

**REPUBLICA DE BOLIVIA**

**AGS: SF/BOL 69/516**

**PROYECTO  
DE DESARROLLO AGROINDUSTRIAL  
ABAPO - IZOZOG**

**PEDOLOGIA  
ESTUDIO DETALLADO DE SUELOS DE LA  
GRANJA-PILOTO**

**(Mapa 1 : 5000 e Informe)**

**Informe para la Organización de las  
Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación  
(actuando como Agencia Ejecutiva del  
Programa de Desarrollo de NN. UU.)**

**por**

**AGRAR- UND HYDROTECHNIK GMBH · ESSEN**

**MAYO DE 1973**

**REPUBLICA DE BOLIVIA**

AGS: SF/BOL 69/516

**PROYECTO  
DE DESARROLLO AGROINDUSTRIAL  
ABAPO - IZOZOG**

**PEDOLOGIA  
ESTUDIO DETALLADO DE SUELOS DE LA  
GRANJA-PILOTO**

**(Mapa 1 : 5000 e Informe)**

Informe para la Organización de las  
Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación  
(actuando como Agencia Ejecutiva del  
Programa de Desarrollo de NN. UU.)

por

**AGRAR- UND HYDROTECHNIK GMBH · ESSEN**

**MAYO DE 1973**

## C O N T E N I D O

	<u>Página</u>
Introducción	1
Conclusiones y Recomendaciones	2
1. Descripción General del Area	6
1.1 Localización y Delimitación del Area Estudiada	6
1.2 Fisiografía	8
1.3 Clima	10
1.4 Vegetación Nativa	11
2. Métodos de Levantamiento	13
2.1 Métodos de Campo y Gabinete	13
2.2 Métodos de Laboratorio	14
3. Propiedades Generales, Génesis y Clasificación de Suelos	17
3.1 Propiedades Generales de los Suelos	17
3.2 Pedogénesis	19
3.3 Clasificación Taxonómica de los Suelos y su Correlación	23
3.3.1 Correlación de las Unidades de Mapeo con la 7a. Aproximación	24
3.3.2 Correlación de las Unidades de Mapeo con la Clasificación de Suelos de la FAO	27
3.4 Leyenda del Mapa	28
4. Descripción de las Unidades de Mapeo	32
4.1 Introducción	32
4.1.1 Terminología	32
4.1.2 Normas para la Interpretación de los Análisis Físicos y Químicos	35

4.2	A:Series de los Depósitos Aluviales Subrecientes (Depresión)	39
4.2.1	Suelos con un Horizonte Argílico de Textura Fina (Aa)	45
4.2.2	Suelos con un Horizonte Argílico de Textura Moderadamente Fina (Ab)	48
4.3	B:Series de los Depósitos Aluviales Subrecientes (Elevación)	52
4.3.1	Suelos con un Horizonte Argílico Moderadamente a Fuertemente Desarrollado, de Textura Fina (Ba)	58
4.3.2	Suelos con un Horizonte Cárstico u Horizonte Argílico Débilmente Desarrollado de Textura Moderadamente Fina (Bb)	62
4.4	C:Series de los Depósitos Aluvio-eólicos Recientes	65
4.4.1	Suelos con un Horizonte Cárstico de Textura Moderadamente Fina (Ca)	71
4.4.2	Suelos con un Horizonte Cárstico de Textura Media (Cb)	74
4.4.3	Suelos sin Horizonte Diagnóstico Subyacente (Cc)	76
4.5	D:Series de los Depósitos Eólicos Arenosos (Dunas)	77
4.5.1	Suelos sin Horizonte Diagnóstico Subyacente (Da)	77
5.	Clasificación de Tierras	81
5.1	Introducción	81
5.2	Clasificación de Tierras para Agricultura con Fines de Riego	82
5.2.1	Bases de la Clasificación	82
5.2.2	Definición de Clases y Subclases	84
5.2.3	Descripción de las Subclases Encontradas	87
5.3	Clasificación de Tierras para Agricultura de Secano	93
5.3.1	Bases de la Clasificación	93
5.3.2	Definición de Clases y Subclases	94
5.3.3	Descripción de las Subclases Encontradas	96
	Referencias	100

<u>TABLAS</u>		<u>Página</u>
Tabla 1	Correlación de Unidades de Mapeo con la "7a. Aproximación"	26
Tabla 2	Superficies (en ha. y porcentaje) de las Unidades de Mapeo	31
Tabla 3	Normas para la Interpretación de los Análisis Químicos	38
Tabla 4	Conductividad Hidráulica, Densidad Aparente y Porosidad del Perfil V-17, Unidad de Mapeo Aal	40
Tabla 5	Conductividad Hidráulica, Densidad Aparente y Porosidad del Perfil M-26, Unidad de Mapeo Bb2	53
Tabla 6	Permeabilidad, Densidad Aparente y Porosidad del Perfil D-26, Unidad de Mapeo Cbl	67
Tabla 7	Resumen de Clasificación de Tierras para Agricultura con Fines de Riego	92
Tabla 8	Resumen de Clasificación de Tierras para Agricultura de Secano	99

#### FIGURAS

Figura 1	Suelos de la Depresión de los Depósitos Aluviales Subrecientes	47
Figura 2	Suelos de la Depresión de los Depósitos Aluviales Subrecientes	49
Figura 3	Suelos de la Elevación de los Depósitos Aluviales Subrecientes	60
Figura 4	Suelos de la Elevación de los Depósitos Aluviales Subrecientes	64
Figura 5	Suelos de los Depósitos Aluvio-eólicos Recientes	73
Figura 6	Suelos de los Depósitos Aluvio-eólicos Recientes	75

		<u>Página</u>
Figura 7	Suelos de los Depósitos Aluvio-eólicos Recientes	77
Figura 8	Suelos de los Depósitos Eólicos Arenosos (Dunas)	80

Mapas

Mapa 1	Localización del Estudio Detallado de Suelos	7
--------	--	---

## LISTA DE ANEXOS

- Anexo I Descripción detallada del perfil y resultados de los análisis Físico-Químicos.
- Anexo II Resultados de las medidas de infiltración
- Anexo III Resultados de las medidas de permeabilidad en laboratorio
- Anexo IV Resultados de las determinaciones de la capacidad de retención de humedad del suelo (pF) en el laboratorio y en el campo
- Figura 1 Perfil V-17  
Unidad de Mapeo Aal
- Figura 2 Perfil V-17  
Unidad de Mapeo Aal
- Figura 3 Perfil M-26  
Unidad de Mapeo Bb2
- Figura 4 Perfil M-26  
Unidad de Mapeo Bb2
- Figura 5 Perfil D-26  
Unidad de Mapeo Cbl
- Figura 6 Perfil D-26  
Unidad de Mapeo Cbl
- Anexo V Mapa detallado de suelos, escala 1:5.000
- Anexo VI Mapa de clasificación de tierras, para Agricultura, con fines de riego, escala 1:5.000
- Anexo VII Mapa de clasificación de tierras, para Agricultura de secano, escala 1:5.000

Este informe técnico es uno de una serie de informes preparados durante el curso del proyecto UNDP/SF, identificado en el rótulo. Las conclusiones y recomendaciones dadas en este informe, son aquellas consideradas apropiadas al momento de su preparación. Pueden ser modificadas a la luz de posteriores conocimientos obtenidos en las etapas subsecuentes del proyecto.



## INTRODUCCION

Parte del trabajo pedológico a llevarse a cabo dentro del período del "Estudio de Factibilidad y Demostración del Desarrollo Agro-industrial en la región de Abapō-Izozog" (Proyecto SF/BOL/69/516/AGS) fué un estudio detallado de suelos de alrededor 2.000 ha. en escala 1:5.000. De acuerdo al Anexo 1 del contrato, el área a ser estudiada, tenía que ser seleccionada en base a un mapa existente de capacidad de uso de la tierra a escala 1:20.000. El número de observaciones debía ser aproximadamente de una observación por cada 2-5 ha. dependiendo de la distribución del suelo y de la morfología.

El propósito de este estudio detallado de suelos, fué la de poseer información básica para:

- la evaluación del potencial agrícola de los suelos,
- la localización de la extensión de la Granja Piloto,
- la planificación del sistema de irrigación y la determinación de los requerimientos en drenaje.

La elaboración de los datos pedológicos obtenidos durante el estudio detallado de suelos resultó en:

- un mapa detallado de suelos, escala 1:5.000 (Anexo V),
- un mapa de clasificación de tierras para agricultura con fines de riego, escala 1:5.000 (Anexo VI),
- un mapa de clasificación de tierras para agricultura de secano, escala 1:5.000 (Anexo VII), y
- un informe explicativo.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este Informe Técnico comprende el Estudio Detallado de Suelos de la Granja Piloto, escala 1:5.000, abarcando una extensión de 2.000 ha. El área fué seleccionada en base a un mapa existente de capacidad de uso, escala 1:20.000.

Fueron obtenidos los siguientes resultados:

1. Los suelos del área estudiada, alrededor de la Granja Piloto "6 de Agosto", no son representativos del área asignada al Proyecto que son 725.000 ha. (reserva fiscal). Ellos están situados sobre depósitos aluviales más recientes, encontrados en una franja de 7-12 km. de ancho a lo largo del Rio Grande, el cual ocupa alrededor de 15 % del área del Proyecto.
2. Se encontraron dos principales clases de suelos:
  - suelos con un horizonte argílico, y
  - suelos con un horizonte cámbico.

Ambas clases de suelos tienen fertilidad bastante alta. Sus únicas restricciones son: una capacidad de intercambio de cationes algo baja y un contenido bastante bajo en fosfatos. Por otro lado, tienen una reserva grande de minerales meteorizables.

Las características físicas de los suelos, son un poco menos favorable, sin embargo, los problemas serios se presentan solamente en pequeñas áreas.

3. Los principales problemas relacionados con el uso agrícola de estos suelos, especialmente cuando se introduce el riego son:
  - la no existencia o débil estructura de los horizontes superficiales y la subsecuente susceptibilidad a la formación de costras en casi todos los suelos;

- el microrelieve desfavorable en muchos suelos;
- el drenaje interno insuficiente o marginal en los suelos más pesados; y
- la susceptibilidad a la erosión eólica en los suelos más livianos.

4. La clasificación de tierras para fines de riego de acuerdo al sistema de "US Bureau of Reclamation" dió los siguientes resultados:

Categoría	Clase	Sub-clase	Area en ha	% del área total
Arable	2	2 s	330.6	16.7
		2 st	689.5	34.8
		2 sd	284.9	14.4
	3	3 d	375.8	18.9
Actualmente no arable	5	5 d	184.3	9.3
		5 st	75.5	3.8
No arable	6	6 st	41.0	2.1

Por lo tanto, el 66 % de la superficie estudiada, tiene condiciones favorables (clase 2) para irrigación; el 19 % condiciones medianamente favorables (clase 3) y el 15 % no es apta.

5. La clasificación de tierras para agricultura de secano, de acuerdo al sistema de "US Soil Conservation Service" (con algunas modificaciones), dió los siguientes resultados:

Categoría	Clase	Sub-clase	Superficie en ha.	% del área total
Tierras aptas para cultivos y otros usos	II	II sc	666.3	33.6
	III	III sc	512.2	25.8
	III	III esc	295.8	15.0
	IV	IV sc	404.3	20.4
Tierras limitadas en su uso, no aptas para cultivos	VI	VI esc	62.0	3.1
	VII	VII esc	41.0	2.1

Aproximadamente el 34 % del área estudiada tiene sólo algunas limitaciones (clase II), alrededor del 26 % tienen severas limitaciones (clase III) y el 15 % tiene muy severas limitaciones (clase IV), para una agricultura de secano.

6. Antes de que se haga una planificación detallada de riego, es necesario un chequeo minucioso del microrelieve en el campo, porque el deficiente mapa topográfico disponible, a menudo no muestra la disposición de los drenes naturales que podrían interferir las labores de preparación de tierras.
7. Cuando se establezca el nuevo laboratorio de física de suelos en el Proyecto, será necesario realizar un análisis más exhaustivo de las propiedades físicas de los suelos. Estas investigaciones fueron limitadas durante el presente estudio por falta de recursos económicos.
8. Mayores investigaciones concernientes a la dinámica de los nutrientes en el suelo, deberá iniciarse. Además, ensayos con fertilizantes, acompañados por un análisis sistemático de plantas y suelos.
9. Parte de los experimentos que fueron o están siendo llevados a cabo en la Granja Piloto, tendrán que ser repetidos en una Sub-estación. Esta Sub-estación tendría que estar situada en los suelos antiguos, los cuales representan más o menos el

85 % del área del Proyecto (reserva fiscal)

10. Un drenaje principal subterráneo, no será necesario en los suelos que han sido clasificados como aptos para irrigación, aunque en algunos casos será necesario un manejo cuidadoso del agua. En los subsuelos y substratos ocurren capas poco permeables, las cuales no crearán niveles freáticos colgados bajo técnicas normales y modernas de riego.

En los subsuelos, actualmente no aptos para riego (clase 5) y en los suelos de la clase 3-d tiene que ser estudiada la factibilidad económica del subsolado profundo (para mejorar el drenaje interno del suelo).

## 1. DESCRIPCION GENERAL DEL AREA

### 1.1 Localización y Delimitación del Area Estudiada

El estudio detallado de suelos comprende aproximadamente 2.000 ha. El área estudiada encierra la Granja Piloto que está situada a 45 km. Nor-este, en línea recta del pueblo de Abapó, y 7-8 km. al Este del Rio Grande (ver mapa No.1).

El área estudiada tiene los siguientes límites:

Norte	Brecha III 5E
Este	Brecha VI NS hasta una senda EO a 2 km. Sud de la brecha III 5E y una senda NS a 3 km. O de la brecha VI NS entre 2 km. y 4.4 km. S de la brecha III 5E.
Sud-este	el camino de la Granja Piloto a Abapó, sobre una distancia de $\pm$ 0.8 km.
Sud	una senda EO, 2 km. al Sud de la brecha III 5E entre 0.0 km. y 2.4 km. Oeste de la brecha VI NS, y una senda EO 4.4 km. al Sud de la brecha III 5E, entre 3 y 5.6 km al Oeste de la brecha VI NS.
Oeste	una senda NS 5.6 km. al Oeste de la brecha VI NS entre 0.0 km. y 4.4 km. al Sud de la brecha III 5E.

SANTA CRUZ

7

# LEYENDA

Linea ferrea

Camino

Brecha



Localización del estudio  
detallado de suelos



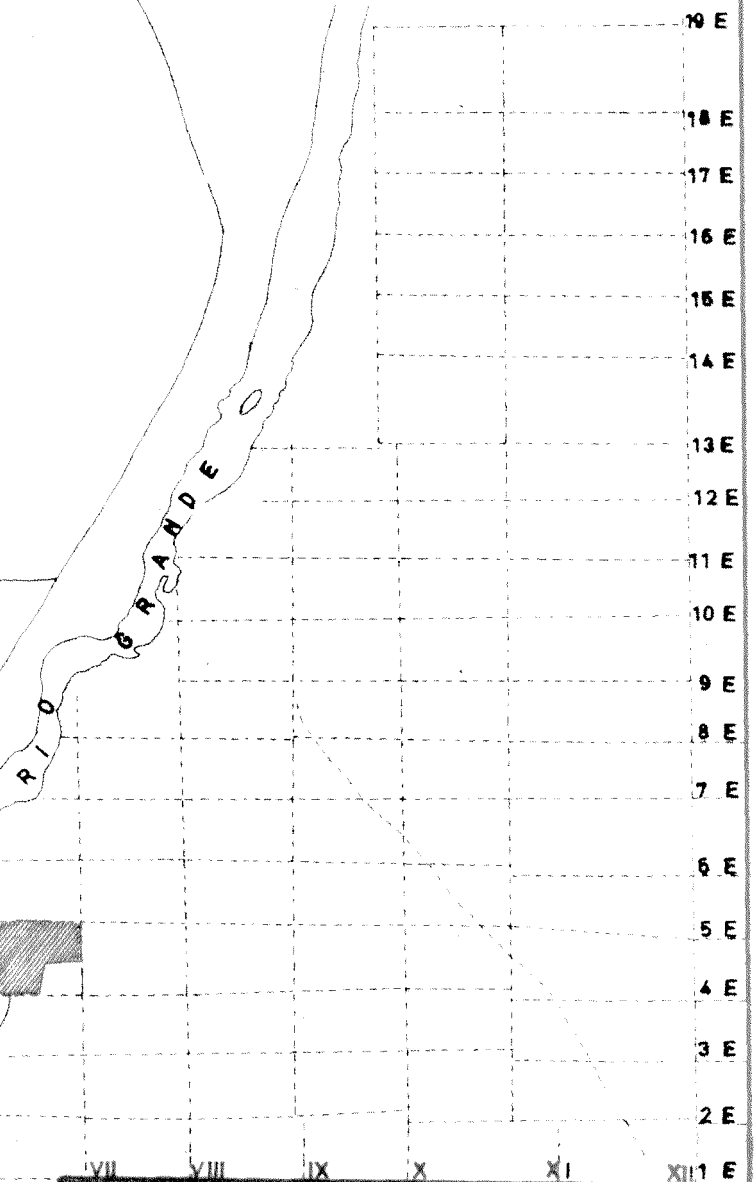
ZANJA  
HONDA

MORA

FLORIDA

CABEZAS

ABAPO



REPUBLICA DE BOLIVIA

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME-SPECIAL FUND

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION  
OF THE UNITED NATIONS

CORGEPAI

PROJECT ABAPO-IZOZOG

LOCALIZACION DEL ESTUDIO DETALLADO



DATE  
RECHA IX / 73

SCALE  
ESCALA 1:500000

DRAWN

11/72/412

AGRAR-UND HYDROTECHNIK GMBH, ESSEN

## 1.2 Fisiografía

El área estudiada, que es plana y con una ligera pendiente hacia el Este (  $\pm 0.2\%$  ), está situada íntegramente sobre depósitos aluviales o eólico-aluviales recientes (Holoceno) que forma una franja de 7-12 km. de ancho a lo largo del Río Grande. Estos sedimentos cubren depósitos antiguos, también aluviales, del Pleistoceno posterior.

El espesor de los depósitos más recientes, decrece hacia el Este hasta desaparecer completamente y los sedimentos antiguos empiezan a aflorar en la superficie. El área estudiada está compuesta de cuatro diferentes unidades fisiográficas:

- a) depósitos aluviales subrecientes de la depresión
- b) depósitos aluviales subrecientes de la elevación
- c) depósitos aluvio-eólicos recientes,
- d) depósitos eólicos arenosos de las dunas.

Los depósitos aluviales subrecientes de la depresión (a), situados en el Este y Sud-este, ocupan el 20.1 % del área estudiada. Estos depósitos son predominantemente arcillas fluviales del Holoceno anterior, cuyo espesor llega hasta un metro, ellos descansan sobre depósitos aluviales del Pleistoceno posterior, los mismos que son también de textura arcillosa. Esta unidad está situada en la parte más baja de toda el área estudiada.

Los depósitos aluviales subrecientes de la elevación (b), cubren el 31.9 % del área estudiada y forman una zona transicional entre los depósitos aluvio-eólicos recientes y los depósitos de la depresión. Estos depósitos son también del Holoceno anterior y tienen texturas francas y arcillosas. Parte de estos depósitos consisten en franco limosos con alto contenido de limo, los mismos que pueden tener influencia eólica. En estas unidades, en su mayor parte a profundidades menores a 1.20 m se encontraron también depósitos del Pleistoceno.



Los depósitos aluvio-eólicos recientes (c), se encuentran en la parte Oeste y Nor-oeste del área estudiada, ocupando el 45.9 %. Ellos son predominantemente de origen fluvial; sin embargo, parte de los depósitos son fuertemente reacondicionados por el viento. En forma adicional se presentan verdaderos depósitos eólicos. Todos estos depósitos son francos con alto contenido de limo y del Holoceno posterior.

El último 2.1 % del área estudiada, se encuentra ocupada por muchas dunas arenosas, pequeñas y bajas (d), (1.5 m) las que podrían ser del Holoceno anterior o posterior.

El límite entre la elevación de los depósitos aluviales subrecientes y los depósitos aluvio-eólicos recientes, es muy dudoso y no podría ser exactamente localizado en el campo; por lo tanto, ello ha sido definido un tanto arbitrariamente como sigue:

- Cuando los suelos tienen o un horizonte argílico o un perfil enterrado dentro de los 120 cm. de profundidad, o los dos, se supone que han sido formados sobre depósitos aluviales subrecientes.
- Cuando tanto el horizonte argílico como el perfil enterrado dentro de los 120 cm. están ausentes, se supone que los suelos han sido formados sobre depósitos aluvio-eólicos recientes.

El área tiene un macro-relieve plano, pero el micro-relieve es algo irregular. Toda el área, es disectada por drenes naturales (30-100 cm.) poco profundos (cárcavas); ellos se presentan en un patrón muy irregular a distancias variables entre 50-1000 m. Se supone que ellos se presentan con más frecuencia en la llanura aluvio-eólico reciente, pero como no se muestran en el mapa topográfico disponible, esto es difícil de verificar.

Aparte de este sistema de cárcavas, la superficie del suelo, especialmente en la llanura aluvio-eólico reciente, puede tomar formas irregulares debido a la actividad animal (armadillo y roedores) y posiblemente también por influencia del viento. La superficie es en este caso, cubierta por pequeños montículos y depresiones (diferencias de altura 20-60 cm.). En la elevación de la llanura aluvial subreciente, ésta irregularidad de la superficie del suelo, es menos pronunciada y en la depresión de la llanura aluvial subreciente, es casi inexistente.

Ríos o riachuelos están completamente ausentes en el área estudiada; los únicos indicios de movimiento de agua superficial son los drenes naturales poco profundos; éstos, probablemente han sido formados bajo condiciones de clima más húmedo que el actual; puesto que se ha observado incluso después de una fuerte precipitación pluvial, tan solo un número pequeño de ellos retienen cantidades menores de agua. Se supone que ellos no son de importancia para el drenaje superficial del área porque recorren solamente distancias cortas y luego desaparecen; el agua que algunas veces se encuentra en éstos drenes naturales, desaparece por completo debido a la evaporación y evapotranspiración.

El nivel freático en el área de este estudio detallado, es muy profundo y generalmente se ha encontrado a más o menos 22 m.

### 1.3 Clima

El clima del área de estudio, es subtropical semi-árido con precipitaciones en verano. Sus características más importantes son:

- precipitación media anual de 600-700 mm, que cae principalmente durante los meses de Noviembre a Marzo;

- temperatura media mensual entre 26°C y 29°C en la estación lluviosa de verano y entre 19°C y 23°C en la estación seca de invierno;
- la humedad relativa varía entre 55 % y 75 %;
- velocidad de viento bastante alta, siendo la media mensual entre 1.6 y 3.4 m/seg.; pero con velocidades medias máximas diarias que varían entre 3.8 y 6.2 m/seg.,
- evaporación media mensual (dato obtenido de las mediciones del tanque evaporímetro Clase A) varía entre 6.7 y 11.0 mm/día, con una máxima diaria de 12.2 y 16.7 mm,
- evaporación media mensual (dato obtenido del lisímetro) varía entre 6.7 y 9.2 mm/día.

Como puede notarse, la mayoría de los anteriores datos, están basados sobre mediciones hechas durante períodos relativamente cortos, variando entre 7 meses y 3 años. Para una información más detallada, véase los informes meteorológicos de este Proyecto.

#### 1.4 Vegetación Natural

La vegetación del área estudiada, puede ser descrita como un monte bajo, espinoso y xerofítico. Existe una clara correlación entre la vegetación y las unidades geomorfológicas.

En la depresión de la llanura subreciente se encuentra una vegetación casi arbustiva, baja (2-3 m), densa, en la cuál Choroqueta (*Ruprechtia triflora*) es fuertemente dominante. La superficie del suelo está cubierta por Carahuata (*Bromelia* sp.) que es muy pequeña (0.1 - 0.4 m) y se presenta en manchas aisladas. Pocos árboles dispersos, moderadamente altos (6-8 m), se presentan, predominando Quebracho Blanco (*Aspidosperma Quebracho Blanco*).

La elevación de la llanura aluvial subreciente tiene una vegetación más alta (3-6 m) y más abierta. A pesar de que la Choroqueta es todavía una de las especies dominantes, otras especies, tales como Caricari (*Acacia Paniculata*) y Blanquillo ( ? ) se pueden encontrar. La densidad de los árboles (6-10 m) es algo más alta que en la depresión; especies que han sido observadas son quebracho Blanco (*Aspidosperma Quebracho Blanco*), Algarrobilla (*Caesalpineia melanocarpa*), Toborochoi (*Chorisia ventricosa*) y mucho Mistol (*Zizyphus mistol*); manchas de Carahuata (0.3 - 0.6 m) y gramíneas cubren el suelo.

En la llanura aluvio-eólico reciente, una vegetación abierta y alta (4-7 m) se puede encontrar, con más especies que en la llanura aluvial subreciente. Especies dominantes son: el Comomoci (*Stellera sp.*); Acerillo (*Lippia urticifolia*), Cafecillo ( ? ) y Choroqueta (*Ruprechtia Triflora*). Entre los árboles grandes (8-12 m) el Toborochoi (*Chorisia ventricosa*) y el Mistol (*Zizyphus mistol*) son dominantes, Carahuata (0.4 - 0.8 m) y varias especies de cactus cubren la superficie.

## 2. METODOS DE LEVANTAMIENTO

### 2.1 Métodos de Campo y Gabinete

El estudio fué realizado de acuerdo a los métodos convencionales. Debido a la escala del mapa y a la mala calidad de las fotografías de esta área (nubes de polvo), el trabajo de campo no pudo ser respaldado con el uso de estas fotografías aéreas.

La zona al ser estudiada fué seleccionada en base al mapa topográfico (escala 1:5.000) con curvas de nivel de 0.25m, en un área de más o menos 3.400 ha. hecho por I.G.M. (Instituto Geográfico Militar) y un estudio de "Capacidad de Uso de Tierras" que cubre 12.200 ha. (escala 1:20.000) efectuado por técnicos del Departamento de Suelos del Ministerio de Agricultura. Ello fué seleccionado de tal manera que el área encierre a la "Granja Piloto"; podrían esperarse diferentes tipos de suelo, y que las regiones con topografía desfavorable para la agricultura, con fines de riego, fueran desechadas. En el área clasificada ya existía un sistema cuadrículado de "sendas" (200 x 200 m).

Las observaciones para el estudio de suelos se hicieron a lo largo de estas sendas y en cada intersección de las mismas fueron estudiadas ya sean "calicatas" o "barrenadas". Las barrenadas fueron de 1.20 m de profundidad, mientras que las calicatas variaron entre 1.20 y 1.50 m; en el fondo de cada calicata, se barrenaron otros 1.20 m de profundidad con lo que ésta en su totalidad fué de 2.40 - 2.70 m. Las calicatas, se distribuyeron regularmente sobre todo el área.

Fueron estudiadas alrededor de 440 barrenadas y 60 calicatas (en reticulado de 200 x 200 m). Se intensificó el estudio en las áreas seleccionadas para agricultura con fines de riego: 100 barrenadas y 10 calicatas adicionales.

Finalmente, en el último chequeo de campo, alrededor de 50 barrenadas fueron hechas. Es más, en los perfiles de suelo más representativos se llevaron a cabo un total de 16 mediciones de infiltración por el método de Infiltrómetro de Anillo. En base a los datos recogidos en el campo y en los laboratorios, se confeccionó un mapa detallado de suelos en escala 1:5.000.

El mapa topográfico, arriba mencionado, se usó como mapabase, pero sin las curvas de nivel, porque ellas causarían confusión con la presentación del mapa de suelos. Del mapa detallado de suelos, se hicieron mapas de clasificación, tanto para agricultura con fines de riego, como para agricultura de secano.

## 2.2 Métodos de Laboratorio

De los perfiles de suelos más representativos, se tomaron muestras para análisis físico y químico. Ciento una muestras fueron analizadas químicamente en el laboratorio de la Misión Británica en Santa Cruz; de una parte de estas muestras, el químico del Proyecto realizó análisis textural aplicando el método del Hidrómetro. Debido a que los resultados de estos análisis no fueron de confianza, como se conocía en los repetidos chequeos, en este informe principalmente se ha utilizado la textura como lo determinado en el campo.

Dieciocho muestras de suelos fueron enviadas al "Centro de Estudios de Suelos Tropicales" de la Universidad de Lovaina, Bélgica, para análisis químico y textural. Finalmente, en once muestras se determinaron curvas de  $pF$  (0-4.2) y densidad aparente y, de trece muestras de conductividad hidráulica (todas las determinaciones con tres repeticiones). Estos últimos análisis fueron realizados por el "Institute for Land and Water Management" en Wageningen, Holanda.

El número de análisis llevados a cabo en Europa tuvo que ser restringido debido a los fondos limitados. Tan pronto como se establezca el nuevo laboratorio de física de suelos, en el área del Proyecto, tiene que ser iniciado un estudio más exhaustivo de las propiedades físicas de los suelos.

En la Misión Británica se aplicaron los siguientes métodos de laboratorio:

- pH -  $H_2O$  en suspensión de suelo:agua 1:5
- Conductividad eléctrica en suspensión de suelo:agua 1:5
- Cationes solubles en suspensión de suelo:agua 1:5
  - determinación de Ca+Mg por adsorción atómica
  - determinación de K+Na por fotómetro de llama
- Cationes intercambiables extracción por acetato de amonio 1 N; pH = 7
- Capacidad de intercambio de cationes cationes intercambiables + acidez intercambiable ( $H^+$ ,  $Al^{3+}$ )
- Fósforo aprovechable extracción por bicarbonato de sodio (método-Olsen)

En la Universidad de Lovaina, se aplicaron los siguientes métodos:

- pH -  $H_2O$  en suspensión de suelo:agua 1:5
- Conductividad eléctrica en suspensión de suelo:agua 1:5
- pH - KCl en suspensión de suelo:KCl 1N 1:5
- $CO_3Ca$  titrimétrico
- $SO_4Ca$  gravimétrico
- Carbón Walkley y Black
- Nitrógeno Kjeldahl

- Cationes inter-cambiables      Ca+Mg: extracción con acetato de sodio, pH = 8.2  
Na+K : extracción con acetato de amonio 1N, pH = 7
- Capacidad de intercambio catiónico      Saturación de sodio
- Fósforo aprovechable      extracción con ácido sulfúrico (método-Truog)
- Textura      método de la pipeta para el limo y la arcilla y tamizado de la fracción arena.



### 3. PROPIEDADES GENERALES, GENESIS Y CLASIFICACION DE LOS SUELOS

#### 3.1 Propiedades Generales de los Suelos

En el presente estudio detallado de suelos, fueron distinguidas dos clases principales de suelos:

- suelos con un horizonte argílico (horizonte B textural),
- suelos con un horizonte cámbico (horizonte B estructural o color).

Los suelos con el horizonte argílico se encuentran en los depósitos aluviales subrecientes. En la depresión, tienen un horizonte argílico de moderada a fuertemente desarrollada; en la elevación, el desarrollo del horizonte argílico es, a menudo, moderado a débil. Los suelos con el horizonte cámbico se encuentran en las partes altas (elevaciones) de la llanura aluvial subreciente y en los depósitos de la llanura, Aluvio-eólico reciente. Los otros horizontes generalmente tienen una consistencia dura o ligeramente dura en seco y son también ligeramente adhesivos y plásticos en mojado.

Los suelos con un horizonte argílico casi siempre cubren un perfil enterrado a profundidades que varían entre 50 y 110 cm., su textura es predominantemente arcillosa, pero los horizontes A y C (si se presentan) tanto del perfil superior como del perfil enterrado, pueden ser francos. La textura del horizonte argílico es de moderada a fuertemente desarrollada y consiste de elementos prismáticos y/o bloques angulares. Los horizontes remanentes de manera usual son de estructura débil e incluso masiva. La consistencia de una parte del horizonte A y del horizonte B, es a menudo dura o muy dura cuando seca y ligeramente plástica y adhesiva cuando mojada. En cuanto a los colores: el pardo amarillento, pardo pálido y pardo, con un "hue" de 10YR dominan; aunque el perfil enterrado y ocasionalmente el horizonte argílico, tienen colores pardo intenso o pardo, con "hues" de 7.5 YR o 8.75 YR.

Carbonatos libres se encuentran solamente en el subsuelo, y las cantidades pueden subir hasta 2 y 3 %. El yeso apenas se presenta en estos perfiles. No se han observado problemas serios de alcalinidad y salinidad, tan solo el subsuelo es a veces débilmente salino. El estado nutricional es de moderado a bastante alto; a menudo el fósforo es aprovechable solamente en poca cantidad, mientras que los cationes intercambiables y el nitrógeno, están disponibles en moderada y a veces en grandes cantidades.

Las características físicas de estos suelos son desfavorables. Debido a sus horizontes argílicos y a sus capas franco limosas y franco arcillo limosas masivas (con alto contenido de limo) en el subsuelo, su permeabilidad y tasa de infiltración son de lentas a muy lentas. Sin embargo, la capacidad de retención de agua es generalmente moderada a alta.

Puede decirse que aquellos suelos con un horizonte argílico, empeoran gradualmente hacia el Este, (es decir cuando más se acercan al centro de la depresión), su textura va haciéndose más pesada y sus propiedades de transmisión de agua, disminuyen de acuerdo con ellos.

Los suelos con un horizonte cámbico cubren solo ocasionalmente un perfil enterrado. Los horizontes subyacentes de estos suelos son predominantemente arcillosos, mientras que el suelo superficial y el subsuelo son francos. Tienen una estructura débil a moderada en el horizonte B y en sus horizontes A y C no existe estructura (masiva) o es débilmente desarrollada. La consistencia es, en general, ligeramente adhesiva y plástica en mojada y también ligeramente dura en seca. Tan solo en el horizonte subyacente puede ser duro o muy duro en seco y adhesivo y plástico en mojado. Los colores de estos suelos son: pardo amarillento a pardo pálido.

Las características químicas no difieren mucho de aquellos suelos con horizonte argílico. El estado nutricional es también de moderado a bastante alto. Solamente el contenido de fósforo es muy bajo y puede causar serios problemas de deficiencia.

Los otros elementos generalmente están disponibles en cantidades suficientes. Los carbonatos libres se encuentran solamente en el subsuelo, pero a menor profundidad que en los suelos con horizonte argílico. El yeso está prácticamente ausente; no ocurren problemas de alcalinidad ni salinidad, aparte de algunos subsuelos débilmente salinos.

Las características físicas de estos suelos son favorables. La permeabilidad, es generalmente adecuada, pero puede ser un poco alta ( $> 0.80$  m/día), lo mismo puede decirse de la tasa de infiltración que el contenido total de humedad inmediatamente aprovechable, es de moderada a alta.

Fuera de las dos principales clases de suelos arriba mencionados, se encuentran en el área estudiada pequeñas superficies de suelos con textura bastante gruesa, sin horizontes y diagnóstico subyacentes. Debido a la alta permeabilidad y a la baja capacidad de retención del agua, estos suelos no son muy aptos para agricultura.

### 3.2 Pedogénesis

La pedogénesis de los suelos del Chaco, se discutirá con más detalle en el Informe del Estudio de Reconocimiento, el cual también forma parte del trabajo pedológico, dentro de los alcances del Proyecto Abapó-Izozog. Aquí se discutirán brevemente los factores formadores del suelo y su influencia sobre los mismos.

Los principales factores que gobiernan los procesos de formación del suelo en el área estudiada son:

- material parental,
- clima,
- biósfera, y
- tiempo.

#### Materia Parental

En el área estudiada se encontraron tres diferentes materiales parentales: sedimentos eólicos, lacustrinos y fluviales. Estos han sido depositados en diferentes períodos y en general son difíciles de distinguir unos de otros. Los sedimentos fluviales son predominantes.

Los depósitos aluviales subrecientes, son mayormente sedimentos fluviales francos y arcillosos. El perfil enterrado ha sido formado en depósitos fluviales arcillosos, pero inmediatamente, por encima de él, se encuentra en algunas ocasiones, una delgada y compacta capa finamente estratificada de textura franco limosa, que probablemente es de origen lacustrino, se halla a menudo una capa de franco limosa fina (parecida a "loess"), que podría ser un depósito eólico o un depósito fluvial que ha sido reacondicionado por el viento. Las capas superficiales muy probablemente son fluviales.

Los depósitos aluvio-eólicos recientes, consisten de sedimentos fluviales y eólicos de textura franco en los cuales predominan los fluviales. Debido a que ambos depósitos son muy limosos, a su vez se hacen difíciles de distinguirse unos de otros. Probablemente, parte de los depósitos fluviales han sido reacondicionados por el viento. En algunas ocasiones se encuentran también, capas lacustrinas compactas de textura franco limosa.

Adicionalmente, los depósitos francos de apariencia a "loess", se encuentran localmente, depósitos eólicos de textura arenosa, fina y mediana (dunas)

### Clima

La precipitación bastante baja, la alta evaporación y el largo período de sequía en el área estudiada, no permite un intenso intemperismo de los suelos. Debido a la baja precipitación y a la alta evaporación en la época lluviosa, el humedecimiento del suelo y la percolación del agua es limitada y restringida a la parte superior del mismo ( $< 1$  m), mientras que en la estación seca los suelos no son humedecidos. Por eso, la formación del suelo es débil, moderada y restringida a los procesos que se mencionan abajo.

Los carbonatos y las sales se solubilizan siendo transportados y redistribuidos dentro del perfil. El intemperismo químico, que solamente tiene lugar cuando los suelos están húmedos, libera componentes de hierro, coloreando los horizontes subyacentes algo más oscuros. Estos procesos son acelerados por las altas temperaturas y rápida descomposición de la materia orgánica, la cual enriquece en dióxido de carbono el agua de percolación e incrementa su capacidad de solución e hidrólisis

Un proceso de formación de los suelos relativamente importante, en especial en los suelos más pesados, es la formación de los horizontes argílicos. Su formación sin embargo, no puede ser atribuida solamente a la illuviación de la arcilla debido a factores climáticos, los cuales permiten tan solo una traslocación limitada de agua y arcilla. Debido a esto, parte del desarrollo de los horizontes argílicos tienen que ser atribuidos a la formación de arcilla "in situ". Esto también ha sido probado por Smith y Buol (1968) para otros suelos semi-áridos.

El fuerte desarrollo de los horizontes argílicos en los suelos más pesados, puede ser también explicado por este hecho, donde los suelos retienen humedad por más tiempo, así como el intemperismo y la formación nueva de arcilla resultante, continúa más tiempo. La poca cantidad de "cutans" que ha sido observada en estos horizontes argílicos, no obstante las diferencias a menudo fuertes en contenido de arcilla entre los horizontes A2 y B2t, también indica la fuerte influencia de formación nueva de arcilla.

### Biósfera

La vegetación tiene un efecto bastante limitado en la formación del suelo; la materia orgánica, formada por las hojas caídas, es escasa y rápidamente descompuesta. Sin embargo, como la vegetación tiene un sistema radicular, amplio y bastante profundo, la poca materia orgánica es bien distribuida por el suelo.

La fauna del suelo, tiene un efecto moderado en la mezcla de las diferentes capas. Muchos insectos, especialmente hormigas, son bastante activos; los gusanos por otro lado, se presentan pocas veces. En los suelos de textura liviana de la llanura aluvio-eólico reciente, la actividad de pequeños mamíferos cavadores (armadillos y roedores) es considerable.

### Tiempo

Los suelos más antiguos del área estudiada, aquéllos de los depósitos aluviales subrecientes, muestran un perfil bien desarrollado, bastante maduro, con una neta horizonización. En los suelos jóvenes de los depósitos aluvio-eólicos recientes, los perfiles son todavía juveniles y la horizonización es de débil a moderada.

### 3.3 Clasificación Taxonómica del Suelo y su Correlación

La categoría superior que aparece en la leyenda del mapa de suelos, es el sub-paisaje. Los sub-paisajes se distinguen de acuerdo a las diferencias en geomorfología y geogénesis. Ellos corresponden a asociaciones de suelos porque consisten en unidades taxonómicas relacionadas geográficamente (Soil Survey Manual, 1951, p/303).

Las unidades taxonómicas principales en este estudio son series de suelo; grupos de suelos, en el que los horizontes principales son similares en: espesor, secuencia y otras características importantes. El principal criterio para la subdivisión de los sub-paisajes en series de suelos, es la textura y el tipo del horizonte diagnóstico subyacente.

Las series de suelos han sido divididas en tipos que corresponden a las unidades de mapeo del mapa de suelos. Las clases de suelo fueron distinguidas sobre la base de diferencias en textura del horizonte debajo del horizonte diagnóstico subyacente.

La textura del horizonte superficial, que a menudo es usado para subdividir series de suelos dentro de tipos de suelos, es homogéneo en el área de estudio, por eso aquí no se usa.

Se ha intentado correlacionar los suelos de este estudio detallado, con dos diferentes sistemas de clasificación, es decir:

- el nuevo sistema comprensivo del "Soil Survey Staff of the Soil Conservation Service of the U.S.D.A. (7th approximation) "
- la clasificación de suelos de la F.A.O.

### 3.3.1 Correlación de las Unidades de Mapeo con la 7a. Aproximación

En la "7a. Aproximación" (Soil Survey, 1960 y 1967), las principales subdivisiones están basadas en la presencia o ausencia de horizontes diagnósticos. La leyenda del mapa de suelos fué también basada en la presencia o ausencia de ciertos horizontes y en las características de los mismos. Por eso, las diversas unidades de mapeo, pueden ser fácilmente correlacionadas con los sub-grupos de la "7a. Aproximación".

Los siguientes puntos han sido tomados en consideración para la correlación:

- En el área de estudio, la temperatura media anual, es más alta que 22°C.
- La diferencia de temperatura media de verano y temperatura media de invierno, excede a los 5°C.
- Está establecido en la 7a. aproximación que cuando un perfil enterrado forma parte importante del suelo a ser clasificado, el nombre del suelo enterrado juntamente con la palabra modificadora "Thapto" tiene que ser incluido en el nombre de este suelo. En este estudio, se asumió que un perfil enterrado forma una parte importante de un suelo cuando ello se encuentra dentro de 80 cm. de la superficie.

En la Tabla 1, se muestra la correlación entre las unidades de mapeo y los varios sub-grupos. Sin embargo, se explicará brevemente el "por qué" y "cómo" de esta correlación.

- Todos los tipos de suelo con un horizonte argílico, han sido clasificados como HaplustalFs. Se los ha clasificado como UstalFs y no como XeralFs a pesar de que



están secos entre 18 y 50 cm. durante 60 días consecutivos, porque su temperatura media anual del suelo es más alta que 22°C.

- Los tipos de suelo con un horizonte argílico y un perfil enterrado dentro de los 80 cm., han sido clasificados como Thapto-Typic-Ustochreptic Haplustalfs; los suelos con un horizonte argílico que quedan son Typic Haplustalfs.
- Todas las clases de suelos con un horizonte cámbico, pero sin subsuelo salino, han sido clasificadas como Typic Ustochrepts.  
Ustochrepts en vez de Xerochrepts, por la temperatura media anual alta.
- Todos los tipos de suelo con un horizonte cámbico y subsuelo salino encima de los 90 cm. (suelos francos), han sido clasificados como Ustollic Camborthids.
- Los tipos de suelo sin un horizonte diagnóstico subyacente y con texturas más finas que franco arenoso fino debajo de los 25 cm., son Typic Ustorthents.
- Los tipos de suelo sin un horizonte diagnóstico subyacente y con texturas más gruesas que franco arenoso fino debajo de 25 cm., como en el caso de parte de los suelos de duna, son Typic Ustipsamments.

Tabla 1: Correlación de Unidades de Mapeo con la  
" 7a. Aproximación "

Unidades de Mapeo	Sub-grupos en 7a. Aproximación
Aa1	Typic Haplustalf Thapto-Typic-Ustochreptic Haplustalf
Ab1	Typic Haplustalf
Ab2	Typic Haplustalf Thapto-Typic-Ustochreptic Haplustalf
Ab3	Thapto-Typic-Ustochreptic Haplustalf
Ba1	Thapto-Typic-Ustochreptic Haplustalf
Ba2	Thapto-Typic-Ustochreptic Haplustalf
Ba3	Typic Haplustalf
Bb1	Typic Haplustalf Typic Ustochrept Ustollic Camborthid
Bb2	Typic Haplustalf Typic Ustochrept Ustollic Camborthid
Ca1	Typic Ustochrept Ustollic Camborthid
Ca2	Typic Ustochrept Ustollic Camborthid
Ca3	Ustollic Camborthid
Ca4	Typic Ustochrept
Cb1	Typic Ustochrept Ustollic Camborthid
Cc1	Typic Ustorthent
Dal	Typic Ustorthent Typic Ustipsamment

### 3.3.2 Correlación de las Unidades de Mapeo con la Clasificación de Suelos de la F.A.O.

La correlación de las unidades de mapeo con la clasificación de suelos de la F.A.O., resulta un tanto problemática. A pesar de que la clasificación de suelos de la F.A.O. muestra una gran semejanza con el sistema de la "7a. Aproximación" (los suelos son también clasificados de acuerdo a la presencia o ausencia del horizonte diagnóstico), resulta más difícil su aplicación. En los hechos este sistema todavía está en la fase aproximativa y las definiciones de los diferentes suelos, no son a menudo muy claras. Cuando se usa "la Clave de Unidades de Suelo para el Mapa Mundial de Suelos" de Sept. 1970, algunos suelos pueden ser clasificados en más de una orden. Por este motivo, no se dará una correlación exacta, pero se indicarán las posibilidades más probables.

En el mapa de suelos de Sud América, "World Soil Resources Report No. 34" (F.A.O. 1968), los suelos del área del Chaco son clasificados como Kastanozems para las partes más húmedas y como Xerosols para las partes más secas. Además, se ha establecido que los Eutric Cambisols se encuentran en las zonas transicionales de las sub-húmedas a las semi-áridas, a las que pertenecen las franjas de la llanura chaqueña.

Los suelos de este estudio detallado, por cierto, no pertenecen a los Kastanozems, desde que ellos no tienen epipedón Mólico ni horizontes cálcico o gípsico ni acumulaciones de calcio polvoriento blando. En el "World Soil Resources Report No. 34", se menciona que en algunos sub-horizontes, los Xerosols tienen una conductividad del extracto de saturación a 25°C de 2 mmhos/cm.

Esto no se repite en la clave de unidades de Suelos para el Mapa Mundial del Suelo. Aplicando el primer criterio, solamente aquellos suelos con subsuelo débilmente salino, pueden ser clasificados como Xerosols.

Sin embargo, en el segundo caso, casi todos los suelos pueden ser clasificados como Xerosols.

En resumen, pueden sacarse las siguientes conclusiones:

- Los suelos con un horizonte argílico, deben ser clasificados como Luvic Xerosols. Cuando se excluyen a los suelos sin subsuelo salino, ellos pueden ser clasificados como Eutric Nitosols u Orthic Luvisols.
- Los suelos con horizonte cámbico, deben ser clasificados como Haplic Xerosols. Cuando se excluyen a los suelos sin subsuelos salinos, ellos se clasifican como Eutric Cambisols.
- Los suelos sin un horizonte diagnóstico subyacente de la llanura Aluvio-eólico reciente (series-Cc), deben ser clasificados como Eutric Fluvisols.
- Los depósitos eólicos de las dunas sin un horizonte diagnóstico subyacente, deben ser clasificados como Eutric Regosols.

### 3.4 Leyenda del Mapa

En la siguiente leyenda del mapa, el nombre de las series de suelo forma también parte del nombre del tipo de suelo. Sin embargo, para evitar una leyenda demasiado larga, no se ha repetido el nombre de series de suelo. Para la caracterización de los tipos de suelos, las texturas de los horizontes superficiales, no han sido utilizadas en esta leyenda, porque, son uniformes dentro de cada subpaisaje. En lugar del horizonte superficial, se ha tomado en cuenta para la caracterización del tipo de suelo, los horizontes por debajo de los subyacentes.

A. DEPOSITOS ALUVIALES SUBRECIENTES (DEPRESION)

- Aa. Suelos con un horizonte argílico de textura fina,
  - Aa1. Sobre texturas moderadamente finas y/o finas.
- Ab. Suelos con un horizonte argílico de textura moderadamente fina
  - Ab1. Sobre texturas moderadamente finas.
  - Ab2. Sobre texturas moderadamente finas y medianas.
  - Ab3. Sobre texturas medianas y gruesas

B. DEPOSITOS ALUVIALES SUBRECIENTES (ELEVACION)

- Ba. Suelos con un horizonte argílico, moderadamente o fuertemente desarrollado,
  - Ba1. Sobre texturas predominantes moderadamente finas.
  - Ba2. Sobre texturas predominantemente medianas.
  - Ba3. Sobre texturas medianas.
- Bb. Suelos con un horizonte cámbico y horizonte argílico débilmente desarrollado de texturas moderadamente finas,
  - Bb1. Sobre texturas moderadamente finas y medianas.
  - Bb2. Sobre texturas predominantemente medianas.

C. DEPOSITOS ALUVIO-EOLICO RECIENTES

- Ca. Suelos con un horizonte cámbico de texturas moderadamente finas,
  - Ca1. Sobre texturas moderadamente finas y medianas.
  - Ca2. Sobre texturas medianas
  - Ca3. Sobre texturas medianas intercalada con una capa de textura moderadamente fina.
  - Ca4. Sobre texturas moderadamente gruesas y gruesas.
- Cb. Suelos con un horizonte cámbico de texturas medianas,
  - Cb1. Sobre texturas medianas.

Cc. Suelos sin un horizonte diagnóstico subyacente

Ccl. Suelos con un horizonte superficial de textura mediana sobre texturas medianas a gruesas.

D. DEPOSITOS EOLICO-ARENOSOS ( DUNAS )

Da. Suelos sin un horizonte diagnóstico subyacente

Dal. Suelos con un horizonte superficial de textura moderadamente gruesa sobre texturas moderadamente gruesas y gruesas.

Tabla 2: Superficie (en ha. y porcentaje) ocupadas por las Unidades de Mapeo

Unidades de Mapeo	Superficie(en ha.)	% del Area Total
Aa1	184.3	9.3
Ab1	145.0	7.3
Ab2	61.5	3.1
Ab3	8.3	0.4
Ba1	169.3	8.5
Ba2	140.8	7.1
Ba3	98.5	5.0
Bb1	164.5	8.3
Bb2	59.3	3.0
Ca1	95.3	4.8
Ca2	442.5	22.3
Ca3	48.8	2.5
Ca4	13.5	0.7
Cb1	247.0	12.5
Cc1	62.0	3.1
Dal	41.0	2.1
T O T A L	1.981.6	100.0
	=====	=====

#### 4. DESCRIPCION DE LAS UNIDADES DE MAPEO (Ver Anexo V, Mapa Detallado de Suelos)

##### 4.1 Introducción

En este capítulo serán descritas las unidades de mapeo del suelo. Sin embargo, se dan primero la terminología (Cap. 4.1.1) que es usada y las normas para la interpretación de los resultados de los análisis químicos y físicos (Cap. 4.1.2).

##### 4.1.1 Terminología

La terminología usada en este informe y el sistema aplicado para las descripciones del suelo, está de acuerdo con la "Guía para la Descripción de Perfiles de Suelos", publicada por F.A.O. Solamente las clases de drenaje, han sido definidas de diferente modo. Además, se han utilizado algunos términos adicionales. Para las descripciones de color se ha usado la tabla "Munsell" (Munsell Soil Colour Charts). A menos que se indique, todos los colores dados son para suelos secos.

##### Drenaje

Las clases de drenaje, como se definen en la "Guía para la Descripción de Perfiles de Suelos", indican en qué medida y con qué rapidez se mueve el exceso de agua del suelo. Además, se indica la influencia que el nivel freático tiene o tuvo sobre el perfil del suelo. La clase de drenaje se determinó en función del drenaje externo (escurrimiento superficial) y el drenaje interno del suelo.

La aplicación de este concepto de drenaje a una región semi-árida plana que es irrigada y que tiene un nivel freático muy profundo, ( 20 m) no parece ser adecuado.



La influencia del nivel freático no existe en absoluto, mientras que el escurrimiento superficial es insignificante como lo indica la ausencia casi completa de un patrón de drenaje activo. Solamente el drenaje interno determina las condiciones de drenaje. Bajo condiciones de riego este hecho tiene mayor significación. Por eso, en este informe se consideró solamente el drenaje interno del suelo. En "Guía para la descripción de Perfiles de Suelos", se reconocen seis clases de drenaje interno (muy rápido, rápido, . . . . . muy lento), basados principalmente sobre las condiciones de precipitación, escurrimiento superficial y nivel freático. Debido a que en el área de estudio, la irrigación será muy importante, en este informe ha sido aplicado un concepto algo diferente en el que se da mayor énfasis a las condiciones especiales bajo riego (aplicación de grandes volúmenes de agua en períodos cortos). El drenaje interno del suelo, solamente es considerado a que puede causar un nivel freático colgado (temporalmente) y de ésta manera originar problemas. Además, de una preparación especial de tierras (subsolado) se requerirán prácticas especiales de irrigación, así por ejemplo: riegos ligeros y frecuentes, atención especial al drenaje superficial y control de la erosión. Finalmente un drenaje interno no adecuado puede limitar el uso de la tierra a ciertos cultivos.

Las siguientes clases de drenaje interno del suelo y sus correspondientes requerimientos fueron reconocidos (van Beers, 1969):

- |                     |   |
|---------------------|---|
| - favorable         | no se requieren prácticas especiales de riego |
| - algo desfavorable | manejo cuidadoso del agua                     |
| - marginal          | prácticas especiales de riego                 |
| - insuficiente      | no apropiado para irrigación                  |

### Textura del Suelo

La textura fué determinada en base al triángulo de texturas, definido por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. En este triángulo se definen trece clases. Para nuestro estudio, éstas han sido ordenadas ya se en tres o cinco grupos como se muestra a continuación:

- suelos arenosos {
  - suelos de textura gruesa:  
areno francoso, arena
  - suelos de textura moderadamente gruesa:  
franco-arenoso
  
- suelos francos:
  - suelos de textura mediana:  
franco arenoso muy fino  
franco  
limo  
franco limoso
  
- suelos arcillosos {
  - suelos de textura moderadamente fina:  
franco arcilloso  
franco arcilloso arenoso  
franco arcillo limoso
  - suelos de textura fina:  
arcilloso  
arcillo arenoso  
arcillo limoso

### Horizontes de Diagnóstico

En algunos casos, han sido aplicados los nombres de los horizontes diagnóstico (horizontes argílico y cámbico). Estos son definidos, de acuerdo al "Supplement to Soil Classification System" de Marzo, 1967, por el "Soil Survey Staff of the Soil Conservation Service (U.S.D.A.)".

### Horizontes

En lugar de los horizontes A-, B- y C-, se usan a menudo los términos siguientes en el texto que continúa:

horizonte superficial	= horizonte - A
horizonte subyacente	= horizonte - B
subsuelo	= horizonte - C sobre 120 cm.
substrato	= horizonte - C abajo 120 cm.

#### 4.1.2 Normas para la Interpretación de los Análisis Físico y Químico

##### Humedad Total Fácilmente Aprovechable

Para la capacidad de campo fueron usados: valores de  $pF = 2.2$  para suelos arenosos y  $pF = 2.4$  para suelos francos y arcillosos. El punto de marchitez fué asumido en  $pF = 4.2$ . En los primeros 30 cm. del perfil del suelo, la humedad fácilmente aprovechable por las plantas es del 100 % de la cantidad de humedad entre  $pF = 2.2$  (respectivamente  $pF = 2.4$ ) y  $pF = 2.4$ ; ello está expresado en mm/30 cm. Para la capa de 30-60 cm. se supone que el 75 % de la humedad aprovechable, es fácilmente aprovechable. Para la capa de 60-90 cm. es de 50 % y entre 90 y 120 cm. es del 25 %. El total de la humedad fácilmente aprovechable de un perfil de 120 cm. es entonces el total de humedad fácilmente aprovechable de las cuatro capas y está expresado en mm/120 cm. Las normas utilizadas para ésta evaluación, son:

alta	> 90 mm/120 cm
mediana	60-90 mm/120 cm
baja	35-60 mm/120 cm
demasiado baja	< 35 mm/120 cm

### Conductividad Hidráulica (valores de K)

muy lenta	< 0.05 m/24 h
lenta	0.05-0.30 m/24 h
moderada	0.30-0.80 m/24 h
moderadamente alta	0.80-2.00 m/24 h
alta	> 2.00 m/24 h

### Infiltración Acumulada

Las siguientes normas están basadas sobre la cantidad de agua que infiltra en el suelo durante los primeros 60 minutos de la medición:

baja	< 25 mm/60 min
mediana	25-100 mm/60 min
alta	> 100 mm/60 min

Las mediciones de infiltración se realizaron en suelo seco. En general, esto resulta ser una infiltración acumulada demasiado alta cuando se compara con las mediciones en suelos húmedos regados. Para comparar unos suelos con otros, estos resultados en suelo seco, son muy apropiados, pero no pueden ser usados como una medida absoluta. Por eso, se harán mediciones de infiltración complementaria (Método del Anillo, así como Infiltración por Surco y Melga), por los expertos en riego del Proyecto.

Los análisis químicos fueron interpretados de acuerdo a las normas establecidas por el laboratorio de suelos de la Misión Británica en Santa Cruz. Se establecieron normas especiales para este informe, solamente, en los casos de nitrógeno total y fósforo (Truog).

Los suelos son considerados salinos cuando se ha encontrado una conductividad eléctrica (suelo: agua = 1:5) de más de 400 micromhos/cm. Los suelos con más de 3 % de CaCO<sub>3</sub> libre son considerados calcáreos.

pH

fuertemente alcalino	> 8.0
moderadamente alcalino	7.6-8.0
débilmente alcalino	7.1-7.5
neutro	6.6-7.0
débilmente ácido	6.0-6.5
moderadamente ácido	5.3-5.9
fuertemente ácido	4.5-5.2
muy fuertemente ácido	< 4.5

Tabla 3: Normas para la Interpretación del Análisis Químico

	Muy baja	Baja	Moderada	Adecuada	Alta	Muy alta
Nitrógeno total (Kjeldahl) %	< 0.05	0.05-0.1	0.1-0.15		0.15-0.25	> 0.25
Fósforo aprovechable (Olsen) ppm	< 3.0	3-7		7-15	15-25	> 25
Fósforo aprovechable (Truog) ppm	< 5.0	5-15	15-25		25-100	> 100
Capacidad de intercambio catiónico (meq/100 gr. suelo)	< 6.0	6-12	12-25		25-40	> 40
Total de cationes intercambiables (meq/100 gr. suelo)	< 3.0	3-7	7-15		15-25	> 25
Saturación de bases ( % )	< 20.0	21-40	41-60		61-80	81-100
Ca <sup>++</sup> intercambiable (meq/100 gr. suelo)	< 2.0	2-5	5-10		10-20	> 20
Mg <sup>++</sup> intercambiable (meq/100 gr. suelo)	< 0.5	0.5-1.5	1.5-4		4-8	> 8
K <sup>+</sup> intercambiable (meq/100 gr. suelo)	< 0.1	0.1-0.2	0.2-0.4	0.4-0.7	0.7-1.2	> 1.2
Na <sup>+</sup> intercambiable (meq/100 gr. suelo)	< 0.1	0.1-0.3	0.3-0.7		0.7-2.0	> 2.0

#### 4.2 A: Series de los Depósitos Aluviales Subrecientes (Depresión)

##### Características morfológicas

La serie de este subpaisaje cubre 20.1 % del área estudiada y está localizada al Este y Sud-este. Los suelos tienen un perfil A-B-C con un horizonte argílico distinto (horizonte B textural) que descansa sobre un perfil enterrado a profundidades que varían entre 60-110 m.

La textura de estos suelos es generalmente arcillosa, pero a veces se intercalan capas de textura franca. El substrato consiste predominantemente de franco limoso, franco arcillolimoso o franco arenoso muy fino y bastante compacto. El color de los horizontes superficiales es pardo a pardo amarillento obscuro, cambiando a pardo amarillento, ó a veces pardo fuerte en el horizonte B. El subsuelo es pardo claro amarillento y el perfil enterrado tiene colores pardos fuertes. La estructura de estos suelos, es en general, débilmente desarrollada ó a veces incluso masiva, con excepción del horizonte B, que tiene una estructura moderada ó fuerte. La forma de estructura prevalente, es bloque angular.

##### Características físicas

Las características físicas de estos suelos son desfavorables. La textura pesada, estructura débil y baja porosidad observadas en el campo, indican de un drenaje interno insuficiente a marginal. Esto ha sido probado por los datos de laboratorio, como puede verse en la Tabla 4 y Anexo III. El horizonte argílico del perfil V-17, cuyos datos se dan en la Tabla 4, es prácticamente impermeable. Este perfil es representativo para las series más pesadas Aa. En general, los suelos de este subpaisaje tienen un horizonte B2t con una permeabilidad por lo menos baja (K varía entre 0.05-0.30 m/día).

Sin embargo, ocurre a menudo que los horizontes B2t tienen una permeabilidad muy baja ( $K = 0.05 \text{ m/día}$ ).

Tabla 4: Conductividad Hidráulica, Densidad Aparente y Porosidad del Perfil V-17, Unidad de Mapeo Aal.

Horizonte	Profundidad (cm.)	Valor K (m/24h)	Densidad Aparente	Porosidad ( % )
A2	15	0.20	1.33	50
B2lt	40	0.005	1.62	39
B3	75	0.04	1.44	46
IIB2b	105	0.67	1.51	43

Las mediciones de infiltración (Ver Anexo II, Perfiles V-17, H-3 y B-3) han mostrado que la tasa de infiltración de estos suelos, es también desfavorable. La infiltración acumulada en suelo seco después de una hora varía entre 23 y 61 mm., lo cual es baja a moderada. Sin embargo, debido a que la influencia desfavorable del horizonte argílico no es muy clara después de solo 60 minutos, el tiempo necesario para la infiltración de 10 cm. de agua (F unidad) da una mejor impresión. Este tiempo varía de 2 1/2 horas a más de un día (Ver Anexo II), lo cual es de moderado a muy alto. Por eso, parte de estos suelos no son aptos para irrigación.

Más favorable es el contenido de humedad total fácilmente aprovechable de los suelos. Para el único ejemplo disponible (Perfil V-17, que es representativo de los suelos más pesados de ésta unidad fisiográfica), se encontró un valor de 96.5 mm/ 120 cm. ( 8 % de volumen). Este es un contenido alto.



### Características Químicas

El estado de fertilidad es de moderado a bastante alto. El pH-H<sub>2</sub>O es moderadamente ácido a neutro (5.3-7.0) en los horizontes superficiales y neutro a moderadamente alcalino (6.6-8.0) en el subsuelo. Se presentan carbonatos libres solamente en el subsuelo por debajo de 60-80 cm.

El contenido de materia orgánica en el suelo superficial, es moderadamente bajo (1-2 %). Tan solo en los primeros 5 cm. puede ser bastante alto (3-5 %), debido parcialmente a los residuos de plantas no alteradas. El nitrógeno en la capa superficial es alto. La relación C/N de la materia orgánica varía alrededor de diez, en la capa superficial que indica una mineralización favorable. Dentro del subsuelo, la relación C/N es baja (2-5) lo cual indica que la materia orgánica es inactiva aquí.

La capacidad de intercambio catiónico es baja y varía entre 8.5 y 13.0 meq/100 gr. de suelo en el horizonte superficial así como del subsuelo. En el horizonte argílico y ocasionalmente en el perfil enterrado, la capacidad de intercambio catiónico (C.E.C.) es algo alta y varía entre 12.0 y 17.0 meq/100 gr. de suelo. La saturación de bases es siempre alta pero debido a la baja C.E.C., el total de bases intercambiables es solamente moderado. El contenido de Ca<sup>++</sup> intercambiable es moderado (5-10 meq/100 gr. de suelo) en todo el perfil, mientras que el contenido de Mg<sup>++</sup> es moderado y ocasionalmente alto a muy alto (1.5-10 /100 gr. de suelo). El potasio intercambiable se encuentra en cantidades fuertemente variables a través del perfil, pero existe una ligera tendencia a ser más alto en el horizonte superficial (0.4-1.2 meq/100 gr. de suelo), mientras que en el subsuelo, ocurren variaciones de 0.2-0.8 meq/100 gr. de suelo. Sin embargo, ocasionalmente en el subsuelo, se encuentran contenidos hasta de 1.5 meq/100 gr. de suelo. Los contenidos de sodio intercambiable son generalmente moderados y nunca peligrosos.

El fósforo aprovechable es muy variable a través del perfil. La tendencia general es contenido bajo en el horizonte A1 y muy bajo contenido en el horizonte A2 lixiviado, especialmente cuando este A2 está netamente desarrollado. En el horizonte B, se encuentran cantidades bajas a moderadas; mientras que en las capas más profundas son comunes los contenidos moderados de fósforo. Sin embargo, ocurren fuertes divergencias de esta tendencia. Análisis de elementos menores fueron realizados en el perfil V-17 (Ver análisis en el Anexo I). Ello ha mostrado que el manganeso y el molibdeno, podrían causar problemas de deficiencia debido a su contenido algo bajo. Los otros microelementos, están disponibles en cantidades suficientemente altas.

No ocurren problemas serios de salinidad y alcalinidad. Ocasionalmente en suelos con contenido alto de magnesio intercambiable,  $Mg^{++} + Na^{+} + Ca^{++} + K^{+}$ , es lo que indica una tendencia a la alcalinidad.

### Problemas de Manejo

Las operaciones de habilitación de tierras en este tipo de suelos son menos costosas cuando se comparan con las otras partes del área estudiada. El monte bajo (2-3 m) uniforme, hace posible que el desmonte sea bastante rápido. El rastreado de raíces, podría ser dificultoso debido a la textura pesada. Sin embargo, ésto sería parcialmente compensado con el pobre desarrollo de las raíces de estos suelos pesados. La nivelación de tierras tampoco causa muchos problemas porque, aparte de los drenes naturales, no existe un microrelieve problemático. Si las parcelas al ser regadas son diseñadas, de manera que los drenes naturales sean llenados, será necesario mayor movimiento de tierra (no la capa superficial de las áreas circundantes) y la nivelación resultará en costos moderados.

El problema principal relacionado con los suelos de este subpaisaje, concierne a sus características de drenaje interno. El horizonte subyacente de una parte de ellos, tienen una conductividad hidráulica tan baja (Ver Tabla 4) que la irrigación se excluye bajo las condiciones existentes. Esto se relaciona especialmente con los suelos de la serie Aa. Los suelos de la serie Ab, son ligeramente mejores. Cuando se aplican prácticas especiales de riego y un manejo cuidadoso del agua, ellos pueden ser utilizados para fines de riego (los suelos del tipo Ab3 pueden ser usados incluso bajo prácticas normales de riego).

Los horizontes subyacentes lentamente permeables, se encuentran aproximadamente entre 15 y 90 cm. y varían en espesor de 30-70 cm. Ellos descansan sobre horizontes con una permeabilidad más grande (Ver Tabla 4). Para hacer que estos suelos sean aptos para agricultura normal bajo riego, se recomienda el subsolado profundo a profundidades de 70-90 cm. (Cuando la factibilidad económica está probada).

Un problema que se originará bajo condiciones de agricultura con riego y en menor proporción bajo agricultura de secano, es la deterioración de la estructura y la formación de una costra compacta en la superficie del suelo. Esta costra, presenta una barrera seria para la germinación de las semillas y es más afecta la aereación y la infiltración del agua de riego. La razón para la formación de esta costra, es la baja estabilidad de la estructura en el horizonte superficial. Hecho provocado por el contenido bastante alto de limo y el contenido de moderado a bajo de materia orgánica del suelo (que además se mineraliza rápidamente bajo condiciones de cultivo). El embarrado o humedecimiento del suelo a tensión - cero bajo riego o una lluvia fuerte, son los mayores causantes para la deterioración de la estructura.

La prevención del encostramiento puede ser más o menos alcanzada por la adición de materia orgánica y estiércol de cuadra (el plan de cultivos debe incluir en la rotación forrajeras y abonos verdes). Por otra parte, debe evitarse el embarrado causado por la labranza en suelos demasiado mojados; asimismo, debe reducirse a lo máximo las operaciones de habilitación de tierras y labranza (uso de maquinaria) para conservar la estructura.

La degradación del estado de fertilidad puede ocurrir en estos suelos como consecuencia de un cultivo prolongado. La rápida mineralización de la materia orgánica que tiene lugar bajo condiciones de cultivo, causará deficiencias de nitrógeno. La baja a moderada capacidad de intercambio catiónico, puede ser la razón para que la deficiencia de Mg o K se desarrolle rápidamente. Finalmente, el contenido de fosfatos no son muy favorables, y por eso, deficiencias de fosfatos pueden esperarse en corto tiempo. Sin embargo, la mayoría de estas características, son contrapesadas por el alto contenido de minerales meteorizables que tienen estos suelos, como se muestra por el análisis minerológico hecho para el Estudio de Reconocimiento (Ver Informe de éste Estudio). Esto puede ser la explicación para que los pocos e incompletos experimentos sobre fertilidad (microparcelas), que fueron llevados a cabo en la Granja Piloto, en parcelas que han estado bajo cultivo por 3 a 4 años, dieran resultados bastante negativos. No se ha encontrado una respuesta positiva (fuera de una ligera respuesta al N) a la fertilización. Sin embargo para evaluar los cambios en el estado nutricional de los suelos, son necesarios mayores datos y mayores experimentos con fertilizantes acompañados de un análisis sistemático de plantas (análisis foliar) y suelos.

El peligro de la erosión eólica de los suelos será bajo con tal que una adecuada labranza del suelo (no usar o limitar en su uso la rastra de disco y el arado de disco) sea aplicada y existan cortinas rompevientos, distribuidas regularmente entre las parcelas.

### Aptitud para Agricultura con Fines de Riego y de Secano

Es limitado el potencial de estos suelos para agricultura bajo riego, debido a la baja tasa de infiltración y un insuficiente a marginal drenaje interno, parte de los suelos no son aptos para riego. El resto, tiene solamente aptitud limitada.

Las posibilidades para agricultura de secano no son mucho más favorables. Las texturas pesadas, la distribución desfavorable del tamaño de los poros y la densidad aparente alta, impiden el desarrollo normal de las raíces y restringen el crecimiento de las plantas, como indica la vegetación natural. Por eso, ellos son clasificados generalmente en la clase de aptitud más baja para cultivos bajo condiciones de secano.

En este subpaisaje, dos series de suelos han sido distinguidas:

- Aa: Suelos con un horizonte argílico de textura fina,
- Ab: Suelos con un horizonte argílico de textura moderadamente fina.

#### 4.2.1 Suelos con un Horizonte Argílico de Textura Fina (Aa)

Los suelos de estas series ocupan 184.3 ha. del área estudiada. La topografía plana de la unidad es interrumpida solamente por pocas dunas aisladas de muy bajas arenas, (  $\pm$  0.5-1 m ) y algunos drenes naturales. La microtopografía no es muy importante. Para la descripción detallada de suelos y análisis químicos y físicos, ver Anexos I, II, III y IV; Perfiles V-17 y H-3.

El horizonte superficial, está variando en espesor entre 10 y 30 cm., tiene una textura franco a franco arcillosa,

colores pardo oscuro a pardo amarillento y es débilmente estructurado o masivo. Esta falta de estructura o su débil desarrollo, es principalmente debido a la influencia destructiva de los procesos pedogenéticos de eluviación. El horizonte-A2 es la parte más importante del horizonte superficial.

En el horizonte subyacente (30-50 cm. de espesor) el contenido de arcilla aumenta y la presencia de cutanes sobre las unidades estructurales muestran el movimiento vertical y la acumulación de la arcilla (horizonte argílico). La textura es arcillosa o arcillo limosa y el color predominante es pardo amarillento, algunas veces tiende a pardo fuerte. La estructura es moderadamente a fuertemente desarrollada y consiste de prismas compuestos de elementos bloques angulares.

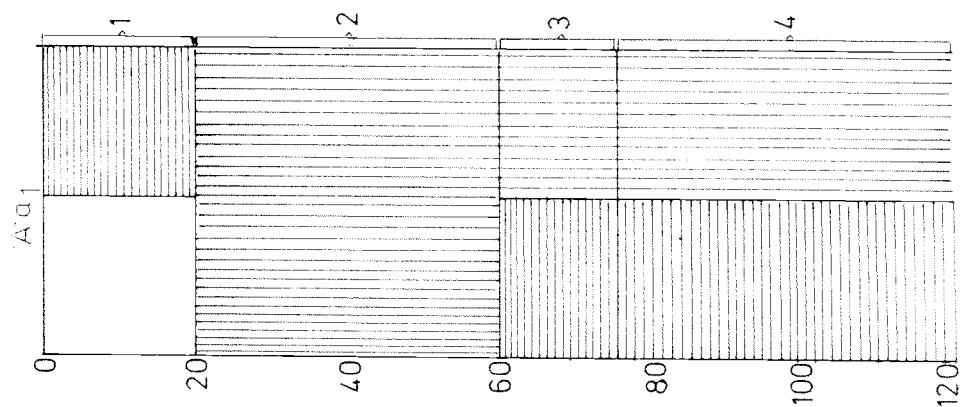
En esta serie de suelo solamente un tipo de suelo ha sido distinguido:

Aal Suelos con un Horizonte Argílico de Textura Fina sobre Textura Moderadamente Fina y/ó Fina

En este tipo de suelo, el subsuelo que sigue al horizonte argílico varía de 5-30 cm. de espesor y descansa sobre un perfil enterrado. Ambos tienen texturas franco arcillosa, franco arcillo limosa ó arcillosa. Su estructura es bloque angular muy débilmente desarrollado ó masivo. El color del subsuelo, es generalmente pardo amarillento claro, mientras que el perfil enterrado tiene un "Hue" de 8.75 YR o 7.5 YR y colores pardo fuerte a pardo. En el subsuelo a veces se encuentran remanentes de una fina estratificación.

SUELOS DE LA DEPRESION SOBRE  
DEPOSITOS ALUVIALES SUBRECIENTES

DIAGRAMA DEL PERFIL.



L E Y E N D A



texturas finas



texturas moderadamente  
finas



texturas medianas



texturas moderadamente  
gruesas



texturas gruesas

1

Horizonte superficial

2

Horizonte subyacente

3

Subsuelo

4

Perfil enterrado

El substrato hasta  $\pm$  150-170 cm. tiene texturas arcillosas; por debajo de esta profundidad, cambia a franco arenoso muy fino o franco limoso hasta  $\pm$  270 cm. que fué la máxima profundidad estudiada.

De acuerdo con la descripción general de suelos de este subpaisaje, estos suelos tienen un estado de fertilidad moderado a bastante alto. En cuanto a las características físicas, estos suelos son los peores del subpaisaje; tienen las texturas más pesadas, la permeabilidad y las tasas de infiltración más bajas, etc.

#### 4.2.2 Suelos con un Horizonte Argílico de Textura Moderadamente Fina (Ab)

Estos suelos ocupan 214.8 ha.; su topografía es plana; dunas arenosas bajas, apenas se presentan, pero algunos drenes naturales superficiales, disectan esta unidad. No existen problemas de microtopografía. Para una descripción detallada del suelo y para análisis físicos y químicos, ver Anexos I, II y III; Perfil B-3.

Estos suelos son similares a los de las series precedentes. Sus diferencias principales son un desarrollo menos pronunciado del perfil y texturas menos pesadas. El horizonte superficial varía en espesor de 5-25 cm., y tiene texturas francos y franco arcillosas. Los horizontes subyacentes (incluyendo el horizonte argílico) tienen un espesor de 15-40 cm. con texturas predominantemente franco arcillosas y franco arcillo limosas. Las otras propiedades, como color, estructura, etc., son similares a las propiedades de los suelos de la serie Aa.

El suelo subyacente es seguido por horizontes de texturas moderadamente finas, medianas ũ, ocasionalmente, incluso texturas gruesas.



SUELOS DE LA DEPRESION SOBRE LOS  
DEPOSITOS ALUVIALES SUBRECIENTES

DIAGRAMA DEL PERFIL

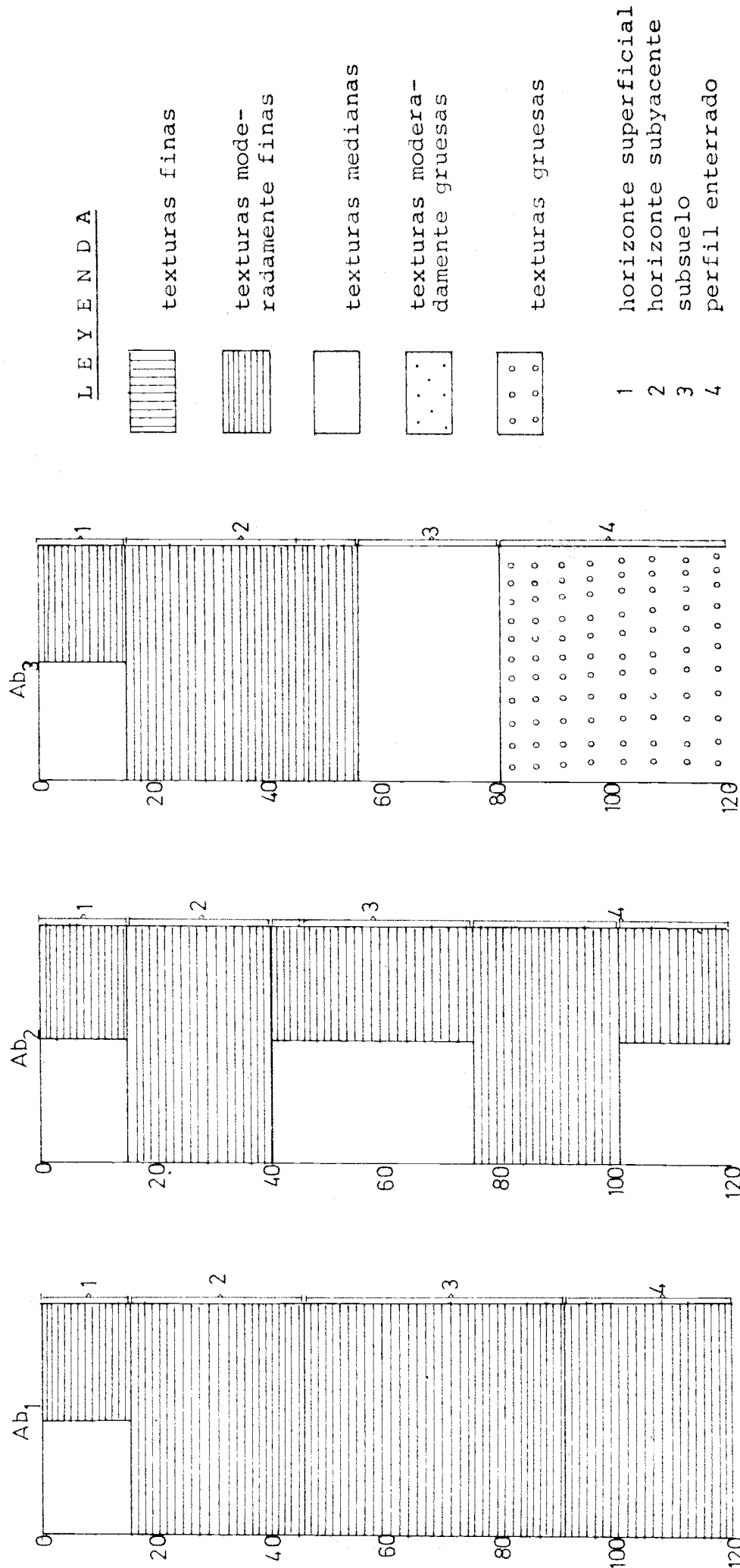


FIGURA 2

La fertilidad de estos suelos es comparable con los mencionados arriba. Sin embargo, las características físicas son algo más favorables debido a las texturas más livianas de los horizontes argílicos y los horizontes más profundos.

En base a la textura, de los horizontes más profundos, han sido diferenciados tres tipos de suelos;

Ab1 Suelos con Horizonte Argílico de Textura Moderadamente Fina sobre Texturas Moderadamente Finas

Estos suelos ocupan 145.0 ha. A profundidades entre 35 y 65 cm., el horizonte argílico fuertemente estructurado, cambia en forma gradual a un subsuelo débilmente estructurado ó masivo, también de textura franco arcilla limosa o franco arcillosa. Entre 80 y 110 cm. este subsuelo de color pardo amarillento claro descansa sobre un perfil enterrado de color pardo fuerte de textura franco arcillosa ó franco arcillo arenosa. Ocasionalmente, se encuentran en el subsuelo remanentes de una capa franco arcilla limosa compacta y finamente estratificada ("silt pan"). Además algunas veces se encuentra un pseudomicelio débil que consiste en carbonatos libres. El substrato de estos suelos, generalmente tiene una textura franca ó franco arcillosa entre 120-160 cm. y cambia gradualmente a franco limosa que puede ser bastante compacta hasta + 270 cm.

Ab2 Suelos con Horizonte Argílico de Textura Moderadamente Fina sobre Texturas Moderadamente Finas y Medianas

En los suelos de este tipo (que ocupan 61.5 ha.), se encuentra una capa franco arcilla limosa por debajo del horizonte subyacente, a una profundidad de 30-45 cm. Esta es, a menudo, seguida por una capa franco limosa. Algunas

veces se encuentra una capa franco limosa inmediatamente por debajo del suelo subyacente. El perfil enterrado se encuentra por debajo del subsuelo, a una profundidad de 60-90 cm. y se compone de franco arcilla ó franco arcillosa a menudo todavía descansando sobre una capa franco limosa dentro de 120 cm. de profundidad. Estas capas franco limosas, son a menudo, compactas y tienen una distribución desfavorable del tamaño de los poros: dominan los poros muy finos, provocando la baja permeabilidad en estas capas. En el subsuelo franco limoso masivo se presentan remanentes de una capa de limo compacta muy finamente estratificada, también, a menudo, se ha observado en el subsuelo y en el perfil enterrado, pseudomicelios de carbonatos libres. Las capas franco limosas compactas, también se encuentran en el substrato. El color y la estructura del subsuelo y del perfil enterrado, son los mismos que en los suelos de Abl. El substrato por debajo de 120 cm. tiene principalmente una textura franco limosa; ocasionalmente, se encuentran intercaladas capas de franco arcilla limosa ó franco arenosa fina.

Ab3 Suelos con Horizonte Argílico de Textura Moderadamente Fina sobre Texturas Medianas o Gruesas

Estos suelos, que ocupan solamente 8.3 ha., difieren de los otros suelos. En lugar del perfil enterrado arcilloso corriente, se encuentra un perfil de duna de textura ligera. Está cubierto directamente por el horizonte argílico bastante débilmente desarrollado a una profundidad de 50 a 60 cm. Tiene una textura franca hasta los 80 cm. y luego cambia gradualmente a franco arenosa fina.

Aunque no se disponen de datos, se puede suponer que la fertilidad es algo menos favorable. Debido a las capas arenosas más profundas, el drenaje interno de este perfil es mucho mejor que en los otros dos tipos de suelos de esta serie.

#### 4.3 B: Series de los Depósitos Aluviales Subrecientes (Elevación)

##### Características morfológicas

Estas series, ocupan el 31.9 % del área estudiada. Están ubicadas en el centro, formando una zona de 0.4-1.2 km. de ancho que corre en dirección SO-NE y tiene una intrusión larga de más o menos 2 km., que se introduce en los depósitos aluvio-eólico recientes. Los suelos de esta unidad son menos uniformes que los de la depresión sobre los depósitos aluviales subrecientes. Debido a que ellos forman la transición entre los suelos pesados de las depresiones y los suelos de textura mediana de los depósitos aluvio eólicos recientes, se presentan con un rango textural bastante amplio así como otras propiedades. Los suelos tienen un perfil A-B-C con un horizonte argílico (predominantemente) o con un horizonte cámbico. En la mayoría de los tipos de suelos de este subpaisaje, se encuentra un perfil enterrado a profundidades de 50 a 110 cm. Las texturas de los suelos de este subpaisaje, son menos pesadas que en los suelos de la depresión. Los horizontes superficiales son francos, los horizontes subyacentes arcillosos, mientras que en los horizontes más profundos, se encuentran ya sean texturas arcillosas y francas ó solamente francas. El color del horizonte superficial es pardo oscuro a pardo amarillento oscuro, variando a pardo amarillento claro ó pardo pálido en el horizonte B. Los subsuelos del perfil superior, así como los del perfil enterrado, normalmente son pardos amarillento-claros o pardos (muy) pálidos, mientras que los horizontes superficiales del perfil enterrado, normalmente tienen colores pardo amarillentos a pardo fuertes. Como en los suelos de la depresión, el desarrollo de la estructura es débil a masiva con excepción del horizonte B que tiene una estructura moderada, a veces incluso fuerte.

### Características Físicas

Las características físicas de estos suelos son más favorables que aquellas de los suelos de las depresiones. La tasa de infiltración muestra bastante buenos resultados. La infiltración acumulada después de una hora es moderada y varía entre 36 y 91 mm. (ver Anexo II). El tiempo necesario para la infiltración de 10 cm. de agua varía generalmente entre 1 1/2 a 3 horas, sin embargo, en algunos suelos, han sido observados períodos más largos (6-12 horas). Estas mediciones en suelos secos, son más optimistas que la velocidad de infiltración real bajo condiciones de riego.

La conductividad hidráulica de estos suelos es moderada (K varía entre 0.30-0.80 m/día), pero, ocasionalmente se presentan horizontes con una baja permeabilidad ("K" varía entre 0.05 y 0.30 m/día). Especialmente en la parte de los suelos de la serie Ba, que tienen un horizonte argílico bien desarrollado, pueden presentarse algunos problemas. Además, en varios suelos de la serie Ba se encuentra una capa compacta de franco limosa fina con un valor de "K" bajo ( $\pm 0.10 - 0.15$  m/día). En los suelos de la serie Bb, cuyo ejemplo se muestra en la Tabla 5, la situación es mas favorable porque el horizonte argílico pronunciado está ausente. Por otra parte, las capas compactas de franco limosas finas se encuentran solo ocasionalmente.

Tabla 5: Conductividad Hidráulica, Densidad Aparente y Porosidad del Perfil M-26, Unidad de Mapeo Bba.

Horizonte	Profundidad (cm.)	Valor de K (m/24 h)	Densidad aparente	Porosidad %
B2(t)	20	0.39	1.18	55
C2	70	0.48	1.26	53
II B2b	115	0.34	1.33	50

Resumiendo, se puede decir, que el drenaje interno de una parte de la serie Ba es marginal a algo desfavorable y que en estos suelos se requerirá un cuidadoso manejo del agua para evitar la formación de napas freáticas colgadas. En el resto de los suelos de la serie Ba y en los de la serie Bb, el drenaje interno es favorable y no se esperan serios problemas de drenaje.

El total de humedad, fácilmente aprovechable de estos suelos, es generalmente alta. El único ejemplo que es representativo para los suelos de textura más liviana (serie Bb) de este subpaisaje, ha mostrado que 145 mm. de agua, para un perfil de 120 cm. ( $\pm 12.0$  vol/%) es fácilmente aprovechable. En los suelos más pesados (serie Ba) este valor será más bajo, pero, probablemente todavía puede ser juzgado como alto.

#### Características Químicas

La fertilidad es más o menos la misma que en los suelos de la depresión y puede ser juzgada como moderada a bastante alta. El pH-H<sub>2</sub>O varía de débilmente ácido a neutro (6.0-7.0) en el horizonte superficial y de neutro a moderadamente alcalino (6.6-8.0) en las capas más profundas. El subsuelo más profundo, en ocasiones es fuertemente alcalino ( $>8.0$ ). Carbonatos libres se presentan tan solo en el subsuelo más profundo por debajo de  $\pm 80$  cm. El contenido de materia orgánica del horizonte Al (5-10 cm.) es alrededor de 2 - 3.5 %. Por debajo de este horizonte baja a  $< 1.5$  %. La relación C/N del horizonte superficial, indica una mineralización favorable ( $\pm 10$ ), pero, por debajo de 10-15 cm., la materia orgánica es prácticamente inactiva ( $C/N < 5$ ).

La capacidad de intercambio de cationes de diferentes horizontes fluctúa entre 10-16 meq/100 gr.suelo. Sin embargo,

las capas franco limosas finas que se presentan en el subsuelo tienen una C.I.C. de solamente 6-9 meq/100\*gr. de suelo. La saturación de bases es siempre muy alta, pero debido a la baja C.I.C., el total de bases intercambiables es solamente moderado. El contenido de  $\text{Ca}^{++}$  intercambiable, es moderado (5-10 meq/100 gr. de suelo) en todo el perfil, mientras que el contenido de  $\text{Mg}^{++}$  es moderado, pero en ocasiones altos (2-7 meq/100 gr. de suelo). En los horizontes superficiales el potasio intercambiable, está disponible en cantidades adecuadas a altas (0.4-1.2 meq/100 gr. de suelo). En los horizontes más profundos, la variación es mayor (0.1-1.2 meq/100 gr. de suelo). El sodio intercambiable está presente solo en cantidades bajas o moderadas.

El fósforo aprovechable, es un tanto problemático. En los horizontes superficiales y subyacentes, el contenido es bajo, aunque en el horizonte A1 puede ser adecuado. En los horizontes más profundos, el fósforo normalmente está disponible en cantidades adecuadas.

No se presentan serios problemas de salinidad, sin embargo, en numerosos suelos los horizontes más profundos (>70 cm.) son débilmente salinos ( $\text{CE}_5 = 500 - 750$  micromhos/cm.). En éstos horizontes el contenido en sodio intercambiable, puede ser alto, pero nunca alcanza el 15 % del complejo de cationes intercambiables.

#### Problemas de Manejo

En estos suelos, la preparación de la tierra será más cara que en los suelos de la depresión. La vegetación más alta (3-6 m) con más árboles "grandes", tales como Zizphus mistol y Aspidosperma quebracho-blanco, harán que el desmonte sea más costoso. La existencia del micro-relieve,

fuera de los drenes naturales (cárcavas) requieren una ligera nivelación. Sin embargo, cuando el tipo de uso de la tierra necesita un relleno de las cárcavas, los costos de nivelación aumentarán substancialmente. Por eso, debería evitarse en lo posible las áreas con muchas cárcavas. Para una planificación detallada de riego, deberá realizarse un chequeo intensivo de campo.

Referente a las dificultades de drenaje, estos suelos son mucho menos problemáticos que los suelos del subpaisaje anterior. En los tipos de suelos del Bal solamente algunas dificultades pueden esperarse, los mismos podrían requerir prácticas especiales de irrigación (riego por aspersión o riegos frecuentes con láminas delgadas). Fuera de ello, tendrán que ser tomadas algunas precauciones en el manejo del agua en los suelos del tipo Ba2 para evitar efectos desfavorables. En el resto de los suelos de este subpaisaje, no ocurrirán problemas de drenaje.

La formación de la costra superficial, debido al humedecimiento del suelo por el riego o agua de lluvia, también crea serios problemas en estos suelos. Abonos verdes, reducción de las operaciones de labranza a un mínimo y otras medidas descritas en el capítulo 4.2 pueden evitar serias dificultades.

Concerniente a la degradación del estado nutricional, ocurren los mismos problemas que en los suelos de la depresión. Los efectos compensatorios de la reserva de minerales meteorisables, previenen la pérdida rápida de los elementos nutritivos en el primer año. Sin embargo, deficiencias de N se deben esperar en tiempo relativamente pronto y posteriormente será necesaria la fertilización con fosfato. Deficiencias en K y Mg no ocurrirán en un tiempo relativamente largo.



El peligro de la erosión eólica es bastante grande, debido a la textura liviana de la capa superficial. Son muy necesarias medidas preventivas tales como cortinas rompevientos, labranza adecuada, superficie cubierta de vegetación, etc.

#### Aptitud para Agricultura Bajo Riego y de Secano

Estos suelos son más favorables para agricultura bajo riego que aquellos del subpaisaje anterior. Los problemas de drenaje son mucho menor, la velocidad de infiltración son más favorables y la textura más ligera. Además, el contenido de humedad fácilmente aprovechable es más favorable especialmente en las series Bb.

Las condiciones para agricultura de secano son también bastante buenas, especialmente en las series Bb. En las series más pesada Ba, el desarrollo de las raíces todavía será algo restringido por la distribución de la porosidad desfavorable y la textura del horizonte subyacente pesada. Sin embargo, la serie Bb no impide el desarrollo de las raíces, y además su capacidad de retención del agua parece ser más alta, por eso, ofrecen mejores posibilidades para cultivos de secano que la serie Ba.

En este subpaisaje se han distinguido dos series de suelos:

- Ba - Suelos con un horizonte argílico moderado a fuertemente desarrollado de texturas moderadamente finas;
- Bb - Suelos con un horizonte argílico débilmente desarrollado y horizonte cámbico de texturas moderadamente finas.

#### 4.3.1 Suelos con un Horizonte Argílico Moderadamente o Fuertemente Desarrollado de Texturas Moderadamente Finas (Ba)

Estos suelos ocupan 408.6 ha. del área estudiada, tienen un microrelieve algo problemático y se encuentran un número moderado de drenes naturales. Para descripciones detalladas de suelos y para datos de análisis químicos y físicos, ver Anexos I, II y III; Perfiles H-11 y V-26.

En estos suelos, el horizonte superficial varía en espesor entre 5 y 20 cm. y tiene una textura franco arenosa o franco. Sus colores son pardo a pardo oscuro y su estructura es masiva ó muy débilmente laminar ó granular.

El suelo subyacente (20-35 cm. de espesor) tiene texturas franco arcillosas y franco arcillo limosas, normalmente son menos de 35 % de arcilla. Su estructura es moderadamente ó fuertemente desarrollada y consiste de bloques angulares que a menudo forman prismas débilmente desarrollados. Sobre las unidades estructurales, pueden observarse cutanes arcillosos delgados, que indican acumulación de arcilla en el horizonte argílico. El color es generalmente pardo amarillento ó pardo amarillento claro. Con excepción del tipo de suelo Ba3, los suelos de esta serie, son los menos favorables de este subpaisaje en lo que se refiere a las características físicas del suelo. Los suelos tienen una velocidad de infiltración, así como una permeabilidad de las más bajas. Su fertilidad está de acuerdo con la descripción anotada en el capítulo 4.3.

En base a la textura de los horizontes más profundos, han sido distinguidos tres tipos de suelos:

Ba1 Suelos con un Horizonte Argílico Moderado o Fuertemente Desarrollado de Texturas Moderadamente Finas sobre Texturas Predominantes Moderadamente Finas

Estos suelos, ocupan 169.3 ha. A Profundidades entre 30-40 cm. el horizonte argílico moderado o fuertemente estructurado cambia a un subsuelo débilmente estructurado de franco arcillo limoso fino. Tiene un color pardo pálido a pardo amarillento claro y tiene un espesor de 20-30 cm.

A profundidades que varían entre 45 y 65 cm., el subsuelo descansa sobre un perfil enterrado de color pardo o pardo amarillento (hue 8.75 YR), generalmente de textura franco arcillosa. Su estructura es débilmente desarrollada o incluso masiva. El perfil enterrado de textura franco arcillosa se torna a los 80 y 110 cm. en franco limoso fino bastante compacto y masivo que tiene una permeabilidad lenta debido a su distribución del tamaño de poros desfavorables y falta de estructura. Su color es pardo amarillento claro.

El substrato de este suelo, hasta más o menos 270 cm. consiste principalmente de ésta capa franco-limosa fina compacta, pero algunas veces están intercaladas con una capa franco arcillo limosa fina.

Ba2 Suelos con un Horizonte Argílico Moderado o Fuertemente Desarrollado de Texturas Moderadamente Finas sobre Texturas Predominantemente Medianas

Estos suelos cubren 140.8 ha. del área estudiada. Entre 30 y 60 cm. de profundidad, el horizonte subyacente de textura moderadamente fina cambia en forma gradual a un subsuelo franco limoso fino. Este franco limoso tiene una estructura bloque subangular débil o es masiva y crece bastante compacta. En este horizonte, pueden encontrar-

SUELOS DE LA ELEVACION SOBRE  
DEPOSITOS ALUVIALES SUBRECIENTES

DIAGRAMA DEL PERFIL

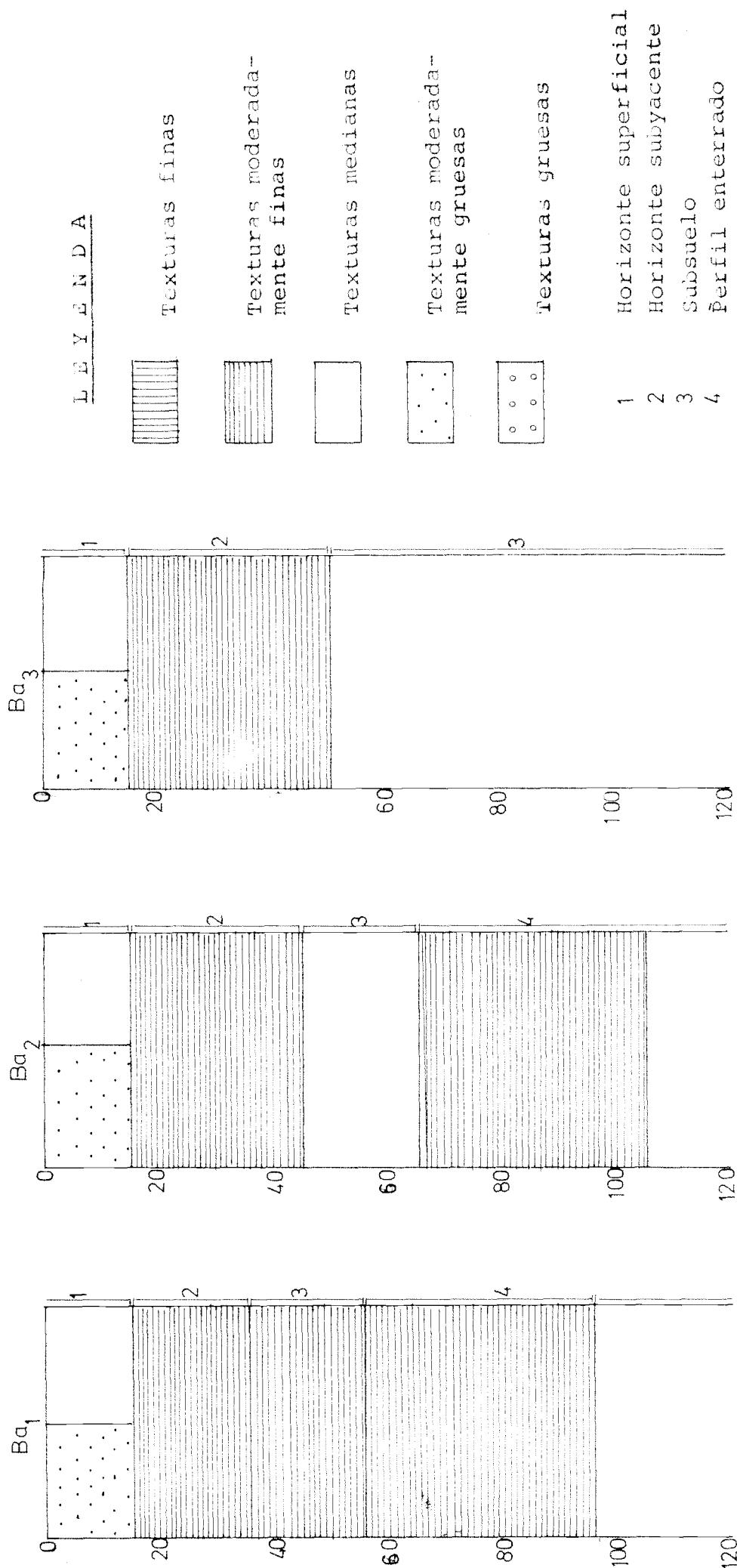


FIGURA 3

se restos de un silt-pan muy compacto y finamente estratificado. Su permeabilidad no es favorable; el color es pardo amarillento claro o pardo pálido y su espesor varía entre 20 y 40 cm.

A profundidades entre 50 y 80 cm. este horizonte franco limoso, descansa sobre un perfil enterrado de texturas franco arcillosa, franco arcillo limosa ó franco arcillo arenoso, el mismo que tiene una estructura prismática (muy) débil ó bloque angular. Su color es pardo (hue 7.5 YR). Entre 100 y 120 cm. de profundidad, aparece el subsuelo del perfil enterrado, que consiste en un franco limoso masivo con colores pardo amarillento claro.

El substrato más profundo (hasta 2.5 m ) consiste del mismo horizonte franco limoso bastante compacto y lentamente permeable, a menudo intercalado con capas de textura más pesada. Ocasionalmente en el substrato se encuentran perfiles enterrados arenosos de duna.

### Ba3 Suelos con Horizonte Argílico Moderado o Fuertemente Desarrollado de Texturas Moderadamente Finas sobre Texturas Medianas

Estos suelos ocupan 98.5 ha. A la profundidad de 50 cm. el horizonte argílico descansa sobre un subsuelo de textura franco limosa fina. Ocasionalmente se encuentran también texturas franco limosa gruesa y franco con permeabilidades más altas que el franco limso fino. Este subsuelo es masivo ó débilmente estructurado en su parte superior y tiene colores pardo pálido y pardo amarillento claro. Ocasionalmente se presentan restos de capas franco limosa compactas finamente estratificadas.

En el substrato la capa franco limosa continúa hasta 150-170 cm. Luego es seguida por un franco arcillo limoso hasta 200-220 cm. que descansa sobre un franco arcillo arenoso o franco.

#### 4.3.2 Suelos con Horizonte Argílico Débilmente Desarrollado u Horizonte Cámbico de Texturas Moderadamente Finas (Bb)

Estos suelos ocupan 223.8 ha. del área estudiada. Tienen problemas ligeros de microrelieve. Sin embargo, en algunas partes de ésta serie, se presentan concentraciones de drenes naturales que representan un serio problema para las operaciones de habilitación de tierras. Para descripciones detalladas de estos suelos y para análisis físicos y químicos, ver Anexos I, II, III y IV; Perfil M-26.

El horizonte superficial de esta serie, varía en espesor entre 5 y 15 cm. Tiene una textura predominantemente franco, aunque a veces, se encuentran texturas franco-arenosas. Tiene una estructura granular débil; algunas veces, el horizonte superficial es parcialmente masivo. A menudo no existe un horizonte A2 ó está débilmente desarrollado. El color es normalmente pardo pálido o pardo.

El horizonte subyacente tiene un espesor de 25-35 cm. y consta de franco arcillo limoso; algunas veces, se presenta una textura franco arcillosa. Su estructura es moderada y a veces se encuentran cutanes de arcilla delgados y débiles sobre las unidades estructurales, indicando el movimiento y la acumulación de arcilla. El horizonte subyacente es, en este caso, un horizonte argílico débilmente desarrollado. En la mayor parte de los suelos no se han podido observar la presencia de cutanes. El ho-

rizonte subyacente es entonces, un horizonte cámbico con una estructura bloque angular moderada ó a veces solo débilmente desarrollada. Su color varía entre pardo amarillento y pardo pálido.

Las características físicas de estos suelos son buenas y por esta razón, ellos son aptos tanto para cultivos bajo riego, como para de secano. La fertilidad de los suelos, está de acuerdo con la descripción general del capítulo 4.3. Ellos pertenecen a lo mejor del área estudiada.

En base a la textura de los horizontes mas profundos, esta serie de suelos ha sido subdividida en dos tipos de suelos.

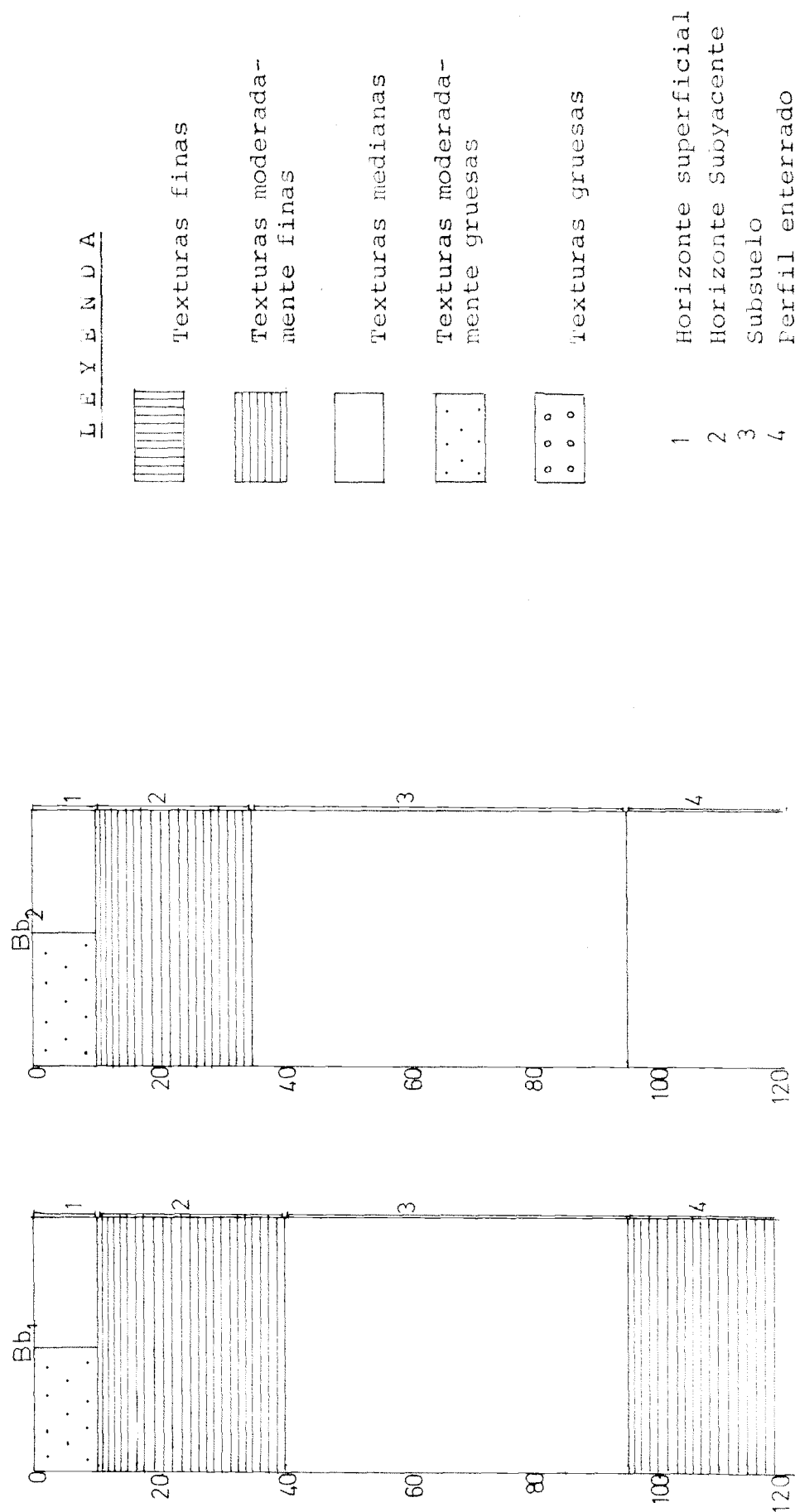
Bb1 Suelos con un Horizonte Argílico Débilmente Desarrollado u Horizonte Cámbico de Texturas Moderadamente Finas sobre Texturas Moderadamente Finas y Medianas

Estos suelos ocupan 164.5 ha. El horizonte subyacente alcanza a profundidades de 30 y 50 cm.; seguido por un franco limoso masivo ó en su parte superior muy débilmente estructurado, con colores pardo muy pálido ó pardo amarillento claro. Ocasionalmente, en lugar de franco limoso, se encuentra un franco arcillo limoso. En la parte inferior de este subsuelo, se presentan a menudo, restos de un silt-pan compacto muy finamente estratificado.

En alguna parte entre 80 y 110 cm. de profundidad este subsuelo descansa sobre un perfil enterrado de textura franco arcillosa ó franco arcillo-limosa (  $\pm$  30 % de arcilla). Este horizonte débilmente estructurado de color pardo a pardo fuerte, tiene un espesor de 20-30 cm. y cambia a un subsuelo franco o franco limoso masivo.

SUELOS DE LA ELEVACION SOBRE  
DEPOSITOS ALUVIALES SUBRECIENTES

DIAGRAMA DEL PERFIL





Las texturas medianas continúan en el substrato a una profundidad de más de 250 cm.

Bb2 Suelos con un Horizonte Argílico Débilmente Desarrollado u Horizonte Cámbico de Texturas Moderadamente Finas sobre Texturas Predominantemente Medianas

Estos suelos cubren 59.3 ha. Entre 30 y 40 cm., su horizonte subyacente cambia por lo general a franco-limoso masivo ó algunas veces a franco limoso muy débilmente estructurado en su parte superior. En algunas ocasiones, la textura es franco arcilla limosa. El color de este subsuelo es de pardo muy pálido a pardo amarillento claro y ocasionalmente se presentan restos de un "silt loam pan" compacta y finalmente estratificada. Su espesor varía entre 40 y 70 cm.

Entre 80-110 cm. aparece el perfil enterrado de textura franco masiva ó de franco limosa gruesa. Sus colores son de pardo amarillento o pardo. En el substrato más profundo, hasta 200 cm., se presentan las mismas texturas francas, ocasionalmente intercaladas con capas franco arcillo limosas.

#### 4.4 C: Series de los Depósitos Aluvio-eólicos Recientes

##### Características morfológicas

Los suelos de estas series, cubren 45.9 % del área estudiada. Están situados en la parte Oeste y Nor-oeste del área mencionada. Normalmente los suelos tienen un perfil A-B-C con un horizonte cámbico, débil a moderadamente desarrollado. Sin embargo, de vez en cuando se encuentran perfiles AC ó A(B) C. Dentro de la profundidad de 120 cm., no se hallan generalmente perfiles enterrados. Las texturas de estas series son las más livianas del área de estudio. Los

horizontes superficiales son generalmente francos, pero algunas veces arenosos. El horizonte subyacente de la mayoría de los tipos de suelo es arcilloso y el subsuelo es predominantemente franco, aunque también se presentan texturas arcillosas y arenosas. El color del horizonte superficial no es muy oscuro y generalmente varía entre pardo y pardo pálido. El horizonte subyacente tiene el mismo color o colores con croma ligeramente alta, tales como pardo amarillento y pardo amarillento claro. Los subsuelos son pardo amarillento claros a pardos muy pálidos. El desarrollo de la estructura es muy pobre en estos suelos. El horizonte superficial y el subsuelo son generalmente masivos. El horizonte B delgado, puede tener una estructura moderadamente desarrollada, sin embargo, a menudo es solo débilmente desarrollada.

#### Características físicas

Físicamente estos suelos son moderadamente buenos. Tienen una tasa de infiltración moderada en las series más pesadas Ca. La infiltración acumulada después de una hora, en las series Ca, varía entre 60 y 100 mm., pero en algunos casos, puede alcanzar hasta 180 mm. El tiempo necesario para la infiltración de 10 cm. de agua, varía entre 27 minutos y 4 horas y 10 minutos. En las series de textura liviana Cb y Cc, la tasa de infiltración es alta: en una hora infiltra 100 - 150 mm.

La permeabilidad de estos suelos es moderada, pero en ocasiones puede también ser baja o moderadamente alta. El ej. dado en Tabla 6 que es representativo para las series Cb, muestra una permeabilidad moderada por todo el horizonte ( $K = 0.30 - 0.80$  m/día). En las series Ca con horizonte subyacente de textura moderadamente fina, pueden ocurrir permeabilidades lentas ( $K = 0.05 - 0.30$  m/día), mientras que en las series arenosas Cc y parte de los suelos de la

serie Cb, puede tener una permeabilidad moderadamente alta ( $K = 0.80 - 2.00$  m/día).

Tabla 6: Permeabilidad, Densidad Aparente y Porosidad del Perfil D-26 Unidad de Mapeo Cbl

Horizonte	Profundidad (cm.)	Valor de K (m/24 h)	Densidad aparente	Porosidad %
B2	25		1.11	58
C1	55	0.67	1.27	52
C2	90	0.43	1.34	49
II C3	125	0.51	1.42	46

El total de humedad fácilmente aprovechable es moderado, en la única muestra disponible. En este suelo, que es representativo de los suelos livianos (series Cb), se encontró 78mm. para un perfil de 120 cm. = 6.5 % vol). En los suelos con textura moderadamente fina, puede esperarse situaciones más favorables.

#### Características Químicas

El estado de fertilidad de estos suelos es moderado. El pH es ligeramente más alto que en los suelos de los depósitos de la llanura aluvial subreciente debido a su alto contenido de carbonatos libres (sedimentos más jóvenes que son menos intemperizados y menos lavados). Los horizontes superficiales y subyacentes son de neutros a ligeramente alcalinos (6.5 - 7.2); en el subsuelo el pH aumenta con la profundidad de ligeramente alcalina a fuertemente alcalina (7.2 - 8.6).

La capacidad de intercambio catiónico del horizonte superficial generalmente es moderada (11-14 meq/100 gr. de suelo).

En el horizonte subyacente y subsuelo, la C.I.C. varía entre 6 y 20 meq/100 gr. de suelo (baja a moderada). El total de bases intercambiables es generalmente moderado (7-15 meq/100 gr. de suelo). El potasio es alto en el horizonte superficial, en el horizonte subyacente y subsuelo es moderadamente bajo a adecuado. Los contenidos de calcio y magnesio son moderados a altos y el sodio no se presenta en cantidades peligrosas.

El contenido del fósforo aprovechable causa serios problemas en estos suelos; normalmente es muy bajo a bajo ( ppm) y solo ocasionalmente adecuado.

Los carbonatos libres se presentan en todo el subsuelo y gran parte del horizonte subyacente. Del tipo del suelo Cb1 (perfil D-26) se dispone análisis de elementos trazas. Ellos muestran que no serán esperadas deficiencias en micronutrientes.

Problemas de salinidad y alcalinidad apenas ocurren. Solamente en aquellos suelos donde el drenaje interno es restringido por una capa menos permeable (como en suelos del tipo Ca3 y algunos suelos con restos de capas franco limosas compactas estratificadas) pueden presentarse salinidad en el subsuelo.

#### Problemas de Manejo

La preparación de tierras, especialmente la nivelación, puede ser algo costoso en este tipo de suelos. El desmonte no causará tantos problemas. La vegetación es relativamente alta (4-7 m), pero abierta. Árboles altos son menos frecuentes que en la elevación de los depósitos aluviales subcrecientes. Debido a las texturas livianas, el rastrillado de raíces es relativamente fácil. Sin embargo,

estos suelos generalmente tienen un microrelieve pronunciado, que requiere una nivelación moderada. Además, drenes naturales superficiales se presentan con bastante frecuencia. En ese caso, la nivelación requerirá un movimiento moderado de tierra y su costo será relativamente alto.

Parte de los suelos de este subpaisaje (especialmente las series Cb, y Cc) tienen una tasa de infiltración alta, permeabilidad moderada a moderadamente alta y tan solo una capacidad de retención del agua moderada. Bajo irrigación por gravedad, esto puede explicar porqué ocurren pérdidas de agua más o menos series. Para evitar estas pérdidas, la longitud de recorrido de las parcelas a ser regadas por método de gravedad, tiene que ser reducida.

Debido a sus frecuentes texturas muy limosas y estructura pobremente desarrollada, estos suelos son bastante susceptibles a la pulverización con la labranza y posterior formación de costra con el riego. Medidas para mejorar la estructura del suelo, tales como aplicación de abonos verdes (indirectamente también mejoramiento de la capacidad de retención del agua) y medidas para prevenir la destrucción de la estructura, por ejemplo, reducción de las operaciones de labranza serán imprescindibles. Con éstas precauciones, la formación de costra superficial será reducida pero nunca completamente cortada. Métodos especiales de laboreo para destruir la costra serán siempre necesarios.

En cuanto a la disminución del nivel de nutrientes de estos suelos se hace referencia a lo dicho en el capítulo 4.2. Sin embargo, deficiencias de K y Mg tienen que ser esperadas más antes en estos suelos por la presencia más frecuente de franco limoso con baja a muy baja capacidad de intercambio catiónico.

El peligro de la erosión eólica es moderadamente alto. Las capas masivas o débilmente estructuradas de franco limosas que forman la parte más importante de estos suelos, son muy susceptibles a la erosión eólica (parte de estos suelos se originaron de depósitos eólicos). Además, tienen que ser tomadas precauciones adecuadas. Aparte de un buen establecimiento de cortinas rompevientos, medidas adicionales tales como cultivos en fajas, abonos verdes y mulching, tienen que ser aplicadas.

#### Aptitud para Agricultura Bajo Riego y de Secano

La aptitud de estos suelos para agricultura bajo riego es buena. Sus características de conducción de agua son satisfactorias, aunque la tasa de infiltración, algunas veces, es un poco alta. La capacidad de retención de la humedad es moderada. Una característica desfavorable es la débil o no existencia de la estructura.

Para agricultura de secano, estos suelos son menos aptos. Debido a la moderada capacidad de retención de la humedad, la permeabilidad y la tasa de infiltración algo altas, se secarán muy rápidamente. Además, su desarrollo estructural es desfavorable. Medidas (mulching, barbecho, etc.) para conservar la humedad del suelo y mejoramiento de la estructura serán necesarios bajo agricultura de secano.

En base a la textura y presencia de un horizonte diagnóstico subyacente, este paisaje ha sido dividido en tres series de suelos:

- Ca : Suelos con un horizonte cámbico de textura moderadamente fina,
- Cb : Suelos con un horizonte cámbico de textura mediana,
- Cc : Suelos sin un horizonte diagnóstico subyacente.

#### 4.4.1 Suelos con un Horizonte Cámbico de Textura Moderadamente Fina (Ca)

Esta es la serie de suelos más extensa de este subpaisaje; cubre 600.1 ha. del área estudiada. Se encontraron problemas de microrelieve moderados en esta región. Además, drenes naturales superficiales se hallan con bastante frecuencia. Para las descripciones detalladas del suelo y análisis físico y químico, ver Anexos I, II; Perfiles K-20 y P-26.

El horizonte A de estos suelos tiene un espesor que varía entre 5 y 20 cm. Su textura es franco arenosa, franco a franco limosa y su estructura masiva a muy débil granular. Ocasionalmente, es laminar débil, probable sea debido a la sedimentación reciente de los depósitos eólicos. Los colores predominantes son pardo pálido y pardo.

El horizonte B es variable en espesor (20-50 cm.). Su textura es, franco arcillosa o franco arcillo limosa con menos que 35 %. La estructura es de bloque angular débil a moderada; su color varía entre pardo muy pálido y pardo amarillento claro.

En base a la textura del horizonte más profundo, se han distinguido cuatro tipos de suelo:

##### Cal Suelos con Horizonte Cámbico de Textura Moderadamente Fina sobre Texturas Moderadamente Finas y Medianas

Estos suelos ocupan 95.3 ha. A profundidades entre 50 y 70 cm., el suelo subyacente cambia a un subsuelo franco arcilloso o franco arcillo limoso débilmente estructurado a masivo, que descansa sobre un franco o franco limoso masivo (entre 70 y 100 cm.). El color del subsuelo es generalmente pardo muy pálido o pardo pálido. El substrato

de estos suelos consiste principalmente de franco limoso, aunque areno francoso muy fino también puede encontrarse.

Ca2 Suelos con un Horizonte Cámbico de Textura Moderadamente Fina sobre Texturas Medianas

Este tipo de suelos cubre un área de 442.5 ha. El subsuelo se encuentra por debajo de 30-50 cm. de la superficie, y predominantemente consiste de franco limoso grueso y fino. Su estructura es masiva y su color pardo muy débil o pardo pálido. Restos de una delgada capa franco-arcillo limosa o franco limosa compacta y estratificado pueden encontrarse a menudo. El substrato hasta más o menos 2.5 m tiene la misma textura.

Ca3 Suelos con un Horizonte Cámbico de Textura Moderadamente Fina sobre Texturas Medianas Intercalados con una Capa de Textura Moderadamente Fina

Este tipo de suelo cubre 48.8 ha. A la profundidad de 25-35 cm., el horizonte B delgado es seguido por un franco limoso de estructura bloque angular muy débil o masiva. Al rededor de 80 cm. de profundidad éste franco limoso descansa sobre una capa franco arcillo limosa de 20-30 cm. de espesor, que cubre a un franco limoso masiva. Generalmente, el franco arcillo limoso tiene baja porosidad y por ende, baja permeabilidad. Resto de una delgada capa franco limoso compacta y finamente estratificada puede ser también observada. El color de este subsuelo es pardo muy pálido.

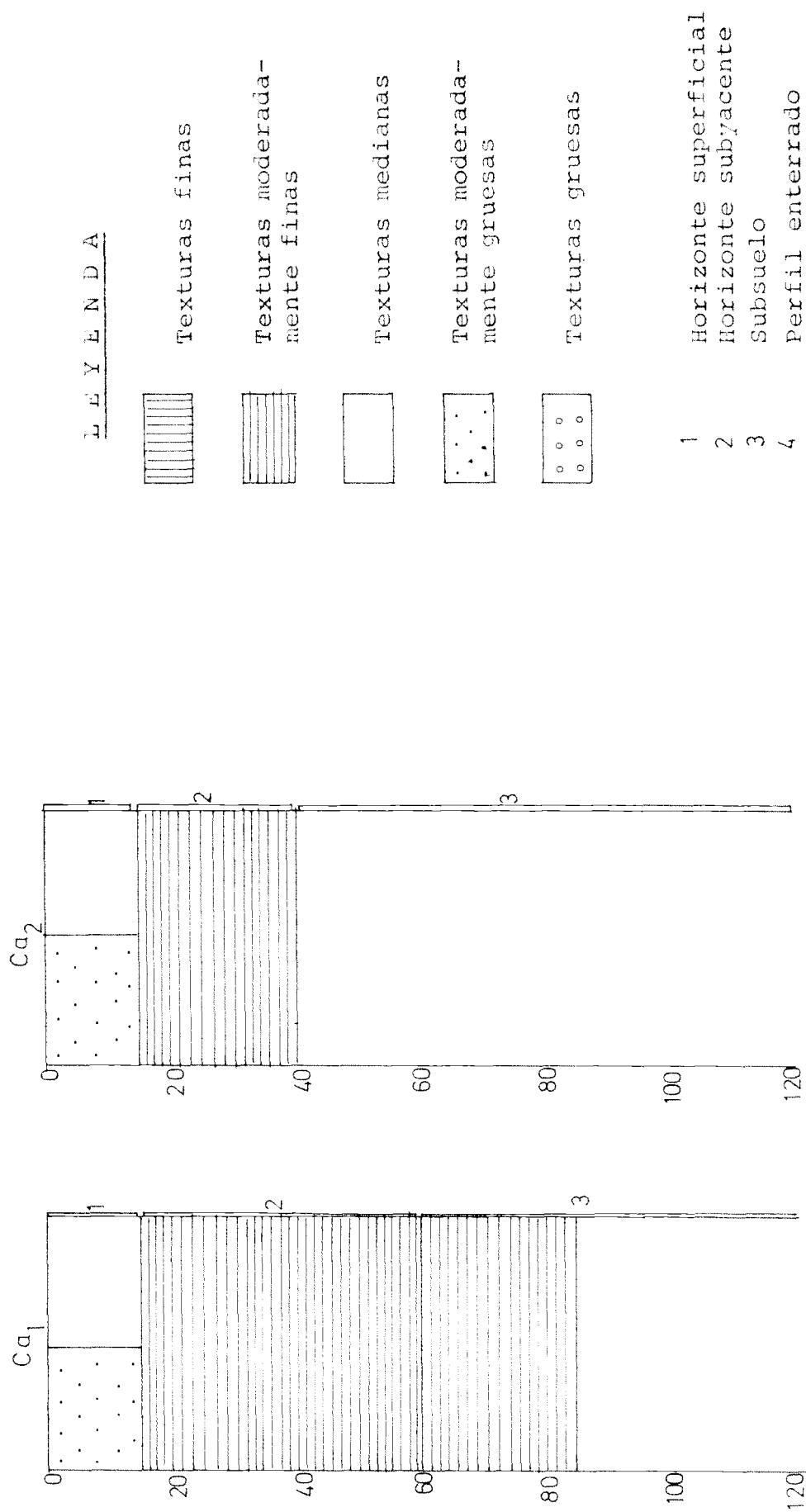
Ca4 Suelos con un Horizonte Cámbico de Textura Moderadamente Fina sobre Texturas Moderadamente Gruesas y Gruesas

Este tipo de suelos cubren solamente 13.5 ha. Debajo de su horizonte subyacente, a una profundidad de 35 cm., se encuentra una capa de 20 cm. de espesor de franco areno



SUELOS SOBRE DEPOSITOS ALUVIO-  
EOLICOS RECIENTES

DIAGRAMA DEL PERFIL



y de estructura bloque angular débil. Alrededor de 55 cm. éste franco arenoso cambia a areno francoso masivo. El color del subsuelo es pardo muy pálido. En el substrato se encuentran capas de areno francoso, franco arenoso y franco limoso.

#### 4.4.2 Suelos con un Horizonte Cámbico de Textura Mediana (Cb)

Esta serie de suelos cubre 247.0 ha. del área estudiada. Los suelos tienen problemas moderados de microrelieve debido a la alta actividad de animales que cavan la tierra (armadillo y roedores). Ocurren también muchos drenes naturales superficiales. Para descripción detallada de suelos y análisis físicos y químicos, ver Anexos I, II, III y IV; Perfil D-26.

En estos suelos el horizonte superficial varía en espesor entre 5 y 15 cm. Tiene una estructura granular o bloque subangular débil y su textura es franco limosa, franco o franco arenosa. Su color es generalmente pardo o pardo pálido.

El horizonte subyacente consiste de un horizonte cámbico débilmente desarrollado, con un espesor de 20 a 50 cm.; su textura generalmente es franco limosa y tiene una estructura bloque angular débil u ocasionalmente moderada. Los colores predominantes son pardo amarillento claro y pardo amarillento.

En esta serie de suelos, fué distinguido solamente un tipo de suelo:

Cb1 Suelos con un Horizonte Cámbico de Textura Mediana sobre Texturas Medianas

Este tipo de suelos cubre 247.0 ha. del área estudiada.

SUELOS DE LOS DEPOSITOS ALUVIO-  
EOLICOS RECIENTES  
DIAGRAMA DEL PERFIL

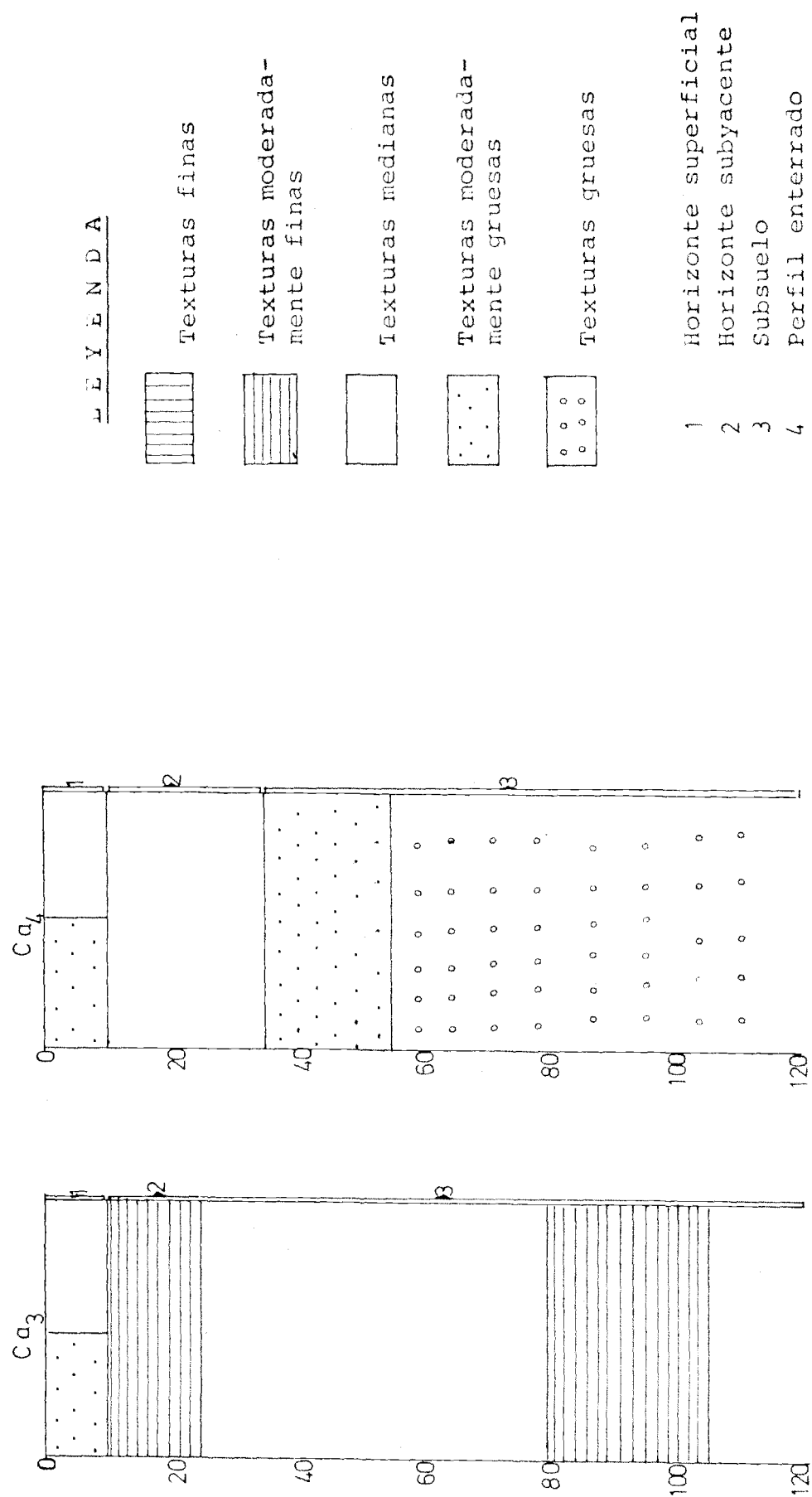


FIGURA 6

A una profundidad de 35-65 cm. el horizonte cámbico de textura franco limosa cambia a un subsuelo masivo. Este subsuelo tiene predominantemente una textura franco limosa (a menudo franco limoso gruesa); ocasionalmente ocurren texturas francas. Remanentes de capas franco limosa ó franco arcillo limosa, compactas y finalmente estratificadas, son raramente encontradas a profundidades variables. El color de este subsuelo es pardo amarillento claro a pardo muy pálido. El substrato, hasta más o menos 270 cm. consiste predominantemente de capas franco limoso gruesa y franco arenoso fina. Ocasionalmente se presentan areno francoso fino y arena.

#### 4.4.3 Suelos sin Horizonte Diagnóstico Subyacente (Cc)

Esta serie de suelos cubre solamente una pequeña área de 62.0 ha. Serios problemas del microrelieve, así como de los drenes naturales se presentan en estos suelos.

En estos suelos de textura liviana débilmente desarrollada, se distinguen tan solo un horizonte superficial y subsuelo. Se destaca solamente un tipo de suelo, lo cual se describe a continuación.

##### Cc1 Suelos con Horizonte Superficial de Textura Mediana sobre Texturas Medianas a Gruesas

Este tipo de suelos tiene una textura franco limosa en el horizonte superficial de 15-25 cm. de espesor. Tiene una estructura granular o bloque subangular débil y es pardo pálido a pardo amarillento claro.

El subsuelo es masivo y estratificado. Sus texturas predominantes son franco limoso gruesa y franco arenoso fino y arena fina se encuentran con bastante frecuencia.

# SUELOS DE LOS DEPOSITOS ALUVIO

## EOLICOS RECIENTES

### DIAGRAMA DEL PERFIL

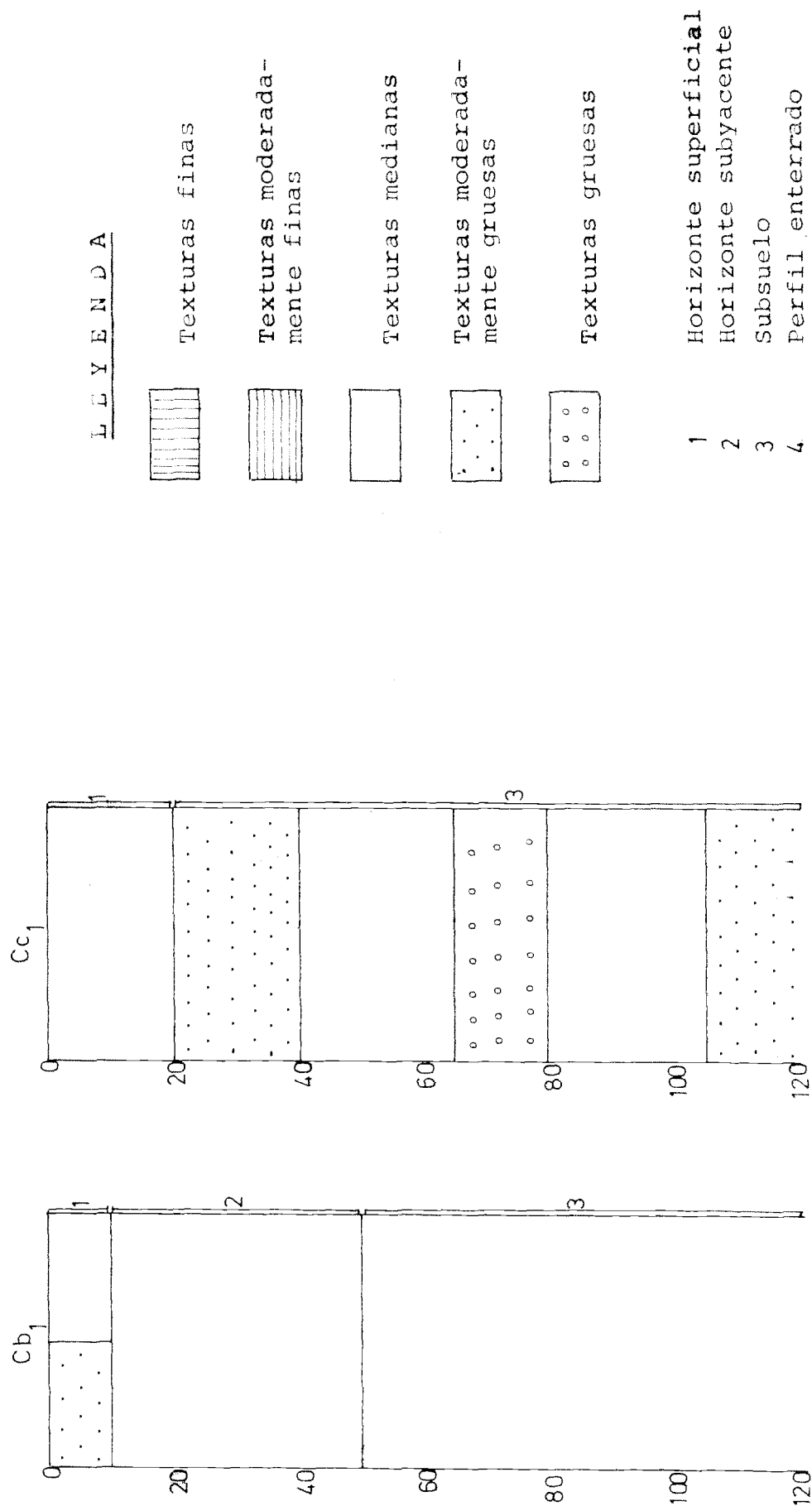


FIGURA 7

La secuencia de éstas diferentes texturas es bastante irregular. El color del subsuelo mayormente es pardo muy pálido. El substrato, hasta  $\pm$  270 cm. tiene la misma variedad de texturas que el subsuelo.

#### 4.5 D. Series de los Depósitos Eólicos Arenosos (dunas)

Las dunas cubren solamente 2.1 % del área estudiada. Se presentan como elevaciones muy pequeñas, muy bajas (0.5-1.5 m) y aisladas en los diferentes subpaisajes. Los suelos son débilmente desarrollados, tienen tan solo un perfil AC.

Debido a su extensión e importancia limitada para la agricultura, no son estudiados en detalle. Porque estos suelos son inaptos tanto para agricultura bajo riego como de secano, los problemas de manejo no serán discutidos aquí. Solamente una serie con un tipo de suelo fué distinguido.

##### 4.5.1 Suelos sin un Horizonte diagnóstico Subyacente (Da)

Esta serie de suelos cubre 41.0 ha. Estos suelos tienen problemas de fuerte microrelieve debido a la actividad de animales que cavan. No se presentan drenes naturales.

En esta serie de suelos, fué distinguido un solo tipo de suelo.

Dal Suelos con Horizonte Superficial de Textura Moderadamente Gruesa sobre Texturas Moderadamente Gruesas y Gruesas

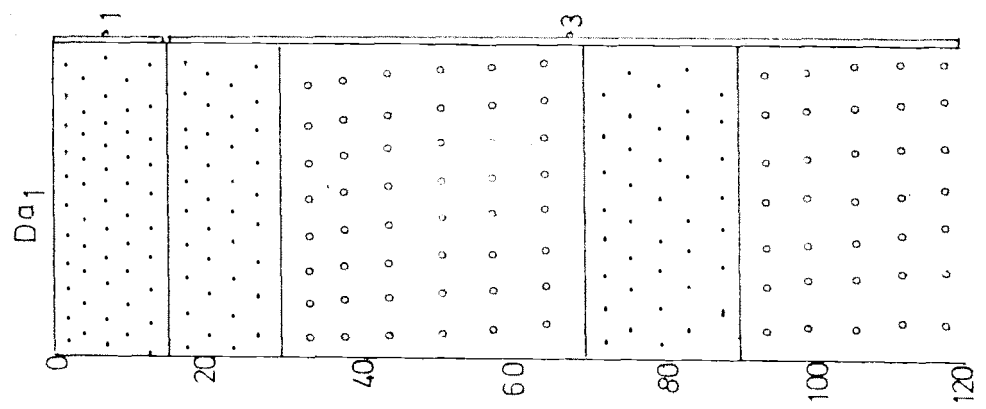
Los suelos tienen un horizonte superficial franco arenoso de cerca de 15-20 cm. con una estructura bloque subangular o granular débil. Su color generalmente es pardo pálido.

Debajo de este horizonte superficial se encuentra un subsuelo que consiste de franco arenoso, areno francoso y arena. Las dos últimas texturas generalmente predominan. El subsuelo tiene estructura masiva o grano suelto y un color pardo muy pálido.

# SUELOS DE LOS DEPOSITOS EOLICOS

ARENOSOS (D U N A S)

LIAGRAMA DEL PERFIL



## L E Y E N D A

Texturas finas

Texturas moderadamente finas

Texturas medianas

Texturas moderadamente gruesas

Texturas gruesas

- 1 Horizonte superficial
- 2 Horizonte subyacente
- 3 Subsuelo
- 4 Perfil enterrado



## 5. CLASIFICACION DE TIERRAS

### 5.1 Introducción

El mapa detallado de suelos descrito anteriormente fué compilado para los siguientes propósitos:

- Para adquirir conocimientos profundos de las diferentes características del suelo y sus limitaciones, las cuales son de importancia para agricultura bajo riego, así como para agricultura de secano;
- Para localizar las áreas aptas para la extensión de la Granja Piloto;
- Para una correcta selección e implantación del sistema de riego;
- Para proveer datos para la estimación de costos de desarrollo de tierras y riegos.

Para que los datos del suelo y los factores limitantes indicados en el mapa de suelos sean más accesibles y de fácil comprensión, fueron derivados mapas de clasificación de tierras tanto para agricultura con fines de riego como para de secano. Esta clasificación de tierras implica una interpretación sistemática de las características pedológicas y algunas características del medio ambiente tales como clima y topografía. Es más, la clasificación depende del sistema de agricultura aplicado. El área del proyecto no está poblada y existen planes para introducir sistemas de agricultura relativamente modernas y de tamaño grande. Por eso, se ha supuesto que el sistema de agricultura a ser aplicado será con altas inversiones, utilizando la tecnología moderna. La clasificación a ser aplicada tendría que ser basada, tanto como sea posible, sobre experimentos agrícolas o experiencias bajo condiciones similares. Sin embargo, en el área del Proyecto

no se dispone de bastante datos relacionados al comportamiento de los diferentes suelos. Los pocos datos de la Granja Piloto, disponibles a la fecha (Abril 1973), son la única información a ser aplicada. Debido a ésta falta de datos básicos, la clasificación de tierras está basada principalmente sobre experiencia y juicios razonables.

## 5.2 Clasificación de Tierras para Agricultura con Fines de Riego (Ver Anexo VI, Mapa de Clasificación para Agricultura con Fines de Riego)

### 5.2.1 Principios de la Clasificación

La clasificación de tierras fué llevada a cabo conforme a los lineamientos establecidos por el "U.S. Bureau of Reclamation". Los propósitos específicos de este sistema de clasificación son para establecer las diferencias en la aptitud de la tierra para una agricultura sostenida bajo riego. El término "aptitud" como la usada aquí, implica la posibilidad de una permanente y suficiente producción cuando se aplica el riego. La aptitud de la tierra tiene que ser medida como una función de sus rendimientos esperados, considerando la capacidad productiva, costos de producción y de habilitación de la tierra. El procedimiento usual seguido para establecer una clasificación final de tierras es el siguiente:

- 1) Comparación de los recursos tierra y experiencias económicas, similares en características físicas y climáticas a aquel que está bajo estudio.
- 2) Análisis de la influencia probable de factores físicos individuales de la tierra sobre la economía de la producción en el área bajo estudio.

- 3) División de los factores físicos del suelo en categorías teniendo aproximadamente igual significación económica. Esto resulta en el establecimiento de especificaciones o criterios de mapeo.
- 4) Aplicación de estos criterios al área para determinar la arabilidad básica de la tierra.
- 5) Modificación de la clasificación de arabilidad básica de acuerdo a datos adicionales pertinentes a físicos, Ingeniería, Hidrología y Economía que se espera tengan efecto sobre el proyecto bajo investigación.
- 6) Esto resulta en tierras específicas que siendo seleccionadas, constituyen las tierras regables o aquellas encontradas aptas para el desarrollo bajo irrigación dentro del plan del proyecto.

Los factores que tienen que ser evaluados, pueden agruparse en tres categorías:

factores físicos: - factor suelo  
                           - factor topografía  
                           - factor drenaje

factores económicos: - capacidad productiva  
                           - costos de producción  
                           - costos de habilitación de la tierra

consideraciones del desarrollo del proyecto: - abastecimiento de agua, incluyendo calidad y cantidad  
   - tipo, localización y extensión del abastecimiento, sistema de distribución y drenaje

- aspectos sociológicos y demográficos
- amortización y consideraciones de costo- beneficio de las varias alternativas.

Los factores físicos, principalmente el factor suelo queda como la base de la clasificación. Esto es muy cierto, especialmente en este estudio, donde los datos para los otros factores casi no existen. La clasificación como la que será presentada en este informe, representa solamente una evaluación aproximada de la aptitud de la tierra para agricultura con fines de riego. Debido a la falta de información referente a la capacidad productiva, costos de producción y habilitación de la tierra, la aptitud no puede ser expresada en figuras definidas, tales como capacidad de pago. Con la continuidad del proyecto, más datos serán disponibles, entonces podría ser necesario ajustar la siguiente clasificación.

#### 5.2.2 Definición de clases y subclases

En la clasificación de tierras del "U.S. Bureau of Reclamation", se distinguen seis clases, las mismas que se definen como sigue:

##### Clase 1 - Tierra Arable, Altamente Apta para Riego

Tierras que son capaces de producir rendimientos relativamente altos y sostenidas para un amplio rango de cultivos climatológicamente adaptados a costos razonables por las siguientes razones:

- Ellas son casi planas con pendientes muy suaves,
- Los suelos son profundos y de textura mediana a ligeramente fina,

- La estructura suave y abierta permite la penetración fácil de las raíces, agua y aire,
- Los suelos tienen drenaje libre y una buena capacidad de retención de humedad aprovechable,
- Los suelos no son susceptibles a la erosión y están libres de acumulación peligrosa de sales solubles,
- Tanto el suelo como las condiciones topográficas son tales, que no se esperan requerimientos específicos de drenaje de las parcelas y la habilitación de tierras puede ser llevada a cabo a costos relativamente bajos.

#### Clase 2 - Tierras Arables, Moderadamente Aptas para Agricultura Bajo Condiciones de Riego

Tierras que son notablemente más inferiores en capacidad productiva que las tierras de la Clase 1, se adaptan a un rango más estrecho de cultivos, son más caras en su preparación para el riego y más costosas para cultivarlas. Las tierras de esta clase, son menos preferibles que las tierras de la clase 1 debido a las siguientes limitaciones:

- una capacidad de humedad aprovechable más baja,
- permeabilidad al agua más lenta,
- moderadamente salinas,
- aspectos topográficos desfavorables o irregulares,
- necesidad de sistema de drenaje.

Las tierras de la Clase 2 producen moderadamente altos rendimientos.

#### Clase 3 - Tierras Arables de Aptitud Marginal para Irrigación

Tierras de aptitud restringida debido a deficiencias más extremas en el suelo, en las características topográficas o de drenaje que las descritas para la Clase 2. Pueden tener buena topografía, pero debido a la calidad inferior de los suelos los cultivos tienen una adaptabilidad más

restringida; requieren volúmenes más grandes de agua para riego ó prácticas especiales de riego y demandan mayor fertilización del suelo. Ellos pueden tener topografía desigual, concentración de sales de moderada a alta ó drenaje restringido. La corrección es posible, pero solamente a costos relativamente altos. Por lo general el cultivo de las tierras de la Clase 3 puede implicar riesgos más grandes que en las tierras de mejor clase, pero bajo un manejo apropiado pueden producir rendimientos razonables.

#### Clase 4 - Tierras Limitadamente Arables o Requieren Uso Especial

Las tierras, son incluidas en esta clase, solo después de que estudios económicos y de ingeniería hayan mostrado que son arables.

Las tierras pueden tener deficiencias específicas excesivas ó deficiencias corregibles a costos altos, pero son aptas para irrigación por medio de métodos especiales de cultivos existentes o contemplados (frutales, hortalizas, praderas, legumbres, pastos, huertos). La deficiencia puede ser drenaje inadecuado, contenido excesivo de sales que requieren lavado intensivo, posición desfavorable permitiendo inundaciones periódicas ó haciendo muy difícil la distribución y remoción del agua ó topografía accidentada. Subclases otras, que aquellas destinadas al uso de cultivos especiales pueden ser incluidas en esta clase, tales como aquellas solamente aptas para riego subterráneo y riego por aspersión y que encuentran requerimientos generales de arabilidad. Las tierras de la Clase 4 tienen una amplitud en rendimientos que es más grande, que aquellas de las tierras asociadas arables.

### Clase 5 - Tierras no Arables Actualmente

Tierras que son consideradas no aptas para riego bajo condiciones existentes, pero tienen un valor potencial suficiente para justificar una segregación tentativa para futuros estudios.

### Clase 6 - Tierras no Arables

Tierras que son inaptas para riego ó que no son consideradas como tierras de proyecto. Generalmente las tierras de la clase 6 comprenden tierras con pendientes muy pronunciadas, accidentadas o fuertemente erosionadas, tierras con texturas muy gruesas ó muy finas, o suelos superficiales sobre grava, pizarra, arenisca ó hard-pan y tierras que tienen un drenaje inadecuado y alta concentración de sales solubles ó sodio.

La razón para delimitar áreas en una clase más baja que 1 puede ser indicada por un índice literal "s", "t" y "d" unido al número de la clase para indicar si la deficiencia es en "suelo", "topografía" ó "drenaje". De este modo, las clases de 2 a 6 pueden ser subdivididas en subclases de acuerdo a su deficiencia(s) dominante.

## 5.2.3 Descripción de Subclases Distinguidas

### Clase 1

Ninguno de los tipos de suelo reúnen los requerimientos mínimos para la clasificación en esta clase.

### Subclase 2s

Los tipos de suelo Ab3, Ba3, Bb1 y Bb2; 330,6 ha. representan 16.7 % del área estudiada. Las principales limitaciones de estos tipos de suelo son:

- Ab3: fertilidad algo más baja, estructura ausente ó débil del horizonte superficial y subsuelo, contenido de humedad total fácilmente aprovechable bastante baja.
- Ba3: estructura ausente o débil del horizonte superficial y subsuelo, influencia desfavorable del horizonte argílico en el desarrollo radicular.
- Bb1 y Bb2: estructura ausente ó débil del horizonte superficial y subsuelo y espesor limitado del horizonte B moderadamente estructurado.

Como puede verse de los factores arriba mencionados, la falta ó débil estructura es la limitación que ocurre con más frecuencia. Juntamente con la textura limosa, es el principal causante para la formación de la costra dura, especialmente bajo condiciones de riego. Para tratar de conservar y mejorar la estabilidad de la estructura, deberá hacerse una reducción en las operaciones de labranza al mínimo posible y aplicaciones de materia orgánica y abonos verdes. Sin embargo, bajo las condiciones climáticas reinantes, éste mejoramiento de la estructura, queda como una tarea difícil.

#### Subclase 2st

Suelos de los tipos Ca2 y Cb1, que cubren 689.5 ha. igual a 34.8 % del área. Las principales limitaciones de estos tipos de suelos son:

- Ca2: estructura ausente o débil del horizonte superficial y subsuelo y microrelieve algo desfavorable,
- Cb1: estructura ausente ó débil del horizonte superficial y subsuelo, capacidad de retención de agua moderada y microrelieve desfavorable.

El tipo de suelos Ca2 es probablemente el más apto para agricultura bajo riego en el área estudiada por sus ca-



racterísticas físicas favorables y sus limitaciones poco problemáticas.

Los suelos del tipo Cbl, aunque clasificados en Clase 2 son menos favorables y se aproximan a la Clase 3.

En éstos suelos, la conservación y mejoramiento de la estructura son también necesarios.

#### Subclase\_2sd

Suelos de los tipos Ba2, Cal y Ca3, cubren una superficie de 284.9 ha. igual a 14.4 % del área estudiada.

Ba2: un drenaje interno del suelo algo desfavorable, influencia desfavorable del horizonte argílico en el desarrollo de las raíces, estructura ausente ó débil del horizonte superficial,

Cal: un drenaje interno del suelo algo desfavorable, estructura ausente ó débil del horizonte superficial y subsuelo,

Ca3: un drenaje interno del suelo algo desfavorable, estructura ausente ó débil de todo el perfil.

En estos suelos tendrán que ser tomadas precauciones en cuanto a manejo de agua. Un drenaje superficial inadecuado ó baja eficiencia de riego puede causar problemas de drenaje; sin embargo, con técnicas normales y eficientes de riego no se presentarán estos problemas.

Aplicaciones de materia orgánica y abono verde son también recomendables para estos suelos.

#### Subclase\_3d

Suelos de los tipos Abl, Ab2 y Bal, 375.8 ha. totalizando

el 18.9 % del área. La limitación principal, atribuible a estos tipos de suelos para ser clasificados en Clase 3, es su drenaje interno marginal o algo desfavorable. En muchos casos tendrán que ser adaptadas prácticas de riego a ésta restricción. Serán necesarios riegos ligeros y frecuentes, drenaje superficial muy eficiente y eficiencias altas de riego. Es más, la elección de cultivos será limitada. Cuando las precauciones tomadas son insuficientes en el manejo del agua, por cierto ocurrirán problemas de drenaje. Los requerimientos de lavado interno no deben ser descuidados por que con el agua de riego disponible (400-1000 micromhos/cm) los problemas de salinidad y alcalinidad pueden desarrollarse.

En vista de estos problemas, deberá considerarse el subsolado de los suelos a una profundidad de 60-70 cm. para mejorar el drenaje interno del suelo. El suelo, después del subsolado, probablemente podría ser clasificado como suelo de la Clase 2.

#### Subclase\_5d

Los suelos del tipo Aal, 184.3 ha igual a 9.3 % del área. Este tipo de suelo ha sido clasificado como actualmente no arable, debido a su drenaje interno, insuficiente a marginal, lo que hace prácticamente imposible el riego normal. Técnicamente, estos suelos pueden ser mejorados a suelos de la Clase 3 por medio del subsolado profundo hasta una profundidad de 80-90 cm. Sin embargo, la factibilidad económica de esto, tiene que ser estudiada.

#### Subclase\_5st

Los suelos de los tipos Ca4 y Ccl, cubren 75.5 ha. o 3.8 % del área estudiada. Las principales limitaciones de este tipo de suelo son:

- alta permeabilidad,
- baja capacidad de almacenamiento del agua,
- estructura ausente ó débil del perfil,
- microrelieve moderado.

Debido a estas restricciones bastante fuertes, los suelos no son aptos para riego. Sin embargo, debería ser determinado si riego por aspersión y/o el cultivo de algunos cultivos puede ser factible.

#### Subclase 6st

Suelos del tipo Dal, cubren 41 ha. ó 2.1 % del área. Las limitaciones principales de estos suelos de duna son:

- permeabilidad muy alta,
- baja capacidad de almacenamiento del agua,
- estructura ausente a débil del perfil,
- microrelieve fuerte.

Estas restricciones excluyen todo uso agrícola de estos suelos.

Tabla 7: Resumen de Clasificación de Tierras para  
Agricultura con Fines de Riego

Categoría	Clase	Sub-clase	Tipo de Suelos	Area ha	% del Area Total
Arable	2	2s	Ab3, Bb2 Ba3, Bb1	330.6	16.7
		2st	Ca2, Cb1	689.5	34.8
		2sd	Ba2, Cal Ca3	284.9	14.4
	3	3d	Ab1, Ab2 Bal	375.8	18.9
Actualmente no Arable	5	5d	Aa1	184.3	9.3
		5st	Ca4, Ccl	75.5	3.8
No arable	6	6st	Dal	41.0	2.1

### 5.3 Clasificación de Tierras para Agricultura de Secano

(Ver Anexo VII, Mapa de Clasificación de tierras para Agricultura de Secano)

#### 5.3.1 Principios de la Clasificación

La clasificación de tierras para agricultura de secano ha sido hecha de acuerdo al sistema del "Soil Conservation Service" del Departamento de Agricultura de los EE.UU. (Agriculture Handbook 210). Este sistema de clasificación está basado en el efecto combinado de clima y características permanentes del suelo referentes a riegos de deterioración del suelo, limitaciones en uso, capacidad productiva y requerimientos de manejo de suelos.

El sistema ha sido modificado en una clasificación para agricultura de secano considerando la falta de agua como una limitación que no se puede corregir. Además, las siguientes suposiciones formarán la base para el establecimiento de las diferentes clases y subclases (adaptadas para el área de Abapó-Izozog).

- Los cultivos se producirán solamente en la época lluviosa (Noviembre - Marzo).
- La textura, profundidad del suelo, capacidad de retención del agua, permeabilidad, etc. son consideradas como características permanentes del suelo. Arbustos, árboles, troncos no son considerados como características permanentes del suelo, como tampoco las sales solubles, o sodio intercambiable, si ellos pueden ser fácilmente lavados.
- Una relación favorable, entre ingresos y egresos es uno de los muchos criterios utilizados para clasificar cualquier suelo en una clase apta para cultivos, pastoreo o uso forestal; ninguna otra relación se asume o se implica entre clases y relaciones de ingreso y egreso.

- Se supone un nivel de administración moderada a bastante alta.
- La clasificación no sugiere el uso más lucrativo del suelo. Muchos suelos clasificados como aptos para varios usos, incluyendo cultivos, especialmente en las Clases III y IV pueden ser usados más lucrativamente para pastos y árboles forestales que para cultivos.
- Las diferencias en costos iniciales de habilitación de tierras no incluyen en la clasificación.
- La clasificación puede ser cambiada con proyectos grandes de recuperación y mejoramiento, que modifica permanentemente las limitaciones del suelo. También cuando una nueva información acerca del suelo y sus respuestas quedan disponibles, podrán ser necesarios ciertos ajustes.
- Debido a la escasez de datos de investigación y experiencias en el área del proyecto, los suelos han sido principalmente clasificados por interpretación de las características y cualidades del suelo de acuerdo con los principios generales y experiencias de otros lugares.
- Distancia al mercado, clase de caminos, tamaño y forma de las parcelas, situación dentro de la granja o campo, etc. no son criterios para la clasificación.

### 5.3.2 Definición de Clases y Subclases

En total, ocho clases son distinguidas en este sistema de "Soil Conservation Service", cuatro de ellas son aptas para cultivos y cuatro no lo son. Las limitaciones que tienen influencia en la clasificación incluyen: pendiente, susceptibilidad a la erosión eólica e hídrica, profundidad del suelo y estructura; salinidad y alcalinidad, y, restricciones climáticas.

Las ocho clases se definen como sigue:

Tierras aptas para cultivos y otros usos

- |           |  |
|-----------|--|
| Clase I   | Suelos que tienen pocas limitaciones que restringen su uso.  |
| Clase II  | Suelos que tienen algunas limitaciones que reducen la selección de cultivos o requieren prácticas de conservación moderadas.                 |
| Clase III | Suelos que tienen severas limitaciones que reducen ya sea la elección de cultivos o requieren prácticas especiales de conservación, ó ambos. |
| Clase IV  | Suelos con muy severas limitaciones que restringen ya sea la elección de cultivos o requieren manejos muy cuidadosos, ó ambos.               |

Tierras limitadas en su uso. Generalmente no aptas para cultivos

- |            |   |
|------------|---|
| Clase V    | Suelos que tienen poco o ningún peligro de erosión pero tienen otras limitaciones difíciles de cambiar, las cuales limitan ampliamente su uso a pasturas, bosques o vida silvestre.   |
| Clase VI   | Suelos que tienen limitaciones severas que hacen de ellos generalmente no aptos para cultivos y limitan ampliamente su uso para pasturas, pastoreo extensivo, bosques y vida silvestre.                                       |
| Clase VII  | Suelos que tienen muy severas limitaciones que hacen de ellos no aptos para cultivos y que restringen ampliamente su uso para pastoreo, bosques y vida silvestre.   |
| Clase VIII | Suelos y formas de la tierra que tienen limitaciones que excluyen su uso para la producción de cultivos comerciales y restringen su uso para recreación, vida silvestre o abastecimiento de agua o para propósitos estéticos. |

Estas ocho clases pueden subdividirse en subclases atendiendo a sus limitaciones dominantes. Los cuatro tipos de limitaciones que pueden ser distinguidos a nivel de subclases son:

- e = peligro de erosión
- w = exceso de agua
- s = limitaciones en la zona radicular (baja fertilidad, baja capacidad de retención del agua, salinidad, etc.)
- c = limitaciones climáticas (baja precipitación, alta evapotranspiración, etc.)

### 5.3.3 Descripción de subclases distinguidas

#### Clase\_I:

Ninguno de los tipos de suelo reúne los requerimientos mínimos para clasificarse en esta clase.

#### Subclase\_II\_sc:

Suelos de los tipos Bb1, Bb2 y Ca2, 666.3 ha. ó 33.6 % del área. Fuera de las restricciones climáticas (serias), estos suelos tienen una estructura algo desfavorable, en el horizonte superficial y subsuelo. La estructura desfavorable del horizonte superficial y la susceptibilidad resultante para la formación de la costra, son algunos de los mayores problemas en los suelos de casi todas las subclases. Por eso, la conservación y mejoramiento de la estructura deberá recibir mucha atención. Incorporación de materia orgánica y materia verde, reducción de las operaciones de labranza y uso adecuado de la maquinaria e implementos (por ejemplo, no usar rastra de discos), son las medidas recomendadas para los suelos de ésta y casi todas las subclases siguientes.



Subclase III\_sc:

Suelos de los tipos Ab3, Ba1, Ba2, Ba3 y Ca1; 512.2 ha. ó 25.8 % del área. Las principales deficiencias de estos suelos son el horizonte subyacente algo pesado que limita el desarrollo radicular, la estructura ausente ó débil del horizonte superficial del subsuelo, las propiedades limitadas de transmisibilidad del agua y las restricciones climáticas.

Para los suelos de esta subclase e incluso más para la mayoría de los suelos de la subclase IV sc, se recomienda el subsolado. La alteración del horizonte argílico arcilloso, mejora tanto el régimen del aire y del agua del suelo como remueve la restricción del desarrollo radicular. Además, aparte del subsolado, deberá darse mejor atención al mejoramiento de la estructura.

Subclase III\_esc:

Suelos de los tipos Ca3 y Cb1, que cubren 295.8 ha ó 15.0 % del área estudiada. Además de la estructura ausente ó débil del perfil y una capacidad de retención del agua moderada, estos suelos son susceptibles a la erosión eólica y tienen las restricciones climáticas usuales. Es más, en los suelos del tipo Ca3, el subsuelo es ligeramente salino.

En estos suelos el mejoramiento de la estructura es muy necesario. Fuera de tener influencia favorable en los cultivos, reduciría la susceptibilidad al peligro de la erosión eólica y puede mejorar en algo la capacidad de retención del agua del suelo. Para luchar contra la erosión eólica, se recomienda tomar medidas tales como el uso de rompevientos, "mulching" e incorporación de abono verde. La salinidad en el subsuelo de los suelos del tipo Ca3 es peligrosa solamente para cultivos que tienen raíces profundas, por lo que no deberán ser cultivados en estos suelos.

Subclase IV\_sc:

Suelos de los tipos Aal, Abl, Ab2 y Ca4, cubren 404.3 ha. igual a 20.4 % del área estudiada. Las deficiencias principales de estos suelos son su textura pesada, que limita el desarrollo radicular y sus propiedades deficientes de transmisibilidad del agua (suelos de los tipos Aal, Abl, Ab2).

En los suelos del tipo Ca4, las principales deficiencias son la baja capacidad de retención del agua, y la estructura ausente ó débil. Además, todos los suelos son restringidos en sus posibilidades por las limitaciones climáticas. Para recomendaciones ver subclases III sc.

Subclase VI\_esc:

Suelos del tipo Ccl, cubren igual a 3.1 % del área. Estructura ausente ó débil del perfil, baja capacidad de retención del agua, fuerte susceptibilidad a la erosión eólica y el clima desfavorable forman las deficiencias de estos suelos. Ellos son aptos solamente para pastoreo extensivo.

Subclase VII\_esc:

Suelos del tipo Dal, cubren 41.0 ha. ó 2.1 % del área estudiada. En estos suelos se encuentran las mismas deficiencias como en la subclase descrita arriba, solo que ellas son más pronunciadas. Por eso, pueden usarse solo para pastoreo muy extensivo.

Tabla 8: Resumen de Clasificación de Tierras para Agricultura de Secano

Categoría	Clase	Sub-clase	Tipo de suelos	Superficie en ha.	% del Area Total
Tierras aptas para cultivos y otros usos	II	IIsc	Bb1, Bb2 Ca2	666.3	33.6
		IIIsc	Ab3, Ba1, Ba2, Ba3, Ca1	512.2	25.8
	III	IIIesc	Ca3, Cb1	295.8	15.0
	V	IVsc	Aa1, Ab1, Ab2, Ca4	404.3	20.4
Tierras limitadas en su uso, no aptas para cultivos	VI	VIesc	Cc1	62.0	3.1
	VII	VIIesc	Dal	41.0	2.1

REFERENCIAS

1. Beers, W.F. van (1969)  
Soil Survey for Irrigation Projects  
(Informe mimeografiado)
2. Cochrane, T. (1970)  
Una Guía para la Interpretación de Datos Analíticos  
de los Análisis Rutinarios de Suelo efectuados en el  
Laboratorio de Suelos de la Misión Británica en Agri-  
cultura Tropical, 17pp  
(Informe mimeografiado)
3. CORGEPAI (1968)  
Estudio Detallado de Suelos Abapõ-Izozog, escala  
1:20.000. Ministerio de Agricultura, Dpto. de Suelos
4. F.A.O. (1968 a)  
Guidelines for Soil Profile Description, 53pp
5. F.A.O. (1968 b)  
Soil map of South America, 1:5.000.000  
World Soil Resources Report No. 34
6. F.A.O. (1970)  
Key to Soil Units for the Soil Map of the World, 16pp
7. Klingebiel, A.A. and Montgomery, P.M. (1961)  
Land Capability and Classification, 21pp  
US Department of Agric. Agr. Handbook 210
8. Smith, B.R. and Buol, S.W. (1968)  
Genesis and Relative Weathering Intensity Studies in  
Three Semi-Arid Soils  
Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Vol. 32, p 261-265

9. Soil Survey Staff (1951)  
Soil Survey Manual, 503pp  
US Dept. of Agric. Handbook No.18
10. Soil Survey Staff (1960)  
Soil Classification (7th approximation)  
US Dept. of Agric., 265pp
11. Soil Survey Staff (1967)  
Supplement to Soil Classification System (7th approx.)  
US Dept. of Agric., 207pp
12. US Dept. of the Interior  
Bureau of Reclamation Manual, Vol. V.  
Irrigated Land Use, Part 2: Land Classification

ANEXO I

DESCRIPCION DETALLADA DEL PERFIL Y  
RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICOS

PERFIL No. V-17 - Unidad de Mapeo AalLocalización:

Aproximadamente 4.200 m sud de la brecha III 5E y  $\pm$  3.200 m oeste de la brecha VI NS

Posición Fisiográfica:

Depresión sobre los depósitos aluviales subrecientes

Forma del Terreno:

Plana

Microtopografía:

Ligeramente irregular a casi plana

Pendiente:

0 %

Vegetación:

Monte bajo y espinoso (+ 2 m) moderadamente denso, predominantemente consiste de Choroqueta (*Ruprechtia triflora*); muy pocos árboles grandes (5-6 m : Quebracho blanco, Algarrobillo) y manchas de malezas de Carahuata muy baja, también, algunas gramíneas.

Material Parental:

Sedimentos fluviales arcillosos.

Condiciones de Humedad:

Húmedo hasta 15 cm. y seco abajo.

Drenaje interno:

Insuficiente.

Presencia de Sales o Alcalí:

Ninguna.

Clasificación 7a. Aproximación:

Typic Haplustalf.

Clasificación F.A.O.

Luvic Xerosol.

Descripción del Perfil

- A1      0 - 6 cm.  
Pardo oscuro (10YR 3/3 h) franco; estructura granular fina muy débil; ligeramente adhesivo y ligeramente plástico en mojado, muy friable en húmedo, muchos poros finos y muy finos; raíces abundantes muy finas, comunes finas y pocas medianas; límite claro y neto.
- A2      6 - 20 cm.  
Pardo amarillento oscuro (10YR 4/4 h) franco arcilloso; masiva; ligeramente adhesivo y ligeramente plástico en mojado, friable en húmedo y duro en seco; muchos poros muy finos y comunes finos; raíces frecuentes muy finas, comunes finas y medianas; límite claro y neto.
- B1      20 - 30 cm.  
Pardo amarillento (10YR 5/4) arcillo limoso; estructura bloque angular mediana muy débil; adhesivo y plástico en mojado, muy duro en seco; muchos poros muy finos y comunes finos; raíces frecuentes muy finas, comunes finas y medianas, muy pocas gruesas; límite neto y plano.
- B21t    30 - 50 cm.  
Pardo amarillento (10YR 5/4) arcilloso; estructura compuesta de prismática gruesa débil y elementos en bloque angular fino y mediano, moderado a fuerte; cutans delgados discontinuos de arcilla; adhesivo y plástico en mojado y muy duro en seco; comunes poros muy finos y finos; raíces comunes muy finas, pocas finas y muy pocas medianas; límite neto y plano.
- B22t    50 - 70 cm.  
Pardo amarillento (10YR 5/4) arcillo limoso; estructura bloque angular mediana moderada; cutans delgados manchas de arcilla; adhesivo y plástico en mojado, duro en seco; comunes poros muy finos y pocos finos; raíces comunes muy finas y pocas muy finas; límite neto y plano.
- B3      70 - 78 cm.  
Pardo amarillento (10YR 5/4) arcillo limoso; moteado de gley fósil, comunes finos definidos gris y pardo; estructura bloque angular muy débil; ligeramente adhesivo y ligeramente plástico en mojado, algo duro en seco; comunes poros muy finos; raíces comunes a pocas muy finas y pocas finas; débil reacción con HCl; límites netos planos. Pueden observarse restos de una fina estratificación.



Descripción del Perfil (continuación)

- II Alb      78 - 97 cm.  
Pardo amarillento a pardo (8.75YR 5/4) franco arcil-  
lloso; masiva; ligeramente adhesivo y ligeramente  
plástico en mojado, duro en seco; frecuentes poros  
a muchos finos; límite neto y plano.
- II B2b      97 - 130 cm.  
Pardo fuerte (7.5YR 5/6) franco arcilloso; masiva a  
bloque subangular mediana muy débil; ligeramente  
adhesivo y ligeramente plástico en mojado, duro en  
seco; poros frecuentes a muchos muy finos, comunes  
finos; raíces muy pocas muy finas.

Las barrenadas mostraron que de 130 - 180 cm. se encuentra  
textura franco de 180 - 250 franco limoso.

## ANALISIS - Perfil No. V-17

Profundidad (cm.)	0-6	6-20	20-30	30-50	50-70	70-78
Arcilla (%)	25.7	36.9	41.7	48.9	47.6	48.6
Limo fino (%)	11.6	18.2	16.5	25.0	38.8	35.4
Limo grueso (%)	37.1	21.5	25.5	14.9	8.7	10.4
Arena muy fina (%)	14.0	5.1	4.7	2.4	1.0	0.9
Arena fina (%)	3.8	5.4	6.0	2.7	1.1	1.4
Arena mediana (%)	5.5	8.8	5.3	4.3	1.8	2.2
Arena gruesa (%)	2.3	4.1	0.3	1.8	1.0	1.1
Arena muy gruesa (%)	-	-	-	-	-	-
pH-H <sub>2</sub> O	6.4	6.3	5.8	5.6	6.2	6.3
pH-KCl	5.4	5.6	5.0	4.9	5.4	5.4
Cond.eléctrica (EC5 micromhos/cm.)	60.0	40.0	30.0	30.0	30.0	50.0
CaCO <sub>3</sub> (%)	0.0	0.0	0.5	0.5	0.8	1.0
CaSO <sub>4</sub> (%)	0.05	0.07	0.05	0.06	0.05	0.05
Carbón (%)	2.29	0.68	0.56	0.33	0.25	0.17
Nitrógeno (%)	0.24	0.19	0.12	0.08	0.08	0.06
C/N	9.5	3.6	4.7	4.1	3.1	2.8
Fosfato aprov. (Truog) ppm	13.0	13.0	9.8	6.5	6.5	6.5
Ca interc. (meq/100 gr.suelo)	10.3	5.0	4.9	5.9	9.3	10.6
Mg interc. (meq/100 gr.suelo)	4.7	3.7	4.5	7.7	8.4	10.1
K interc. (meq/100 gr.suelo)	0.6	0.2	0.5	0.4	0.3	0.3
Na interc. (meq/100 gr.suelo)	0.2	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4
Total de bases (meq/100 gr.suelo)	15.8	9.0	10.1	14.2	18.3	21.4
Cap.interc.cationico (meq/100 gr.suelo)	18.7	12.2	14.5	17.4	21.9	24.5
Saturación %	84.5	73.8	69.7	81.6	83.6	87.3

ANALISIS - Perfil No. V-17 (continuación)

Profundidad (cm.)	78-97	97-130
Arcilla (%)	29.9	28.6
Limo fino (%)	17.2	16.9
Limo grueso (%)	29.2	32.3
Arena muy fina (%)	5.5	8.6
Arena fina (%)	5.6	4.5
Arena mediana (%)	8.7	6.3
Arena gruesa (%)	3.9	2.8
Arena muy gruesa (%)	-	-
pH-H <sub>2</sub> O	6.6	6.9
pH-KCl	5.5	6.0
Cond.eléctrica EC5 micromhos/cm	50.0	30.0
CaCO <sub>3</sub> (%)	1.3	2.1
CaSO <sub>4</sub> (%)	0.05	0.04
Carbón (%)	0.17	0.12
Nitrógeno (%)	0.06	0.06
C/N	2.8	2.0
Fosfato aprov. (Truog) ppm	6.5	6.5
Ca interc. (meq/100 gr.suelo)	5.3	5.7
Mg interc. (meq/100 gr.suelo)	5.3	4.7
K interc. (meq/100 gr.suelo)	0.3	0.4
Na interc. (meq/100 gr.suelo)	0.4	0.4
Total de bases (meq/100 gr.suelo)	11.3	11.2
Cap.interc.cationico (meq/100 gr.suelo)	12.2	12.6
Saturación %	92.6	88.9

ANALISIS DE ELEMENTOS MENORES

Perfil V-17                      Profundidad 0-20 cm.

Elementos x)	Extracción en 0.5 N HNO <sub>3</sub>	Extracción en EDTA-NH <sub>4</sub> Ac	Boro Extractable
Fe	555	195	
Al	455	45	
Mn	16.5	5.0	
Zn	3.50	1.50	
B		2.50	0.24
Cu	4.75	2.50	
Pb	3.75	3.50	
Ni	1.50	tr.	
Mo	tr.	tr.	
Co	tr.	tr.	
Cr	tr.	tr.	

x) = contenido en ppm

PERFIL No. B-3 - Unidad de Mapeo Ab2

Localización:

+ 200 m al Sud de la brecha III 5E y ± 200 m al Oeste de la brecha VI NS.

Posición Fisiográfica:

Depresión sobre los depósitos aluviales subrecientes.

Forma del Terreno:

Plana

Microtopografía:

Ninguna

Pendiente:

0 %

Vegetación:

Monte bajo espinoso (2-3 m), predominantemente de Choroqueta (*Ruprechtia triflora*), árboles Quebracho Blanco muy pocos grandes (4-7 m) y algunas malezas de Carahuata muy baja.

Material Parental:

Sedimentos fluviales francos y arcillosos

Condiciones de Humedad:

Seco

Drenaje Interno:

Insuficiente

Presencia de Sales y Alkali:

Ninguna

Clasificación 7a. Aproximación:

Typic Haplustalf

Clasificación FAO:

Luvic Xerosol.

Descripción del Perfil

- A1 0 - 4 cm.  
Pardo (10YR 5/3) franco; masiva a débilmente laminar; ligeramente adhesivo y ligeramente plástico en mojado y duro en seco; límite brusco y plano.
- A2 4 - 15 cm.  
Pardo (10YR 5/3) franco arcilloso, estructura bloque angular mediana a gruesa débil; ligeramente adhesivo y ligeramente plástico en mojado; duro en seco; muchos poros muy finos, frecuentes finos y pocos medianos; raíces comunes finas y muy pocas medianas; límite neto y plano.
- B2t 15 - 38 cm.  
Pardo amarillento (10YR 5/4) franco arcillo limoso; estructura bloque angular mediana moderada a fuerte; cutanes de arcilla discontinuos y delgados; adhesivo y plástico en mojado; muy duro en seco; poros frecuentes muy finos, pocos finos y medianos; raíces comunes muy finas y finas; límite neto y plano.
- B3 38 - 60 cm.  
Pardo amarillento claro (10YR 6/4) franco arcillo limoso; estructura bloque angular mediana y gruesa débil a moderada; adhesivo y plástico en mojado, duro en seco; muchos poros muy finos; pocos finos; raíces pocas muy finas y muy pocas finas; límite neto y plano.
- C1 60 - 82 cm.  
Pardo amarillento claro (10YR 6/4) franco limoso; masiva; ligeramente adhesivo y ligeramente plástico en mojado, y ligeramente duro en seco; muchos poros muy finos; límite brusco y plano; pueden ser observados restos de una fina estratificación.
- II C2 82 - 88 cm.  
Pardo amarillento claro (10YR 6/4) franco arcillo limoso; masiva pero con una estratificación fina muy pronunciada y ligeramente compacta; ligeramente adhesivo y ligeramente plástico en mojado, duro en seco; frecuentes poros muy finos; raíces muy pocas muy finas; reacción débil con HCl; límite brusco y plano; pseudomicelio moderado de  $\text{CO}_3\text{Ca}$ .
- III B2b 88 - 118 cm.  
Pardo (7.5YR 5/4) franco arcilloso; estructura bloque angular media y gruesa débil; ligeramente adhesivo y ligeramente plástico en mojado y duro en seco; muchos poros muy finos, pocos finos; raíces muy pocas y muy finas; pseudomicelio débil de  $\text{CO}_3\text{Ca}$ ; reacción fuerte con HCl; límite neto y plano.

Descripción del Perfil (continuación)

III B3b    118 - 145 cm.  
Pardo fuerte (7.5YR 5/6) franco arcilloso; estructura bloque angular mediana débil; ligeramente adhesivo y ligeramente plástico en mojado, ligeramente duro en seco; muchos poros muy finos, pocos finos; raíces muy pocas muy finas; pseudomicelio moderado de  $\text{CO}_3\text{Ca}$ ; reacción débil con HCl.

La barrenada mostró que de 145 - 175 cm. se encuentra textura franco arcilloso, ésta es seguida por franco de 175 - 215 cm.; de 215 - 245 cm. franco limoso y de 245 - 265 cm. franco arenoso fino.

I-10

B-3

## ANALISIS - Perfil No. B-3

Profundidad (cm.)	0-15	15-60	60-82	82-88	88-118	118-145
pH - H <sub>2</sub> O	6.0	6.0	6.5	6.6	7.5	7.4
Cond.electr.(EC5) (micromhos/cm.)	73.0	52.0	122.0	118.0	270.0	138.0
Ca interc. (meq/100 gr.suelo)	7.0	7.4	7.0	10.8	9.8	5.6
Mg interc. (meq/100 gr.suelo)	3.2	3.6	4.0	4.8	1.4	2.2
Na interc. (meq/100 gr.suelo)	0.32	0.41	0.55	0.71	0.71	0.43
K interc. (meq/100 gr.suelo)	0.48	0.41	0.41	0.54	0.36	0.23
Total de bases (meq/100 gr.suelo)	11.0	11.8	12.0	15.9	12.3	8.5
Comp.cat.interc. (meq/100 gr.suelo)	11.5	13.3	13.5	16.5	16.3	8.5
Saturación %	96.0	89.0	89.0	96.0	75.0	99.0
Fósforo aprox. (Olsen) (ppm)	0.3	1.0	4.5	5.5	9.0	5.0



PERFIL No. H-11 - Unidad de Mapeo Bal

Localización:

+ 1.400 m al Sud de la brecha III 5E y  $\pm$  2.000 m Oeste de la brecha VI NS.

Posición Fisiográfica:

Elevación sobre depósitos aluviales subrecientes.

Forma del Terreno:

Plana.

Microtopografía:

Superficie ligeramente irregular.

Pendiente:

0 %

Vegetación:

Monte algo bajo (2-4 m) moderadamente duro con pocos árboles (Mistol, Toborochi) grandes (5-10 m); malezas de Carahuata baja y gramíneas.

Material Parental:

Sedimentos fluviales arcillosos y francos.

Condiciones de Humedad:

Seco.

Drenaje Interno:

Marginal.

Presencia de Sales y Alkali:

El horizonte encima del horizonte II Clb poco permeable es salino.

Clasificación 7a. Aproximación:

Thapto-Typic-Ustrochreptic Haplustalf.

Clasificación FAO:

Luvic Xerosols.

Descripción del Perfil

- A1            0 - 6 cm.  
Pardo (10YR 5/3) franco; estructura granular gruesa muy débil; ligeramente adhesivo y ligeramente plástico en mojado, ligeramente duro en seco; muchos poros muy finos, frecuentes finos y pocos medianos; raíces comunes muy finas y finas; límite neto y plano.
- B2t           6 - 31 cm.  
Pardo amarillento (10YR 5/4) franco arcillo limoso; estructura prismática gruesa débil, compuesta de elementos bloque angulares medianos moderados a fuertes; cutanes delgados discontinuos sobre los elementos; ligeramente adhesivos y ligeramente plásticos en mojado, duro en seco; muchos poros a frecuentes muy finos, pocos finos; raíces comunes muy finas y finas, pocas gruesas; límite neto plano.
- B3            31 - 53 cm.  
Pardo pálido (10YR 6/3) franco arcillo limoso (muy limoso); estructura prismática gruesa muy débil compuesta de elementos bloques subangulares gruesos y medianos débiles; ligeramente adhesivo y ligeramente plástico en mojado, ligeramente duro en seco; muchos poros muy finos; comunes a poco finos; raíces comunes muy finas, pocas finas; en la parte más baja de este horizonte se encuentran restos de un frnaco arcillo limoso compacto, finamente estratificado, límite neto y plano.
- II B2b       53 - 82 cm.  
Pardo amarillento a pardo fuerte (8.75YR 5/6) franco limoso; estructura bloque angular y prismática medianas y débiles; adhesivo y ligeramente plástico en mojado, duro en seco; muchos poros muy finos, frecuentes finos y muy pocos medianos; raíces frecuentes muy finas y pocas finas; límite neto y plano.
- II Clb       82 - 130 cm.  
Pardo amarillento claro (10YR 6/4) franco limoso; masiva; ligeramente adhesivo y ligeramente plástico en mojado, duro en seco; pocos poros muy finos y muy pocos finos; raíces pocas muy finas.
- Barrenada: 130 - 190 cm. franco limoso  
            190 - 230 cm. franco
- Nota:        Este perfil es truncado.

## ANALISIS - Perfil No. H-11

Profundidad (cm.)	6-31	31-53	53-82	82-130
pH - H <sub>2</sub> O	6.0	6.3	7.3	6.3
Cond.electr.(CE5) (micromhos/cm.)	80.0	150.0	700.0	170.0
Ca soluble (meq/100 gr.suelo)			2.0	
Mg soluble (meq/100 gr.suelo)			1.3	
Na soluble (meq/100 gr.suelo)			0.58	
K soluble (meq/100 gr.suelo)			0.10	
Ca interc. (meq/100 gr.suelo)	7.0	8.8	10.0	6.2
Mg interc. (meq/100 gr.suelo)	3.2	4.4	3.5	3.1
Na interc. (meq/100 gr.suelo)	0.27	0.35	0.08	0.46
K interc. (meq/100 gr.suelo)	0.46	0.29	0.22	0.24
Total de bases (meq/100 gr.suelo)	10.9	13.8	13.8	10.0
Comp.cat.interc. (meq/100 gr.suelo)	12.5	15.0	14.0	10.0
Saturación %	87.0	92.0	99.0	100.0
Fósforo aprox. (Olsen) (ppm)	2.5	7.0	11.0	4.5

PERFIL No. V-26 - Unidad de Mapeo Ba3

Localización:

+ 4.200 m al Sud de la brecha III 5E y  $\pm$  4.800 m al Oeste de la brecha VI NS.

Posición Fisiográfica:

Elevación sobre los depósitos aluviales subrecientes.

Forma del Terreno:

Plana.

Microtopografía:

Suavemente ondulada con diferencias en altura de 20-30 cm.

Pendiente:

0 %

Vegetación:

Monte bastante alto (3-6 m), moderadamente denso, con una maleza de Carahuata moderadamente densa; algunos cactus y con árboles grandes (7-12 m) de moderada cantidad (Quebracho Blanco, Mistol y Toborochi).

Material Parental:

Sedimentos fluviales francos.

Condiciones de Humedad:

Húmedo hasta 20 cm. y seco hacia abajo.

Drenaje Interno:

Algo desfavorable.

Presencia de Sales y Alcalis:

El subsuelo debajo de 98 cm. es ligeramente salino.

Clasificación 7a. Aproximación:

Typic Haplustalf.

Clasificación FAO:

Luvic Xerosol.

Descripción del Perfil

- A1            0 - 5 cm.  
Pardo oscuro a pardo amarillento oscuro (10YR 3.5/4 h) franco; estructura granular fina, ligeramente adhesivo y ligeramente plástico en mojado, friable en húmedo; muchos poros muy finos, frecuentes finos y pocos medianos; raíces abundantes muy finas y comunes finas, límite brusco plano.
- A2            5 - 24 cm.  
Pardo amarillento oscuro (10YR 4/4 h) franco; masiva; ligeramente adhesivo y ligeramente plástico en mojado, friable en húmedo, muchos poros muy finos, frecuentes finos; raíces comunes muy finas y finas, pocas medianas; límite neto plano.
- B1            24 - 34 cm.  
Pardo fuerte a pardo amarillento (8.75YR 6/4) franco arcilloso; estructura bloque angular débil; ligeramente adhesivo y ligeramente plástico en mojado, duro en seco; muchos poros muy finos, frecuentes finos; raíces comunes muy finas y finas, muy pocas gruesas; límite neto plano.
- B2t           34 - 52 cm.  
Pardo amarillento (10YR 5/4) franco arcillo limoso; estructura bloque angular moderada a fuerte; cutanes delgados discontinuos sobre los elementos estructurales; ligeramente adhesivo y ligeramente plástico en mojado, duro en seco; muchos poros muy finos, frecuentes finos y pocos medianos; raíces comunes muy finas y finas, pocas medianas; límite neto plano.
- C1            52 98 cm.  
Pardo amarillento claro (10YR 6/4) franco limoso; masiva; ligeramente adhesivo y ligeramente plástico en mojado, duro en seco; muchos poros muy finos, pocos finos; raíces comunes muy finas y finas; reacción fuerte con HCl; límite neto plano.
- II C2        98 - 104 cm.  
Pardo pálido (10YR 6/3) franco arcilloso; masiva; ligeramente adhesivo y ligeramente plástico en mojado, ligeramente duro en seco; frecuentes poros muy finos y pocos finos; raíces comunes muy finas; muchos pseudomicelios de carbonatos libres; reacción moderada con HCl; límite neto plano.
- II C3        104 - 140 cm.  
Pardo pálido (10YR 6/3) franco; masiva; ligeramente adhesivo y no plástico en mojado, blando en seco; frecuentes poros muy finos y finos; raíces pocas muy finas, reacción débil con HCl.

Descripción del Perfil (continuación)

Barrenada: 140 - 160 cm. franco  
          160 - 200 cm. franco arcillo limoso  
          200 - 250 cm. franco

## ANALISIS - Perfil No. V-26

Profundidad (cm.)	0-5	5-24	24-34	34-52	52-98
pH - H <sub>2</sub> O	7.0	6.4	6.2	6.3	7.9
Cond.electr.(CE5) (micromhos/cm.)	142.0	81.0	59.0	75.0	260.0
Ca soluble (meq/100 gr.suelo)					
Mg soluble (meq/100 gr.suelo)					
Na soluble (Meq/100 gr.suelo)					
K soluble (meq/100 gr.suelo)					
Ca interc. (meq/100 gr.suelo)	7.12	3.72	6.52	9.60	6.28
Mg interc. (meq/100 gr.suelo)	2.40	2.58	2.74	4.48	2.66
Na interc. (meq/100 gr.suelo)	0.24	0.26	0.28	0.46	0.34
K interc. (meq/100 gr.suelo)	0.86	0.89	0.75	0.96	0.78
Total de bases	10.6	7.5	10.3	15.5	10.1
Comp.cat.interc.	10.7	7.6	10.4	15.6	10.1
Saturación %	99.0	99.0	99.0	99.0	100.0
Fósforo aprov. (Olsen) (ppm)	11.0	6.0	7.0	8.0	6.0

## ANALISIS - Perfil No. V-26 (continuación)

Profundidad (cm.)	98-104	104-140
pH - H <sub>2</sub> O	8.1	7.8
Cond.electr.(CE5) (micromhos/cm)	560.0	500.0
Ca soluble (meq/100 gr.suelo)	0.50	0.72
Mg soluble (meq/100 gr.suelo)	0.34	0.51
Na soluble (meq/100 gr.suelo)	0.16	0.30
K soluble (meq/100 gr.suelo)	0.23	0.43
Ca interc. (meq/100 gr.suelo)	5.04	4.64
Mg interc. (meq/100 gr.suelo)	4.48	3.10
Na interc. (meq/100 gr.suelo)	0.78	0.62
K interc. (meq/100 gr.suelo)	0.96	0.64
Total de bases	11.3	9.0
Comp.cat.interc.	11.3	9.0
Saturación %	100.0	100.0
Fósforo aprov. (Olsen) (ppm)	11.0	8.5



PERFIL No. M-26 - Unidad de Mapeo Bb2Localización:

+ 2.400 m al Sud de la brecha III 5E y  $\pm$  4.800 m al Oeste de la brecha VI NS.

Posición Fisiográfica:

Elevación sobre depósitos aluviales subcrecientes.

Forma de Terreno:

Plana.

Microtopografía:

Bastante irregular debido a los drenes naturales de 40-50 cm. de profundidad.

Pendiente:

0 %

Vegetación:

Monte alto (4-7 m) relativamente abierto, formado principalmente de Curupan y Choroqueta, con árboles de Mistol y Tobo-rochi moderadamente altos (6-10 m) y con malezas de Carahua-ta bastante densa (  $\pm$  0.5 m ) y Cactus.

Material Parental:

Sedimentos fluviales francos, posiblemente con influencia eólica.

Condiciones de Humedad:

Seco.

Drenaje Interno:

Favorable.

Presencia de Sales y Alkali:

Ninguna.

Clasificación 7a. Aproximación:

Typic Ustochrept.

Clasificación FAO:

Haplic Xerosol.

Descripción del Perfil

- A1            0 - 9 cm.  
Pardo pálido (10YR 6/3) franco limoso; estructura granular fina muy débil; ligeramente adhesivo y ligeramente plástico en mojado, blando en seco; muchos poros muy finos y finos, frecuentes medianos; raíces comunes muy finas y finas, pocas medianas; límite neto y plano.
- B2            9 - 35 cm.  
Pardo (10YR 5/3) franco arcillo limoso; estructura bloque angular moderada fina y mediana; ligeramente adhesivo y plástico en mojado, duro en seco; muchos poros muy finos y finos; raíces comunes muy finas y finas, pocas medianas; límite neto y plano.
- C1            35 - 56 cm.  
Pardo pálido (10YR 6/3) franco arcillo limoso; estructura bloque angular mediana muy débil; ligeramente adhesivo y ligeramente plástico en mojado, ligeramente duro en seco; muchos poros muy finos y finos; raíces comunes muy finas y finas; límite neto y plano.
- C2            56 - 100 cm.  
Pardo muy pálido (10YR 7/3) franco arcillo limoso; masiva; ligeramente adhesivo y ligeramente plástico en mojado, ligeramente duro en seco; muchos poros muy finos, frecuentes finos; raíces comunes muy finas y pocas finas; límite neto y plano.
- II B2b       100 - 140 cm.  
Pardo muy pálido (10YR 7/4) franco limosos; masiva; ligeramente adhesivo y ligeramente plástico en mojado, ligeramente duro en seco; muchos poros muy finos y pocos finos; raíces pocas muy finas; débil reacción al HCl.
- Barrenada: 140 - 180 cm. franco limoso  
            180 - 220 cm. franco arcillo limoso, algo compacto  
            220 - 250 cm. franco limoso
- Nota:        Este perfil no es del todo representativo de la unidad de mapeo Bb2 porque el subsuelo de 35 - 100 cm. tiene una textura franco arcillo limosa (29 - 31 % de arcilla) en vez de franco limosa.

## ANALISIS - Perfil No. M-26

Profundidad (cm.)	0-9	9-35	35-56	56-100	100-140
Arcilla (%)	27.5	34.9	29.0	31.2	14.3
Limo fino (%)	17.4	28.4	27.1	27.4	11.8
Limo grueso (%)	35.3	26.6	35.7	34.1	56.9
Arena muy fina (%)	14.9	5.1	4.1	5.3	15.5
Arena fina (%)	1.7	1.5	1.1	0.8	1.1
Arena media (%)	2.2	2.4	1.7	0.8	0.3
Arena gruesa (%)	1.0	1.1	0.7	0.4	0.1
Arena muy gruesa (%)	-	-	-	-	-
pH - H <sub>2</sub> O	6.4	6.8	7.0	7.4	8.0
pH - CLK	5.7	6.0	6.0	6.2	7.1
Cond.electr.(CE5) (micromhos/cm.)	90.0	90.0	70.0	80.0	50.0
CO <sub>3</sub> Ca (%)	0.3	0.5	0.8	0.8	1.3
SO <sub>4</sub> Ca (%)	0.02	0.06	0.03	0.04	0.02
Carbón (%)	1.70	0.64	0.53	0.34	0.17
Nitrógeno (%)	0.20	0.15	0.08	0.06	0.05
C/N	8.5	4.3	6.6	5.7	3.4
Fósforo aprov. (Truog) (ppm)	13.0	13.0	9.8	9.8	9.8
Ca interc. (meq/100 gr.suelo)	11.7	9.3	7.3	9.4	6.1
Mg interc. (meq/100 gr.suelo)	5.2	5.7	5.2	5.2	4.7
K interc. (meq/100 gr.suelo)	1.0	0.7	0.5	0.5	0.3
Na interc. (meq/100 gr.suelo)	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3
Total de bases (meq/100 gr.suelo)	18.0	15.9	13.2	15.4	11.4
Comp.cat.interc. (meq/100 gr.suelo)	20.0	16.5	14.5	14.8	11.7
Saturación %	90.0	96.4	91.0	< 100.0	97.4

PERFIL No. K-20 - Unidad de Mapeo Cal

Localización:

+ 2.000 m al Sud de la brecha III 5E y  $\pm$  3.600 m al Oeste de la brecha VI NS.

Posición Fisiográfica:

Depósitos aluvio-eólicos recientes.

Forma del Terreno:

Plana.

Microtopografía:

Algo irregular con diferencias de altura de 20-30 cm.

Pendiente:

0 %

Vegetación:

Monte moderadamente alto (3-6 m) relativamente abierto con matorrales de Carahuata moderadamente densa, Cactus y gramíneas, con árboles grandes (7-10 m) principalmente Mistol.

Material Parental:

Sedimentos fluviales franco y posiblemente eólico.

Condiciones de Humedad:

Seco.

Drenaje Interno:

Favorable.

Presencia de Sales y Alkali:

Ninguna.

Clasificación 7a. Aproximación:

Typic Ustochrept.

Clasificación FAO:

Haplic Xerosol.

Descripción del Perfil

- A1            0 - 11 cm.  
Pardo (10YR 5/3) franco; masiva a estructura granular mediana muy débil; no adhesivo, ligeramente plástico en mojado, blando en seco; muchos poros muy finos, frecuentes finos, pocos a frecuentes medianos; raíces comunes muy finas y finas, pocas medianas; límite neto y plano.
- B2            11 - 33 cm.  
Pardo amarillento (10YR 5/4) franco arcilloso; estructura prismática mediana débil, compuesta de elementos bloque angulares medianos moderados; adhesivo y ligeramente plástico en mojado y muy duro en seco; muchos poros muy finos, frecuentes finos y muy pocos medianos; raíces comunes muy finas y pocas medianas; límite gradual y plano.
- B3            33 - 72 cm.  
Pardo amarillento (10YR 5/4) franco arcilloso; estructura bloque angular gruesa débil; no adhesivo y ligeramente plástico en mojado, duro en seco; muchos poros muy finos, frecuentes finos y muy pocos medianos; raíces comunes muy finas y finas; límite neto y plano.
- C1            72 - 103 cm.  
Pardo amarillento claro (10YR 6/4) franco limoso; masiva; no adhesivo y ligeramente plástico en mojado y blando en seco; frecuentes poros muy finos y finos; raíces comunes muy finas y pocas finas; límite brusco y plano.
- C2            103 - 120 cm.  
Pardo muy pálido (10YR 7/3) franco limoso; masiva; ligeramente adhesivo y ligeramente plástico en mojado, ligeramente duro en seco; frecuentes poros muy finos, frecuentes a pocos finos; raíces muy pocas finas; restos de una capa compacta finamente estratificada.
- Barrenada: 120 - 155 cm. franco limoso  
            155 - 235 cm. franco arenoso fino

## ANALISIS - Perfil No. K-20

Profundidad (cm.)	0-11	11-33	33-72	72-103	103-120
pH - H <sub>2</sub> O	6.7	6.5	6.6	7.2	8.5
Cond.electr.(CE5) (micromhos/cm.)	52.0	106.0	190.0	29.0	89.0
Ca interc. (meq/100 gr.suelo)	7.12	7.72	5.28	5.44	10.88
Mg interc. (meq/100 gr.suelo)	3.10	4.80	4.80	3.50	4.48
Na interc. (meq/100 gr.suelo)	0.24	0.32	0.50	0.30	0.41
K interc. (meq/100 gr.suelo)	1.00	0.28	0.60	0.37	0.56
Total de bases (meq/100 gr.suelo)	11.5	13.1	11.2	9.7	16.3
Comp.cat.interc. (meq/100 gr.suelo)	11.6	13.2	11.3	9.8	16.4
Saturación %	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0
Fósforo aprov. (Olsen) (ppm)	3.0	2.0	8.0	4.5	3.0

PERFIL No. P-26 - Unidad de Mapeo Ca2Localización:

+ 3.000 m al Sud de la brecha III 5E y  $\pm$  4.000 m al Oeste de la brecha VI NS.

Posición Fisiográfica:

Depósitos aluvio-eólicos recientes.

Forma del Terreno:

Plana.

Microtopografía:

Ligeramente ondulada con diferencias de altura de 30-50 cm.

Pendiente:

0 %

Vegetación:

Monte alto (4-6 m) abierto con muchos árboles grandes (Mistol, Quebracho blanco) y malezas de Carahuata moderada y densa, gramíneas y cactus.

Material Parental:

Sedimentos fluviales franco con posible influencia eólica.

Condiciones de Humedad:

Seco.

Drenaje Interno:

Favorable.

Presencia de Sales y Alkali:

Ligeramente salino entre 35-65 cm.

Clasificación 7a Aproximación:

Ustollic Camborthid.

Clasificación FAO:

Haplic Xerosol.

Descripción del Perfil

- A1            0 - 12 cm.  
Pardo pálido (10YR 6/3) franco; masiva; ligeramente adhesivo y ligeramente plástico en mojado, ligeramente duro en seco; muchos poros muy finos y finos, pocos medianos; raíces comunes muy finas y finas y pocas medianas; límite neto y plano.
- A3            12 - 20 cm.  
Pardo pálido (10YR 6/3) franco; estructura bloque angular mediana débil; ligeramente adhesivo y ligeramente plástico en mojado, ligeramente duro en seco; muchos poros muy finos, frecuentes finos y pocos medios; raíces comunes muy finas y finas, pocas medianas; límite neto y plano.
- B2            20 - 35 cm.  
Pardo amarillento claro (10YR 6/4) franco arcilloso; estructura bloque angular moderada mediana y fina; ligeramente adhesivo y ligeramente plástico en mojado, duro en seco; muchos poros muy finos y frecuentes finos; raíces comunes finas y medianas; límite neto y plano.
- B3            35 - 65 cm.  
Pardo amarillento claro (10YR 6/4) franco; estructura bloque angular mediana débil; ligeramente adhesivo y ligeramente plástico, duro en seco; muchos poros muy finos y frecuentes finos; raíces comunes muy finas y finas; límite neto y plano.
- C1            65 - 116 cm.  
Pardo muy pálido (10YR 7/3) franco limoso; masiva; no adhesivo y no plástico en mojado, blando en seco; muchos poros muy finos y frecuentes finos; raíces comunes muy finas y pocas finas; límite neto y plano.
- C2            116 - 140 cm.  
Pardo muy pálido (10YR 7/4) franco limoso; masiva; ligeramente adhesivo y ligeramente plástico en mojado, ligeramente duro en seco; muchos poros muy finos, frecuentes a pocos finos; raíces comunes muy finas y pocas finas; reacción fuerte con HCl.
- Barrenada: 140 - 160 cm. franco limoso  
              160 - 220 cm. franco arenoso muy fino  
              220-250 cm. franco limoso



## ANALISIS - Perfil No. P-26

Profundidad (cm.)	0-12	12-20	20-35	35-65	65-116	116-140
pH - H <sub>2</sub> O	7.1	6.9	7.0	7.6	8.2	8.6
Cond.electr.(CE5) (micromhos/cm)	81.0	179.0	140.0	400.0	86.0	115.0
Ca soluble (meq/100 gr.suelo)				1.38		
Mg soluble (meq/100 gr.suelo)				0.99		
Na soluble (meq/100 gr.suelo)				0.30		
K soluble (meq/100 gr.suelo)				0.18		
Ca interc. (meq/100 gr.suelo)	6.24	8.40	9.60	11.66	4.80	9.60
Mg interc. (meq/100 gr.suelo)	4.00	6.76	6.96	5.97	3.10	3.28
Na interc. (meq/100 gr.suelo)	0.21	0.21	0.27	0.08	0.27	0.25
K interc. (meq/100 gr.suelo)	1.04	0.87	0.62	0.28	0.22	0.24
Total de bases (meq/100 gr.suelo)	11.5	16.2	17.5	18.0	8.4	13.4
Comp.cat.interc. (meq/100 gr.suelo)	11.6	16.3	17.6	18.1	8.5	13.5
Saturación %	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0
Fósforo aprov. (Olsen) (ppm)	4.0	7.0	4.0	22.0	5.5	4.5

PERFIL No. D-26 - Unidad de Mapeo Cbl

Localización:

+ 600 m al Sud de la brecha III 5E y  $\pm$  4.800 m al Oeste de la brecha VI NS.

Posición Fisiográfica:

Depósitos aluvio-eólicos recientes.

Forma del Terreno:

Plana.

Microtopografía:

Bastante irregular con algunos drenes naturales y diferencias de altura de 40-50 cm.

Pendiente:

0 ‰

Vegetación:

Monte moderadamente alto (2-5 m) abierto, con algunos árboles grandes (7-12 m) de Quebracho blanco, Mistol y Toborochi, con una maleza de Carahuata moderadamente densa, gramíneas y algo de cactus.

Material Parental:

Sedimentos fluviales franco, probablemente con influencia eólica.

Condiciones de Humedad:

Seco.

Drenaje Interno:

Favorable.

Presencia de Sales y Alkali:

Ninguna.

Clasificación 7a. Aproximación:

Typic Ustochrept.

Clasificación FAO:

Haplic Xerosol.

Descripción del Perfil

- A1            0 - 14 cm.  
Pardo (10YR 5/3) franco limoso; estructura granular fina y mediana muy débil a masiva; no adhesivo y ligeramente plástico en mojado, blando en seco; muchos poros muy finos, frecuentes finos y pocos medianos; raíces comunes muy finas y finas, pocas medianas y gruesas; límite neto y plano.
- B2            14 - 18 cm.  
Pardo amarillento (10YR 5/4) franco limoso; estructura bloque angular mediana débil a moderada; ligeramente adhesivo y ligeramente plástico en mojado, duro en seco; muchos poros muy finos, frecuentes finos; raíces comunes muy finas y finas, pocas medianas y gruesas; límite neto y plano.
- C1            38 - 75 cm.  
Pardo amarillento (10YR 5/4) franco limoso; estructura prismática gruesa muy débil a masiva; no adhesivo y ligeramente plástico en mojado, blando en seco; frecuentes poros muy finos y finos; raíces comunes muy finas, pocas finas; límite gradual plano.
- C2            75 - 104 cm.  
Pardo amarillento claro (10YR 6/4) franco limoso; masiva; no adhesivo y ligeramente plástico en mojado, blando en seco; frecuentes poros muy finos y finos; raíces comunes muy finas, muy pocas finas; moderada reacción con HCl; límite neto y plano.
- II C3        104 - 150 cm.  
Pardo pálido (10YR 6/3) franco; masiva; no adhesivo y ligeramente plástico en mojado, duro en seco; frecuentes poros muy finos y finos; raíces pocas muy finas; moderada reacción con HCl
- Barrenada: 150 - 180 cm. franco  
              180 - 200 cm. franco arenoso  
              200 - 270 cm. areno francoso

## ANALISIS - Perfil No. D-26

Profundidad (cm)	0-14	14-38	38-75	75-104	104-150
Arcilla (%)	20.2	23.2	16.4	11.8	23.8
Limo fino (%)	12.7	16.3	12.1	12.3	10.6
Limo grueso (%)	41.1	37.0	45.2	50.5	24.6
Arena muy fina (%)	12.3	10.8	12.1	18.9	10.6
Arena fina (%)	8.6	8.4	10.3	5.5	18.7
Arena media (%)	4.1	3.4	3.3	0.8	10.0
Arena gruesa (%)	1.0	0.9	0.6	0.2	1.7
Arena muy gruesa (%)	-	-	-	-	-
pH - H <sub>2</sub> O	6.6	6.7	6.9	7.7	8.3
pH - KCL	5.7	6.0	6.1	6.9	7.5
Cond.electr.(CE5) (micromhos/cm)	90.0	60.0	30.0	60.0	70.0
CaCO <sub>3</sub> (%)	0.3	0.5	0.5	1.0	1.0
CaSO <sub>4</sub> (%)	0.04	0.05	0.05	0.06	0.06
Carbón (%)	1.11	0.82	0.39	0.25	0.26
Nitrógeno (%)	0.20	0.14	0.10	0.07	0.07
C/N	5.6	5.9	3.9	3.6	3.7
Fósforo aprov. (Truog) (ppm)	13.0	13.0	13.0	9.8	9.8
Ca interc. (meq/100 gr.suelo)	7.1	6.6	5.0	5.6	7.2
Mg interc. (meq/100 gr.suelo)	2.8	3.4	3.0	2.2	3.0
K interc. (meq/100 gr.suelo)	0.5	0.4	0.3	0.3	0.2
Na interc. (meq/100 gr.suelo)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Total de bases (meq/100 gr.suelo)	10.6	10.6	8.5	8.3	10.6
Comp.cat.interc. (meq/100 gr.suelo)	12.2	11.5	8.5	7.8	11.7
Saturación %	86.9	92.2	100.0	>100.0	90.6

ANALISIS DE ELEMENTOS MENORES

Perfil No. D-26 Profundidad 0-14 cm.

Elementos x)	Extracción en 0.5N NO <sub>3</sub> H	Extracción en EDTA-NH <sub>4</sub> Ac	Boro Extractable
Fe	225.0	75.0	
Al	313.0	20.0	
Mn	40.0	21.5	
Zn	4.25	1.75	
B			0.53
Cu	2.50	1.25	
Pb	3.50	2.00	
Ni	6.00	tr	
Mo	3.50	tr	
Co	3.75	tr	
Cr	1.50	tr	

x) contenido en ppm

## ANALISIS - Perfil No. M-26

Profundidad (cm.)	0-9	9-35	35-56	56-100	100-140
Arcilla (%)	27.5	34.9	29.0	31.2	14.3
Limo fino (%)	17.4	28.4	27.1	27.4	11.8
Limo grueso (%)	35.3	26.6	35.7	34.1	56.9
Arena muy fina (%)	14.9	5.1	4.1	5.3	15.5
Arena fina (%)	1.7	1.5	1.1	0.8	1.1
Arena media (%)	2.2	2.4	1.7	0.8	0.3
Arena gruesa (%)	1.0	1.1	0.7	0.4	0.1
Arena muy gruesa (%)	-	-	-	-	-
pH - H <sub>2</sub> O	6.4	6.8	7.0	7.4	8.0
pH - CLK	5.7	6.0	6.0	6.2	7.1
Cond.electr.(CE5) (micromhos/cm.)	90.0	90.0	70.0	80.0	50.0
CO <sub>3</sub> Ca (%)	0.3	0.5	0.8	0.8	1.3
SO <sub>4</sub> Ca (%)	0.02	0.06	0.03	0.04	0.02
Carbón (%)	1.70	0.64	0.53	0.34	0.17
Nitrógeno (%)	0.20	0.15	0.08	0.06	0.05
C/N	8.5	4.3	6.6	5.7	3.4
Fósforo aprov. (Truog) (ppm)	13.0	13.0	9.8	9.8	9.8
Ca interc. (meq/100 gr.suelo)	11.7	9.3	7.3	9.4	6.1
Mg interc. (meq/100 gr.suelo)	5.2	5.7	5.2	5.2	4.7
K interc. (meq/100 gr.suelo)	1.0	0.7	0.5	0.5	0.3
Na interc. (meq/100 gr.suelo)	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3
Total de bases (meq/100 gr.suelo)	18.0	15.9	13.2	15.4	11.4
Comp.cat.interc. (meq/100 gr.suelo)	20.0	16.5	14.5	14.8	11.7
Saturación %	90.0	96.4	91.0	< 100.0	97.4

En la tabla de la página siguiente se presentan resultados de las mediciones de infiltración (método de infiltrómetro de anillo).

- La infiltración acumulada en mm. después de una hora.
- La fórmula general de la infiltración acumulativa  $F = aT^n$ , donde: F es la infiltración acumulativa en cm.; T es el tiempo en horas; a y n son constantes para un suelo dado y un contenido inicial de humedad del suelo dado.
- El tiempo necesario para la infiltración de 10 cm. de agua (  $F_u = F$  unidad ).

Todas las mediciones fueron hechas en la superficie del suelo y en estado seco. La curva que generalmente resulta de las mediciones es característica para un suelo con un horizonte superficial que tiene una tasa de infiltración más alta que el horizonte subyacente. Después de un ascenso inicial rápido la tangente de la curva disminuye por cierto período y nuevamente vuelve a ascender, pero menor fuerte. La tangente de esta última parte de la curva ha sido usada para la determinación de la constante n. La constante a es la infiltración acumulativa en cm. después de una hora.

Perfil No.	Suelos de la Unidad de Mapeo	Repeticiones	Fórmula General	F Unidad	Inf. Acum (mm) después de 1 hr.
V-17	Aa1	1 2 3	F=5.7 T 0.28 F=6.1 T 0.21 F=7.1 T 0.34	5h 55 min 10h 40 min 2h 37 min	57 61 71
H-3	Aa1	1 2 3	F=3.1 T 0.19 F=2.3 T 0.29 F=1.9 T 0.30	> 24h > 24h > 24h	31 23 19
B-3	Ab2	1 2 3	F=3.7 T 0.21 F=5.8 T 0.28 F=3.3 T 0.25	> 24h 7h 2 min > 24h	37 58 33
H-11	Ba1	1 2 3	F=6.2 T 0.67 F=5.3 T 0.26 F=6.8 T 0.38	2h 11 min 11h 30 min 2h 42 min	62 53 68
Q-20	Ba2	1 2	F=6.5 T 0.24 F=8.5 T 0.51	6h 30 min 1h 33 min	65 85
V-26	Ba3	1 2 3	F=8.5 T 0.52 F=9.1 T 0.51 F=9.1 T 0.51	1h 42 min 1h 21 min 1h 16 min	85 91 91
Parcela exp. Gl - lado Este		1 2	F=4.5 T 0.42 F=5.0 T 0.39	6h 58 min 6h 10 min	45 50



Perfil No.	Suelos de la Unidad de Mapeo	Repeticiones	Fórmula General	F Unidad	Inf.Acum. (mm) después de 1 hr.
Parcela exp. G1 lado Oeste	Ba1	1	F=4.1 T <sup>0.44</sup>	8h 10 min	41
		2	F=3.8 T <sup>0.33</sup>	11h 30 min	38
		3	F=3.6 T <sup>0.40</sup>	20h 10 min	36
Parcela exp. F2 lado Este	Ba2	1	F=7.5 T <sup>0.40</sup>	2h 47 min	75
		2	F=5.7 T <sup>0.39</sup>	4h 56 min	57
		3	F=8.1 T <sup>0.26</sup>	2h 23 min	81
Parcela exp. F2 lado Oeste	Ba2	1	F=6.0 T <sup>0.17</sup>	21h 4 min	60
		2	F=6.5 T <sup>0.29</sup>	5h 22 min	65
		3	F=8.5 T <sup>0.38</sup>	1h 54 min	85
M-26	Bb2	1	F=5.6 T <sup>0.37</sup>	5h 35 min	56
		2	F=5.7 T <sup>0.29</sup>	9h 20 min	57
H-20	Bb1	1	F=14.1 T <sup>0.55</sup>	38 min	141
		2	F=10.4 T <sup>0.80</sup>	54 min	104
		3	F=10.1 T <sup>0.65</sup>	58 min	101
K-20	Ca1	1	F=7.0 T <sup>0.58</sup>	2h 10 min	70
		2	F=6.8 T <sup>0.30</sup>	4h 10 min	68
P-26	Ca2	1	F=9.3 T <sup>0.83</sup>	1h 8 min	93
		2	F=17.8 T <sup>0.88</sup>	31 min	178
		3	F=17.0 T <sup>0.83</sup>	28 min	170
D-26	Cb1	1	F=15.6 T <sup>0.64</sup>	27 min	156
		2	F=10.6 T <sup>0.46</sup>	58 min	106

### ANEXO III

#### RESULTADOS DE LAS MEDICIONES DE PERMEABILIDAD EN EL LABORATORIO

Unidad de Mapeo	Perfil	Prof. cm	Horizonte	Textura	Factor "K" (m/24h) mediciones promedio.	
Aal	V-17	15	A2	Franco arcilloso	0.17 0.23	0.20
		40	B2lt	Arcilloso	0.005 0.005 0.005	0.005
		75	B3	Arcillo limoso	0.04 0.04 -	0.04
		105	IIB2b	Franco arcilloso	0.82 0.88 0.30	0.67
Aal	H-3	25	B2t	Arcillo limoso	0.28 0.12 0.64	0.35
Bal	H-11	95	C1b	Franco limoso	0.08) 0.09) 15.60(?)	0.09
Bb2	M-26	20	B2	Franco limoso	0.53 0.49 0.14	0.39
		70	C2	Franco arcillo limoso	0.51 0.35 0.59	0.48
		115	IIB2b	Franco limoso	0.40 0.29 0.33	0.34
Ca3	p-x	15	B2	Franco limoso	0.16 0.75 13.40(?)	0.46
		45	C1	Franco arcillo limoso	0.22 0.20 0.09	0.17
Cb1	D-26	55	C1	Franco limoso	0.68 0.66	0.67
		90	C2	Franco limoso	0.44 0.41 0.45	0.43
		125	IIC3	Franco	0.51 0.35 0.66	0.51

#### ANEXO IV

RESULTADOS DE LA CAPACIDAD DE RETENCION DE  
HUMEDAD DEL SUELO (  $pF$  )  
DETERMINACIONES EN EL LABORATORIO Y EL CAMPO

Las determinaciones en laboratorio de las curvas pF fueron realizadas en tres perfiles de suelo. La Tabla 1 de este Anexo, muestra los resultados de estas determinaciones. El contenido de humedad en gramos (porcentaje de peso) a diferentes valores de pF, son dados de tres o cuatro capas mas o menos homogéneas. Además, en las Figuras 1 a 6 de este Anexo, las curvas pF de los tres perfiles son representadas.

Adicionalmente a las determinaciones de laboratorio, determinaciones de capacidad de campo "in situ" han sido realizadas. La curva de pF fué determinada en laboratorio como una capa aislada, sin embargo, en el campo, las diferentes capas se influyen mutuamente debido a las diferencias en permeabilidad, tamaño de los poros, etc., por eso, las determinaciones de pF de los perfiles "in situ" pueden dar resultados diferentes.

Las determinaciones se realizaron de la siguiente manera. Un área circular con un diámetro de 11 m. (3 repeticiones) fué mojado durante un período que varía de 7-10 días. En total, un equivalente de más o menos 650 mm. de agua fué agregada al suelo. Se asumió que el suelo podía estar a capacidad de campo al redor de 24 horas después de la última adición del agua. Fueron tomadas muestras de suelos a la misma profundidad que las tomadas para las determinaciones en laboratorio. Entonces fué determinado el contenido de humedad del suelo. En la Tabla 2 de este Anexo se da los resultados de estas determinaciones. No obstante de que gran cantidad de agua fué agregada al suelo, las capas profundas no fueron o lo fueron ligeramente humedecidas, como puede verse en la Tabla 2.

El movimiento lateral del agua, el subsuelo completamente seco y la baja permeabilidad son las causas del deficiente humedecimiento. Por eso, estos resultados tienen solamente valor limitado; ellos no son representativos de las condiciones reales de campo bajo irrigación. Sin embargo, una tendencia general puede ser leída de esta tabla. El horizonte superficial tiene un contenido de humedad fácilmente aprovechable, más alta que la en-

contrada en las determinaciones de laboratorio, debido al estancamiento del agua sobre las capas profundas. El contenido de humedad fácilmente aprovechable en las capas profundas será más baja debido a la lenta penetración del agua. El Perfil D-26 muestra claramente esta tendencia. Sin embargo, en los Perfiles V-17 y M-26 esta tendencia no es clara; más probablemente por el fuerte movimiento lateral del agua que ocurre debido a la permeabilidad del horizonte subyacente muy lenta a lenta. Por lo tanto, bajo condiciones de riego, especialmente en el Perfil V-17 que tiene un horizonte B impermeable, muy probablemente podrá encontrarse un horizonte superficial poco más o menos saturado sobre un subsuelo casi seco.

ANEXO IV, Tabla 1:

Resultados del contenido de humedad del suelo, determinados en laboratorio (en % del peso) a varios valores de pF.

## Perfil D-26 (Unidad de Mapeo Cbl)

pF	0-38 cm.	38-75 cm.	75-104 cm.	104-150 cm.
0.5	47.4	43.4	48.6	40.5
1.0	40.9	41.2	47.7	39.6
1.5	31.4	36.9	43.7	36.1
2.0	23.7	26.4	38.4	25.9
2.7	17.2	11.6	13.5	13.6
4.2	7.3	5.8	4.8	6.1

## Perfil V-17 (Unidad de Mapeo Aal)

pF	0-20 cm.	20-50 cm.	50-78 cm.	78-130 cm.
0.5	42.9	41.9	51.8	58.6
1.0	42.0	41.4	50.4	37.5
1.5	35.1	38.7	46.7	32.0
2.0	28.5	36.0	42.9	26.5
2.7	22.7	32.0	37.8	20.4
4.2	12.0	24.2	21.4	12.0

## Perfil M-26 (Unidad de Mapeo Bb2)

pF	0-35 cm.	35-100 cm.	100-140 cm.
0.5	52.4	49.0	48.0
1.0	50.1	48.0	46.4
1.5	42.8	43.3	44.7
2.0	37.7	35.5	41.5
2.7	31.2	24.1	16.6
4.2	12.1	10.4	6.0

ANEXO IV, Tabla 2:

Resultados de determinaciones de campo del contenido de humedad del suelo (en % del peso) a capacidad de campo.

## Perfil D-26 (Unidad de Mapeo Cbl)

	0-38 cm.	38-75 cm.	75-104 cm.	104-150 cm.
Repetición 1	23.7	19.9	16.1	
Repetición 2	22.5	18.0	11.6	seco
Repetición 3	24.9	17.1	12.6	
Promedio	23.7	18.3	13.2	

## Perfil V-17 (Unidad de Mapeo Aal)

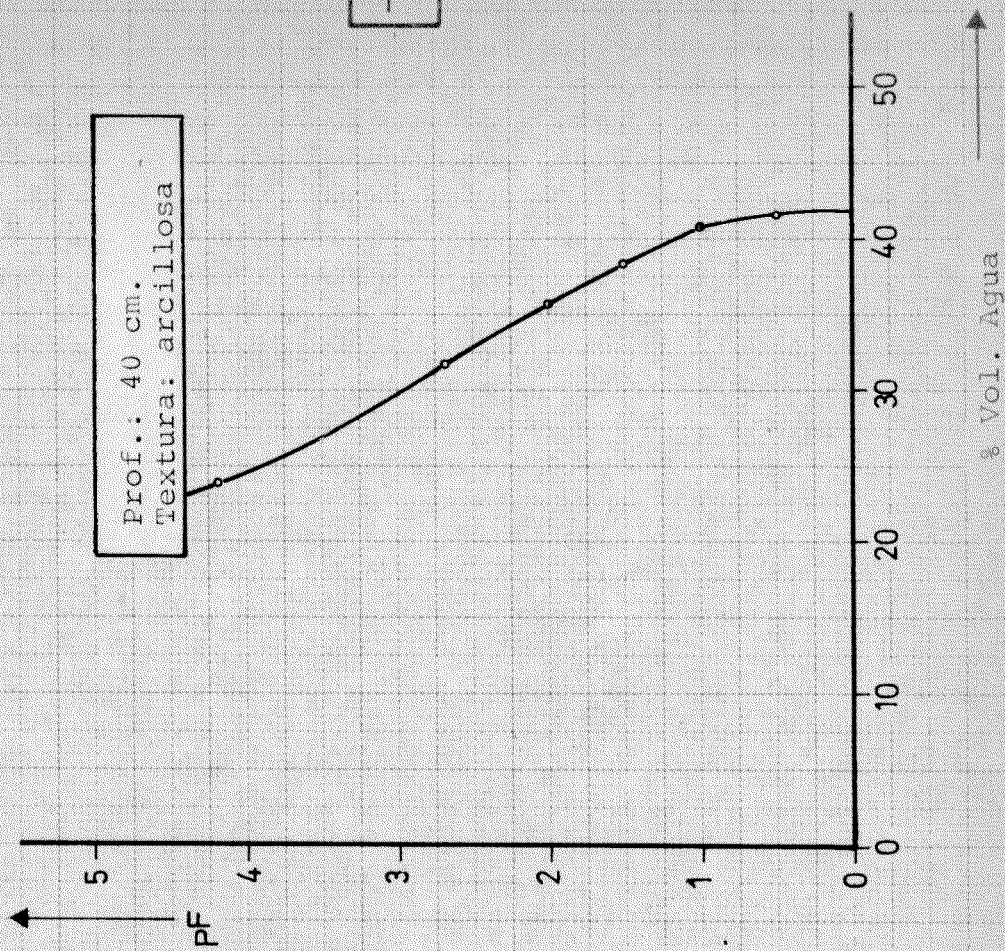
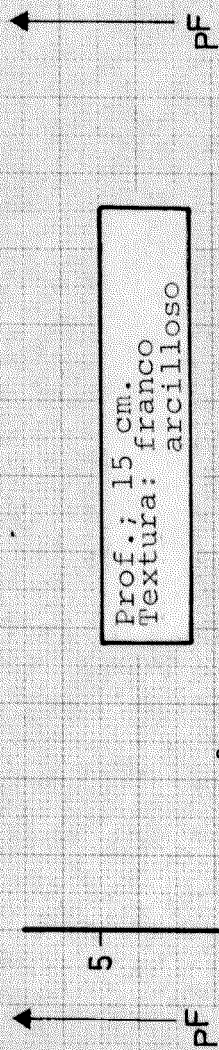
	0-20 cm.	20-50 cm.	50-75 cm.	78-130 cm.
Repetición 1	23.5	9.5		
Repetición 2	20.5	22.8	seco	seco
Repetición 3	19.9	28.1		
Promedio	21.3	20.1		

## Perfil M-26 (Unidad de Mapeo Bb2)

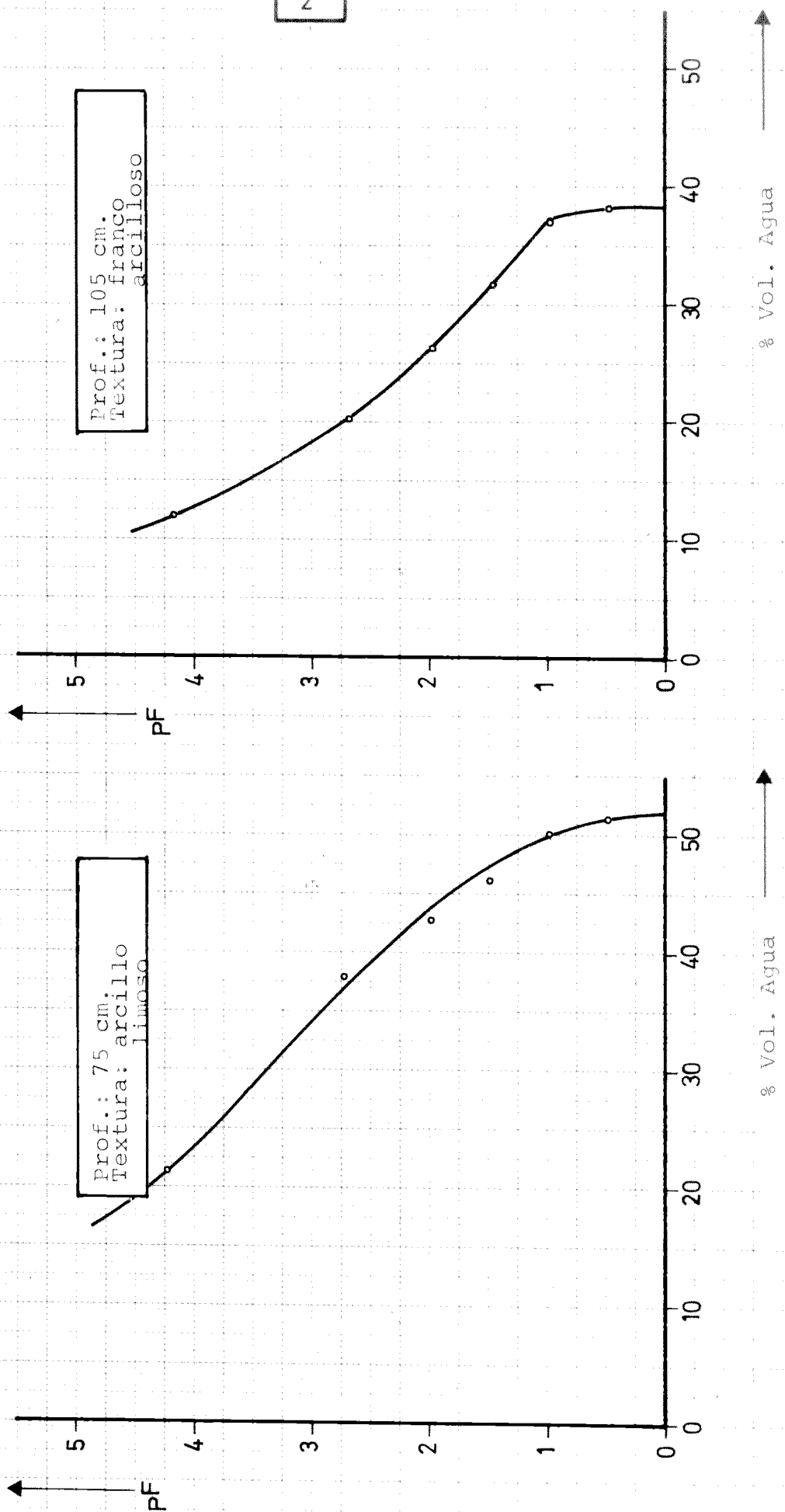
	0-35 cm.	35-100 cm.	100-140 cm.
Repetición 1	30.3		
Repetición 2	26.1	seco	seco
Repetición 3	26.6		
Promedio	27.7		



PERFIL V-17  
UNIDAD DE MAPEO: Aal



PERFIL V-17  
UNIDAD DE MAPEO: Aal

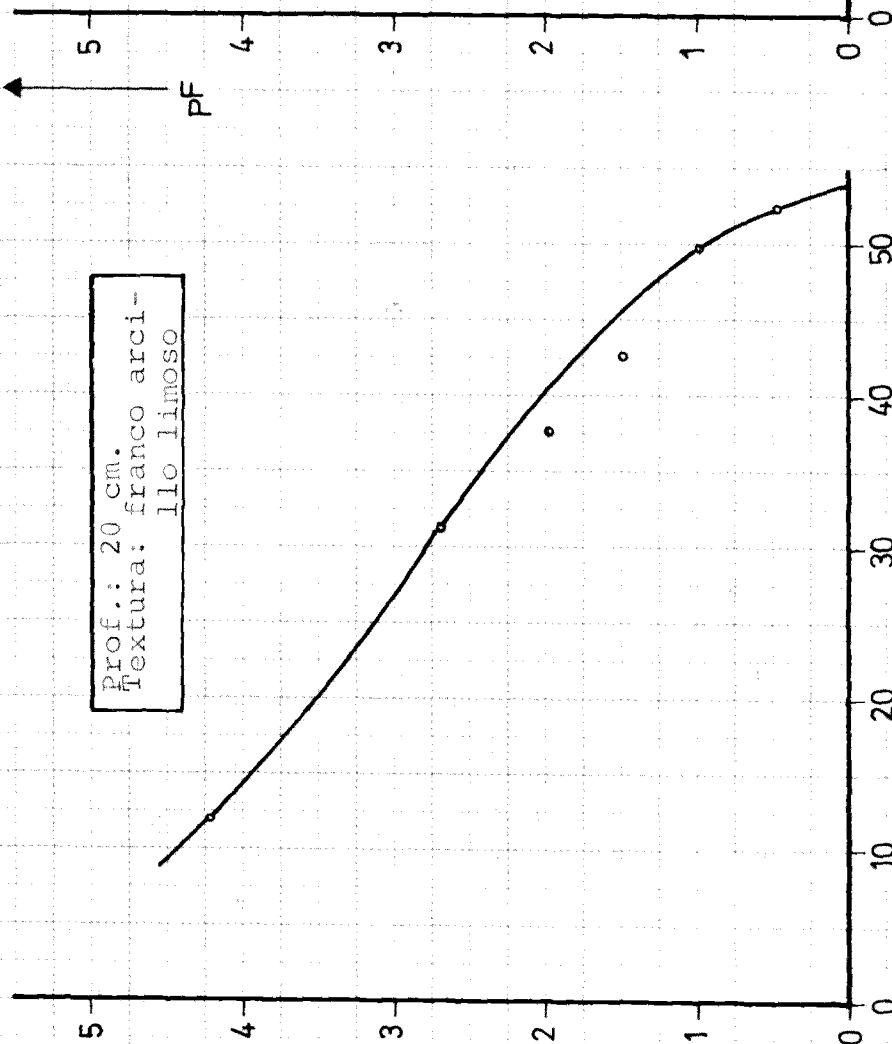


PERFIL N-26

UNIDAD DE MAPEO: Bb2

Prof.: 20 cm.  
Textura: franco arcilloso

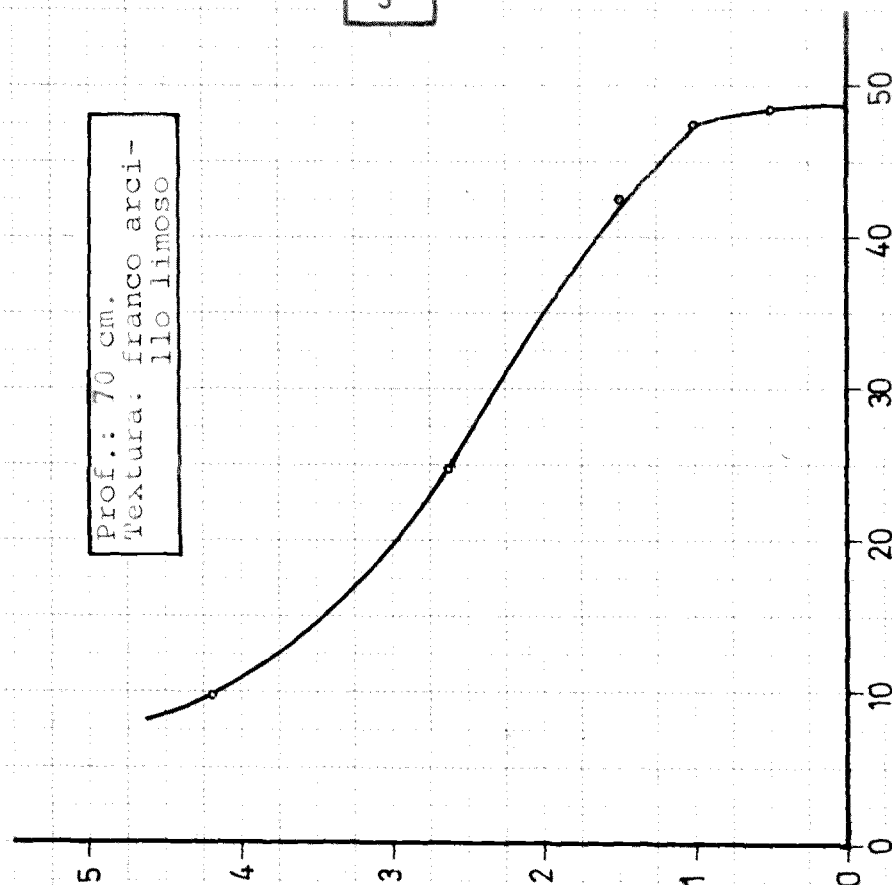
PF



% Vol. Agua

Prof.: 70 cm.  
Textura: franco arcilloso

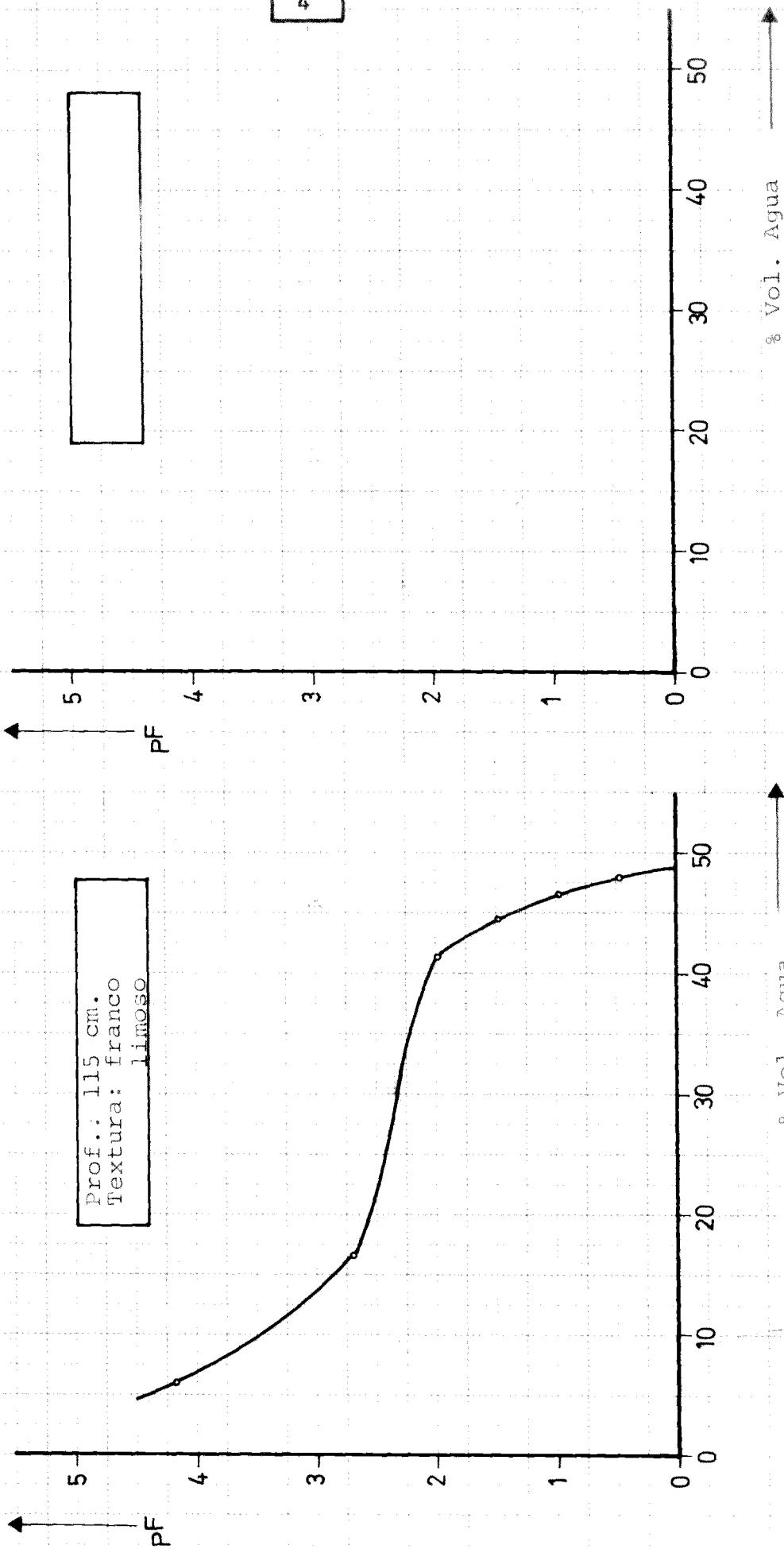
PF



% Vol. Agua

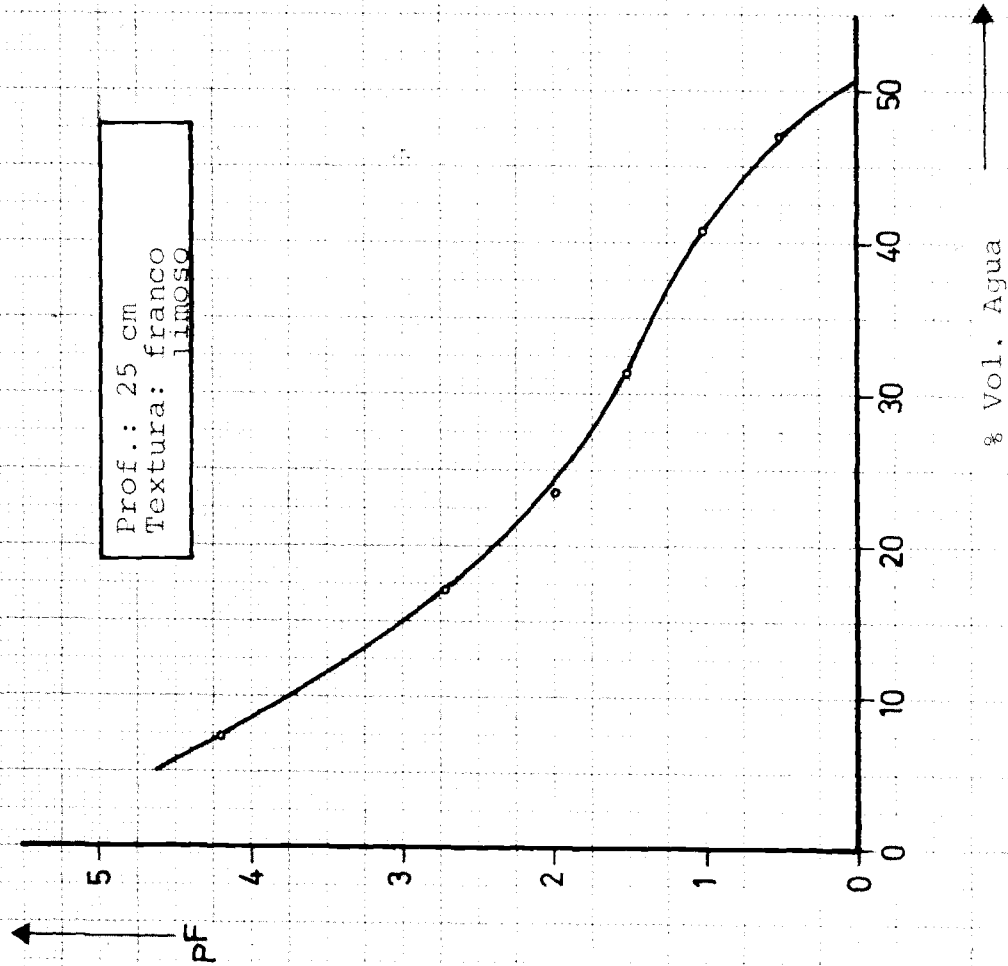
PERFIL M-26  
UNIDAD DE MAPEO: Bb2

Prof.: 115 cm.  
Textura: franco  
limoso

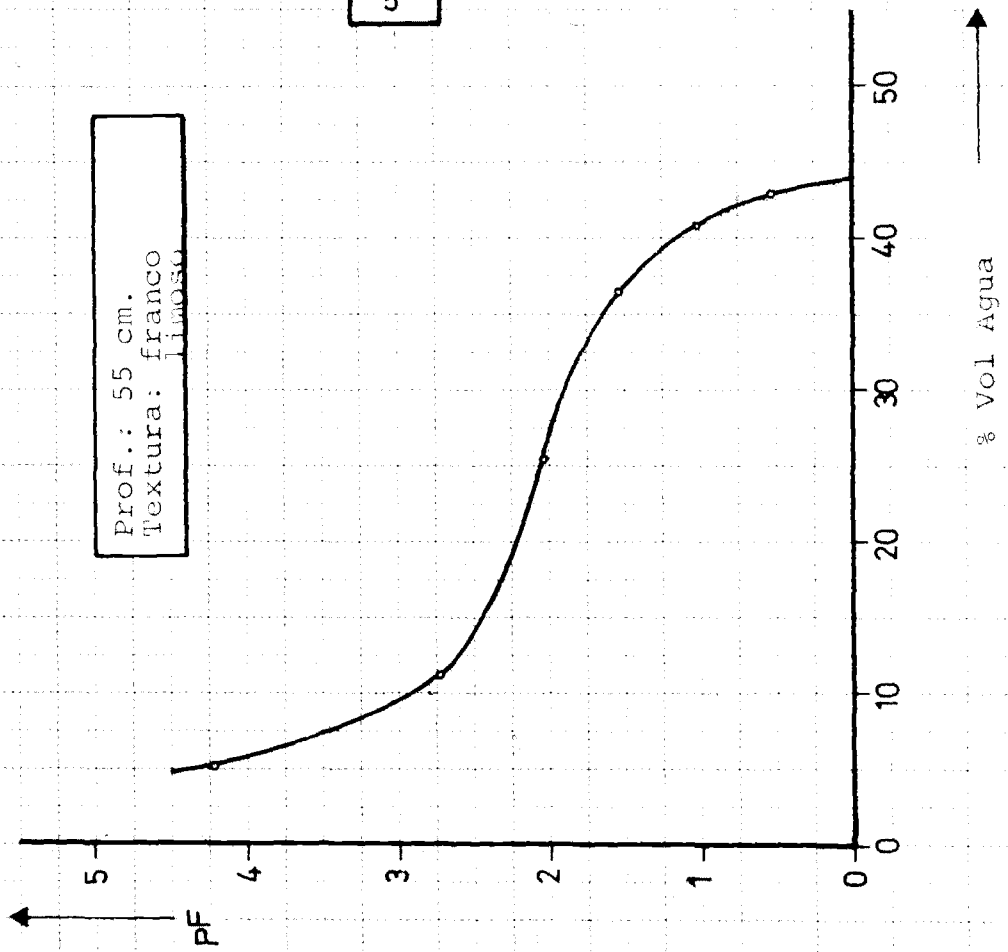


PERFIL D-26  
UNIDAD DE MAPEO: Cbl

Prof.: 25 cm  
Textura: franco limoso

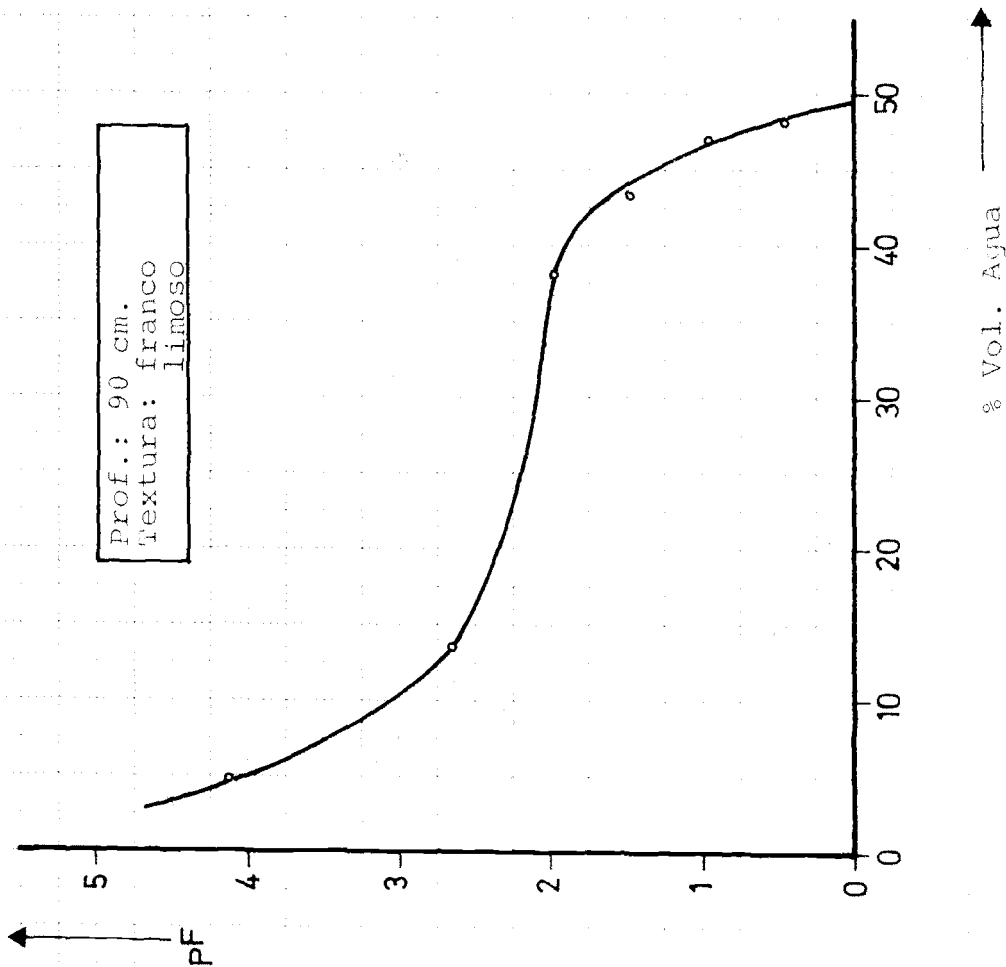


Prof.: 55 cm.  
Textura: franco limoso



PERFIL D-26  
UNIDAD DE MAPEO: Cbl

Prof.: 90 cm.  
Textura: franco  
limoso



Prof.: 125 cm.  
Textura: franco

