/cm. Ver el procedimiento en Anexo A-10.

b) Capacidad de intercambio catiónico.

En la determinación de esta propiedad, se utilizó el método del acetato de amonio ( $\text{NH}_4 \text{OAc}$ ) al 1% N. Este método consiste en un lavado con acetato neutro de amonio y determinando el amonio absorbido por el suelo. El procedimiento detallado se presenta en el Anexo A-11.

Además existe información adicional a esta misma prueba en Anexo A-12.

c) Acidez del suelo.

Para esta determinación se preparó una suspensión de suelo y agua destilada, agitándola por cierto tiempo y luego se obtuvo la lectura por medio de un peachímetro. La relación suelo-agua utilizada fue de 1:2.5.

d) Fertilidad del suelo.

Se considera como fertilidad del suelo en este trabajo, a los elementos tales como: Materia orgánica, fósforo, potasio, calcio, magnesio, sodio y la determinación de ellos se presentan en los Anexos A-11, A-13.

### 3.3.3.3. Análisis químicos de agua

Las determinaciones hechas a cada una de las cuatro muestras de agua se realizaron después de que las muestras eran puestas en refrigeración con el objeto de uniformizar las tem

peraturas. Estas determinaciones fueron las siguientes: Conductividad eléctrica, pH,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{=}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{=}$  y Boro. Los procedimientos de cada una de las determinaciones se presentan en el Anexo A-14.

### 3.4. Criterios de interpretación de resultados

- La extura ha sido interpretada en base al triángulo textural, para lo cual es necesario tener en cuenta el porcentaje específico tanto de arena, limo y arcilla para luego obtener por dicho triángulo la denominación textural.
- La estructura descrita e interpretada en este trabajo está basada en los tipos estructurales presentados y descritos por Venezuela, Ministerio de Obras Públicas (1963), el cual define nueve tipos estructurales.
- La densidad aparente es interpretada en este trabajo en base a la escala de rango descrita por El Salvador, Centro de Tecnología Agrícola (1990). Contemplada en manejo de aguas a nivel de fincas.
- La densidad real en este trabajo ha sido considerada como un valor bastante constante que varía entre 2,60 - 2,65  $\text{gr/cm}^3$ , según Black en 1975.
- La porosidad; primeramente es considerada e interpretada por medio de observaciones directas en el perfil. Después es cuantificada e interpretada nuevamente en base a los valores de densidad aparente y densidad real, y en base a rangos de por

centajes de espacio poroso total presentado por Vomocil, J.A. (1965).

- La consistencia, es una característica física, interpretada en base a pruebas al tacto de acuerdo al régimen de humedad que presenta el perfil, tomando en cuenta los cuatro regímenes de humedad descritos por Venezuela, Ministerio de Obras Públicas (1963), como también el análisis textural.

- La velocidad de infiltración, es interpretada en base a criterios considerados sobre, el contenido de humedad del suelo, estratificación, agregación, actividad microbiana, salinidad del suelo y el agua. Tomando en cuenta además los rangos de velocidad de infiltración para distintas texturas presentados por González Olmedo (S.F.).

- La permeabilidad es interpretada en base a los siguientes criterios: textura, estructura, consistencia, color, contenido de materia orgánica, velocidad de infiltración, densidad aparente. También se considera la escala de permeabilidad presentada por U.S. Bureau of Plant Industry and Agricultural Engineering (1962), quien describe tres denominaciones de permeabilidad las cuales son lenta, moderada y rápida.

- Capacidad de retención de humedad aprovechable, es interpretada en base a criterios de textura, pendiente, permeabilidad y porosidad. Además, se utiliza las especificaciones para la evaluación de requerimientos de agua presentado por Venezuela, Ministerio de Obras Públicas (1963).

- El porcentaje de saturación, es interpretado en base a los

criterios de capacidad de campo, punto de marchitez permanente y textura.

- La acidez del suelo (pH), es interpretado en base a la escala de acidez presentada en el Manual Técnico de Fertilización (1979), quien contempla 9 interpretaciones de pH.

- La conductividad eléctrica, es interpretada en base a la escala de suelos salinos y sódicos presentada por Black, C.A. (1975) quien presenta cuatro categorías de suelos con respecto a la conductividad eléctrica y el porcentaje de sodio intercambiable.

- El sodio intercambiable, está interpretado en base a la escala de denominaciones de suelo que presenta Black (1975) quien define 4 niveles o denominaciones en base al sodio intercambiable.

- El intercambio catiónico, es interpretado en base a lo descrito por Richards 1970, quien escribe que la capacidad de intercambio catiónico es mayor en los primeros estratos, siguiendo una descendencia debido a la disminución de materia orgánica.

- La fertilidad del suelo; especialmente materia orgánica, es interpretada en base a la escala presentada en la circular 757 USDA (1944), en la cual se describe 3 niveles: Bajo, medio y alto. Para el fósforo y potasio son interpretados en base al Manual Técnico de Fertilización (1979), en el cual se describe 3 niveles: Bajo, medio y alto. El resto de elementos no son considerados directamente pero se han tomado en cuenta para la determinación de sodio intercambiable y capacidad de intercambio

catiónico.

- Las aguas para riego, están interpretadas en base a las condiciones químicas que debe cumplir el agua para riego descrita por Richards (1970) y clasificadas de acuerdo a las normas de Riverside.

### 3.5. Metodología y criterios considerados para clasificar las tierras con fines de riego

El procedimiento general para llevar a cabo esta clasificación, comprende un análisis de las consideraciones que determinan que la tierra sea arable y regable, el cual comienza con la consideración de una superficie de tierra determinada, que es o puede ser regada, y termina con la designación de las clases de tierra.

Este trabajo se inicia, con un análisis de los factores físicos individuales de la tierra (suelo, topografía y drenaje), relacionados con las propiedades químicas de la misma y correlacionados con información suplementaria básica como apreciaciones de requerimientos de agua, drenabilidad, así como otros datos concernientes a suelo, topografía, drenaje, uso de la tierra, cobertura, las que además se presentan en las notas de los perfiles en el mapa construido.

El próximo paso de esta clasificación, es la división de los factores físicos (suelo, topografía y drenaje) en categorías que tienen aproximadamente igual importancia o significado.

El resultado de este paso es el establecimiento de las especificaciones o criterios para elaborar el mapa. En seguida estos criterios son aplicados al área para determinar la arabilidad básica de las tierras. Lográndose de esta manera obtener las clases específicas de tierras regables.

Esta metodología está basada en el Manual de Clasificación de tierras con fines de riego, presentado por Venezuela, Ministerio de Obras Públicas (1963) y en criterios propios, que tratan de ajustar dicho método a la realidad de nuestros suelos.

4. RESULTADOS



4.1. Descripción del sitio y perfil N°1

Es un área que se encuentra en planicies aluviales sin di sección y relieve plano; las pendientes predominantes son las menores de 2%. Por su posición es un área que tiene muy poco peligro de ser inundada. El drenaje externo es moderadamente bueno. En períodos largos lluviosos puede llegar a tener un ligero exceso de humedad, pero no por mucho tiempo.

Esta área se clasifica como un regosol aluvial. Los estratos superiores son franco arenosos, con colores de café grisáceo a oscuro, con estructura maciza a granular simple. Los estratos inferiores también son franco arenosos con ciertas gravillas de pómez. Son suelos profundos con una consistencia friable predominante, el drenaje interno es bueno, no hay peligrosidad de sales, la permeabilidad es de moderadamente rápida a muy rápida. La infiltración es moderada. La capacidad de retención de agua es baja y los contenidos de materia orgánica en los primeros estratos es baja. Este sitio tiene una cobertura con cultivos de maíz, sorgo, arroz, pasto y algunos ensayos de algodón y soya.

ligeramente plástica, de estructura granular a maciza. Los contenidos de materia orgánica andan entre bajos a medios, mientras que la permeabilidad es moderada, y la velocidad de infiltración es baja. El drenaje interno es bueno.

La cobertura vegetal está formada por pastos y el resto es tierra preparada para ser cultivada (además existe una cancha de football en la misma). Se facilita el riego y el uso de maquinaria.

#### 4.5. Descripción del sitio y perfil No. 5 CITRACION

Es un área que se encuentra en planicies suavemente inclinadas, predominando las pendientes mayores del 4%. El drenaje externo es bueno; en las partes más inclinadas hay un ligero peligro de erosión.

Son suelos que pertenecen al grupo de los regosoles. La textura del perfil es de franco a franco limoso, de consistencia friable y estructura maciza. Presenta una ligera plasticidad, la permeabilidad es moderadamente lenta, su velocidad de infiltración es rápida. Su drenaje interno es lento. El color predominante del perfil es blanco grisáceo.

La cobertura presentada por esta área está formada por tomate, camote, yuca y una franja de pastos. Por su posición no hay peligro de inundación.

4.2. Descripción del sitio y perfil N°2

*Pargos*

Son suelos que se encuentran en planicies aluviales; sin disección y relieve plano. Las pendientes predominantes son menores del 2%. Por su posición son suelos que tienen muy poco peligro de ser inundados. El drenaje externo es moderadamente bueno.

Esta área pertenece al grupo de los regosoles aluviales. La textura predominante del perfil es de franco limoso a franco arenoso en los primeros estratos y franco limoso en los estratos inferiores, presenta un color café oscuro y una consistencia de firme a suelta con una estructura maciza. El drenaje interno del perfil es moderadamente bueno, con una velocidad de infiltración baja, pero con una permeabilidad moderada. Por lo tanto la capacidad de retención de agua es baja y bajos contenidos de materia orgánica en los primeros dos estratos.

La cobertura de este sitio es maíz, pepino y pasto. En la época seca se utiliza riego por aspersion y goteo.

4.3. Descripción del sitio y perfil No. 3

*Mango*

Es un área que se encuentra a la orilla del río Cacapa; pero que su nivel respecto al río es de aproximadamente de 8 m. Se encuentra en planicies aluviales y de relieve plano y sin

disecciones. Las pendientes predominantes son menores del 2%. Por su posición es un área difícil de inundarse. El drenaje externo es moderadamente bueno, con cierto peligro de erosión. Sin embargo se encuentran obras de conservación, como bordes a desnivel.

Son suelos que pertenecen al grupo de regosoles aluviales. La textura predominante del perfil es franca a franca arenosa en los primeros tres estratos y de arena francosa a franco arenosa en los estratos inferiores, su color es café claro, con una consistencia muy friable a friable y una estructura maciza a granula simple. La permeabilidad del perfil es rápida y una infiltración baja, pero que presenta un buen drenaje interno. La profundidad efectiva se encuentra restringida en este perfil por la presencia de estratos arenosos.

La cobertura de esta área es yuca en su mayoría y el resto por pastos.

4.4. Descripción del sitio y perfil N°4

*Potrerol*  
*Potrerol*

Es un área que se encuentra en suelos aluviales de relieve plano y sin disecciones. El drenaje externo es moderado, por lo tanto el grado de erosión es casi nulo. Las pendientes predominantes son menores del 5%.

Son suelos que pertenecen al grupo de los regosoles aluviales. La textura predominante del perfil es de franca a franca arenoso. Son suelos profundos con una consistencia friable y

4.9. Descripción del sitio y perfil No. 9 ✓

Es un área que se encuentra en superficies moderadamente escarpadas a pie de montaña; son áreas de ligera a moderadamente diseccionadas. Las pendientes generalmente pasan del 15%. El relieve local es alto (mayor de 15 m). El drenaje externo es bueno por lo que en las partes más inclinadas hay peligro de erosión.

Son suelos que pertenecen al grupo de los regosoles. La textura presenta en el perfil es franco limosa, de estructura maciza y de consistencia firme y ligeramente plástica; la velocidad de infiltración es baja y la permeabilidad es moderadamente rápida. El drenaje interno es muy pobre, el color predominante es blanco grisáceo, con una profundidad efectiva mayor de 1,50 m.

La cobertura está formada por forestales y matorrales, además, existen acequias que contribuyen a disminuir la erosión. Por su posición y pendientes inclinadas presentan fuertes limitaciones para el uso de la maquinaria agrícola y el riego.

4.10. Resultados de velocidad de infiltración

Cuadro 1 . Resultados de la velocidad de infiltración que corresponde al perfil N°1

Xi	LnXi	LnXi <sup>2</sup>	Yi	LnYi	LnYi <sup>2</sup>	(LnXi) (LnYi)
0	0	0	0	0	0	0
2	0,69	0,48	2,1	0,91	0,83	0,62
6	1,79	3,21	4,9	1,58	2,52	2,82
13	2,56	6,57	7,9	2,06	4,27	5,27
23	3,13	9,83	12,9	2,55	6,53	7,98
43	3,76	14,14	17,5	2,86	8,19	10,75
88	4,47	20,04	24,9	3,21	10,33	14,34
148	4,99	24,90	27,10	3,29	10,88	16,41
$\Sigma$	21,39	79,17		16,50	43,55	58,22

\* Para el establecimiento de estos cálculos se utilizó el método estadístico de Regresión Lineal.

Xi = tiempo acumulado

Yi = lámina acumulada

D = Ct<sup>m</sup>

$$m = \frac{\sum (\text{LnXi}) (\text{LnYi}) - \frac{(\sum \text{LnXi}) (\sum \text{LnYi})}{n}}{\sum (\text{LnXi})^2 - \frac{(\sum \text{LnXi})^2}{n}}$$

m = 0,64

C = 1,41

D = 1,41 t<sup>0,64</sup>

I = 0,90 t<sup>-0,36</sup>

Ib = 2,05 cm/h

C = Exp(e<sup>X</sup>)  $\left[ \frac{\sum \text{LnYi}}{n} - m \frac{\sum \text{LnXi}}{n} \right]$

I = Cmt<sup>m-1</sup>

Ib = Kt<sup>m</sup>

Cuadro 2. Resultados de la velocidad de infiltración que corresponden al perfil N°2

Xi	LnXi	LnXi <sup>2</sup>	Yi	LnYi	LnYi <sup>2</sup>	(LnXi) (LnYi)
0	0	0	0	0	0	0
2	0,69	0,48	0,1	-2,30	5,30	-1,58
4	1,38	1,92	0,3	-1,20	1,44	-1,65
13	2,56	6,57	0,4	-0,91	0,83	-2,32
23	3,13	9,83	0,9	-0,10	0,01	-0,31
43	3,76	14,14	1,0	0	0	0
68	4,21	17,80	1,2	0,18	0,03	0,75
98	4,58	21,02	1,3	0,26	0,06	1,19
Σ	20,34	71,76		-4,08	7,67	-3,93

\* Para el establecimiento de estos cálculos se utilizó el método estadístico de Regresión Lineal.

Xi = Tiempo acumulado  
 Yi = lámina acumulada  
 D = Ct<sup>m</sup>

$$m = \frac{\sum(\text{LnXi})(\text{LnYi}) - \frac{(\sum\text{LnXi})(\sum\text{LnYi})}{n}}{\sum(\text{LnXi})^2 - \frac{(\sum\text{LnXi})^2}{n}}$$

$$C = \text{Exp}(e^x) \left[ \frac{\sum\text{LnYi}}{n} - m \frac{\sum\text{LnXi}}{n} \right]$$

I = Cmt<sup>m-1</sup>

Ib = Kt<sup>m</sup>

m = 0,32

C = 0,26

D = 0,26 t<sup>0,32</sup>

I = 0,08 t<sup>0,68</sup>

Ib = 0,14 cm/h

Cuadro 3 . Resultados de la velocidad de infiltración que corresponden al perfil N°3

Xi	LnXi	LnXi <sup>2</sup>	Yi	LnYi	LnYi <sup>2</sup>	(LnXi)(LnYi)
0	0	0	0	0	0	0
2	0,69	0,48	0,4	-0,91	0,83	- 0,62
4	1,38	1,92	0,6	-0,51	0,26	- 0,70
9	2,19	4,82	1,5	0,40	0,16	0,87
14	2,63	6,96	2,1	0,74	0,55	1,94
29	3,36	11,33	3,5	1,25	1,56	4,20
59	4,07	16,62	6,4	1,85	3,44	7,52
119	4,77	22,84	11,2	2,41	5,83	11,49
$\Sigma$	19,13	64,97		5,24	12,63	24,72

\* Para el establecimiento de estos cálculos se utilizó el método estadístico de Regresión Lineal.

Xi = Tiempo acumulado

Yi = lámina acumulada

D = Ct<sup>m</sup>

$$m = \frac{\sum (\text{LnXi})(\text{LnYi}) - \frac{(\sum \text{LnXi})(\sum \text{LnYi})}{n}}{\sum (\text{LnXi})^2 - \frac{(\sum \text{LnXi})^2}{n}}$$

$$I_b = Kt^m$$

$$C = \text{Exp}(e^x) \left[ \frac{\sum \text{LnYi}}{n} - m \frac{\sum \text{LnXi}}{n} \right]$$

$$I = Cmt^{m-1}$$

$$m = 0,63$$

$$C = 0,42$$

$$D = 0,42 t^{0,63}$$

$$I = 0,26 t^{-0,37}$$

$$I_b = 0,59 \text{ cm/h}$$

Cuadro 4. Resultados de la velocidad de infiltración que corresponden al perfil N°4

Xi	LnXi	LnXi <sup>2</sup>	Yi	LnYi	LnYi <sup>2</sup>	(LnXi) (LnYi)
0	0	0	0	0	0	0
2	0,69	0,48	0,1	-2,30	5,30	-1,58
6	1,79	3,21	0,6	-0,51	0,26	-0,91
11	2,39	5,74	1,3	0,26	0,06	0,62
16	2,77	7,68	1,7	0,53	0,28	1,46
31	3,43	11,79	3,2	1,16	1,35	3,97
61	4,11	16,89	4,7	1,54	2,39	6,32
121	4,79	22,99	9,2	2,21	4,92	10,58
Σ	19,99	68,78		2,90	14,56	20,48

\* Para el establecimiento de estos cálculos se utilizó el método estadístico de Regresión Lineal.

Xi = Tiempo acumulado

Yi = Lámina acumulada

D = Ct<sup>m</sup>

$$\Sigma (\text{LnXi}) (\text{LnYi}) = \frac{(\Sigma \text{LnXi}) (\Sigma \text{LnYi})}{n}$$

$$m = \frac{\Sigma (\text{LnXi}) (\text{LnYi}) - \frac{(\Sigma \text{LnXi}) (\Sigma \text{LnYi})}{n}}{\Sigma (\text{LnXi})^2 - \frac{(\Sigma \text{LnXi})^2}{n}}$$

$$C = \text{Exp}(e^x) \left[ \frac{\Sigma \text{LnYi}}{n} - m \frac{\Sigma \text{LnXi}}{n} \right]$$

$$I = Cnt^{m-1}$$

$$I_b = Kt^m$$

$$m = 0,70$$

$$C = 0,25$$

$$D = 0,25 t^{0,70}$$

$$I = 0,17 t^{-0,30}$$

$$I_b = 0,37 \text{ cm/h}$$

Cuadro 5. Resultados de la velocidad de infiltración que corresponden al perfil N°5

Xi	LnXi	LnXi <sup>2</sup>	Yi	LnYi	LnYi <sup>2</sup>	(LnXi) (LnYi)
0	0	0	0	0	0	0
2	0,69	0,48	0	0	0	0
5	1,60	2,59	0	0	0	0
10	2,30	5,30	0	0	0	0
20	2,99	8,97	0,2	-1,60	2,59	-4,78
30	3,40	11,56	0,4	-0,91	0,83	-3,09
45	3,80	14,49	0,7	-0,35	0,12	-1,33
105	4,65	21,65	1,1	0,09	0,009	0,41
$\Sigma$	19,46	65,04		-2,78	3,54	-8,78

\* Para el establecimiento de estos cálculos se utilizó el método estadístico de Regresión Lineal.

Xi = Tiempo acumulado

Yi = Lámina acumulada

D = Ct<sup>m</sup>

$$m = \frac{\Sigma (\text{LnXi}) (\text{LnYi}) - \frac{(\Sigma \text{LnXi}) (\Sigma \text{LnYi})}{n}}{\Sigma (\text{LnXi})^2 - \frac{(\Sigma \text{LnXi})^2}{n}}$$

$$C = \text{Exp}(e^X) \left[ \frac{\Sigma \text{LnYi}}{n} - m \frac{\Sigma \text{LnXi}}{n} \right]$$

I = Cmt<sup>m-1</sup>

Ib = Kt<sup>m</sup>

m = 9,59 x 10<sup>2</sup>  
 C = 0,001 = 0,65  
 D = 6,23 x 10<sup>-2</sup> t<sup>-0.90</sup>  
 I = 6,002 t<sup>-1,55</sup>  
 Ib = 4,17 x 10<sup>-4</sup> cm/h.

Cuadro 6 . Resultados de la velocidad de infiltración que corresponden al perfil N°6.

Xi	LnXi	LnXi <sup>2</sup>	Yi	LnYi	LnYi <sup>2</sup>	(LnXi) (LnYi)
0	0	0	0	0	0	0
2	0,69	0,48	0,1	-2,30	5,30	-1,58
4	1,38	1,92	0,2	-1,60	2,59	-2,20
7	1,94	3,78	0,3	-1,20	1,44	-2,32
12	2,48	6,17	0,4	-0,91	0,83	-2,25
22	3,09	9,55	0,6	-0,51	0,26	-1,57
37	3,61	13,03	0,7	-0,35	0,12	-1,26
97	4,57	20,92	0,8	-0,22	0,04	-1,00
Σ	17,76	55,85		-7,12	10,58	-12,18

\* Para el establecimiento de estos cálculos se utilizó el método estadístico de Regresión Lineal.

Xi = Tiempo acumulado

Yi = Lámina acumulada

D = Ct<sup>m</sup>

$$m = \frac{\sum (\text{LnXi}) (\text{LnYi}) - \frac{(\sum \text{LnXi}) (\sum \text{LnYi})}{n}}{\sum (\text{LnXi})^2 - \frac{(\sum \text{LnXi})^2}{n}}$$

$$C = \text{Exp}(e^x) \left[ \frac{\sum \text{LnYi}}{n} - m \frac{\sum \text{LnXi}}{n} \right]$$

I = Cmt<sup>m-1</sup>

Ib = Kt<sup>m</sup>

m = 0,22

C = 0,25

D = 0,25 t<sup>0,22</sup>

I = 0,055 t<sup>-0,78</sup>

Ib = 0,08 cm/h

Cuadro 7. Resultados de la velocidad de infiltración que corresponden al perfil N°7

Xi	LnXi	LnXi <sup>2</sup>	Yi	LnYi	LnYi <sup>2</sup>	(LnYi) (LnXi)
0	0	0	0	0	0	0
2	0,69	0,48	0,3	-1,20	1,44	-0,82
4	1,38	1,92	0,8	-0,22	0,04	-0,30
9	2,19	4,82	1,9	0,64	0,41	1,40
24	3,17	10,10	2,3	0,83	0,69	2,63
44	3,78	14,32	2,8	1,02	1,06	3,85
74	4,30	18,52	3,9	1,36	1,85	5,84
134	4,89	23,98	6,8	1,91	3,67	9,33
Σ	20,44	74,14		4,35	9,16	21,93

\* Para el establecimiento de estos cálculos se utilizó el método estadístico de Regresión Lineal.

Xi = Tiempo acumulado

Yi = Lámina acumulada

D = Ct<sup>m</sup>

$$m = \frac{\Sigma(\text{LnXi})(\text{LnYi}) - \frac{(\Sigma\text{LnXi})(\Sigma\text{LnYi})}{n}}{\Sigma(\text{LnXi})^2 - \frac{(\Sigma\text{LnXi})^2}{n}}$$

$$C = \text{Exp}(e^x) \left[ \frac{\Sigma\text{LnYi}}{n} - m \frac{\Sigma\text{LnXi}}{n} \right]$$

I = Cmt<sup>m-1</sup>

Ib = Kt<sup>m</sup>

m = 0,49

C = 0,49

D = 0,49 t<sup>0,49</sup>

I = 0,24 t<sup>-0,51</sup>

Ib = 0,53 cm/h

Cuadro 8. Resultados de la velocidad de infiltración que corresponden al perfil N°8

Xi	LnXi	LnXi <sup>2</sup>	Yi	LnYi	LnYi <sup>2</sup>	(lnXi)(LnYi)
0	0	0	0	0	0	0
2	0,69	0,48	0,2	-1,60	2,59	-1,10
4	1,38	1,92	0,5	-0,69	0,48	-0,95
9	2,19	4,82	1,2	0,18	0,03	0,39
24	3,17	10,10	2,7	0,99	0,98	3,13
39	3,66	13,42	3,9	1,36	1,85	4,97
69	4,23	17,92	4,8	1,56	2,46	6,59
129	4,85	23,61	6,7	1,90	3,61	9,21
$\Sigma$	20,21	72,27		3,70	12,00	22,24

\* Para el establecimiento de estos cálculos se utilizó el método estadístico de Regresión Lineal.

Xi = Tiempo acumulado

Yi = Lámina acumulada

D = Ct<sup>m</sup>

$$m = \frac{\Sigma(\text{LnXi})(\text{LnYi}) - \frac{(\Sigma\text{LnXi})(\Sigma\text{LnYi})}{n}}{\Sigma(\text{LnXi})^2 - \frac{(\Sigma\text{LnXi})^2}{n}}$$

$$C = \text{Exp}(e^x) \left[ \frac{\Sigma\text{LnYi}}{n} - m \frac{\Sigma\text{LnXi}}{n} \right]$$

I = Cmt<sup>m-1</sup>

Ib = Kt<sup>m</sup>

m = 0,60

C = 0,34

D = 0,34 t<sup>0,60</sup>

I = 0,204 t<sup>-0,40</sup>

Ib = 0,46 cm/h

Cuadro 9. Resultados de la velocidad de infiltración que corresponden al perfil N°9

Xi	LnXi	LnXi <sup>2</sup>	Yi	LnYi	LnYi <sup>2</sup>	(LnXi) (LnYi)
0	0	0	0	0	0	0
2	0,69	0,48	0,1	-2,30	5,29	-1,58
4	1,38	1,92	0,3	-1,20	1,44	-1,65
9	2,19	4,82	0,4	-0,91	0,83	-1,99
19	2,94	8,66	0,6	-0,51	0,26	-1,49
29	3,36	11,33	0,7	-0,35	0,12	-1,17
59	4,07	16,62	0,8	-0,22	0,04	-0,89
119	4,77	22,84	1,2	0,18	0,03	0,85
$\Sigma$	19,44	66,67		-5,33	8,01	-7,92

\* Para el establecimiento de estos cálculos se utilizó el método estadístico de Regresión Lineal.

Xi = Tiempo acumulado

Yi = Lámina acumulada

D = Ct<sup>m</sup>

$$\Sigma (\text{LnXi}) (\text{LnYi}) - \frac{(\Sigma \text{LnXi}) (\Sigma \text{LnYi})}{n}$$

$$m = \frac{\Sigma (\text{LnXi}) (\text{LnYi}) - \frac{(\Sigma \text{LnXi}) (\Sigma \text{LnYi})}{n}}{\Sigma (\text{LnXi})^2 - \frac{(\Sigma \text{LnXi})^2}{n}}$$

$$C = \text{Exp}(e^x) \left[ \frac{\Sigma \text{LnYi}}{n} - m \frac{\Sigma \text{LnXi}}{n} \right]$$

I = Cnt<sup>m-1</sup>

Ib = Kt<sup>m</sup>

m = 0,25

C = 0,27

D = 0,27 t<sup>0,25</sup>

I = 0,067 t<sup>-0,75</sup>

Ib = 0,11 cm/h

## RESULTADOS DE ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS DE CADA PERFIL DE SUELO

CUADRO 10. RESULTADOS DE ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS DEL PERFIL N°1  
EXCEPTO INFILTRACION Y FERTILIDAD

ESTRATO	TEXTURA	% CAPAC. DE CAMPO	% PUNTO PERMANENTE DE MARCHITEZ	% CAPACI. DE RETENCION DE AGUA APROVECHABLE	PERMEABILIDAD (cm/h)	DENSIDAD APARENTE (gr/cm <sup>3</sup> )	CAPACI. DE INTERCAMBIO CATIONICA (meq/lit)	% Np CAMBIABLE	CONDUCTIVIDAD ELEC-TRICA (mmhos/cm)	P H	% SATURACION	% POROSIDAD	CAPASIDAD DE RETEN- CION DE AGUA (cm)	PROFUNDIDAD (mts)
1	FA	16.37	7.89	8.48	6.26	1.46	14.90	3.08	2.04	5.4	31.38	44.9	1.49	0 - 0.12
2	FA	11.94	8.33	3.61	9.10	1.45	20.75	2.69	0.16	6.3	33.33	45.2	1.05	0.12 - 0.32
3	FL	18.07	6.25	11.82	12.64	1.27	14.00	3.21	0.17	6.5	25.00	52.0	3.45	0.32 - 0.55
4	FA	10.19	5.09	5.10	9.18	1.27	19.10	2.98	0.12	6.5	38.89	52.0	0.97	0.55 - 0.70
5	FA	13.20	9.24	3.96	13.85	1.38	14.50	3.31	0.11	6.6	36.99	47.9	1.20	0.70-0.92
6	FA	13.62	9.72	3.90	7.61	1.38	17.00	1.76	0.10	6.6	38.89	47.9	0.75	0.92 - 1.06
7	FA	9.02	4.51	4.51	32.32	1.41					37.73	46.7	0.90	1.06-1.35
8	FL	17.79	8.89	8.90	1.46	1.42					24.85	46.4	1.90	1.35 - 1.50

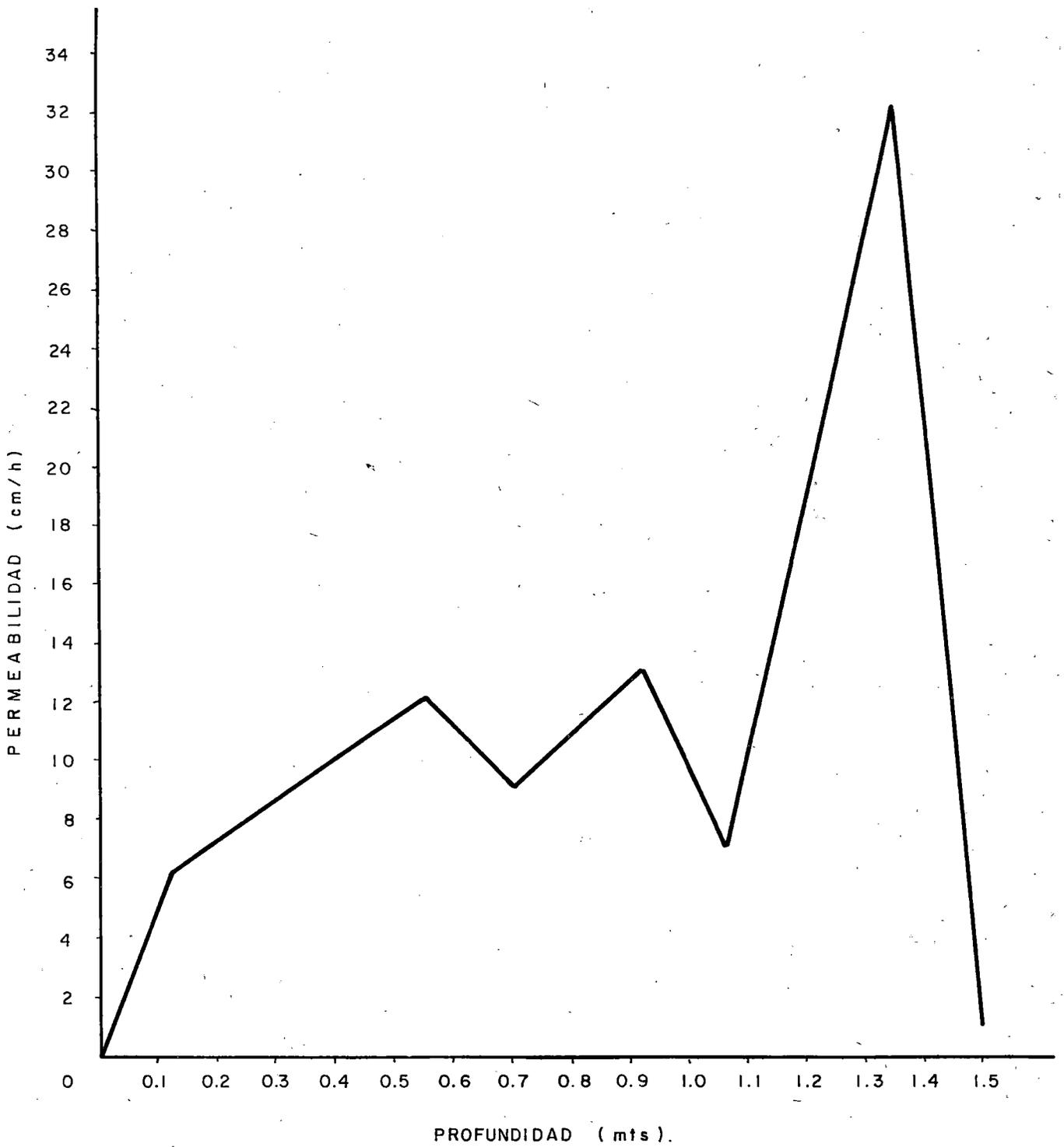


FIGURA 5 . REPRESENTACION GRAFICA DE LA PERMEABILIDAD DEL PERFIL N° 1.

CUADRO II.. RESULTADOS DE ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS DE PERFIL N° 2  
EXCEPTO INFILTRACION Y FERTILIDAD.

ESTRATO	TEXTURA	% CAPACI. DE CAMPO	% PUNTO PERMANENTE DE MARCHITEZ.	% CAPACI. DE RETENCION DE AGUA APROBECHABLE.	PERMEABILIDAD (cm/h).	DENSIDAD APARENTE (gr / cm <sup>3</sup> )	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (meq/lit).	% Na CAMBIABLE	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (mmhos/cm).	P H	% SATURACION	% POROSIDAD	CAPACIDAD DE RETENCION DE AGUA (cm).	PROFUNDIDAD (mts).
1	FL	19.31	10.21	9.10	3.7	1.31	18.50	3.78	1.00	5.6	40.85	50.5	1.55	0 - 0.13
2	FA	21.52	12.31	9.21	0.53	1.32	26.00	3.34	0.66	5.9	49.25	50.1	2.31	0.13-0.32
3	FA	9.27	4.63	4.64	1.87	1.32	26.00	3.07	0.55	6.3	36.99	50.1	0.80	0.32 - 0.45
4	FA	9.18	4.59	4.59	44.49	1.33	16.00	3.12	0.20	6.5	40.85	49.8	1.40	0.45-0.68
5	FL	24.54	10.21	14.33	2.16	1.35	29.00	2.65	0.45	6.5	40.85	49.0	15.86	0.68-1.50

2

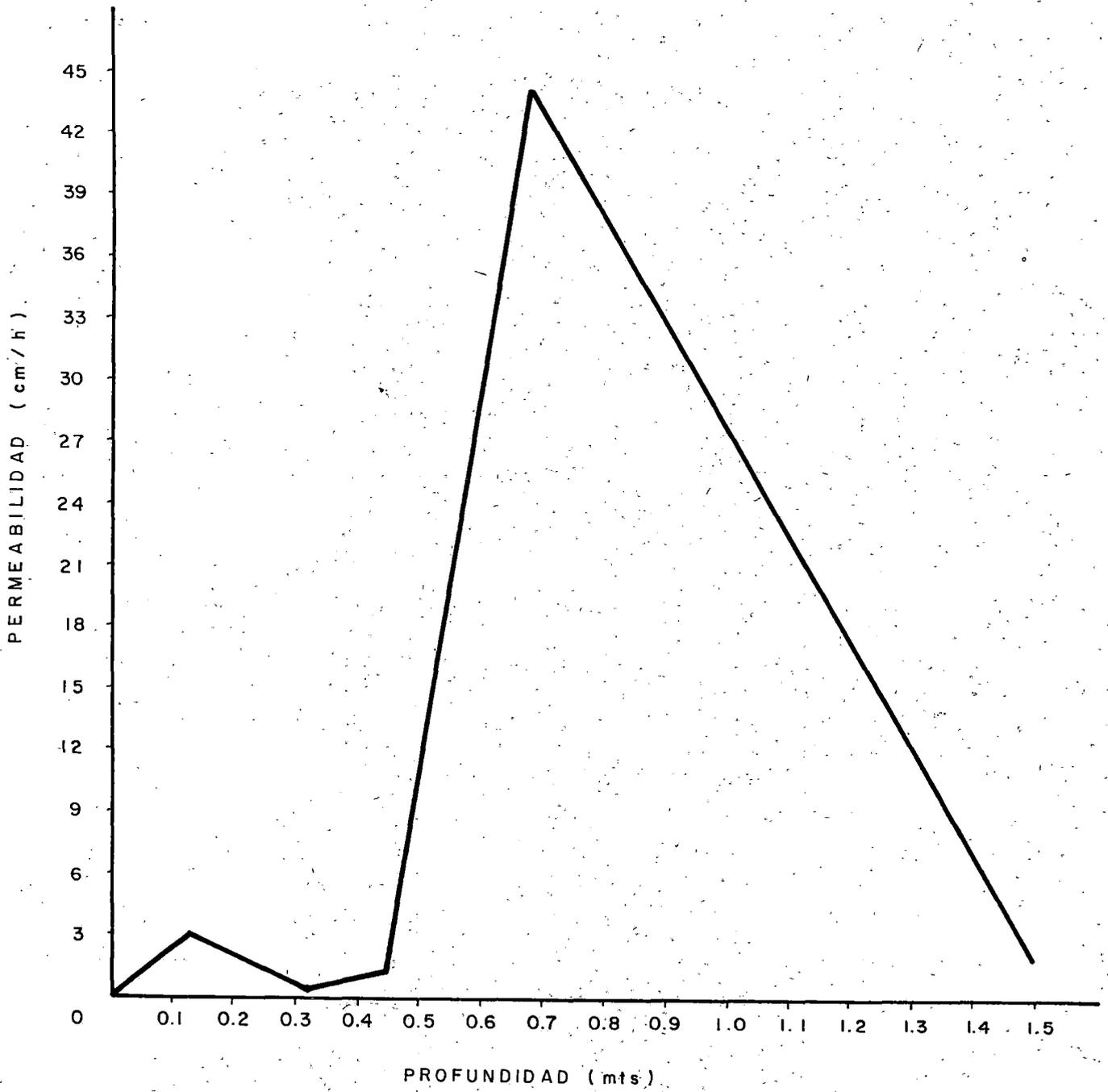


FIGURA 6 . REPRESENTACION GRAFICA DE LA PERMEABILIDAD DEL  
PERFIL N° 2 .

CUADRO 12. RESULTADOS DE ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS DEL PERFIL N° 3 EXCEPTO INFILTRACION Y FERTILIDAD

ESTRATO	TEXTURA	% CAPACI. DE CAMPO	% PUNTO PERMANENTE DE MARCHITEZ.	% CAPACI. DE RETENCION DE AGUA APROVECHABLE	PERMEABILIDAD (cm/h).	DENSIDAD APARENTE (gr/cm <sup>3</sup> )	CAPACI. DE INTERCAMBIO CATIONICO (meq/lit)	% Na CAMBIABLE	CONDUCTIVIDAD ELEC-TRICA (mmhos/cm).	P H	% SATURACION	% POROSIDAD	CAPACIDAD DE RETENCION DE AGUA (cm <sup>3</sup> )	PROFUNDIDAD (mts).	
1	FA	13.83	6.92	6.91	3.60	1.02	19.50	1.38	0.30	5.1	33.33	61.5	1.05	0 - 0.15	3
2	FA	15.28	7.64	7.64	1.29	1.27	19.00	1.42	0.13	5.9	23.46	52.0	1.94	0.15 - 0.35	
3	FA	13.19	6.25	6.94	10.92	1.20	16.00	1.81	0.02	6.2	25.00	54.7	0.99	0.35 - 0.47	
4	AF	7.09	3.54	3.55	30.00	1.15	13.50	2.22	3.02	6.3	28.21	56.6	0.93	0.47 - 0.70	
5	AF	8.79	4.39	4.40	25.05	0.80	12.00	2.66	3.02	6.4	28.21	69.8	1.06	0.70 - 1.0	
6	FL	20.26	10.13	10.13	10.74	1.03					23.56	61.1	2.08	1.0 - 1.20	
7	FA	11.60	5.81	5.80	1.77	0.98					27.12	63.0	0.85	1.20 - 1.35	
8	FL	21.32	10.66	10.65	1.18	1.04					25.11	60.7	1.88	1.35 - 1.50	

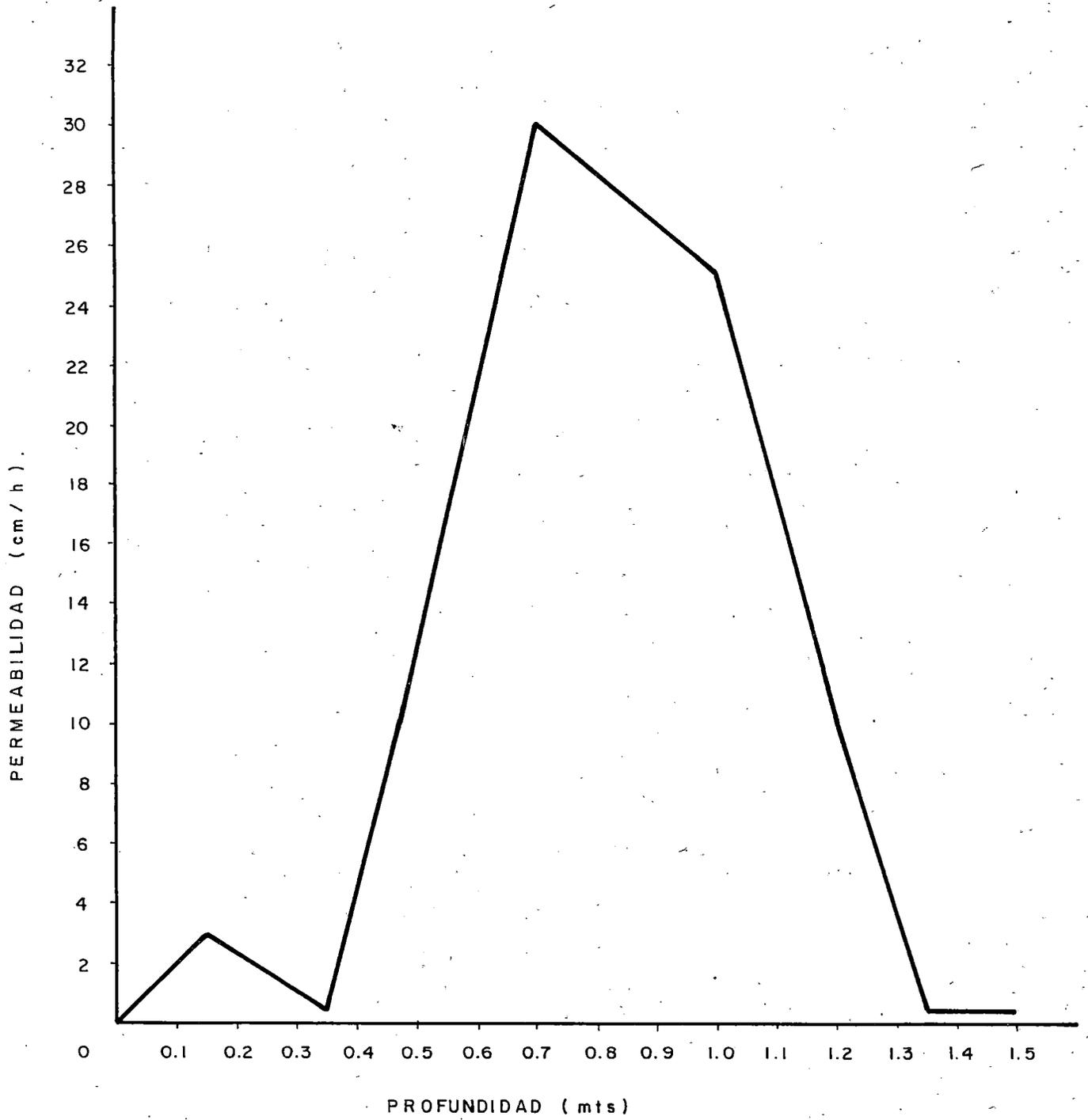


FIGURA 7 . REPRESENTACION GRAFICA DE LA PERMEABILIDAD DEL PERFIL N° 3.



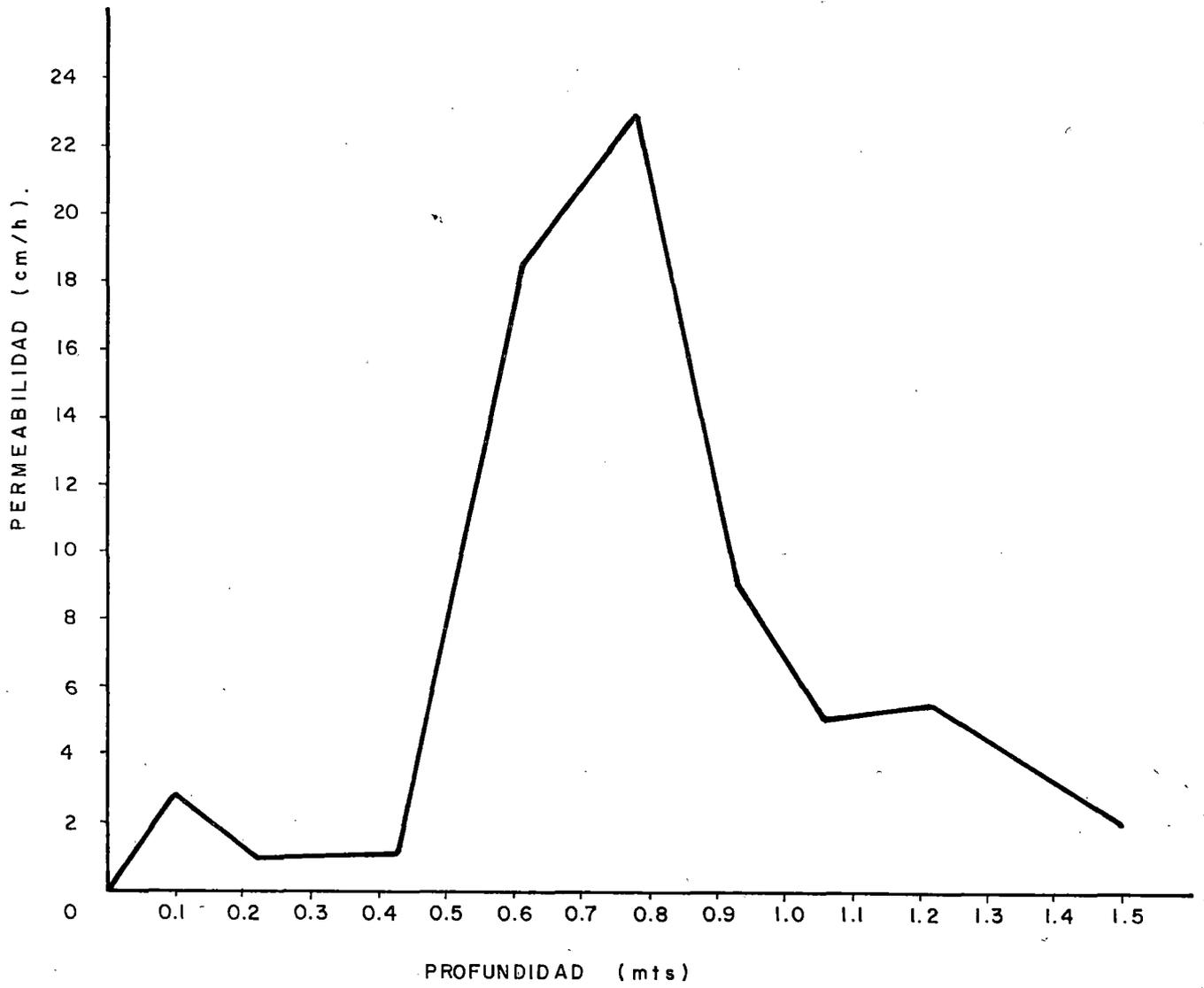


FIGURA 8 . REPRESENTACION GRAFICA DE LA PERMEABILIDAD DEL  
PERFIL N° 4 .



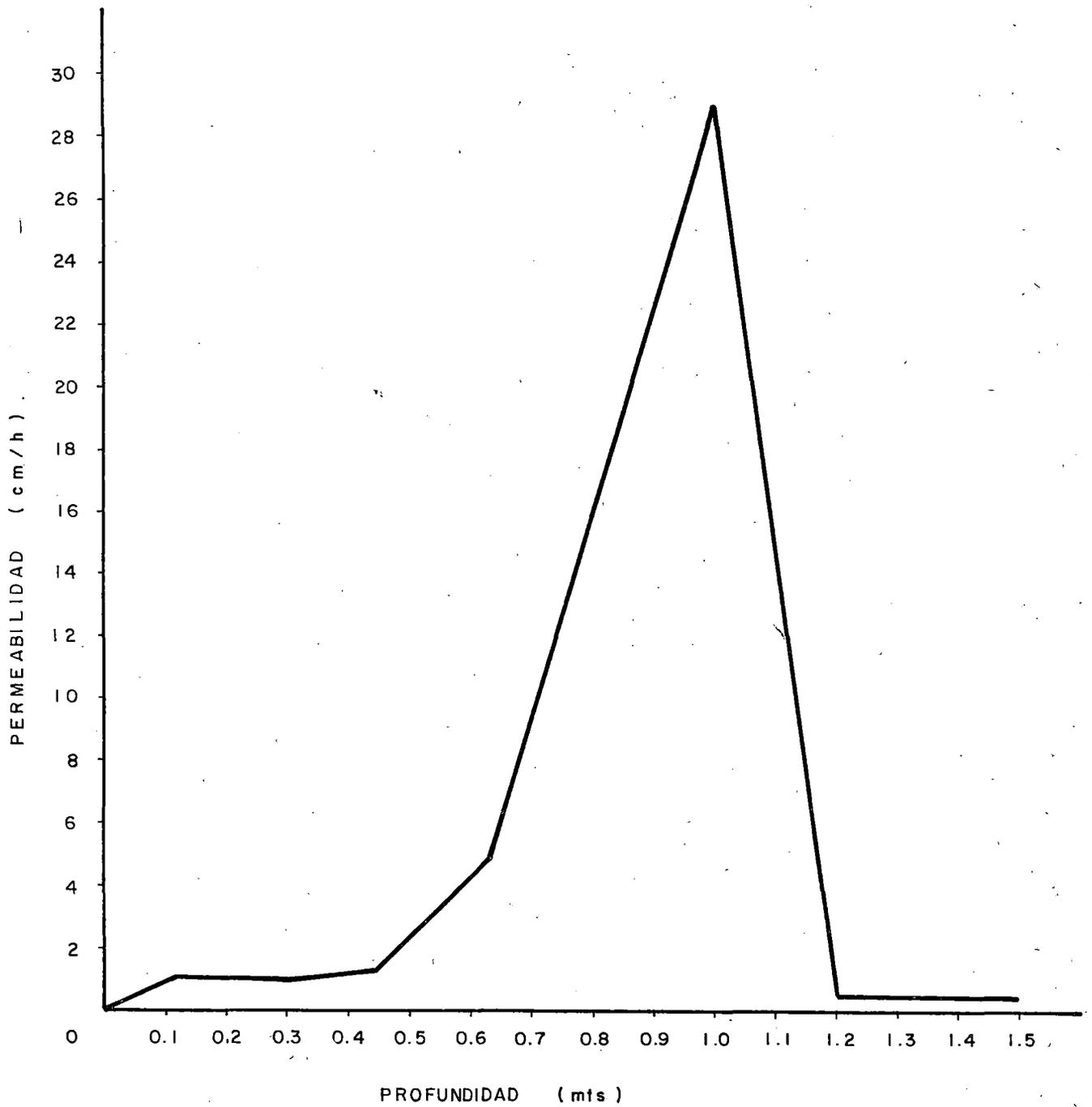


FIGURA 9. REPRESENTACION GRAFICA DE LA PERMEABILIDAD DEL PERFIL N° 5.

CUADRO 15. RESULTADOS DE ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS DEL PERFIL N° 6 EXCEPTO INFILTRACION Y FERTILIDAD.

ESTRATO	TEXTURA	% CAPACI. DE CAMPO	% PUNTO PERMANENTE DE MACHITEZ.	% CAPACI. DE RETENCION DE AGUA APROVECHABLE	PERMEABILIDAD (cm/h).	DENSIDAD APARENTE (gr/cm <sup>3</sup> )	CAPACI. DE INTERCAMBIO CATIONICO (meq/lit).	% Na CAMBIABLE	CONDUCTIVIDAD ELEC-TRICA (mmhos/cm <sup>2</sup> ).	P H	% S.ATURACION	% POROSIDAD	CAPACI. DE RETENCION DE AGUA (cm).	PROFUNDIDAD (mts).
1	FL	1885	1231	6.54	13.56	1.05	23.50	2.51	0.78	7.7	49.25	60.3	0.68	0 - 0.10
2	FL	19.95	11.23	8.72	0.15	1.07	23.00	2.30	0.34	7.2	44.93	59.6	0.93	0.10 - 0.20
3	FL	18.16	10.21	7.95	0.80	1.08	18.00	2.94	0.09	7.2	40.85	59.2	2.57	0.20 - 0.50
4	FL	19.31	8.33	10.98	0.47	1.12	19.00	3.47	0.09	7.2	33.33	57.7	1.23	0.50 - 0.60
5	FL	18.84	8.78	10.06	0.16	1.11	14.50	3.86	0.05	7.2	35.14	58.1	2.23	0.60 - 0.80
6	FL	19.91	9.29	10.62	0.01	1.13	16.00	6.81	0.07	6.9	36.99	57.3	6.00	0.80 - 1.30
7	FA	15.00	8.60	6.40	0.41	1.24					40.10	53.2	0.79	1.30 - 1.40
8	F	17.43	8.71	8.72	0.33	1.24					51.58	51.6	1.08	1.40 - 1.50

6

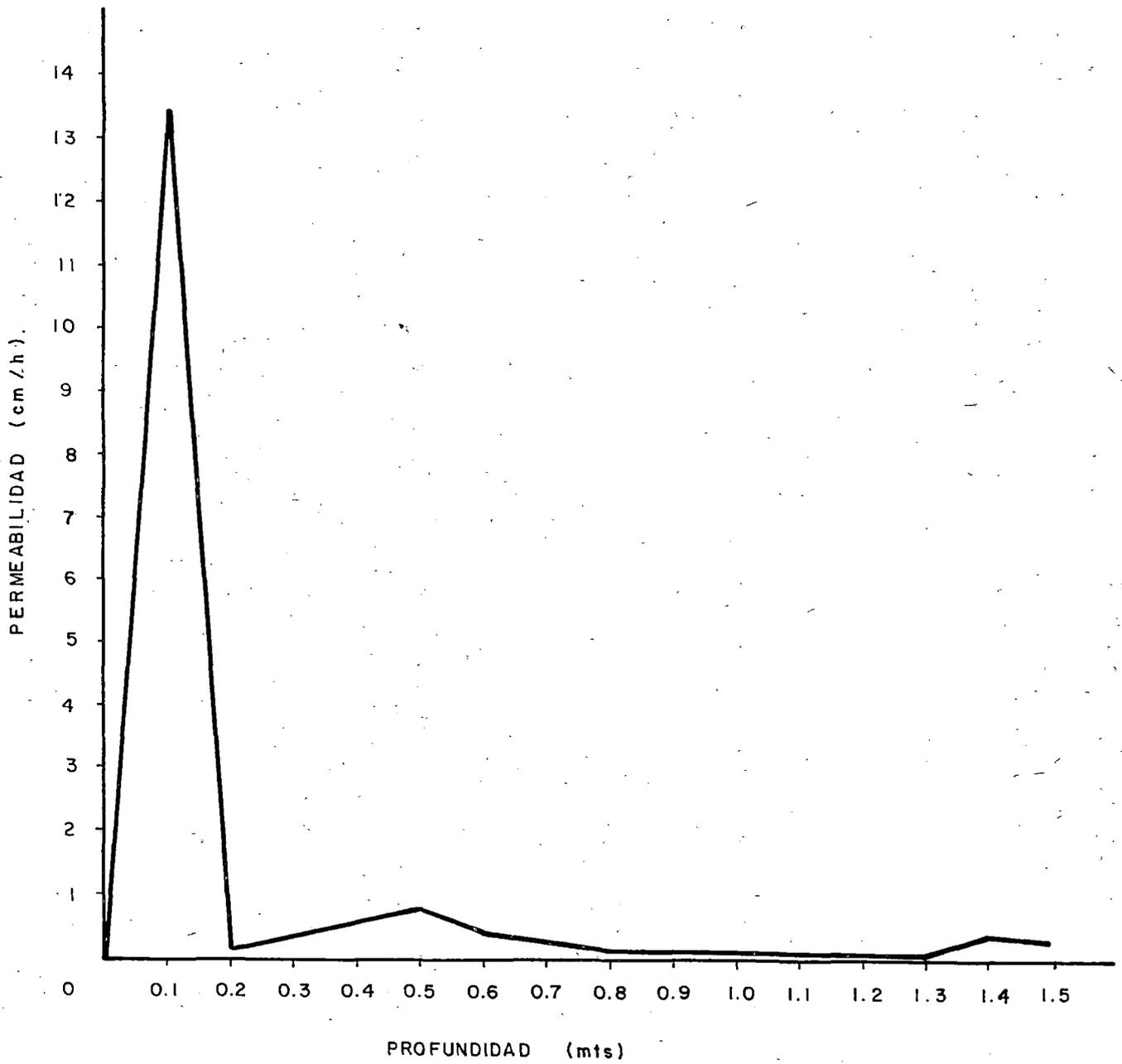


FIGURA 10. REPRESENTACION GRAFICA DE LA PERMEABILIDAD DEL PERFIL N° 6 .

CUADRO 16. RESULTADOS DE ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS DEL PERFIL N°7 EXCEPTO INFILTRACION Y FERTILIDAD.

ESTRATO	TEXTURA	% CAPACI. DE CAMPO	% PUNTO PERMANENTE DE MARCHITEZ	% CAPACI. DE RETENCION DE AGUA APROVECHABLE	PERMEABILIDAD (cm/h)	DENSIDAD APARENTE (gr/cm <sup>3</sup> )	CAPACI. DE INTERCAMBIO CATIONICO (meq/lit)	% Na CAMBIABLE	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (mmhos/cm)	P H	% SATURACION	% POROSIDAD	CAPACI. DE RETENCION DE AGUA (cm)	PROFUNDIDAD (mts)	
1	F	17.21	9.24	7.97	5.58	1.04	24.50	5.18	1.16	6.8	36.99	60.7	0.99	0 - 0.12	
2	F	16.11	9.24	6.87	0.48	0.94	24.00	7.00	0.52	6.9	36.99	64.5	0.90	0.12 - 0.26	
3	F	15.90	8.78	7.12	0.56	0.98	24.00	6.79	0.41	7.0	35.14	63.0	1.67	0.26 - 0.50	
4	AF	7.99	4.12	3.87	47.63	1.05	14.50	8.27	0.32	6.0	33.33	60.3	0.81	0.50 - 0.70	
5	A	4.33	2.01	2.32	90.05	1.53	13.00	6.15	0.07	7.0	26.58	42.2	1.24	0.70 - 1.05	
6	F	21.14	10.57	10.57	20.3	0.96					37.12	63.7	1.11	1.05 - 1.16	
7	A	6.18	3.53	2.65	90.63	1.24					22.19	53.2	0.46	1.16 - 1.30	
8	A	4.76	2.40	2.36	107.77	1.15					23.60	56.6	0.54	1.30 - 1.50	

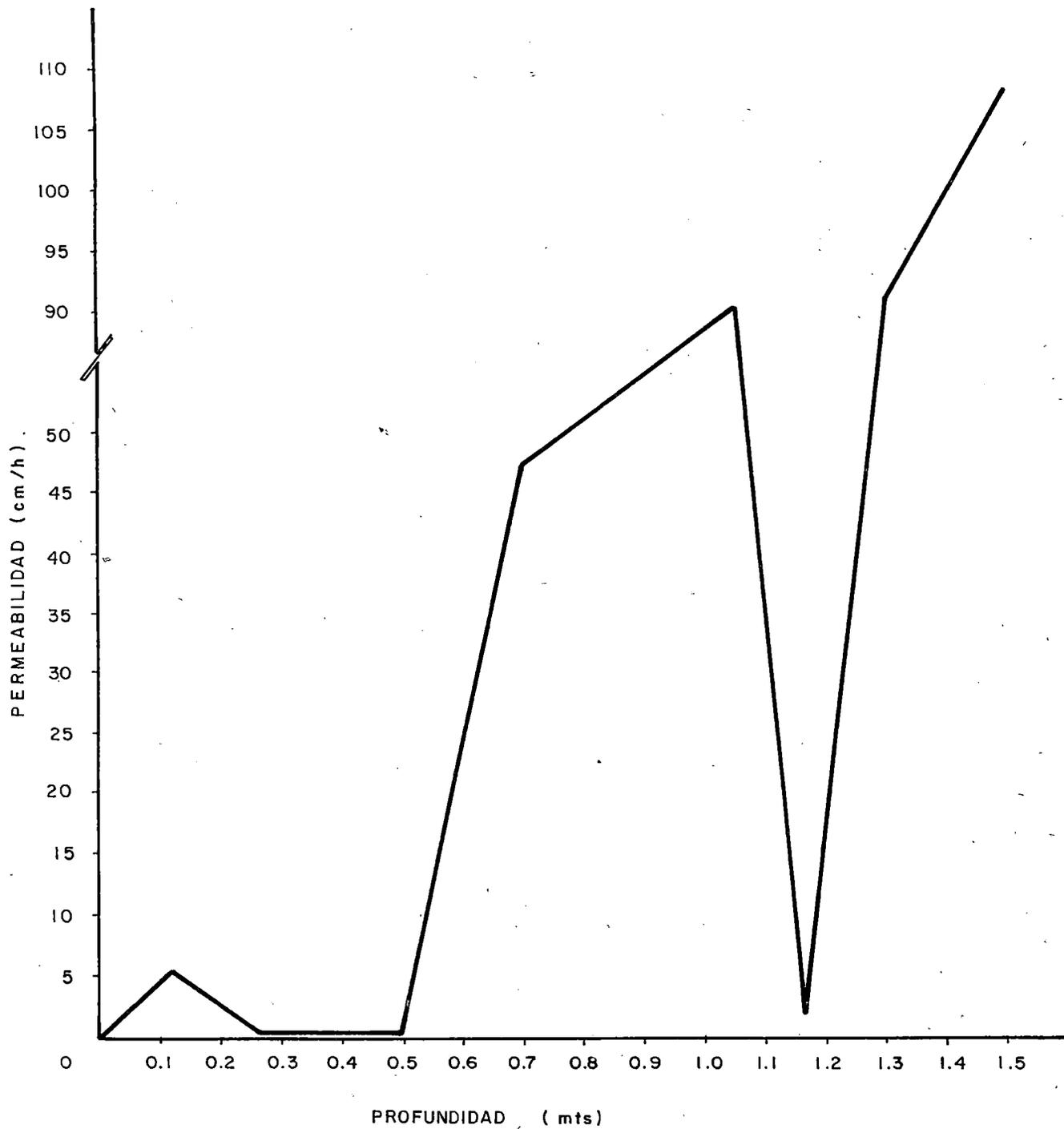


FIGURA 11. REPRESENTACION GRAFICA DE LA PERMEABILIDAD DEL PERFIL N° 7.

CUADRO 17. RESULTADOS DE ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS DEL PERFIL N° 8 EXCEPTO INFILTRACION Y FERTILIDAD.

ESTRATO	TEXTURA	% CAPACI. DE CAMPO	% PUNTO PERMANENTE DE MARCHITEZ.	% CAPACI. DE RETENCION DE AGUA APROVECHABLE.	PERMEABILIDAD (cm/h).	DENSIDAD APARENTE (gr/cm <sup>3</sup> )	CAPACI. DE INTERCAMBIO CATIONICO (meq/ lit).	% Na CAMBIABLE	CONDUCTIVIDAD ELEC - TRICA (mmhos /cm).	pH	% SATURACION	(%) POROSIDAD.	CAPACIDAD DE RETENCION DE AGUA (cm).	PROFUNDIDAD (mts).
1	FA <sup>X</sup>	13.56	7.89	5.67	6.24	1.15	16.50	3.63	0.67	6.0	31.58	56.6	0.65	0 - 0.10
2	FA <sup>X</sup>	13.40	8.33	5.07	0.56	1.09	12.00	5.50	0.05	6.4	33.33	58.8	0.88	0.10-0.26
3	AF <sup>Y</sup>	8.68	5.50	3.18	3.115	1.09	15.50	4.00	0.05	6.7	22.16	58.8	0.48	0.26-0.40
4	FA <sup>A</sup>	14.41	8.33	6.08	1.34	0.97	14.50	4.20	0.48	6.8	33.33	63.3	0.59	0.40-0.50
5	FA <sup>AF</sup>	10.90	7.14	3.76	7.28	0.92	15.00	3.73	0.07	6.5	34.23	65.2	0.35	0.50-0.60
6	FA <sup>F</sup>	15.62	9.24	6.38	4.71	0.88	17.00	4.41	0.07	6.7	36.99	66.7	0.56	0.60-0.70
7	FA	13.93	8.20	5.73	5.84	0.85	16.00	4.37	0.07	6.5	36.99	67.9	1.75	0.70-1.06
8	F	17.33	8.66	8.67	2.91	0.86					35.42	67.5	3.43	1.06-1.50

8

0-0.55

0-55+0.25

0-25+0.45

0-45+

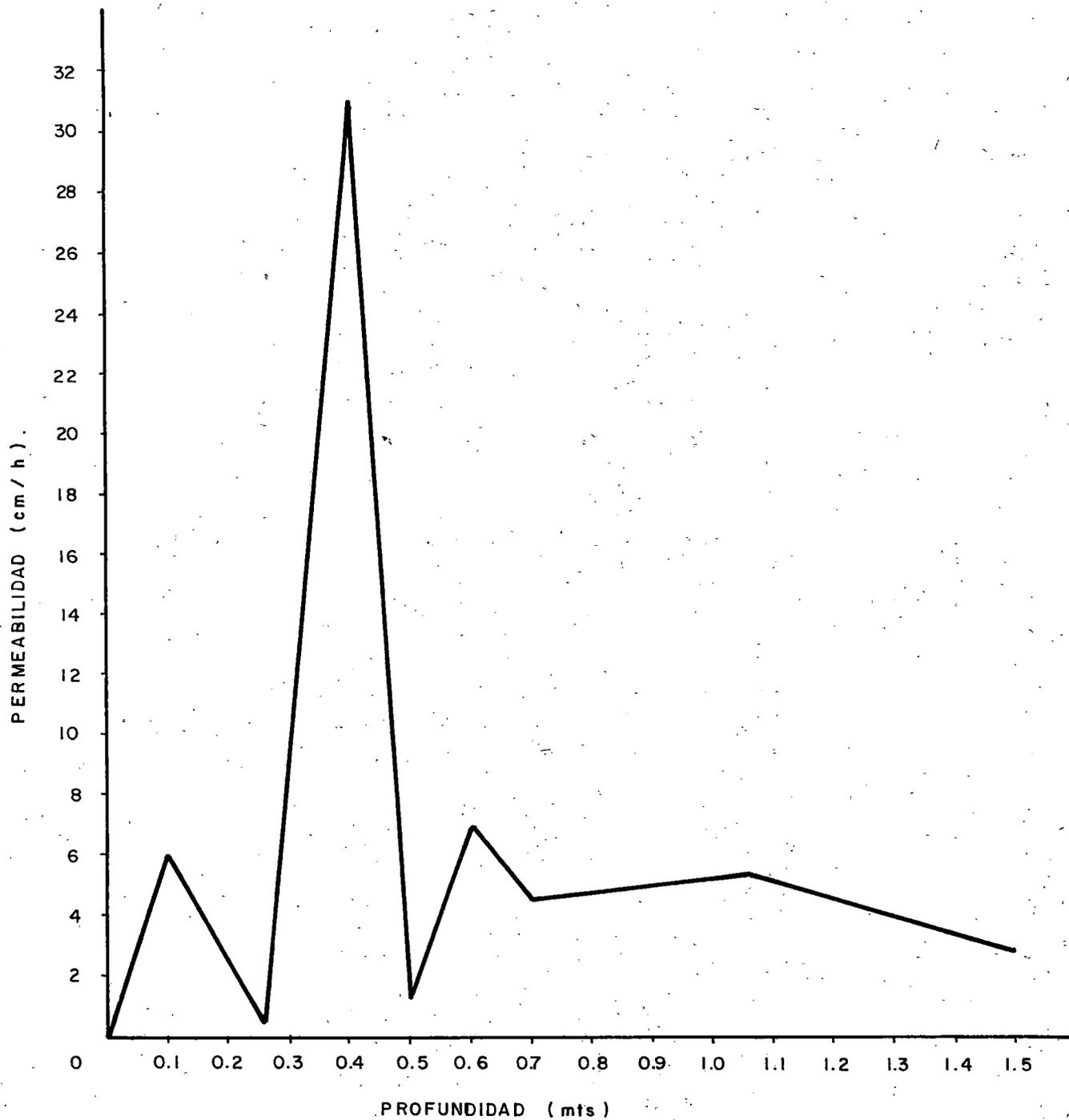


FIGURA 12. REPRESENTACION GRAFICA DE LA PERMEABILIDAD DEL PERFIL N° 8.

CUADRO 18. RESULTADOS DE ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS DEL PERFIL N°9 EXCEPTO INFILTRACION Y FERTILIDAD.

ESTRATO	TEXTURA	% CAPACI. DE CAMPO	% PUNTO PERMANENTE DE MARCHITEZ.	% CAPACI. DE RETENCION DE AGUA APROVECHABLE	PERMEABILIDAD (cm/h).	DENSIDAD APARENTE (gr/cm <sup>3</sup> )	CAPACI. DE INTERCAMBIO CATIONICO (meq/lit).	% Na CAMBIABLE	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (mmhos/cm).	P H	% SATURACION	% POROSIDAD	CAPACI. DE RETENCION DE AGUA (cm).	PROFUNDIDAD (mts)
1	FL	18.60	11.23	7.37	3.75	1.00	21.00	4.28	0.53	7.0	44.93	62.2	1.47	0 - 0.20
2	FL	19.40	9.72	9.68	0.37	1.09	15.00	7.00	0.07	6.9	38.89	58.8	2.32	0.20 - 0.42
3	FL	19.63	8.78	10.85	0.60	1.11	13.00	8.00	0.07	6.7	35.14	58.1	2.77	0.42 - 0.65
4	FL	18.58	9.24	9.34	0.60	0.93	15.00	6.40	0.05	6.6	36.99	64.9	2.17	0.65 - 0.90
5	FL	19.54	9.24	10.30	0.38	1.09	13.50	7.85	0.05	6.7	36.92	58.8	3.37	0.60 - 1.20
6	F	20.87	10.40	10.47	0.16	1.11					30.81	54.7	1.39	1.20 - 1.32
7	FA	16.55	10.86	5.69	0.41	1.20					30.01	58.1	1.23	1.32 - 1.50

9

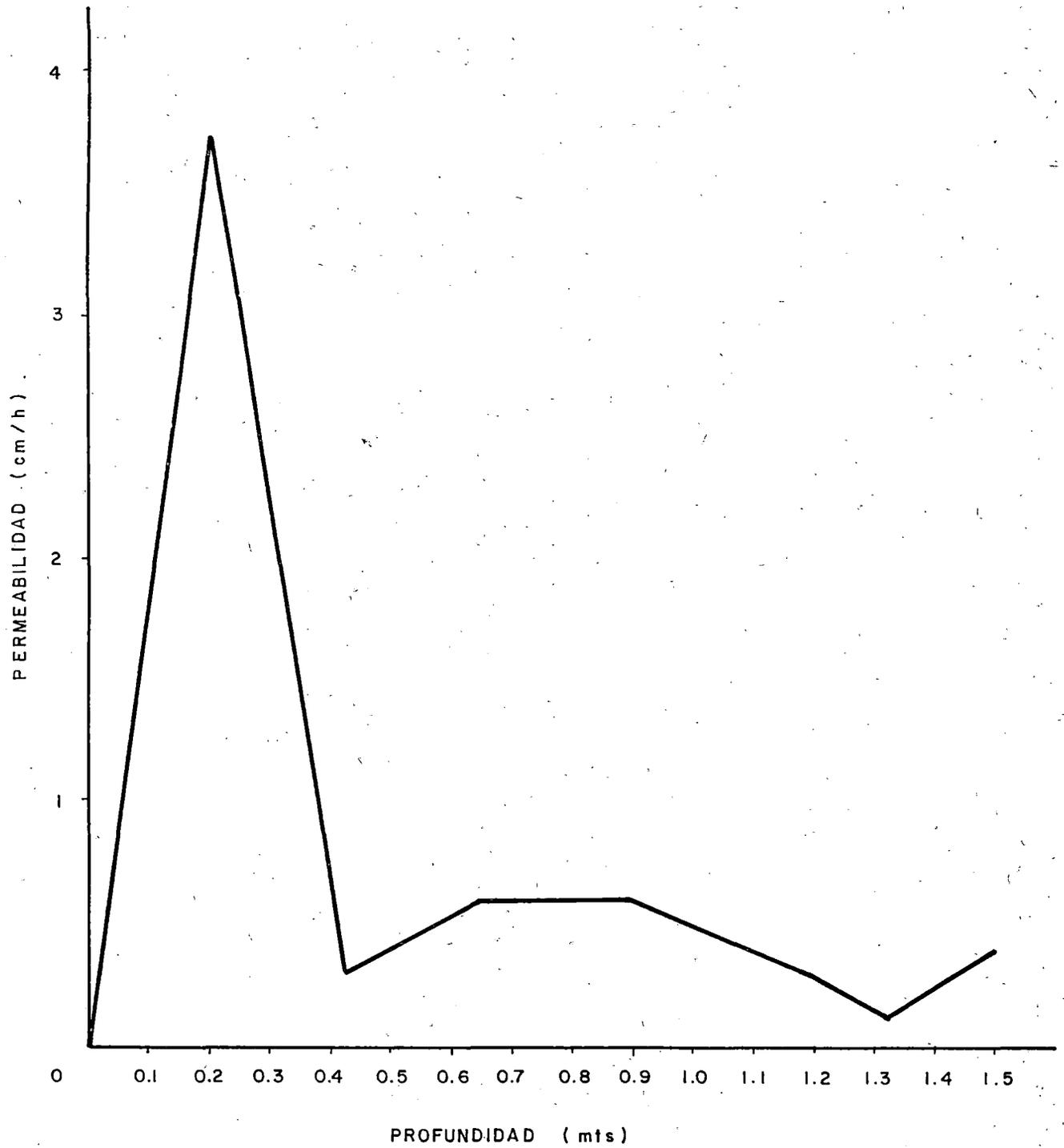


FIGURA 13. REPRESENTACION GRAFICA DE LA PERMEABILIDAD DEL PERFIL N° 9 .

4.12 CUADRO 19. RESULTADOS DE MATERIA ORGANICA, FOSFORO Y POTASIO EN LOS PRIMEROS DOS ESTRATOS DE CADA PERFIL.

PERFIL	ESTRATO	PROFUNDIDAD (mts)	MATERIA ORGANICA (%)	FOSFORO (ppm)	POTASIO (ppm)
1	1	0 - 0.12	1.56 B	41 A	184 A
	2	0.12 - 0.32	1.10 B	41 A	190 A
2	1	0 - 0.13	1.79 B	10 B	203 A
	2	0.13 - 0.32	0.96 B	27 A	+ 200 A
3	1	0 - 0.15	0.83 B	64 A	+ 200 A
	2	0.15 - 0.32	1.52 B	55 A	+ 200 A
4	1	0 - 0.10	1.52 B	56 A	+ 200 A
	2	0.10 - 0.43	1.52 B	40 A	+ 200 A
5	1	0 - 0.12	0.83 B	49 A	+ 200 A
	2	0.12 - 0.30	1.93 B	48 A	+ 200 A
6	1	0 - 0.10	4.96 B	87 A	+ 200 A
	2	0.10 - 0.30	2.21 M	37 A	+ 200 A
7	1	0 - 0.12	2.48 M	15 B	+ 200 A
	2	0.12 - 0.30	1.79 B	12 B	190 A
8	1	0 - 0.10	3.06 M	64 A	+ 200 A
	2	0.10 - 0.30	2.35 M	82 A	+ 200 A
9	1	0 - 0.15	3.86 M	8 B	203 A
	2	0.15 - 0.30	1.56 B	61 A	+ 200 A

B = BAJO

M = MEDIO

A = ALTO

4.13. CUADRO 20. RESULTADO DE LOS ANALISIS QUIMICO DE LAS 4 FUENTES DE AGUA CON QUE DISPONE LA ESTACION EXPERIMENTAL

MUES- TRA.	FECHA	C <sub>p</sub> E mmhos /cm. 25°C	S A R	CLASE	P H	Na S %	CATIONES meq / lit					ANIONES meq / lit					BORO
							Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	SUMA S	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	SUMA S	
1	19/4/90	0.18	0.02	C15I	6.9	0.72	5.04	1.81	0.05	0.02	6.92	0.4	4.03	2.5	0	6.93	0
2	"	0.19	0.02	C15I	8.0	0.75	4.84	1.73	0.05	0.04	6.66	0.5	3.56	2.4	0.2	6.66	0
3	"	0.10	0.05	C15I	7.6	0.02	2.33	0.41	0.05	0.06	2.8	0.4	1.8	0.6	0	2.8	0
4	"	0.95	0.47	C35I	6.9	19.72	1.43	0.24	0.43	0.08	2.18	0.6	20.82	4.7	0	26.12	0

IDENTIFICACION :

1. POZO PROFUNDO DEL LOTE LA BOMBA
2. RIO CACAPA
3. LAGUNA ARTIFICIAL
4. POZO PROFUNDO DEL LOTE EL MANGO

## 5. DISCUSION

La interpretación de todos los resultados está basada, en tres parámetros fundamentales utilizados en la clasificación de tierras para riego. Dichos parámetros son: Suelo, topografía y drenaje.

### 5.1. Interpretación de resultados del perfil N°1

#### - Suelo.

En toda su profundidad el perfil posee una textura franca media a moderadamente fina friable. En cuanto a su profundidad efectiva no existe ninguna restricción por efectos de capas endurecidas, presencia de estratos arenosos y concentraciones de sales. Estas últimas no alcanzan los niveles necesarios para convertirse en un verdadero peligro de salinidad o alcalinidad.

El requerimiento de agua en este perfil se considera como medio (0,45 a 0,90 m/Ha); la conductividad hidráulica (permeabilidad) presenta un valor promedio de 12,9 cm/hr considerándose de moderadamente rápida a rápida y una capacidad de agua aprovechable de 9,8 cm/m, ambos a una profundidad de 1,20 m en el perfil. En cuanto a la infiltración este suelo presenta una buena infiltración, lo cual es demostrado por la velocidad de infiltración que tiene 2,05 cm/hr.

#### - Topografía

El área considerada que circunda el perfil, es una super-

ficie plana con una pendiente menor del 2%, por lo que no requiere de tratamientos superficiales como nivelaciones. Sin embargo, por su posición presenta un ligero peligro de ser inundada por influencia de aguas que bajan en escorrentías de áreas a pie de montañas.

- Drenaje

Las condiciones de suelo y topografía son tales, que se puede decir que no son necesarias prácticas especiales de drenaje en toda el área.

Interpretados los tres parámetros, se ha llegado a la evaluación y clasificación de la tierra como clase 1 arable, lo que demuestra que es una tierra con mayor aptitud para la agricultura de riego, apta para toda clase de cultivo adaptados a la zona, sin restricciones para la mecanización y labranza intensiva, los requerimientos de agua son bajos y su drenabilidad es buena. A continuación se presenta su clasificación en signos convencionales representados en un quebrado:

1  
C Cl B X

Nota:

El procedimiento general para llegar a la formación del quebrado, está basado en especificaciones establecidas de evaluación y en interpretaciones personales. A continuación se presenta el uso de estas especificaciones.

1. El numerador, representa la expresión de la clasificación de la tierra y sus deficiencias y es establecido en base al Anexo A-1.

2. El denominador, representa las apreciaciones informativas o la evaluación descrita de la tierra en donde los signos que lo forman están en base a los Anexos A-15, A-17, A-18.
3. Los requerimientos de agua aquí presentados son valores totales de lámina de agua a utilizarse en el riego de la parcela.

#### 5.2. Interpretación de los resultados del perfil No. 2

##### - Suelo

El suelo de este perfil presenta una textura de franca media a moderadamente fina suelta. Su profundidad efectiva no presenta restricciones en cuanto a salinidad, alcalinidad, capas endurecidas y arena gruesa. Su velocidad de infiltración es de 0,14 cm/hr, lo que indica que este suelo presenta capas superficiales poco permeables, lo cual se confirma con la permeabilidad, cuyos valores en los primeros 0,30 m la presentan como moderadamente lenta o moderada. Sin embargo, en el resto del perfil la permeabilidad es rápida. Por consiguiente los requerimientos de agua de este perfil son bajos por tener una capacidad de retención de humedad aprovechable bastante alto.

##### - Topografía

El área comprendida para este perfil, no presenta problemas de pendientes por ser ésta menor del 2%. La superficie es plana. Por su posición no presenta riesgos de inundación. Su cobertura no interfiere las prácticas culturales.

##### - Drenaje

En base a suelo y topografía, se considera que el drenaje tanto interno como externo es bueno, por lo que no requiere prácticas especiales de drenaje. Después de discutir se clasi

fica como Clase 1 arable y se simboliza como:

$\frac{1}{C \underline{Cl} A X}$

### 5.3. Interpretación de resultados del perfil N°3

#### - Suelo

La textura de este perfil es de franca media a areno francoso. Esta textura representa un problema para cultivos de raíces profundas ya que limita la profundidad efectiva hasta una profundidad de 0,50 m, restringida por estratos de arena franca y por la presencia de sales en los mismos estratos.

La infiltración del perfil es baja ya que el segundo estrato se presenta un poco compacto debido al uso inadecuado de la maquinaria agrícola, esto también puede observarse con la permeabilidad para ese mismo estrato, en donde se presenta como moderadamente lenta.

#### - Topografía

La pendiente dentro del área, en su mayoría es menor del 2% por lo que no presenta problema. Su superficie es plana y por su posición no presenta ningún riesgo de ser inundada. La cobertura no es suficiente como para modificar prácticas culturales.

#### - Drenaje

El drenaje interno como externo de este perfil es bueno ya que su textura y su permeabilidad lo demuestran.

Después de interpretar los resultados y discutidos se defi

ne la tierra como Clase 2 arable con restricción en suelo, pero es calificada como tierra con mayor aptitud para la agricultura de riego la cual se simboliza como:

$$\frac{2s}{C \underline{C3} C X}$$

#### 5.4. Interpretación de resultados del perfil N°4

##### - Suelo

Este perfil en todos sus estratos no presenta problemas texturales, ya que se considera toda su textura como franca media a moderadamente fina friable. La profundidad efectiva no tiene restricciones.

La infiltración de este suelo es baja, lo cual se debe a que los estratos dos y tres presentan una permeabilidad moderadamente lenta debido a cierta compactación.

##### - Topografía

La pendiente es suavemente inclinada por ser mayor del 2%. La superficie es suficientemente uniforme para requerir solo ligeros tratamientos superficiales. Su cobertura no interfiere las labores culturales.

##### - Drenaje

Por las condiciones de suelo y topografía son tales, que se puede decir que no son necesarias prácticas especiales de drenaje en el área.

Esta área está clasificada como Clase 1 arable, lo que de -

muestra que es una tierra con mayor aptitud para riegos y se representa simbólicamente como:

1  
-----  
C C2 B X

#### 5.5. Interpretación de resultados del perfil N°5

##### - Suelo

La textura es de franca media a moderadamente fina friable, no presenta ningún tipo de restricción en cuanto a profundidad efectiva. Tanto la infiltración y la permeabilidad son buenas. Esta última se presenta de moderada a rápida.

Los requerimientos de agua son medio, ya que presenta una capacidad de retención de agua aprovechable mayor de 15 cm a una profundidad de 1,20 m.

##### - Topografía

La pendiente es bastante pronunciada, pero no excede del 8%, con algunos pequeños declives. La superficie es bastante plana con ciertas ondulaciones por lo que necesita de moderadas nivelaciones. Todo lo anterior dificulta el manejo de agua para riego. No existe una cobertura que limite las prácticas culturales.

##### - Drenaje

Las condiciones de suelo y topografía son tales, que no es necesario prácticas especiales de drenaje ya que tanto el drenaje externo como el interno es bueno.

De acuerdo a la interpretación de los tres parámetros ante

riores esta tierra es clasificada como Clase 2 arable y se re  
presenta como: 1 ✓ con restricciones en topografía.

C C2 B X

#### 5.6. Interpretación de resultados del perfil N°6

##### - Suelo

Este perfil, en cuanto a textura no presenta problemas ya que es una textura franca fina firme. La profundidad efectiva no presenta restricciones de capas endurecidas ni de sales. Sin embargo, la velocidad de infiltración y la permeabilidad, presentan valores tan bajos, lo cual es debido a la impermeabilidad que presentan todos los estratos a excepción del primero. Los requerimientos de agua son moderadamente altos por la misma situación que presenta el perfil, ya que el agua escurre superficialmente.

##### - Topografía

La pendiente no excede del 8%, presentando algunos pequeños declives, la superficie es plana y no necesita de grandes nivelaciones. Su cobertura es suficiente como para interferir en las prácticas culturales.

##### - Drenaje

Las condiciones de suelo y topografía hacen necesarias algunas prácticas que favorezcan la infiltración y permeabilidad en las cuales el drenaje externo no escurra demasiado para que haya mayor infiltración.

De acuerdo a lo anterior esta tierra es clasificada como Clase 1 arable con restricción en topografía:

1  
-----  
G C3 B X

5.7. Interpretación de resultados del perfil N°7

- Suelo

La textura predominante del perfil es de franca a franca moderadamente gruesa, suelta. La profundidad efectiva es de 0,5 m; cuya limitación es debido a estratos arenosos que van desde 0,5 m en adelante. Además en ese mismo espesor se encuentra una franja roja grisácea como consecuencia de las fluctuaciones del manto freático. Las concentraciones de sales son mínimas de tal manera que no afectan la profundidad efectiva.

La infiltración y la permeabilidad muestran valores bajos ésta última mostró un incremento notable a partir del cuarto estrato en adelante; considerándose como una permeabilidad rápida.

Los primeros tres estratos se presentan impermeables por la saturación de sus poros, lo cual es debido a las constantes inundaciones del área y específicamente a sedimentación de coloides. Los requerimientos de agua en época seca en este perfil, son altos debido a la estratificación arenosa que presenta.

- Topografía

La pendiente predominante es menor del 2%. La superficie es plana pero presenta una depresión que abarca casi la mayor

parte del área; lo cual favorece la inundación en época lluviosa. Además, su posición y la cercanía a la laguna artificial, son otros dos factores que contribuyen a la misma. La cobertura no afecta las prácticas culturales.

- Drenaje

Las condiciones de suelo y la depresión existente, hacen necesarias algunas prácticas de drenaje especial.

Esta tierra por presentar problemas de suelo y drenaje es clasificada como Clase 2 arable con restricciones de suelo y drenaje. Sin embargo, son tierras de moderada aptitud para la agricultura de riego. Simbólicamente se presenta como:

2sd

L P6 C Z

5.8. Interpretación de resultados del perfil N°8

- Suelo

La textura que presenta esta perfil es de franca media a franca moderadamente gruesa friable. La profundidad efectiva no presenta ninguna restricción. La velocidad de infiltración básica es baja y su permeabilidad presentada es moderadamente rápida.

- Topografía

La pendiente es menor del 3%, la posición al río Cacapa es tal, que si este se desborda, el área puede ser inundada ya que

únicamente tiene una diferencia de altura de mas o menos 4 m; la superficie es plana y no requiere de tratamientos superficiales. Su cobertura es insuficiente como para modificar las prácticas culturales.

- Drenaje

Las condiciones de suelo y topografía son tales, que no es necesario prácticas especiales de drenaje en el área.

Por lo anterior, esta tierra es clasificada como Clase 1 a rable; con mayor aptitud para la agricultura de riego, simbólicamente se presenta:

1  
-----  
L C2 C X

5.9. Interpretación de resultados del perfil N°9

- Suelo

La textura de este perfil es franca fina firme; su profundidad efectiva no se ve afectada por capas endurecidas ni por concentraciones de sales. La infiltración es baja y la permeabilidad es de muy lenta a lenta. Estas propiedades se ven afectadas por la impermeabilidad de los estratos y su rápida saturación superficial, la cual impide por medio del hinchamiento de sus partículas (sellado) la penetración del agua hacia el interior del perfil.

- Topografía

La pendiente pasa del 15%, el relieve local es alto. Su superficie es moderadamente escarpada, con ondulaciones y decli-

ves. La cobertura es suficiente como para interferir en las labores culturales; es necesario hacer limpieza de la misma. Por su topografía el riego y la mecanización agrícola se dificultan.

- Drenaje

Debido a las condiciones de suelo y topografía se hace necesario de ciertas prácticas culturales especiales, para facilitar la infiltración y evitar el excesivo escurrimiento superficial.

Interpretados los tres parámetros anteriores, se clasificó como Clase 3 arable con restricciones en topografía y simbólicamente se representa como: 3t tierra menos apta para la agricultura de riego. B C4 A X

Nota:

La interpretación y clasificación de las tierras en las cuales no aparecen perfiles descritos y que están contempladas en el mapa, se siguió un procedimiento simple y fue en base a la calicata o perfil que más se pareciera; esto era posible por medio de sondeos antes descritos y por la cobertura y topografía propia del área de tierra a clasificar.

5.10. Interpretación de los resultados de los análisis químicos de las cuatro fuentes de agua de la Estación Experimental

Según el diagrama para clasificación de las aguas para

riego (normas Riverside); las aguas 1,2 y 3, se clasifican como C1-S1. Estas aguas pueden usarse para riego de la mayor parte de los cultivos en casi cualquier tipo de suelo con muy poca probabilidad de que se desarrolle salinidad o niveles peligrosos de sodio intercambiable.

En el caso especial del agua N°4; según el diagrama es un agua que se clasifica como C3-S1; la cual no se puede usar en suelos cuyo drenaje sea deficiente, aún con drenajes adecuados se puede necesitar prácticas especiales de control de la salinidad; por lo que es necesario seleccionar especies vegetales tolerantes a sales. En cuanto al sodio existe poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable.

## 6. CONCLUSIONES

1. Las áreas delimitadas en el mapa, como Clase 1 arable; comprenden las tierras de mayor aptitud para la agricultura de riego; porque pueden producir rendimientos altos y estables con la mayoría de cultivos adaptados a las condiciones climáticas de la zona. Sin embargo, estas tierras pueden llegar a tener en un corto tiempo, problemas de estratos endurecidos como consecuencia del continuo laboreo inadecuado, que no sólo afectaría la producción sino que también el deterioro del suelo hasta llevarlo a otra clasificación inferior de tierras menos aptas para el riego.
2. Las clases de tierras representadas como Clase 2 arable en el mapa, son tierras de moderada aptitud para la agricultura de riego. En comparación con la Clase 1, su capacidad productiva es notable y se adaptan a un menor grupo de cultivos.
3. El área delimitada en el mapa correspondiente a la Clase 3 arable, representa tierras que son menos aptas, para la agricultura de riego, que las de la Clase 2, porque presentan deficiencias en topografía, como las señaladas para la Clase 2, pero en mayor grado. Por su topografía tiene más restringida la adaptabilidad a los cultivos y

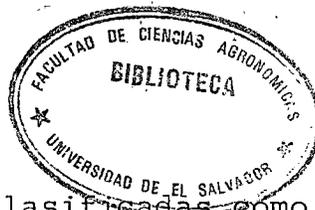
requiere prácticas de riego muy especiales. La explotación agrícola de estas tierras pueden encerrar más riesgo que la de la Clase 1 ó Clase 2, pero se puede predecir que bajo buenas prácticas de manejo, tendrán adecuada capacidad de producción.

4. Las áreas incluidas en la Clase 4 arable comprendidas en el mapa, tienen una excesiva deficiencia específica o susceptibles de corrección a un alto costo pero son aptas para riego debido a que pueden ser utilizadas en forma intensiva para cultivos, tales como frutales; tienen una o más de una deficiencia incorregible, lo cual la limita a ser utilizadas por otros cultivos relativamente permanente. La magnitud de las deficiencias corregibles requieren fuertes inversiones muy superiores a las requeridas por la Clase 3, pero es justificable por los beneficios que se esperan de su utilización de estas tierras.
5. Las áreas comprendidas por la Clase 6 no arable delimitadas en el mapa, están consideradas como no arables bajo las condiciones existentes, debido a que no cumplen con el mínimo de requisitos para ser incluidas en las otras clases superiores, estas tierras son quebradas, escarpadas y su vocación para el riego se considera nulo.
6. El contenido de materia orgánica y fósforo en los prime-

ros dos estratos de cada una de las unidades regables, se presentan con una deficiencia notable. Debido a que el continuo laboreo existente en estas áreas va eliminando gradualmente el poder natural de la fertilidad del suelo. Sin embargo el potasio presente, siempre es alto, ya que su origen es volcánico por lo tanto las deficiencias que se pueden presentar son remotas.

7. De las cuatro fuentes de agua, con que cuenta la Estación Experimental y de Prácticas; dos de ellas son de mayor valor agrícola siendo éstas el agua correspondiente a la del pozo profundo del lote La Bomba y la del Río Cacapa. Las otras dos aguas, según el análisis químico realizado en ellas no presentan mayor aptitud para ser utilizadas en agricultura de riego. No obstante al bombear estas aguas y hacerlas fluir, los resultados serían satisfactorios en cuanto a sus propiedades químicas. La muestra tomada de estas aguas no son representativas, ya que no se pudo cumplir con las normas para la toma de muestras de agua debido a que están estancadas.
8. La clasificación de tierras confines de riego aquí presentadas; se ha establecido de una manera tan específica y detallada, que si la explotación de las mismas se hiciere, con la vocación descrita en cada una, la productividad y producción serán incrementadas e indirectamente se contribuirá al desarrollo de las mismas tierras y por ende al inicio del desarrollo de una agricultura planificada.

El mantenimiento y desarrollo de una tierra no radica en la no explotación, sino en el buen uso, esto como una muestra de tener conocimientos técnicos suficientes para poder implementar prácticas encaminadas a un mejor desarrollo agrícola nacional.



9. Las unidades experimentadas o clasificadas como clase 1 arable no tienen ninguna restricción para ser utilizada bajo cualquier sistema de riego. Sin embargo, es preferible hacer uso de sistemas superficiales por ser más económicos.
10. Por la pendiente (mayor de 5%), la clase 2, puede ser desarrollada utilizando sistemas de riego presurizados ya que si se utiliza el riego superficial se incurrirá a obras de ingeniería con un alto costo económico.
11. Para la clase 3 regable, ya no es posible utilizar el riego superficial y la única posibilidad para esta clase de tierra es el riego a presión (riego por aspersión o goteo). La clase de tierra designada como clase 4 regable por tener fuertes limitantes tanto de topografía como de suelo puede utilizarse el riego por goteo.
12. En cuanto a textura, la clase 1 regable, se considera como friables pues varían desde francas a francas arenosas, reafirmando que se puede implementar cualquier sistema de riego sin ninguna limitante.

## 7. RECOMENDACIONES

1. Efectuar labores de subsoleo en las unidades regables  $\frac{2t}{G C3 B X}$  y  $\frac{3t}{C C3 C X}$ , para eliminar capas en procesos de endurecimiento semi-impermeables y que obstruyen la infiltración del agua, producidas por el continuo laboreo agrícola a los cuales son sometidas y por otros factores de formación del suelo.
2. Se hace necesario el establecimiento de un drenaje especial para el área de la unidad  $\frac{2sd}{L P6 C Z}$ , para facilitar la evacuación de aguas en época lluviosa, evitando la inundación o empantanamiento que tiene esa área o el establecimiento de cultivos tolerantes a tales condiciones.
3. En las áreas delimitadas por las unidades cartográficas  $\frac{2t}{G C3 B X}$  y  $\frac{3t}{B C4 A X}$ , es recomendado hacer estudios especiales para mejorar la estructura y facilitar tanto la permeabilidad como la infiltración del agua; ya que estos suelos presentan dificultades en la penetración de la misma. Por otra parte la topografía que presentan, urge de obras de conservación de suelo para poder mejorar su productividad.
4. Los sistemas de riego a utilizarse en las unidades arables y regables; deben diseñarse de tal forma que represente la

mejor alternativa de producción agrícola.

5. Por lo general, la fertilidad natural de los primeros dos estratos en cuanto a materia orgánica es considerado bajo, de igual manera se encuentra el fósforo y únicamente el potasio se presenta alto por lo que es necesario implementar prácticas agrícolas que se encaminen mejor en los niveles de materia orgánica y fósforo respectivamente.
6. Es recomendable el uso de metodología planteada en este trabajo, de manera que pueda servir como base para otros estudios de clasificación de tierras con fines de riego en cualquier zona de El Salvador, ya que es una forma aceptable de ahorrar los recursos todavía existentes.
7. La metodología utilizada en el desarrollo de este trabajo, es la propuesta por el Ministerio del Interior de los Estados Unidos en 1963, cuya generación de datos obedece a condiciones diferentes a las predominantes de nuestro país, en tal sentido se recomienda para trabajos posteriores de graduación, hacer los ajustes necesarios en tal sentido.

8. BIBLIOGRAFIA

1. ARSHAD, M.A. 1981. Physical and chemical properties of termite mounds of two species of macrotermes and the surrounding soils of the semiarid savanna of Kenya. Soil Science. (U.S.A.). 132(2): 161-174.
2. BAVER, L.D.; GARNER, W.H.; GARNER, W.R. 1972. Física de los suelos. Trad. por Jorge Manuel Rodríguez y Rodríguez. 4 ed. México, D.F., U.T.E.H.A. P. 442-451.
3. BLACK, C.A. 1975. Relaciones suelo-planta. Trad. por Armando Rubuffetti. Buenos Aires, Arg. Hemisferio Sur. Vol. I. p. 75-80.
4. BRINKER RUSSELL, C. 1982. Topografía moderna. Trad. por MA. Dolores García Díaz. 6 ed. México, D.F. Harla. p. 119.
5. BROUWER, C. 1987. Introducción al riego. Roma, Italia, F.A.O. p. 81.
6. DENYS, G. 1962. El cultivo del cacao y algunos trabajos y observaciones llevadas a cabo en El Salvador. Tesis Dr. San Salvador, El Salv., Universidad de El Salvador. p. 28-30.
7. DEPARTAMENTO DE SUELOS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR. 1975. Estudio semi detallado de suelos de la Estación Experimental. p. 1-50.

8. DIRECCION GENERAL DE EDUCACION TECNOLOGICA AGROPECUARIA.  
1982. Suelos y Fertilización. Trad. por Mtra. F. Orozco Luna. México, D.F. Trillas. Manuales para la educación agropecuaria N°34. 80 p.
9. DIRECCION GENERAL DE EDUCACION TECNOLOGICA AGROPECUARIA.  
1982. Riego y Drenaje. Trad. por Mtra. F. Orozco Luna. México, D.F. Trillas. Manuales para la educación agropecuaria N°34. p. 23-24.
10. EL SALVADOR. CENTRO DE TECNOLOGIA AGRICOLA. 1990. Metodologías de la investigación en la Agricultura bajo riego. p.i.
11. \_\_\_\_\_. 1990. Manejo de Agua a nivel de Finca. p.i.
12. FORSYTHE, W. 1975. Manual de Laboratorio de Física de Suelos. IICA. San José, C.R., 207 p.
13. GAUCHER, G. 1971. El suelo y sus características agrónomicas. Trad. por J. Pérez Malla. Barcelona, Esp., Omega. p. 210-216.
14. GAVANDE, S.A. 1972. Física de Suelos. Buenos Aires, Arg., LIMUSA. p. 33-35; 203-205; 306-307.
15. GONZALEZ OLMEDO, R. S.F. Métodos y técnicas del riego. San Salvador, El Salvador, Dirección General de Recursos Naturales. p. 8-22.
16. GONZALEZ, N.O. 1989. El drenaje de suelos agrícolas. La Prensa Gráfica, San Salvador (El Salv.); Ene. 17: 4A.

17. HANKS, R.J. 1983. Física de suelos Aplicada. Trad. por Héctor M. Malano. Logan, EE.UU., Centro Internacional de riego. p. 16-17.
18. JUAREZ BADILLO, E. 1974. Mecánica de suelos. 3 ed. México, D.F. Limusa. Vol. I. p. 42-43.
19. LEWIS, A. 1953. Clasificación de las tierras para el fomento Agrícola. FAO (Italia), Cuadernos de Fomento Agrícola N°18. p. 2-11.
20. NADLER, A.; MAGARITZ, M. 1981. Expected deviations from the ESP-SAR empirical relationships in calcium and sodium-carbonate-containing arid soils: field evidence. Soil Science. (U.S.A.). 131(4): 220-225.
21. OLIVER, H. 1985. Riego y Clima. Trad. por José Luis de La Loma. México, D.F. Continental. p. 12-17.
22. ORTIZ SOLORIO, C.A.; ESTRADA BERG WOLF, J.W. 1973. Metodología de un levantamiento de suelos para dar recomendaciones a nivel parcelario. Agrociencia (México) (14): 61-63.
23. PERFIL AMBIENTAL DE EL SALVADOR. 1986. ed. por Hildebrando Juárez. San Salvador, El Salv., s.n.t. p. 48-55.
24. RICHARDS, L.A. 1970. Suelos Salinos y Sódicos. Trad. por Nicolás Sánchez Durón. 5 ed. México, D.F. snt. p. 23-25; 85-88; 90-115.
25. RICO N, M.A. 1974. Las nuevas clasificaciones y los suelos de El Salvador. Tesis Ing. Agr. San Salvador, El Salvador, Universidad de El Salvador. p. 13-96.

26. RUTHERFORD, G.K.; DEBENHAM, P.L. 1981. The mineralogy of some silt and clay fractions from soils on the faeroe Island. Soil Science. (U.S.A.). 132(4): 289-299.
27. SUAREZ CASTRO, F. DE. 1979. Conservación de suelos. ed. San José, C.R., IICA. p. 6-13.
28. SALAZAR, J.R. 1979. Manual técnico de fertilización. La Libertad, El Salvador, 43p.
29. TABLAS DUBON, J.M. 1986. Clasificación de tierras por su capacidad de uso. La Universidad. (El Salvador). (3): 12-44.
30. THOMPSON, L.M. 1966. El suelo y su fertilidad. Trad. por Ricardo Clará Camprubi. 3 ed. Barcelona, Esp., Reverte. p. 3-165.
31. THORNE, D.W.; PETERSON, H.B. 1985. Técnica del riego. Trad. por José Luis Lepe. 2 ed. México, D.F. Continental. p. 85-89.
32. U.S. BUREAU OF PLANT INDUSTRY AND AGRICULTURAL ENGINEERING. 1962. Soil Surveg Manual. Washington, D.C. 503 p.
33. VALENCIA, R.F. 1961. Estudio de suelos del proyecto de irrigación de Rivas. Managua, Nic., Carmen J. Pérez Sucrs. p. 81-102.
34. VENEZUELA, MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS. 1963. Manual de clasificación de tierras con fines de riego. Caracas. 352p.

35. ZIMMERMAN, J.D. 1970. El riego. Trad. por Guillermo A. Fernández de Lara. México, D.F. Continental. p.63  
65.

9. ANEXOS

Anexo A-1. Especificaciones generales para la clasificación de la tierra.

Clase 1. Arable	Características de la tierra
<u>Suelo</u>	
Textura	Franco arenoso a franco arcilloso friable.
Profundidad	90 cm o más de suelo fácilmente trabajable de franco arenoso fino o más pesado: 0 105 cm de franco arenoso.
a) A la arena, grava o guijarros	
b) Al esquisto o material impermeable (15 cm menos en cada caso a la roca o material similar)	150 cm o más 0 135 cm con un mínimo de 15 cm de grava sobre el material impermeable o franco arenoso en toda su extensión.
Alcalinidad	pH menor que 9.0, a menos que el suelo sea cálcico, el contenido total de sales es bajo y no existe evidencia de la presencia de álcali negro.
Salinidad	El total de sales no debe exceder de 0.2%, puede ser más alto en suelos abiertos y permeables, bajo buenas condiciones de drenaje.

Continuación Anexo A-1...

Topografía

Pendientes	Suaves declives, con un máxi mo de 4% de pendiente gene- ral, en extensiones razona- bles, con declives en el mis mo plano.
Superficie	Suficientemente uniforme pa- ra requerir sólo ligeros tra tamientos superficiales y no precisar de pesadas.
Cobertura (piedras suel- tas y vegetación)	Insuficiente para modificar la productividad o prácticas culturales, o bajos costos de limpieza.

Drenaje

Suelo y topografía	Las condiciones de suelo y to pografía son tales, que se - puede decir que no seran nece- sarias prácticas especiales de drenaje en las parcelas.
--------------------	---

---

Clase 2. Arable

Características de la tierra

---

Suelo

Textura	Areno francoso a arcilla muy permeable.
---------	--

Continuación Anexo A-1...

Profundidad:

a) A la arena, grava o guijarro

60 cm o más de suelo fácil de trabajar, franco arenoso fino o más pesado o 75 y 90 cm de franco arenoso y areno franco so respectivamente.

b) Al esquisto o material impermeable (15 cm menos en cada caso, a la roca o material).

120 cm o más o 150 cm con un mínimo de 15 cm de grava sobre el material impermeable o areno francoso en toda su extensión.

Alcalinidad

pH 9,0 ó menor, a menos que el suelo sea calcareo, el contenido de sales bajo y no exista evidencia de álcali negro.

Salinidad

El contenido total de sales no debe exceder de 0,5%. Puede ser más alto en suelos abiertos y de buenas condiciones de drenaje.

Topografía

Pendientes

Declives suaves pueden llegar a tener hasta 8% de pendiente general en grandes extensiones y en el mismo plano. Se admite solamente el 4% en declives irregulares.

Continuación Anexo A-1...

Superficie

Se requieren moderadas nivela  
ciones, pero en cantidades ta  
les, que puedan hacerse a un  
razonable costo en comparación  
a áreas regadas.

Cobertura (rocas sueltas y  
vegetación)

Suficiente para reducir la  
productividad e interferir las  
prácticas culturales. Requier  
en limpieza, pero su costo  
es moderado.

Drenaje

Suelos y topografía

Las condiciones de suelo y to  
pografía hacen necesarias al-  
gunas prácticas de drenaje, pe  
ro con labores de mejoramien-  
to por medios artificiales son  
factibles a un costo razonable.

---

Clase 3. Arable

Características de la tierra

---

Suelo

Textura

Areno francoso o arcilla per-  
meable.

Profundidad:

a) A la arena, grava o gui  
jarro

45 cm o más de suelo fácil de  
trabajar franco arenoso fino o  
más pesado; o 60 a 75 cm de  
franco arenoso o areno franco-  
so uniforme.

Continuación Anexo A-1...

b) Al esquistos o material impermeable (15 cm menos en cada caso a la roca o material similar) 105 cm o más; o 90 cm con un mínimo de 15 cm de grava sobre el material impermeable o areno francoso a través de toda su extensión.

Alcalinidad

pH 9,0 ó menor, a menos que el suelo sea calcareo, el contenido total de sales es bajo y no existe evidencia de la presencia de álcali negro.

Salinidad

El contenido total de sales no excede de 0,5%. Puede ser mayor en suelos abiertos permeables y bajo buenas condiciones de drenaje.

Topografía

Pendientes

Se admite hasta un 12% en su superficies planas; en superficies más irregulares se admite solamente menos de 8%.

Superficie

Son necesarias pesadas y costosas nivelaciones por sectores, pero realizables en comparación a áreas ya regadas.

Cobertura (piedras sueltas y vegetación)

Su presencia requiere tratamientos de limpieza costosos, pero justificables económicamente.

Continuación Anexo A-1...

Drenaje

Suelo y topografía

Por las condiciones del suelo y la topografía se hace necesario la construcción de costosos drenajes, pero a un cos justificable.

---

Clase 4. Arable limitada

---

Comprenden las tierras que tienen excesivas deficiencias y utilidad restringida, pero que con estudios especiales de caracter económico y de ingeniería, se ha demostrado que son regables.

---

Clase 5. No arable

---

Incluye aquellas tierras que requieren estudios adicionales, económicos y de ingeniería, para determinar su regabilidad y las tierras clasificadas como temporalmente no productivas en espera de obras correctivas y de mejoramiento.

---

Clase 6. No arable

---

Incluye todas las tierras que no cumplen con los requisitos mínimos para incluirlas en la siguiente categoría superior de tierra en un determinado estudio y, pequeñas áreas de tierras arables que se encuentran en extensiones grandes de tierras no arables (34).

Anexo A-2. Clases básicas de tierras.

Clase 1. Arable

Comprende las tierras de mayor aptitud para la agricultura de riego, porque pueden producir rendimientos relativamente altos. Estas tierras son de superficie suave, con poca pendiente; los suelos son profundos y de textura media a ligera, friables, son bien estructurados, lo que permiten la fácil penetración de las raíces, aire y agua; tienen buen drenaje y, sin embargo, buena capacidad de retención de humedad aprovechable. Estos suelos no presentan acumulaciones perjudiciales de sales solubles.

Clase 2. Arable.

Esta clase comprende las tierras de moderada aptitud para la agricultura de riego. En comparación con la Clase 1, su capacidad productiva es notablemente menor, se adapta a un grupo de cultivos más reducidos y la preparación para el riego, así como su explotación agrícola, son más costosos.

Estas tierras no son tan deseables, debido a ciertas limitaciones corregibles o no. Pueden tener más baja capacidad de retención de humedad aprovechable, lo cual es ocasionado por la textura más ligera o por la mayor profundidad del suelo; pueden ser poco permeables, moderadamente salinas, limitaciones topográficas, etc.

Continuación Anexo A-2...

Clase 3. Arable

Comprende aquellas tierras que son menos aptas, a la agricultura de riego, que las de la clase 2, porque presentan deficiencias en suelo, topografía o drenaje, en mayor grado; puede tener buena topografía, pero debido a condiciones del suelo; tiene más restringida adaptabilidad a los cultivos y requieren prácticas de riego muy especiales o grandes cantidades de agua, además de demandar prácticas más intensivas de mejoramiento de suelo. Pueden tener topografía accidentada; de moderada a alta concentración de sales o drenaje restringido, susceptible de corrección. La explotación agrícola de estas tierras puede encerrar más riesgo que las clases 1 y 2.

Clase 4. Arable limitada o de uso especial

Las tierras son incluidas en esta clase, sólo después de que estudios especiales de ingeniería y economía han demostrado que son arables. Pueden tener una excesiva deficiencia específica o deficiencias susceptibles de corrección a un costo alto, pero son aptas para riego debido a que pueden ser utilizadas en forma intensiva para cultivos, tales como hortalizas y frutas; pueden tener una o más deficiencias incorregibles, lo cual limita su utilidad para cultivos permanentes, pero si son manejados en unidades de adecuado tamaño o en aso

Continuación Anexo A-2...

ciación con tierras mejores, son capaces de mantener una familia. Las deficiencias pueden ser: Drenaje inadecuado, excesiva cantidad de sales, posición desfavorables que determina inundaciones periódicas, topografía muy irregular, excesiva cantidad de piedras sueltas en la superficie o en la capa de arado.

Clase 5. No arable

Las tierras incluidas en esta clase no son arables bajo las condiciones naturales; pero tiene un valor potencialmente suficiente para justificar su agregación tentativa, con el fin de hacer en ellas estudios especiales antes de completar su clasificación definitiva; incluye así mismo, tierras que requieren trabajo previo de mejoramiento de la tierra. Pueden tener una deficiencia en suelo, tal como excesiva salinidad, topografía muy irregular, inadecuado drenaje o excesivo contenido de rocas o cobertura de árboles.

Clase 6. No arable

Las tierras en este grupo son: a) las consideradas como arables bajo las condiciones existentes, debido a que no cumplen con el mínimo de requisitos para ser incluidas en las otras clases; b) las áreas arables, cuando definitivamente no

Continuación Anexo A-2...

es posible disponer de aguas para regarlas o no se les puede dotar de drenaje y c) las clases 4 y 5, cuando su extensión o los detalles obtenidos en su respectiva investigación no garanticen su segregación. Generalmente, la clase 6 comprende tierras quebradas, irregulares, escarpadas o muy erosionadas; tierras con suelos de textura muy ligera o muy pesada; o suelos muy delgados sobre grava y tierras que tienen drenaje inadecuado y alto contenido de sales solubles o sodio (34).

Anexo A-3. Nomograma para determinar el valor del RAS Y para estimar el porcentaje de sodio intercambiable.

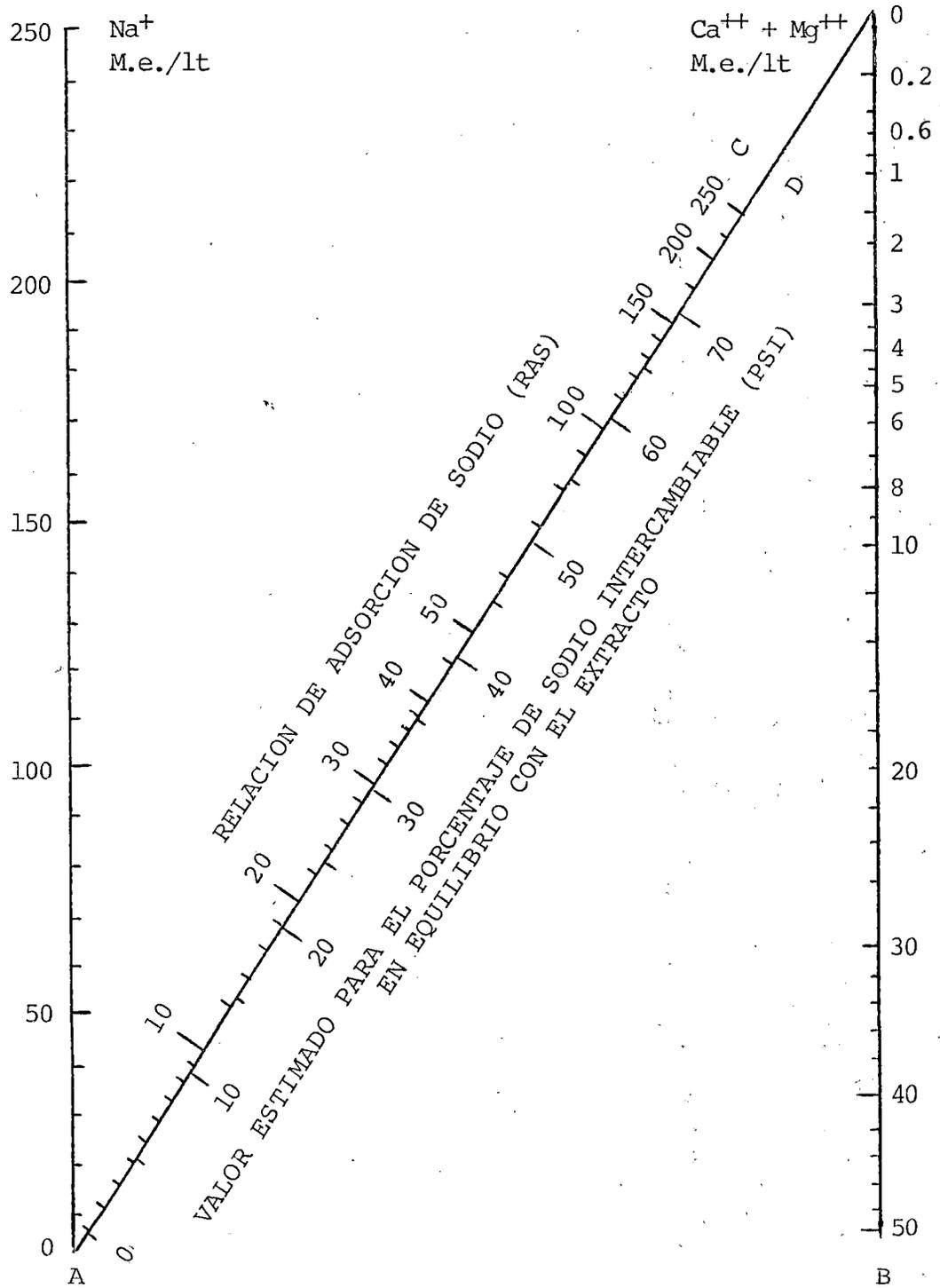


Figura 14. Nomograma para determinar el valor de la relación de adsorción de sodio en el extracto de saturación y para estimar el valor correspondiente al porcentaje de sodio intercambiable del suelo en equilibrio con el extracto (24).

Anexo A-4. Diagrama para la clasificación de las aguas para riego (Normas Riverside)

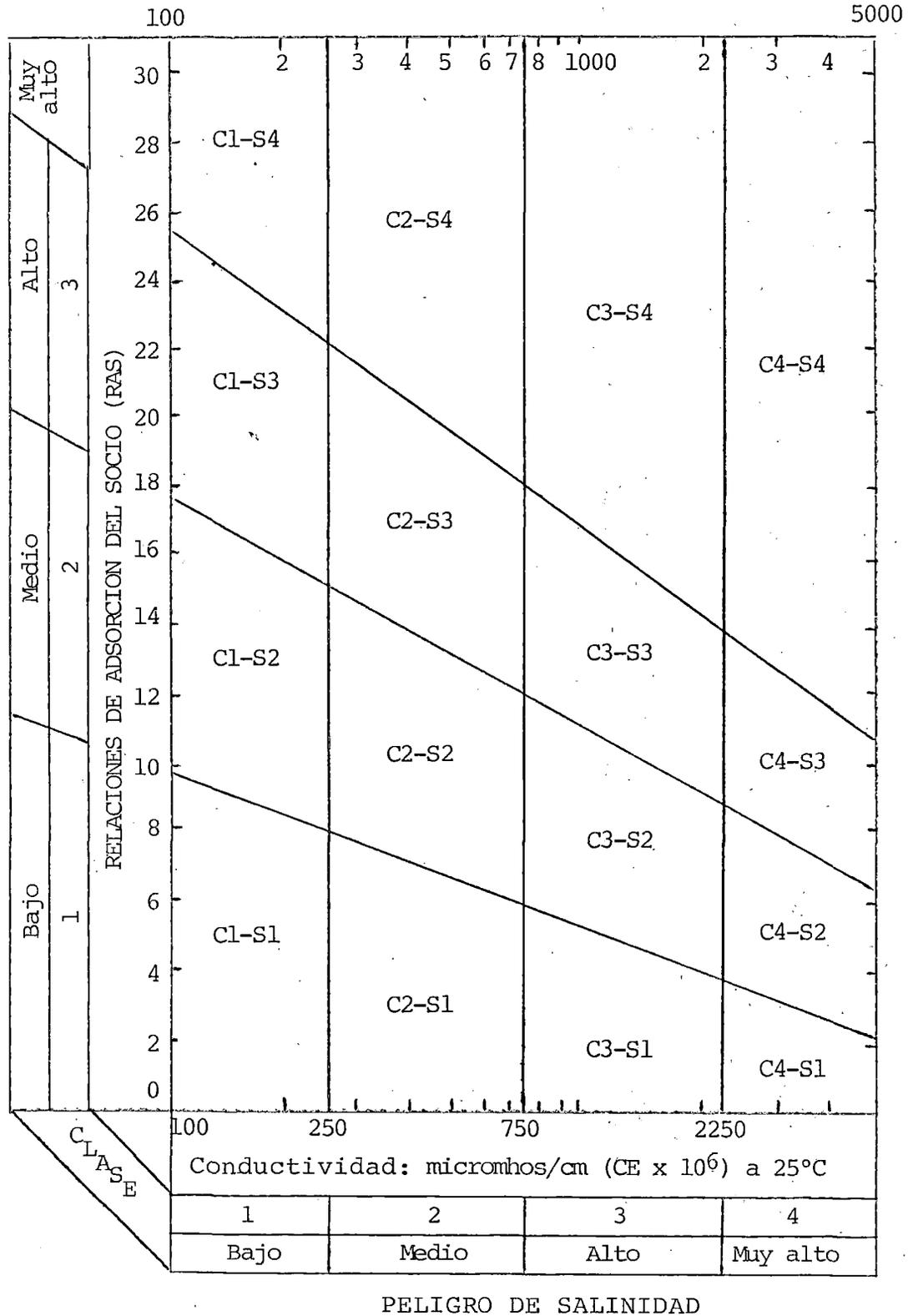


Figura 15. Diagrama para la clasificación de las aguas para riego (24).

Anexo A-5. Significado e interpretación de las clases de agua por calidad en el Diagrama.

Conductividad eléctrica

- Agua de baja salinidad (C1): Puede usarse para riego de la mayor parte de cultivos, en casi cualquier tipo de suelo con muy poca probabilidad de que se desarrolle salinidad. Se necesita algún lavado, pero éste se logra en condiciones normales de riego, excepto en suelos de muy baja permeabilidad.

- Agua de salinidad media (C2): Puede usarse siempre y cuando haya un grado moderado de lavado. En casi todos los casos y sin necesidad de prácticas especiales de control de salinidad, se pueden producir las plantas moderadamente tolerantes a las sales.

- Agua altamente salina (C3): No puede usarse en suelos cuyo drenaje sea deficiente. Aún con drenaje adecuado se pueden necesitar prácticas especiales de control de la salinidad, debiendo, por lo tanto, seleccionar únicamente aquellas especies vegetales muy tolerantes a las sales.

- Agua muy altamente salina (C4): No es apropiada para riego bajo condiciones ordinarias, pero puede usarse ocasio-

Continuación Anexo A-5...

nalmente en circunstancias muy especiales.

Relación de adsorción de sodio

- Agua baja en sodio (S1): Puede usarse para el riego en la mayoría de los suelos con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable. No obstante, los cultivos sensibles, como algunos frutales y aguacates, pueden acumular cantidades perjudiciales de sodio.

- Agua media en sodio (S2): Estas aguas sólo pueden usarse en suelos de textura gruesa o en suelos orgánicos de buena permeabilidad.

- Agua alta en sodio (S3): Pueden producir niveles tóxicos de sodio intercambiable en la mayor parte de los suelos, por lo que estos necesitan prácticas especiales de manejo.

- Agua muy alta en sodio (S4): Es inadecuada para el riego, excepto cuando su salinidad es baja o media y cuando la disolución del calcio del suelo y/o la aplicación de yeso u otros mejoradores no hace antieconómico el empleo de esta clase de agua (24).

Anexo A-6. Determinación de la permeabilidad en pequeños cilindros sin disturbar.

1. Raspe la superficie del suelo y nivele suavemente antes de colocar el cilindro sobre el suelo.
2. Coloque el cilindro y golpee o fuerse suavemente en el centro, hasta que el cilindro haya penetrado 5 cm en el suelo. Excave el suelo alrededor del cilindro y corte el suelo a nivel de la base del cilindro.
3. Inmediatamente, para mantener el contenido de humedad, cubra el cilindro con papel encerado y asegure éste con tierra.
4. Transporte las muestras al laboratorio, remueva el papel encerado.
5. Coloque el cilindro en un bandeja llana que contenga una lámina de agua de 2,5 cm aproximadamente. Deje saturar la muestra por una noche.
6. Pasado este tiempo, tome el cilindro y colóquelo sobre una toalla hasta que todo el exceso de agua haya drenado (15 mi) Coloque los cilindros sobre los embudos-filtros, use una carga constante de 2,5 cm, colecte y mida el agua hora por hora hasta que se obtenga una lectura razonable constante. Registre los resultados en cm/hora.
7. Los cálculos de permeabilidad comprenden el uso de la ecuación de Darcy donde:

$$\frac{Q}{At} = -K \frac{H}{L}$$

Continuación Anexo A-6...

Donde:

- t = Tiempo
- A = área de la sección transversal del flujo
- H = carga hidráulica o energía/unidad de peso de agua
- L = longitud de la columna de suelo
- H = diferencia en la carga hidráulica
- Q = volumen del flujo
- K = conductividad hidráulica

Anexo A-7. Determinación de textura por el método del Hidrómetro de Bouyoucos.

Procedimiento

Pesar 50 gr de suelo. Luego póngase el suelo en una copa de dispersión y llenese ésta con agua destilada hasta aproximadamente 4 cm del borde.

Añadanse 10 ml de Hexametáfosfato de sodio. Esta sustancia actúa como agente dispersante. Dejar 15 min. en reposo. Pasados los 15 min, conéctese la copa de dispersión al agitador y agítese durante 15 min. Viertase el contenido de la copa de dispersión dentro de un cilindro de Bouyoucos. Absolutamente todo el suelo contenido en la copa debe de ser transferido al cilindro. Esto se logra lavando la copa de dispersión con un chorro de agua destilada dirigido al interior de ésta, mientras se mantiene la copa inclinada sobre la boca del cilindro.

Llévese el cilindro hasta la marca de 1130 ml. El nivel del agua debe llegar a la marca correspondiente cuando el hidrómetro está dentro del líquido.

Sáquese el hidrómetro y agítese el cilindro fuertemente con el agitador manual por lo menos durante 20 min. Sáquese el agitador e introduzca inmediatamente el hidrómetro dentro de la suspensión suavemente, déjese que se aquiete. Lease el hidrómetro a los 40 seg. exactos de haber introducido el hi-

drómetro. Tómese la temperatura. A los 40 seg. se habrá precipitado la arena y permanecerán en suspensión el limo y la arcilla.

La lectura del hidrómetro nos dará la cantidad de éstas partículas en suspensión. Sáquese el hidrómetro suavemente y déjese el cilindro en reposo, sin tocar por 2 horas a partir del momento en que dejó de agitar manualmente.

Pasadas las 2 horas, vuelvase a insertar el hidrómetro tómese la temperatura. A las dos horas todo el limo se habrá precipitado y quedará sólo la arcilla en suspensión. La lectura del hidrómetro a este punto dará la cantidad de arcilla en suspensión.

Deséchese el contenido del cilindro y lávese bien el equipo. A cada lectura de temperatura que tenga la suspensión, corresponde una cifra de corrección la cual deberá adicionarse a la lectura del hidrómetro. La corrección se hace sobre 67°F (19,44°C) porque el hidrómetro ha sido calibrado a esa temperatura.

#### Cálculos

- Primera lectura + corrección por temperatura x 2 = % de arcilla + limo.
- 100 - % de arcilla + limo = % de arena
- Segunda lectura + corrección x temperatura x 2 = % de arcilla
- % de arcilla + limo - % de arcilla = % de limo

Los porcentajes obtenidos se aplican al triángulo textural de suelos y se encuentra el grado o clase textural (13).

Anexo A-8. Procedimiento para la determinación de la densidad aparente

Introduzca el equipo Uhland en el estrato de suelo; saque la muestra de volumen conocido del suelo y guárdelas en una lata para muestra, debidamente marcada con un lápiz de cera. La lata debe estar sellada herméticamente para que no haya pérdida de humedad y su determinación en su laboratorio sea más exacto.

Pese en el laboratorio, las muestras del volumen conocido; póngalas a secar en la estufa (105°C) por 24 horas y determine la humedad. Establezca el volumen del cilindro, midiendo el diámetro y la altura del cilindro (medida interna) (13).

Cálculos

$$P_a = \frac{M_{ss}}{V_t} \quad \text{y} \quad E = 1 - \frac{P_a}{P_s}$$

Anexo A-9. Procedimiento para la determinación de capacidad de campo y punto de marchitez permanente.

Métodos de los platos de cerámica

Pesar dos muestras de 25 gr cada uno de suelo seco y tamizado, de cada estrato de cada perfil, tanto para capacidad de campo como para marchitez permanente.

Coloque los anillos sobre los platos de cerámica. Para evitar la separación de partículas por tamaño se vacía todo el suelo de cada muestra en un solo anillo. Luego se empareja al suelo colocado en los anillos y se cubre con papel encerrado; después se deja en reposo con un exceso de agua en el plato, cuando menos por dieciséis horas. Extraer con una pipeta el agua sobrante en los platos cerámica.

Colocar en el fondo del extractor de soporte triangular antes de instalar cualquier plato de cerámica, con el propósito de mantener alejado del fondo del extractor el plato de cerámica, el cual evita que desarrolle una gran diferencia de presión entre la parte superior y el fondo de este plato, que traería como consecuencia el rompimiento del mismo. El primer plato se coloca sobre el soporte triangular anteriormente mencionado y entre el primero y segundo y tercero se colocan tres espaciadores plásticos, formando un triángulo equilátero. Cada plato se conecta a los tubos de salida del extractor, por medio de una manguera de nylon.

Continuación Anexo A-9...

Ya instalado los tres platos y sus tubos de salida conectados se coloca el anillo sellador, se pone la tapadera, se atornillan las tuercas, apretando primero las que están al lado de la bisagra, y luego las restantes. Para regular la presión se usa el proceso de doble regulación esto se hace colocando dos reguladores en serie.

Si se quiere determinar el contenido de humedad a 15 atmósferas, se sierra la válvula de doble presión y se opera únicamente con la de alta presión, dando una presión constante de 15 atmósferas, se sierra la válvula de alta presión, y se abre la baja presión y se da una presión constante con el manómetro de alta presión y se controla con el regulador de baja presión.

Después de 24 horas de estar las muestras en el extractor con una presión constante, se sierra la llave de presión, se saca el aire del extractor, los platos de cerámica son sacados del extractor y las muestras son puestas en cajas de aluminio.

Pesar las muestras con las cajas de aluminio, y luego se traslada a la estufa para secarlas a 110°C, durante 24 horas. Sacar las muestras de la estufa y pesarlas nuevamente.

Con los datos obtenidos, se calcula el porcentaje de humedad mediante la fórmula:

$$H = \frac{h}{Ps} \times 100$$

Continuación Anexo A-9...

Donde:

H = Porcentaje de humedad

Ph = peso del suelo húmedo en gramos

Ps = peso del suelo seco en gramos

h = peso de humedad en gramos = Ph - Ps (24).

Anexo A-10. Procedimiento de saturación del suelo y extracto de saturación.

Se colocan 100 gr de tierra en una cápsula de porcelana de 250 c.c y se van añadiendo cantidades de 20 ml de agua, agitando y amasando con una espátula hasta saturar la muestra. El punto final se reconoce porque la superficie del suelo brilla y la pasta fluye; haciendo una raya, el agua no se separe, aunque con repetidos golpes dicha endidura se cierra. En este momento se separa una fracción de unos 10 gr que se pesan en una cápsula pequeña, y se desecan en una estufa a 105 - 110°C y se vuelve a pesar el suelo desecado. La cápsula debe ser tarada. El resto de la pasta se deja reposar, cubriendo la cápsula con un papel filtro húmedo, y tras 2 horas, se somete a la extracción de la solución con una bomba de vacío. Luego el extracto se le es determinada la conductividad eléctrica por medio de un conductivímetro de lectura directa y a temperatura de 25°C.

$$\text{Calculos} \quad \% \text{ Hs} = \frac{\text{Sh} - \text{Ss}}{\text{Ss}} \times 100$$

Hs = humedad de saturación en %

Sh = masa de suelo húmedo a saturación

Ss = masa de suelo seco en estufa a 105 - 110°C (24).

Anexo A-11. Procedimiento para la determinación de la capacidad de intercambio catiónico y bases intercambiables en muestras de suelo.

En un vaso (beaker) de 100 ml pesar en balanza analítica 5 gr de suelo, agregar 15 ml de solución de acetato de amonio pH 7, exactamente. Tapar los vasos con tapón de hule N°10. Agitar manualmente por medio minuto y dejar en contacto durante toda la noche.

Preparar los filtros a usar en un embudo buchner a partir de papel filtro N°42, de 11 cm de diámetro de acuerdo al modelo adjunto al diámetro del embudo a usar. Pesar en balanza analítica cada filtro, anotar el peso y colocarlo en el embudo ya ajustado a un erlenmeyer de filtración de 500 ml.

Al día siguiente, agitar suavemente y pasar al embudo buchner suelo con la solución. Terminar de pasar el residuo con solución de acetato de amonio contenido en una pipeta. Dejar filtrar completamente, sin aplicar vacío, para iniciar las adiciones sucesivas de acetato de amonio 1N en alícuotas de 10 ml cada una, tomadas con pipetas del mismo volumen de una botella en la que anteriormente se colocaron 85 ml del mismo acetato de amonio. Continuar los lavados hasta terminar los 85 ml de solución.

Observación: Con los dos primeros lavados aprovechar para arrastrar el suelo que puede ser adherido a las paredes del papel filtro.

Al finalizar los lavados, aplicar vacío para extraer todo el acetato de amonio residual en la muestra de suelo. A continuación, dar tres lavados de 10 ml de etanol 95% con pipeta y dejar filtrar por gravedad. Al final, después de terminar la filtración por gravedad, aplicar vacío hasta extenuar el alcohol adicionado. Transferir cuantitativamente el contenido de los erlenmeyers de filtración en volumétricos de 200 ml y llevar a volumen con agua destilada para leer  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$ , tomar una alícuota de 1 ó 2 ml a balones de 25 ó 50 ml respectivamente, aforar con cloruro de lantano, luego leer en absorción atómica  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$ . Extraer y colocar los filtros en un lugar seguro secarlos al aire por dos horas. En seguida pesar en balanza analítica cada embudo de papel con el suelo y por diferencias de peso inicial del filtro determinar el peso del suelo parcialmente seco al aire y encontrar la cantidad necesaria a pesar de la muestra para que represente 1 gr del suelo original.

Colocar el peso tomado de la muestra en Kjeldahl de 800 al cual previamente se le ha agregado 300 ml de agua destilada. En el caso de no poder pesar después de dos horas de exposición al aire, guardar las muestras en el filtro y colocarla en el congelador.

Capacidad e intercambio catiónico total. Al balón Kjeldahl con el gr de suelo, agregar 5 gr de  $\text{NaCl}$ , 5 gotas de mezcla anti espumante, 4 perlas de  $\text{Zn}$  y 40 ml de  $\text{NaOH}$ , destilando en erlenmeyer de 500 ml para titulación, al que se le ha

Continuación Anexo A-11...

agregado previamente 50 ml de ácido bórico al 2%. Recoger un volumen de mas o menos 300 ml de agua.

Agregar al erlenmeyer con el destilado 10 gotas de indicador mixto y dos gotas de verde de bromocresol 0,1% solución acuosa y titular con HCL al 0,02 N.

Se destilan un blanco y se titula escogiéndose cualquier tonalidad dentro. El blanco titulado, se usa posteriormente como referencia del punto final en la titulación de las muestras restándole a cada muestra el volumen de titulación del blanco.

- Calculos.

$$\text{C.I.C. meq./100 gr de suelo} = \frac{\text{ml HCL gastado en titulación} \times \text{N HCL} \times 100}{\text{ml muestra}}$$

Suma de bases: Transferir cuantitativamente los estratos contenidos en el kitasato a un volumétrico de 200 ml. Llevar a volumen con agua destilada. De cada muestra hacer diluciones de 1/50 ó 2/50 (24).

Anexo A-12. Resultados complementarios de la capacidad de intercambio catiónico

Perfil N°	Estrato N°	Calcio		Magnesio		Sodio		Potasio		Σ Bases meq/100 gr	C.I.C.		Saturación de bases (%)
		ppm	meq/100 gr	ppm	meq/100 gr	ppm	meq/100 gr	ppm	meq/100 gr		ml.HCL	meq/100 gr	
1	1	1,43	7,14	0,09	0,74	2,65	0,46	11,10	1,14	9,48	2,90	14,50	65,38
	2	1,83	9,13	0,12	0,99	3,20	0,56	11,26	1,15	11,83	4,15	20,75	57,01
	3	1,45	7,24	0,11	0,90	2,57	0,45	9,88	1,01	9,60	2,80	14,00	68,57
	4	1,99	9,93	0,17	1,40	3,30	0,57	11,94	1,22	13,12	3,82	19,10	68,69
	5	1,61	8,03	0,15	1,23	2,76	0,48	8,99	0,92	10,66	2,90	14,50	73,52
	6	1,49	7,44	0,17	1,40	1,71	0,30	4,08	0,42	9,56	3,40	17,00	56,24
2	1	1,81	9,03	0,12	0,98	4,03	0,70	15,59	1,59	12,30	3,70	18,50	66,48
	2	2,63	13,12	0,17	1,39	5,02	0,87	13,22	1,35	16,73	5,20	26,00	64,34
	3	2,66	13,27	0,16	1,31	4,62	0,80	9,43	0,96	16,34	5,20	26,00	62,84
	4	1,91	9,53	0,09	0,74	2,90	0,50	6,25	0,63	11,40	3,20	16,00	71,25
	5	2,83	14,12	0,22	1,80	4,46	0,77	10,59	1,08	17,77	5,80	29,00	61,27
3	1	1,32	6,58	0,05	0,41	1,57	0,27	16,80	1,71	8,97	3,90	19,50	46,00
	2	1,61	8,03	0,04	0,32	1,58	0,27	10,32	1,05	9,67	3,80	19,00	50,89
	3	1,54	7,68	0,05	0,41	1,69	0,29	9,32	0,95	9,33	3,20	16,00	58,31

Continuación Anexo A-12...

Resultados complementarios de la capacidad de intercambio catiónico

Perfil N°	Estrato N°	Calcio		Magnesio		Sodio		Potasio		Σ Bases meq/100 gr	C.I.C.		Saturación de bases (%)
		ppm	meq/100 gr	ppm	meq/100 gr	ppm	meq/100 gr	ppm	meq/100 gr		ml.HCL	meq/100 gr	
	4	1,13	5,63	0,05	0,41	1,73	0,30	7,19	0,72	7,06	2,70	13,50	52,29
	5	1,01	5,03	0,05	0,41	1,88	0,32	5,88	0,60	6,36	2,40	12,00	53,00
4	1	1,73	8,63	0,05	0,57	2,01	0,34	14,53	1,48	11,02	4,10	20,50	53,75
	2	1,82	9,08	0,07	0,49	2,73	0,47	13,29	1,35	11,39	4,50	22,50	50,62
	3	2,22	11,07	0,06	0,74	3,62	0,62	7,48	0,76	13,19	4,70	23,50	56,12
	4	1,36	6,78	0,09	0,41	2,76	0,47	5,30	0,54	8,20	2,80	14,00	58,57
	5	1,13	5,63	0,05	0,32	2,49	0,43	5,20	0,53	6,91	2,90	14,50	47,65
	6	1,38	6,89	0,16	1,32	2,74	0,48	8,15	0,83	9,52	8,50	42,50	22,40
	7	2,00	9,98	0,22	1,81	3,22	0,56	9,70	0,99	13,34	5,5	27,50	48,51
5	1	1,77	8,83	0,20	1,65	2,20	0,38	15,52	1,59	12,45	3,6	18,00	69,17
	2	2,06	10,28	0,21	1,73	3,73	0,65	13,39	1,37	14,03	4,0	20,00	70,15
	3	2,98	14,87	0,26	2,14	7,55	1,31	11,58	1,18	19,50	5,3	26,50	73,58
	4	2,20	10,98	0,21	1,73	7,79	1,35	10,31	1,05	15,11	4,1	20,50	73,71
	5	1,89	9,43	0,19	1,56	7,44	1,29	10,70	1,09	13,37	3,3	16,50	81,03

Continuación Anexo A-12...

Resultados complementarios de la capacidad de intercambio catiónico

Perfil N°	Estrato N°	Calcio		Magnesio		Sodio		Potasio		Σ Bases meq/100 gr	C.I.C.		Saturación de bases (%)
		ppm	meq/100 gr	ppm	meq/100 gr	ppm	meq/100 gr	ppm	meq/100 gr		ml.HCL	meq/100 gr	
6	1	2,49	12,08	0,28	2,30	3,42	0,59	29,93	3,06	18,03	5,00	23,50	76,72
	2	1,88	9,38	0,12	0,98	3,07	0,53	18,23	1,86	12,75	4,60	23,00	55,43
	3	1,41	7,03	0,11	0,90	3,01	0,53	12,73	1,30	9,75	3,60	18,00	54,16
	4	1,64	8,18	0,15	1,23	3,82	0,66	11,06	1,13	11,20	3,80	19,00	58,94
	5	1,25	6,23	0,11	0,90	3,27	0,56	8,22	0,84	8,53	2,90	14,50	58,82
	6	1,46	7,28	0,25	2,06	6,26	1,09	7,37	0,75	11,18	3,50	16,00	69,87
7	1	2,40	11,98	0,35	2,88	7,31	1,27	12,86	1,32	17,45	4,90	24,50	71,22
	2	2,43	12,12	0,41	3,37	9,64	1,68	10,95	1,12	18,29	5,10	24,00	76,21
	3	2,25	11,23	0,52	4,28	9,35	1,63	12,76	1,30	18,44	5,10	14,50	76,83
	4	1,67	8,33	0,38	3,13	6,88	1,20	11,94	1,22	13,88	3,20	13,00	95,72
	5	1,15	5,73	0,21	1,73	4,65	0,80	7,43	0,76	9,02	2,90	16,50	69,38
8	1	1,46	7,28	0,15	1,23	3,49	0,60	15,41	1,58	10,69	3,60	12,00	64,78
	2	1,62	8,08	0,21	1,73	3,82	0,66	11,08	1,13	11,60	2,70	15,50	96,66
	3	2,09	10,43	0,28	2,30	3,59	0,62	14,36	1,47	14,82	3,40	14,50	95,61

Continuación Anexo A-12...

Resultados complementarios de la capacidad de intercambio catiónico

Perfil N°	Estrato N°	Calcio		Magnesio		Sodio		Potasio		Σ Bases meq/100 gr	C.I.C.		Saturación de bases (%)
		ppm	meq/100 gr	ppm	meq/100 gr	ppm	meq/100 gr	ppm	meq/100 gr		ml.HCL	meq/100 gr	
	4	2,04	10,17	0,27	2,22	3,52	0,61	13,84	1,42	14,42	3,20	14,50	99,45
	5	1,76	8,78	0,22	1,80	3,27	0,56	11,47	1,17	12,31	3,00	15,00	82,07
	6	2,26	11,27	0,27	2,22	4,32	0,75	12,15	1,24	15,48	3,70	17,00	91,06
	7	1,69	8,43	0,18	1,48	4,05	0,70	9,02	0,92	11,53	3,50	16,00	72,06
9	1	2,47	12,32	0,37	3,04	5,22	0,90	13,27	1,36	17,62	4,50	21,00	83,90
	2	1,61	8,03	0,23	1,89	6,03	1,05	15,86	1,62	12,59	3,30	15,00	83,93
	3	1,59	7,93	0,24	1,97	5,98	1,04	15,32	1,57	12,51	2,90	13,00	96,23
	4	1,59	7,83	0,28	2,30	5,50	0,96	9,91	1,01	12,10	3,00	15,00	80,67
	5	1,42	7,08	0,29	2,38	6,10	1,06	9,01	0,92	11,44	2,70	13,50	84,74

Anexo A-13. Procedimiento para la determinación de materia orgánica en muestras de suelos.

1. Pesar con exactitud 250 gr de suelo seco pulverizado y tamizado en un tamiz de 0,5 mm. Cuando se trate de un suelo muy rico en materia orgánica pesar 100 a 200 mg de suelo.
2. Poner cada muestra en un erlenmeyer de 500 ml y agregar 10 ml de solución de dicromato de potasio de una bureta.
3. Agregar rápidamente 20 ml de  $H_2SO_4$  concentrado, tratando de poner el ácido en el centro del erlenmeyer que contiene la solución y agitar suavemente con la mano durante 1 minuto. Dejarlo reposar sobre la placa de asbesto durante 0,5 horas.
4. Pasado este tiempo agregar 200 ml de agua destilada, 10 ml de ácido fosfórico y 3 gotas del indicador difenilamina.
5. Titular con solución de sulfato ferroso agregando de una bureta, gota a gota hasta un viraje de café oscuro a verde esmeralda.

Cálculos:

El factor "F" se obtiene dividiendo 10 ml de  $K_2CrO_7$  entre el número de ml de  $F_2SO_4$  gastados en la titulación de los testigos.

El producto de multiplicar el factor por el número de ml de sulfato ferroso gastados en cada muestra y restado de 10 (ml de dicromato de potasio) nos da el número de ml  $K_2Cr_2O_7$

Continuación Anexo A-13...

reducidos por la materia orgánica de cada muestra de suelo.

% m.o. = ml reducidos de  $K_2Cr_2O_7$  x 2,76 (24).

Anexo A-14. Procedimientos para el análisis de agua.

- Determinación de la conductividad eléctrica en muestras de agua.

Procedimiento:

1. Agregar  $\pm$  250 ml de la muestra en la probeta y tomar le la temperatura.
2. Graduar el puente de Wheatstone de acuerdo a la temperatura de la muestra.
3. Conectar la celda de conductividad al aparato e introducir el electrodo en el interior de la muestra.
4. Efectuar la lectura en el aparato.

Cálculos:

La lectura es directa y se reporta como micromhs/cm

- Determinación de pH en muestras de agua.

Procedimiento:

1. Colocar  $\pm$  100 ml de la solución buffer pH 7 dentro de un beaker, introducir los electrodos del potenciómetro y calibrar el aparato a pH 7 y pH 4.
2. Lavar los electrodos con agua destilada
3. Colocar  $\pm$  100 ml de la muestra, introducir el electrodo del aparato y efectuar la lectura.

Continuación Anexo A-14...

Cálculos:

- Determinación de cloruros en agua.

Procedimiento:

1. Tomar 25 ml de la muestra en un erlenmeyer de 125 ml
2. Agregar 1 ml de indicador de cromato de potasio y titular con solución de nitrato de plata 0.05N hasta precipitación de los cloruros.

Cálculos:

$$\text{meq/lit. de Cl}^- = \frac{\text{ml de NO}_3\text{Ag gastados} \times \text{N de NO}_3\text{Ag} \times 1000}{\text{ml de alicuota}}$$

- Determinación de carbonatos y bicarbonatos en muestras de agua.

Procedimiento:

1. Tomar 25 ml de la muestra
2. Agregar 1 ó 2 gotas de solución Fenolftaleina 0,25% en etanol 50%. Si se produce color rosa, se titula con ácido sulfúrico 0,05N hasta decoloración de la muestra.
3. A esta solución decolorada, agregar 1 ó 2 gotas de anaranjado de metilo al 0,1% en agua y se continúa la titulación hasta cambio de color.

Cálculos:

Miliequivalentes de  $\text{CO}_3^{=}$  ó  $\text{HCO}_3^-$  por litro

$$\text{Meq/lit de } \text{CO}_3^{=} \text{ ó } \text{HCO}_3^- = \frac{\text{ml gastados en titulación} \times \text{N ácido} \times 1000}{\text{ml de alicuota}}$$

Continuación Anexo A-14...

- Determinación de calcio y magnesio en muestras de agua.

Procedimiento:

1. Tomar 2 ml de muestra en un frasco volumétrico de 50 ml.
2. Llevar al volumen de 50 ml con solución de Lantano
3. Leer en el espectrofotómetro de absorción atómica.

Cálculos:

Calcio.

ppm de la muestra x factor de dilución = ppm reales  
meq/lit. calcio = ppm reales x 0,04990

Magnesio.

ppm de la muestra x factor de dilución = ppm reales  
meq/lit. = ppm reales x 0,08224

- Determinación de sodio y potasio en muestra de agua.

Procedimiento:

1. Tomar 2 ml de muestra en un frasco volumétrico de 50 ml
2. Llevar al volumen de 50 ml con agua bidestilada.
3. Leer en el espectrofotómetro de absorción atómica.

Sodio.

ppm de la muestra x factor de dilución = ppm reales  
meq/lit. sodio = ppm reales x 0,0350

Potasio.

ppm de la muestra x factor de dilución = ppm reales  
meq/lit. potasio = ppm reales x 0,02558.

Continuación Anexo A-14...

- Procedimiento utilizado en la determinación de sulfatos en agua.
- 1. Pipetear una alicuota de 10 ml de muestra en un erlenmeyer de 50 ml.
- 2. Agregar con pipeta calibrada 0,5 ml de solución estándar de 100 ppm de  $\text{SO}_4^{2-}$ .
- 3. Agregar un ml de solución goma arábica 0.25% recién preparada.
- 4. Agregar 0,5 gr de Bacle en cristales.
- 5. Agitar con movimiento circular hasta que los estándares se hayan disuelto.
- 6. Dejar en reposo por 15 minutos.
- 7. Tomar lecturas en Colorímetro 20 a 400 nm en % de transmitancia.
- 8. Agregar 5 ml de alcohol etílico.
- 9. Colocar la muestra en baño de María a 65°C por 3 minutos.
- 10. Enfriar y filtrar la muestra o centrifugarla a 1,500 rpm por media hora.
- 11. Calibrar el calorímetro con los estándares que han sido igual tratados que las muestras.
- 12. Una vez calibrado el calorímetro, leer las muestras.
- 13. Construir una gráfica, transmitancia vrs ppm de  $\text{SO}_4^{2-}$ .

Continuación Anexo A-14...

Cálculos:

$$\text{Meq/lit.} = \text{ppm lect.} \times \text{Fd} \times 0,02082$$

fd = Factor de dilución.

- Procedimiento utilizado en la determinación de boro en muestras de agua.

1. Tomar una alicuota de la muestra de 20 ml y colocarla en una cápsula de porcelana
2. Agregar unas gotas de reactivo Hidróxido de sodio 0,1N para alcalinizar la muestra y evaporar a sequedad a 95°C
3. Enfriar, agregar 5 ml de reactivo, ácido clorhídrico 5% para desprender todo el residuo.
4. Transferir este residuo a un tubo de centrifuga y centrifugue a 1000 ó 1500 rpm durante media hora.
5. Coloque 1 ml del líquido sobrenadante en un frasco de vidrio.
6. Agregar a cada frasco 1 gota de reactivo ácido clorhídrico concentrado 5 ml de ácido sulfúrico concentrado y 5 ml de solución carmin 0,05% disuelto en ácido sulfúrico concentrado, agitando vigorosamente.
7. Coloque las muestras en el desecador y guardarlo en un lugar oscuro no menos de 45 minutos para el desarrollo completo de color.
8. Agitar nuevamente la muestra y transferir una parte a los tubos de calorímetro.

Continuación Anexo A-14...

9. Calibre el calorímetro con los standares que han sido preparados de igual forma que las muestras a partir del numeral 5.
10. Una vez calibrado el calorímetro, leer las muestras.

Cálculos:

$$\text{ppm Boro} = \frac{\text{ppm lect.}}{4} \quad (24)$$

Anexo A-15. Símbolos cartográficos tipo para los estudios  
clasificación de tierra.

Clases y subclases

Arable

Clase 1 - 1

Clase 2 - 2s, 2t, 2d, 2st, 2sd, 2td, 2std

Clase 3 - 3s, 3t, 3d, 3st, 3sd, 3td, 3std

Arable limitada

Clase 4 - pastos - 4Ps, 4Pt, 4Pd, 4Pst, 4Psd, 4Ptd, 4Pstd

No arable

Clase 6 - 6s, 6t, 6d, 6st, 6sd, 6td, 6std

Informativo de evaluación

Uso de la tierra

C - Tierra cultivada y regada

L - Tierra cultivada y no regada

p - Pasto permanente regado

G - Pasto permanente no regado

B - Matorral o bosque

Requerimiento de agua de las parcelas

A- bajo, B- medio, C- alto

Drenabilidad

- X - buena
- Y - restringida
- Z - pobre

Drenaje

- f - Drenaje superficial inundación
- w - Drenaje interno mesa de agua
- o - Salida de drenaje

Símbolos para los perfiles

Suelo, subsuelo y substrato

Arenosos	A
Areno francoso	Af
Franco arenosos	Fa
Franco	F
Franco limosos	Fl
Franco arcillosos	Fc
Arcillas muy permeables	Cmp
Arcillas permeables	Cp
Arcilla poco permeables	Cpp
Esquistos o sustrato de suelo proveniente de esquistos	e
Roca agrietada	ra
Grava o guijarro	gr o g.
Roca sólida	r

Ejemplo de un perfil

(Perfil de 1,50 m de profundidad)

.18
<hr/>
8.4
.31
<hr/>
8.6
.50
<hr/>
8.6

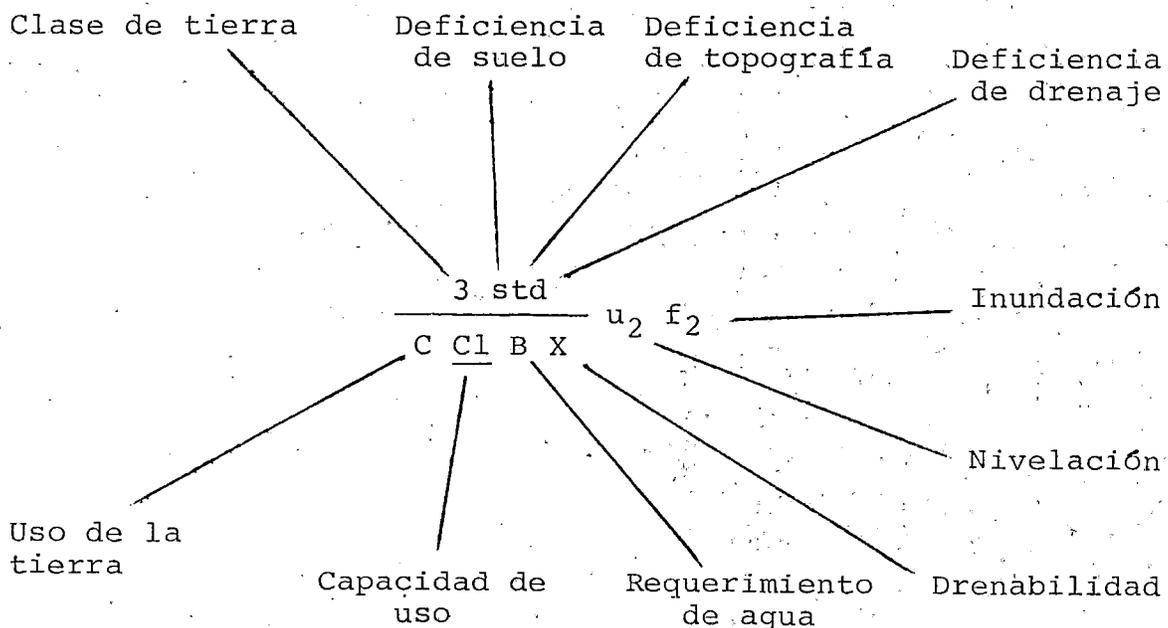
Buen crecimiento de sorgo. Permeabilidad. 2% de pendiente. Buen drenaje tanto externo como interno. El contenido de sales es bajo.

Continuación Anexo A-15...

Explicación: .18, .31, .50 conductividad eléctrica o salinidad  
8.4, 8.6, 8.6 son valores de pH.

Los componentes esenciales de la anotación de arriba incluye: Cultivo, cobertura y su respectiva condición, superficie, pendiente, drenaje, profundidad del perfil, total de sales solubles, análisis mecánico, capacidad de retención de humedad aprovechable, permeabilidad, densidad aparente y so dio.

Ordenación de símbolos



Nota: B, X, u<sub>2</sub> y f<sub>2</sub> son evaluaciones opcionales y no siempre aparecen en el denominador (34).

FACTORES EDAFICOS Y SU CODIFICACION

C O D I G O	CLIMA	EROSION (E)		S U E L O (S)			D R E N A J E (D)	
		TOPOGRAFIA	EROSION	Profundidad efectiva cms. (h)	Texturas (t)	Pedregosidad y rocosidad (r)	Drenaje natural (d)	Riesgo de inundación (i)
	Zonas m.s.n.m.	pendiente % (P)	Grado (e)					
0	0 a 400	0-2	Nula	> 120	francas medias a mod. finas	Ninguna a Esporádica	bueno	sin riesgo
1	400 a 800	> 2-5	Ligera	> 80-120	francas moderadamente gruesas	poca	Mod. bueno	Inundaciones ocasionales
2	800 a 1200	> 5-12	Moderada	> 40-80	Arcillosas	Moderada	Algo pobre	Inundaciones frecuentes regulares
3	1200 a 1600	> 12-25	Severa	> 20-40	Arenosas francas	Abundante	Algo rápido	Inundaciones frecuentes irregulares
4	1600 a 2000	> 25-40	Muy severa	> 10-20	Arcillosas pesadas expansivas	Muy abundante	pobre	Inundaciones muy frecuentes o de carácter permanente
5	> 2000	> 40-60	-	< 10	Arenosas	Severa	Rápido	-
6	-	> 60	-	-	-	Muy severa	Muy pobre	-
7	-	-	-	-	-	Extrema	Nulo	-

Expresión simbólica de la Clase, subclase, Unidad de Capacidad y Unidad de Mapeo:

Clase de Capacidad      Pendiente - Grado de erosión - Profundidad efectiva - Textura  
según Código cuadro:      Pedregosidad y rocosidad - Drenaje natural - Riesgo de Inundación

A-2 y A-3

Ejemplo: C3 Clase      C3 ES (Sub-clase)      C3 phr (Unidad de Capacidad)      C3 212/1/2 (Unidad de Mapeo)      (29).

TABLA PARA LA CLASIFICACION DE TIERRAS CON PENDIENTES MENORES DEL 12%

CLASES DE CAPACIDAD			CODIGO		EROSION (E)		SUELO (S)			DRENAJE (D)		
			Clase de uso	Categoría	Pendiente (P)	Grado (e)	Profundidad efectiva (h)	Textura (t) 0-30 cms.    30-60 cms.		Pedregosidad y rocosidad (r)	Drenaje Natural (d)	Riego Inundad.
Aptas para la labranza	Intensiva	Tierra Cultivable 1	C	1	0	0	0	0	0,1	0	0	0
		Tierra Cultivable 2	C	2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1,2	0	0,1	0,1
		Tierra Cultivable 3	C	3	0,1,2	0,1,2	0,1,2	0,1,2,3	0,1,2,3	0,1	0,1,2,3	0,1
	Restringida	Tierra Cultivable 4	C	4	0,1,2	0,1,2	0,1,2,3	0,1,2,3,4	0,1,2,3,4,5	0,1,2	0,1,2,3,4	0,1,2
		Tierra Cultivable 5	C	5	0,1,2	0,1,2	0,1,2,3	0,1,2,3,4	0,1,2,3,4,5	0,1,2,3	0,1,2,3,4	0,1,2
No aptas para la labranza	Cultivos permanentes	Tierra apta para cultivos permanentes Categoría 6	CP	6	0,1,2	0,1,2,3	0,1	0,1,2,3,5	0,1,2,3,4,5	0,1,2,3,4	0,1,2,3,5	0,1
		Tierra apta para pastos naturales mejorados Categoría 6	P	6	0,1,2	0,1,2,3	0,1,2,3,4	0,1,2,3,4,5	0,1,2,3,4,5	0,1,2,3,4,5	0,1,2,3,4,5,6	0,1,2,3
	Tierras forestales	Tierra apta para pastos naturales o mojados Categoría 7	P	7	0,1,2	0,1,2,3	0,1,2,3,4,5	0,1,2,3,4,5	0,1,2,3,4,5	0,1,2,4,5,6	0,1,2,3,4,5,6	0,1,2,3
		Tierra apta para cultivo de especies forestales Categoría 7	F	7	0,1,2	0,1,2,3	0,1,2,3,4	0,1,2,3,4,5	0,1,2,3,4,5	0,1,2,3,4,5,6,7	0,1,2,3,4,5,6	0,1,2,3,4
		Tierra para protección y vida silvestre Categoría 8	VS	8	0,1,2	0,1,2,3,4	0,1,2,3,4,5	0,1,2,3,4,5	0,1,2,3,4,5	0,1,2,3,4,5,6,7,8	0,1,2,3,4,5,6,7	0,1,2,3,4

TABLA PARA LA CLASIFICACION DE TIERRAS CON PENDIENTES MAYORES DEL 12%

CLASES DE CAPACIDAD			Código		EROSION (E)		SUELO (S)			Pedregosidad y rocosidad
			Clase de uso	Categoría	Pendiente (P)	Grado (e)	Profundidad efectiva (h)	Textura		
								0-30 cms.	30-60 cms.	
Aptas para la labranza	Restringida a muy restringida	Tierra Cultivable Categoría 4	C	4	3	0,1;2	0,1,2	0,1,2,3,4	0,1,2,3,4	0,1,2
		Tierra Cultivable Categoría 5	C	5	3	0,1,2	0,1,2,3	0,1,2,3,4	0,1,2,3,4	0,1,2,3
		Tierra apta para Cultivos Permanentes Categoría 5	CP	5	3,4	0,1,2	0,1,2	0,1,2,3,4	0,1,2,3,4	0,1,2,3,4
No aptas para la labranza	Cultivos Permanentes	Tierra apta para Cultivos Permanentes Categoría 6	CP	6	3,4,5	0,1,2,3	0,1	0,1,2,3,4	0,1,2,3,4,5	0,1,2,3,4
		Tierra apta para Pastos Naturales o Mejorados Categoría 6	P	6	3,4,5	0,1,2,3	0,1,2,3	0,1,2,3,4	0,1,2,3,4,5	0,1,2,3,4,5
	Tierra apta para Pastos Naturales o mejorados Categoría 7	P	7	3,4,5	0,1,2,3	0,1,2,3,4	0,1,2,3,4,5	0,1,2,3,4,5	0,1,2,3,4,5	
	Tierras Forestales	Tierra apta para el Cultivo de especies Forestales Categoría 7	F	7	3,4,5,6	0,1,2,3,4	0,1,2,3,4	0,1,2,3,4,5	0,1,2,3,4,5	0,1,2,3,4,5,6
	Tierras para protección y vida silvestre Categoría 8	VS	8	3,4,5,6	0,1,2,3,4	0,1,2,3,4,5	0,1,2,3,4,5	0,1,2,3,4,5	0,1,2,3,4,5,6,7	

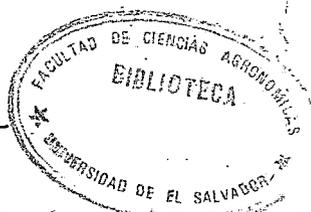
Anexo A-18. Especificaciones para la evaluación de requerimientos de agua.

Evaluación	Descripción General
A Bajo (0,45 m/ha)	15,24 cm o más de capacidad de retención de humedad aprovechable dentro de un espesor de 90 cm en el perfil. Menos de 5% de pendiente. La permeabilidad alrededor de 2,54 cm/hora. Cultivos diversificados en su mayor parte de granos pequeños y frutales.
B Medio (0,45 a 0,90 m/ha)	7,62 a 15,24 cm de capacidad de retención de humedad aprovechable dentro de un espesor de 1,20 m en el perfil. Menos de 10% de pendiente. La permeabilidad alrededor de 2,54 a 7,62 cm/hora. Cultivos diversificados y pasto en rotación.
C Alto (0,90 m/ha)	Menos de 7,62 cm de capacidad de retención de humedad aprovechable dentro de un espesor de 1,20 m en el perfil. Pendiente mayores de 5%, o superficie irregular no susceptible de nivelar. Permeabilidad excesiva de 7,62 cm o más por hora. Predominando las gramíneas (34).

GLOSARIO

- ARCILLA: Partículas de diámetro inferior a 0,002 mm.
- CAPA ARABLE: La capa del suelo removida en el cultivo.
- CAPACIDAD DE INTERCAMBIO: Número de miliequivalentes de iones que pueden ser absorbidos por 100 gr de material a un pH específico.
- CAPACIDAD DE RETENCION DE HUMEDAD A 15 bar.: Humedad retenida en un suelo humedecido cuando está en equilibrio con una membrana sometida a una presión de 15 atmósferas.
- CAPACIDAD PRODUCTIVA: Se define como la adaptabilidad y el rendimiento de los cultivos.
- COEFICIENTE DE MARCHITEZ: Contenido de humedad por el cual las hojas se marchitan y no recobran su turgencia después de expuestas 24 horas a una atmósfera saturada de vapor de agua.
- CONSISTENCIA: Grado de cohesión del suelo o de sus agregados.
- COSTOS DE PRODUCCION: Se definen aquí como los costos destinados a mano de obra, enmiendas al suelo, equipo y agua.
- CLASIFICACION DE TIERRA: Consiste en el avalúo sistemático de ellas y su designación por categorías sobre la base de características similares.
- CLASE DE TIERRA: Es una categoría de tierra que tiene características físicas y económicas similares, que determinan su aptitud para riego.

- DESARROLLO DE LA TIERRA: Se define como las actividades encaminadas a la preparación inicial de las tierras para riego.
- HORIZONTE: Es una capa que ha adquirido rasgos distintos producidos por los procesos de formación del suelo.
- INTERCAMBIO DE CATIONES: Sustitución de un catión retenido por fuerzas de superficie del complejo absorbente por otro.
- MORFOLOGIA: Rasgos que presentan los horizontes y agregados estructurales que constituyen el perfil del suelo.
- PERFIL: Sucesión de horizontes desde la superficie hasta la roca madre.
- PISO DE ARADO: Capa de suelo compactada por el paso de arado.
- PLASTICO: Que se deforma sin romperse.
- TEXTURA: Característica derivada del tamaño de las partículas individuales del suelo.
- TIERRA ARABLE: Es la tierra que en unidades de tamaño adecuado y dotada convenientemente de los mejoramientos esenciales de nivelación, drenaje, facilidades de riego, tiene una capacidad productiva.
- TIERRA REGABLE: Es la tierra arable bajo un plan específico por medio del cual una fuente de agua es o puede ser hecha aprovechable y la cual está provista, o existen los planes para proveerla de: Riego, drenaje, protección contra inundación, etc.



- TIERRA PRODUCTIVA: Es la máxima cantidad en hectáreas del área regable que puede ser cultivada y sirve de base para la determinación de los requerimientos de agua, gastos de los canales y es menor que el área regable.

