

\$595
L3

DIAGNOSTICO DEL POTENCIAL DE SALINIDAD DEL SISTEMA DE RIEGO DEL RIO
"MATICORA" Y EFECTO DE LA UTILIZACION DE SUS AGUAS EN EL DESARROLLO DE LA
ZONA

Por
Francisco J. Lahoud Buitrago

Tesis para optar el Grado de Magister Scientiae
en Riego y Drenaje.

www.bdigital.ula.ve

Asesor Principal:

Luis Rázuri R.

Carlos Grassi

José A. Pérez Roa

SERBIULA
Tullio Febres Cordero

DONACION

CENTRO INTERAMERICANO DE DESARROLLO
E INVESTIGACION AMBIENTAL Y TERRITORIAL
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
Mérida, Venezuela
2001

AGRADECIMIENTO

El autor quiere agradecer por este medio al CIDIAT, por todo el caudal de conocimientos impartidos en mi formación profesional durante quince años.

Igualmente quiero mostrar mi agradecimiento a los Profesores: Luis Rázuri, Carlos Grassi y José A. Pérez R. del CIDIAT y al Profesor Idefonso Pla-Senti de la Facultad de Agronomía de la UCV.

Al Ing. Hugo Oré por sus valiosos aportes en los inicios del presente trabajo, igualmente al Ing. Moisés Bustillos del Ministerio del Ambiente en Coro y al personal de POA de esa dependencia.

Mi agradecimiento especial a FUDECO, organismo motor del desarrollo de la región Centro-Occidental de nuestro País y que colaboró económicamente en la realización del presente trabajo.

A la Ing. Beatriz Arriechi, Jefe del Laboratorio del Ministerio del Ambiente en la ciudad de Barquisimeto, por el análisis físico y químico de suelos y aguas del presente trabajo.

A todas aquellas personas que en forma desinteresada colaboraron con la realización del presente trabajo, a todos ellos gracias.

INDICE

	Pag.
AGRADECIMIENTO	iii
LISTA DE TABLAS	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xi
LISTA DE SIMBOLOS.....	xiii
RESUMEN	xv
Capitulo	
I INTRODUCCION	1
Objetivos.....	3
II REVISION DE LITERATURA	5
Tolerancia de los cultivos a las sales	8
Procesos de salinización de los suelos	8
Diagnóstico de los problemas de salinidad	12
Recuperación de suelos afectados por sales	13
Calidad del agua para riego	16
Manejo del problema salino	23
Estudios existentes sobre la zona	28
III CARACTERISTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	31
Extension y Ubicacion	31
Geología y Geomorfología.....	32
Topografía	34
Clima	35
Vegetación y uso actual	35
Hidrografía	38
Aguas superficiales	38
Aguas Subterráneas	39
Suelos	40
Drenaje Externo.....	41
Drenaje Interno.....	42

IV	MATERIALES Y METODOS	43
	Estudio de Suelos	43
	Determinación de Conductividad Hidráulica	46
	Criterios de Clasificación de Suelos	51
	Muestreo de Aguas Superficiales	52
	Muestreo de Aguas Subterráneas	52
	Criterios de Clasificación de Aguas	53
V	RESULTADOS Y DISCUSION	63
	Estudio de Suelos	63
	Características Físicas	63
	Conductividad Hidráulica	64
	Diseño de drenes Subterráneos.....	67
	Cálculo de Espaciamiento de drenes	68
	Instalación de drenes subterráneos	70
	Características Químicas	74
	Calidad de las Aguas	77
	Aguas Superficiales	77
	Aguas Subterráneas	82
	Cultivos más recomendables en Matícora	82
	Requerimientos de lixiviación	84
VI	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	85
	Conclusiones	85
	Recomendaciones	88
	BIBLIOGRAFIA	91

APENDICES

A.-	Resultados de los análisis de suelos de la zona del Proyecto de riego Matícora y perfiles longitudinales y transversales del área del estudio	95
B.-	Resultados de los análisis de agua, distribución de Cationes - aniones y calidad del agua	181
C.-	Determinación de los rendimientos de los Cultivos en función de las condiciones de salinidad en el suelo	197
D.-	Programa Calidad del agua (CAGUA) para evaluar las aguas de riego	207

ANEXOS

A.- Plano de ubicación de la zona del estudio y sitios de muestreo junto a Diskette de los programas de Calidad de Agua SALSODE y SALSODI

www.bdigital.ula.ve

LISTA DE TABLAS

TABLA	Página
1 Clasificación de los suelos afectados por sales, según La Sociedad Americana de la Ciencia del Suelo	7
2 Valores de "F" (Eficiencia de lixiviación) para diferentes tipos de textura de suelo	14
3 Directrices para la evaluación de la calidad de agua para Riego por Ayers y Wescott	19
4 Cálculo del Ca_x	20
5 Balance Hídrico de la zona de Matícora	37
6 Clasificación de la Conductividad Hidráulica	50
7 Ecuaciones para determinar los requerimientos de lavado	55
8 Clasificación de aguas de riego	58
9 Condiciones para el desarrollo de ciertos tipos de suelos	59
10 Valores Promedio de la Permeabilidad en la zona de Matícora	79
11 Selección de cultivos para la zona de Matícora	83

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Reducción relativa de la Infiltración provocada por la Salinidad y la Relación de Absorción de Sodio (RAS)	18
2	Patrón de Acumulación de Sales para diferentes Métodos de Riego	26
3	Plano de ubicación relativa de la zona de estudio.....	32
4	Comparación entre Precipitación y EVPT	37
5	Detalles del equipo para la prueba de Permeabilidad (K)	47
6	Medidas que se realizan en el método de barreno invertido	47
7	Representación de la infiltración en función del tiempo para obtener $T_g \alpha$	50
8	Delimitación de la tolerancia relativa a la salinidad de los Cultivos	60
9	Valores Promedios de Permeabilidad (K) en la zona de Maticora	66
10	Corte Transversal de un dren tipo "Topo"	70
11	Tipos de sales presentes en el sitio de muestreo P-1	75
12	Variación de la textura y la Conductividad Eléctrica en el sitio de muestreo P – 1	76
13	Variación de la Conductividad Eléctrica para diferentes análisis de aguas del río Maticora.....	76
14	Variación de cationes en los diferentes sitios de muestreo de aguas del río Maticora	78
15	Forma de los Camellones y efecto de la salinidad	79
16	Perfil de Salinidad que puede resultar de regar a largo plazo con Aguas del Río Maticora (0,86 dS/m) y varias Fracciones de Lixiviación	81

LISTA DE SIMBOLOS

Simbolo	
C.E.	: Conductividad Electrica
C.E. (AR)	: Conductividad Electrica agua de riego
d_b	: Lámina bruta
d_d	: Lámina drenada o percolada
d_n	: Lámina neta
dS	: deciSiemens
d_u	: Lámina útil
Da	: Densidad aparente
eq	: equivalente
Ev	: Evaporación
Evpt	: Evapotranspiración
F	: Eficiencia de lixiviación / Franco
FR	: Frecuencia de riego en días
i	: Gradiente hidráulico
I	: Velocidad de Infiltración
Icum	: Infiltración Acumulada
Ib	: Infiltración básica
K	: Permeabilidad / Potasio
L(ST)F	: Lámina de lavado de sales totales
L(NA)F	: Lámina de lavado de sodio
P	: Precipitación
Wcc	: Retención de humedad a capacidad de campo
Wpmp	: Retención de humedad a marchitez permanente
Ps	: Porcentaje de humedad a saturación
P.S.I	: Porcentaje de Sodio Intercambiable
Q	: Caudal
RAS	: Relación de Absorción de Sodio
RASES	: RAS en el extracto de Saturación
RAS (AR)	: RAS en el agua de riego
S	: Siemens
STD	: Sales Totales agua de drenaje
STES	: Sales Totales Extracto de Saturación
T	: Tiempo
Uc	: Uso consuntivo
V	: Velocidad
\forall	: Volumen
Zr	: Profundidad radicular
\varnothing	: Diámetro
Ψ_m	: Potencial mátrico

Resumen

En el presente trabajo se realiza una evaluación integrada de las características físicas y químicas de los suelos de la zona de Maticora y se hace un estudio de campo sobre la conductividad hidráulica de éstos utilizando el método de pozo barrenado invertido, con el objetivo final de determinar las condiciones de drenaje interno para realizar lavado de suelos y así evitar futuros problemas de salinidad y sobre todo de sodicidad que puedan deteriorar las condiciones de los suelos para la producción de cultivos. De igual forma se realizaron los análisis químicos de agua del río Maticora, para realizar un diagnóstico integral y adecuado del potencial de salinidad del área objeto del presente estudio.

Para la clasificación de las aguas se utilizaron dos procedimientos: el primero de Pla (1988) que consiste en un sistema integrado de calificación que incluye parámetros físicos de suelo, resistencia de los cultivos a las sales y por supuesto el contenido de sales presentes en el agua de riego. El segundo procedimiento es el de Ayers y Wescott (1987) que se basa principalmente en la cantidad de sales presentes en el agua de riego y la permeabilidad de los suelos donde se va a realizar la aplicación; estas dos clasificaciones produjeron resultados similares en cuanto a requerimientos de lixiviación para los suelos de la zona.

Se determinó que las conductividades hidráulicas de los suelos de la zona varían de moderadamente lentas a muy lentas, y desde el punto de vista químico éstos presentan, en su solución, cantidades significativas de Sulfato de Sodio. Afortunadamente, para el manejo apropiado de estos suelos, las aguas a utilizar presentan una alta proporción de sales de Calcio y de Magnesio por lo que los peligros de sodificación por su aplicación son mínimos. Sin embargo hay que tomar en cuenta de una forma primordial la baja conductividad hidráulica de estos suelos, con un movimiento de percolación bastante lento que determina un drenaje subsuperficial restringido, y por ende una acumulación de sales en el perfil del suelo que puede causar en un futuro problemas de sodificación si ocurre una sustitución de sales de Calcio y de Magnesio por las de tipo Sódico en los primeros centímetros del suelo.

CAPITULO I

Introducción

La zona Occidental del Estado Falcón tuvo, en la década de los 70, un vasto desarrollo de sus recursos hídricos con el fin de satisfacer la demanda de agua para consumo humano y, en segundo término, para iniciar sistemas de riego que ayudaran a la economía de una región tradicionalmente deprimida por la escasez de tan vital recurso. Para cumplir con estos objetivos se desarrollaron tres embalses, "Maticora", en la población de Mene de Mauroa, "Mamito" en Dabajuro y "Camare" en la población de Pedregal, los cuales 30 años después de su construcción no han dado los resultados esperados cuando se inició el proyecto. Tan grave han sido su falta de utilización que el embalse de Camare se considera irrecuperable por la alta concentración de sales y sedimentos en sus aguas; el del Mamito ha tenido una utilidad parcial por los elevados costos de tendidos de tubería, y en cuanto al embalse de Maticora, se ha planteado innumerables veces aprovecharlo exclusivamente para consumo humano tanto para la costa oriental del Lago de Maracaibo, como para el sistema de acueducto falconiano, que sirve a Coro, la Península de Paraguaná y las refinerías instaladas en la región.

El presente estudio está basado en la necesidad de determinar los efectos de la utilización del agua proveniente del río "Maticora" con fines de riego en la zona que se encuentra en la planicie costera del mismo río.

En los estudios agrológicos que se han realizado para el futuro sistema de riego se ha determinado el elevado potencial salino de estos suelos, por lo que se hace necesario un manejo muy cuidadoso de los mismos, tanto para evitar su deterioro como para no perder las elevadas inversiones realizadas en la zona.

Ante el continuo aumento de la población y la urgente necesidad de satisfacer sus necesidades de alimentos, se impone en el mundo actual y en nuestro País la necesidad de incorporar nuevas áreas a la agricultura y de mejorar la eficiencia de producción en las zonas actualmente cultivadas.

En esa incorporación de nuevas áreas, es necesario conocer sus propiedades intrínsecas en forma integral para lograr una agricultura sustentable sin peligro de malograr un recurso que es cada vez más escaso como son las tierras con vocación agrícola.

En Venezuela, motivado a una falta de tradición en la Agricultura, existen zonas en desuso o con utilizaciones esporádicas de producción de alimentos muy por debajo de su potencial. Ante este tipo de situación se impone un cambio de estrategia

por parte de los entes Gubernamentales y los particulares que permita incorporar estas áreas a la producción de alimentos en forma efectiva y con un adecuado manejo.

Sin embargo en los últimos cincuenta años se han diseñado y construido múltiples sistemas de riego superficial, los cuales se encuentran ubicados en zonas áridas y semiáridas donde, lamentablemente, se han venido presentando problemas de salinidad debido al uso de técnicas de riego inadecuadas y al mal manejo del agua en su aplicación a los cultivos.

A pesar de que desde hace milenios en la historia de la humanidad se conoce el problema de salinización de los suelos y sus efectos sobre los cultivos en la agricultura bajo riego, aún hoy en día se cometen los mismo errores del pasado que dieron al traste con florecientes civilizaciones. Es necesario evitar la repetición de ellos, sobre todo en sistemas de riego como "Maticora" con un elevado valor económico instalado y que se encuentra en sus últimas etapas de finalización y puesta en operación.

En algunas áreas de estas zonas regadas, donde se ha aplicado el riego sin ningún control y no se ha contemplado la construcción de drenes artificiales que suplan el déficit de drenaje natural, la situación se ha agravado significativamente (Pla, 1971) perdiéndose de esta forma elevados recursos invertidos por el Gobierno de Venezuela, como por ejemplo el caso del Sistema de riego "El Cenizo" en el Estado Trujillo.

El problema de salinidad y sodicidad reviste particular importancia para la agricultura por su acción sobre las propiedades físico-químicas de los suelos, estos elementos químicos, entre los cuales destaca el sodio (Na^+), generan además de los efectos tóxicos en las plantas, una reducción de la absorción de agua por el aumento de la presión osmótica en la solución del suelo, causando déficit hídricos a los cultivos allí establecidos; como resultado de este proceso las plantas deben desarrollar un mayor gasto de energía para lograr absorber el agua del suelo en detrimento de los procesos de crecimiento y desarrollo dando como resultado una baja en la producción.

En casos extremos, cuando se desarrollan problemas de sodicidad (predominio de sodio en las sales presentes en el suelo), se produce una reducción de la capacidad de absorción de agua debido fundamentalmente a la dispersión de la estructura natural del suelo. Esto ocasiona un sellado superficial que reduce en forma significativa los procesos de intercambio de oxígeno y agua, deteriorando de esta forma la capacidad de producción de los cultivos allí establecidos.

Actualmente el proceso de salinización y aun el de sodificación en los suelos no solamente se puede evitar sino que puede detenerse o invertirlo con mejoras en cuanto al drenaje de los suelos, paralelamente con la aplicación de láminas de lavado de suelos y la aplicación de enmiendas. De lo anterior se deduce que el drenaje es fundamental para evitar o remediar este proceso.

En definitiva, la instalación de un sistema de drenaje adecuado, para manejar los suelos con problemas de salinidad, es imprescindible para evitar este tipo de problemas o recuperar suelos donde tal situación se presente, como en el caso de la zona de estudio.

Objetivos

Generales

Realizar una evaluación de los problemas actuales de salinidad en el sistema de riego Maticora, determinando los niveles de afectación actuales y potenciales, así como el grado de afectación actual del problema.

Específicos

Diagnóstico del potencial de salinidad con base en las condiciones de drenaje, el análisis de la solución de suelo y el agua de riego

Plantear soluciones y alternativas de manejo para los suelos de la zona.

CAPITULO II

Revisión de literatura

La salinidad del suelo consiste en la presencia de elevadas concentraciones de sales solubles en el agua del suelo de la zona radicular; estas concentraciones de sales solubles, debido a las altas presiones osmóticas que originan, afectan el crecimiento de las plantas limitando la absorción de agua por las raíces. Todas las plantas son afectadas en mayor o menor grado por este problema, pero su sensibilidad varía notablemente entre las diferentes especies, de tal forma que se encuentran plantas que son indicadoras del problema de salinidad (por ejemplo la *Portulaca olerácea*), y plantas que no toleran las sales en su zona radicular sin disminuir en forma apreciable los rendimientos (ejemplo, La cebolla) Alarcón (1982).

El descenso del potencial osmótico debido al incremento de los solutos, afecta el potencial hídrico total, y por tanto la capacidad de producción de los cultivos por la relación directa existente entre ambos.

La acumulación de sales totales en el suelo puede ocasionar además del efecto principal de reducción del potencial hídrico, al limitar la absorción de agua necesaria para el desarrollo, un retardo parcial o total en el crecimiento de las plantas. Esto consiste en la formación de desbalances nutricionales de la planta cuando se alcanzan determinados niveles de concentración de algunos cationes, por lo general se produce una reducción en la absorción de nutrientes y la disminución de la absorción de "K" por exceso de "Ca" o acciones tóxicas directas de otros elementos como cloruro, sodio o bicarbonato (Cl^- , Na^+ , HCO_3^-). Pla (1974).

Concentraciones elevadas de sodio afectan también a las condiciones físicas del suelo por la dispersión de las partículas de arcilla. El resultado de ello es el deterioro de la estructura del suelo. Esto reduce la capacidad de infiltración y precolación de agua, de forma tal que impide el movimiento vertical y horizontal de ésta, así como la difusión e intercambio de gases con la atmósfera dando como consecuencia un ambiente totalmente desfavorable para el desarrollo radicular de los cultivos. La pérdida de estructura del suelo también da lugar a la formación de costras y sellados de los microporos superficiales con lo que se obstruye la emergencia de las plántulas recién nacidas y el consiguiente desarrollo radicular (Pla, 1974).

Los Indicadores que se han desarrollado desde la década de los años 50 y que constituyen un procedimiento que se puede considerar como clásico en cuanto a los aspectos de salinidad y sodicidad son: a) la proporción de sodio con respecto a los demás cationes presentes en el suelo y que se denomina la Relación de Adsorción de Sodio (RAS) y b) el Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI), estos se calculan de la siguiente forma:

$$\text{RAS} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{\text{Ca} + \text{Mg}}{2}}} \text{ donde los cationes se expresan en meq/lit.}$$

Como existe un equilibrio entre los cationes adsorbidos y los cationes disueltos, es posible calcular a partir del RAS, el porcentaje de sodio intercambiable de la siguiente forma:

$$\text{PSI} = \frac{100 (-0.0126 + 0.01475 \text{ RAS})}{1 + (-0.01226 + 0.01475 \text{ RAS})}$$

En el suelo las partículas sólidas como arcilla (A), limo (l) y arena (a), se encuentran rodeadas por el agua presente en el mismo; formando una capa sobre ellas en función del contenido de humedad de éste, el espesor de esta capa va a ser variable, a mayor humedad mayor espesor. En esta las sales pueden presentarse en dos sitios distintos:

a.)- Disueltas en la solución de suelo, lo que indica, en el momento de realizar los análisis de suelo, valores elevados en la Conductividad Eléctrica del Extracto ($C_{e_{es}}$), causados por cualquier tipo de sal soluble.

b.)- Adsorbidas por el complejo de cambio cuando específicamente se trata de Sodio, desplazando a otros cationes de la solución, en este caso aumentan los valores de Relación de absorción de Sodio (RAS) y Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI).

En función del sitio donde se encuentren las sales y de la cantidad de las misma se tiene una clasificación de suelos que se presenta a continuación en la Tabla 1.

Tabla 1 Clasificación de los suelos afectados por sales según la Sociedad Americana de la Ciencia del Suelo. (Pizarro, 1979).

Clasificación	C.E. ds/m.	PSI	PH
Salino	>2	<7	<8.5
Salino-sódico	>2	>7	≤8.5
Sódico	<2	>7	>8.5

Las sales son agregadas a la solución radicular del suelo junto con las aguas de riego y su concentración aumenta a medida que los cultivos consumen, por uso consuntivo o evapotranspiración, gran parte del agua existente en el mismo, de tal forma que queda en el volumen remanente de agua del suelo casi todas las sales aportadas por el riego, alcanzando elevadas concentraciones a medida que disminuye la disponibilidad hídricas para las plantas se produce de esta forma un doble efecto, por un lado una disminución del potencial hídrico y por otro, un aumento del potencial osmótico producido por las sales que causa un estrés hídrico, que en definitiva determina una reducción drástica en el rendimiento de los cultivos y, en el peor de los casos, una eliminación de las actividades productivas en los suelos afectados por este tipo de problemas Ayers y Wescott (1987).

Uno de los problemas agravantes en el caso de la salinidad de los suelos constituye el hecho de que al reducirse el contenido de agua en el suelo aumenta la concentración de sales. En caso de tener datos de cantidad de sales para una determinada condición de humedad es necesario relacionar la cantidad de éstas para otras condiciones de humedad. Dentro de un amplio rango de texturas, se dan las siguientes relaciones aproximadas:

$$\theta_{\text{sat}} = 2 \theta_{\text{cc}} \quad \text{y} \quad \theta_{\text{cc}} = 2 \theta_{\text{pmp}}$$

θ_{sat} = contenido de humedad a saturación

θ_{cc} = contenido de humedad a capacidad de campo

θ_{pmp} = contenido de humedad a marchitez permanente. Oré (1986)

Los principales efectos de la salinidad en el crecimiento de las plantas y en el desarrollo de los cultivos son:

- .- Germinación lenta e insuficiente de las semillas, lo que da lugar a desiguales rendimientos en el momento de la cosecha.
- .- Desección fisiológica, marchitez y desecamiento de la planta.
- .- Color verde-azulado de las hojas.
- .- Floración retardada, menos flores, esterilidad, frutos pequeños y de menor calidad, semillas más pequeñas.
- .- Crecimiento de malas hierbas tolerantes a la salinidad u halófitas. Pla y Dappo (1974)

Tolerancia de los cultivos a las sales

Los cultivos tienen diferentes grado de tolerancia a las sales en el suelo dependiendo de las características fisiológicas, a tal punto que se pueden clasificar entre dos extremos: sensibles y resistentes. El U.S. Salinity Laboratory (1954) realizó lo que sería el primer intento sistemático de clasificación de los cultivos con base en su resistencia a condiciones de salinidad. Se estableció, de esta forma, tres categorías: Alta, media y baja, basándose fundamentalmente en las conductividades del extracto de saturación y la medición de disminución del rendimiento en un 50% de los cultivos examinados. Los cultivos se agruparon en: frutales, hortícolas, forrajes, granos y cultivos industriales.

En trabajos recientes se han realizado procedimientos más elaborados, con una mayor cantidad de datos, producto de múltiples experiencias en diferentes partes del planeta, en los cuales se estima una función matemática de producción en relación con la conductividad eléctrica del extracto de saturación, lográndose una predicción de la disminución de rendimiento con base en las condiciones de salinidad en el suelo para cada cultivo. Ayers y Wescott (1987).

Procesos de salinización de los suelos

El origen de los suelos salinos es diverso. La sal puede provenir del material de pedogénesis del suelo, la inundación del mar, el transporte, por el viento, de polvo o de agua de mar pulverizada, el riego con alto contenido de sales, y el ascenso de aguas salinas por capilaridad desde la freática. (Richards, 1977)

El problema de salinización de los suelos en sus diferentes manifestaciones, invariablemente acompaña al desarrollo de la agricultura de riego, fundamentalmente en zonas áridas y en algunas zonas donde el riego es usado como fuente complementaria de agua en parte del año. (Pla. 1985)

En algunos casos, aguas con bajo contenido de sales, aplicadas con el riego, solubilizan los minerales presentes en los primeros centímetros de suelo, movilizándolos a mayores profundidades, sobre todo las sales de calcio. Esto causa variaciones en el complejo de cambio de la solución de suelo, donde lamentablemente quedan sales que puedan causar dispersión de los coloides del suelo, disminuyendo en forma drástica la porosidad de la superficie y reduciendo la infiltración de agua y el intercambio gaseoso necesario para el normal desarrollo de los cultivos. En tales casos estas aguas tienen un efecto "corrosivo" sobre el suelo en cuanto a sus características físicas y químicas.

El origen de las sales ha sido motivo de preocupación desde que el hombre empezó a uso de la agricultura hacer de riego, por estar asociado, en la generalidad de los casos, el problema de salinidad con el riego en zonas áridas. Se estima que por lo menos 1/3 de todas las tierras regadas en el mundo presentan problemas de salinidad en mayor o menor grado. Pérez (1989).

En condiciones húmedas, las sales solubles, originalmente presentes en los materiales del suelo, y las formadas por la intemperización de minerales, generalmente son llevadas a las capas inferiores, hacia el agua subterránea, y finalmente transportadas a los océanos. (Sequera, 1967, Pizarro, 1978). En estas zonas el agua de lluvia prácticamente sin sales pasa a través de la rizósfera, la solución de suelo nunca alcanza niveles peligrosos de concentración salina. (Grassi, 1985).

La movilización de sales en el suelo ocurre siempre en la solución y por ello su acumulación, distribución y remoción estarán determinadas por la dinámica del agua en el suelo. Esta dinámica, a su vez, está determinada por el clima, (cantidad y distribución de agua de lluvia) y fundamentalmente por el manejo de agua de riego junto con las propiedades hidráulicas del suelo. Pla (1988).

En las zonas áridas y semiáridas, por tratarse de suelos no lixiviados por la escasa percolación a que han sido sometidos, las sales constituyen un problema potencial para su utilización con fines agrícolas, alcanzando la solución de suelo en poco tiempo, niveles peligrosos para la mayoría de los cultivos. (Grassi, 1985). Es por ello que la mayoría de los problemas de salinidad, se encuentran unidos al desarrollo de estas tierras.

Para el desarrollo de los cultivos en estas zonas, se hace necesario la aplicación de agua de riego, la cual incorpora al suelo en función de su contenido salino una cantidad de sales, de tal forma que si la cantidad de agua requerida para desplazar las sales que se han ido acumulando por el proceso de Evapotranspiración no pasa a través del perfil del suelo, la concentración de sales en la solución de suelo puede llegar a niveles críticos, (Richards, 1977). La percolación de la solución de suelo por debajo de la rizósfera, depende de las características físicas del suelo, del tipo de sales y de que exista una vía expedita para el flujo sub-superficial que debe generarse (Richards, 1977).

Para contrarrestar el proceso de salinización, se necesita una cierta cantidad de agua de lavado: agua que aplicada en exceso disuelve y arrastra sales de la zona radicular, de tal forma que si existe un drenaje natural suficiente se resuelve el problema sin que ocurran acumulación de sales; sin embargo en la mayoría de los terrenos no existe este tipo de condiciones favorables por lo que se presentan dificultades para manejar estos excesos de agua del lavado en forma normal. Se hace imperativo entonces, el diseño de un sistema de drenaje altamente eficiente para estas zonas. Por ello el drenaje instalado en las zonas áridas sirve para dos fines: en primer lugar, como en las zonas húmedas, para mantener un balance de agua favorable en la zona radicular (Pizarro, 1979); y en segundo lugar, para control de sales en la solución de suelo. El exceso de agua de riego para el control de sales ha sido llamado "Requerimiento de Lixiviación" (Reeve, 1957).

Para determinar el manejo del agua de riego con el fin de recuperar suelos o controlar la salinidad o sodicidad en la zona radicular por debajo de niveles críticos, se requiere entender la relación entre la dinámica de agua y sales en el suelo, la tolerancia de los cultivos a la salinidad y los efectos de las sales y sodio sobre las propiedades hidráulicas de los suelos (Pla, 1988)

En las zonas áridas, como la zona del presente estudio, el problema principal, lo constituye la calidad y el manejo del agua de riego, para evitar problemas de mayor magnitud como los de sodificación, que lamentablemente traen como consecuencia en la mayoría de los casos, mayores pérdidas de suelo para la agricultura.

Se presenta a continuación una clasificación de suelos con base en los conceptos sostenidos por Pla y Dappo (1974) sobre la dinámica de formación y las características de los suelos afectados por sales.

Suelo salino o potencialmente salino

Incluye a todos aquellos suelos, cuya concentración, composición y distribución de sales en el perfil, asociado a condiciones climáticas, de drenaje y de

composición de sales en las aguas disponibles, provoquen o puedan producir, al introducir el riego, problemas en los cultivos derivados de la concentración de sales en la solución de suelo.

Según este criterio cualitativo, se clasifican como suelos "Salinos" aquellos que acumulan sulfato de sodio (SO_4Na_2) en climas áridos y semiáridos, o cloruro de sodio en climas áridos independientemente de que los valores de la relación de absorción de sodio (RAS) en la solución sean altos, ya que en ambos casos dicha acumulación va acompañada generalmente de precipitación de yeso. Esto, unido a la baja hidrólisis del sodio en ambas sales, en especial el cloruro de sodio (NaCl), permite su lixiviación del perfil del suelo sin un deterioro marcado de las propiedades físicas de suelo.

En suelos aún sin riego, el problema se considera actual, cuando se presenta a profundidades mayores de 60 cm., en el caso de presentarse acumulaciones de sales por debajo de la zona radicular de la mayoría de los cultivos, 150 cm, el problema se considera potencial y su grado de afectación futura dependerá del manejo que se haga del suelo y el agua que se aplique en los cultivos que se establezcan allí.

Suelos salino-sódicos o sódicos

Incluye aquellos cuya concentración, composición y distribución de sales en el perfil del suelo, asociado a condiciones de drenaje, clima y de composición y concentración de sales en las aguas de uso potencial para riego, provoquen o puedan provocar problemas de deterioro físico de suelos, derivados de la acumulación de Na^+ intercambiable. Todo ello de acuerdo a los esquemas que se presentan en las páginas siguientes.

Se considera un suelo con drenaje deficiente cuando la infiltración básica es inferior a 5 mm./hora, o en los que el nivel freático se mantiene por más de cuatro meses en el año a menos de 1,5m de profundidad. Se clasifica como árido a un clima con menos de dos meses con exceso de precipitación sobre la evapotranspiración potencial. Un clima es semiárido cuando el exceso ocurre en mas de dos meses pero en menos de cuatro al año.

Se denomina alta conductividad eléctrica para aguas y extracto saturado del suelo, a valores superiores a 1 y 4 dS/m. A 25 cm respectivamente.

El desarrollo de suelo sódicos a partir de salino-sódicos ricos en sulfato de Na parece ser un proceso común en áreas con drenaje muy deficiente, donde se acumula la materia orgánica y se muestran condiciones de exceso de agua por periodos prolongados en la estación de lluvias, e incluso en la época en que el agua

se aplica en forma de riego. Dicho desarrollo parece seguir los pasos descritos por Whiltig y Janelzky (1963), citado por Alarcón (1982), cuando observaron y estudiaron dicho proceso en suelos adyacentes a canales no revestidos.

Diagnóstico de los problemas de salinidad

La importancia del problema de la salinidad y su incidencia económica en las zonas bajo riego en Venezuela, ha sido estudiado prácticamente desde que se instalaron los primeros sistemas de riego en la zona central y Cumaná; Strebins y Gondelles (1952) citados por Alarcón (1982), en el estudio agro-económico del Proyecto de Riego de Cumaná, determinaron la salinidad de los suelos en el proyecto de riego, posteriormente; Sequera (1954), realizó un trabajo sobre recuperación de suelos salinos en la zona central de Venezuela.

El diagnóstico de los problemas de salinidad en los diferentes sistemas de riego de Venezuela, entre los cuales se encuentra Suata, Cumaná, El Cenizo, Cariaco, Neverí y Tocuyo de la Costa, avanzaron a tal punto que en 1956 se realizó la primera Mesa Redonda en Maracay, patrocinada por la Sociedad Venezolana de la Ciencia del Suelo. Posteriormente, en 1983, se realizó, igualmente en Maracay, la Reunión Internacional sobre suelos afectados por sales en América Latina, donde se plantearon los estudios realizados en este campo y las alternativas de solución.

Para el diagnóstico de los problemas de salinidad se han planteado algunas metodologías, una de las cuales fue propuesta por FUDECO en el año 1975 y en ella se presentaron normas para el estudio y cartografía de áreas afectadas por sales.

Un procedimiento ya considerado clásico en la evolución de suelos salinos es el propuesto por el USDA en el Handbook N° 60 (1954) y en el cual se usan parámetros indicadores como son la conductividad eléctrica, porcentaje de sodio intercambiable (PSI), relación de absorción de sodio (RAS), el pH, determinación de iones tóxicos para las plantas y algunos parámetros físicos como son la textura, estructura y permeabilidad.

Otra clasificación para los suelos afectados por sales fue publicada recientemente por el Comité de Terminología de la Sociedad Americana de la Ciencia del Suelo (1982) citado por Pérez (1989). Dicho organismo bajó el límite entre un suelo salino y uno no salino a una concentración de sales de 2 dS/m. En extracto de saturación. Ellos argumentan que las plantas sensibles pueden ser afectadas a 2dS/m. En vez de 4dS/m.

El problema de salinidad en los suelos bajo riego y las medidas para combatirlo han preocupado durante años a todos los científicos de suelos, expertos

en irrigación y agrónomos. En la antigua URSS estas cuestiones han recibido especial atención desde la década de los 30 en el siglo pasado, en coordinación con cierta número de decisiones de gobierno acerca del desarrollo intensivo de la irrigación, con el fin de disminuir la dependencia Rusa de otro país en el abastecimiento de algodón. Academia de Ciencias de la URSS, citado por Oré (1986).

Recuperación de suelos afectados por sales

La recuperación de los suelos afectados por sales, es uno de los aspectos más estudiados, en vista de los graves problemas generados por su aparición. El Instituto Internacional para la Recuperación y Mejora de tierras (Internationaal Institute for Land Reclamation and Improvement) en Holanda; el Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos (United States Salinity Laboratory); el Instituto Nacional de Colonización, en España, son instituciones que han trabajado en programas de recuperación de suelos afectados por sales, durante años. El Laboratorio de Salinidad de Estados Unidos ha compilado y resumido la información básica sobre diagnóstico y recuperación de suelo salinos y sódicos en el manual N° 60 (USDA, 1954)

El Instituto de Colonización en España ha llevado adelante trabajos de recuperación de gran envergadura, como por ejemplo, el rescate de las marismas del Guadalquivir (Giraldez y Cruz, 1973), proceso que duró aproximadamente veinticinco años. El Instituto Internacional para la Recuperación y Mejora de Tierras (ILRI), en Holanda, ha trabajado en programas de recuperación de suelos afectados por sales en varias partes del mundo. En Irak, por ejemplo, técnicos de ese instituto han planificado la recuperación de grandes extensiones de suelos con estos problemas (Dieleman. 1963).

La recuperación de suelos afectados por sales totales y por sodio puede ser más complicada que la recuperación de suelos afectados por sales solamente, pues si la cantidad de estas últimas presentes en el suelo no es suficiente para mantenerlo flocculado, o si no existe la suficiente cantidad de calcio en el suelo para producir el reemplazo del sodio en el complejo de cambio, habría que observar ciertas técnicas especiales, como la utilización de aguas con cierta cantidad de sales para las lixiviaciones iniciales, o la aplicación de enmiendas al suelo, lo que encarecería y retardaría bastante el proceso de recuperación. En caso contrario, cuando las sales totales están en grandes cantidades y existe suficiente calcio, generalmente basta con lixiviar con agua para lograr la recuperación del suelo.

Ahora bien, cuando se aplica agua en exceso con el fin de lavar las sales, se hace imprescindible el establecimiento de una adecuada red de drenaje para lograr evacuar estos excesos con las sales que se han alejado de la zona radicular.

Cuando el exceso de agua de lluvia o riego que penetra en el suelo no se elimina debido a déficits en el drenaje interno, su efecto sobre la salinización puede ser contraproducente, al provocar en algunos casos un incremento acelerado de ésta y en el peor de los casos un ascenso de sales acumuladas en el subsuelo hasta el suelo superficial. Las dos situaciones son producidas por la elevación del nivel freático general o por la producción de niveles de agua colgantes, cuando el problema de drenaje interno se debe principalmente a la baja permeabilidad de algún estrato en el perfil del suelo. Un sistema de drenaje adecuado es imprescindible para lograr eliminar el exceso de agua

La cantidad de agua aplicada en exceso dependerá del contenido y tipo de sales en el agua de riego, del contenido original de sales en la solución de suelo, del clima y de la efectividad de lluvia para lixiviar sales en la estación húmeda (Pla, 1971).

El lavado de sales con la aplicación del riego constituye el procedimiento que más se utiliza. Sobre este aspecto hay que tener bastante cuidado, debido a que la mayoría del personal técnico que trabaja en riego, piensa que aplicando agua en exceso se tiene asegurado el lavado de sales; sin embargo, cuanto mayor es la aplicación de agua menor es la eficiencia de lavado por lo que hay mayor eficiencia de lavado de sales con métodos que aplican menor cantidad de agua (como riego por aspersión), que con métodos de riego por gravedad. Según estudio de la FAO, a medida que la aplicación de láminas de lavado son mayores, la remoción de sales pueden ser menores, motivado a que gran cantidad de agua percola por gravedad y pasa a través de las grietas y los macro poros del suelo, sin remover las sales que están en los micro poros, las cuales son las que determinan la salinidad del suelo. En la Tabla 2 se presenta la eficiencia de lavado de sales para diferentes tipos de suelo.

Tabla 2 Valores de F (eficiencia de lavado) para diferentes tipos de suelo

Suelo	F
Arenoso	0.8
Franco Limoso, Franco arenoso	0.5 - 0.6
Franco Arcilloso limoso, Franco-Arcilloso arenoso, Franco	0.4 - 0.5
Arcillosos	0.2 - 0.3

Fuente: Boumans y Van der Molen citados por CENDRET (1969).

Es conveniente determinar el factor F, de eficiencia de lavado, en forma experimental, para calcular en forma eficaz los requerimientos de lixiviación, debido a la gran cantidad de factores edáficos que afectan su valor, motivado, principalmente, a la interrelación de dos procesos: a) el reemplazo de la solución salina en los poros mayores y b) el movimiento de sales de los poros más finos (capilares) a los poros entre los agregados por difusión y movimiento capilar; por tanto los valores de la Tabla 2 deben servir como una guía de referencia.

Es necesario señalar que el diseño y cálculo del sistema de drenaje debe fundamentarse en mediciones y datos reales sobre la propiedades hidrológicas y estratificación del perfil de suelo. Si existen fallas en este sentido su efectividad puede ser nula en cuanto a los propósitos buscados, perdiéndose de esta forma la inversión realizada. Lo mismo puede ocurrir si la previsión de drenaje se enfrenta a escala de unidad de producción únicamente, ya que ello tenderá más bien a deteriorar la situación en los terrenos colindantes en los casos en los cuales la unidad se encuentre en posición topográfica superior o a no resolver ningún problema si el caso es inverso. (Sequera, 1967; Arconada y Parra, 1974; Alvarez, 1974; Pizarro, 1979 y Ravina, 1979).

De acuerdo con el laboratorio de salinidad del USDA, las prácticas especiales de recuperación pueden aplicarse durante cierto tiempo para mejorar las tierras parcialmente afectadas o para impedir que las tierras rehabilitadas se vuelvan otra vez improductivas. En aquellos lugares donde sólo se dispone de agua de baja calidad o donde no son económicos ni el drenaje ni la recuperación en gran escala sería posible poner en práctica lo que pudiera considerarse como agricultor de suelos salinos. Richards, (1977).

Llerena, (1977 citado por Alarcón 1982), señaló las limitaciones en la recuperación de los suelos salinos como sigue:

1. Los costos de recuperación son elevados.
2. Generalmente en zonas áridas existe escasez de agua para lavado.
3. Largos procesos de recuperación, lo que origina una amortización muy lenta de la inversión necesaria y durante este periodo de tiempo los terrenos no rinden beneficios económicos.
4. Falta de créditos aplicados a la recuperación de suelos.
5. Desarrollo insuficiente y desconocimiento de las técnicas de recuperación.

Calidad del agua para riego

Para determinar la disponibilidad de un agua cualquiera para usar en riego, es necesario conocer tanto la calidad como la cantidad de dicha agua. Sin embargo, en muchos casos no se toma en cuenta el factor calidad sino la cantidad.

El estudio de la calidad de agua permitirá conocer si ésta es adecuada para el uso que pretende dársele, es decir, sus posibilidades de causar problemas tanto al cultivo como al suelo donde se piensa utilizar. (Pérez, 1989).

La calidad del agua de riego es juzgada no solamente por la concentración total de iones sino también por los iones individualmente. Los cationes más comunes en las aguas de irrigación son calcio, magnesio, sodio y potasio, y los aniones más comunes son bicarbonatos, sulfato y cloruro. Otros solutos tales como nitrato, carbonato y trazas de otros elementos. Pueden afectar la calidad del agua en algunos casos. Pla (1985).

El balance entre los procesos de la acumulación y remoción de sales de la zona radicular depende de la composición y concentración de sales en el agua de riego, del manejo de éste, de las condiciones de drenaje natural y artificial y de otros factores. Arconada y Parra 1974; Pla, 1979; Ravina, 1979; Pizarro, 1979 y Alarcón, 1982).

Para clasificar un agua de riego se toma en cuenta, generalmente. La salinidad total, sus contenidos de sodio y bicarbonatos, y ocasionalmente las concentraciones de ciertos elementos tóxicos como el boro, cloro, litio, etc. En cualquier caso su calificación dependerá de los peligros potenciales que puedan causar, ya sea en cuanto a reducciones de los rendimientos o al requerimiento de prácticas especiales de manejo.

Dependiendo de sus fuentes, el agua utilizada para el riego contiene sales soluble hasta el orden de los 4000 gr./m³; el agua de lluvia contiene 5 a 40 ppm de sales, La aplicación de 100 mm de agua de riego con 1000 ppm de sales introduce al suelo una tonelada de sales por Ha. Como las plantas extraen el agua del suelo, la mayor parte de las sales permanecen y se acumulan en el perfil del suelo. Por esto se considera que en todas las regiones áridas o semiáridas, los suelos sometidos a riego son potencialmente salinizados (Ravina, 1979; Pla 1969). Para agravar aún más esta situación subterránea con cantidades significativas de sales y clasificadas como de mala calidad para su aplicación a los cultivos.

En las últimas décadas se han desarrollado numerosos métodos para clasificar aguas de riego, que van desde esquemas que indican la calidad de agua para su uso en condiciones medias, hasta el establecimiento de valores límites para determinado cultivo en un área dada (U.S. Salinity Lab. Sta, 1954; Pla y Dappo,

1974; Ayers y Wescott 1987). Los esquemas generales presentan el inconveniente de no tener en cuenta la condiciones específicas y de ser difíciles de aplicar por su naturaleza eminentemente cualitativa. Los valores límites para condiciones específicas no permiten su empleo en situaciones diferentes, las cuales pueden presentarse incluso en una misma zona bajo riego. Hoy en día existe la tendencia a definir cuantitativamente la posibilidad de uso de un agua de riego con base en las condiciones específicas en que dicha agua va a ser usada, incluyendo propiedades del suelo, manejo del riego, clima y cultivos. Pla (1969).

Uno de los sistemas de calificación más utilizados en las últimas décadas, es el propuesto por el Laboratorio de Salinidad del Servicio de Investigaciones Agrícolas del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 1954), desarrollado para condiciones promedio en las regiones áridas del sudoeste de Estados Unidos. En los últimos años, y por iniciativa de investigaciones de la misma institución (USSL), se han establecido criterios y desarrollado sistema de evaluación de agua para riego que tratan de presentar y ampliar el rango de condiciones para su utilización, según Bernstein, (1967), Bower et al. (1968); Rhoades, (1968, 1972); Bernstein y Francois, (1973); Rhoades, (1974) citados por Pla (1979).

La clasificación de Ayers y Westcot (1987), se inició en el año 1976 y se ha utilizado bastante en Estados Unidos y otras partes del mundo, adaptándola la FAO para los estudios de clasificación de aguas. Esta es presentada como unas directrices que sirven para interpretación de la calidad de las aguas a ser usadas para riego. Los valores presentados en la tabla base han sido extraídos de múltiples experiencias y pueden ser usados para evaluar la calidad de aguas superficiales, aguas subterráneas y aguas de drenaje. Los autores discuten el problema de salinidad desde el punto de vista de la reducción de la disponibilidad de agua en el suelo para el cultivo. En otras palabras, relaciona los problemas de permeabilidad del suelo con aguas de baja salinidad con un alto contenido de sodio (usando el concepto de RAS ajustado).

Esta clasificación fue revisada por sus autores en 1985 en función de varias experiencias conseguidas por ellos y otros autores utilizando la referida clasificación, sobre todo en cuanto al concepto de RASaj. Aunque conceptualmente éste describe en forma correcta los procesos químicos que ocurren en el suelo, las simplificaciones excesivas para realizar su formulación han evitado la validación de los resultados observados en la práctica.

Para predecir los problemas de infiltración debidos al contenido excesivamente alto de sodio o la baja concentración de Calcio en el agua de riego Suárez, citado por Ayers y Wescott (1987) introdujo una nueva relación de Adsorción de Sodio Ajustada, basada en un parámetro nuevo denominado C_{ax} y la nueva relación de sodio RNa_{aj} .

$$Rna_{aj} = \left\{ Na / [(Ca_x + Mg)/2]^{1/2} \right\} \quad (2.1)$$

En la Figura 1 se representa la reducción relativa de la infiltración, provocada por la salinidad y la relación de adsorción de sodio (RAS) para diferentes concentraciones de sales en el agua de riego. En esta figura se toma en cuenta únicamente los problemas de infiltración de agua al suelo por los cambios generados en el complejo químico de éste, provocados por la calidad de agua de los riegos; en ella puede observarse que con la aplicación de un agua de salinidad inferior a 0.2 dS/m se tiene a lixiviar las sales y minerales solubles, incluyendo al Calcio (Ca), reduciendo su influencia sobre la estabilidad de los agregados y estructuras del suelo. Las partículas más pequeñas de un suelo así dispersado obstruye el espacio poroso y sellan la superficie del suelo, reduciendo notablemente la infiltración. Ayers y Wescott (1987).

En la Tabla 3, se presentan las directrices de la clasificación de Ayers y Westcot y posteriormente, en la tabla 4 se presenta el procedimiento para determinar la nueva relación de sodio ajustada con el Ca_x .

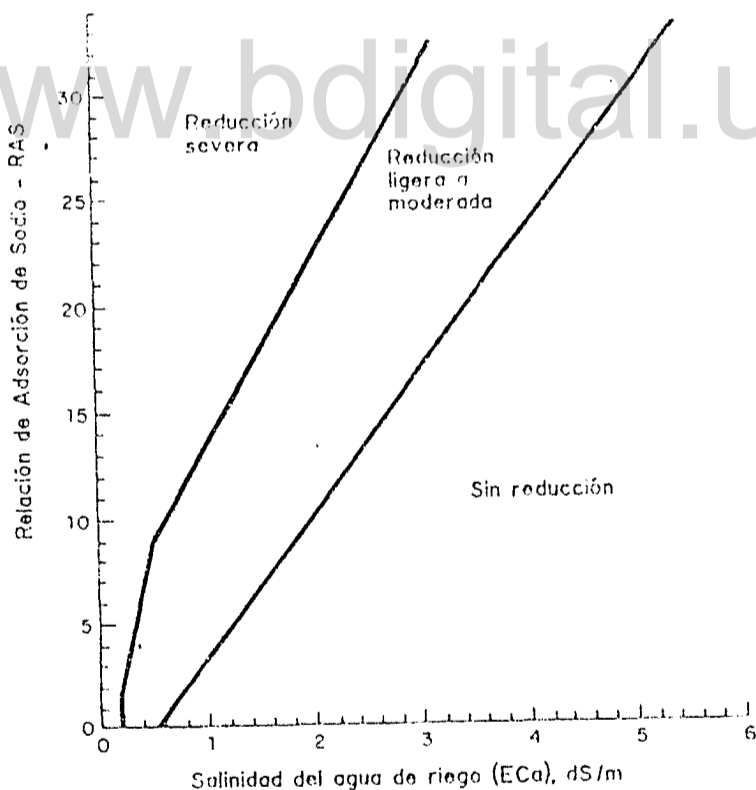


Figura 1. Reducción relativa de la infiltración por la salinidad y la relación de adsorción de sodio. Fuente: Ayers y Wescott (1987)

TABLA 3. Directrices para la evaluación de la calidad del agua para Riego

Tipo de problema	guía de calidad de agua		
	No hay problema	Problema creciente	Problema grave
1.- <u>Salinidad</u> CE(AR) dS/m	<0,75	0,75 – 3,0	>3,0
2.- <u>Permeabilidad</u> RAS(AR) = 0-3 y CE(AR)	>0,7	0,7 - 0,2	< 0,2
= 3 – 6	>1,2	0,2 - 0,3	< 0,3
= 6-12	>1,9	1,9 – 0,5	< 0,5
= 12-20	>2,9	2,9 – 1,3	< 1,3
= 20-40	>5,0	5,0 – 2,9	< 2,9
3.- <u>Toxicidad iónica específica</u> Sodio (Na)			
- Riego superficial (RAS(AR)) < 3,0	3,0 – 9,0	> 9,0	
- Riego por aspersión (meq/lt)	< 3,0	> 3,0	
Cloruro (Cl)			
- Riego superficial (meq/lt)	< 4,0	4 – 10	> 10
- Riego por aspersión (meq/lt)	< 3,0	> 3,0	
Boro (B) (mg/lt)	< 0,75	0,75 – 3,0	> 3,0
4.- <u>Efectos diversos</u> Nitrógeno (NO ₃ -N NH ₄ -N) (mg/lt)	< 5,0	5 – 30	> 30
Bicarbonato (CO ₃ H) con aspersores (meq/lt)	< 1,5	1,5 – 8,5	> 8,5
pH	(gama normal 6,5 – 8,4)		

Fuente: Ayers y Westcot, FAO(1987)

Tabla 4. Cálculo del Ca_x

CO ₃ H/Ca	0.1	0.2	0.3	0.5	0.7	1	1.5	2	3	4	6	8
0.05	13.2	13.61	13.92	14.4	14.79	15.26	15.9	16.43	17.28	17.97	19.07	19.94
0.1	8.31	8.57	8.77	9.07	9.31	9.62	10	10.35	10.89	11.32	12.01	12.56
0.15	6.34	6.54	6.69	6.92	7.11	7.34	7.65	7.9	8.31	8.64	9.17	9.58
0.2	5.24	5.4	5.52	5.71	5.87	6.06	6.31	6.52	6.86	7.13	7.57	7.91
0.25	4.51	4.65	4.76	4.92	5.06	5.22	5.44	5.62	5.91	6.15	6.52	6.82
0.3	4	4.12	4.21	4.36	4.48	4.62	4.82	4.98	5.24	5.44	5.77	6.04
0.35	3.61	3.72	3.8	3.94	4.04	4.17	4.35	4.49	4.72	4.91	5.21	5.45
0.4	3.3	3.4	3.48	3.6	3.7	3.82	3.98	4.11	4.32	4.49	4.77	4.98
0.45	3.05	3.14	3.22	3.33	3.42	3.53	3.68	3.8	4	4.15	4.41	4.61
0.5	2.84	2.93	3	3.1	3.19	3.29	3.43	3.54	3.72	3.87	4.11	4.3
0.75	2.17	2.24	2.29	2.37	2.43	2.51	2.62	2.7	2.84	2.95	3.14	3.28
1	1.79	1.85	1.89	1.96	2.01	2.09	2.16	2.23	2.35	2.44	2.59	2.71
1.25	1.54	1.59	1.63	1.68	1.73	1.78	1.86	1.92	2.02	2.1	2.23	2.31
1.5	1.37	1.41	1.44	1.49	1.53	1.58	1.65	1.7	1.79	1.86	1.97	2.01
1.75	1.23	1.27	1.3	1.35	1.38	1.43	1.49	1.54	1.62	1.68	1.78	1.8
2	1.13	1.16	1.19	1.23	1.26	1.31	1.36	1.4	1.48	1.54	1.63	1.7
2.25	1.04	1.08	1.1	1.14	1.17	1.21	1.26	1.3	1.37	1.42	1.51	1.58
2.5	0.97	1	1.02	1.06	1.09	1.12	1.17	1.21	1.27	1.32	1.4	1.47
3	0.85	0.89	0.91	0.94	0.96	1	1.04	1.07	1.13	1.17	1.24	1.3
3.5	0.78	0.8	0.82	0.85	0.87	0.9	0.94	0.97	1.02	1.06	1.12	1.18
4	0.71	0.73	0.75	0.78	0.8	0.82	0.86	0.88	0.93	0.97	1.03	1.07
4.5	0.66	0.68	0.69	0.72	0.74	0.76	0.79	0.82	0.86	0.9	0.95	0.99
5	0.61	0.63	0.65	0.67	0.69	0.71	0.74	0.76	0.8	0.83	0.88	0.95
7	0.49	0.5	0.52	0.53	0.55	0.57	0.59	0.61	0.64	0.67	0.71	0.74
10	0.39	0.4	0.41	0.42	0.43	0.45	0.47	0.48	0.51	0.53	0.56	0.58
20	0.24	0.25	0.26	0.26	0.27	0.28	0.29	0.3	0.32	0.33	0.35	0.37
30	0.18	0.19	0.2	0.2	0.21	0.21	0.22	0.23	0.24	0.25	0.27	0.28

Fuente: (Ayers y Wescott, 1987) CE (AR) dS/m

Las directrices que se utilizan en la Tabla 3. han sido utilizadas con relativo éxito en la agricultura de riego; éstas se refieren por lo general a los efectos a largo

plazo de la calidad de estas aguas sobre la producción de los cultivos donde son utilizadas, el manejo que se haga de ellos y las condiciones de suelo.

En esta tabla de evaluación de calidad de agua se especifican tres categorías a saber: sin problemas, con problemas crecientes y problemas graves. En el caso de utilizarse aguas sin problemas significa que no se prevén o no se identifican restricciones en el suelo y los cultivos a implantar. En el segundo caso de problemas crecientes para la aplicación de estas aguas, se requiere tratar en forma cuidadosa el manejo de estas aguas y seleccionar los cultivos adecuados para obtener un potencial de rendimiento que permita un desarrollo sustentable y rentable desde el punto de vista económico.

En el caso de utilizarse aguas que al ser evaluadas, se determinan que pueden causar problemas graves en caso de ser aplicadas, puede esto, significar sin ninguna duda la aparición de severas restricciones de suelo y de cultivo con reducciones apreciables en sus rendimientos, en estos casos se hace necesario la planificación de un manejo efectivo adaptado específicamente a las condiciones del agua a utilizar. Si se desea lograr un desarrollo sustentable, deben emplearse cuidadosas técnicas de manejo con cultivos resistentes para esas condiciones específicas.

Pla y Dappo (1974) proponen un sistema de calificación de aguas, cuyas bases teóricas son dadas por Pla,(1969, 1971) y donde se utilizan criterios dados por diversos autores basados en experiencias de salinidad en diferentes lugares alrededor del globo, entre los principales se tienen los siguientes:

1. Para poder evaluar la calidad de aguas para riego es indispensable poder predecir no solo la acumulación total de sales en el suelo, sino los cambios en la composición de iones intercambiables disueltos, bajo un determinado manejo de riego.

2. La composición y concentración de sales e iones a alcanzarse en la solución del suelo en condiciones de equilibrio, pueden estimarse mediante el uso de la ecuación general de balance de sales, válida solo para condiciones promedio a largo plazo.

3. Cuando se alcanza condiciones de equilibrio, todas las sales que se agregan al suelo con riego superficial se pierde en su parte inferior con el agua de drenaje.

4. Cuando el agua de riego contiene una concentración relativamente alta de bicarbonatos, la concentración relativa de Na^+ en la solución del suelo y por ello el PSI, se incrementa con la precipitación de carbonatos de calcio en el suelo.

En resumen, según Pla y Dappo (1974) la calificación del agua para riego debe tomar en cuenta:

- a.) Peligro de acumulación de sales totales.
- b.) Peligro de acumulación de sodio.
- c.) Peligro de deterioro de propiedades físicas del suelo
- d.) Peligro de acumulación de cloruros
- e.) Peligro de acumulación de Boro.
- f.) Peligro de acumulación de otros (Pesticidas, herbicidas, etc.)

Los factores que afectan la clasificación del agua en cuanto a la aprovechabilidad para su uso en riego son:

1- Contenido de sales en el agua

- a) Concentración total
- b) Iones presentes y sus concentraciones relativas.

2- Cultivos

- a) Tolerancia a las sales.
- b) Tolerancia a los iones tóxicos
- c) Deterioro permisible en su rendimiento y calidad

3- Suelo

- a) Contenido inicial de sales y su distribución en el perfil.
- b) Propiedades físicas e hidrológicas
- c) Retención de agua aprovechable
- d) Estabilidad estructural.

4- Drenaje

- a) Natural
- b) Artificial

5- Clima

- a) Evapotranspiración
- b) Lluvia (cantidad, distribución, intensidad)

6- Manejo de riego (Método, Frecuencia, Intensidad)

7- Otras prácticas culturales (Técnicas de Siembra, adaptación a etapas de sensibilidad del cultivo a las sales, etc).

Finalmente, según Pla (1985), cuando se determinan las posibilidades de usar un agua de riego, de acuerdo a los principios anteriores, es necesario considerar:

1- En cuanto a concentración y composición de las sales en el agua:

- a) Posibles efectos sobre los cultivos
- b) Requerimiento de lixiviación y drenaje
- c) Requerimiento de manejo de riego

2-En cuanto a condiciones de suelo:

- a) Posibilidades de lixiviación
- b) Requerimiento de drenaje
- c) Posibilidades técnicas para drenaje

3- En cuanto a aspectos económicos:

- a) Intereses locales y regionales
- b) Intereses nacionales

Manejo del problema salino

El principal objetivo de la selección de algunos procedimientos para controlar las sales, es mejorar la disponibilidad de agua en el suelo para el cultivo, Hoffman et al (1981) citado por Ayers y Wescott (1987) ofrecen una serie de técnicas las cuales se dividen en aquellas que requieren menores cambios en el manejo y otras que necesitan mayores transformaciones para el control de las sales en el suelo

Las técnicas que requieren pocos cambios son:

Riego más frecuente Al incrementarse la frecuencia de riego, se incrementa el promedio de agua en el suelo. Particularmente, la parte superior de la zona radicular es mantenida baja en sales si cada riego es adecuado. Esto conlleva a que se apliquen menores cantidades de agua, lo que reduce las pérdidas por escorrentía y precolación, lo cual disminuye el costo del riego. Rawlins (1973) citado por Pérez (1989)

Selección de cultivos y época de siembra Cuando se usa agua salina puede requerirse la selección de un cultivo o muy tolerante para evitar reducciones en los

rendimientos. Con base en ensayos realizados en diferentes partes del mundo se ha logrado determinar en forma experimental, modelos para estimar la tolerancia de los cultivos a las sales y las disminuciones de rendimiento en caso de encontrarse en condiciones desfavorables para el cultivo. Sin embargo, la selección de un cultivo más tolerante no elimina las necesidades de lixiviación junto con mejores prácticas de manejo. También la época de siembra puede ser programada de tal forma que coincida con los periodos de menor Evapotranspiración o mayor precipitación, lo cual hace disminuir los requerimientos de agua del cultivo.

Lixiviación Las sales solubles que se acumulan en el suelo deben ser lavadas debajo de la zona radicular del cultivo. Existen muchos procedimientos para calcular la lámina de agua adicional que se requiere para lixiviar las sales; dicha lámina depende del contenido de sales en el agua de riego y del contenido de sales presentes en el suelo, la tolerancia del cultivo a las sales, el tipo de suelo y la eficiencia de lixiviación, así como de las condiciones climáticas y el manejo adecuado de agua y el suelo. El intervalo de tiempo entre los lavados puede ser variable, siempre y cuando no se exceda en ningún momento la tolerancia del cultivo a la concentración de sales en la solución de suelo. Por lo tanto el lavado se puede hacer con cada riego, mensualmente, anualmente o en tiempos más largos, dependiendo de la severidad del problema salino en los suelos y la tolerancia de las plantas. Perez (1989).

Las Técnicas que requieren mayores cambios son:

Cambio del método de riego Los métodos de riego por gravedad tales como inundación, bordas, cajones, surcos, etc, no son suficientemente flexibles para permitir cambios en la frecuencia de riego o la lámina de agua aplicada por riego, y a la vez mantener la eficiencia estimada en su diseño. Si se riega con mayor frecuencia se desperdiciará agua con estos métodos. Por lo tanto, si se quiere cambiar a una mayor frecuencia de riego con la suficiente flexibilidad para mantener la eficiencia, se debe utilizar riego por goteo o aspersión. Sin embargo, una ventaja del riego superficial lo constituye la lixiviación producida en el momento de preparación de la tierra.

En caso de utilizarse riego por aspersión, debe preverse otros que influyen en su diseño, tales como los factores climáticos que limitan el funcionamiento de éste, entre los cuales la velocidad del viento tiene una fuerte influencia sobre su aplicación. En contraste, el método de riego por goteo se puede usar en las mismas condiciones y con agua de mala calidad, obteniéndose mejores rendimientos que con otros métodos de riego, motivado a que existe continuamente un alto contenido de humedad en la zona radicular, por lo que se logra suplir en forma diaria los

requerimientos de Evapotranspiración de los cultivos. Una representación de la forma como afecto el método de riego a la salinidad del suelo, se puede ver en la Figura 2.

Cambio de la fuente de agua En caso de lograrse, esta sería una solución muy simple a un problema salino; sin embargo, no siempre existen fuentes de agua alternas en las zonas de regadío donde se presentan problemas de salinidad.

Nivelación de tierras Este tipo de labor se hace necesaria, para permitir una mejor distribución del agua cuando se utilizan métodos de riego superficiales. En caso de preverse el diseño de riego por aspersión o goteo se hace innecesario la realización de dicha labor.

Modificación del perfil del suelo Se utiliza este método en aquellos suelos que presentan problemas en cuanto a la presencia de capas superficiales que impiden o inhiban la penetración de las raíces y el agua en el suelo; generalmente se fractura o se rompe las capas superficiales con sub-soladores o “Big-roman” para realizar estos procedimientos.

Drenaje La carencia de un adecuado drenaje superficial o sub-superficial complica el manejo del agua para el control de la salinidad, a tal punto que sin la inatención de un drenaje eficaz el problema de salinidad se agrava aún más con cada temporada de riego. En caso del drenaje superficial, éste puede ser mejorado mediante la construcción de drenes con adecuado espaciamiento, conjuntamente con la nivelación de tierras. La presencia de capas impermeables o poco permeables y la elevación de la mesa de agua sub-superficial con aguas cargadas de sales puede causar problemas de salinidad, así se utilicen aguas de buena calidad. La construcción de drenes sub-superficiales y después la lixiviación ayudan a resolver el problema.

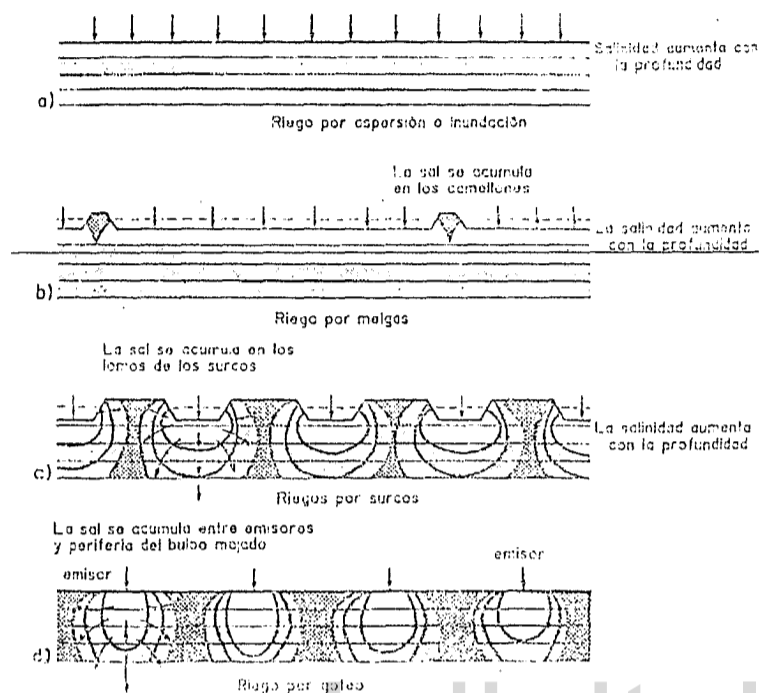


Figura 2. Patrón de Acumulación de Sales para diferentes tipos de métodos de riego. Fuente : (Ayers y Wescott (1986))

Predicción de las necesidades de Drenaje En muchos proyectos de riego localizados en zonas áridas y semiáridas, los requerimientos de drenaje sub-superficial han sido desestimados motivado a una profundidad considerable del nivel freático en el momento de inicio de los mismos; sin embargo, en la práctica se han producido, al cabo de algunos años, problemas causados por el aumento del nivel freático en la zona radicular de los cultivos, llegando a ser los montos necesarios para su corrección considerablemente superiores a las inversiones requeridas al comienzo si estas situaciones se hubieran considerado. En algunos casos la necesidad de drenaje sub-superficial es evidente por su cercanía a la superficie, pero en otros casos es posible realizar una estimación razonable de las necesidades de drenaje a futuro sin descuidar el establecimiento de una red de pozos de observación y el control de los niveles del agua en los pozos que existan en la zona para prevenir daños por elevaciones del nivel freático.

Básicamente la estimación de las necesidades de drenaje consiste en la determinación del balance de los niveles freáticos producidos por un lado con las entradas a la tabla de agua subterránea de los lavados de suelo, las pérdidas en el

riego, filtraciones y las precipitaciones compensados, por la otra parte, con la (actual o futura) capacidad de drenaje natural.

Las áreas por lo general se presentan problemas de este tipo, tienen una topografía relativamente plana, pocos cauces de drenaje natural pueden tener un subsuelo poco permeable y también hidroapoyos de baja permeabilidad superficiales o profundas, las cuales restringen el movimiento del agua subterránea, su drenaje natural es muy pobre y requiere ser proporcionado en forma artificial; en estos casos los niveles freáticos a gran profundidad antes de desarrollar proyectos de riego no garantizan la ausencia de problemas de drenaje sub-superficiales por elevaciones futuras del nivel freático en un periodo corto de tiempo debido al escaso drenaje natural (CENDRET, 1969).

La instalación de drenes subterráneos a nivel parcelario no será requerida hasta que el nivel freático no alcance un nivel cercano a la zona radicular de los cultivos. El tiempo en el cual la instalación de los drenes se hace necesario se puede estimar de los datos de recarga del agua subterránea (percolación) y drenaje natural; para ello se debe considerar las propiedades hidrodinámicas del suelo sobre todo la porosidad drenable y la permeabilidad. Considerando el flujo lateral de la zona de riego como poco significativo y tomando como la recarga a la percolación producida por el riego se tiene la siguiente consideración:

$$\Phi dh = (P - D_n) dt \quad (2.2)$$

donde:

Φ = Porosidad drenable (espacio poroso drenable).

h = Nivel del agua subterránea por encima del nivel inicial

P = Percolación mm/año

D_n = Drenaje natural

t = Tiempo

Posteriormente

$$D_n = D_0 + Ah \quad (2.3)$$

D_0 = Drenaje natural en la situación inicial

A = Factor de proporcionalidad, dependiendo de las características hidrogeológicas del sustrato

La ecuación general es:

$$t = \frac{\Phi}{A} \ln \frac{P - D_0 - Ah}{P - D_0} \quad (2.4)$$

Con esta última ecuación se puede estimar, en función de los excesos de agua que percolan por debajo del sistema radicular de los cultivos que se encuentran en la futura zona de riego. El tiempo que transcurrirá para que el nivel freático cause problemas para el desarrollo de la zona.

Estudios existentes sobre la zona

En la zona de Matícora, se han realizado hasta el presente numerosos estudios, por diferentes investigadores e instituciones, los cuales coinciden en indicar el peligro que representa la elevada concentración de sales en los suelos que ocupan la presente área de riego. Power (1943) citado por Oteha (1967).

En un estudio agrológico semidetallado y de clasificación de tierras del sistema de riego "Matícora", en su proyecto inicial realizado por Oteha (1963), se describen trece (13) series de suelos que abarcan una superficie de 31.532 ha. De esta superficie 28.827 ha se clasificaron como clases 1,2,3, y 4 para riego, existiendo un marcado predominio de la clase 3, cuya superficie ocupa el 79% del total, sobre todo en la parte norte del sistema, que corresponde a la actual zona de riego. El estudio hace notar que las series Matícora, Cocuiza, San Antonio, Los Mamones y Quiricias presentan contenidos de sales solubles y de sodio por encima de lo normal, principalmente en los estratos profundos.

Mendoza (1966) citado por Parra (1967), elaboró el estudio agroclimático de Matícora, en el cual se consideran dos tipos de climas en la región: uno árido en la parte baja de la cuenca (zona norte) y otro semiárido que corresponde a la parte media y alta de la cuenca del río Matícora.

Parra (1967), Realizó el estudio Edafotécnico del Sistema de Riego río Matícora, determinando los valores de las características físicas de los suelos del sistema, de igual forma se agruparon en función de estas las series consideradas en el estudio de Oteha (1963). En dicho estudio se cuantificaron los requerimientos brutos de riego para la zona, arrojando que en el 30,8% del área total a desarrollar por el proyecto de riego inicial, presentaba valores superiores a 4 dS/m, pero afortunadamente con un valor de RAS y PSI bastante bajo. Las sales encontradas

fueron sulfatos, carbonatos y cloruros, de tal forma que en el referido estudio se producen recomendaciones sobre la explotación racional de este tipo de suelos salinos con el objetivo de prevenir los problemas de salinidad.

Parra (1969) realizó un estudio agrológico detallado y de clasificación de tierras para riego en el área de influencia del proyecto para el sistema de riego (15.782 ha), determinando que el área en cuestión corresponde a una planicie aluvial cuyos suelos se han formado a partir de los sedimentos transportados por ríos y quebradas de la zona. El drenaje externo puede catalogarse como mediano y el interno se clasifica entre mediano a moderadamente lento, motivado a la presencia de estratos arcillosos. En este estudio se ratifica la presencia de un gran porcentaje de suelos salinos sobre todo en la zona norte del estudio y se clasifican la serie de suelos como Matícora, los Indios y Quiricias, en clase 2,3 y 4 para riego, con marcado predominio de la clase 3 sobre las otras dos.

La Dirección de Desarrollo Agrícola del Estado Falcón (1990), realizó un estudio de la problemática existente para la culminación de la infraestructura de riego que permita un desarrollo integral del sistema construido en 1986. En dicho estudio se realizó un análisis de los problemas que no han permitido el arranque de esta obra, encontrándose dos tipos principales; el primero, de carácter financiero, impedía la afectación de tierras de los propietarios originales con el fin de iniciar la dotación de tierras para la primera etapa; en el estudio referido hacen ver las deficiencias de carácter técnico administrativo, debido a que la asignación de parcelas se realizó sin criterios técnicos, lo que ha dado lugar a problemas que impiden la consolidación y arranque del sistema. El segundo problema corresponde a la no culminación de algunas obras civiles necesarias para iniciar el riego por superficie, originando un profundo malestar entre los beneficiarios directos integrantes de las agrupaciones de Agricultores instalados en la zona.

La empresa SEM (1994) de la UNEFM (Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda) realizó una evaluación bastante detallada de las características físico-químicas de los suelos de la primera etapa del sistema de riego "Matícora" en el cual se evaluaron, en los horizontes superficiales, las características físicas como: densidad aparente, porosidad, resistencia mecánica, humedad a capacidad de campo, Infiltración, límites e índice de plasticidad; entre las características químicas evaluadas se tiene: pH, textura, materia orgánica, fertilidad y salinidad. Se realizó una cuadrícula bastante densa para determinar en forma sistemática los sitios de muestreo y utilizar una metodología SIG (Sistema de Información Geográfica) con el programa IDRISI.

En el referido estudio, se encontró que presentaba problemas ligeros de salinidad un 57,3% del área para los primeros 20cm; un 68,6% de estos suelos con problemas moderados de salinidad entre 20-40 cm y 65,4% del área con problemas moderados de salinidad entre 40 y 60 cm. de profundidad del suelo. El mayor

predominio de sales presentes constituyen los sulfatos, tanto de Calcio y Magnesio como de Sodio (CaSO_4), (MgSO_4). Los valores de RAS y PSI son bajos por lo que no se prevén a corto plazo problemas de sodicidad. Los suelos de toda el área se caracterizan, desde el punto de vista físico por presentar alta proporción de partículas finas (Arcilla y Limo), alta microporosidad en su estado natural, alta resistencia mecánica, baja macroporosidad, moderada a alta plasticidad, baja capacidad de aireación y alta capacidad de retención de humedad; la tasa de infiltración de agua en el suelo es significativamente baja.

www.bdigital.ula.ve

CAPITULO III

CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

Extensión y Ubicación.

La zona de estudio se encuentra ubicada polígonamente en los municipios San Félix y Mene Mauroa, al occidente del Estado Falcón; geográficamente entre los paralelos 10°.50' y 10°.53' de latitud norte y 74°.15' de longitud oeste.

El área del proyecto de riego "Matícora" , como puede observarse en la Figura 3. la conforma parte del valle del río del mismo nombre con una extensión inicial de 20.000 ha en el proyecto original de riego, posteriormente se realizó un ajuste creándose un segundo proyecto de riego con una reducción del área a 6.500 ha aprovechándose de la infraestructura ya construida en el proyecto original (presa y canal principal). Lamentablemente por la falta de recursos económicos este proyecto se abandona y se procede a una adecuación del proyecto original desechando la culminación del canal principal e instalando una planta de bombeo en la cola del diseño original del futuro sistema de riego "Matícora", utilizando el cauce del río como canal de conducción. Este sistema deberá regar una vez finalizadas las obras, una extensión aproximada de 3.000 ha con los siguientes límites:

Norte: Línea demarcada por la parcela Falcón-Zulia, que va desde el río Matícora al río Cocuiza, a la altura del caserío "Corralito".

Sur: Línea demarcada por la parcela a la línea norte, a la altura del caserío "Los Cachos".

Este: El río Matícora.

Oeste: El río Cocuiza.

La zona forma parte de la planicie costera en la depresión del Golfo de Venezuela la cual se extiende a lo largo del litoral desde la Vela de Coro hasta penetrar en su parte occidental en el Estado Zulia, en donde alcanza 60 km. de su ancho. A la altura de Mene de Mauroa su ancho es de aproximadamente 40 km, si se toma como la cota 100 su límite con la zona montañosa costera.

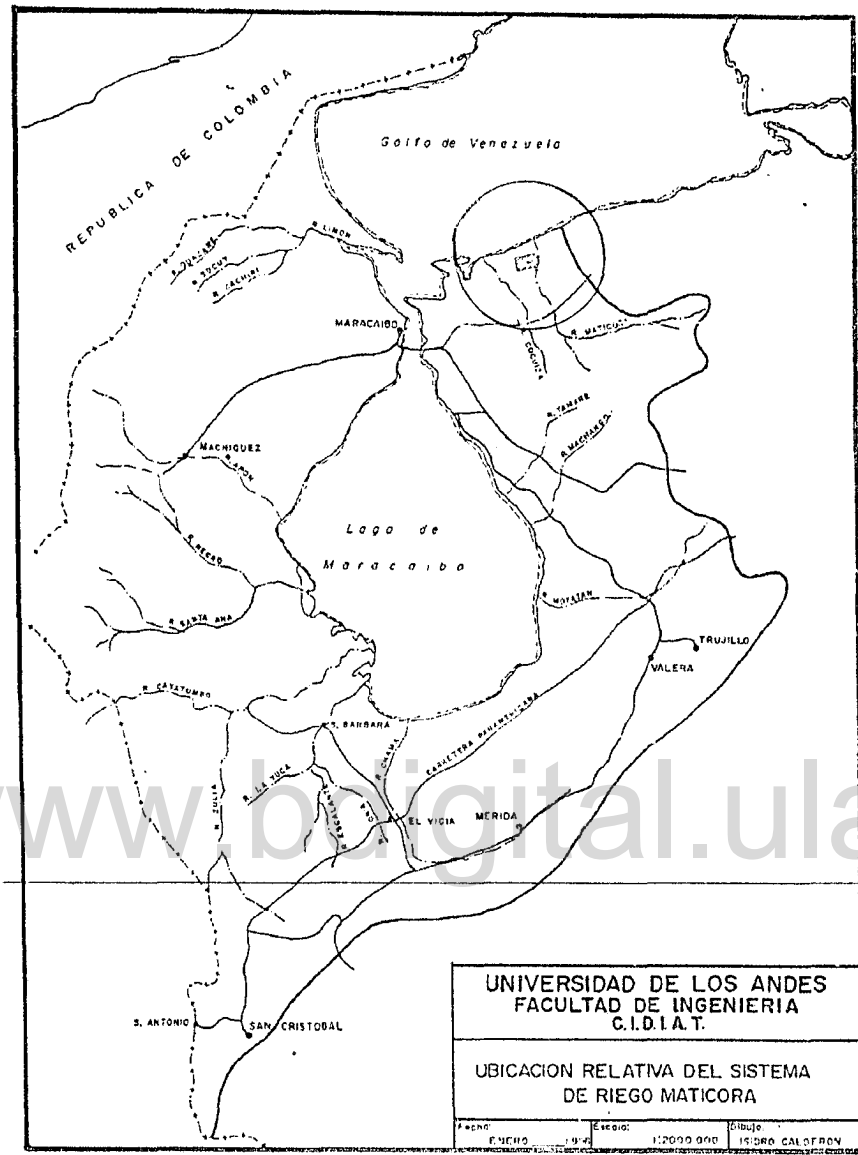


Figura 3. Ubicación relativa del sistema de riego “Maticora”

Geología y Geomorfología

Geología

En la zona de estudio, al igual que en todo el Estado Falcón la evolución tectónica y estratigráfica terciaria disturbada es fundamental; ella ha seguido las siguientes etapas a lo largo de toda la era terciaria.

Final del Eoceno y Oligoceno

Movimientos orogénicos que provocan la emergencia de sierras hacia el sur, es decir, gran parte de la cordillera de los Andes venezolanos.

Diferencia del canal Falconiano y sedimentación de las formaciones de Agua Clara y San Luis.

Los rastros del eoceno fueron localizados en la anticlinal de Buena Vista y consiste en las formaciones Churuguara, que contienen en su mayor parte materiales arcillo-arenosos y lutitas alternadas con areniscas cuarzosas y calizas.

Los rastros del oligoceno fueron localizados en la parte occidental y central del Estado donde aflora la formación Cerro Pelado, que consiste en lutitas y arcillas arenosas yesíferas y carbonáceas.

Otro rasgo del oligoceno corresponde a la formación Hombre Pintado; esta se caracteriza por areniscas ferruginosas localizadas a unos 8 km. al este de la presa sobre el río Matícora.

Mioceno Inferior.

Transgresión local de los mares del Cerro Pelado hacia el norte en el extremo oriental del Municipio Buchivacoa y el Democracia. El canal Falconiano continúa diferenciándose en algunas partes y sustituido por archipiélagos en otras. Los rastros de esa época fueron localizados en gran mayoría en la formación Capas del Mene representadas por arenas petrolíferas.

Mioceno Medio.

Hundimiento general hacia el norte, erosión marina progresiva y sedimentación del grupo la Puerta. Los sedimentos depositados hacia el sur sufrieron un levantamiento general probablemente acompañado de plegamientos. El canal Falconiano deja de existir. Los rastros de esa época aparecen al sur de Dabajuro y consisten de arenas y arcillas yesíferas bajo las cuales aparecen capas de guijarros.

Final del Mioceno.

Últimos movimientos de tipo Andino y levantamiento general de la tierra firme, que llevó a la línea de la playa a una posición similar y paralela a la actual.

Las características geológicas más resaltantes en el sitio de presa sobre el río Matícora son determinadas por su posición geológica, por encontrarse el sitio de la

presa en las últimas estribaciones del norte de las montañas del Estado Falcón, formadas por estratos terciarios alargados en dirección SO y NE. En estas estribaciones abundan desplazamientos tectónicos que se presentan como fallas cuya dirección típica es la de las filas, o sea, SO-NE.

Los sedimentos del río Maticora están representados en su mayor parte por materiales finos areno-arcillosos y cantos rodados. En dirección de la Costa del terciario desaparece debajo de los sedimentos cuaternarios, esto corresponde a la formación de la planicie aluvial deltaica del río Maticora, con un cierta diferenciación de los suelos, dependiendo de su posición en el emplayamiento de los sedimentos del cono de deyección.

Geomorfología

El área del sistema de riego comprende una planicie levemente inclinada hacia el mar, formada por depósitos aluviales recientes provenientes del piedemonte, arrastrados y depositados por los numerosos ríos y quebradas que atraviesan la zona. El sistema está constituido por las planicies de explayamiento del pleistoceno medio a superior que comprende la planicie de desbordamiento del río Maticora y el conjunto de planicies deltaicas formadas por diferentes corrientes de agua que en invierno desembocan en la costa Nor-Occidental del Estado Falcón.

Topografía

En líneas generales, la pendiente del área de riego está orientada en el sentido Sur-Noroeste, pero localmente se muestra ciertas variaciones debido al micro relieve ligeramente ondulado que lo caracteriza y la existencia de numerosos caños secos, depresiones o bajíos y antiguos cursos de aguas.

Tomando como referencia la actual carretera Falcón-Zulia se observan dos posiciones topográficas de importancia cuya divisoria la establece el río Cocuiza. Una primera posición abarca la zona comprendida entre la margen izquierda del río Maticora a la altura del puente, y la margen derecha del Cocuiza, cuya pendiente es de 0.18% en promedio, orientada en dirección E-O, y otra que va desde la altura del camino a Santa Cruz, en la vía Falcón-Zulia hasta el río Cocuiza, con una pendiente de 0.28% en promedio orientada en dirección O-E.

Hacia el sur de la carretera donde se encuentra el piedemonte se ubican las mayores pendientes y hacia el sector N-O se encuentran las más bajas con valores menores a 0.14%.

Una particular característica de la topografía de la zona es la siguiente: hacia el NE colindando con la zona erosionada adyacente al río Maticora, se presentan una serie de bajíos y antiguos cursos de aguas que muestran una diferencia de pendiente del orden de 0.38%, orientada en dirección O-E, respecto a la seleccionada zona de riego y hacia el N-O, en las proximidades del Caño "La Cuchara", la pendiente se orienta en el sentido E-O, con un valor de 0.04%. Esta misma situación se repite en las proximidades del Hato Palos Grandes en la Zona norte, donde la pendiente llega a alcanzar valores de hasta un 0.02%.

Clima

Existen pocos datos climáticos de la zona de Maticora, solo se tiene datos en el periodo 1.959 – 1.983, referentes a precipitaciones y evaporación de la estaciones "Don Pancho", "Quisiro" y "Mene de Maurora", las cuales se consideraron las más representativas en la zona.

El clima de la región pertenece al tipo semiárido megatérmico, la precipitación promedio anual es de 850 mm distribuidos en forma bimodal en dos periodos que van desde Mayo a Junio y de Agosto a Noviembre, el periodo seco abarca desde Diciembre hasta Abril.

La evaporación en la zona es elevada. Tomando como referencia la Estación "Don Pancho", se tiene, para un registro de 20 años, una media de 2.453 mm anuales, la cual es representativa de la evaporación de la zona de riego. Los meses de mayor evaporación son de Marzo a Agosto, en orden decreciente, y los meses de menor evaporación son Noviembre y Diciembre.

En la Figura 4, se presenta la relación Evapotranspiración-precipitación para la zona de riego y en la Tabla 5 un resumen de los principales datos climáticos.

La temperatura media anual es de 28 grados centígrados. La máxima media absoluta 33.5 grados centígrados y la mínima es de 24.3 con una máxima absoluta de 40.4 y mínima absoluta de 18 grados centígrados.

Vegetación y uso actual

La zona de Maticora ha sido hasta ahora una región cuyas actividades productivas pueden considerarse de subsistencia para los pobladores de la zona. Las limitaciones del recurso agua condujeron a un pobre desarrollo agropecuario,

actividades que fueron sumamente restringidas en el pasado. Es a partir de la construcción de la presa, gracias a la cual el río Matícora mantiene artificialmente su caudal constante durante todo el año, que se inicia un crecimiento vigoroso de este sector económico, sobre todo en la margen occidental del río. Allí los ganaderos utilizan motobombas para la extracción del agua y la vierten sobre melgas rectangulares (cajones), construidas rústicamente y en las cuales siembran pasto, específicamente Guinea, Pará y Alemán.

La actividad predominante en la zona continúa siendo la ganadera caprina, en forma por lo demás tradicional. Cada familia tiene un determinado número de cabezas y su respectivo corral, siendo esta actividad totalmente extensiva.

Las actividades agrícolas son igualmente muy poco desarrolladas ; solo existen siembras realizadas de algunos cultivos como el maíz y el sorgo de manera rústica. De igual forma existen algunos frutales y huertos caseros con tomate y pimentón de muy poca importancia económica. En la actualidad existe una estación experimental de Corpooccidente para la determinación, en campo, de los cultivos más apropiados a las condiciones físico-climáticas de la zona.

En la zona de riego actualmente se encuentran en producción aproximadamente 300 ha con cultivos como tomate, melón, algodón y algunos pastos (guinea y estrella). El 80% del área del sistema de riego se encuentra totalmente deforestada.

Según la clasificación de Holdridge "Zonas de Vida de Venezuela", esta zona pertenece al llamado bosque espinoso seco tropical, donde lamentablemente en la época actual han quedado muy pocos testigos de este tipo de vegetación, abundante hasta principios de siglo.

La vegetación natural de la zona, debido a las condiciones climáticas predominantes, es Xerófila en un 80%, con predominio de cactáceas tales como el Cardón (*Cereus griseus*) y la tuna (*Opuntia caracasana*), complementados con el cují (*Prosopis sp.*). Sin embargo en el pasado existió una explotación maderera muy intensiva que prácticamente desnudó el suelo en algunos sectores, causando una erosión laminar severa y desaparición de especies valiosas como el Roble (*Catalpa longisiliqua*), Curari (*tecoma seratifolia*), Pardillo (*Cordia alliodora*) y Vera.

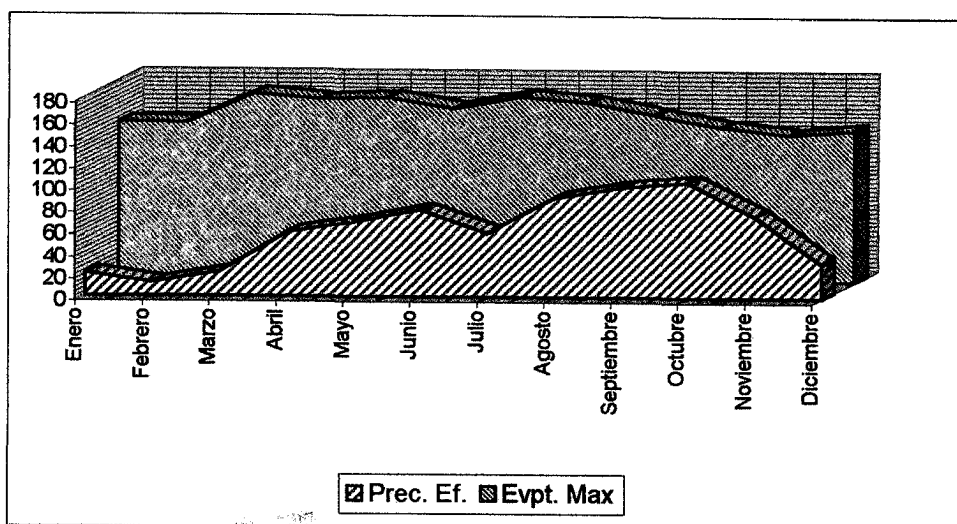


Figura 4. Comparación entre la Prec. Efectiva con la EVPT. En la Zona de Matucora.

Tabla 5. Balance Hídrico de la zona de Matucora.

BALANCE HIDRICO DE LA ZONA DE "MATICORA"								
MES	Prec. (mm)	Prec. Ef. (mm)	Evap. (mm)	Evpt. Max (mm)	Almacenamiento (mm)	Evpt. Real (mm)	Déficit (mm)	Excesos (mm)
ENERO	22	21	192	143	0	21	122	0
FEBRERO	13	12	190	142	0	12	130	0
MARZO	23	22	226	169	0	22	147	0
ABRIL	66	58	220	164	0	58	106	0
MAYO	78	67	223	166	0	67	99	0
JUNIO	94	79	208	156	0	79	77	0
JULIO	67	58	224	167	0	58	109	0
AGOSTO	108	90	217	162	0	90	72	0
SEPTIEMBRE	123	100	203	151	0	100	51	0
OCTUBRE	129	105	187	140	0	105	35	0
NOVIEMBRE	87	74	178	133	0	74	59	0
DICIEMBRE	33	32	185	138	0	32	106	0
TOTAL	843	718	2453	1831	0	718	1113	0

Hidrografía

Aguas superficiales

En la zona de estudio solamente existen dos cursos de agua de importancia, el río "Maticora", que abastecerá al futuro sistema de riego del mismo nombre, y el río "Cocuiza" al occidente del primero.

La red hidrográfica de la hoya del río Maticora y la del río Cocuiza pertenecen al tipo dendrítico con modificaciones de tipo sub-dendrítico y pinado. El río Maticora tiene sus cabeceras en el cerro Socopo; en su recorrido recibe las aguas de los siguientes tributarios: río Los Palmares y río Goajira, Quebrada Seca, Quebrada Cusito, Quebrada La Florida. Las quebradas las Peñas y Las Peñitas, que drenan las aguas del Cerro Lejía junto con la Quebrada los Llanitos desembocan en el río Maticora, en la zona del embalse. El principal afluente del río Maticora por su margen izquierda es la Quebrada Oca, que junto con la Quebrada Cachimbo alimentan directamente al embalse.

Aguas abajo del sitio de Presa, fuera de su zona de captación del río Maticora, éste recibe por su margen derecha las aguas de la Quebrada Valero con sus afluentes Quebrada Agua Viva y Lejía; Quebrada Hombre Pintado con sus afluentes; Quebrada Vera Vaca y Concha y más abajo la Quebrada Guinea.

Por la margen izquierda del río Maticora, aguas abajo del sitio de la presa, éste no recibe afluentes; la divisoria ya mencionada en varias oportunidades impide el drenaje en esta dirección.

El cauce del río Maticora, aguas abajo del sitio de presa, tiene unos 25 – 30 m de ancho y 2 m de profundidad con una sección bien formada; en su fondo se observan materiales gruesos o sea cantos rodados y fajas de materiales más finos, arenas de granos gruesos y texturas poco diferenciadas Franco-Arcillo-arenosas y Arcillo-arenosas.

Ocasionalmente el cauce se presenta bien formado de 4 a 5 m. de profundidad con base del fondo de unos 14 m. y base superficial del cauce de 30–35 m. En este caso, en las márgenes del río no existen terrazas diferenciadas, por el contrario se observa una zona sujeta a ocasionales inundaciones de un ancho variable entre 100 y 200 m. Esta zona está delimitada por una o varias fajas angostas erosionadas de antiguas terrazas que alcanza tierras adentro de la zona erosionada de la propia divisoria. En otros tramos del río, se han formado dos terrazas bien determinadas. La primera de paredes abruptas fuertemente erosionadas que alcanzan unos 10m. de desnivel respecto a los terrenos limítrofes, sigue una zona de playa o vega de unos 30 a 100m. de ancho que constituye la siguiente terraza sujeta

a periódicas inundaciones. Existen otros sitios donde el propio cauce tiene una profundidad de 2 a 3 m. y ancho que no sobrepasa los 20 m; sin embargo el cañón formado por las dos terrazas alcanza ocasionalmente en estos sitios 100m de ancho.

Para la construcción del embalse de Matícora, se realizaron los estudios de fluviometría, donde durante un periodo de diez años se determinó un volumen medio anual del río de $225,9 \text{ m}^3 / \text{año}$, para un correspondiente gasto medio de $7.16 \text{ m}^3 / \text{sg}$, con la particularidad para este río de que existen 6 meses de sequía donde su escurrimiento es casi cero y 6 meses donde escurre prácticamente el volumen anual.

La capacidad del embalse es de 185 millones de metros cúbicos, de los cuales son aprovechables unos 150 millones de metros cúbicos por lo se podría regar aproximadamente 15.000 hectáreas, en el caso de utilizarse exclusivamente para ese fin; aparentemente para la fecha actual (Enero del 2001), la decisión final sería la de utilizar sus aguas para suplir la costa oriental de Lago de Maracaibo, por una parte, y la otra para cubrir el permanente déficit que tiene el sistema central de abastecimiento de agua de Falcón (Coro y Punto Fijo), dejando un remanente para suplir la capacidad instalada actual de 1200 ha.

La presa fue construida para una vida útil de 65 años, estimando una tasa de azolve de $3,88 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{año}$. Lamentablemente el nivel de degradación de la cuenca alta y media del río Matícora ha aumentado en forma alarmante. Un informe del MARNR., citado por SEM-UNEFM (1994), estima una tasa actual de $12 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{año}$ triplicando lo estimado originalmente por lo que el volumen muerto de la presa ha disminuido en un 50%, estimándose una vida útil de 24 años si se mantiene la tasa actual hasta el año 2020.

El otro río de importancia en la zona es el Cocuiza, el cual, por su posición topográfica y su régimen irregular, hace imposible la utilización de sus aguas. En los años 60' se iniciaron proyectos para embalsar sus aguas mediante la construcción de una presa, pero en un estudio detallado sobre el escurrimiento de la cuenca se determinó que, para los bajos volúmenes de recolección y el elevado monto de construcción, era, desde el punto de vista económico, un proyecto inviable, En un futuro se piensa emplear este río como colector del drenaje externo de la zona de riego proyectada.

Aguas subterráneas

En el área de riego proyectada solo se utiliza con fines de riego un pozo de aguas subterráneas (Fundo "El Terronal"), sin embargo, aguas abajo del embalse, en el área geográfica del valle de río Matícora, existen 40 pozos en cuatro grupos principales; el primer grupo, alrededor de las colinas de Mene Mauroa, el segundo grupo está esparcido en las fincas de la zona de Matícora, aguas debajo de la presa,

en las cercanías del puente que existe en la vía Falcón-Zulia, el tercer grupo en la zona de "Sibira" y "Corralito" incluyendo la actual de riego y el cuarto en los alrededores de la población de San Félix.

En el caso de los pozos ubicados en el tercer grupo, éstos presentan, en su mayoría, aguas de muy mala calidad, prácticamente salobres, de baja capacidad de producción y utilizados algunos de ellos como fuente de agua potable para los caseríos de la zona, aunque sus pobladores tratan en lo posible de no consumirla por el alto contenido de sales y sólo la utilizan para sus necesidades domésticas, por lo cual su uso para riego, tomando en cuenta el potencial del río Maticora, es muy reducido tanto en calidad como en cantidad.

Suelos

Las series que se encuentran en el sistema de riego, han sido descritas por OTEHA en el año 1963 y revisadas por un estudio edafotécnico semidetallado realizado por el Ing. J.R. Parra para el desaparecido M.O.P., División de Edafología, en el año 1967. En el mencionado estudio se presentan básicamente 3 series de suelos a saber: Maticora, Quiricias y los Indios, con diferentes tipos de acuerdo a su textura. Posteriormente en un estudio detallado realizado al sur de la actual zona de riego. J.R. Parra en 1969 agrupó en una misma serie (Maticora), las tres series mencionadas anteriormente. En ese estudio lamentablemente no se cubrió la actual zona de riego, y en él mismo se describía que al norte de este estudio donde se encuentra la zona de riego desarrollada; el contenido salino de los suelos podría ser limitante para el desarrollo agrícola de la zona.

La composición geológica de la cuenca tiene una alta relación con el contenido de sales en el suelo. La cabecera del río Maticora y Cocuiza presentan un predominio de rocas yesíferas y calizas que dan como resultado una gran cantidad de sales de sulfato en los análisis químicos de los suelos de la zona.

Los suelos presentan características físicas desfavorables en la generalidad de estas series, con bajas permeabilidades y compactación superficial, son suelos donde su clasificación taxonómica varía entre el gran grupo USTROPETS y USTIFLUVENTS, además existen en algunas partes suelos que se clasifican dentro del gran grupo CHROMUSTERS, orden Vertisoles.

Descripción de las series de suelo

Serie Maticora

Presenta un perfil poco desarrollado formado por aluviones del río Maticora, tipos uniformes Arcillosos o Franco-Arcillosos que descansan sobre estratos Arcillosos moderadamente friables; estructura de bloques angulares moderada a bien desarrollada; reacción ácida a ligeramente alcalina; altos contenidos de sales no sódicas (SO_4Ca y SO_4Mg) desde la superficie; moteados a partir de los 70cm de profundidad; drenaje externo e interno lento; topografía plana; tipos predominantes Arcillosos y Franco-Arcillosos (A y FA).

Serie las Quiricias

Presentan perfiles poco desarrollados, formados por aluviones del río Maticora; tipos de textura FA. Y A. con estratos subyacentes que muestran predominio de la fracción limo y textura A, AL y FAL; reacción ácida y alcalina; alto contenido de sales (CO_3Ca y SO_4Ca) entre los 10 y 50 cm que se acentúan con la profundidad; estructura de bloques angulares a sub-angulares moderadamente desarrollados; topografía plana; drenaje externo mediano e interno lento a mediano; tipos predominantes: FA, FAL y A.,

Serie los Indios

Presentan perfiles poco desarrollados, formados por aluviones del río Maticora; tipos uniformes de textura A, FAL y AL, con predominio de la fracción limo; reacción ácida a ligeramente alcalina; acumulaciones frecuentes de sales (CO_3Ca y SO_4Ca), a profundidades variables que se acentúan con la profundidad del perfil; estructura de bloques angulares a sub-angulares de moderado desarrollo, topografía plana; drenaje interno y externo mediano; tipos predominantes: A y FA.

Drenaje

Drenaje Externo

El drenaje superficial de la región de la Maticora puede catalogarse como lento, debido al predominio de texturas Arcillosas y a la poca pendiente existente en la zona.

Durante la época de sequía no se producen escurrimientos en la zona a través de los cauces naturales; sin embargo, en la época de lluvia, debido a los tiempos cortos de concentración y las altas intensidades de precipitación, los cauces naturales se hacen insuficientes para el drenaje y en consecuencia se desbordan en varios sitios de la zona de riego.

Esta agua se acumulan en depresiones y bajíos, originando ciénagas, las cuales, durante la época de sequía son aprovechadas en parte por los productores, algunos agricultores en épocas pasadas utilizaron esta agua para la explotación de arroz, especialmente al S-E de la zona de riego, concretamente en la población de Quisiro, utilizando derivaciones y retenciones rústicas que ellos elaboraban en forma artesanal. Este tipo de obras, junto con la textura de los suelos, favorecía la acumulación de agua para la explotación adecuada de este cultivo; lamentablemente por diferentes circunstancias este tipo de siembra se terminó en la zona y en la actualidad estas tierras se utilizan para la explotación ganadera.

Drenaje interno

El drenaje interno de la región de Maticora puede catalogarse como lento a muy lento, conforme al predominio de texturas arcillosas en los perfiles de suelo, lo cual es un factor limitante para el establecimiento de algunas cultivos. Como podrá observarse más adelante la conductividad hidráulica es sumamente baja, por lo que el establecimiento de una red de drenaje interno artificial es necesario si se van a utilizar estas tierras para la agricultura.

La muestra evidente del alto contenido de arcilla en la región y el tipo que predomina se manifiesta por los procesos de contracción y expansión de las mismas al ocurrir las épocas lluviosas y de sequía.

El nivel freático se mantiene prácticamente invariables durante todo el año, motivado a la baja permeabilidad de los suelos, por los que esto no causa en la actualidad ningún tipo de problema. Este nivel se mantiene hasta la fecha presente a una profundidad aproximadamente de 13m.

CAPITULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

Estudio de suelos

Para el presente estudio se realizaron determinaciones químicas de suelo, como corresponde a un estudio de salinidad, y determinaciones físicas del mismo con fines de drenaje para de esta forma encarar el problema de salinidad de Maticora en toda su amplitud.

Al lograr el objetivo principal de este estudio como lo es determinar el potencial de salinidad de los suelos en la zona, se hace imperativo la determinación de las condiciones hidrodinámicas del mismo a la par con los estudios de salinidad.

La revisión de la información existente, sobre todo la agrológica, fue bastante exhaustiva lo cual ayudó a ubicar sin inconvenientes las series de suelo y sus respectivas variaciones.

Muestreo de suelos

En el muestreo de suelo se siguieron las consideraciones que para este proceso aparecen en el Handbook N° 60 del U.S.D.A. (1954), el cual constituye el manual de referencia obligado para todo estudio de salinidad. Los materiales utilizados fueron los siguientes:

1. Barreno tipo holandés de 1.5 m con dos extensiones de un metro.
2. Bolsas plásticas de 5kg de capacidad y etiquetas de identificación
3. Mapa topográfico de escala 1:5.000 y 1:20.000
4. Mapa de suelo de escala 1:20.000 y 1:30.000
5. Fotografías aéreas de escala 1:25.000
6. Estereoscopio portátil

La metodología del muestreo, en cuanto a la densidad, se basó en el estudio edafotécnico realizado en la zona por Parra (1967) y consistió en el chequeo y

toma de muestras por serie de suelo en forma de cuadrícula para toda la zona de riego; se realizó de esta forma con el fin de elaborar perfiles estratigráficos longitudinales y transversales para así poder describir el espesor y la continuidad de los estratos de suelo, permitiendo determinar las posibilidades de formación de mantos colgantes al iniciarse el riego en la zona. Se consideró la realización de estos perfiles motivado a la formación de los suelos los cuales son deposiciones aluviales provenientes del río Matícora con estructura de tipo laminar. El número de sitios de muestreo consistió en siete (7) por serie de suelo, para un total de 21 sitios más, (2) dos que sirvieron para los perfiles, lo que da un total de 23 sitios, la ubicación de estos puntos se puede observar en el mapa de la zona contenido en el Anexo A.

La profundidad de muestreo en la mayoría de los puntos se realizó a los 2 metros y en algunos casos se llegó a 3 metros; si bien estas profundidades sobrepasan el límite edafológico, son necesarias para la determinación de los estudios de drenaje, sobre todo para evaluar variaciones de textura que indiquen la posible formación de mantos colgantes. De acuerdo al Soil Conservation Service de U.S.A.(1973) se estima que en las áreas bajo riego, es conveniente realizar estudios texturales a profundidades superiores a las previstas para el sistema radicular de la mayoría de los cultivos comerciales, por tanto para este estudio se decidió una profundidad de 3 metros, de tal forma de evaluar posibles problemas posteriores en cuanto a elevaciones del nivel freático. Las muestra para cada perforación se extrajeron cada 25 cm para un total de 8 o 12 muestras por punto de muestreo.

En cada punto de muestreo se realizaron observaciones de campo, con la finalidad de relacionar posteriormente los resultados obtenidos en el laboratorio; se realizaron anotaciones sobre síntomas de salinidad en la vegetación existente, presencia de especies reveladoras de problemas de este tipo y la observación de costras brillantes en la superficie del suelo, a la vez se determinó en cada perforación para la toma de muestras, la presencia de moteados e incrustaciones en los horizontes del suelo.

Características del suelo evaluadas

Determinaciones físicas

Textura – La textura se determinó, para cada muestra de suelo, en el Laboratorio de Ministerio del Ambiente y de los recursos Naturales Renovables (MARNR), de la Zona 3 (Barquisimeto); con estos datos se realizaron los perfiles de suelo transversales y longitudinales que se encuentran en el Apéndice B.

Estructura - Para la estimación de ésta se consultó el estudio agrológico semidetallado, realizado en 1.967 por el antiguo Ministerio de Obras Públicas (MOP). En los sitios del muestreo se realizaron comprobaciones visuales de la misma; de

igual forma se consultó en este estudio otras características de suelo relacionados con la estructura y la textura del suelo como son: la infiltración, la profundidad radicular de los pocos cultivos establecidos en la zona y la dificultad existente en la preparación de las tierras para el establecimiento de cultivos. Si bien el referido estudio fue realizado hace 33 años, sigue siendo válido en este concepto debido a la casi nula utilización que ha tenido esta zona.

Otra de las características evaluadas durante el muestreo fue la determinación del color del suelo, la cual, si bien no es una característica física, es indicativo de problemas relacionados con el drenaje del suelo, determinado cualitativamente el grado de afectación del mismo.

Determinaciones Químicas

Las determinaciones químicas, cuya metodología se presenta a continuación, se realizaron por igual para los suelos y las aguas que se muestrearon en la zona, a excepción por supuesto de la determinación del extracto de saturación.

En la primera fase se realizó, a todas las muestras en forma simultánea, la determinación de textura, la determinación del pH y de la conductividad eléctrica en una solución de suelo de concentración 1:2. Posteriormente, en una segunda fase, se determinó el extracto de saturación y determinación de cationes y aniones solubles a las muestras que con anterioridad se habían registrado en la solución de suelo 1:2 una C.E. > 1 dS/M.

Extracto de saturación - Para obtener el extracto se procedió en primer lugar a la preparación de la pasta saturada en base al procedimiento del Handbook 60 del Laboratorio de Salinidad de U.S.A.. Luego de ser obtenida la misma, se procedió a dejar en reposo por 24 horas para que ésta alcanzara el punto de saturación, debido a las texturas pesadas de estos suelos. La obtención del extracto se realizó por succión, utilizando una bomba de vacío.

Conductividad eléctrica - Para la determinación de la misma se utilizó un conductímetro previamente calibrado con una solución testigo de KC1. La lectura se suministra en mmho/cm

Cationes Solubles - Su determinación se realizó por absorción para el Ca y el Mg, y para el Na y el K se realizó por flamometría (fotómetro de llama). (Richards, 1977).

Aniones Solubles - La determinación se realizó utilizando volumétricos y colorimétricos. Los Carbonatos, Bicarbonatos y Cloruros se realizaron por titulación con ácido sulfúrico en los dos primeros casos y con nitrato de plata en el segundo. Para los sulfatos, se utilizó cloruro de bario. (Richards, 1977).

En algunas muestras se hizo necesario la determinación de un anión con el cual no se contaba como el Nitrato; para este caso, las muestras se realizaron por métodos colorimétricos, utilizando ácido fenoldisulfónico.

Conductividad hidráulica.

Metodología

La determinación se realizó utilizando el método del barreno invertido (Método Porchet), el cual tiene una base matemática descrita por Kessler y Oosterbaan (1974) citados por Galindo (1983); debido a que el nivel freático se encuentra alrededor de 13 metros de profundidad, por lo que no existe otro método viable para su determinación en el campo. Cabe mencionar que en el estudio agrológico realizado por Parra (1969) en la zona, se realizaron este tipo de pruebas con muestras disturbadas en el laboratorio de suelos del MOP, en Maracaibo.

Equipo - El equipo utilizado consistió en un barreno tipo holandés de aproximadamente 10 cm de diámetro con extensiones, un cepillo de alambre con extensión, nivel de albañil, cinta métrica de 3m, un soporte metálico con polea, un flotador de goma, cronómetro, indicador, carpetas y lápices. Debido a los valores tan bajos de permeabilidad en los suelos de la zona, se hizo necesario realizar observaciones nocturnas para obtener de esta forma datos confiables.

Preparación de la prueba - Los sitios de prueba correspondieron a los sitios de muestreo al finalizar la extracción de la muestra de suelo motivado a que al tomar las muestras quedaba lista la perforación para realizar la determinación de la conductividad hidráulica, por lo cual se realizaron estas pruebas a una profundidad de 2 metros y en 3 de los sitios de muestreo a los 3 metros; una vez finalizado el proceso de toma de muestras, se procedió a introducir en el pozo un cepillo de alambre para eliminar posibles compactaciones en la cara interna del pozo causadas por el barreno al realizar el movimiento de rotación que afectara los resultados finales de permeabilidad.

Prueba de abatimiento - Una vez finalizada la limpieza se colocó el soporte, se niveló a escuadra y se preparó el indicador junto con el flotante; a continuación se procedió a agregarle agua al pozo hasta unos 10 cm por debajo de la superficie del suelo. De inmediato se inició la medición del abatimiento a intervalos de 30 minutos en las primeras mediciones y posteriormente a 120 y 240 minutos. Las primeras mediciones se tomaron con cierta reserva, por tratarse de velocidades iniciales bastante altas, corroborando lo que ocurre al plotear los resultados para estimar la conductividad, donde por lo general estos primeros valores no influyen. Es importante evitar el añadido de agua al pozo en forma violenta con el objetivo de conservar la estructura de sus paredes en el momento de iniciar la prueba de conductividad

hidráulica. En las Figuras 5 y 6 se observan detalles del equipo y las mediciones a efectuar.

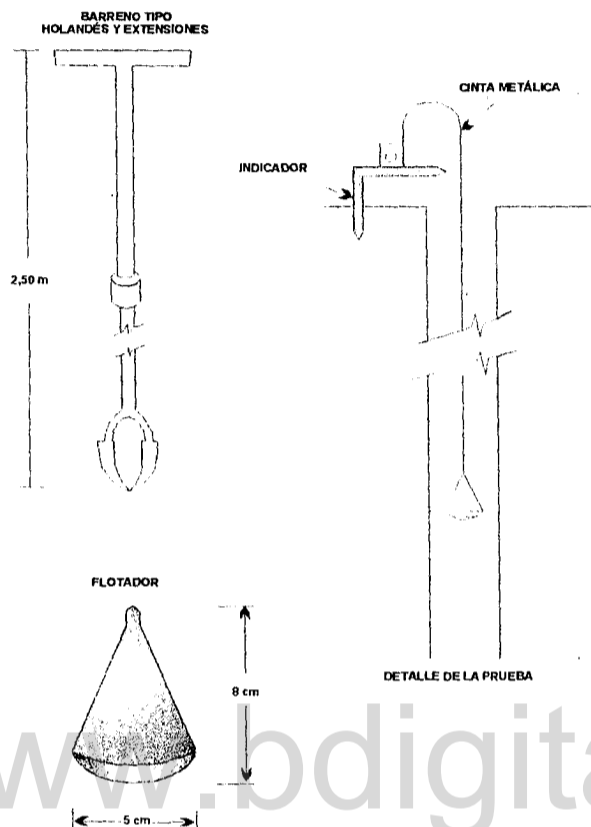


Figura 5. Detalles del Equipo y la Prueba de Conductividad Hidráulica (K).

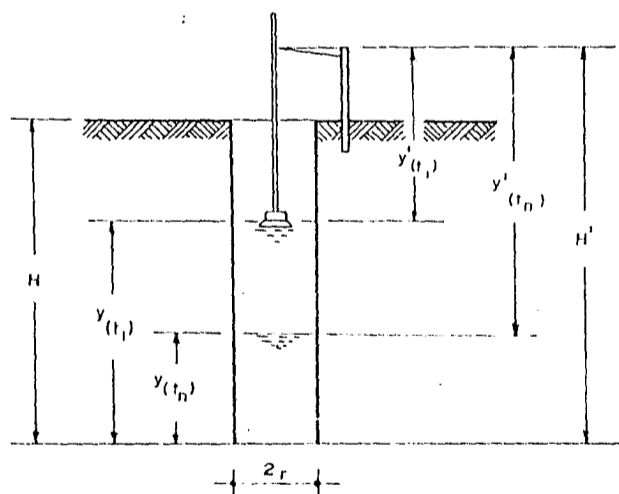


Figura 6. Medidas que se realizan en el método del barreno invertido.

Procesamiento de Datos

A continuación se presenta la derivación de la fórmula para determinar la permeabilidad utilizando este método y un ejemplo del procedimiento seguido para calcularla.

$$A_{(ti)} = 2 \pi r Y_{(ti)} + \pi r^2 \quad (4.1)$$

donde:

$A_{(ti)}$, es la superficie de suelo en la cual se infiltra el agua en el tiempo t_i (cm^2).

r , es el nivel del pozo (cm)

$Y_{(ti)}$, es el nivel de agua en el pozo al tiempo t_i , (cm).

Suponiendo que el gradiente hidráulico es igual a la unidad, de acuerdo a la Ley de Darcy, se puede escribir que:

$$Q_{(ti)} = KA_{(ti)} = 2 \pi r K (Y_{(ti)} + r/2) \quad (4.2)$$

Si durante el intervalo de tiempo dt , el nivel del agua desciende dy , la cantidad de agua infiltrada en el suelo es igual a:

$$Q_{(ti)} = - \pi r^2 \frac{dy}{dy} \quad (4.3)$$

Sustituyendo la ecuación 4.3 en la ecuación 4.2, se tiene:

$$2 \pi r K (Y_{(ti)} + r/2) - \pi r^2 \frac{dy}{dy} \quad (4.4)$$

Separando variables e integrando entre los límites:

$$t_i = t_l ; \quad Y_{(t_i)} = Y_{(t_l)}$$

$$t_i = t_n ; \quad Y_{(t_i)} = Y_{(t_n)}$$

$$2 K / r (t_n - t_l) = \log (Y_{(t_l)} + r / 2) - \log (Y_{(t_n)} + r / 2)$$

Cambiando logaritmos se obtiene:

$$K = 1,15 r \frac{\log (Y_{(t_l)} + r / 2) - \log (Y_{(t_n)} + r / 2)}{t_n - t_l} \quad (4.5)$$

Como resultado final tenemos la siguiente ecuación experimental:

$$K = 1,15 r Tg \alpha \quad (4.6)$$

Al representar gráficamente en un papel semilogarítmico los valores de $(Y_{(t_i)} + r/2)$ contra (t_i) , se obtiene una recta en la cual se calcula la tangente del ángulo α . Ver Figura 7.

Los valores de conductividad hidráulica han sido agrupados en varios rangos para su definición cualitativa. Grassi (1.981) citado por Galindo (1.983), los agrupa en la Tabla 6 de la siguiente forma:

Tabla 6 : Clasificación de la Conductividad Hidráulica en los diferentes tipos de Suelos (Grassi 1981)

CLASE	CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA	
	Cm / hr	m / día
1.- Muy Lenta	0.1	0.03
2.- Lenta	0.1 – 0.5	0.03 – 0.12
3.- Moderadamente Lenta	0.5 – 2.0	0.12 – 0.50
4.- Moderada	2.0 – 6.0	0.50 – 1.50

Fuente: Grassi 1981

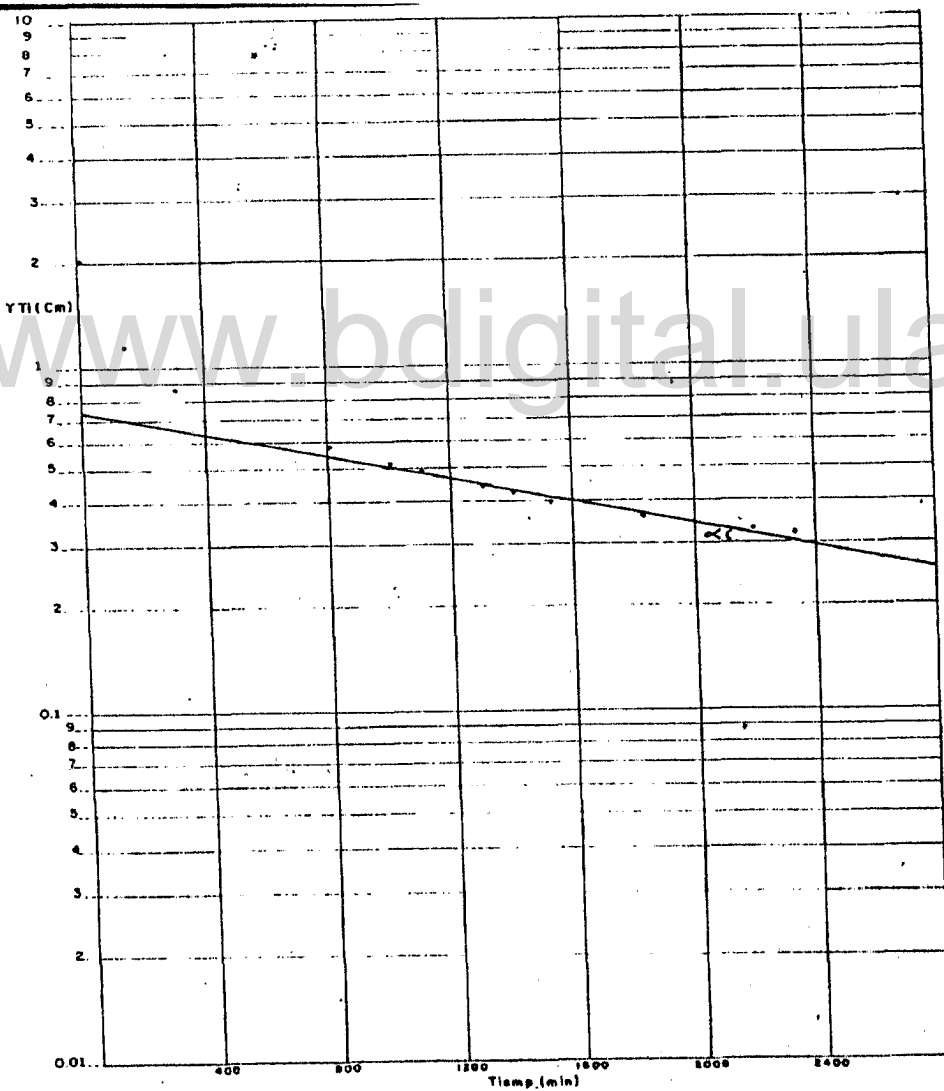


Figura 7. Representación de la Infiltración en función del Tiempo.

Criterios de clasificación de suelos

Los criterios utilizados para la clasificación de suelos afectados por sales han sido establecidos por el Laboratorio de Salinidad del USDA, en Riverside, USA; dichos criterios son:

- a.- Contenido de sales
- b.- Cantidad de sodio intercambiable
- c.- Actividad del ión hidrógeno

De acuerdo a estos criterios, se establecieron límites que fueron actualizados posteriormente por la Sociedad Americana de la Ciencia del Suelo, Pérez (1989), los mismos se presentan en la Tabla 1.

Los criterios antes señalados constituyen una guía de referencia. En algunos casos estos valores hay que tomarlos con cierta precaución a la hora de expresar un resultado concluyente debido a la gran variación y complejidad que existe en la solución de suelo.

Los suelos salinos se reconocen en campo por la presencia de costras blancas de sal en su superficie en su fase avanzada. En estos suelos el sodio rara vez sobrepasa la mitad del total de cationes solubles y por tanto, no es adsorbido en forma importante. Las cantidades relativas de Ca^{++} y Mg^{++} presentes en la solución de suelo y en el complejo de intercambio, varían considerablemente. Las principales sales solubles son: sulfatos, carbonatos y algún bicarbonato de calcio o magnesio. La permeabilidad del suelo no es afectada. El exceso de sales mantiene las partículas de arcilla floculadas.

Los suelos salino—sódicos poseen una mayor concentración de sodio. El exceso de sales mantiene la permeabilidad del suelo. Cuando existe una remoción de estos excesos de sal, se alteran en mayor o menor grado las propiedades físicas del suelo, dando origen de esta forma a los suelos sódicos.

En los suelos sódicos, el Na^+ intercambiable se hidroliza, formándose NaOH que causan destrucción de la materia orgánica. Al mismo tiempo este hidróxido de sodio, al reaccionar con el CO_2 forma Na_2CO_3 . El suelo se vuelve fuertemente alcalino. Los valores superiores a 8 de pH son comunes. Ocurre dispersión de la arcillas, limitándose severamente la entrada de aire y agua al suelo. El contenido total de sales es bajo.

Estudio de Aguas

Muestreo de aguas

Aguas superficiales

Este muestreo se realizó en tres sitios de la fuente de agua para riego que es el río Maticora, siguiendo el procedimiento para la toma de muestras de Brown et al (1.972) del U.S. Department of the Interior Geological Survey; se tomaron tres muestras representativas de las fuentes de agua, una a la salida de la torre-toma de la presa, otra en el sitio de bombeo del sistema de riego y la última al norte de la zona de riego cerca de la desembocadura del río al mar, para determinar si existía variación en el contenido de sales en el río a su paso por la zona de riego. Es necesario aclarar que para este río, ya se registraban, en épocas anteriores (1974 y 1975), análisis de sus aguas junto con los ríos más importantes de la zona occidental de Venezuela, los cuales fueron publicados bajo ese nombre por la Fundación de Desarrollo Centro-Occidental.

En el caso de las aguas superficiales de la zona que no son parte del suministro para riego, como lagunas y jagüeyes, la determinación se realizó *in-situ* con un conductivímetro de campo, calibrado en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Francisco de Miranda (U.N.E.F.M.) de la ciudad de Coro.

Aguas subterráneas

Este muestreo se realizó en los pozos que se encuentran en la zona de riego y en sus áreas más cercanas con fines de verificar los resultados de los análisis químicos de aguas subterráneas realizados anteriormente. A partir de los resultados obtenidos se determina descartar esta agua para riego, tanto por la calidad como por la cantidad. El número de muestras obtenidas son 4, de un número similar de pozos. Entre estos uno se utiliza para consumo humano, dos para riego de pastos y el último con fines mixtos: riego y consumo humano.

La toma de muestra en pozos se realizó después de 1 hora de bombeo y en la tubería de descarga del mismo, En cuanto a toma de muestras de agua de nivel freático, es imposible realizarla con los materiales empleados en el muestreo de suelos, debido a la gran profundidad del nivel freático (alrededor de 13 metros).

Los parámetros químicos de estas aguas a ser evaluadas se determinaron en función de los posibles riesgos de salinidad o sodicidad que ella tuvieran, datos estos obtenidos de los análisis de cationes y aniones solubles.

- | | |
|-----------------------------|----------------------------------|
| a.- Conductividad Eléctrica | b.- pH |
| c.- Na ⁺ | d.- K ⁺ |
| e.- Ca ⁺⁺ | f.- Mg ⁺⁺ |
| g.- Cl ⁻ | h.- DO ₄ ⁼ |
| i.- HCO ₃ | j.- CO ₃ |
| k.- RAS | |

Criterios de clasificación de aguas

Para la clasificación de aguas se utilizará las directrices propuestas por la FAO, en el documento de Ayers y Wescott (1987) y la metodología propuesta por Pla Sentís (1975, 1985) y cuyos conceptos básicos se presentan a continuación:

La utilización de valores de requerimiento de lixiviación para el control de sales totales y sodio, tomando en cuenta la posibilidad de precipitación de ciertas sales en el suelo como base para calibrar el agua de riego, permite una apreciación más objetiva cualitativa y cuantitativamente de sus posibilidades de uso y de los requerimientos que hagan posible su utilización de acuerdo a las condiciones donde se va a realizar su aplicación.

En función de lo anterior; se definen límites permisibles de sales, conforme a la tolerancia de los cultivos, y límites permisible de sodio (expresado como RAS) de acuerdo a las características físicas y mineralógicas, así como de las propiedades hidrológicas del suelo en el cual se va a realizar la aplicación de agua de riego.

En cuanto a los límites permisibles de sales totales en el suelo, según Pla (1975) se realiza la siguiente división:

- Cultivos sensibles : 40 meq / l
- Cultivos tolerantes : 80 meq / l
- Cultivos muy tolerantes: 160 meq / l

Para la zona del presente estudio, se tiene que, en función de los cultivos a establecer en la zona y la utilización que tienen en la actualidad, el valor a tomar deberá ser de 40 meq / l.

En función de las propiedades hidrológicas de los suelos, los valores de RAS, a ser utilizados en la presente clasificación se tomarán en función de la permeabilidad de los suelos encontrados en la zona, de esta forma se tiene:

RAS bajo:	5
RAS medio :	10
RAS alto :	15

Estos valores mínimos de RAS obedecen a las condiciones particulares de la zona, en donde se encuentran, a poca distancia, variaciones muy grandes de la textura de suelo, debido a ello se colocan valores mínimos para suelos de textura pesada y baja conductividad hidráulica.

Para la determinación de los requerimientos de lixiviación, tanto de salinidad como de sodicidad, se utilizaron las ecuaciones que aparecen en la Tabla 8, en un programa de computación denominado "CAGUA" (calidad de agua) escrito en Fortran 77 en el CIDIAT por el Prof. J. A. Pérez R.. En el Apéndice E, se encuentran la descripción del programa, de igual forma se determinaron además de los requerimientos de lixiviación, la frecuencia de riego, utilizando un programa de segunda generación (lenguaje SQL) denominado " SALSODE " (salinidad y sodicidad); este programa se anexa en forma de diskette de 3 ½ en el Anexo B.

Para desarrollar el método se usa el balance de agua en la zona de control (dependiendo de la expansión y profundidad radicular del cultivo) del suelo en un tiempo determinado.

$$HR + HP = Huc + HD$$

donde:

HR = lámina de agua aplicada en el riego

HP = lámina de agua de precipitación efectiva

Huc = uso consuntivo (lámina)

Hd = Lámina neta de agua que drena o percola de la zona control del suelo.

El balance de sales totales o iones particulares en la zona control del suelo, si no hay precipitación de sales, será:

$$HR \times CR = HD \times CD$$

donde:

CR = concentración de sales o de iones individuales (por ejemplo Na)

CD = concentración de sales o de iones individuales en el agua de drenaje.

Tabla 7. Ecuaciones para determinar los requerimientos de lavado.

Condiciones (sales en el agua de riego)	Solubilidades máximas (en solución del suelo)	LF (SI) = (para valores críticos de STES)	LF (RAS) (para valores críticos de RASES)	Precipitación de sales*
BR ≤ CAR BR ≤ 10 × LF CASR ≤ 30 × LF	CABES = 10 meq/l CASES = 30 meq/l	(NAR + CAR) STES	$2 \times NAR^2 RASES^2 + CAR$	No precipitan
BR ≤ CAR BR > 10 × LF CASR ≤ 30 × LF	CABES = 10 meq/l CASES = 30 meq/l	(NAR + CAR - BR) (STES - 10)	$\frac{(RASES^2 \times (CASR + CACLR)^2 + 80NAR^2)^{1,2}}{20RASES}$ $\frac{(CASR + CACLR)}{20}$	Carbonatos de Ca y Mg (C) a LF < BR/10
BR ≤ CAR BR ≤ 10 × LF CASR > 30 × LF	CABES = 10 meq/l CASES = 30 meq/l	(NAR + CAR - CASR) (STES - 40)	$\frac{(RASES^2 \times (CAR - CASR)^2 + 240NAR^2)^{1,2}}{60RASES}$ $\frac{(CAR - CASR)}{60}$	Sulfato de Ca (Y) a LF < CASR/30
BR ≤ CAR BR > 10 × LF CASR > 30 × LF	CABES = 10 meq/l CASES = 30 meq/l	(NAR + CAR - BR - CASR) (STES - 40)	$\frac{(RASES^2 \times (CACLR^2 + (320NAR^2))^{1,2}}{80 \times RASES}$ $\frac{CACLR}{80}$	Carbonatos de Ca y Mg (C) a LF < BR/10 Sulfato de Ca (Y) a LF < CASR/30
BR > CAR	CABES = CABR	-NAR (STES - CAR)	$NAR RASES + (CAR/2)^{1,2}$	Carbonatos de Ca y Mg (C) a LF < 1.0

La simbología para utilizar las ecuaciones presentadas en la Tabla 7 se encuentran en el Apéndice "D"

El requerimiento de lixiviación (L) definido por Reeve (1957) citado por Pla y Dappo (1974) es la fracción del agua de riego que debe ser percolada a través de la zona radicular para mantener la salinidad del suelo por debajo de un nivel dado. Esta salinidad se expresa en base al extracto de saturación (ES).

$$L = HD / HR = CR / CD$$

Este Concepto se puede usar para sales totales (ST) o para iones particulares como sodio (NA), Ca + Mg (CA), Cloro (CL), etc.

$$L (ST) = STR / STD$$

$$L (NA) = NAR / NAD$$

$$L (CA) = CAR / CAD$$

para cualquier caso:

$$HD = L \times HR$$

Se sustituye en la siguiente ecuación

$$HR + HP = Huc + HD$$

Se tiene:

$$Hr = Huc - HP / 1 - L$$

que es la lámina requerida para mantener el balance de sales.

Ahora bien, las determinaciones de salinidad e iones en el laboratorio para suelos y cultivos suelen expresarse en base al extracto de saturación (ES). Igualmente debido a que la lixiviación no se hace uniforme por la presencia de grietas, macroporos, raíces, etc. en el suelo, es necesario introducir un parámetro denominado eficiencia de lixiviación (F), el cual viene a ser:

$$L = STD / STES$$

por, tanto tomando en cuenta la eficiencia, la lámina de lavado es:

$$L (ST) F = STR / STES$$

y para el Ion sodio

$$L (NA) F = NAR / NAES$$

Con los valores de requerimientos de lixiviación para el control de sales totales, $L(st)F$, o de sodio, $L(Na)F$, en el suelo, y tomando en cuenta las limitaciones e influencias de conductividad hidráulica y de cultivos, se desarrollaron las Tablas 7 y 8 para establecer la calidad del agua para riego. En Tabla 7, el primer subíndice representa la calidad relativa del agua en cuanto al peligro de salinización o sodificación, y la segunda sirve como identificación de la tolerancia del cultivo o límites de RAS en la solución de suelo. En función de estos valores se determinaron los requisitos de lavado. Para las aguas de la zona del estudio, el primer subíndice es el N° 1, por tratarse, en la mayoría de los casos, de cultivos sensibles a las sales presentes en la solución de suelo.

En el trabajo de Ayers y Wescott se presenta una forma diferente para determinar las necesidades de lixiviación ajustada a requerimientos más específicos sobre los cultivos a utilizar, la misma fue desarrollada por Rhoades (1974), Merrill (1976), citados por Ayers y Wescott (1987), de la forma siguiente:

$$RL (L) = \frac{C.E. (A.R.)}{5 C.E (X) - C.E (A.R.)} \quad (4.7)$$

donde:

RL : Requerimiento de Lixiviación

$C.E (x)$: La salinidad del Extracto de saturación de dS / m que representa la salinidad tolerable por un cultivo determinado.

$C.E (A.R)$: La salinidad del agua de riego en dS / m .

Se ha logrado conseguir el valor de la salinidad del extracto de saturación que representa la salinidad tolerable para un cultivo determinado, $C.E (x)$ mediante varios experimentos realizados por algunos investigadores a nivel mundial; que realizaron una investigación exhaustiva para algunos cultivos específicos. Los más conocidos de estos trabajos son los de Mass y Hoffman (1977), Mass (1984), citados por Pérez (1987). En este resumen se indican los valores de tolerancia y se expresa que los mismos deben tomarse solamente como referencia debido a que puede existir variación en los datos causados por el clima, las condiciones de suelo y las prácticas de cultivo.

Uno de los principales aportes de estos investigadores es que lograron producir un modelo consistente en una ecuación para predecir la variación de los rendimientos a esperar en función de los aumentos de la salinidad en la solución de suelo.

Tabla 8 . Clasificación de Aguas de Riego, de acuerdo al Peligro de Acumulación de Sales Totales (ST) o de Sodio (NA) en el suelo (L (st) F) y (L (NA) F). Calculados con Ecuaciones de la Tabla 8. Pla (1985).

PERMEABILIDAD DEL SUELO (Infiltración básica)	STES MAXIMO (meq/l)	RASES MAXIMO	L(ST)F (para ST) - L(NA)F (para NA)													
			<0,01	0,01-0,02	0,02-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	0,20-0,30	>0,30							
ALTA (>5 cm/hora)	40	20	ST ₁₁	NA ₁₁	ST ₁₁	NA ₁₁	ST ₁₁	NA ₁₁	ST ₁₁	NA ₁₁	ST ₂₁	NA ₂₁	ST ₃₁	NA ₃₁	ST ₄₁	NA ₄₁
	80	30	ST ₁₂	NA ₁₂	ST ₁₂	NA ₁₂	ST ₁₂	NA ₁₂	ST ₁₂	NA ₁₂	ST ₂₂	NA ₂₂	ST ₃₂	NA ₃₂	ST ₄₂	NA ₄₂
	160	40	ST ₁₃	NA ₁₃	ST ₁₃	NA ₁₃	ST ₁₃	NA ₁₃	ST ₁₃	NA ₁₃	ST ₂₃	NA ₂₃	ST ₃₃	NA ₃₃	ST ₄₃	NA ₄₃
MEDIANA (0,5-5 cm/hora)	40	15	ST ₁₁	NA ₁₁	ST ₁₁	NA ₁₁	ST ₁₁	NA ₁₁	ST ₂₁	NA ₂₁	ST ₃₁	NA ₃₁	ST ₄₁	NA ₄₁	ST ₅₁	NA ₅₁
	80	20	ST ₁₂	NA ₁₂	ST ₁₂	NA ₁₂	ST ₁₂	NA ₁₂	ST ₂₂	NA ₂₂	ST ₃₂	NA ₃₂	ST ₄₂	NA ₄₂	ST ₅₂	NA ₅₂
	160	30	ST ₁₃	NA ₁₃	ST ₁₃	NA ₁₃	ST ₁₃	NA ₁₃	ST ₂₃	NA ₂₃	ST ₃₃	NA ₃₃	ST ₄₃	NA ₄₃	ST ₅₃	NA ₅₃
BAJA (0,1-0,5 cm/hora)	40	10	ST ₁₁	NA ₁₁	ST ₁₁	NA ₁₁	ST ₂₁	NA ₂₁	ST ₃₁	NA ₃₁	ST ₄₁	NA ₄₁	ST ₅₁	NA ₅₁	ST ₅₁	NA ₅₁
	80	15	ST ₁₂	NA ₁₂	ST ₁₂	NA ₁₂	ST ₂₂	NA ₂₂	ST ₃₂	NA ₃₂	ST ₄₂	NA ₄₂	ST ₅₂	NA ₅₂	ST ₅₂	NA ₅₂
	160	20	ST ₁₃	NA ₁₃	ST ₁₃	NA ₁₃	ST ₂₃	NA ₂₃	ST ₃₃	NA ₃₃	ST ₄₃	NA ₄₃	ST ₅₃	NA ₅₃	ST ₅₃	NA ₅₃
MUY BAJA (<0,1 cm/hora)	40	5	ST ₁₁	NA ₁₁	ST ₂₁	NA ₂₁	ST ₃₁	NA ₃₁	ST ₄₁	NA ₄₁	ST ₅₁	NA ₅₁	ST ₅₁	NA ₅₁	ST ₅₁	NA ₅₁
	80	10	ST ₁₂	NA ₁₂	ST ₂₂	NA ₂₂	ST ₃₂	NA ₃₂	ST ₄₂	NA ₄₂	ST ₅₂	NA ₅₂	ST ₅₂	NA ₅₂	ST ₅₂	NA ₅₂
	160	15	ST ₁₃	NA ₁₃	ST ₂₃	NA ₂₃	ST ₃₃	NA ₃₃	ST ₄₃	NA ₄₃	ST ₅₃	NA ₅₃	ST ₅₃	NA ₅₃	ST ₅₃	NA ₅₃

x: ST NA y: 1 - Cultivo sensible a las sales (STES <40 meq/l)
 xy xy 2 - Cultivo tolerante a las sales (STES 40-60 meq/l)
 3 - Cultivo muy tolerante a las sales (STES 60-160 meq/l)

z: 1 - Muy buena calidad 4 - Muy mala calidad
 2 - Regular calidad 5 - No utilizable
 3 - Mala calidad

Tabla 9. Condiciones para el Desarrollo de diferentes Tipos de Suelos Afectados por Sales, de acuerdo a los Criterios del Sistema Integrado de Calificación. Pla (1985)

AGUA		DRENAJE	CLIMA	SUELO "AFECTADO POR SALES"			
STR (meq/l)	Composición iónica	Infiltración básica (cm/hora)	P > ETP (meses/año)	STES (meq/l)	Composición iónica	Salas precipitadas	Clasificación
< 10	B > S > CL CA > NA	< 0,5	< 2	> 40	S > CL > B NA >> CA	CAC CAS	SALINO
		0,5-5,0	< 2	> 40	S > CL >> B NA > CA	CAC (CAS)	SALINO
> 10	S > CL > B NA < CA	< 0,5	< 2 (2-4)	> 40	S > CL >> B (CL > S >> B NA > CA (NA < CA)	CAC CAS	SALINO
				> 40	S > CL > B NA >> CA	CAC	SALINO -SODICO
				(Lixiviación. Condiciones de anaerobiosis) $(2Na^+ + SO_4^{2-} + 2C + 2H_2O \longrightarrow S^{2-} + 2H_2O + CO_2)$			
< 10	B > S > CL CA > NA	< 0,5	4-6	< 40	B > S > CL NA >>> CA	CAC	SODICO
		0,5-3,0	< 2	20-40	B > S > CL	CAC	SODICO
		< 0,5	2-4	< 40	NA >> CA	CAC	SODICO
< 10	B > S > CL NA > CA B > CA			> 40	S > CL > B NA >>> CA	CAC	SALINO -SODICO
		< 0,5	< 2	(Lixiviación)			
				< 40	B > S > CL NA >>> CA	CAC	SODICO

STR: Sales totales en el agua de riego; STES: Sales totales en el extracto de saturación del suelo.
P: Precipitación; ETP: Evapotranspiración potencial; (): Ocasionalmente;

En la Figura 8, es posible apreciar en forma general, la disminución de los rendimientos para los diferentes tipos de cultivo, en función de la conductividad del agua de riego y del extracto de saturación.

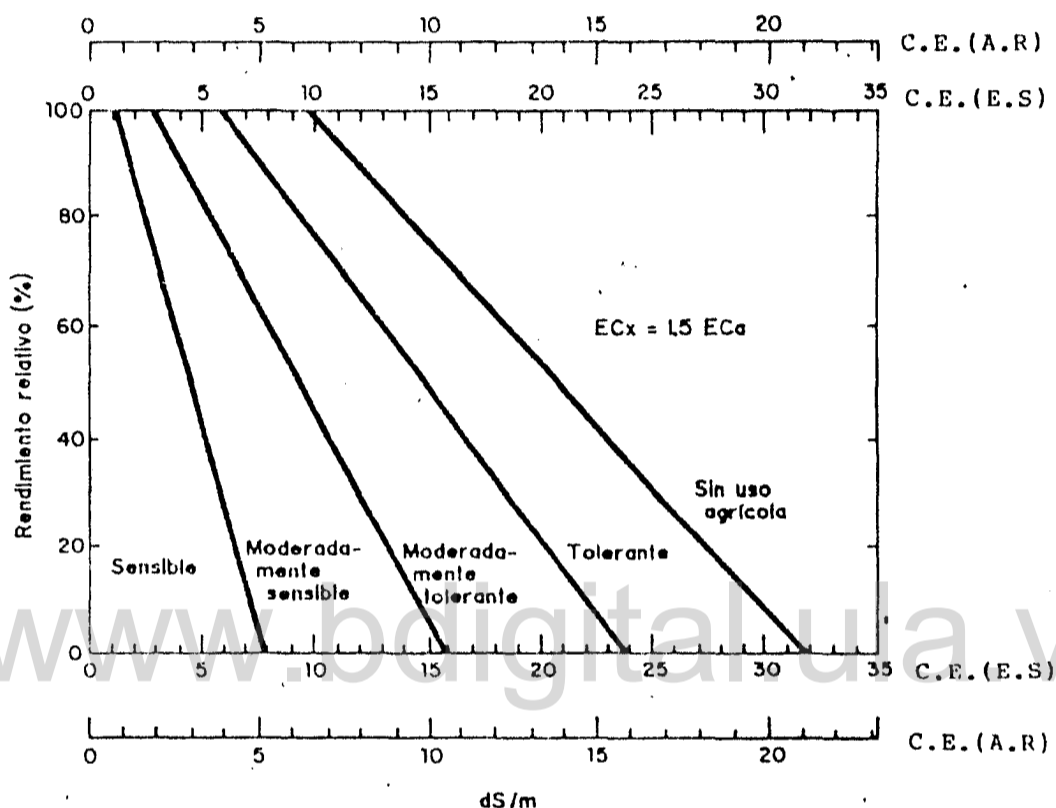


Figura 8. Delimitación de la tolerancia relativa a la salinidad de los cultivos (Mass 1984) citado por Ayers y Wescott (1987).

La ecuación de Mass y Hoffman para estimar la disminución de los rendimientos en función del agua aplicada en el riego, es la siguiente:

$$Y = 100 - b [C.E. (x) - Su] \tag{4.8}$$

donde :

Y = Rendimiento potencial (en porcentaje)

C.E (x) = Salinidad del extracto de saturación en dS / m

Su = Umbral de Salinidad del cultivo a considerar en dS/m

B = Disminución de rendimiento por aumento unitario de salinidad.

Con los valores de tolerancia para los principales cultivos a implantarse en la zona de Matícora y la ecuación de Mass y Hoffman se determinaron las curvas de tolerancia relativa a la salinidad del suelo en el Apéndice " C ".

www.bdigital.ula.ve

CAPITULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estudio de suelos

Los suelos de la zona de estudio presentan una alta variabilidad dependiendo de su posición geomorfológica; en general son suelos sometidos a serios procesos de erosión y deterioro por ejemplo el manejo irracional que han tenido hasta el presente.

Características Físicas

Desde el punto de vista físico, las condiciones de los suelos en la zona del estudio son muy desfavorables, con baja condiciones de permeabilidad y estratos arcillosos de baja capacidad de infiltración.

Textura.- Motivado a las grandes variaciones ocurridas con anterioridad de las deposiciones del río Maticora, existe en la zona una alta variabilidad en cuanto a las texturas de los suelos de la actual zona de riego. Estos cambios no solamente son variables en cuanto a los sitios de muestreo, también lo son en función de la profundidad obtenida en cada sitio.

La textura de los suelos en el sistema de riego Maticora es muy fina, predominando las texturas arcillosas y Franco-Arcilloso-Limosas. En la zona actual de riego se encuentran las fases más pesadas de las series: Quiricias, Maticora y Los Indios en donde el limo y la arcilla componen prácticamente toda la fracción de suelo. La proporción de Limo va desde 22,9 % en el hoyo P -19 hasta 68,4 % en el hoyo P-1 y la fracción de Arcilla desde 20,7 % en el hoyo P-13, hasta un valor de 67,9 % en el P-11; las fracciones de arena oscilan entre 0,8 en el hoyo P-1 hasta 37,8 en el hoyo P-15; sus valores promedio oscilan alrededor de 10 % en la mayoría de los suelos analizados.

Los análisis de los perfiles de suelo en función de la textura indican la poca probabilidad de ocurrencia de niveles freáticos colgantes por no presentarse cambios abruptos de textura en los resultados de los perfiles muestreados. Los resultados de los análisis mecánicos y los perfiles de suelo se muestran en el Apéndice A.

Densidad aparente.-Los valores de densidad aparente, corresponden, en la mayoría de los casos, a las características de textura de los suelos, con valores que oscilan entre 1,36 y 1,50 gr/cm³. Los resultados obtenidos se muestran en el Apéndice A.

Capacidad de retención de humedad.-La zona del estudio, presenta, por lo general, valores relativamente altos. En concordancia con su textura, se observaron valores de capacidad de campo desde 35 % hasta valores en algunos casos de 24 %, aunque este último valor, para estos tipos de suelos, no parece ser consistente; en general su valor promedio se encuentra alrededor de 30 %. Los valores de punto de marchitez permanente tienen similares variaciones a los de capacidad de campo, presentándose un valor promedio para la zona de 12%.

Velocidad de infiltración.-La velocidad de infiltración de estos suelos se caracteriza por presentar valores altos para los primeros minutos de la prueba, pero a medida que se avanza en el tiempo, los valores se hacen sumamente lentos como corresponde a la textura y estructura de estos suelos. Para la infiltración básica los valores oscilan además de la poca utilización de estos suelos entre 0,32 y 1,48 cm/hora. Si se relaciona la baja velocidad de infiltración de agua en estos suelos con el método de riego planificado para esta zona (riego por surcos), es bastante probable la aparición de problemas serios de drenaje superficial, sobre todo si se observa la tendencia a la formación de costras y sellos superficiales; también hay que tomar en cuenta los sedimentos limosos que transporta el agua de riego, lo que tiende a configurar un escenario en cuanto a la explotación del riego, bastante sombrío, por lo que es necesario tener precauciones en cuanto a los métodos de riego a utilizar.

www.bdigital.ula.ve

Conductividad hidráulica.- Los valores de conductividad hidráulica de los diferentes sitios de prueba se presenta en la Tabla 11 y en la Figura 10; estos valores son promedios de por lo menos dos repeticiones en cada punto de medición.

Tabla 10. Valores promedios de conductividad hidráulica K (cm/día).

Identificación Prueba	Textura del suelo Predominante	Profundidad (m)	K (cm / día)	Clasificación K
P - 1	AL	2	1,0	Muy Lenta
P - 1 (2)	AL	2	1,3	Muy Lenta
P - 2	AL	2	2,0	Muy Lenta
P - 2 (2)	AL	2	6,0	Lenta
P - 3	AL	2	4,8	Lenta
P - 3 (2)	AL	2	2,1	Muy Lenta
P - 4	FAL	2	7,9	Lenta
P - 4 (2)	FAL	2	1,2	Muy Lenta
P - 5	AL	3	2,3	Muy Lenta
P - 6	FAL	2	1,9	Muy Lenta
P - 7	AL	2	1,0	Muy Lenta
P - 7 (2)***	AL	2	1,4	Muy Lenta
P - 8	AL	2	0,9	Muy Lenta
P - 9	AL	2	1,0	Muy Lenta
P - 10	AL	2	0,6	Muy Lenta
P - 11 *	AL	2	5,4	Lenta
P - 12	AL	2	0,3	Muy Lenta
P - 12 (2)	AL	2	2,2	Muy Lenta
P - 12 (3)	AL	2	0,9	Muy Lenta
P - 13	AL	3	1,3	Muy Lenta
P - 14	AL	2	1,4	Muy Lenta
P - 15 *	AL	2	7,2	Lenta
P - 16 *	FAL	2	8,3	Lenta
P - 17 *	AL	2	6,6	Lenta
P - 18 *	AL	3	9,2	Lenta
P - 19 *	AL	2	7,4	Lenta
P - 20 *	AL	2	6,8	Lenta
P - 21	AL	2	3,5	Lenta
P - 22	AL	2	7,1	Lenta
P - 23	AL	2	6,4	Lenta
P - 23 (2)	AL	2	0,9	Muy Lenta

* Pozos entubados con plástico perforado para realizar la prueba de permeabilidad.

VARIACIÓN DE LA PERMEABILIDAD EN "MATÍCORA "

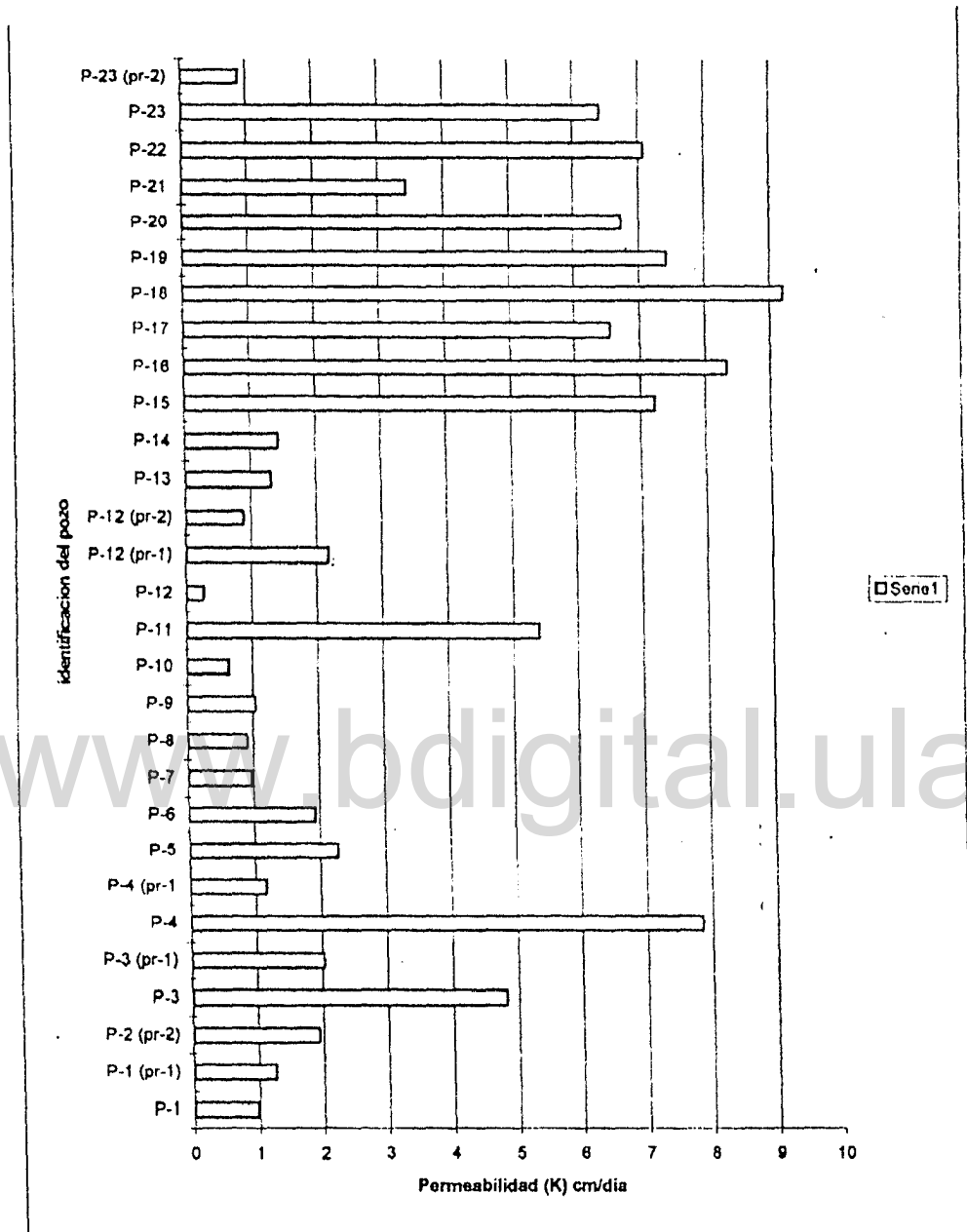


Figura 9. Valores promedio de permeabilidad " K " en Matícora

Los datos promedios encontrados en el área de estudio se clasificaron en :

Clase	Conductividad Hidráulica K (cm / día)	% de área
1.- Muy Lenta (ML)	< 3	43
2.- Lenta (L)	3 - 12	57
3.- Moderadamente Lenta (Mo L)	13 - 50	0
4.- Moderada	51 - 150	0

Diseño de drenes subterráneos

El diseño se basa en colocar tubos de arcilla o plástico de diámetro variable, alrededor de 10 cm. en el caso de los primeros, unidos por una junta permeable producida por un abocinamiento entre cada tubo por cada uno de sus extremos, lo cual deja un espaciamiento para la entrada de flujo entre 5 y 10 mm. En el caso de los tubos de plástico, los mismos son de longitud variable y deben tener perforaciones alrededor de su estructura para captar los excedentes; en Venezuela se fabrican de 3m únicamente con fines de drenaje urbano y sin perforaciones necesarias para uso agrícola.

Al final de la línea de dren, ésta desemboca en colectores que se recomienda sean de construcción abierta con el fin de facilitar el mantenimiento de los drenes entubados, este tipo de combinación es la más conveniente y efectiva para terrenos con bajas pendientes y texturas pesadas como la de la zona de Matícora; la longitud de los drenes entubados no deben sobrepasar los 500 m. Con el fin de hacer sencillo el mantenimiento y limpieza de la línea.

En la zona no existe ningún tipo de experiencia de drenaje sub-superficial, la tradición agrícola es bastante escasa y las pocas experiencias de drenaje son del tipo superficial.

Profundidad y pendiente de los drenes.- La ubicación de los drenes no debe sobrepasar los 2 m de profundidad con el fin de lograr espaciamientos considerables y así reducir los costos de construcción por hectárea en la excavación. La colocación a profundidades menores abarataría los costos de construcción por dren, pero disminuye el espaciamiento y se hace necesario la instalación de mayor cantidad de drenes; es por esto que para zonas áridas con problemas puntuales de salinización y suelos de textura pesada, se recomienda profundidades hasta de 2,5 m (CENDRET 1969).

La pendiente de instalación de los drenes debe ser, similar a la del terreno, aproximadamente 0,3 %, con el fin de reducir los costos de excavación y donde la velocidad del flujo sea suficientemente elevada para impedir la acumulación de sedimentos dentro de las tuberías utilizadas como drenes.

Materiales filtrantes.- Generalmente es posible elegir entre materiales naturales o artificiales. Entre los primeros se tiene arenas gruesas y gravas finas de fácil consecución en la zona de riego, los materiales artificiales son más costosos y los fletes para trasladarlos a la zona de riego los hacen antieconómicos por lo que este tipo de material es descartable para ser utilizado en Maticora.

Cálculo del espaciamiento de drenes.- Para determinar el espaciamiento de los drenes se determina en primer lugar la colocación de zanjas abiertas o drenes subterráneos entubados. En el caso de Maticora se ha optado por los segundos en función de las características particulares del suelo y los cultivos a instalar. En el caso de espaciamiento de drenes entubados se debe conocer:

- a.- Profundidad del nivel freático requerida para evitar ascenso capilar de las sales hacia las raíces de los cultivos a implantar.
- b.- Exceso de agua a ser evacuado por el sistema de drenes
- coeficiente de drenaje -
- c.- Características Hidrodinámicas del subsuelo como la profundidad de la capa impermeable y la conductividad hidráulica (K).

En el caso de Maticora, por ser el riego una actividad primordial, con un exceso estimable en función del método de riego aplicado – superficie – y con un nivel freático que se espera controlar en un futuro, la descarga a esperar de drenaje deberá ser usada con el correspondiente promedio de la profundidad mínima del nivel freático alrededor del cual se permitirá fluctuaciones entre dos riegos sucesivos; sin embargo el flujo de agua hacia el dren no es un proceso permanente motivado a que después de un riego el nivel se eleva sustancialmente y luego baja gradualmente hasta el próximo riego; pero tomando en cuenta que la descarga total de drenaje deberá ser al menos igual a la descarga mensual requerida por el balance de aguas y sales de lavado, puede considerarse en este caso un flujo de agua hacia el dren de tipo permanente. (Donnan y Hooghoudt 1954, citado por Grassi (1981).

En la ecuación de Hooghoudt, el flujo alrededor de los drenes se considera horizontal y en las proximidades de estos se considera radial, de igual forma el suelo se considera homogéneo hasta la capa impermeable. La ecuación es la siguiente:

$$L^2 = \frac{8 K \Delta h d}{cd} + \frac{4 K \Delta h^2}{cd} \quad (5.1)$$

donde:

L = Espaciamiento de drenes (m)

K = Conductividad hidráulica (m / día)

Δh = Distancia vertical entre la horizontal que pasa a nivel del fondo de los drenes y la napa freática en el punto medio entre los drenes (m).

d = Profundidad equivalente a la barrera impermeable (m)

cd = Coeficiente de drenaje (m / día)

Esta ecuación (5.1) requiere de un ajuste para considerar el flujo radial en las proximidades del dren, la distancia al mismo donde el flujo es radial se denomina (X_r) y se expresa en función de (d).

$$X_r = \frac{1}{2} (2d)^{\frac{1}{2}} \cong 0,7 d \quad (5.2)$$

En función de la ecuación de espaciamiento de drenes, para una estimación del coeficiente de drenaje en función de suelos con una baja velocidad de infiltración básica y considerando un valor que permita mantener un balance salino y lixiviar las sales, este valor se estima en 1,0 mm/día; los excedentes de riego se estiman en 5,76 mm/día que corresponde al 50 % de la lámina bruta, donde se puede estimar que un 10 % de ellos es agua que percola por debajo de la zona radicular (depende del método y la forma de regar) y un abatimiento mínimo de 0,5 metros en el nivel freático para la mayoría de los cultivos; la altura de instalación de los drenes en 2,0 m y el valor promedio de conductividad hidráulica para toda la zona de 5 cm/día, da como resultado valores de 85 m de espaciamiento de los drenes; tomándose una longitud de 100 m como la más adecuada a las condiciones actuales, en cuanto a las necesidades de drenaje y las condiciones hidrodinámicas del suelo.

Instalación de drenes subterráneos

Los drenes a nivel parcelario se instalarán en forma subterránea con pendientes similares a las pendientes promedio de la zona de riego (0,3%) a profundidades que oscilan alrededor de los 2m. Su desembocadura se realizará a nivel de los drenes abiertos existentes, solo que estos últimos ya construidos para esta fecha, deberán rectificarse en sus especificaciones hidráulicas sobre todo en cuanto a su profundidad, para lograr ser utilizados en forma mixta, tanto para excedentes superficiales como sub-superficiales. Las longitudes de los drenes no deben exceder los 200 m con el fin de facilitar su mantenimiento una vez se encuentren en funcionamiento, para tal fin se utiliza un chorro de agua a presión con una boquilla especial para ese fin.

Una alternativa bastante económica para ser utilizada como ayuda para evacuar los excedentes de agua, en caso de tener el nivel freático muy superficial, lo constituye la construcción de drenes tipo "Topo", ver Figura 10, los cuales solo requieren un arado tipo subsolador (Ripper) con una bola maciza de hierro o acero de un diámetro variable entre 6 y 10 cm y que pueden ayudar a mejorar el drenaje interno, sin embargo motivado a su corta duración de vida útil no deben considerarse como una alternativa real a los drenes entubados por lo tanto lo ideal sería colocarlos en forma paralela a estos, una vez construido el sistema de drenaje interno por ser estos suelos de una muy baja permeabilidad.

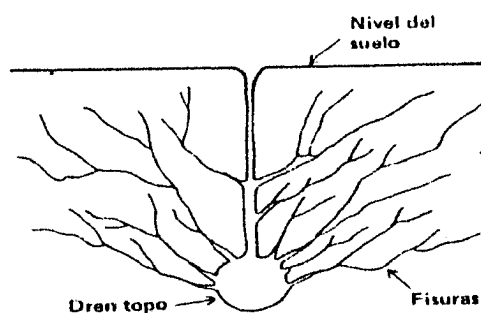


Figura 10 . Corte transversal de un dren tipo " Topo "

Construcción de los drenes

La instalación puede realizarse en forma manual o con maquinaria especializada, en el primer caso solo sería rentable para un área de reducido tamaño,

en caso de la zona de Matícora por su considerable superficie es antieconómico este tipo de procedimiento y la duración en la construcción sería bastante considerable.

Hasta los momentos en Venezuela no se ha adquirido maquinaria especializada para este tipo de obras, en parte debido a la alta inversión de capital para su adquisición (125.000 U.S \$ F.O.B) y por otro lado a la especialización de este tipo de máquinas que impide su utilización en otro tipo de obras, dando como resultado un valor muy elevado en sus costos de operación.

La experiencia en Venezuela en la construcción de drenes subterráneos es casi nula; sin embargo para este caso se considera que la adquisición de la máquina sería competitiva frente a otras alternativas, si se divide el costo de la máquina entre el N° de hectáreas del sistema de riego tendríamos un costo de 41,67 U.S.\$/ha. Que a nuestro cambio libre actual (aprox. 700 Bs/\$) arrojaría un total de 29.169 Bs/ha.

La excavación con maquina especializada permite colocar los tubos directamente en la zanja siendo el ancho de la misma entre 20 y 30 cm. reduciendo en forma drástica la cantidad de material filtrante a utilizar, aparte de que este último lo coloca la propia maquina con una tolva instalada para ese fin. La velocidad de avance es considerable, en el caso de suelos pesados poco humedecidos ésta es de aproximadamente 150 m/hora con una profundidad de instalación de 2m.. La propia máquina tiene un ajuste automático de profundidad y pendiente de la línea de drenes.

Otros parámetros físicos

Porosidad drenable

Se determinó la porosidad drenable de los suelos (Φ) con los valores de porcentaje volumétrico de humedad a capacidad de campo y porcentaje de poros totales encontrándose valores de bajos a medios, alrededor de 10 %; en el Apéndice B se presentan estos valores.

$$\Phi = \% \text{ P.T.} - \theta \text{ cc} \quad (5.3)$$

donde:

$\theta \text{ cc}$ = Porcentaje volumétrico de humedad a capacidad de campo.

$\% \text{ P.T.}$ = Porcentaje de poros totales presentes en el suelo.

$$\% P.T = (1 - Da / Dr) \times 100$$

(5 . 4)

Da : Densidad aparente del suelo

Dr : Densidad real del suelo

Los valores de porosidad total del suelo oscilan entre 46 y 56 % con un promedio general de 51 %, una alta proporción de estos poros está compuesto por micro poros ($\frac{1}{4}$ del total) y los valores encontrados aparecen en el Apéndice B.

Utilizando este procedimiento simplificado se tiene un valor estimado de porosidad drenable o rendimiento específico de 8 %.

Otro procedimiento para estimar la porosidad drenable, es a partir de la determinación del % de humedad a saturación y la determinación del % de humedad volumétrico a capacidad de campo.

Estimación del tiempo para el ascenso del nivel freático

Siguiendo el procedimiento que se describe en el segundo capítulo, se estableció la estimación del tiempo de ascenso en función de la porosidad total del suelo θ (51 %) y el porcentaje volumétrico de capacidad de campo (θ_{cc}), que en la zona de riego en promedio tiene un valor de 43 %.

Para el diseño de riego de la zona se estimó en el plan original de factibilidad una dotación de 2 lt/s/ha para un riego de 16 horas diarias y 22 días por mes, lo que arroja una lámina de 11,52 mm, que con un 50 % de eficacia esperada determina una lámina neta diaria de 5,76 mm, que corresponde a las necesidades de uso consuntivo para la zona de Maticora en el mes de mayor demanda.

Como se tiene un excedente de 5,76 mm/día y asumiendo que el 90 % de estos excedentes son evacuados por el sistema de drenaje superficial ya construido, se tiene un 10 % (0,576 mm/día) que van a ser percolados por debajo de la zona radicular. Si este valor se multiplica por 22 días/mes y por 12 meses por año se tiene un total de 152 mm/año que van a ocasionar una elevación del nivel freático.

Al tener una estimación de la porosidad drenable del suelo o rendimiento específico de 8% y utilizando la ecuación (5.3) es posible predecir en forma conservadora el aumento del nivel freático actual debido a los futuros excedentes de riego, en el caso de Maticora se requiere una acumulación de 880 mm para que el nivel aumente desde 13 m (actual) hasta 2 m de la superficie, nivel que se considera como inicio de problemas de drenaje sub-superficial.

Si se estima que el 50 % de los 152 mm de los excedentes internos, drenan lateralmente, se tiene un valor de 76 mm de lámina que produce recarga por año, de tal forma que para determinar el tiempo en el cual el nivel freático va a ocasionar problemas se dividen los 880 mm necesarios para elevar el nivel freático entre la recarga anual de 76 mm, por lo que el tiempo esperado va a ser igual a $880 \text{ mm} / 76 \text{ mm (año)}$ lo que da un valor aproximado de 12 años.

Estos valores deben ser tomados en cuenta solamente como una referencia motivado a las grandes simplificaciones realizadas en el procedimiento de cálculo; de igual forma existen factores hidrogeológicos que deben ser tomados en cuenta para realizar predicciones más certeras, sin embargo es necesario prever estos posibles problemas. Muchas áreas en el mundo con niveles freáticos iniciales en el momento de comenzar el riego a profundidades de 30 m. Tienen grandes problemas de drenaje subterráneo dentro de un período relativamente corto de tiempo debido al inadecuado drenaje natural CENDRET (1969).

Plasticidad del suelo Los límites de plasticidad del suelo (límite superior y límite inferior) , se determinaron en condiciones de laboratorio, con valores de 34 % y 23 % respectivamente en los primeros 20 cm, de profundidad. El índice de plasticidad del suelo se estimó en 11 %, y constituye la diferencia entre el contenido de humedad en el punto de máxima humedad y saturación y plasticidad (límite líquido) y la humedad en el punto de mínima saturación, lo que permite clasificar estos suelos según el SCCS (1991) como suelos moderadamente plásticos, que revelan altos contenidos de la fracción Arcilla, y donde las operaciones de labranza deben hacerse con porcentajes de humedad cercanos al límite inferior, con el fin de reducir la compactación producida por la utilización de maquinaria.

Resistencia mecánica del suelo La resistencia mecánica del suelo se estableció en condiciones de campo, utilizando un penetrómetro para determinar el índice cónico o resistencia mecánica del suelo. Los valores críticos para impedir la penetración de raíces se encontraron a los 20 cm de profundidad en condiciones de humedad próximas a capacidad de campo, con valores superiores a 2,3 Mpa. Con valores inferiores de humedad, los valores críticos se encontraron a los 10 cm (2,6 Mpa), por tanto se puede determinar que estos suelos presentan serias limitaciones físicas para permitir un adecuado desarrollo del sistema radicular de los cultivos que se establezcan en la zona. Aún sin haber sido explotados, estos suelos se consideran de un alto grado de compactación producida por los fenómenos de rehumedecimiento y secado, junto con un proceso de acumulación de arcilla en los procesos pedogenéticos característicos sin que hayan intervenido aún el factor humano.

Características químicas

Conductividad eléctrica

Los suelos presentes en la zona del estudio, en casi la totalidad de los casos, mostraron valores altos de C.E., sobre todo en los primeros 50 cm de suelo registrándose generalmente valores > 1 dS/m, con un promedio de 3,77 dS/m; en algunos casos se encontraron valores mayores a 5 dS/m en profundidades mayores de 1m. El problema de salinidad de los suelos en la zona se puede considerar como latente, debido en gran parte al drenaje interno moderado unido al poco uso que han tenido estos suelos, sin embargo existen sitios dentro de la zona de estudio, que presentan C.E. alrededor de 6 dS/m a profundidades de 2m.

En cuanto a la posición de las sales en el perfil del suelo se observa que los suelos donde predominan la fracción arena en su perfil poseen por lo general una baja conductividad, sin embargo por debajo de ese estrato esta se mantiene relativamente alta en gran proporción, de igual forma se observa que los suelos que presentan altos porcentajes de arena a gran profundidad y a la vez una disminución del porcentaje de Arcilla (ejemplo P -1, P-5, P-13,P-15), ver Figura 12; ocurre una marcada disminución de la conductividad eléctrica a esas profundidades. En el Apéndice A se encuentran los resultados de este análisis para los diferentes tipos de muestreo.

pH

Los valores de pH que se obtuvieron de la zona de estudio van de neutros a alcalinos, presentándose cifras entre 7 y 8,4 de pH a lo largo del perfil del suelo, por lo que se pueden considerar estos suelos como ligeramente alcalinos. Los valores se presentan como una tabla resumen en el Apéndice B.

Fertilidad

Los suelos del sistema de riego Maticora se caracterizan por tener valores de bajos a muy bajos, solamente en el primer estrato se aprecia cierta cantidad significativa de materia orgánica, pero a medida que se avanza en el perfil del suelo los valores son prácticamente insignificantes; los valores de Nitrógeno son bastante bajos, los de potasio (K) van de medios a altos, los de fósforo (P) son altos en los perfiles superficiales pero decrecen abruptamente con la profundidad.

Caracterización de los suelos de acuerdo al grado de afectación por salinidad

En los suelos de la zona, como se explicó con anterioridad, predominan las texturas pesadas a extremadamente pesadas, junto con un drenaje en su mayoría muy lento; aunado a estas condiciones, se tiene unas variables climáticas donde predominan intensos chaparrones en espacios cortos de tiempo; esta situación configura una condición poco deseable para el funcionamiento normal de un sistema de riego por gravedad, con personas de poco entrenamiento en manejo de suelos y donde se avizoran problemas de salinidad y sodicidad.

Como puede observarse en la Figura 11, las sales predominantes en el extracto de suelo son fundamentalmente los sulfatos de calcio y magnesio, con un porcentaje significativo de sodio en función de su peligrosidad para el desarrollo agrícola de estos suelos.

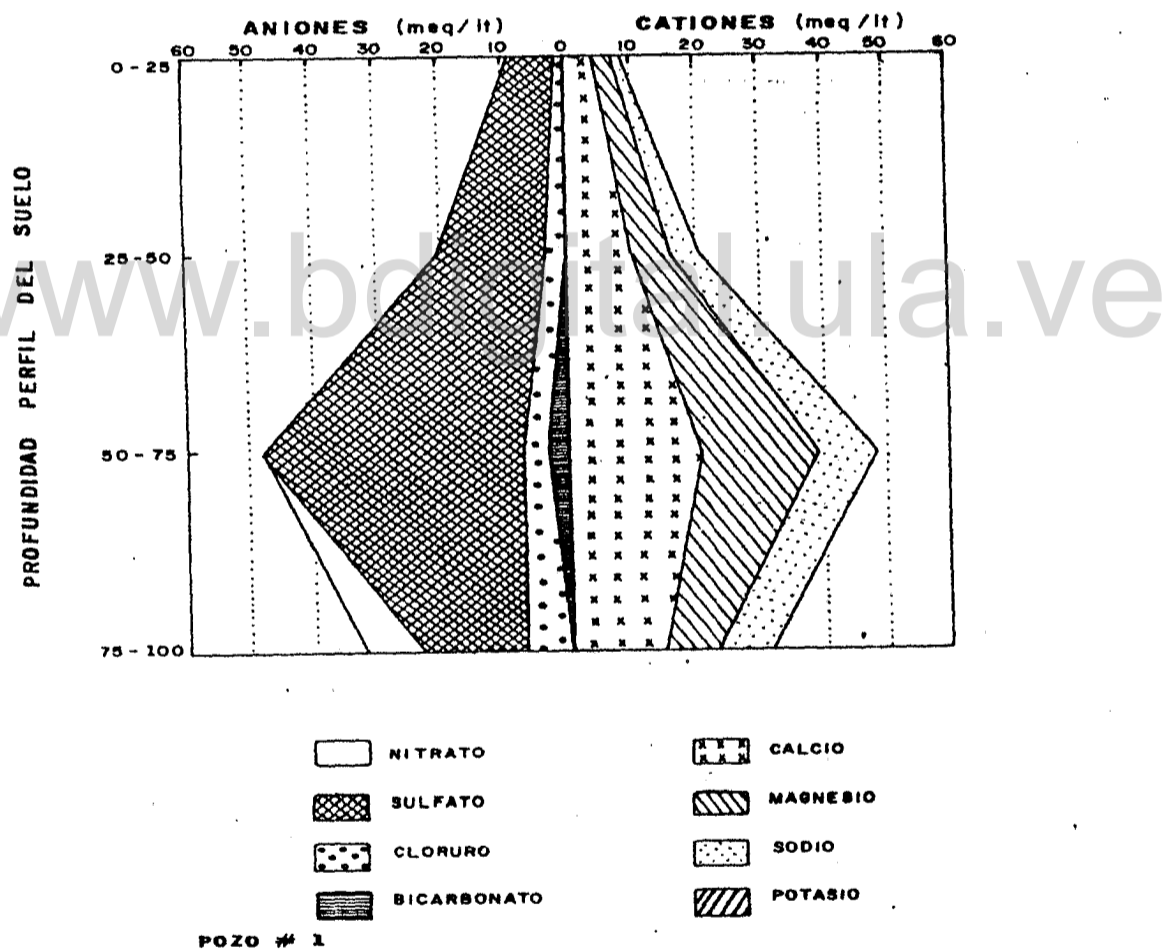


Figura 11. Tipos de sales presentes en el sitio de muestreo P-1

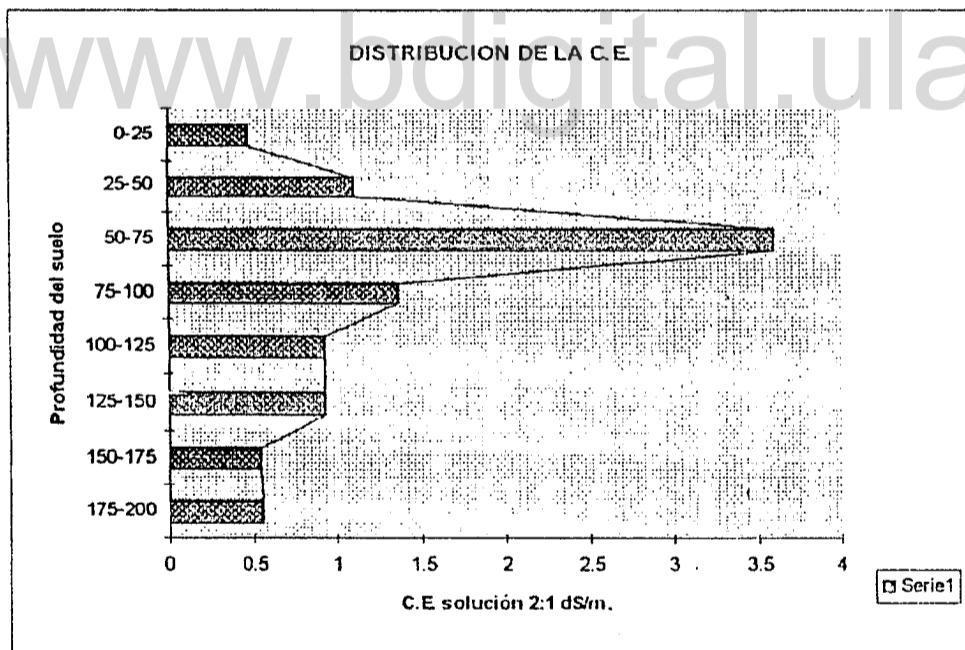
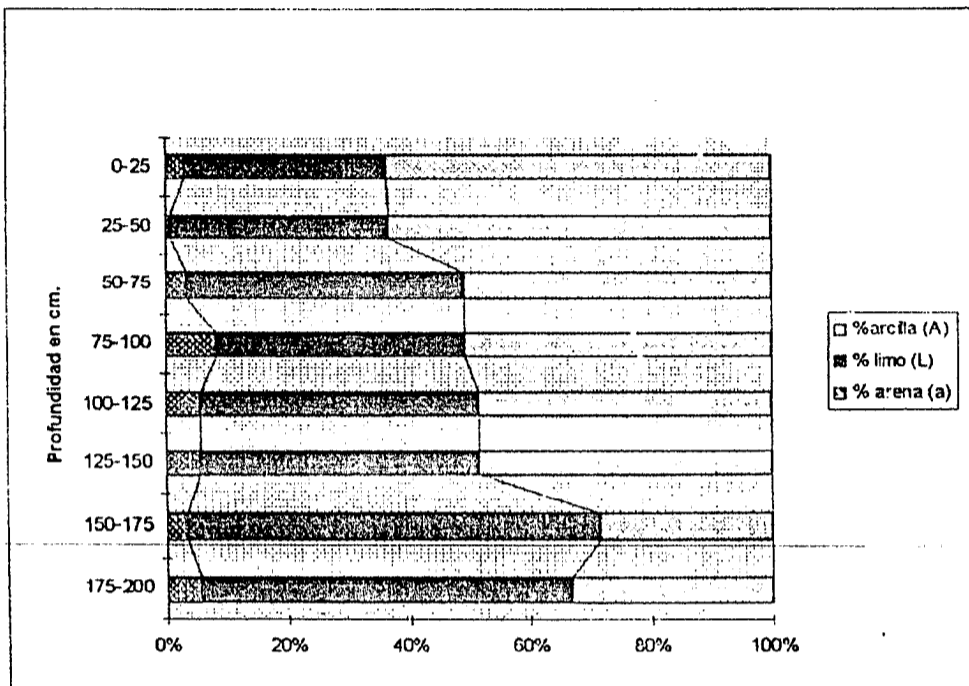


Figura 12. Variaciones de textura y Conductividad Eléctrica en el Sitio de muestreo P-1

Como se puede ver en los análisis químicos del extracto de saturación de los suelos de Matícora, que se encuentran en su totalidad en el Apéndice A, la cantidad de sales presentes en ellos aún no llega a los límites que se puedan considerar peligrosos para la mayoría de los cultivos, ver Tabla 1. Pero de igual forma es necesario destacar que con muy pocas excepciones, estos suelos han tenido algún tipo de explotación para uso agrícola o pecuario; por lo que el problema debe verse desde el punto de vista de una posible utilización futura.

Las sales predominantes en la zona, en cuanto a cationes son el Calcio y Magnesio; constituyen la mayoría, sin embargo en la zona norte del área de estudio se les une el Sodio en una proporción similar a los anteriores; en cuanto a los aniones, existe un predominio casi total de sulfatos y solo algunos casos de la parte Oeste del área de riego la cantidad de cloruros equiparan a los valores de Sulfato.

La relación de adsorción de Sodio (RAS) tiene un valor promedio de 4,1 y el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) de 3,90; estos se pueden considerar de tipo medio en cuanto a su efecto en la actual zona de riego; sin embargo la conductividad eléctrica del agua de riego y la extremadamente baja permeabilidad de los suelos de la zona hacen prever que, en caso de tener estos un manejo inapropiado en cuanto a frecuencia de riego, láminas de lixiviación y construcción de drenaje interno, se puede llegar a tener a mediano plazo problemas graves para los cultivos por los aumentos de salinidad y en caso extremo, si ocurre una sustitución de los cationes calcio y magnesio por sodio en la solución de suelo, un problema de sodicidad.

Calidad de la aguas

Aguas superficiales.- Las aguas superficiales a utilizarse en la zona son exclusivamente las del río Matícora, las cuales han venido siendo analizadas por diferentes organismos desde el año 1974. Se han realizado hasta el presente seis (6) determinaciones, como se puede ver en la Figura 13, el resto de análisis se muestran con detalle en el Apéndice B. En ellos es posible observar un ligero aumento de los niveles de sales en el agua del río, desde 1976.

En el presente estudio se realizaron, a su vez, tres determinaciones químicas del agua del río Matícora, a saber, una a la salida de la presa, otra en el sitio donde se encuentra la aducción por bombeo a 16 Km. de la presa y otra a la desembocadura del río, cerca de la población de San Félix. Los resultados indican un aumento leve pero progresivo de los niveles de salinidad del agua del río sobre todo del catión Sodio, como se puede observar en la Figura 14, esto motivado a la utilización de sus aguas por los fundos agropecuarios existentes en las márgenes del río que drenan el excedente del riego al cauce del mismo.

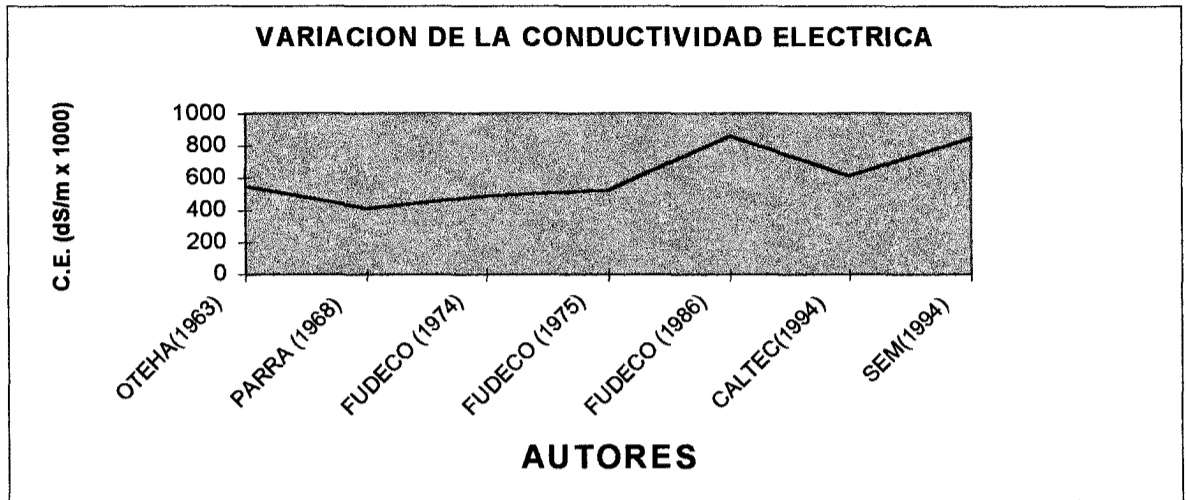


Figura 13. Variaciones de la Conductividad Eléctrica para Diferentes análisis de aguas del río "Maticora"

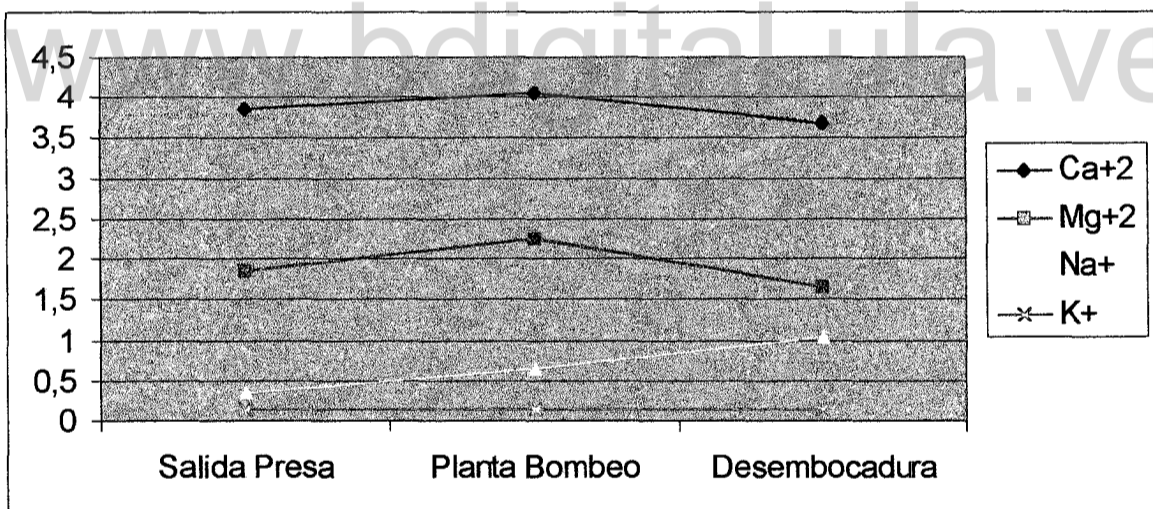


Figura 14. Variación de cationes en los diferentes sitios de muestreo de aguas del río "Maticora"

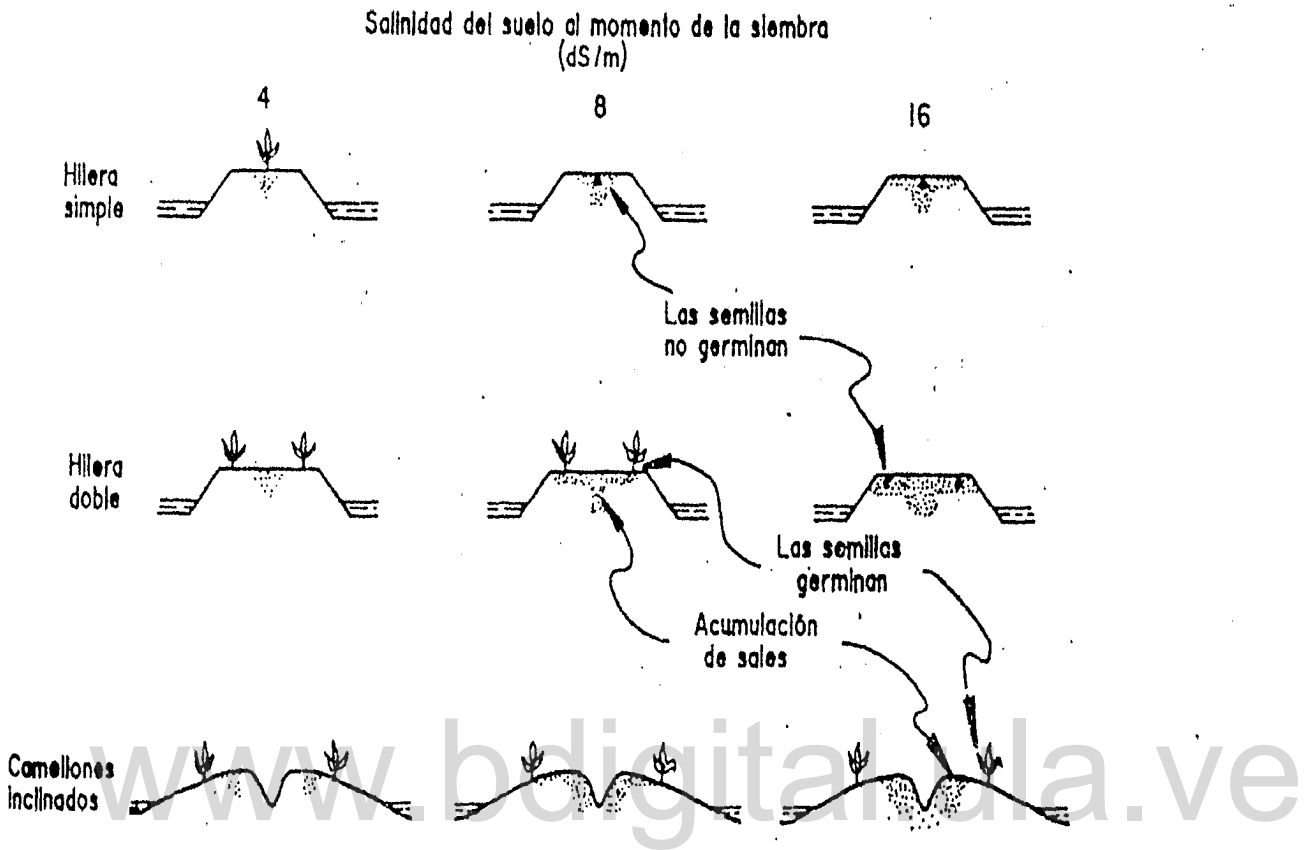


Figura 15. Forma de los camellones y efectos de la salinidad. La Acumulación de sales depende de la forma del camellón Y del método de riego. Las semillas brotan únicamente Donde no hay acumulación excesiva de sales (Bernstein, Fireman y Reeve 1955) citado por Ayers y Wescott 1987.

Manejo del agua superficial.- Las aguas del río Maticora tienen la ventaja de poseer una elevada proporción de sulfatos de calcio y magnesio provenientes de la zona donde nace el curso del río, por lo que los peligros de sodificación con la aplicación en el riego de ellas se reduce al impedir el incremento de sodio sobre la proporción de esos cationes en la solución de suelo. Un aspecto importante a considerar en el uso de esta agua constituye el método de riego que se utiliza en el sistema Maticora, el cual consiste en el método de riego por surcos sin salida de agua al pie, el cual requiere un manejo cuidadoso en cuanto a la aplicación y las labores de cultivo a realizar. Es posible que en el momento de la siembra, la mayor proporción

de sales en el horizonte superficial se encuentren en el camellón por lo que la semilla debería colocarse al borde del surco, esto es motivado a que el agua fluye hacia el centro del camellón por capilaridad, acarreado las sales existentes, por lo que ellas se acumulan en esta zona al ocurrir la evaporación. En la Figura 15 se observará la manera de evitar este problema, en cuanto a la forma de siembra, para asegurar el éxito de un cultivo determinado.

Otra limitante importante en el uso del agua del río Maticora, constituye la elevada concentración de sedimentos, conformados en su mayoría por partículas de limo y arcilla, los cuales, a pesar de provenir de una represa que funciona como un gigantesco desarenador, se mantienen en suspensión y son transportados hasta los suelos de la zona de riego. Esta situación puede llevar a producir problemas de encostramiento y disminución de la capacidad de infiltración de agua en el suelo, ya de por sí reducida por sus características naturales; además, con la disminución de la capacidad de infiltración, el agua va a permanecer un mayor tiempo sobre la superficie lo que puede llevar a que por evaporación de estas aguas se tenga un aumento de la cantidad de sales presentes en la superficie de suelo. A corto plazo esto puede llevar a una inversión de la situación existente en la actualidad donde las sales se mantienen en mayor proporción en los estratos profundos que en la superficie.

Los sedimentos en suspensión presentes en el agua de riego impide la utilización económica de métodos de riego como aspersión y sobre todo goteo, por la posible obstrucción de los orificios de descarga. La única alternativa para su utilización sería la construcción o instalación de dispositivos de filtrado o sedimentadores de partículas finas, químicas o físicos, que permitan la utilización sin problemas de este tipo de aguas. Para el caso de riego por goteo, el agua presenta un problema adicional; por sus características químicas se considera como un agua "Dura", que consiste en un índice de saturación positivo con tendencias a la precipitación de carbonato de calcio ($\text{CO}_3 \text{Ca}$) que pueden causar obstrucción de los emisores. En el caso de la aplicación para riego por aspersión, esta dureza no es lo suficientemente alta para precipitar totalmente el calcio y magnesio de la solución de suelo, la proporción de carbonatos y sulfatos se clasifica como tipo II, donde parte del Ca^{++} y Mg^{++} precipitan en forma de carbonatos. El Mg^{++} restante permanece en solución, el Ca^{++} restante precipita en forma de sulfato, pero como el SO_4Ca tiene una solubilidad de 30 meq/l, parte del Ca^{++} permanece disuelto; el RAS se eleva en forma leve pero progresiva.

En cuanto a la clasificación de Riverside USDA (1954), las aguas se clasifican como C_3S_1 , que significa aguas con alta proporción de sales y bajo peligro de sodio; esto significa aguas no recomendables para suelos con problemas de drenaje y donde deben sembrarse cultivos resistentes a condiciones salinas en la solución de suelo. En la clasificación de Pla-Senti, estas aguas, dependiendo de los cultivos a utilizar, van desde calidad moderada a baja calidad. En la clasificación de

Ayers y Wescott se consideran como agua con una ligera a moderada restricción de uso y sin impedimentos en su utilización por los efectos que puedan producir los componentes químicos de estas aguas para reducir la capacidad de infiltración debido a la dispersión de los coloides del suelo.

En cuanto a la toxicidad por iones específicos, no existe para la forma como se va a aplicar el riego ningún problema ni por sodio o cloro, solamente en algunos sitios muy localizados existen concentraciones de nitratos, cuya reducción se espera una vez se dé inicio al riego en la zona.

Siguiendo el procedimiento sugerido por Ayers y Wescott (1987) se realizó una predicción del efecto de las aguas del río Maticora sobre la salinidad del suelo en función de varias láminas de lixiviación, ya que estas dependen, en particular, del cultivo a desarrollar en cada caso específico. Esto se puede observar en la Figura 16.

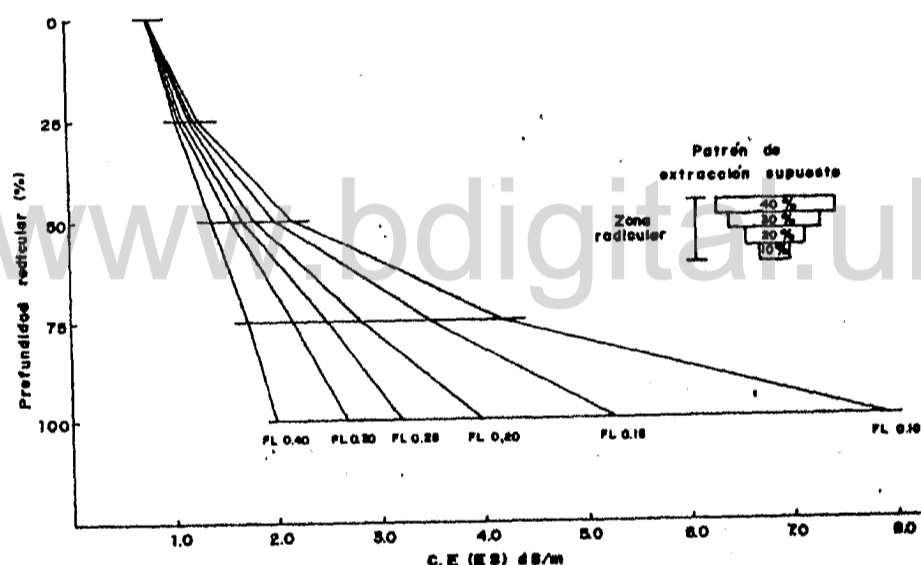


Figura 16. Perfil de salinidad que puede resultar de regar a largo plazo con aguas del río Maticora (0,86 dS/m) y varias fracciones de lixiviación.

Para el ejemplo de la Figura 16, se consideró un patrón de extracción del suelo ideal (40, 30, 20 y 10 %) una Evapotranspiración de 1000 mm por campaña para un cultivo de ciclo corto, muy adaptable a las condiciones de Maticora, como el algodón. Se considera como supuesto básico que toda el agua que pasa a través de cada cuarto, lava las sales contenidas en el mismo. Como puede observarse en la Figura 16, las fracciones de lavado elevadas son las que permiten mantener las sales del suelo a lo largo de casi todo el perfil en condiciones adecuadas para el desarrollo

de los cultivos, esto por supuesto requiere de un sistema de drenaje adecuado para recoger los excedentes por las elevadas láminas de lavado.

Aguas subterráneas.- En cuanto a las aguas subterráneas presentes en la actual zona de riego, se pueden considerar no utilizables para riego, tanto por su calidad como por su cantidad, la mayoría de los pozos de la zona son de agua salobre, con conductividades eléctricas de 2,30 dS/m que las inhabilitan para su uso; actualmente se utilizan para uso humano a pesar de sus restricciones en cuanto al sabor salobre de la misma.

En algunos sitios cercanos a la zona de riego, se utilizan aguas subterráneas provenientes de este grupo de pozos para riego por inundación de pastos, utilizando el método de melgas rectangulares (cajones). En el Apéndice B se encuentra la información sobre las características químicas de estas aguas y en el Apéndice E la clasificación tanto de las aguas del río Maticora como de los pozos de la zona, para ello se utilizó el método de PLA (1975, 1988), el cual se encuentra en un Disquete de 3 ½ con los programas desarrollados por el Dr. Pla, denominados "SALSODE" y "SALSODI", dependiendo si se desea utilizar en español o inglés, tiene entre sus características principales la sencillez de utilización y son interactivos, solo requieren como plataforma una máquina PC de 640 Kb de RAM, este diskette se encuentra en el anexo B.

Cultivos más recomendables

En función de las características fisiológicas de cada cultivo, su adaptación al clima y sobre todo la resistencia a la salinidad, se elaboraron las curvas de rendimiento, utilizando los criterios de Mass y Hoffman, citados por Ayers y Wescott (1987), en función de los incrementos de salinidad que pueden producirse una vez iniciado el riego en la zona de Maticora. Estos pueden observarse con detenimiento en el Apéndice C; de allí se puede inferir que la gama de cultivos a establecer en las actuales condiciones es bastante amplia. De los cultivos seleccionados por los estudios de FUDECO y la ya desaparecida Corpo-Occidente, se tiene unos que sobresalen por su resistencia a la salinidad y otros cuyos rendimientos a esperar podrían ser debajo de su potencial genético debido a incrementos de sales en la solución de suelo. En la Tabla 11 se especifica por orden de adaptabilidad los más recomendables para la zona de Maticora.

Tabla 11. Selección de Cultivos para la zona de Maticora.

a.- <u>Cultivos tolerantes a la salinidad</u>	Conductividad Extracto Sat. a 90 % rendimiento.
Algodón	9,6
Pasto Bermuda	8,5
Sorgo	7,4
Soya	5,6
Pasto Elefante	5,1
b.- <u>Cultivos mod. Tolerantes a la salinidad</u>	Conductividad Extracto Sat. a 90 % rendimiento.
Arroz	3,8
Maní	3,5
Tomate	3,5
Lechosa	3,4
Caña de Azúcar	3,4
Patilla	3,3
Melón	3,3
c.- <u>Cultivos mod. Sensibles a la salinidad</u>	Conductividad Extracto Sat. a 90 % rendimiento.
Berenjena	2,5
Maíz	2,5
Cítricos	2,4
Pimiento	2,2
d.- <u>Cultivos sensibles a la salinidad</u>	Conductividad Extracto Sat. a 90 % rendimiento.
Aguacate	2,0
Parchita	2,0
Cebolla	1,8
Frijoles, Caraota	1,5

Requerimientos de Lixiviación

Las necesidades de lavado de los suelos se determinaron por dos procedimientos, el Método de Pla (1988) en primer lugar y el método de Ayers y Wescott (1987) en segundo lugar. En el primer caso puede verse en el Apéndice B las variables de entrada al modelo (disquete en el Anexo B) y que arroja como resultado valores de requerimiento de lixiviación (RL) para sales incluyendo la eficiencia de lavado de 0,17 en cultivos sensibles (40 – 60) meq/l de sales totales en el extracto de saturación; para cultivos tolerantes y muy tolerantes (80 – 160 meq/l) el requerimiento de lixiviación (RL) baja a 0,03 y 0,01; en cuanto a la lámina de lavado para sodio [L(Na)F], éstas son bastante bajas, independientemente de la Relación de Adsorción de Sodio (RAS) a considerar; los valores son de 0,03 y 0,01 para RASES de 5 y 15 respectivamente.

El agua se considera de moderadas limitaciones con bajas posibilidades de producir sodicidad en los suelos donde se aplique. La clasificación de esta agua según Pla es la de ST₂₁ hasta ST₃₁ dependiendo del cultivo, para la sodicidad es NA₁₁ hasta NA₂₁.

En el caso del procedimiento que aparece en el documento de Ayers y Wescott (1987) aplicando la ecuación (2.1) del presente trabajo se tienen los resultados dependiendo de los valores de conductividad eléctrica de la solución del suelo que pueden soportar los cultivos sin que el rendimiento por este motivo decrezca en un valor superior al 10% (90 % de rendimiento potencial). Estos valores son los siguientes:

- a.- Para Cultivos Sensibles RL = 0,13
- b.- Para Cultivos Moderadamente Sensibles RL = 0,09
- c.- Para Cultivos Moderadamente Tolerantes RL = 0,05
- d.- Para Cultivos Tolerantes RL = 0,02

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Luego del análisis de los datos básicos de la zona, se puede concluir, en sentido general, que en las actuales circunstancias de explotación agrícola y pecuaria del área, de estudio, los problemas de sodicidad y sobre todo de salinidad existen en sentido general en los primeros estratos de suelo, entre los 25 y 75 cm. de profundidad, agravándose en la actualidad solamente en áreas pequeñas y sitios localizados, específicamente en zonas reconocidas por mal drenaje y manejo inadecuado de estos suelos como la zona norte del área del estudio.

La conductividad eléctrica del extracto de saturación de los suelos de la zona es variable, presentándose valores alrededor de los 4 dS/m en los primeros 50 cm de profundidad, a partir de allí se observa un incremento constante en la mayoría de los sitios de muestreo, hasta profundidades medias y en algunas evaluaciones se muestra una disminución suave de la salinidad a valores de 2 dS/m por debajo de 1 m lo que indudablemente se debe al lavado natural que existe en Maticora. Una excepción a este comportamiento es el pozo de muestreo P-9, que fue el único donde se tomaron las muestras en un potrero que se regaba por inundación poco controlada y que a lo largo de su perfil se encontraba totalmente humedecido sin llegar a saturación, para este caso la conductividad eléctrica se encuentra en forma pareja alrededor de 1 dS/m hasta los 150 cm de profundidad, esto nos sirve para determinar los efectos del lavado de estos suelos con agua proveniente de fuentes superficiales en este caso del río Cocuiza.

Las sales predominantes, según el análisis efectuado a las diferentes muestras de suelo, indican una alta proporción de sales de Sulfato de Calcio y de Magnesio (SO_4Ca) y (SO_4Mg), sin embargo en algunos sitios se encontró cantidades significativas de Sodio y Cloruro (Na^+ y Cl^-), sales peligrosas por la posible sustitución del Calcio y Magnesio en el complejo de la solución de suelo, que podrían dar problemas de sodificación localizadas en esas zonas en caso de un mal manejo.

La textura de los suelos es, en términos generales, muy fina con altas proporciones de las fracciones arcilla y limo; incrementándose aún más en los límites Noroeste del área del estudio. La variabilidad de estos suelos en cuanto a esta característica es baja, tanto en sentido horizontal como en sentido vertical; estos análisis texturales se realizaron cada 25 cm a profundidades entre 2 y 3 m en cada uno de los sitios de muestreo. Estos suelos, por sus factores formadores, presentan como única ventaja, en cuanto a sus características físicas un adecuado desarrollo

estructural; sin embargo su estabilidad corre peligro en caso de utilización indiscriminada de maquinaria agrícola; en algunas partes de la zona de estudio existen suelos con predominancia de la fracción limosa, lo cual los hace susceptibles a la formación de costras en caso de exceso de preparación de tierras, restringiendo de esta forma la aireación e infiltración de agua necesaria para el adecuado desarrollo de los cultivos.

En la realización de los perfiles del suelo de acuerdo a la textura determinada en los resultados del laboratorio, se observa que es mínima la posibilidad de aparecer niveles freáticos colgantes, debido a que no se observaron cambios abruptos de textura que pueda conducir a ese tipo de problema.

La conductividad hidráulica de los suelos ubicados en la zona de estudio, arrojaron valores entre 0,8 y 16 cm/día, equivalentes a cifras de 0,3 mm/h. hasta 6,5 mm/h, éstos son valores esperados para la textura y baja macroporosidad de estos suelos.

Desde el punto de vista de fertilidad, son suelos medianamente pobres; sin embargo los niveles de Potasio (K) y de Fósforo (P) se consideran relativamente altos en los primeros 50 cm de suelo. De todas formas para obtener óptimas cosechas, es necesario, en la mayoría de los casos, la adición de fertilizantes nitrogenados, el pH de la zona es generalmente alcalino en una baja proporción.

Los suelos, en función de sus características físicas, presentan por lo general una alta capacidad de retención de humedad, adecuada para mantener cultivos de porte medio con frecuencias de riego bajas; presentan alta proporción de partículas finas como Arcilla y Limo, una alta resistencia mecánica, una moderada a alta plasticidad, baja capacidad de aireación y una baja velocidad de infiltración del agua en la superficie del suelo.

A pesar de que en el presente estudio no se realizaron investigaciones sobre el tipo de arcillas presentes en la zona de riego, la formación de grietas con un ancho superior a los 3 cm y profundidades observables de 30 cm, lleva a pensar que la arcilla predominante es la Montmorillonita; Parra (1967) lo que significa extremar el manejo cuidadoso de estos suelos una vez se inicie la explotación del riego.

El manejo adecuado de estos suelos significa atender en una forma paralela las necesidades de riego junto con las de drenaje para lograr un adecuado desarrollo agropecuario sostenible de la zona motivado a las limitaciones físicas y químicas que deben ser consideradas para aprovechar acertadamente el potencial del área. A pesar de que el nivel freático se encuentra alrededor de los 13 m es posible esperar en el caso de que se cumplan algunos supuestos hidrodinámicos del suelo, un incremento de la tabla de agua a 2 m de profundidad en un plazo de alrededor de 12 años, donde la combinación de niveles freáticos elevados y presencia de sales en

el subsuelo nos puede conducir a una rápida salinización y posible sodificación en caso de carecer estos suelos de un manejo apropiado en cuanto a riego y drenaje.

El drenaje debe ser planificado para toda el área con el objetivo de lograr una plena efectividad del mismo, todo el manejo de estos suelos con la aplicación de estas aguas pasa por un mejoramiento del drenaje tanto interno como externo.

En la calificación de las aguas, las clasificaciones de Ayers y Westcot (1987), con la clasificación de Pla (1988), concuerdan en que regar con las aguas del río Maticora puede llevar a la aparición de problemas moderados por ello deben tener un adecuado manejo, para evitar procesos de salinización.

La calificación de las aguas a utilizar para riego se puede considerar coincidente en cuanto a los requerimientos de lixiviación, tanto la de Pla (1988) como la de Ayers y Wescott (1987) arrojan valores similares a pesar que esta última no toma en cuenta la salinidad inicial del suelo. La clasificación del USDA (1954) clasifica el agua del río Maticora como C₃S₁ lo que significa agua de mala calidad con baja peligrosidad de sodio.

Las aguas del río Maticora presentan en sus análisis químicos un elevado contenido de sales para ser aguas provenientes de fuentes superficiales, con sales predominantes de Sulfato de Calcio, sin embargo esto constituye una gran ventaja al momento de lixiviar las sales de suelo por la reducción de las posibilidades de sodificación, estas aguas tienen una conductividad de 0,86 dS/m y una Relación de adsorción de sodio de 0,5, por lo que no debe presentar problemas en su aplicación para riego.

El agua del río Maticora se caracteriza por presentar elevadas concentraciones de sedimentos finos a pesar de provenir de un embalse, por lo que existen restricciones para su aplicación en métodos de riego presurizados como aspersión y goteo, debido al elevado costo de eliminar los sedimentos para suprimir los riesgos de taponamiento en los orificios de salida.

El relieve de la zona es bastante plano, con pendientes menores del 0,5 %, encontrándose por lo general pendientes de 0,3 % tanto en sentido longitudinal como transversal lo que produce problemas por falta de gradiente hidráulico para desalojar con rapidez las aguas superficiales formándose inmensas ciénegas en la época de lluvias, es por ello común en el área la presencia de bajíos o caños represados con agua de escorrentía que restringen la operación en forma eficiente de maquinaria agrícola.

En la mayoría de las tierras de la zona de estudio, el mayor uso que han tenido constituye la explotación extensiva de ganado caprino y la utilización de agricultura de secano para cultivos de ciclo corto en algunas áreas reducidas. En

algunos sitios, se han empleado las aguas de escorrentía de la época invernal, realizando retenciones rústicas para su almacenamiento y posterior uso en melgas rectangulares (cajones) donde se procede a sembrar pasto de inundación como pasto alemán y en algunos sitios pasto bermuda, por tanto es necesario la puesta en servicio del sistema de riego ya construido para lograr el desarrollo de la zona de Maticora.

En aquellos suelos de la zona que presentan actualmente estratos fuertemente salinos a profundidades mayores a 1 m, debe evitarse la implantación de cultivos de ciclo largo susceptibles a la salinidad y sodicidad, como el aguacate y los cítricos; de igual forma debe procurarse la implantación de cultivos resistentes a salinidad que pueden establecerse como el algodón y la soya entre los de ciclo corto. En el caso de los pastos, la mayoría resisten este tipo de problemas, como por ejemplo el pasto bermuda (*Cynodon dactylon*) y el pasto elefante que tiene una elevada tolerancia a las sales.

La eficiencia de lavado para calcular los requerimientos de lixiviación, se estimó de una forma conservadora en 0.5; este valor se tomó en cuenta dependiendo de la mayoría de las texturas que se presentan en la zona del estudio, se ha determinado para suelos en Quibor, Estado Lara, de similar textura a la zona de Maticora, valores de 0,7; sin embargo la literatura al respecto como Dieleman (1963) Boumans citados por Pla (1974) recomiendan una estimación de eficiencia para suelos pesados de 0,3. Es necesario acotar que las láminas de lavado tienen, para algunos cultivos a desarrollar (sensibles) valores elevados que permitan asegurar condiciones hídricas óptimas. Sobre este particular hay que tener en cuenta que la mayor eficiencia de lavado en suelo de texturas pesadas se realizan con métodos de riego que saturan el suelo como el riego por gravedad, en este sentido el proceso de lavado es superior a los métodos de riego que aplican menor cantidad de agua como riego por aspersión.

Recomendaciones

El mejoramiento en forma artificial del drenaje interno, que hasta los momentos no ha sido considerado por los planificadores del sistema de riego, debe realizarse a la brevedad posible antes de que cree problemas como los existentes en el sistema de riego "El Cenizo", Estado Trujillo, donde, con suelos de mejores características físicas, se ha presentado abandono de áreas regables por problemas de sodicidad.

El manejo de suelo debe ser bastante cuidadoso debido a las características hidrogeológicas de los perfiles, la cantidad de sales en la solución y las condiciones climáticas imperantes en la zona de riego.

Las condiciones climáticas de la zona, indican que en ésta ocurre déficit hídrico durante todo el año, por lo que el suministro de riego es indispensable para lograr el normal desarrollo de los cultivos que se establezcan en la zona de Maticora.

En la etapa de consolidación de la zona de riego, debe tratarse de realizar una adecuada nivelación a nivel parcelario o emparejamiento, esto con el fin de evitar acumulaciones de sales en la superficie del suelo que entorpezcan la germinación de los cultivos a desarrollar y realizar la aplicación eficiente del riego.

Es indispensable, para la determinación de los niveles freáticos, la instalación de por lo menos 4 baterías de pozos de observación en los límites norte del área de riego, con el fin de establecer con suficiente anticipación la elevación del nivel freático a través del tiempo.

Se debe tratar de mejorar el drenaje superficial de la zona, evitando la colmatación de cauces naturales por intervenciones antrópicas, que agravan el problema de desalojo de las aguas de escorrentía hacia el río Cocuiza y el Golfo de Venezuela.

La instalación de una estación meteorológica en la zona serviría para obtener una información más confiable de los parámetros climáticos de la zona y afinar los valores de láminas de aplicación de agua de riego.

Considerando el estado de peligrosidad salina que presentan los suelos de la zona se recomienda efectuar los estudios necesarios para optimizar las condiciones de manejo con el fin de evitar futuros problemas de desertificación que impidan el desarrollo sustentable de una región tradicionalmente deprimida desde el punto de vista económico.

Es recomendable para determinar en una forma más específica las láminas de lixiviación requeridas, las mediciones en campo de la eficiencia de lavado adecuada para estos suelos de tal forma de optimizar el recurso agua y evitar la sobredosis de aplicación en el riego que van a causar problemas de elevación de los niveles freáticos en un futuro no muy lejano.

Se debe consolidar el programa piloto de la parcela de investigación a cargo de los organismos oficiales encargados del sistema de riego, que permita determinar las condiciones de manejo más adecuadas para los suelos de ésta zona.

Estos programas de investigación deben realizarse con el objetivo de lograr los máximos resultados con la inversión realizada.

Es conveniente la realización de ensayos sobre producción de los cultivos en las condiciones actuales de suelo y clima calibrando modelos tipo "PROSAL" de Pérez citado por Brito (1997) del CIDIAT con el fin de estimar rendimientos para el objetivo final de realizar predicciones económicas que nos permitan determinar las mejores alternativas en función de maximizar la rentabilidad de la producción de cultivos.

Entre los cultivos a recomendar en la zona, se perfila como el más conveniente de acuerdo a la disponibilidad del agua, el tipo de suelo y las condiciones de clima, el cultivo del algodón; éste combina una alta resistencia a la salinidad con una alta necesidad de mano de obra en la recolección, en una zona donde existe una alta oferta de ésta. No es casualidad que a principios de la década pasada, las empresas privadas del consorcio algodonero venezolano se interesaran por adquirir parcelas en el actual sistema de riego.

Se debe utilizar el riego como factor estratégico de desarrollo, uniendo al proyecto actual de riego las necesidades específicas de drenaje y conservación que sean indispensables para garantizar altos rendimientos a las inversiones y crecimiento sostenido de las explotaciones agropecuarias.

Las inversiones realizadas, las ya programadas y las que se puedan orientar hacia el manejo integrado de riego, drenaje y conservación de las tierras del área de estudio, pueden constituirse en un motor fundamental, tanto del desarrollo agropecuario como del progreso general de la zona si se administran acertadamente.

Para el caso particular del Sistema de Riego Maticora, es altamente recomendable evitar los males que aquejan a los otros sistemas de riego superficiales instalados en Venezuela, en el sentido de fijar tarifas del agua para riego o buscar mecanismos que permitan evitar las condiciones de abandono e inoperación que existe en los otros sistemas. Se debe tratar de evitar la repetición de estos errores que en Venezuela ha llevado a la pérdida de cuantiosas inversiones realizadas en el pasado.

BIBLIOGRAFIA

- Alarcón M. J (1982) *Diagnóstico de los problemas de salinidad en los suelos del valle de El Tocuyo*. Tesis de grado MSc. CIDIAT, Mérida.
- Alva C. A., Van Alphen J.G ; De la Torre A y Manrique L; (1976) *Problemas de drenaje y salinidad en la costa Peruana*; Boletín 16, International Institute for Land Reclamation and Improvement (ILRI).
- Alvarez, Michelangelli J.R. (1974) *Recuperación de un suelo salino-sódico en el sistema de riego el cenizo, primera etapa*; tesis de grado MSc. CIDIAT Mérida.
- Arconada J. y Parra J. R.(1974) *Análisis de la Dinámica de Formación del Proceso de Salinidad en los Suelos del Sistema de Riego El Cenizo* M.O.P. División de Edafología. Maracaibo.
- Ayers R. S. y Wescott, D. W.(1987):*Calidad del agua para la agricultura* FAO, Estudios de riego y drenaje No. 29, Roma.
- Brito B. Juan J. (1997). *Requerimientos hídricos y manejo de la salinidad del cultivo de cebolla en el valle de Quíbor*. Tesis de Grado MSc. Cidiat Mérida
- Brown E.; Skougstad M. y Fishman M. (1972) *Métodos para la recolección y análisis de muestras de agua para minerales y gases disueltos* Manual de técnicas de las investigaciones de recursos de agua del servicio geológico de los Estados Unidos.
- CENDRET (1969) *II Curso Nacional de Drenaje de Tierras Agrícolas*. La Molina Lima, Perú.
- Corpo-occidente y Agridiven (1978) *Proyecto de Desarrollo Integral del Sistema de Riego Matícora*. CorpoOccidente Coro.
- Dappo Q. F. (1976) *La salinidad y su influencia en la agricultura*. Fudeco Barquisimeto Estado Lara.
- Dieleman P. J. (1963) *Reclamation of salt affected soils in Iraq*, ILRI Publication 11, Wageningen Holanda.
- Dirección de desarrollo agrícola, Edo. Falcón (1985) *Alternativas de*

Aprovechamiento para el Desarrollo del Sistema de Riego Matícora
Coro, Estado Falcón.

- FAO. (1993). *Prevención de la contaminación del agua por la agricultura y actividades afines*. Informes sobre temas hídricos. Santiago, Chile.
- FUDECO (1975). *Normas propuestas para el estudio y cartografía de suelos afectados por sales*. Barquisimeto. Estado Lara.
- (1985). *Evaluación Socio-Económica del Sistema de Riego Matícora*. Barquisimeto. Estado Lara.
- Florentino de Andreu A.(1982). *Caracterización y Diagnóstico de suelos salino-ácidos en las llanuras costeras del Estado Falcón, Zona Hueque y Ricoa*. Tesis MSc. UCV Facultad de Agronomía, Maracay.
- Galindo, A. (1983). *Reconocimiento y diagnóstico del drenaje en el valle de El Tocuyo, Estado Lara*. Tesis MSc. CIDIAT, Mérida.
- Giraldez J. V. y Cruz G. (1973). *Dinámica del lavado de sales y sustitución del sodio de cambio en los suelos sódicos-salinos de la margen derecha de las marismas del Gualdaquivir*. Anales del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias . Madrid
- Grassi C. (1981). *Manual de Drenaje Agrícola*. CIDIAT, Mérida.
- (1985). "Fundamentos del Riego", Texto CIDIAT, Mérida.
- Kambo C. (1982). *Proyecto del Sistema de Riego Matícora, Estado Falcón* MARNR, División de Infraestructura, Departamento de Riego, Caracas.
- Martinez J. (1986). *Drenaje Agrícola*. Instituto Nacional de reforma y Desarrollo agrario, Ministerio de Agricultura pesca y alimentación Madrid España.
- OTEHA, C.A.(1963). *Estudio agrológico semidetallado y de clasificación de Tierras para Riego del Sistema de Riego Matícora*. Edo. Falcón.
- Oré H. (1986). *Introducción a la recuperación de suelos salinos*. Material sujeto a revisión del curso de salinidad, MARNR, Barquisimeto.
- Parra J.R. (1967). *Estudio Edafotécnico del Sistema de Riego Matícora, Edo. Falcón*. Estación Edafotécnica del Zulia, MOP, Maracaibo.

- (1969). *Consideraciones sobre los aspectos de Salinidad Observados en la zona del futuro Sistema de Riego Matícora*. MOP Oficina Edafológica Zulia-Andes.
- (1972). *Contribución al conocimiento de los Estudios Agrológicos realizados en la hoya del Lago de Maracaibo*. MOP, Dirección general de recursos hidráulicos.
- (1976) *Consideraciones sobre la salinidad de los suelos de la cuenca del Lago de Maracaibo*. MOP, Dirección general de Recursos Hidráulicos.
- Parra J. R. y Abi-Saad J. (1969). *Consideraciones sobre las Alternativas de Riego más recomendables a emplear en el Sistema de Riego Matícora*. Oficina Edafológica Zulia-Andes, MOP.
- Pérez J. (1989). *Salinidad Agrícola*. CIDIAT, Mérida.
- (1993). *Estudio evolutivo de la salinidad y medidas de conservación del acuífero de Coro, Edo. Falcón*. CIDIAT, Mérida
- Pizarro F. (1978). *Drenaje Agrícola y recuperación de suelos salinos*. Editorial agrícola española. Madrid España.
- (1979). *El Drenaje Subterráneo en la recuperación de Suelos Salinos y/o Sódicos*. Revista Suelos Ecuatoriales. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Palmira. Colombia.
- Pla Sentis I. (1969) "Metodología de Laboratorio recomendada para el Diagnóstico de Salinidad y Alcalinidad en Suelos, Aguas y Plantas"; Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela Maracay
- (1971). *Evaluación de la influencia de Factores Naturales y Artificiales en la Recuperación y Prevención de Desarrollo de Suelos Afectados por Sales*. Revista Agronomía Tropical, Facultad de Agronomía Universidad Central de Venezuela, Maracay.
- (1985). *Sistema integrado agua-suelo-cultivo-manejo para evaluar la calidad de agua para riego*. IAEA-SM-267/52.
- Pla-Sentis I. (1988). *Riego y desarrollo de suelos afectados por sales en condiciones tropicales*. SOIL TECHNOLOGY. 1 (1). Cremlingen, Holanda.

- Pla Sentis I, Alvarez J.R., Sucre R. (1984). *Eficiencia de Lixiviación en la Recuperación de dos Suelos afectados por Sales en Venezuela*. Revista Agronomía Tropical, Facultad de Agronomía, UCV, Maracay.
- Pla-Sentis I. y Dappo F. (1974) *Sistema racional para la evaluación de la calidad de aguas para riego*. Suplemento Técnico de FUDECO Barquisimeto.
- Rázuri L (1977). *Reconocimiento del problema de drenaje*. CIDIAT Mérida.
- (1977). *Materiales utilizados en drenaje subterráneo*. CIDIAT Mérida.
- Ravina I. (1979) *Recuperación de suelos salinos y sódicos*. Revista Suelos ecuatoriales, Sociedad Colombiana de la ciencia del Suelo. Palmira Colombia.
- Richards L.A. (1977). *Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos*”, Manual No. 60 Ed. Limusa, México.
- SEM-UNEFM (1994). *Evaluación de las características Fisico-químicas de los suelos de la primera etapa del sistema de riego Matícora*, Municipio Mauroa, Edo. Falcón.
- Sequera P. (1954). *Recuperación de suelos salinos*. Revista Agro No. 9 Ministerio de Agricultura y Cría. Caracas.
- (1967). *Los suelos salinos y la caña de azúcar*. Corporación Venezolana de Fomento Caracas.
- Soil Conservation Service (1973). *Drainage of agriculture lands*. Water Information Center. U.S. Department of Agriculture. Washington D.C. U.S.A.
- U.S. SALINITY LAB. STAFF –USDA- (1954). *Diagnosis and improvent of saline and alkali soils*” U.S. Dept. Agr. Handbook 60. Washington D.C. U.S.A.
- WHITTIG L. D. y JANITZKY P.(1963). *Mechanisms of formation of sodium carbonate in soils: Manifestation of biological conversions*. Soil Sci. 14.

Apendice A

www.bdigital.ula.ve

RESULTADOS DE ANALISIS DE SUELOS

IDENTIFICACION SITIO DE MUESTREO : P-1

ANALISIS FISICOS

No. LAB.	Profund. (cm)	ANALISIS MECANICO				pH 1:2	C.E. x 10 ³ 1:2
		% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	Clasif. Text.		
306	0 - 25	3.3	33.4	63.8	A	7.0	0.47
307	25 - 50	0.8	35.9	63.3	A	5.9	1.1
308	50 - 75	3.3	45.9	50.8	AL	6.2	3.6
309	75 - 100	8.3	40.9	50.8	AL	6.6	1.36
310	100-125	5.8	45.9	48.3	AL	6.9	0.93
311	125-150	5.8	45.9	48.3	AL	6.9	0.93
312	150-175	3.3	68.4	28.3	FAL	7.1	0.55
313	175-200	5.8	60.9	33.3	FAL	7.1	0.56

IDENTIFICACION SITIO DE MUESTREO : P-2

ANALISIS FISICOS

No. LAB.	Profund. (cm)	ANALISIS MECANICO				pH 1:2	C.E. x 10 ³ 1:2
		% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	Clasif. Text.		
314	0 - 25	8.3	25.9	65.8	A	6.9	1.1
315	25 - 50					5.8	3.89
316	50 - 75	10.9	47.4	41.7	AL	6.5	3.65
317	75 - 100	13.4	54.9	31.7	FAL	6.9	1.89
318	100-125	10.9	59.9	29.2	FAL	7.5	0.87
319	125-150	5.9	62.4	31.7	FAL	7.5	0.73
320	150-175	0.9	57.4	41.7	AL	7.3	0.89
321	175-200	3.4	44.9	51.7	AL	7.0	0.72

IDENTIFICACION SITIO DE MUESTREO - P-3

ANALISIS FISICOS

No LAB	Profund (cm)	ANALISIS MECANICO				pH 1:2	C E x 10 ³ 1:2
		% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	Clasif. Text.		
322	0 - 25	14.0	54.6	31.4	FAL	7.1	2.38
323	25 - 50	11.5	37.1	51.4	A	7.1	4.39
324	50 - 75	4.0	52.1	43.9	AL	7.1	3.82
325	75 - 100	4.0	49.6	46.4	AL	6.8	3.1
326	100-125	9.0	42.1	48.9	AL	6.9	2.23
327	125-150	6.5	37.1	56.4	A	6.8	2.6
328	150-175	6.5	42.1	51.4	AL	6.8	4.0
329	175-200	6.5	59.6	33.9	FAL	6.8	1.04

www.bdigital.ula.ve

IDENTIFICACION SITIO DE MUESTREO - P-4

ANALISIS FISICOS

No LAB	Profund. (cm)	ANALISIS MECANICO				pH 1:2	C E x 10 ³ 1:2
		% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	Clasif. Text.		
330	0 - 25	19.0	49.6	31.4	FAL	7.9	0.62
331	25 - 50	11.6	54.5	33.9	FAL	7.9	1.17
332	50 - 75	9.1	59.5	31.4	FAL	7.6	3.72
333	75 - 100	21.6	49.5	28.9	FA	7.7	4.00
334	100-125	3.8	60.4	35.8	FAL	7.2	4.15
335	125-150	11.6	57.0	31.4	FAL	6.3	3.45
336	150-175	4.1	59.5	36.4	FAL	6.3	1.26
337	175-200	11.6	54.5	33.9	FAL	6.2	0.90

IDENTIFICACION SITIO DE MUESTREO : P-5

ANALISIS FISICOS

No. LAB.	Profund. (cm)	ANALISIS MECANICO				pH 1:2	C.E. x 10 ³ 1:2
		% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	Clasif. Text.		
338	0 - 25	4.1	37.0	58.9	A	6.8	3.58
339	25 - 50	1.6	39.5	58.9	A	6.1	3.98
340	50 - 75	6.6	47.0	46.4	AL	6.6	1.98
341	75 - 100	6.5	52.8	40.7	AL	7.0	1.21
342	100-125	6.5	57.8	35.7	FAL	7.2	0.94
343	125-150	9.0	57.8	33.2	FAL	7.3	0.72
344	150-175	11.5	57.8	30.7	FAL	7.4	0.62
345	175-200	11.5	60.3	28.2	FAL	7.4	0.57
346	200-225	9.0	58.2	38.2	FAL	7.5	0.69
347	225-250	9.0	57.8	33.2	FAL	7.1	0.73
348	250-275	11.5	55.3	33.2	FAL	7.3	0.83
349	275-300	14.0	55.3	30.7	FAL	7.2	0.82

IDENTIFICACION SITIO DE MUESTREO : P-6

ANALISIS FISICOS

No. LAB.	Profund. (cm)	ANALISIS MECANICO				pH 1:2	C.E. x 10 ³ 1:2
		% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	Clasif. Text.		
350	0 - 25	3.9	40.7	55.4	AL	7.6	1.16
351	25 - 50	3.9	33.2	62.9	A	6.6	4.05
352	50 - 75	11.4	45.7	42.9	AL	7.3	1.48
353	75 - 100	13.9	40.7	45.4	AL	7.0	0.91
354	100-125	18.9	40.7	40.4	AL	6.7	0.67
355	125-150	26.4	43.1	30.5	FA	6.8	0.47
356	150-175	23.9	43.1	33.0	FA	6.7	0.41
357	175-200	23.9	48.1	28.0	FA	6.8	0.34

IDENTIFICACION SITIO DE MUESTREO : P-7

ANALISIS FISICOS

No. LAB.	Profund. (cm)	ANALISIS MECANICO				pH 1:2	C.E. x 10 ³ 1:2
		% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	Clasif. Text.		
358	0 - 25	1.4	40.6	58.0	AL	8.2	0.88
359	25 - 50	3.9	50.6	45.5	AL	7.3	3.59
360	50 - 75	13.9	43.1	43.0	AL	7.3	2.71
361	75 - 100	18.9	45.6	35.5	FAL	6.5	1.36
362	100-125	8.9	55.6	35.5	FAL	7.6	0.80
363	125-150	3.9	58.1	38.0	FAL	7.4	0.57
364	150-175	1.4	48.1	50.5	AL	7.1	0.60
365	175-200	3.1	43.6	53.3	AL	7.1	0.59

www.bdigital.ula.ve

IDENTIFICACION SITIO DE MUESTREO : P-8

ANALISIS FISICOS

No. LAB.	Profund. (cm)	ANALISIS MECANICO				pH 1:2	C.E. x 10 ³ 1:2
		% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	Clasif. Text.		
366	0 - 25	0.6	41.1	58.3	AL	7.2	3.97
367	25 - 50	3.1	43.6	53.3	AL	6.6	4.01
368	50 - 75	5.6	51.1	43.3	AL	6.1	3.41
369	75 - 100	5.6	51.1	43.3	AL	6.4	3.01
370	100-125	5.6	43.6	50.8	AL	6.7	3.35
371	125-150	3.1	46.1	50.8	AL	7.9	1.59
372	150-175	3.1	43.6	53.3	AL	6.7	4.1
373	175-200	5.6	41.1	53.3	AL	7.4	4.65

IDENTIFICACION SITIO DE MUESTREO : P-9

ANALISIS FISICOS

100

No. LAB.	Profund. (cm)	ANALISIS MECANICO				pH 1:2	C.E. x 10 ³ 1:2
		% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	Clasif. Text.		
374	0 - 25	11.8	51.9	36.8	FAL	7.4	0.31
375	25 - 50	8.8	56.9	34.3	FAL	8.0	0.33
376	50 - 75	3.8	56.9	39.3	FAL	7.7	0.76
377	75 - 100	1.3	49.4	49.3	AL	8.0	0.70
378	100-125	1.3	56.9	41.8	AL	8.1	0.56
379	125-150	1.3	54.4	44.3	AL	8.0	0.82
380	150-175	3.8	46.9	49.3	AL	6.9	2.41
381	175-200	8.8	56.9	34.3	FAL	7.8	1.88

www.bdigital.ula.ve

IDENTIFICACION SITIO DE MUESTREO : P-10

ANALISIS FISICOS

No. LAB.	Profund. (cm)	ANALISIS MECANICO				pH 1:2	C.E. x 10 ³ 1:2
		% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	Clasif. Text.		
382	0 - 25	4.3	43.0	52.7	AL	6.7	0.23
383	25 - 50	6.8	43.0	50.2	AL	7.5	0.16
384	50 - 75	4.3	43.0	52.7	AL	7.8	0.23
385	75 - 100	1.8	53.0	45.2	AL	7.4	0.34
386	100-125	4.3	60.5	35.2	FAL	7.5	0.13
387	125-150	4.3	63.0	32.7	FAL	7.5	0.13
388	150-175	9.3	63.0	27.7	FAL	7.3	0.15
389	175-200	14.3	55.5	30.2	FAL	7.4	0.14

100

IDENTIFICACION SITIO DE MUESTREO : P-11

ANALISIS FISICOS

No. LAB.	Profund. (cm)	ANALISIS MECANICO				pH 1:2	C.E. x 10 ³ 1:2
		% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	Clasif. Text.		
390	0 - 25	9.3	30.5	60.2	A	6.5	0.57
391	25 - 50	1.5	30.6	67.9	A	5.6	1.55
392	50 - 75	4.0	33.1	62.9	A	5.3	4.41
393	75 - 100	4.0	40.6	55.4	AL	6.0	4.80
394	100-125	14.0	45.6	40.4	AL	6.6	2.86
395	125-150	16.5	45.6	37.9	FAL	7.1	1.40
396	150-175	4.0	53.1	42.9	AL	6.9	2.00
397	175-200	11.5	50.6	37.9	FAL	7.6	2.14

www.bdigital.ula.ve

IDENTIFICACION SITIO DE MUESTREO : P-12

ANALISIS FISICOS

No. LAB.	Profund. (cm)	ANALISIS MECANICO				pH 1:2	C.E. x 10 ³ 1:2
		% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	Clasif. Text.		
398	0 - 25	4.3	43.5	52.2	AL	7.5	2.43
399	25 - 50	1.8	46.0	52.2	AL	7.5	4.19
400	50 - 75	1.8	43.5	54.7	AL	7.7	2.13
401	75 - 100	6.8	48.5	44.7	AL	7.6	1.81
402	100-125	4.3	53.5	42.2	AL	6.9	3.85
403	125-150	4.3	43.5	52.2	AL	6.8	3.81
404	150-175	4.3	46.0	49.7	AL	6.6	3.90
405	175-200	3.8	40.5	55.7	AL	6.6	3.90

IDENTIFICACION SITIO DE MUESTREO : P-13

ANALISIS FISICOS

No. LAB.	Profund. (cm)	ANALISIS MECANICO				pH 1:2	C.E. x 10 ³ 1:2
		% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	Clasif. Text.		
406	0 - 25	3.8	45.5	50.7	AL	7.0	3.09
407	25 - 50	3.8	55.5	40.7	AL	6.5	3.68
408	50 - 75	3.8	55.5	40.7	AL	7.0	1.64
409	75 - 100	11.3	50.5	38.2	FAL	7.2	0.68
410	100-125	8.8	58.0	33.2	FAL	7.1	0.51
411	125-150	3.8	55.5	40.7	AL	7.3	0.43
412	150-175	3.8	48.0	48.2	AL	7.2	0.43
413	175-200	3.8	58.0	38.2	FAL	7.3	0.48
414	200-225	8.8	50.5	40.7	AL	7.4	0.36
415	225-250	18.8	53.0	28.2	FAL	7.4	0.30
416	250-275	31.3	48.0	20.7	F	7.5	0.18
417	275-300	6.3	63.0	30.7	FAL	7.3	0.23

102

IDENTIFICACION SITIO DE MUESTREO : P-14

ANALISIS FISICOS

No. LAB.	Profund. (cm)	ANALISIS MECANICO				pH 1:2	C.E. x 10 ³ 1:2
		% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	Clasif. Text.		
418	0 - 25	4.1	41.4	54.5	AL	7.3	4.20
419	25 - 50	1.6	51.4	47.0	AL	7.1	4.15
420	50 - 75	4.1	58.9	37.0	FAL	7.0	3.90
421	75 - 100	4.1	53.9	42.0	AL	7.0	3.60
422	100-125	4.1	46.4	49.5	AL	6.8	4.20
423	125-150	1.6	46.4	52.0	AL	6.7	3.95
424	150-175	1.6	66.4	32.0	FAL	6.8	3.25
425	175-200	2.8	48.8	48.4	AL	6.9	3.29

102

IDENTIFICACION SITIO DE MUESTREO : P-15

ANALISIS FISICOS

No. LAB	Profund. (cm)	ANALISIS MECANICO				pH 1:2	C.E. x 10 ³ 1:2
		% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	Clasif Text.		
426	0 - 25	7.8	38.8	53.4	A	7.7	1.53
427	25 - 50	2.8	41.3	55.9	AL	7.3	3.81
428	50 - 75	2.8	46.3	50.9	AL	7.1	2.69
429	75 - 100	2.8	48.8	48.4	AL	7.4	0.77
430	100-125	10.3	46.3	43.4	AL	7.7	0.51
431	125-150	5.3	48.8	45.9	AL	7.9	0.49
432	150-175	7.8	46.3	45.9	AL	8.0	0.50
433	175-200	5.3	53.8	40.9	AL	8.2	0.42
434	200-225	5.3	58.8	35.9	FAL	8.1	0.41
435	225-250	27.8	43.8	28.4	FA	7.8	0.35
436	250-275	37.8	41.3	20.9	F	7.5	0.44
437	275-300	5.3	51.3	43.4	AL	7.2	0.75

IDENTIFICACION SITIO DE MUESTREO : P-16

ANALISIS FISICOS

No. LAB	Profund. (cm)	ANALISIS MECANICO				pH 1:2	C.E. x 10 ³ 1:2
		% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	Clasif Text.		
438	0 - 25	12.2	48.9	38.9	FAL	7.9	0.40
439	25 - 50	9.7	48.9	41.4	AL	7.5	3.41
440	50 - 75	14.7	51.4	33.9	FAL	7.4	4.00
441	75 - 100	17.2	53.9	28.9	FAL	7.1	3.31
442	100-125	4.7	63.9	31.4	FAL	7.2	0.98
443	125-150	19.7	53.9	26.4	FL	7.1	0.66
444	150-175	17.2	53.9	28.9	FAL	7.3	0.55
445	175-200	17.2	53.9	28.9	FAL	7.4	0.50

IDENTIFICACION SITIO DE MUESTREO : P-17

ANALISIS FISICOS

No. LAB.	Profund. (cm)	ANALISIS MECANICO				pH 1:2	C.E. x 10 ³ 1:2
		% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	Clasif. Text.		
446	0 - 25	3.8	38.3	57.9	A	8.1	0.93
447	25 - 50	3.8	43.3	52.9	AL	7.6	4.69
448	50 - 75	3.8	43.3	52.9	AL	7.0	4.91
449	75 - 100	6.3	50.8	42.9	AL	6.9	4.01
450	100-125	3.8	43.3	52.9	AL	6.8	4.41
451	125-150	8.8	38.3	52.9	A	6.7	4.32
452	150-175	11.3	48.3	40.4	AL	6.8	3.60
453	175-200	18.8	48.3	32.9	FAL	7.2	1.06

IDENTIFICACION SITIO DE MUESTREO : P-18

ANALISIS FISICOS

No. LAB.	Profund. (cm)	ANALISIS MECANICO				pH 1:2	C.E. x 10 ³ 1:2
		% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	Clasif. Text.		
454	0 - 25	11.2	37.2	51.6	A	7.3	1.27
455	25 - 50	8.7	32.2	59.1	A	5.4	1.83
456	50 - 75	3.7	44.7	51.6	AL	7.2	4.55
457	75 - 100	6.2	52.2	41.6	AL	6.6	4.62
458	100-125	11.2	49.7	39.1	FAL	6.9	3.40
459	125-150	1.2	49.7	49.1	AL	6.8	4.50
460	150-175	1.2	52.2	46.6	AL	6.8	4.50
461	175-200	8.2	55.4	36.4	FAL	6.7	3.09
462	200-225	8.2	47.9	43.9	AL	6.7	4.32
463	225-250	10.7	40.4	48.9	AL	6.5	4.50
464	250-275	8.2	35.4	56.4	A	6.5	4.39
465	275-300	3.2	40.4	56.4	AL	6.3	4.90

IDENTIFICACION SITIO DE MUESTREO : P-19

ANALISIS FISICOS

No. LAB.	Profund. (cm)	ANALISIS MECANICO				pH 1:2	C.E. x 10 ³ 1:2
		% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	Clasif. Text.		
466	0 - 25	13.2	35.4	51.4	A	7.3	1.17
467	25 - 50	20.7	22.9	56.4	A	7.0	2.78
468	50 - 75	8.2	43.6	48.2	AL	7.1	2.09
469	75 - 100	13.2	43.6	43.2	AL	7.3	2.29
470	100-125	10.7	41.1	48.2	AL	7.4	3.92
471	125-150	20.7	38.6	40.7	A	7.3	3.61
472	150-175	20.7	43.6	35.7	FA	7.7	0.43
473	175-200	25.7	41.1	33.2	FA	7.6	0.60

www.bdigital.ula.ve

IDENTIFICACION SITIO DE MUESTREO : P-20

ANALISIS FISICOS

No. LAB.	Profund. (cm)	ANALISIS MECANICO				pH 1:2	C.E. x 10 ³ 1:2
		% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	Clasif. Text.		
474	0 - 25	13.2	36.1	50.7	A	7.6	1.82
475	25 - 50	8.2	41.1	50.7	AL	7.5	3.90
476	50 - 75	5.7	38.6	55.7	A	7.4	4.12
477	75 - 100	3.4	38.4	58.2	A	6.8	4.02
478	100-125	3.2	38.6	58.2	A	6.3	3.32
479	125-150	3.2	51.1	45.7	AL	6.6	1.10
480	150-175	4.8	54.2	41.0	AL	6.8	1.15
481	175-200	9.8	61.7	28.5	FAL	7.0	1.04

IDENTIFICACION SITIO DE MUESTREO : P-21

ANALISIS FISICOS

No. LAB.	Profund. (cm)	ANALISIS MECANICO				pH 1:2	C.E. x 10 ³ 1:2
		% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	Clasif. Text.		
482	0 - 25	9.8	41.7	48.5	AL	7.1	3.90
483	25 - 50	7.3	41.7	51.0	AL	6.2	4.08
484	50 - 75	7.3	46.7	46.0	AL	6.6	2.41
485	75 - 100	4.8	39.2	56.0	A	6.8	2.25
486	100-125	7.3	36.7	56.0	A	6.7	3.40
487	125-150	7.3	41.7	51.0	AL	6.9	3.31
488	150-175	4.8	54.2	41.0	AL	6.8	2.10
489	175-200	4.8	46.7	48.5	AL	6.8	2.10

www.bdigital.ula.ve

IDENTIFICACION SITIO DE MUESTREO : P-22

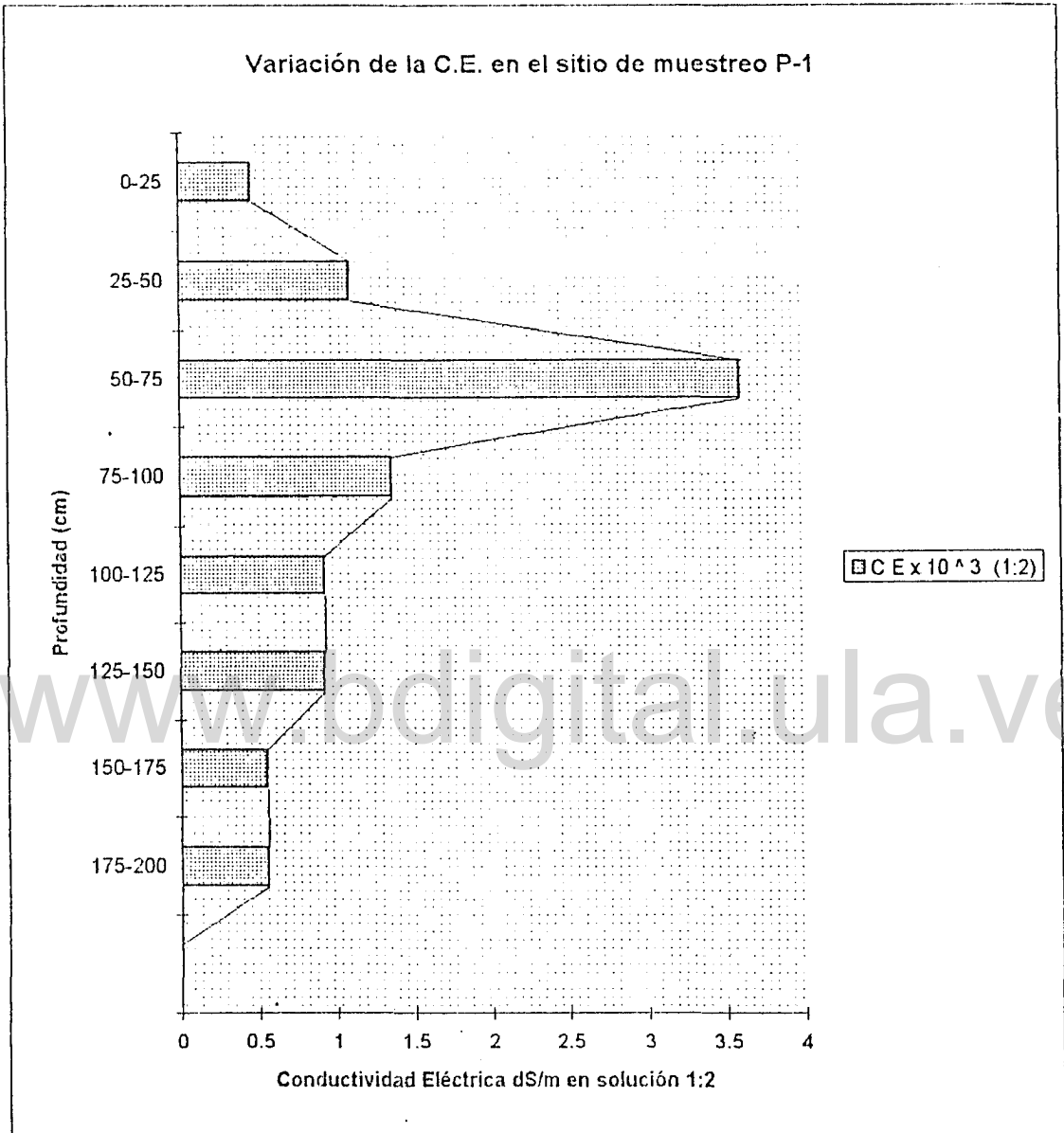
ANALISIS FISICOS

No. LAB	Profund. (cm)	ANALISIS MECANICO				pH 1:2	C.E. x 10 ³ 1:2
		% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	Clasif. Text.		
490	0 - 25	5.8	56.7	37.5	FAL	8.2	0.40
491	25 - 50	3.3	49.2	47.5	AL	7.5	2.85
492	50 - 75	5.8	39.2	55.0	A	6.5	4.62
493	75 - 100	8.3	54.2	37.5	FAL	6.8	2.48
494	100-125	3.3	56.7	40.0	AL-FAL	6.8	1.98
495	125-150	0.8	51.7	47.5	AL	6.9	1.91
496	150-175	5.8	46.7	47.5	AL	7.0	1.62
497	175-200	13.3	46.7	40.0	AL-FAL	7.0	1.26

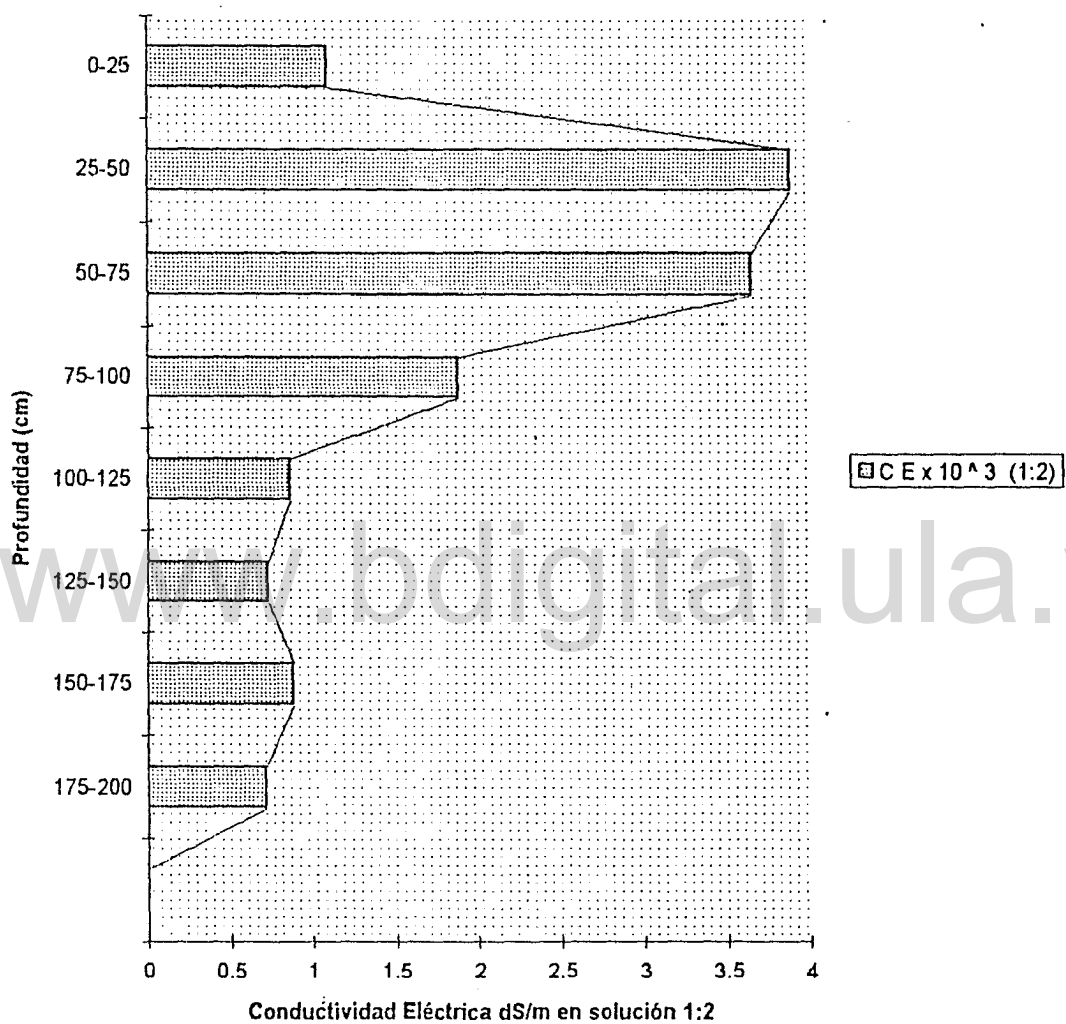
IDENTIFICACION SITIO DE MUESTREO : P-23

ANALISIS FISICOS

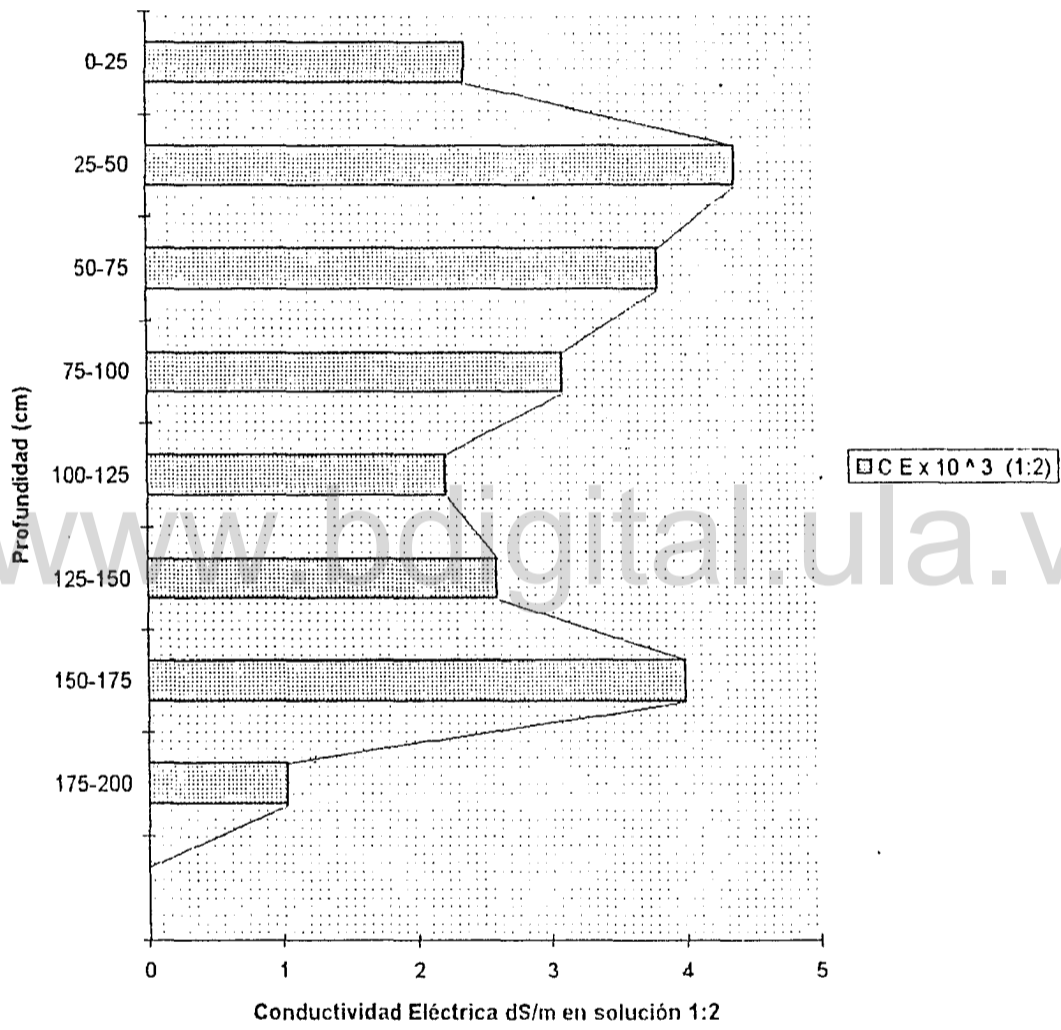
No. LAB.	Profund. (cm)	ANALISIS MECANICO				pH 1:2	C.E. x 10 ³ 1:2
		% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	Clasif. Text.		
498	0 - 25	9.3	41.7	50.0	AL	7.8	1.16
499	25 - 50	3.3	51.7	45.0	AL	7.8	2.78
500	50 - 75	0.8	56.4	42.8	AL	7.5	3.21
501	75 - 100	0.8	43.9	55.3	AL	7.2	4.40
502	100-125	3.3	43.9	52.8	AL	6.9	4.20
503	125-150	8.3	41.4	50.3	AL	6.8	2.40
504	150-175	13.3	43.9	42.8	AL	6.6	2.50
505	175-200	3.3	46.4	50.3	AL	6.6	3.15
506	200-225	8.3	41.4	50.3	AL	6.6	4.41
507	225-250	8.3	33.9	57.8	A	6.8	3.00
508	250-275	10.8	38.9	50.3	A	6.8	4.39
509	275-300	13.3	43.9	42.8	AL	7.2	2.00



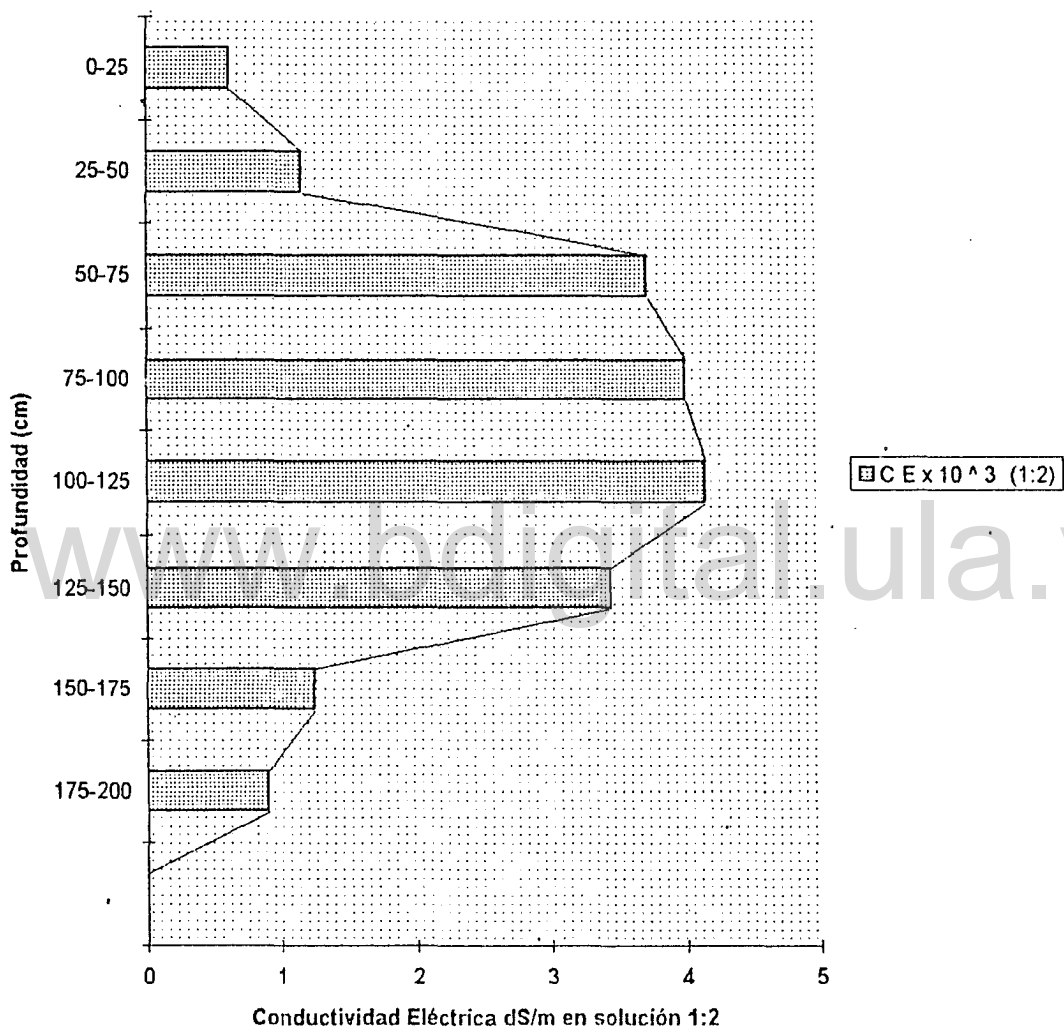
Variación de la C.E. en el sitio de muestreo P-2



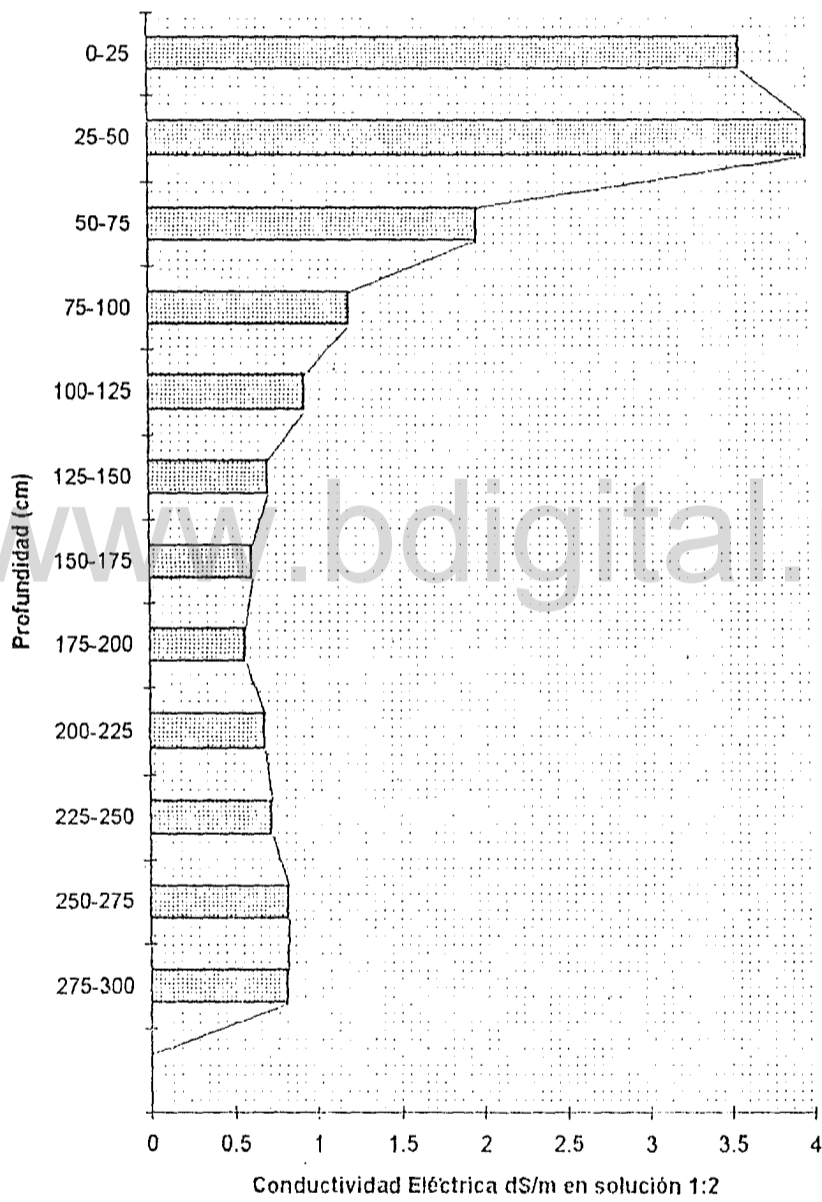
Variación de la C.E. en el sitio de muestreo P-3



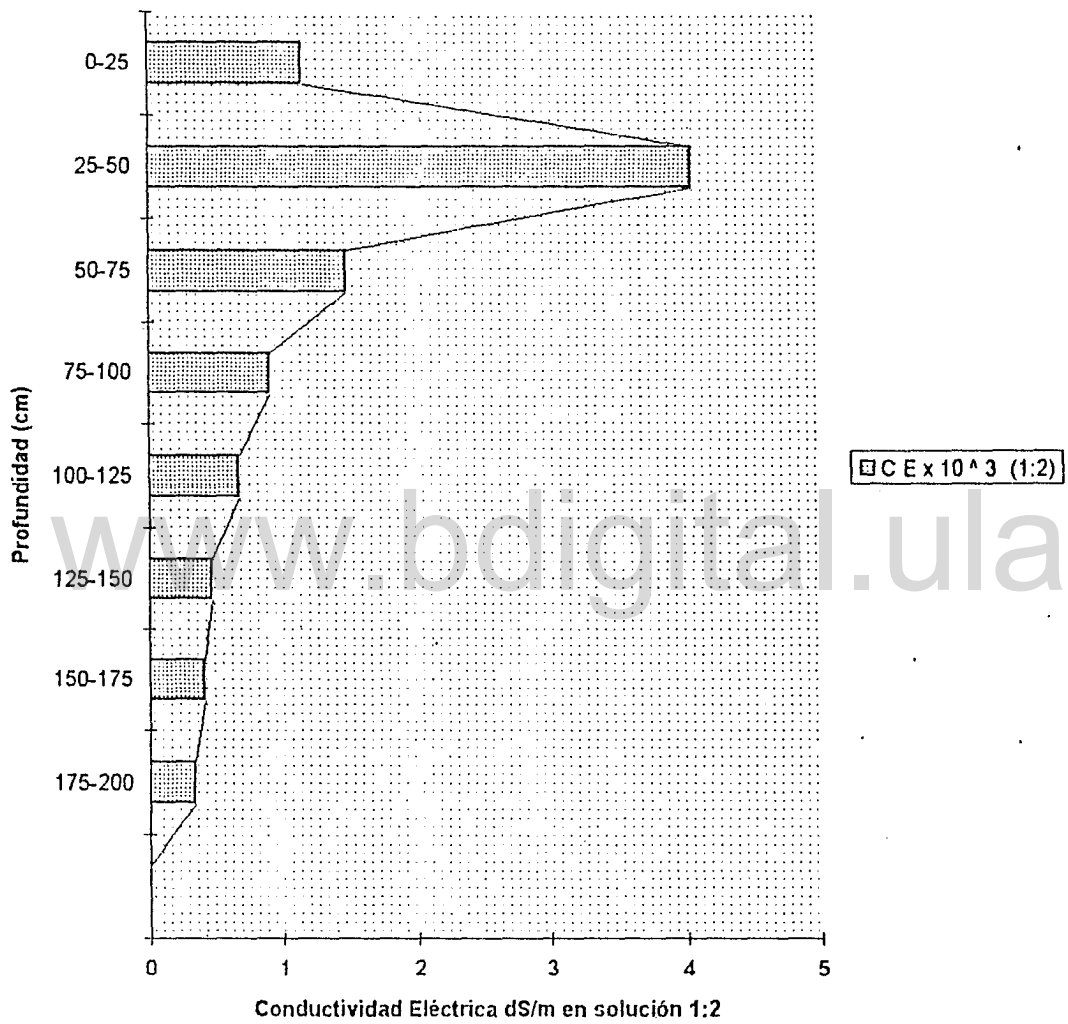
Variación de la C.E. en el sitio de muestreo P-4



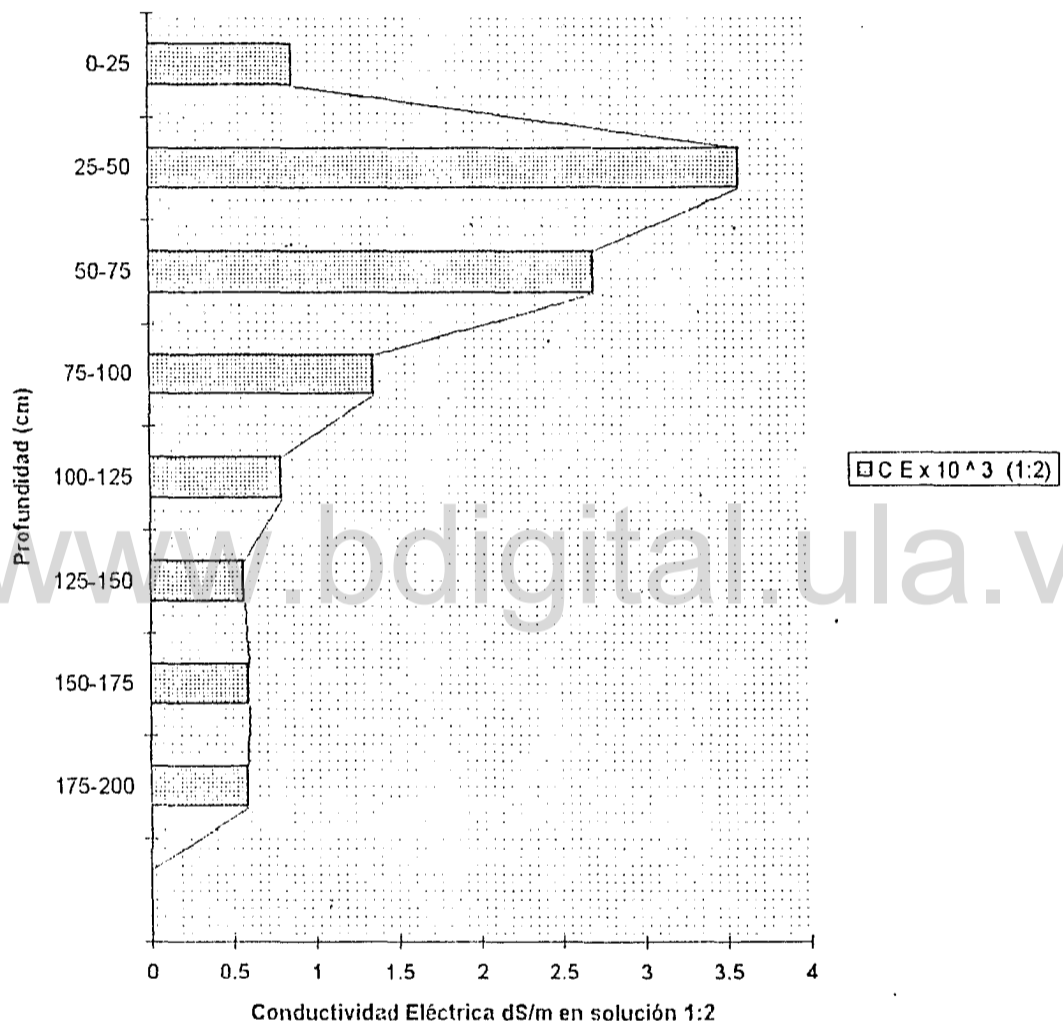
Variación de la C.E. en el sitio de muestreo P-5



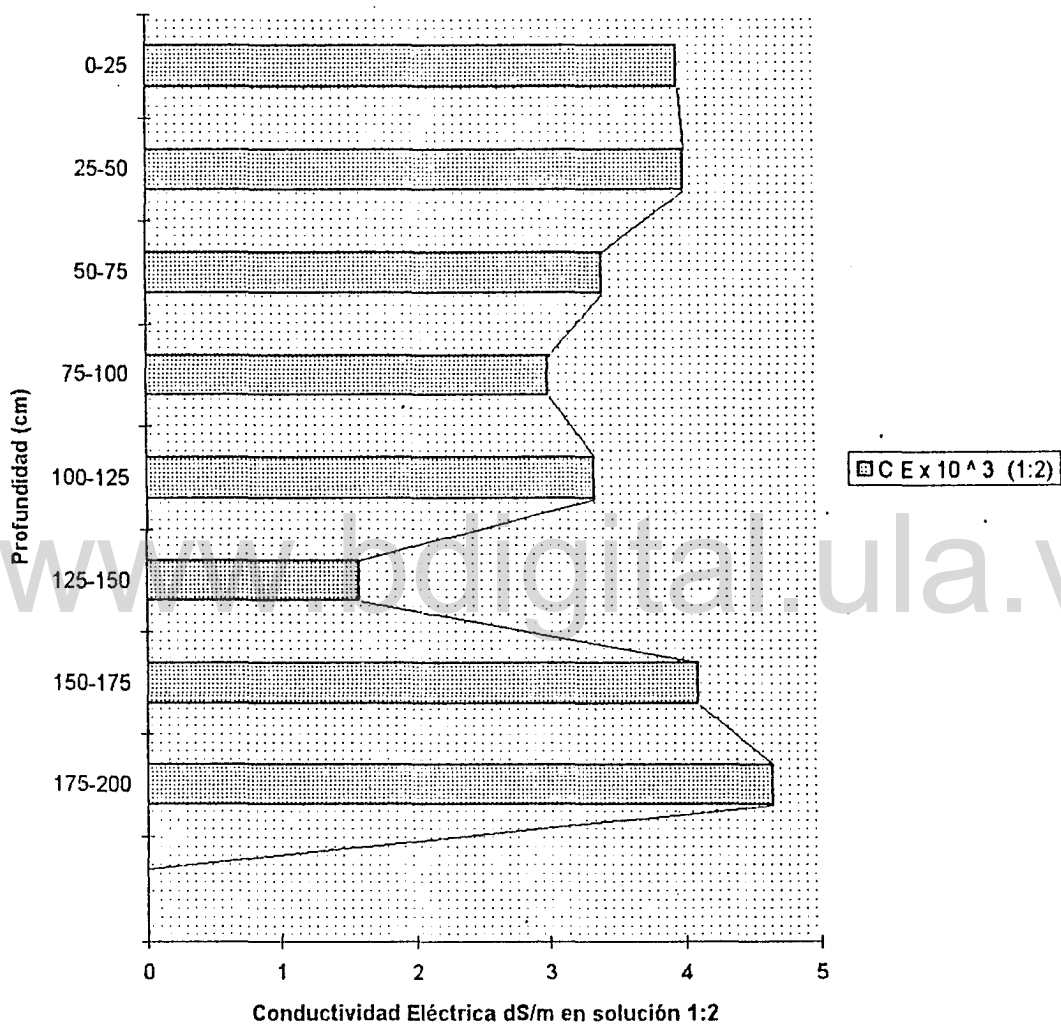
Variación de la C.E. en el sitio de muestreo P-6



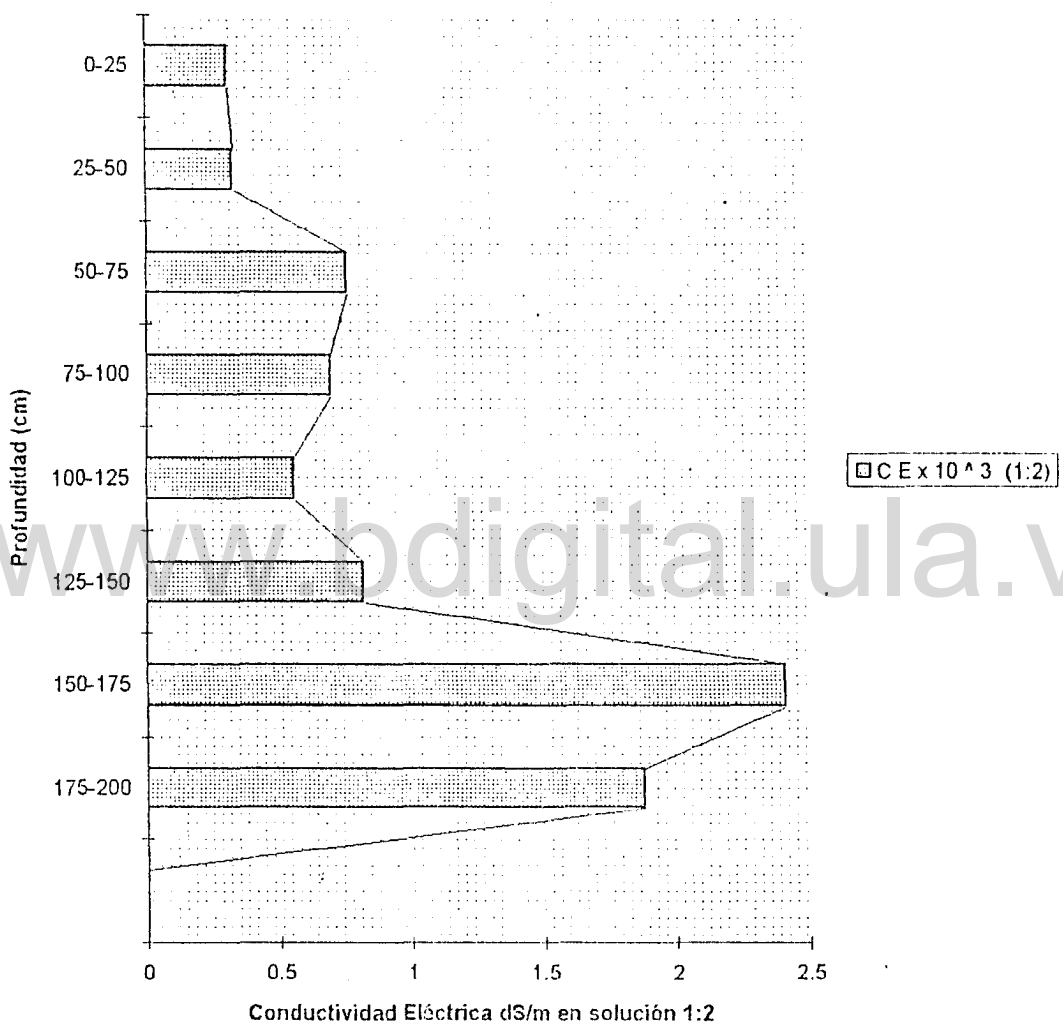
Variación de la C.E. en el sitio de muestreo P-7



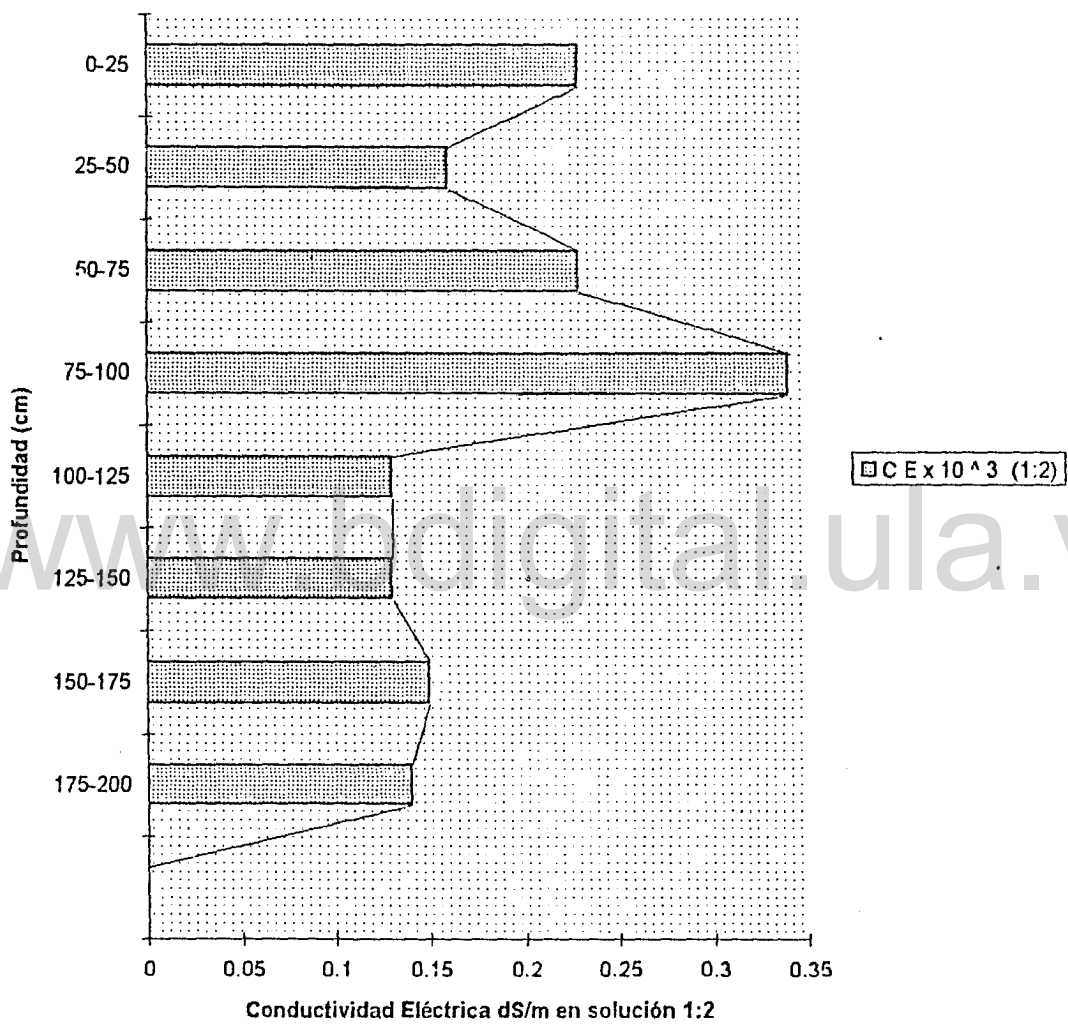
Variación de la C.E. en el sitio de muestreo P-8



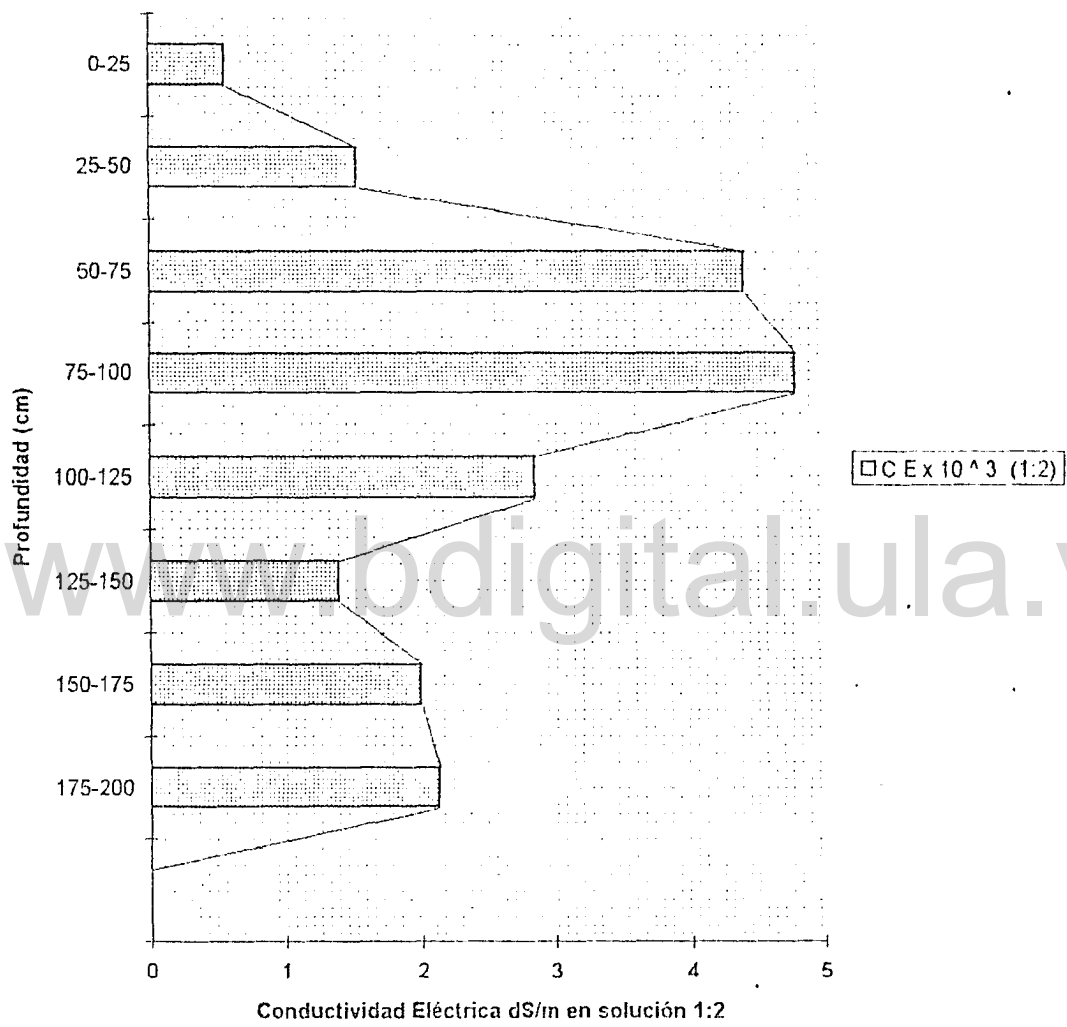
Variación de la C.E. en el sitio de muestreo P-9



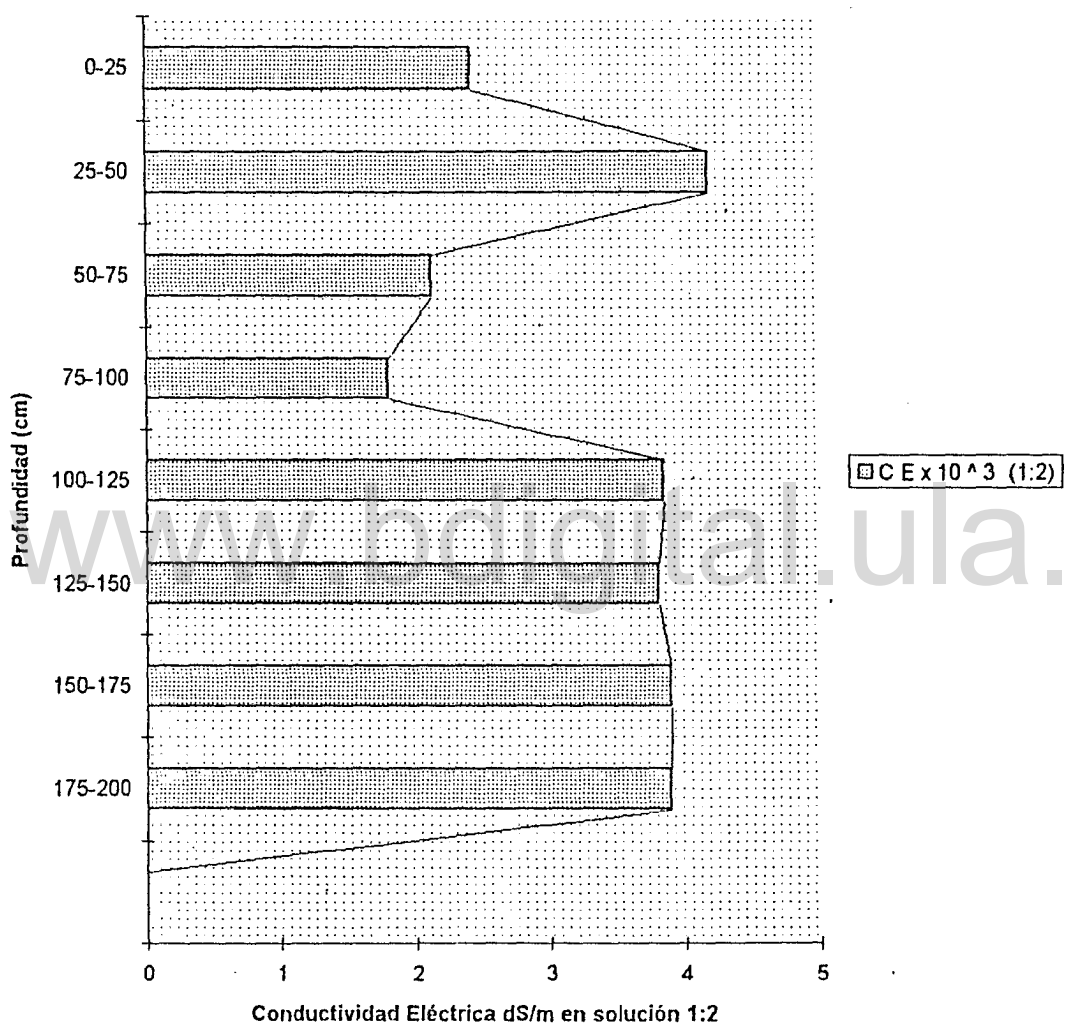
Variación de la C.E. en el sitio de muestreo P- 10



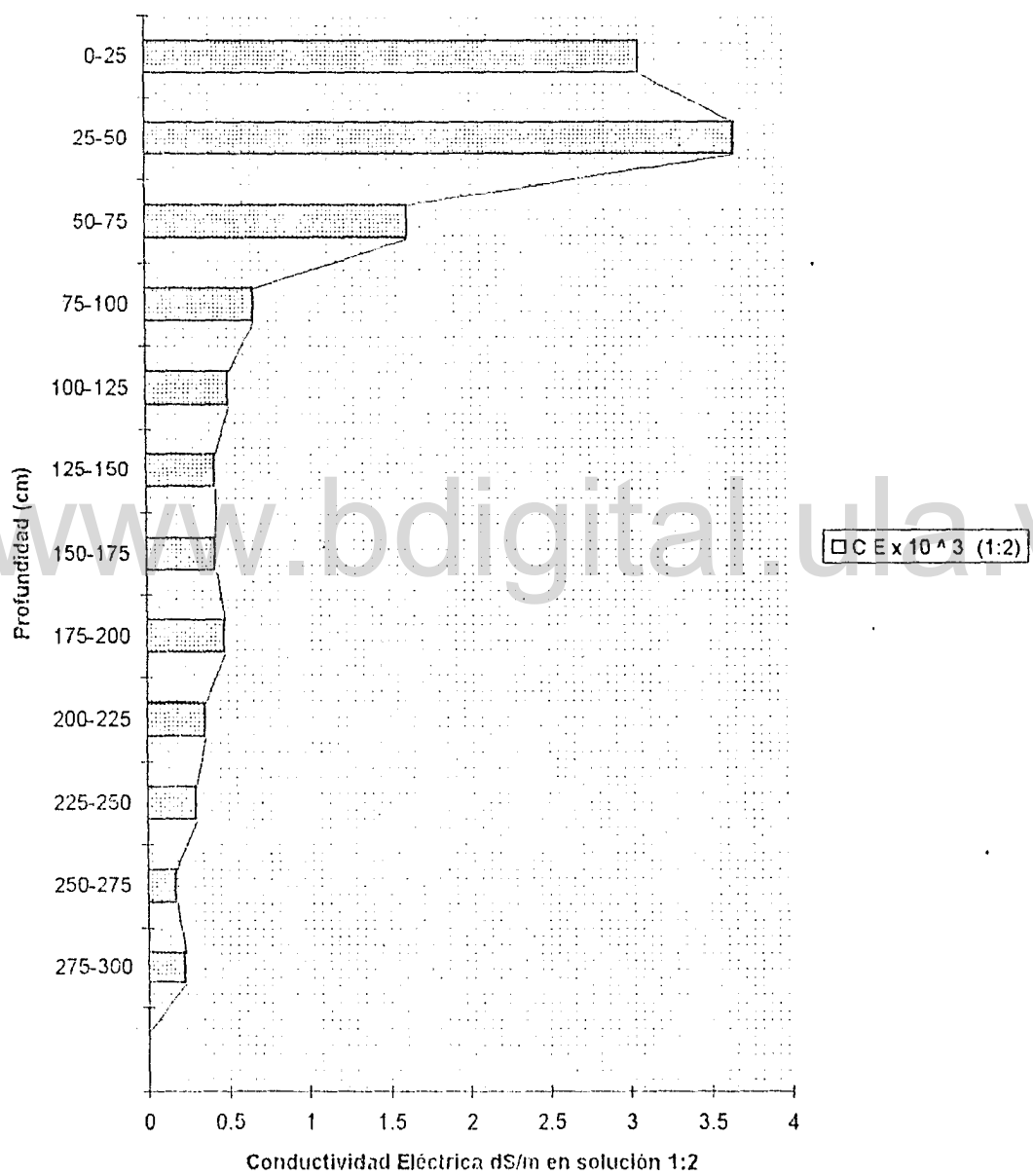
Variación de la C.E. en el sitio de muestreo P- 11



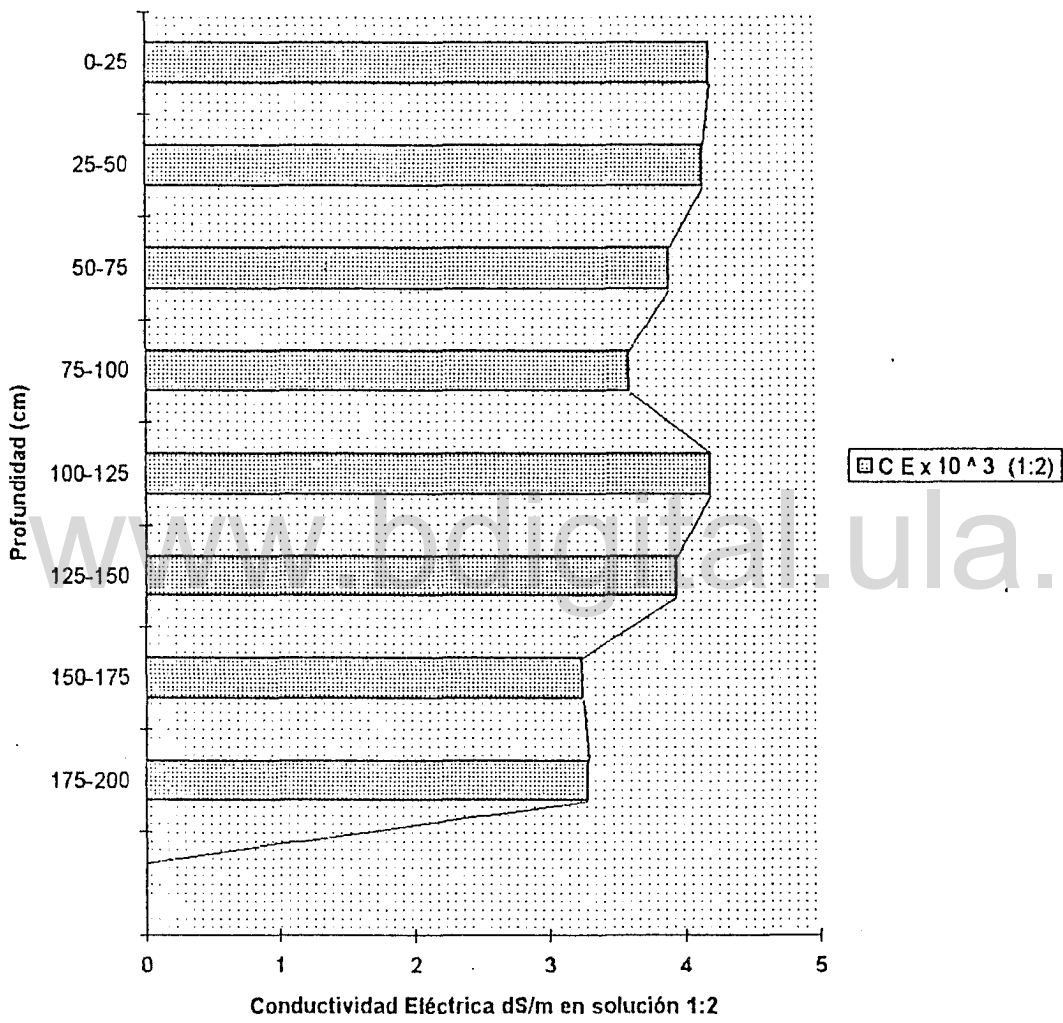
Variación de la C.E. en el sitio de muestreo P- 12

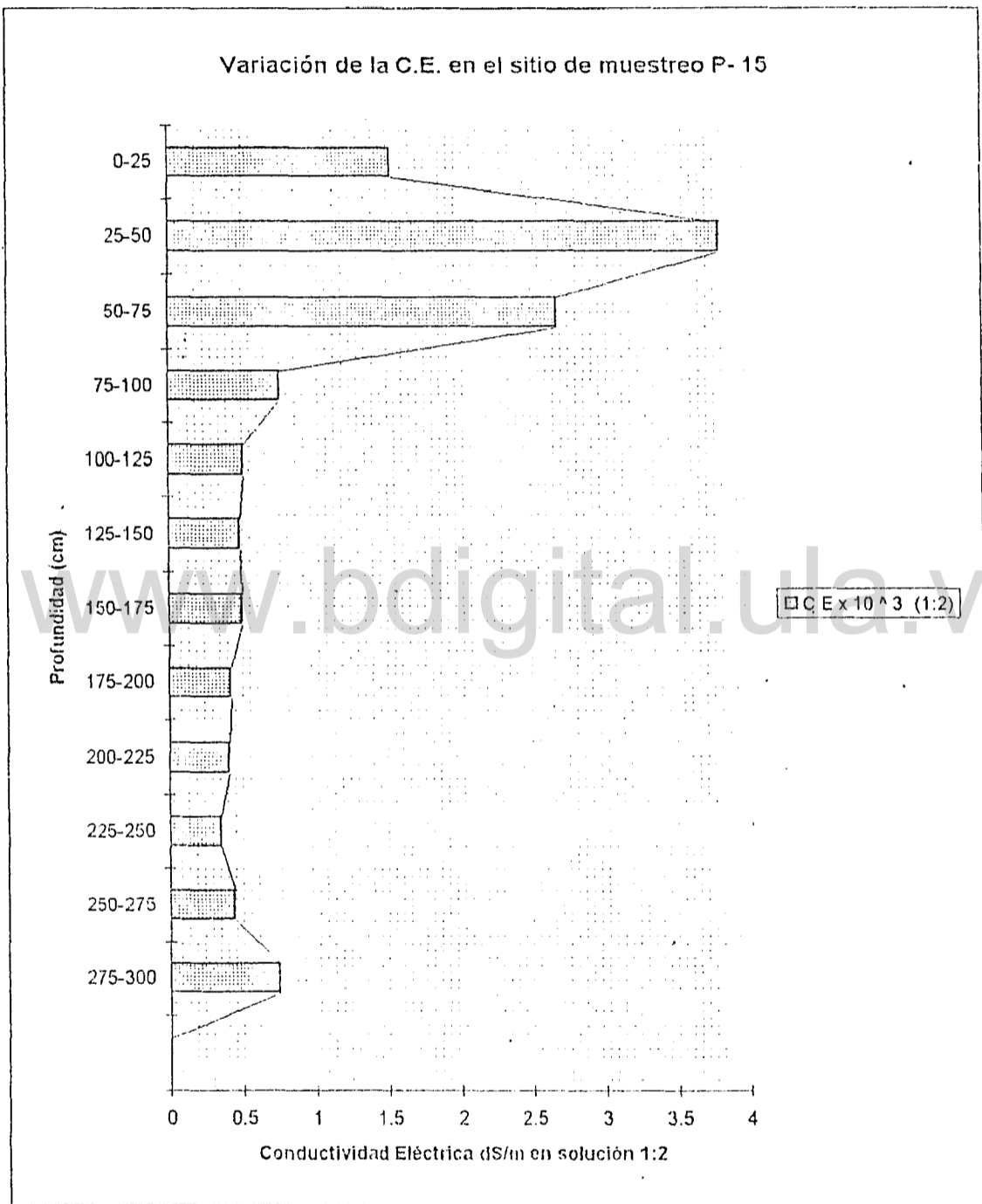


Variación de la C.E. en el sitio de muestreo P- 13

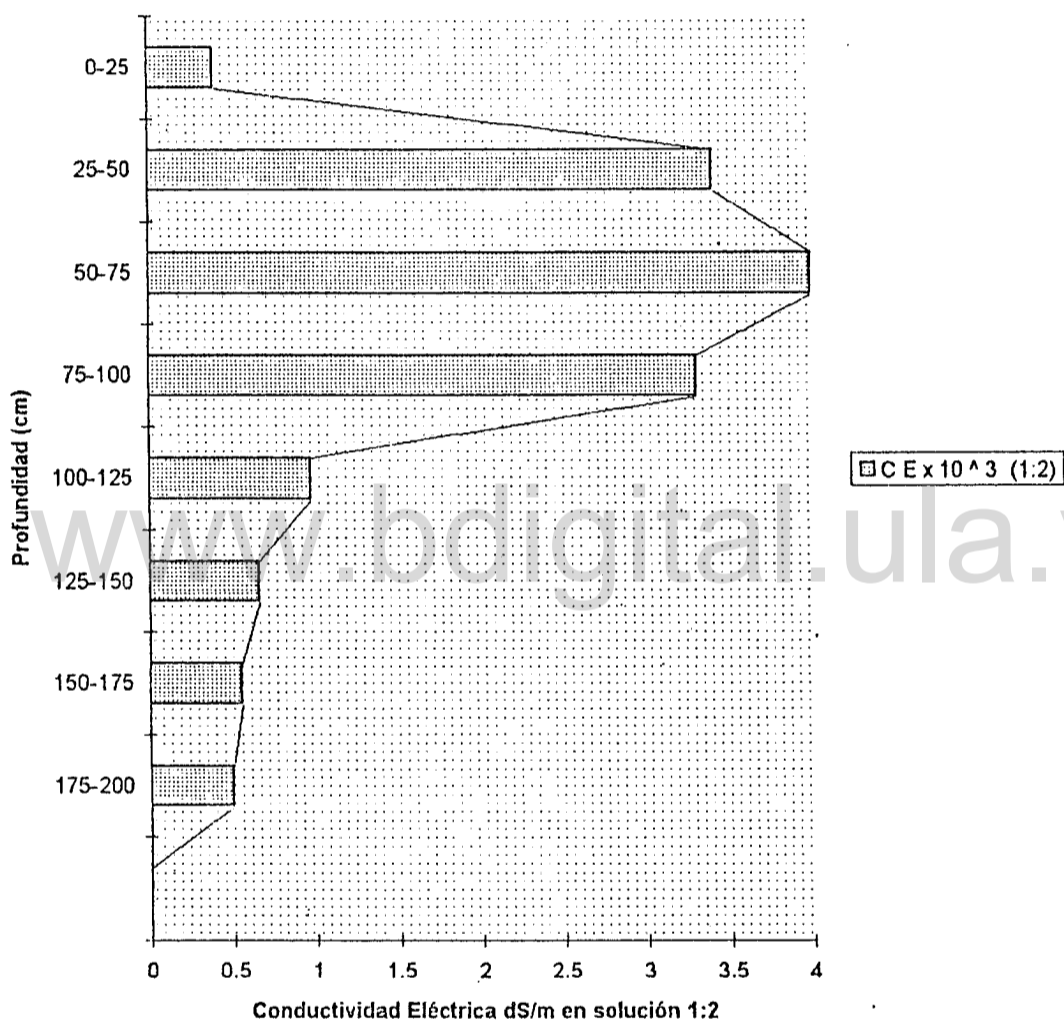


Variación de la C.E. en el sitio de muestreo P- 14

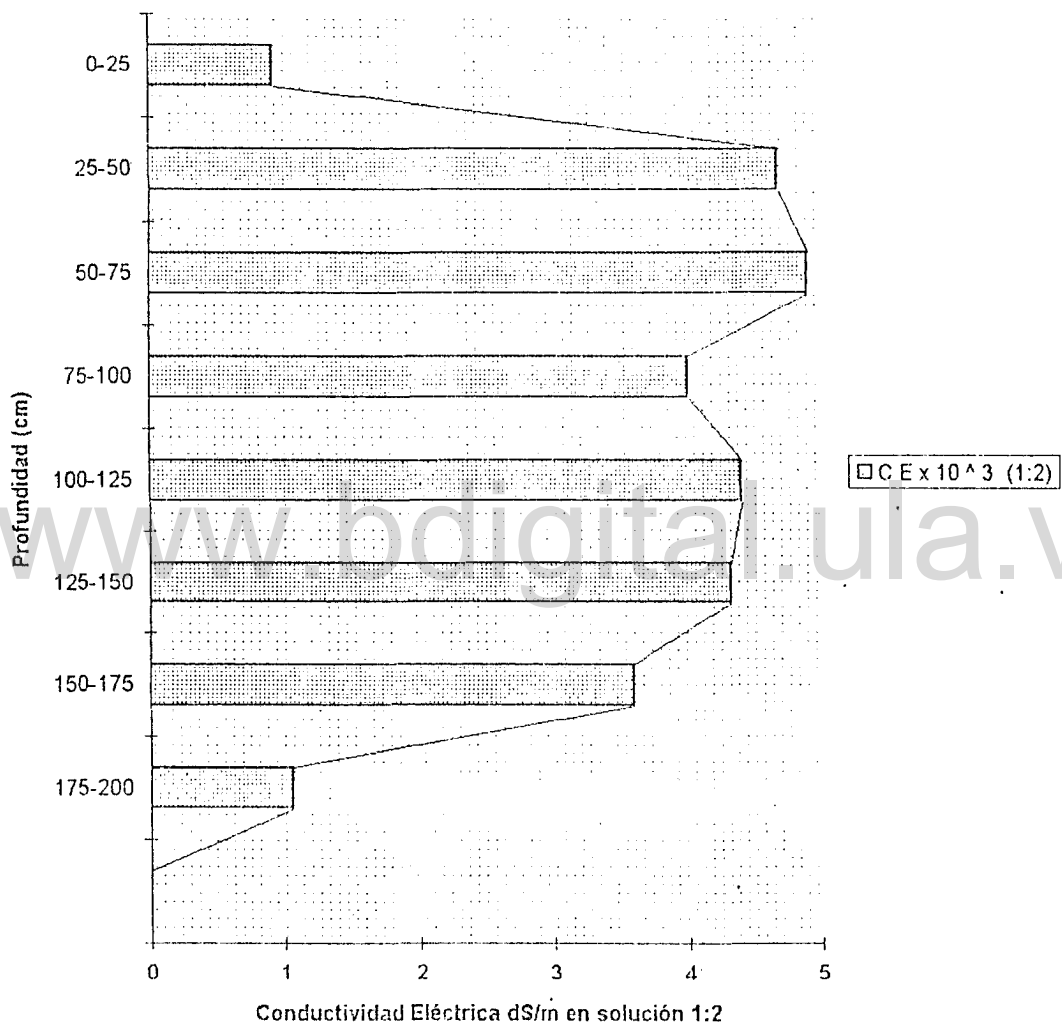




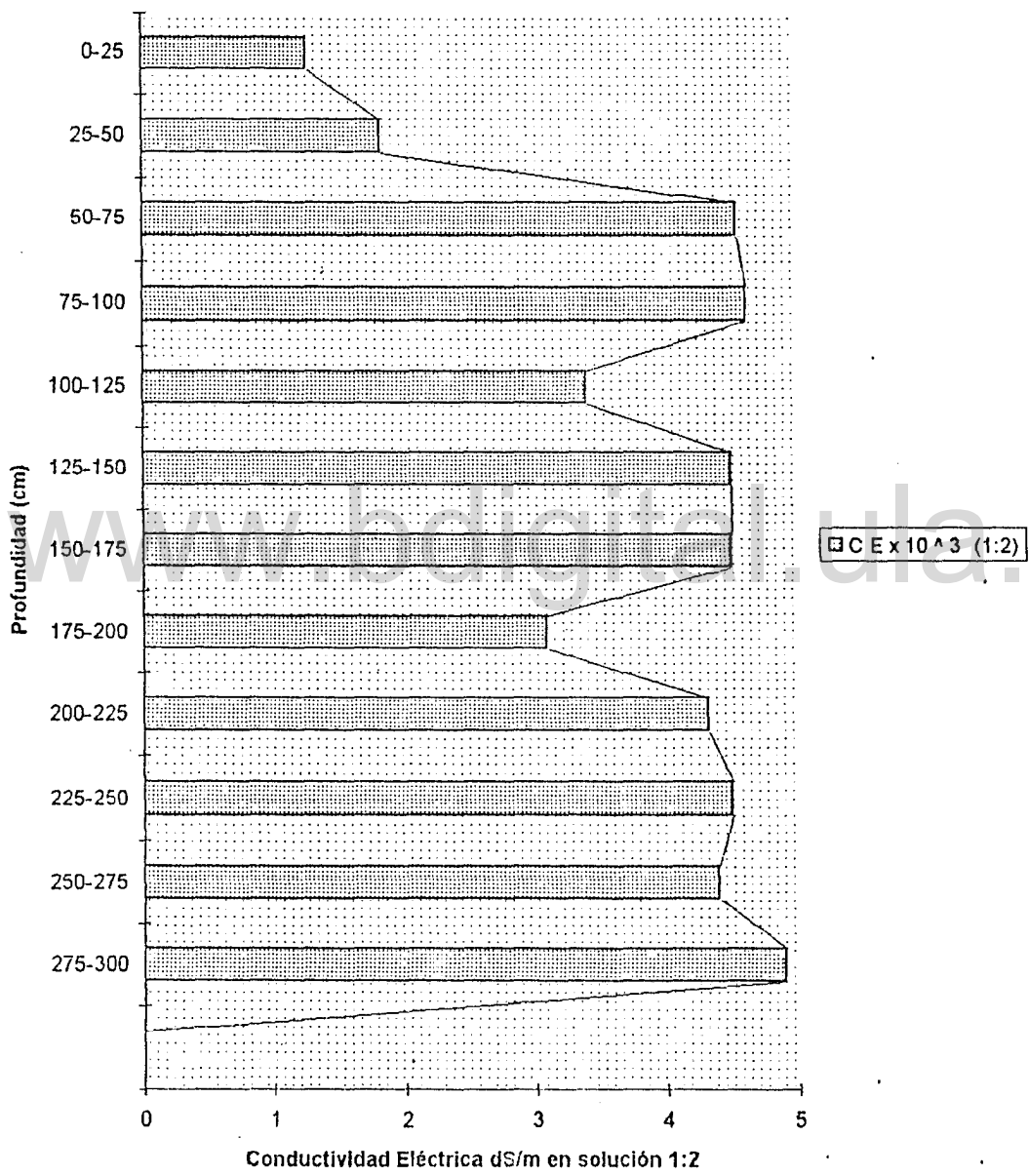
Variación de la C.E. en el sitio de muestreo P- 16



Variación de la C.E. en el sitio de muestreo P-17



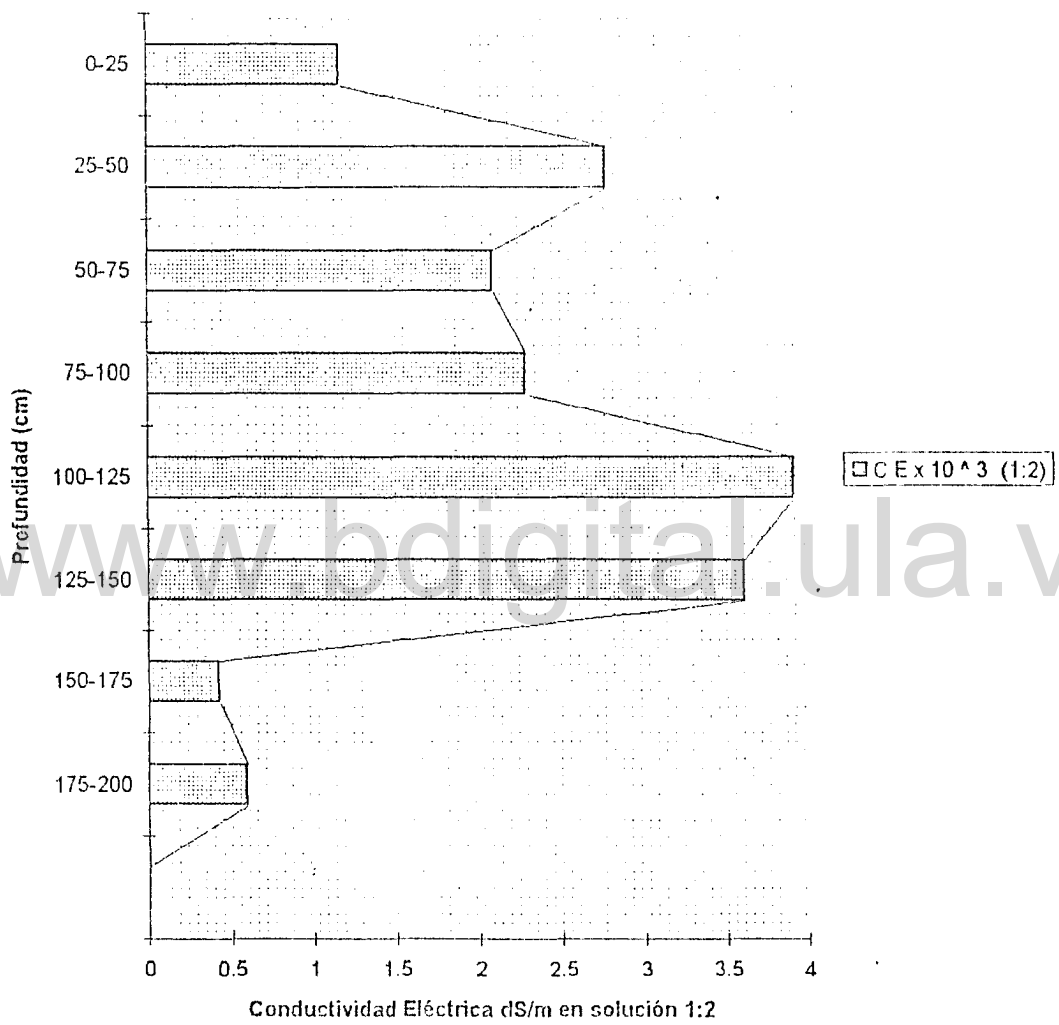
Variación de la C.E. en el sitio de muestreo P- 18



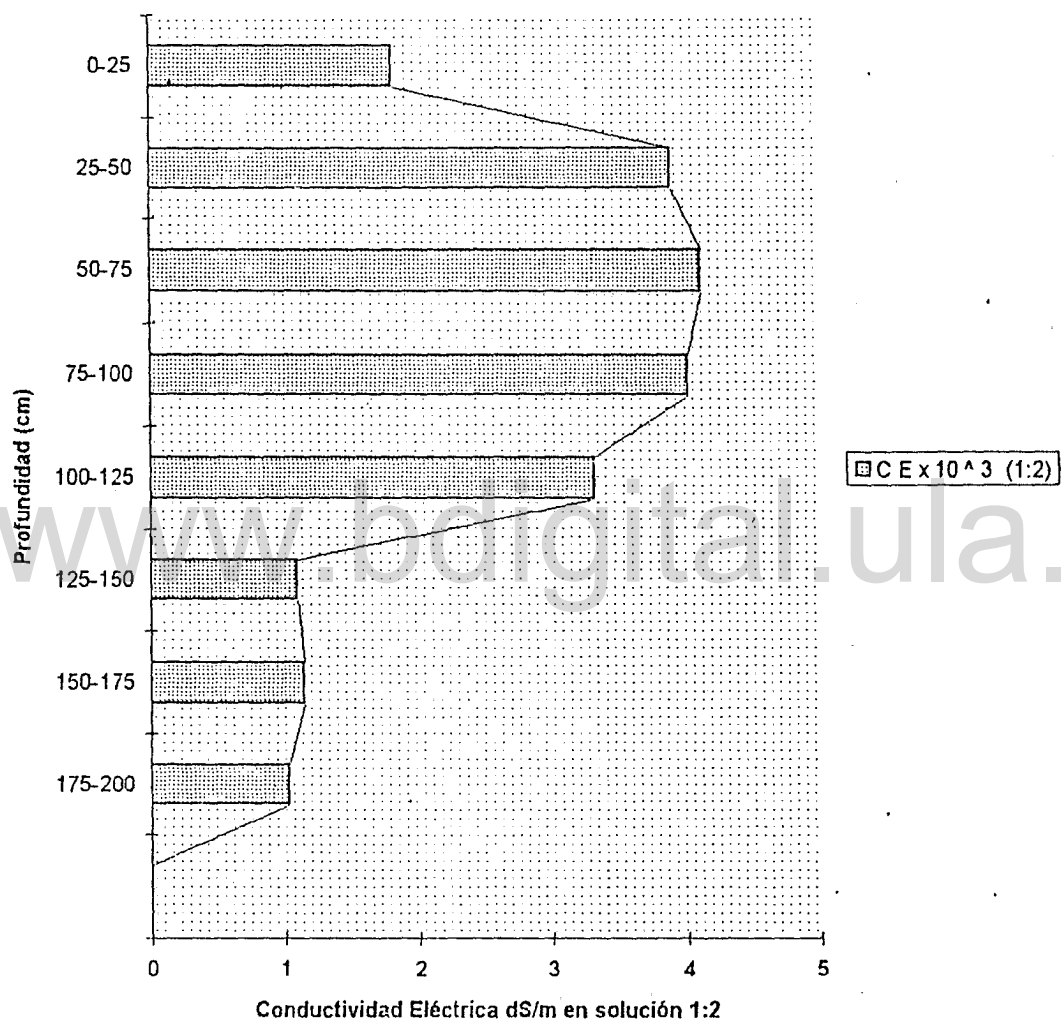
125

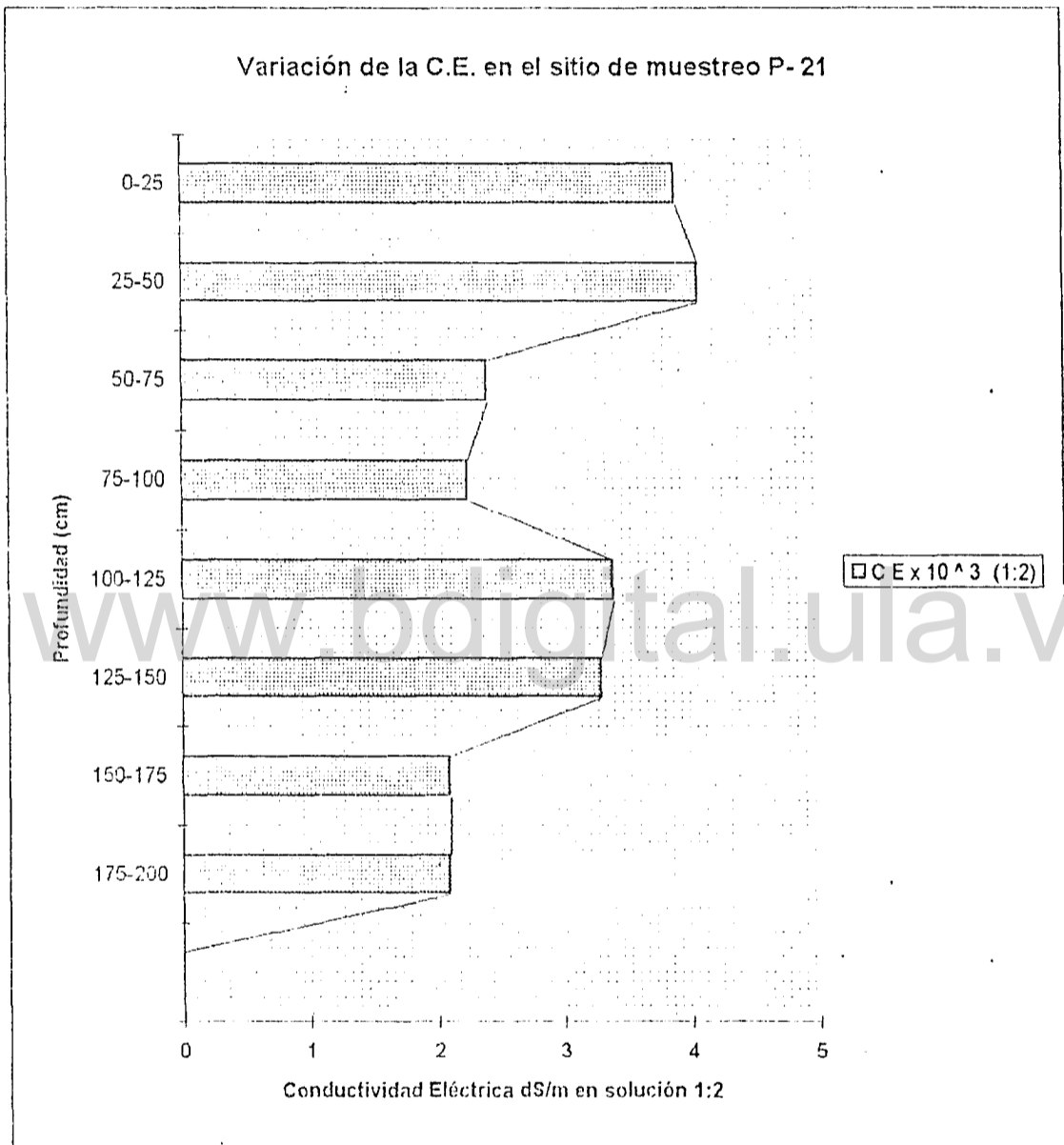
125

Variación de la C.E. en el sitio de muestreo P-19

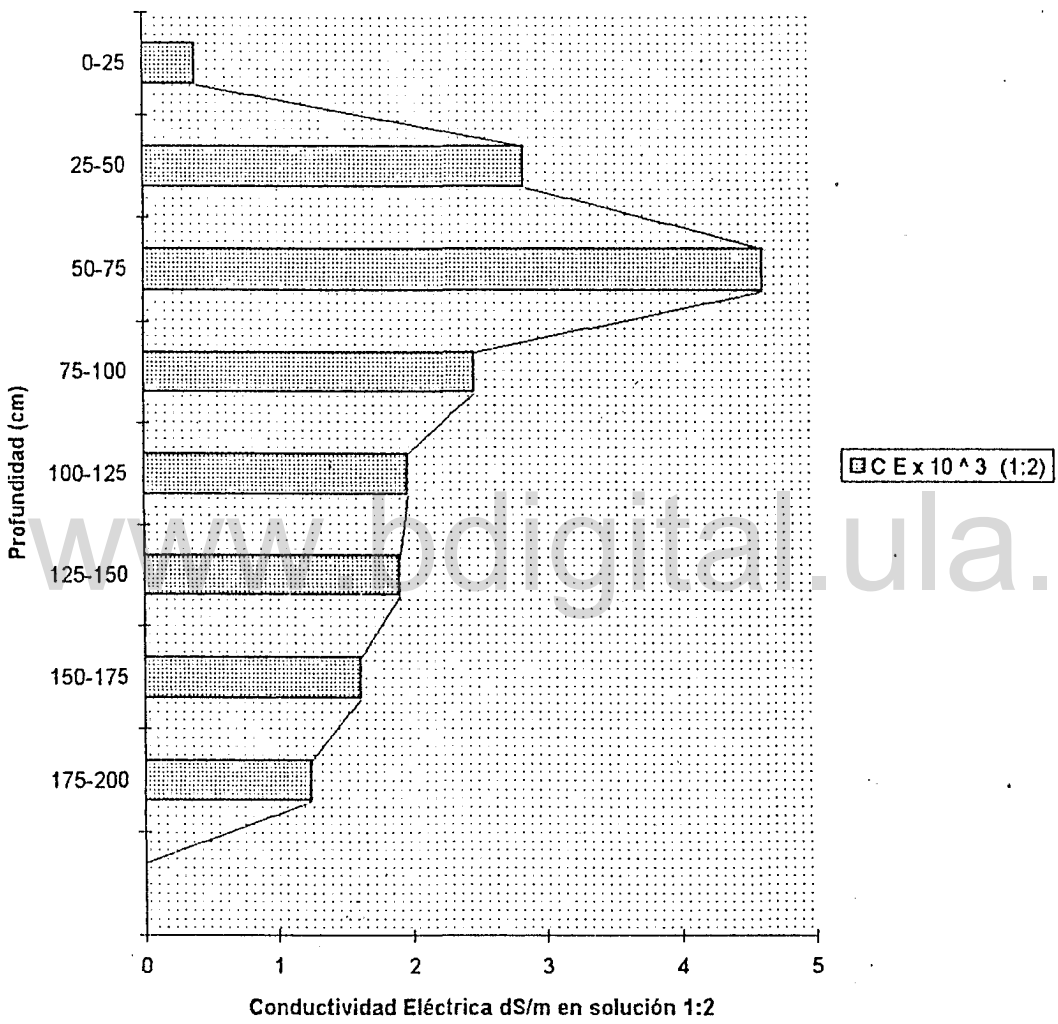


Variación de la C.E. en el sitio de muestreo P- 20

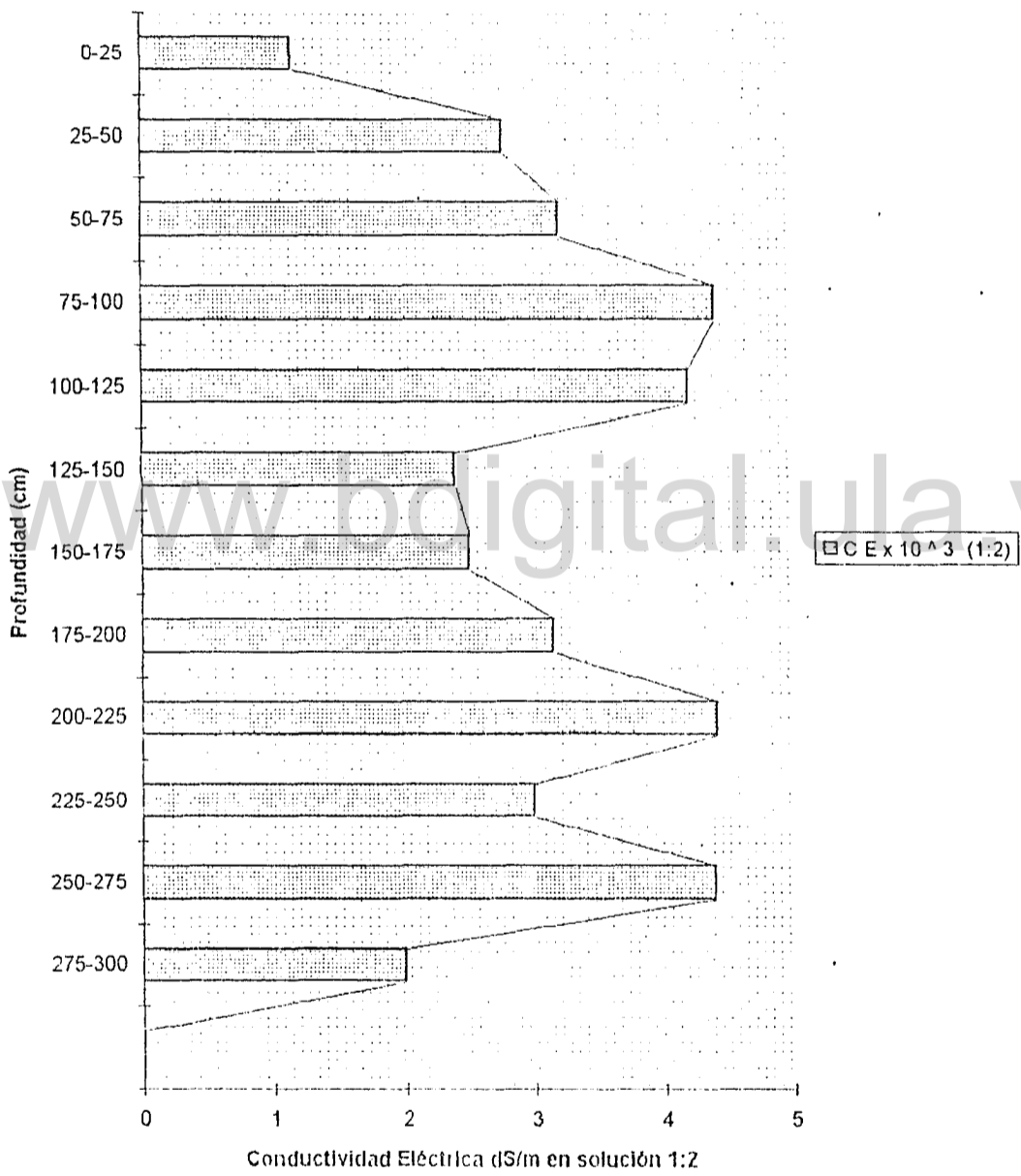




Variación de la C.E. en el sitio de muestreo P- 22



Variación de la C.E. en el sitio de muestreo P- 23



ANALISIS DE SUELOS																	
RESULTADO DE LOS ANALISIS DE SALINIDAD EN EXTRACTOS ACUOSOS																	
IDENTIFICACION SITIO DE MUESTREO: P-1																	
No Lab	Prof. (cm)	% Sat. Pasta	pH de la Pasta	CE x 10 ³ Extracto	CATIONES (meq/litro)					ANIONES (meq/litro)				RAS	PSI	Clasif.	
					Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	Total	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	NO ₃ ⁻				Total
306	0 - 25	59.5	6.1	1.05	6.10	3.02	2.16	0.07	11.35	0	1.85	9.15	0	11.00	1.01	0.24	No Salino
307	25-50	60.3	5.7	1.88	10.20	6.12	4.35	0.07	20.77	0	2.99	17.52	0	20.51	1.52	0.98	No Sal
308	50-75	56.4	6.0	4.40	20.40	18.36	9.42	0.07	47.25	2.98	3.98	41.00	0.01	47.96	2.14	1.86	Mod Sal
309	75-100	46.5	6.3	2.70	14.28	8.16	8.70	0.07	31.24	0	6.97	15.96	9.02	31.95	2.60	2.51	Lig Sal

ANALISIS DE SUELOS																	
RESULTADO DE LOS ANALISIS DE SALINIDAD EN EXTRACTOS ACUOSOS																	
IDENTIFICACION SITIO DE MUESTREO: P-2																	
No Lab	Prof. (cm)	% Sat. Pasta	pH de la Pasta	CE x 10 ³ Extra	CATIONES (meq/litro)					ANIONES (meq/litro)				RAS	PSI	Clasif.	
					Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	Total	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	NO ₃ ⁻				Total
314	0 - 25	50.1	6.6	2.05	14.28	2.04	4.35	0.07	20.77	0	3.98	12.86	3.48	19.48	1.52	0.98	Lig Salino
315	25-50	69.8	5.6	4.75	26.52	16.32	10.37	0.09	53.8	2.13	7.96	43.52	0	53.61	3.35	2.16	Mod Sal
316	50-75	49.5	6.3	4.94	26.52	16.32	12.32	0.09	55.25	2.13	9.95	41.39	1.74	55.21	2.66	2.6	Mod Sal
317	75-100	53.9	6.7	3.82	22.44	12.24	7.97	0.07	42.72	0.85	7.46	31.68	0	41.27	1.92	1.54	Lig Sal

ANALISIS DE SUELOS																	
RESULTADO DE LOS ANALISIS DE SALINIDAD EN EXTRACTOS ACUOSOS																	
IDENTIFICACION SITIO DE MUESTREO: P-3																	
No Lab	Prof. (cm)	% Sat. Pasta	pH de la Pasta	CE x 10 ³ Extracto	CATIONES (meq/litro)					ANIONES (meq/litro)					RAS	PSI	Clasif.
					Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	Total	HCO ₃	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	NO ₃ ⁻	Total			
322	0 - 25	42.3	7.0	4.40	28.56	14.28	10.87	0.33	54.04	3.20	5.97	42.94	1.40	53.51	2.35	2.16	Mod Sal
323	25-50	41.0	7.0	6.60	26.52	20.40	23.91	0.22	71.05	1.07	21.89	48.95	0	71.91	4.94	5.63	Mod Sal
324	50-75	42.3	7.0	6.04	32.64	16.32	23.91	0.20	73.07	2.13	26.87	43.52	0.36	72.88	4.83	5.55	Mod Sal
325	75-100	52.5	6.6	6.80	28.56	20.40	26.09	0.17	75.22	1.07	25.87	45.65	2.78	75.21	5.28	6.12	Mod Sal
326	100-125	48.7	6.6	6.20	26.52	18.36	24.64	0.09	69.61	1.28	22.89	42.94	2.09	69.20	5.21	6.03	Mod Sal
327	125-150	52.7	6.5	6.10	28.56	13.26	24.64	0.07	66.53	1.28	19.90	45.07	0	66.25	5.39	6.27	Mod Sal
328	150-175	53.7	6.5	5.60	28.56	16.32	20.29	0.07	65.24	0	16.92	41.97	6.94	65.83	4.29	4.82	Mod Sal
329	175-200	47.9	6.9	3.48	10.20	6.12	18.84	0.02	35.18	0	21.39	10.33	3.82	35.55	6.60	7.31	Lig Sal

ANALISIS DE SUELOS																		
RESULTADO DE LOS ANALISIS DE SALINIDAD EN EXTRACTOS ACUOSOS																		
IDENTIFICACION SITIO DE MUESTREO: P-4																		
No Lab	Prof. (cm)	% Sat. Pasta	pH de la Pasta	CE x 10 ³ Extracto	CATIONES (meq/litro)					ANIONES (meq/litro)					RAS	PSI	Clasif.	
					Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	Total	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	NO ₃ ⁻	Total				
330	0 - 25	34.4	7.3	2.58	16.27	5.09	3.62	0.20	25.00	1.45	2.52	3.19	18.38	25.54	1.11	0.37	Lig. Sal	
331	25-50	44.7	7.5	3.70	22.44	10.20	10.14	0.04	42.82	1.07	9.45	25.86	5.90	42.28	2.51	2.39	Lig Sal	
332	50-75	40.9	7.3	5.40	28.56	14.28	22.46	0.04	65.34	2.13	13.93	47.98	1.40	65.44	4.86	5.58	Mod Sal	
333	75-100	37.9	7.4	6.10	28.56	14.28	24.64	0.04	67.52	2.13	17.41	33.62	13.87	67.03	5.33	6.19	Mod Sal	
334	100-125	48.9	7.0	6.30	26.52	18.36	26.09	0.04	71.01	0.85	19.40	47.98	3.48	71.71	5.51	6.43	Mod Sal	
335	125-150	44.8	6.1	6.10	28.56	20.40	23.19	0.07	72.22	2.13	20.40	43.13	6.25	71.91	4.69	5.36	Mod Sal	
336	150-175	43.7	6.1	4.21	14.28	8.16	18.12	0.04	40.60	2.13	19.40	16.35	2.78	40.66	5.41	6.30	Mod Sal	
337	175-200	42.1	6.0	3.18	10.68	8.64	12.32	0.07	31.71	5.17	17.61	6.10	2.78	30.66	3.97	4.39	Lig Sal	

ANALISIS DE SUELOS

RESULTADO DE LOS ANALISIS DE SALINIDAD EN EXTRACTOS ACUOSOS

IDENTIFICACION SITIO DE MUESTREO: P-5

No Lab	Prof. (cm)	% Sat. Pasta	pH de la Pasta	CE x 10 ³ Extrac	CATIONES (meq/litro)					ANIONES (meq/litro)				RAS	PSI	Clasif.	
					Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	Total	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	NO ₃ ⁻				Total
338	0 - 25	57.5	6.5	4.50	26.52	14.28	10.87	0.09	51.76	2.13	7.46	40.22	2.09	51.90	2.41	2.34	Mod Sal
339	25-50	63.4	5.9	5.50	26.52	16.32	19.57	0.09	62.50	2.13	14.43	41.58	4.52	62.66	4.23	4.75	Mod Sal
340	50-75	45.3	6.4	5.50	26.52	16.32	15.44	0.09	58.87	2.13	17.91	30.91	7.98	58.93	3.45	3.68	Mod Sal
341	75-100	45.5	6.7	3.41	10.20	8.16	12.32	0.09	30.77	2.13	14.93	10.34	3.13	30.53	4.07	4.53	Lig Sal

ANALISIS DE SUELOS																	
RESULTADO DE LOS ANALISIS DE SALINIDAD EN EXTRACTOS ACUOSOS																	
IDENTIFICACION SITIO DE MUESTREO: P-6																	
No Lab	Prof. (cm)	% Sat. Pasta	pH de la Pasta	CE x 10 ³ Extra	CATIONES (meq/litro)					ANIONES (meq/litro)					RAS	PSI	Clasif.
					Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	Total	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	NO ₃ ⁻	Total			
350	0 - 25	40.1	7.4	2.41	10.20	6.42	8.70	0.09	25.11	2.13	5.97	12.28	4.86	25.24	3.05	3.13	Lig Sal
351	25-50	57.5	6.4	5.90	31.25	12.50	17.39	0.09	61.23	2.89	17.10	13.83	28.08	61.90	3.67	4.00	Mod Sal
352	50-75	47.3	7.1	3.91	18.36	10.20	11.59	0.09	40.24	1.07	17.41	22.17	0	4065	3.07	3.16	Lig Sal
353	75-100	43.4	6.7	2.05	10.20	6.12	5.79	0.09	22.20	2.13	7.46	12.28	0	21.87	2.02	1.72	Lig Sal

ANALISIS DE SUELOS																	
RESULTADO DE LOS ANALISIS DE SALINIDAD EN EXTRACTOS ACUOSOS																	
IDENTIFICACION SITIO DE MUESTREO: P-7																	
No Lab	Prof. (cm)	% Sat. Pasta	pH de la Pasta	CE x 10 ³ Extracto	CATIONES (meq/litro)					ANIONES (meq/litro)				RAS	PSI	Clasif.	
					Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	Total	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	NO ₃ ⁻				Total
358	0 - 25	48.4	7.9	1.75	9.15	1.53	6.62	0.02	17.32	0.85	2.05	14.2	0.36	17.46	2.87	2.96	Lig Sal
359	25 - 50	46.6	7.2	4.1	26.52	12.24	15.22	0.04	54.02	0.85	5.97	43.52	0.36	50.7	3.46	3.7	Mod Sal
360	50 - 75	42.8	7.2	4.71	34.46	13.26	10.14	0.07	46.93	0.43	5.97	36.15	4.52	47.07	2.37	2.18	Mod Sal
361	75-100	40.6	6.3	5.35	20.4	10.2	8.7	0.07	39.37	2.13	2.99	27.8	6.6	39.12	2.22	1.98	Lig Sal

ANALISIS DE SUELOS																	
RESULTADO DE LOS ANALISIS DE SALINIDAD EN EXTRACTOS ACUOSOS																	
IDENTIFICACION SITIO DE MUESTREO: P-8																	
No Lab	Prof. (cm)	% Sat. Pasta	pH de la Pasta	CE x 10 ³ Extracto	CATIONES (meq/litro)					ANIONES (meq/litro)				RAS	PSI	Clasif.	
					Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	Total	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	NO ₃ ⁻				Total
366	0 - 25	45.1	7.0	5.30	26.52	12.24	20.29	0.17	59.22	1.92	9.45	42.16	5.56	59.09	4.61	5.25	Mod Sal
367	25-50	43.3	6.2	6.04	22.44	16.32	28.99	0.12	67.87	2.13	18.91	41.58	5.21	67.83	6.59	7.80	Mod Sal
368	50-75	39.5	5.9	6.90	28.56	14.28	27.54	0.15	70.53	5.96	17.91	45.27	1.40	70.54	5.95	7.00	Mod Sal
369	75-100	39.1	6.2	7.10	24.48	20.40	29.71	0.09	74.68	4.26	16.92	51.28	2.09	74.55	6.28	7.41	Mod Sal
370	100-125	47.0	6.6	6.70	26.52	18.36	27.54	0.07	72.49	4.69	14.43	51.09	2.09	72.30	5.82	6.83	Mod Sal
371	125-150	57.0	7.2	4.12	10.20	8.16	21.74	0.02	40.12	4.69	10.45	20.62	4.52	40.28	7.19	8.55	Mod Sal
372	150-175	50.5	6.5	6.80	24.48	22.44	27.54	0.04	74.50	7.24	8.96	57.10	1.71	75.01	5.69	6.66	Mod Sal
373	175-200	56.7	7.2	6.03	26.52	20.40	26.09	0.04	73.05	4.05	10.45	50.31	8.33	73.14	5.39	6.27	Mod Sal

ANALISIS DE SUELOS																	
RESULTADO DE LOS ANALISIS DE SALINIDAD EN EXTRACTOS ACUOSOS																	
IDENTIFICACION SITIO DE MUESTREO: P-9																	
No Lab	Prof. (cm)	% Sat. Pasta	pH de la Pasta	CE x 10 ³ Extracto	CATIONES (meq/litro)					ANIONES (meq/litro)					RAS	PSI	Clasif.
					Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	Total	HCO ₃	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	NO ₃ ⁻	Total			
374	0 - 25	40.1	6.9	0.72	3.56	1.53	1.30	0.56	6.95	2.69	1.51	2.80	0	7.00	0.81	0	No Salino
375	25-50	37.0	7.6	0.64	4.07	0.51	2.61	0.09	7.28	2.89	2.01	2.80	0	7.70	1.72	1.26	No Salino
376	50-75	46.5	7.6	1.75	9.15	1.53	3.62	0.02	14.32	3.31	8.05	2.51	0.70	14.57	1.57	1.05	No Salino
377	75-100	64.5	7.6	1.17	4.58	3.05	2.39	0.04	10.06	3.93	3.02	0.66	3.48	11.09	1.23	0.55	No Salino
378	100-125	63.8	7.6	0.88	3.56	2.03	2.83	0.07	8.49	3.51	1.51	2.02	1.40	8.44	1.69	1.22	No Salino
379	125-150	68.8	7.6	1.41	5.09	3.05	4.06	0.07	12.27	1.03	3.02	8.04	0	12.09	2.01	1.68	No Salino
380	150-175	60.7	6.5	4.60	20.40	14.28	14.49	0.07	49.24	6.18	4.48	33.24	6.25	50.15	3.48	3.73	Mod Sal
381	175-200	47.4	7.5	4.90	14.28	14.28	21.01	0.04	49.61	3.41	7.96	30.91	7.29	49.57	5.56	6.49	Mod Sal

ANALISIS DE SUELOS																	
RESULTADO DE LOS ANALISIS DE SALINIDAD EN EXTRACTOS ACUOSOS																	
IDENTIFICACION SITIO DE MUESTREO: P-11																	
No Lab	Prof. (cm)	% Sat. Pasta	pH de la Pasta	CE x 10 ³ Extracto	CATIONES (meq/litro)					ANIONES (meq/litro)					RAS	PSI	Clasif.
					Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	Total	HCO ₃	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	NO ₃ ⁻	Total			
390	0 - 25	50.6	6.3	1.20	3.05	3.05	3.26	0.09	9.45	2.89	5.53	2.26	0	10.68	1.87	1.47	No Salino
391	25-50	56.8	5.2	3.12	8.16	6.12	15.94	0.07	30.29	3.62	14.93	10.53	1.40	30.48	5.96	7.01	Lig Sal
392	50-75	53.8	5.0	6.70	24.48	24.48	24.64	0.09	73.69	2.56	18.91	47.79	4.52	73.78	4.98	5.74	Mod Sal
393	75-100	57.3	5.8	7.51	27.23	27.23	24.64	0.09	79.19	0.87	22.89	56.91	0	80.65	4.72	5.40	Mod Sal
394	100-125	48.9	6.3	7.00	27.23	19.45	23.19	0.12	69.99	1.49	22.89	42.94	2.44	69.76	4.80	5.51	Mod Sal
395	125-150	42.8	6.9	4.41	11.67	7.78	23.19	0.09	42.73	1.49	25.37	10.34	5.56	42.76	7.44	8.85	Mod Sal
396	150-175	50.7	6.7	4.02	11.67	9.73	15.22	0.09	36.71	1.92	16.42	16.74	1.40	36.48	4.65	5.11	Mod Sal
397	175-200	40.8	7.3	5.70	17.51	17.51	23.19	0.15	58.36	1.92	24.88	24.11	7.63	58.54	5.56	6.41	Mod Sal

ANALISIS DE SUELOS																	
RESULTADO DE LOS ANALISIS DE SALINIDAD EN EXTRACTOS ACUOSOS																	
IDENTIFICACION SITIO DE MUESTREO: P-12																	
No Lab	Prof. (cm)	% Sat. Pasta	pH de la Pasta	CE x 10 ³ Extracto	CATIONES (meq/litro)					ANIONES (meq/litro)					RAS	PSI	Clasif.
					Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	Total	HCO ₃	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	NO ₃ ⁻	Total			
398	0 - 25	50.8	7.2	4.25	23.34	15.56	10.14	0.04	49.08	2.52	1.99	44.30	0	48.85	2.30	2.09	Mod Sal
399	25-50	51.3	7.2	6.00	25.29	11.67	26.09	0.09	63.14	1.49	10.95	5.03	0	64.47	6.07	7.15	Mod Sal
400	50-75	51.4	7.5	5.70	21.40	7.78	28.99	0.09	58.26	2.77	18.91	33.24	3.82	58.74	7.59	9.04	Mod Sal
401	75-100	48.1	7.3	5.22	21.40	7.78	23.91	0.07	53.16	1.49	14.93	28.38	8.15	52.95	6.26	7.38	Mod Sal
402	100-125	49.4	6.5	5.30	25.29	11.67	20.29	0.04	57.29	1.28	8.46	47.79	0	57.53	4.72	5.40	Mod Sal
403	125-150	57.6	6.5	4.72	21.40	13.62	16.67	0.04	51.73	1.70	5.47	45.46	0	52.63	3.98	4.41	Mod Sal
404	150-175	55.7	6.3	4.91	21.40	13.62	17.39	0.04	52.45	1.70	5.47	45.46	0	52.63	4.16	4.65	Mod Sal
405	175-200	56.4	6.3	4.71	19.45	17.51	17.39	0.04	54.39	0.64	5.47	45.27	2.78	54.38	4.05	4.50	Mod Sal

ANALISIS DE SUELOS																	
RESULTADO DE LOS ANALISIS DE SALINIDAD EN EXTRACTOS ACUOSOS																	
IDENTIFICACION SITIO DE MUESTREO: P-13																	
No Lab	Prof. (cm)	% Sat. Pasta	pH de la Pasta	CE x 10 ³ Extracto	CATIONES (meq/litro)					ANIONES (meq/litro)				RAS	PSI	Clasif.	
					Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	Total	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	NO ₃ ⁻				Total
406	0 - 25	52.6	6.8	3.90	25.00	12.5	5.79	0.12	43.41	3.93	4.02	33.82	1.40	43.17	1.34	0.71	Lig Sal
407	25-50	48.2	6.3	6.10	25.00	25.0	15.94	0.07	66.01	3.72	10.06	50.89	1.40	66.07	3.19	3.33	Mod Sal
408	50-75	50.1	6.8	3.61	19.45	9.73	17.39	0.07	46.64	2.56	7.96	36.34	0	48.86	4.55	5.17	Lig Sal
409	75-100	46.1	6.8	1.24	4.24	2.12	6.14	0.07	12.55	1.28	3.12	8.15	0	12.65	3.45	3.69	Lig Sal

ANALISIS DE SUELOS																	
RESULTADO DE LOS ANALISIS DE SALINIDAD EN EXTRACTOS ACUOSOS																	
IDENTIFICACION SITIO DE MUESTREO: P-14																	
No Lab	Prof. (cm)	% Sat. Pasta	pH de la Pasta	CE x 10 ³ Extracto	CATIONES (meq/litro)					ANIONES (meq/litro)					RAS	PSI	Clasif.
					Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	Total	HCO ₃	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	NO ₃ ⁻	Total			
418	0 - 25	53.4	7.1	5.70	27.23	21.40	9.42	1.47	59.52	4.69	14.93	22.76	16.30	58.68	1.91	1.54	Mod Sal
419	25-50	49.1	6.9	7.30	25.29	27.23	31.16	0.27	83.95	4.05	20.90	55.53	3.82	84.32	6.08	7.16	Mod Sal
420	50-75	46.1	6.8	6.50	25.29	19.45	27.54	0.17	72.45	2.98	19.90	46.04	4.52	73.44	5.82	6.83	Mod Sal
421	75-100	50.9	6.7	6.60	25.00	18.75	21.01	0.15	64.91	5.17	16.10	41.39	2.09	64.75	4.49	5.09	Mod Sal
422	100-125	49.9	6.6	5.51	25.29	17.51	14.49	0.04	57.33	2.13	11.95	43.73	0	57.41	3.13	3.25	Mod Sal
423	125-150	51.0	6.6	5.20	23.34	17.51	12.32	0.04	53.21	2.34	9.87	41.00	0	53.21	2.73	2.69	Mod Sal
424	150-175	44.9	6.7	4.10	19.45	11.67	7.25	0.04	38.41	2.77	6.75	29.44	0	39.46	1.84	1.43	Mod Sal
425	175-200	50.6	6.7	4.99	21.40	17.51	10.87	0.04	49.82	2.34	7.79	40.42	0	50.55	2.46	2.32	Mod Sal

ANALISIS DE SUELOS																	
RESULTADO DE LOS ANALISIS DE SALINIDAD EN EXTRACTOS ACUOSOS																	
IDENTIFICACION SITIO DE MUESTREO: P-15																	
No Lab	Prof. (cm)	% Sat. Pasta	pH de la Pasta	CE x 10 ² Extracto	CATIONES (meq/litro)					ANIONES (meq/litro)					RAS	PSI	Clasif.
					Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	Total	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	NO ₃ ⁻	Total			
426	0 - 25	52.1	7.5	3.16	13.62	13.62	2.90	0.12	30.25	3.62	5.71	21.59	0	30.92	0.79	0.0	Mod Sal
427	25-50	50.1	7.1	5.31	27.23	15.56	11.59	0.07	54.45	1.92	12.47	38.09	2.09	54.57	2.51	1.96	Mod Sal
428	50-75	49.7	6.9	4.75	25.29	13.62	8.70	0.07	47.68	1.28	11.95	34.79	0	48.02	1.97	1.62	Mod Sal
429	75-100	48.5	6.9	1.62	8.48	4.14	4.24	0.04	16.90	0.84	4.16	12.24	0	17.24	1.15	0.44	No Salino

ANALISIS DE SUELOS

RESULTADO DE LOS ANALISIS DE SALINIDAD EN EXTRACTOS ACUOSOS

IDENTIFICACION SITIO DE MUESTREO: P-16

No Lab	Prof. (cm)	% Sat. Pasta	pH de la Pasta	CE x 10 ³ Extracto	CATIONES (meq/litro)					ANIONES (meq/litro)				RAS	PSI	Clasif.	
					Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	Total	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	NO ₃ ⁻				Total
438	0 - 25	38.5	7.5	0.88	4.16	2.64	2.85	0.02	9.65	1.05	2.32	6.44	0	9.81	1.54	1.02	No Salino
439	25-50	40.1	7.2	3.95	25.29	9.73	6.52	0.02	41.56	2.56	3.12	34.59	0	40.57	1.56	1.03	Lig Sal
440	50-75	38.0	7.1	6.20	33.07	17.51	20.29	0.07	70.94	2.77	20.26	48.57	0	71.60	4.03	4.48	Mod Sal
441	75-100	37.5	6.9	6.10	31.12	15.56	16.67	0.07	63.42	1.92	31.69	29.94	0	63.55	3.45	3.68	Mod Sal

ANALISIS DE SUELOS																	
RESULTADO DE LOS ANALISIS DE SALINIDAD EN EXTRACTOS ACUOSOS																	
IDENTIFICACION SITIO DE MUESTREO: P-17																	
No Lab	Prof. (cm)	% Sat. Pasta	pH de la Pasta	CE x 10 ³ Extracto	CATIONES (meq/litro)					ANIONES (meq/litro)					RAS	PSI	Clasif.
					Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	Total	HCO ₃	Cl	SO ₄ ⁻	NO ₃ ⁻	Total			
446	0 - 25	45.8	7.6	1.85	7.12	3.05	4.06	0.20	14.43	1.86	6.54	6.14	0	14.54	1.80	1.37	No Salino
447	25-50	50.0	7.3	6.70	25.29	23.34	20.29	0.12	69.04	1.92	21.30	40.03	5.56	68.81	4.13	4.61	Mod Sal
448	50-75	50.2	6.9	7.50	27.23	25.29	22.46	0.17	75.15	1.49	31.17	37.50	4.17	74.33	4.38	4.95	Mod Sal
449	75-100	48.9	6.7	7.00	25.29	27.23	18.84	0.09	71.45	3.41	27.53	36.15	4.52	71.61	3.68	4.00	Mod Sal
450	100-125	50.6	6.5	6.30	25.29	27.23	13.77	0.07	66.36	1.07	21.82	37.50	5.90	66.29	2.69	2.63	Mod Sal
451	125-150	50.5	6.5	5.70	25.29	23.34	11.59	0.07	60.29	1.28	17.66	37.50	3.48	59.92	2.35	2.16	Mod Sal
452	150-175	40.9	6.5	5.50	25.29	23.34	13.77	0.09	62.49	2.13	17.14	35.56	6.94	61.77	2.79	2.78	Mod Sal
453	175-200	38.1	7.0	3.60	11.67	11.67	12.32	0.09	35.75	2.13	16.10	11.50	5.90	35.63	3.61	3.91	Lig Sal

ANALISIS DE SUELOS

RESULTADO DE LOS ANALISIS DE SALINIDAD EN EXTRACTOS ACUOSOS

IDENTIFICACION SITIO DE MUESTREO: P-18

No Lab	Prof. (cm)	% Sat. Pasta	pH de la Pasta	CE x 10 ³ Extracto	CATIONES (meq/litro)					ANIONES (meq/litro)				RAS	PSI	Clasif.	
					Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	Total	HCO ₃	Cl	SO ₄ ⁼	NO ₃ ⁻				Total
454	0 - 25	46.9	7.1	2.70	9.73	7.78	10.14	0.33	27.98	4.05	15.06	9.17	0	28.28	3.43	3.66	Lig Sal
455	25-50	47.2	5.6	4.71	11.67	11.67	22.46	0.07	45.87	3.20	26.49	10.72	5.21	45.62	6.58	7.79	Mod Sal
456	50-75	45.4	5.3	6.60	23.34	23.34	23.91	0.04	70.63	2.98	21.82	45.07	0	69.87	4.95	5.69	Mod Sal
457	75-100	51.0	6.4	6.70	23.34	27.23	25.36	0.07	76.00	2.13	21.82	51.09	1.05	76.09	5.05	5.83	Mod Sal
458	100-125	46.0	6.7	6.80	23.34	27.23	26.81	0.07	77.45	2.77	25.97	45.65	3.13	77.52	5.34	6.20	Mod Sal
459	125-150	62.5	6.6	6.50	23.34	23.34	25.36	0.07	72.11	2.34	23.90	40.80	4.86	71.90	5.25	6.09	Mod Sal
460	150-175	63.3	6.6	6.40	25.29	21.40	24.64	0.04	71.37	2.13	24.42	40.61	4.17	71.33	5.10	5.89	Mod Sal
461	175-200	43.2	6.5	6.20	23.34	19.45	26.09	0.07	68.95	2.34	29.09	33.82	3.82	69.07	5.64	6.60	Mod Sal
462	200-225	46.0	6.5	7.20	29.18	23.34	27.54	0.12	80.18	1.70	32.73	43.91	1.40	79.74	5.38	6.25	Mod Sal
463	225-250	43.0	6.3	7.20	27.23	19.45	26.09	0.15	72.92	2.34	33.25	36.34	0	71.93	5.41	6.29	Mod Sal
464	250-275	48.0	6.3	7.00	21.40	21.40	27.54	0.15	70.49	2.56	33.77	31.49	2.09	69.91	5.95	7.00	Mod Sal
465	275-300	58.3	6.0	6.60	25.29	19.45	24.64	0.12	69.50	2.34	28.05	33.43	6.60	70.42	5.21	6.04	Mod Sal

ANALISIS DE SUELOS																	
RESULTADO DE LOS ANALISIS DE SALINIDAD EN EXTRACTOS ACUOSOS																	
IDENTIFICACION SITIO DE MUESTREO: P-19																	
No Lab	Prof. (cm)	% Sat. Pasta	pH de la Pasta	CE x 10 ³ Extracto	CATIONES (meq/litro)					ANIONES (meq/litro)					RAS	PSI	Clasif.
					Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	Total	HCO ₃	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	NO ₃ ⁻	Total			
466	0 - 25	49.5	7.1	2.31	7.78	5.84	7.51	0.35	21.48	3.41	12.99	4.91	0	21.30	2.88	2.90	Lig Sal
467	25-50	47.1	6.8	6.30	21.40	23.34	17.39	0.22	62.35	2.34	23.90	34.21	2.44	62.89	3.68	4.00	Mod Sal
468	50-75	41.0	6.9	6.10	13.62	17.51	26.81	0.30	58.24	1.70	40.00	12.28	4.52	59.19	6.80	8.06	Mod Sal
469	75-100	38.8	7.1	6.50	17.51	19.45	26.09	0.27	63.32	1.49	38.44	18.49	4.52	62.94	6.07	7.15	Mod Sal
470	100-125	51.4	7.2	6.40	25.29	19.45	19.57	0.17	64.48	2.13	24.42	37.50	0	64.05	4.14	3.26	Mod Sal
471	125-150	39.5	7.1	5.60	25.29	19.45	12.32	0.12	57.18	2.13	15.58	37.89	2.09	57.69	2.61	2.52	Mod Sal
472	150-175	42.2	7.4	1.17	2.54	3.56	5.79	0.09	11.98	0.41	6.54	5.08	0	12.03	3.32	3.50	No Salino
473	175-200	36.8	7.5	1.65	3.56	3.05	9.24	0.09	15.94	0.62	9.05	6.29	0	15.96	5.09	5.88	Lig Sal

ANALISIS DE SUELOS																	
RESULTADO DE LOS ANALISIS DE SALINIDAD EN EXTRACTOS ACUOSOS																	
IDENTIFICACION SITIO DE MUESTREO: P-20																	
No Lab	Prof. (cm)	% Sat. Pasta	pH de la Pasta	CE x 10 ³ Extracto	CATIONES (meq/litro)					ANIONES (meq/litro)					RAS	PSI	Clasif.
					Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	Total	HCO ₃	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	NO ₃ ⁻	Total			
474	0 - 25	48.7	7.4	4.23	17.51	11.67	12.32	0.20	41.52	1.92	7.79	31.49	0	41.20	3.22	3.38	Mod Sal
475	25-50	45.3	7.3	5.80	21.40	13.62	24.64	0.09	59.75	2.13	12.47	43.71	1.40	59.71	5.89	6.91	Mod Sal
476	50-75	52.9	7.1	5.70	23.34	13.62	23.91	0.07	60.94	2.13	16.10	41.58	1.05	60.86	5.57	6.50	Mod Sal
477	75-100	59.3	6.5	5.40	19.45	13.62	19.57	0.04	52.68	2.13	10.39	37.31	2.78	52.61	4.82	5.53	Mod Sal
478	100-125	56.2	6.1	4.92	17.51	11.67	18.12	0.04	47.34	1.92	8.83	34.01	2.44	47.20	4.74	5.43	Mod Sal
479	125-150	54.1	6.3	2.37	5.84	3.89	14.49	0.02	24.64	1.28	8.31	9.75	4.86	24.20	6.58	7.79	Lig Sal
480	150-175	43.8	6.6	3.00	7.78	5.84	17.39	0.02	31.53	1.07	10.91	12.08	6.94	31.00	6.67	7.90	Lig Sal
481	175-200	39.8	6.9	3.00	5.84	5.84	17.39	0.02	29.09	1.28	10.91	12.66	4.17	29.02	7.22	8.59	Lig Sal

ANALISIS DE SUELOS																	
RESULTADO DE LOS ANALISIS DE SALINIDAD EN EXTRACTOS ACUOSOS																	
IDENTIFICACION SITIO DE MUESTREO: P-21																	
No Lab	Prof. (cm)	% Sat. Pasta	pH de la Pasta	CE x 10 ³ Extracto	CATIONES (meq/litro)					ANIONES (meq/litro)					RAS	PSI	Clasif.
					Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	Total	HCO ₃	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	NO ₃ ⁻	Total			
482	0-25	46.4	7.0	4.82	23.34	15.56	17.39	0.09	56.38	2.34	9.87	37.50	6.60	56.31	3.94	4.36	Mod Sal
483	25-50	52.0	6.0	5.40	19.45	17.51	21.01	0.04	58.01	2.13	11.43	37.70	6.60	57.86	4.89	5.62	Mod Sal
484	50-75	58.3	6.4	5.98	27.23	23.34	17.39	0.04	68.00	2.34	10.39	53.22	2.09	68.04	3.46	3.70	Mod Sal
485	75-100	62.0	6.6	5.69	19.45	27.23	15.22	0.09	61.99	0.43	8.83	49.34	3.48	62.08	3.15	3.28	Mod Sal
486	100-125	60.5	6.5	5.70	25.29	27.23	15.22	0.04	67.78	2.13	7.79	57.10	0	67.02	2.97	3.03	Mod Sal
487	125-150	58.5	6.7	5.70	23.34	23.34	14.49	0.04	61.21	1.92	9.35	47.40	2.78	61.45	3.00	3.07	Mod Sal
488	150-175	51.9	6.5	4.80	21.40	13.62	13.77	0.04	48.83	1.92	7.79	37.70	1.40	48.81	3.29	3.47	Mod Sal
489	175-200	57.7	6.5	5.25	17.51	13.62	17.39	0.04	48.56	1.92	8.31	31.68	6.60	48.51	4.41	4.99	Mod Sal

ANALISIS DE SUELOS

RESULTADO DE LOS ANALISIS DE SALINIDAD EN EXTRACTOS ACUOSOS

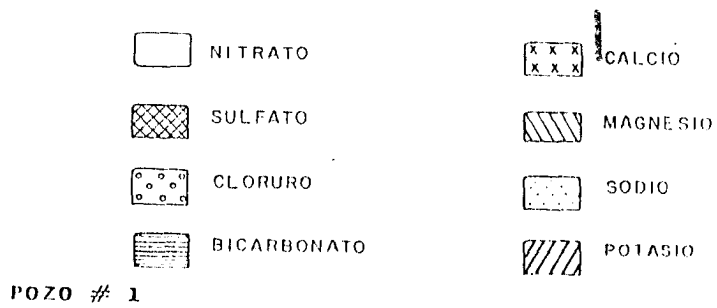
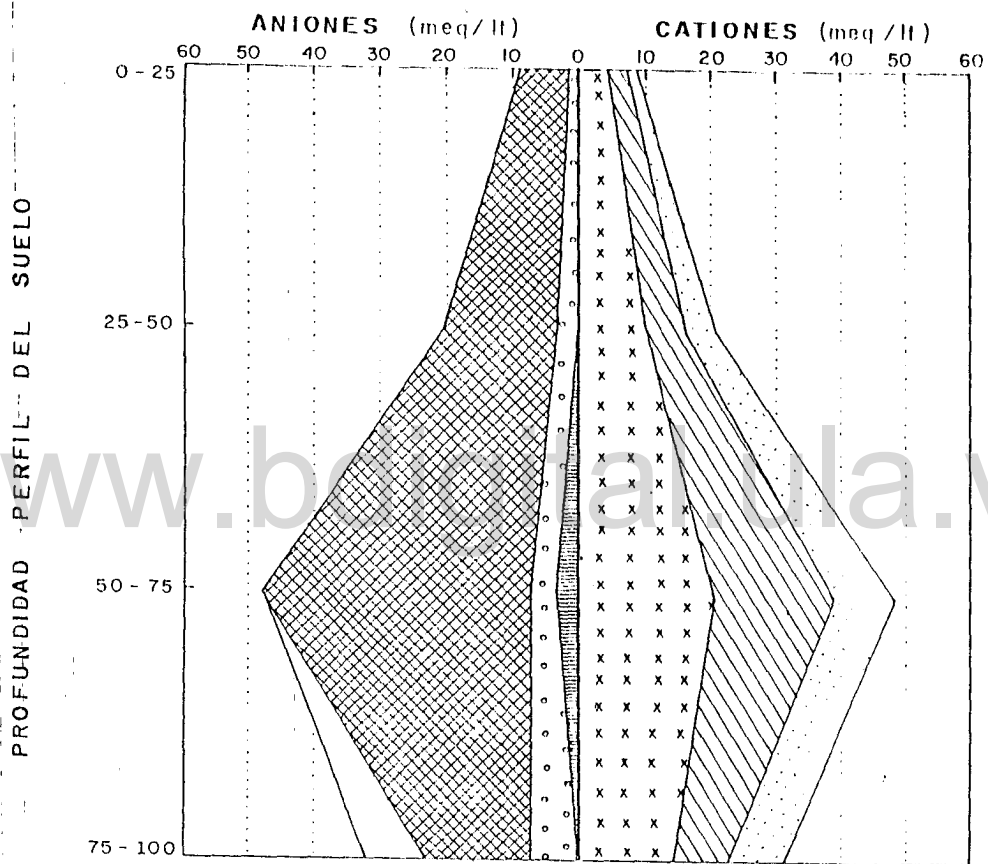
IDENTIFICACION SITIO DE MUESTREO: P-22

No Lab	Prof. (cm)	% Sat. Pasta	pH de la Pasta	CE x 10 ³ Extracto	CATIONES (meq/litro)					ANIONES (meq/litro)				RAS	PSI	Clasif.	
					Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	Total	HCO ₃	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	NO ₃ ⁻				Total
490	0 - 25	44.6	7.9	0.61	3.05	1.53	1.88	0.25	6.71	3.10	0.51	3.54	0	7.19	1.24	0.57	Mod Sal
491	25-50	56.1	7.3	4.40	23.34	11.67	12.32	0.04	47.37	2.77	7.27	32.26	5.21	47.51	2.94	2.99	Mod Sal
492	50-75	61.6	6.3	7.95	25.29	25.29	23.19	0.07	73.84	2.98	26.49	39.44	4.86	73.77	4.61	5.26	Mod Sal
493	75-100	38.6	6.7	7.00	21.40	25.29	25.36	0.07	72.12	3.20	35.32	26.64	6.94	72.10	5.25	6.09	Mod Sal
494	100-125	41.4	6.5	5.80	21.40	15.56	21.01	0.07	58.04	3.20	35.32	13.83	6.60	58.95	4.89	5.62	Mod Sal
495	125-150	57.7	6.7	4.88	19.45	11.67	14.49	0.07	45.68	2.34	31.17	10.34	1.74	45.59	3.67	3.99	Mod Sal
496	150-175	45.1	6.8	4.12	15.56	11.67	10.87	0.07	38.17	2.34	26.49	7.24	2.09	38.16	2.95	2.96	Mod Sal
497	175-200	36.8	6.8	2.95	13.62	5.84	7.94	0.07	27.47	1.92	17.14	7.42	1.05	27.53	2.54	2.43	Lig Sal

ANALISIS DE SUELOS																	
RESULTADO DE LOS ANALISIS DE SALINIDAD EN EXTRACTOS ACUOSOS																	
IDENTIFICACION SITIO DE MUESTREO: P-23																	
No Lab	Prof. (cm)	% Sat. Pasta	pH de la Pasta	CE x 10 ³ Extracto	CATIONES (meq/litro)					ANIONES (meq/litro)				RAS	PSI	Clasif.	
					Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	Total	HCO ₃	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	NO ₃ ⁻				Total
498	0-25	46.3	7.5	2.25	5.84	5.84	12.32	0.12	24.12	3.41	9.35	8.59	2.78	24.13	5.09	5.88	Lig Sal
499	25-50	44.5	7.5	6.40	19.45	11.67	34.78	0.12	66.02	2.56	21.82	33.82	7.98	66.18	8.82	10.5	Mod Sal
500	50-75	43.8	7.3	7.80	27.23	17.51	38.41	0.12	83.27	1.28	31.17	48.76	2.09	83.30	8.12	9.68	Mod Sal
501	75-100	60.1	7.0	6.30	27.23	13.62	26.81	0.09	67.75	2.56	17.14	47.01	1.09	67.80	5.93	6.96	Mod Sal
502	100-125	55.2	6.6	6.30	23.34	17.51	26.81	0.04	67.70	4.47	14.55	47.79	1.05	67.86	5.93	6.96	Mod Sal
503	125-150	55.3	6.6	6.10	21.40	13.62	25.36	0.04	60.42	4.69	11.95	43.71	0	60.35	6.06	7.13	Mod Sal
504	150-175	49.2	6.4	5.40	17.51	11.67	24.64	0.02	53.84	2.77	10.39	37.70	3.13	53.99	6.45	7.62	Mod Sal
505	175-200	63.1	6.4	5.60	20.83	14.58	25.36	0.04	60.81	0.83	9.05	50.51	0	60.34	6.03	7.09	Mod Sal
506	200-225	49.9	6.4	6.20	25.00	20.83	28.26	0.02	74.11	0.83	10.06	62.93	0	73.82	5.91	6.93	Mod Sal
507	225-250	55.2	6.7	5.70	22.91	12.50	28.99	0.02	64.42	1.65	9.56	53.92	0	64.63	6.89	8.18	Mod Sal
508	250-275	53.4	6.7	6.00	22.91	16.66	26.81	0.04	66.42	1.24	8.05	56.91	0	66.20	6.02	7.08	Mod Sal
509	275-300	49.4	7.0	4.05	10.42	6.25	22.46	0.04	39.17	1.24	8.55	29.94	0	39.73	7.77	9.26	Mod Sal

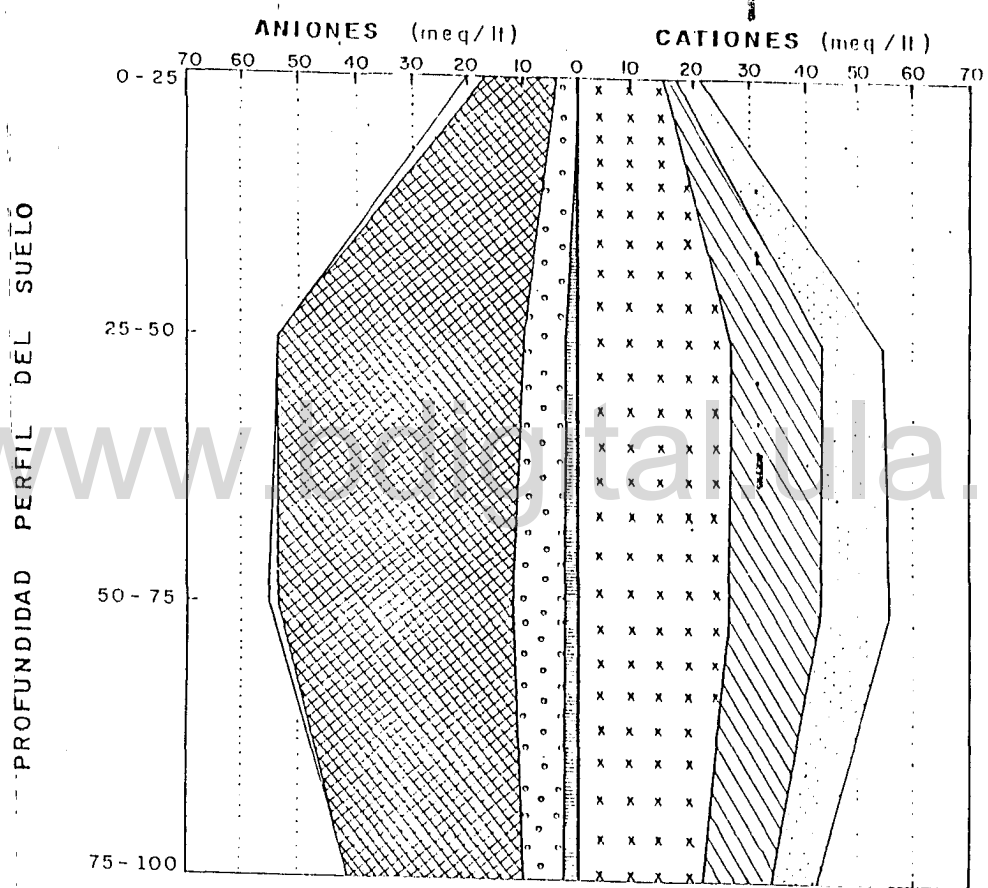
ANALISIS DE SALINIDAD EN "MATICORA"









DISTRIBUCION DE CATIONES Y ANIONES



ANALISIS DE SALINIDAD EN "MATICORA"

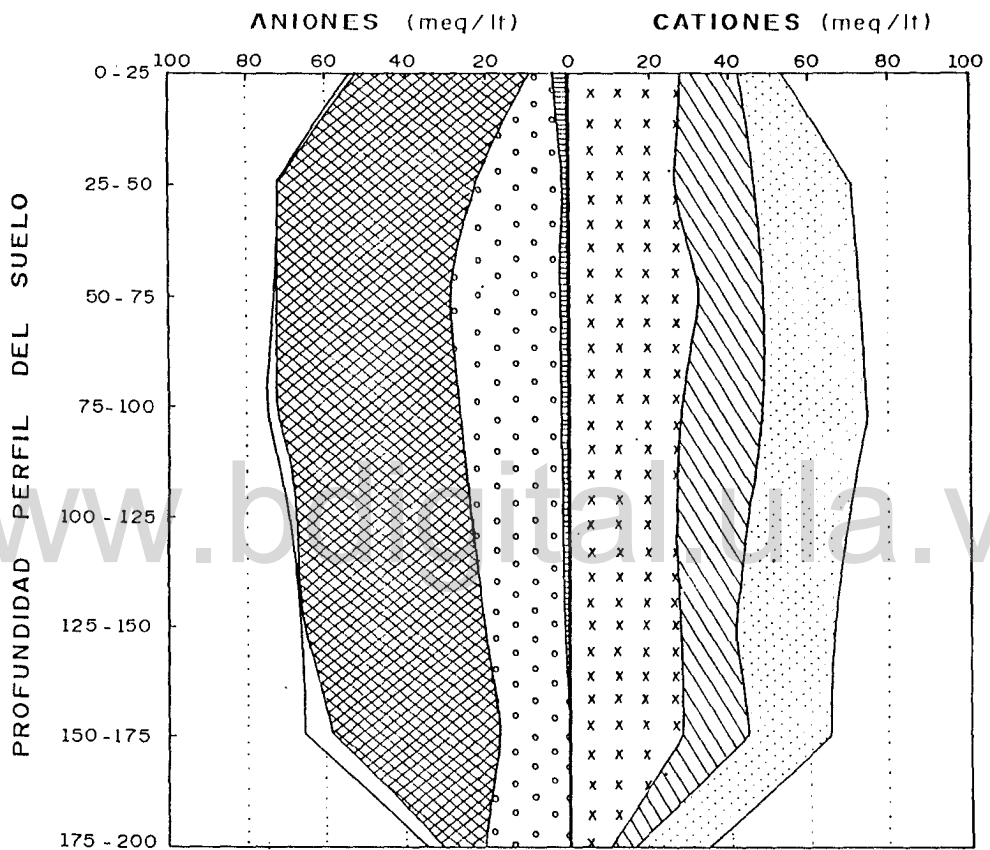
DISTRIBUCION DE CATIONES Y ANIONES











- | | |
|---|--|
|  NITRATO |  CALCIO |
|  SULFATO |  MAGNESIO |
|  CLORURO |  SODIO |
|  BICARBONATO |  POTASIO |

POZO # 2

ANALISIS DE SALINIDAD EN "MATICORA"
 DISTRIBUCION DE CATIONES Y ANIONES

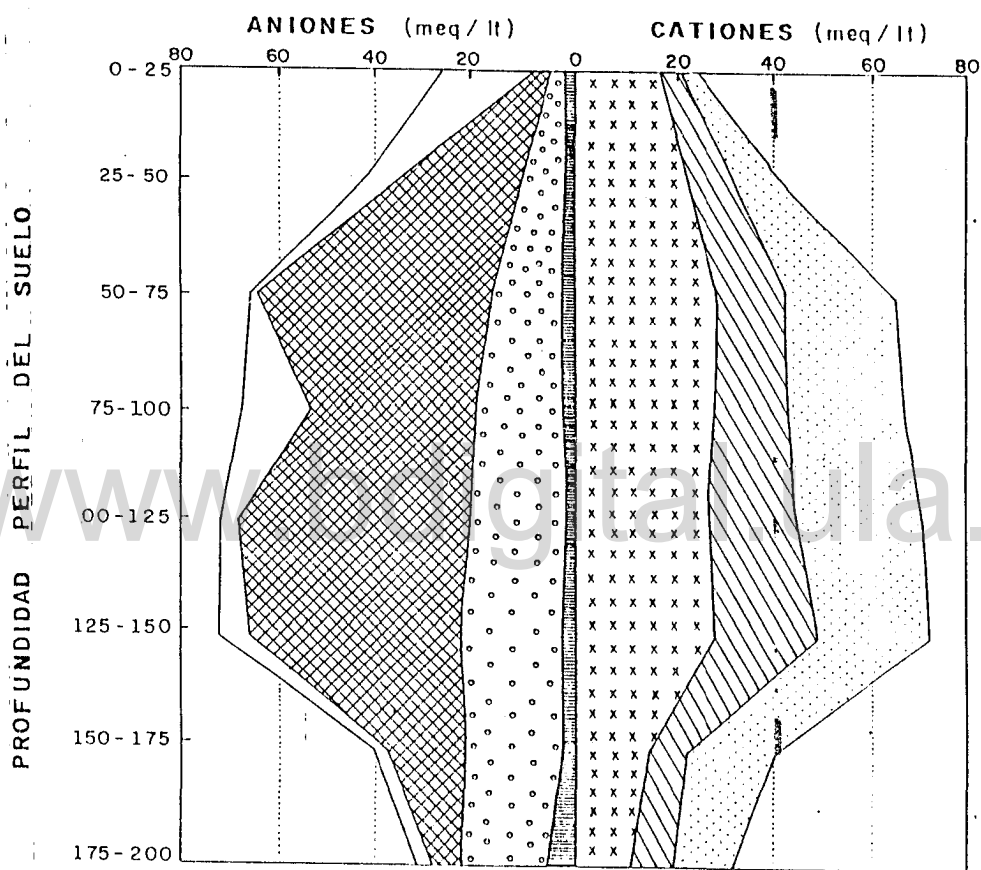


- | | | | |
|---|-------------|--|----------|
|  | NITRATO |  | CALCIO |
|  | SULFATO |  | MAGNESIO |
|  | CLORURO |  | SODIO |
|  | BICARBONATO |  | POTASIO |

POZO # 3

ANALISIS DE SALINIDAD EN "MATICORA"

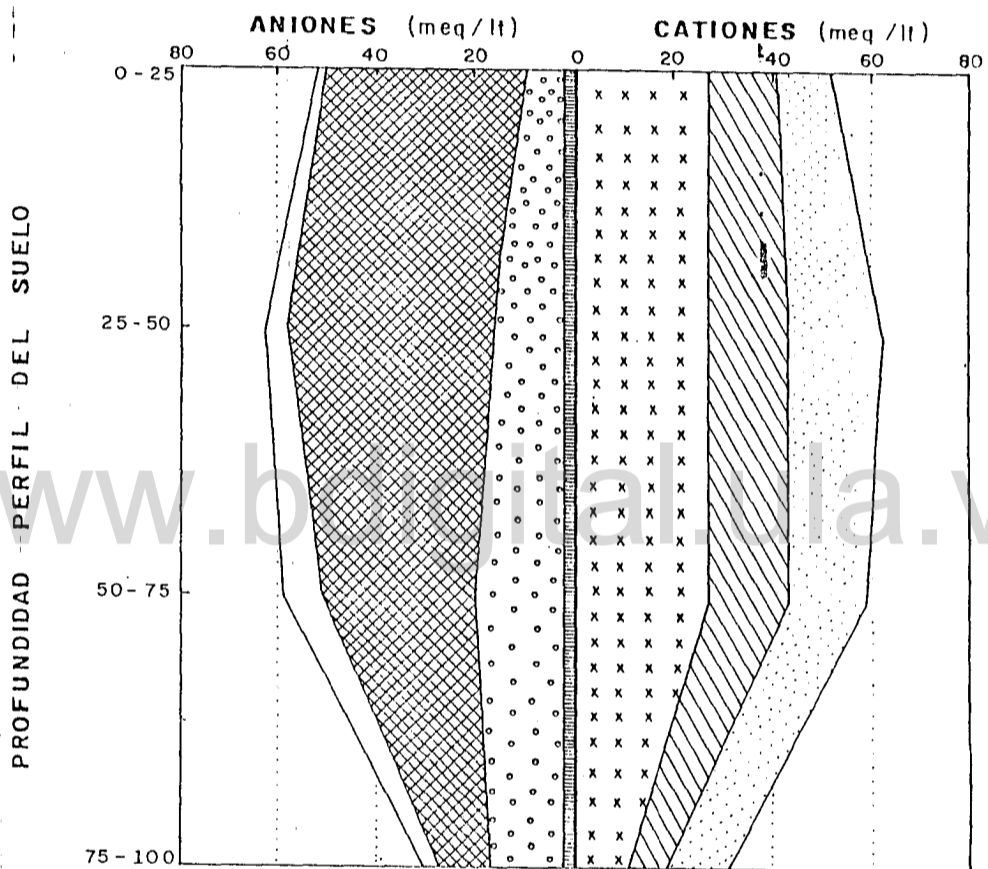
DISTRIBUCION DE CATIONES Y ANIONES











- | | |
|---|---|
| <p> NITRATO</p> <p> SULFATO</p> <p> CLORURO</p> <p> BICARBONATO</p> | <p> CALCIO</p> <p> MAGNESIO</p> <p> SODIO</p> <p> POTASIO</p> |
|---|---|

POZO # 4

ANALISIS DE SALINIDAD EN "MATICORA"
DISTRIBUCION DE CATIONES Y ANIONES

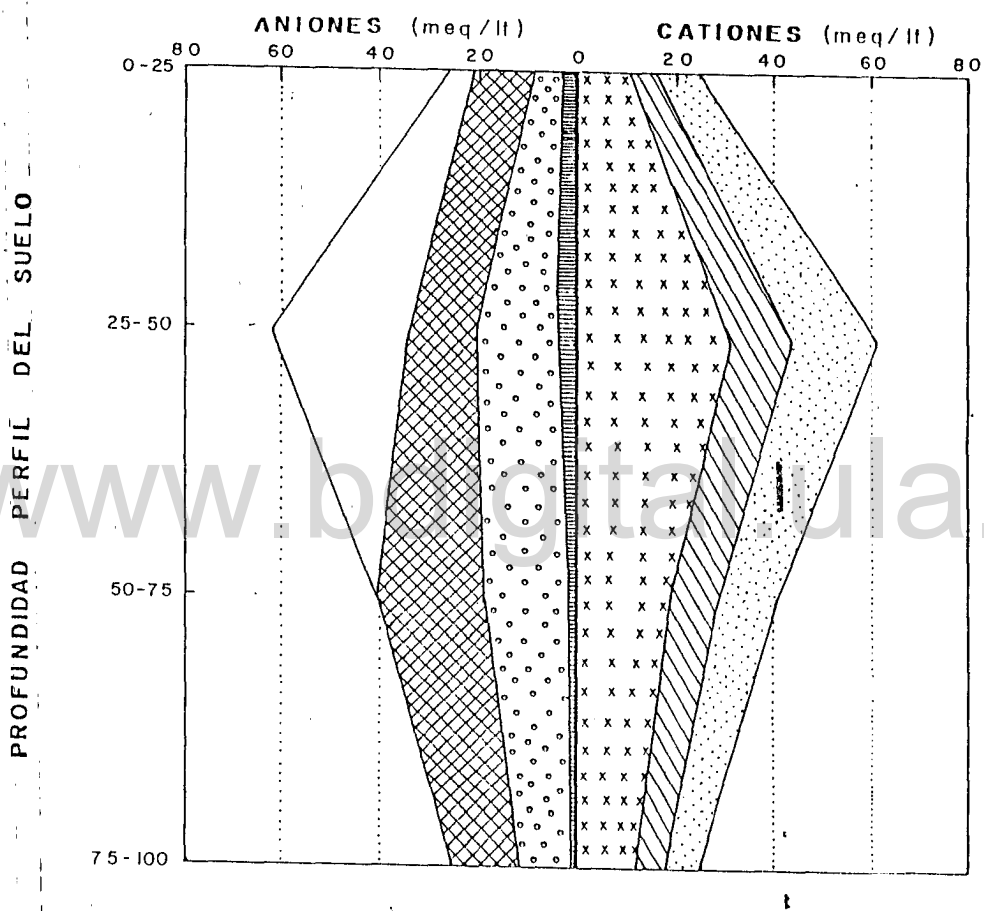


- | | | | |
|---|-------------|--|----------|
|  | NITRATO |  | CALCIO |
|  | SULFATO |  | MAGNESIO |
|  | CLORURO |  | SODIO |
|  | BICARBONATO |  | POTASIO |

POZO # 5

ANALISIS DE SALINIDAD EN "MATICORA"

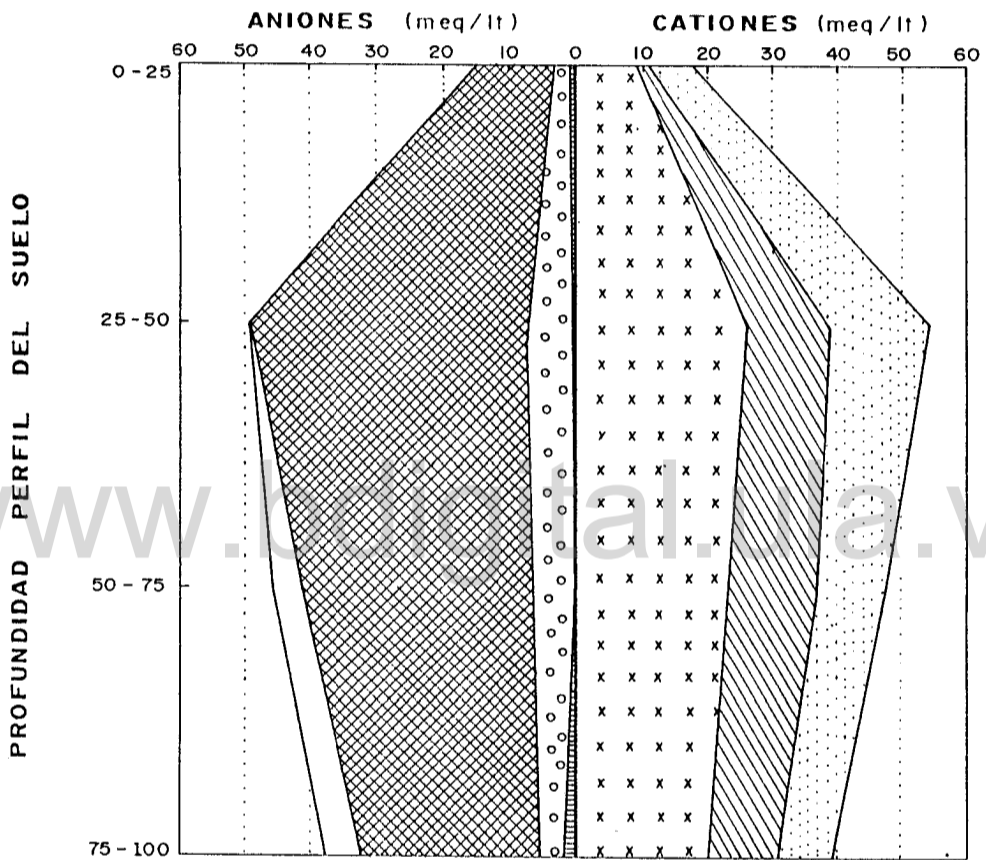
DISTRIBUCION DE CATIONES Y ANIONES



- | | |
|---|--|
| <p> NITRATO</p> <p> SULFATO</p> <p> CLORURO</p> <p> BICARBONATO</p> | <p> CALCIO</p> <p> MAGNESIO</p> <p> SODIO</p> <p> POTASIO</p> |
|---|--|

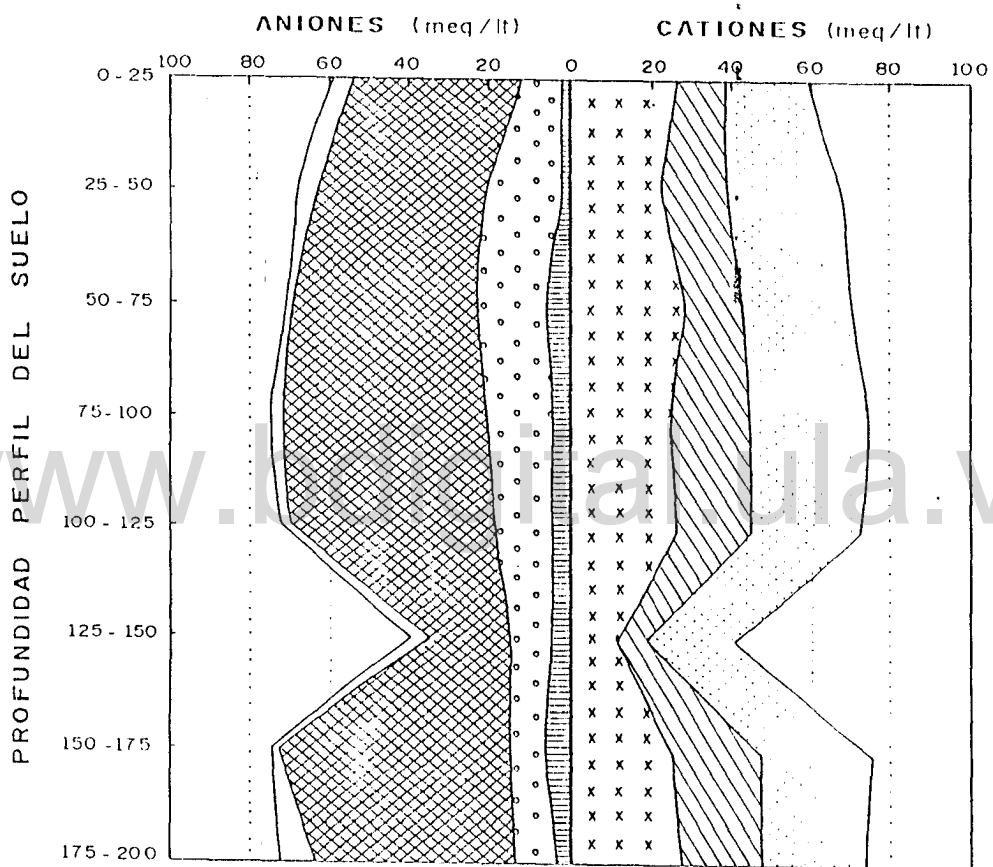
POZO # 6

ANALISIS DE SALINIDAD EN "MATICORA"
 DISTRIBUCION DE CATIONES Y ANIONES



ANÁLISIS DE SALINIDAD EN "MATICORA"

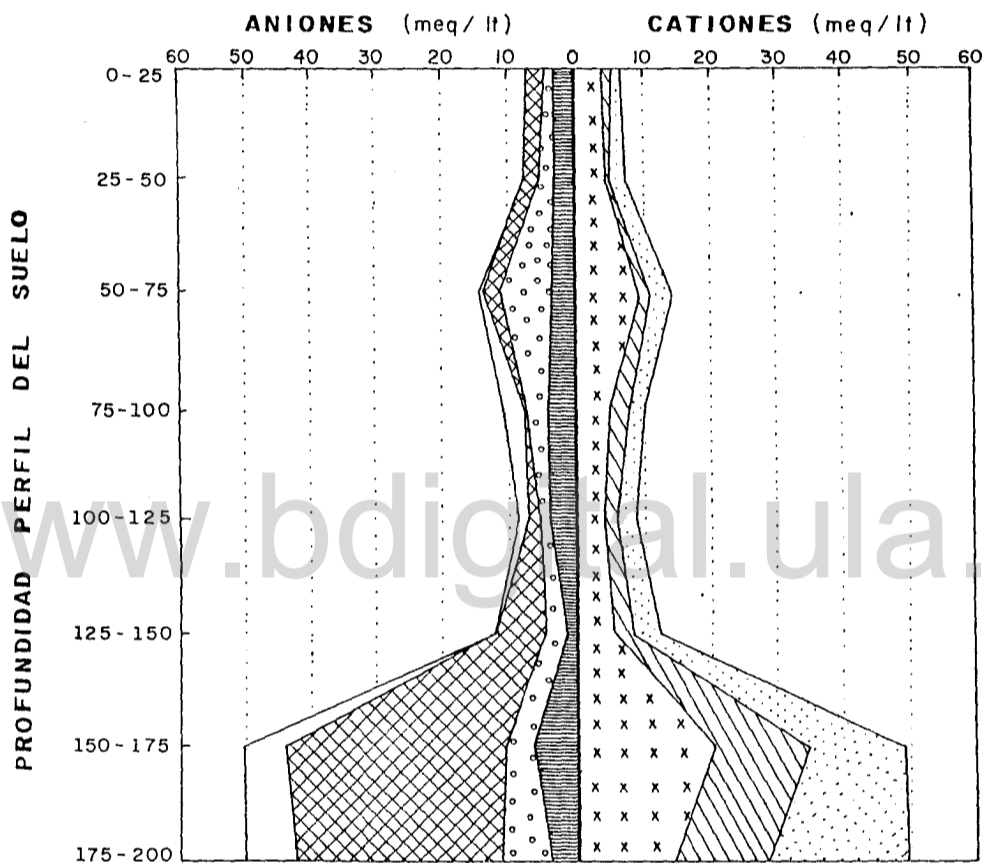
DISTRIBUCIÓN DE CATIONES Y ANIONES











- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> NITRATO SULFATO CLORURO BICARBONATO | <ul style="list-style-type: none"> CALCIO MAGNESIO SODIO POTASIO |
|--|--|

POZO # 8

ANALISIS DE SALINIDAD EN "MATICORA"
 DISTRIBUCION DE CATIONES Y ANIONES

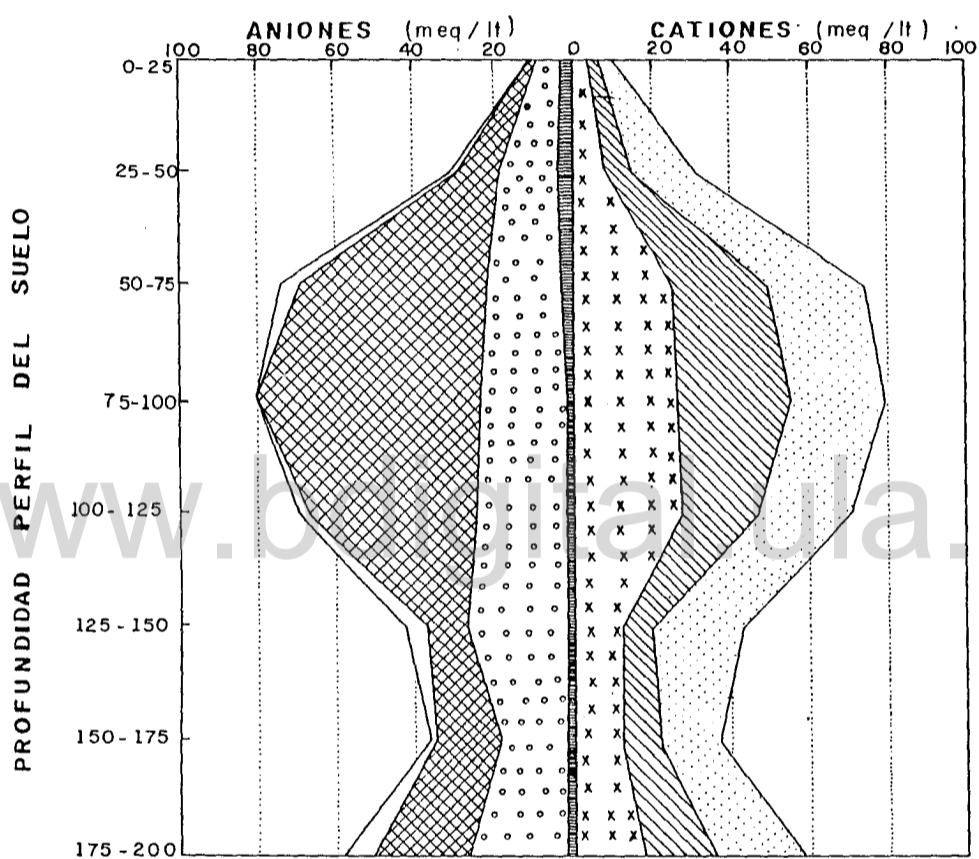










- | | |
|---|---|
|  NITRATO |  CALCIO |
|  SULFATO |  MAGNESIO |
|  CLORURO |  SODIO |
|  BICARBONATO |  POTASIO |

POZO # 9

www.bdigital.ula.ve

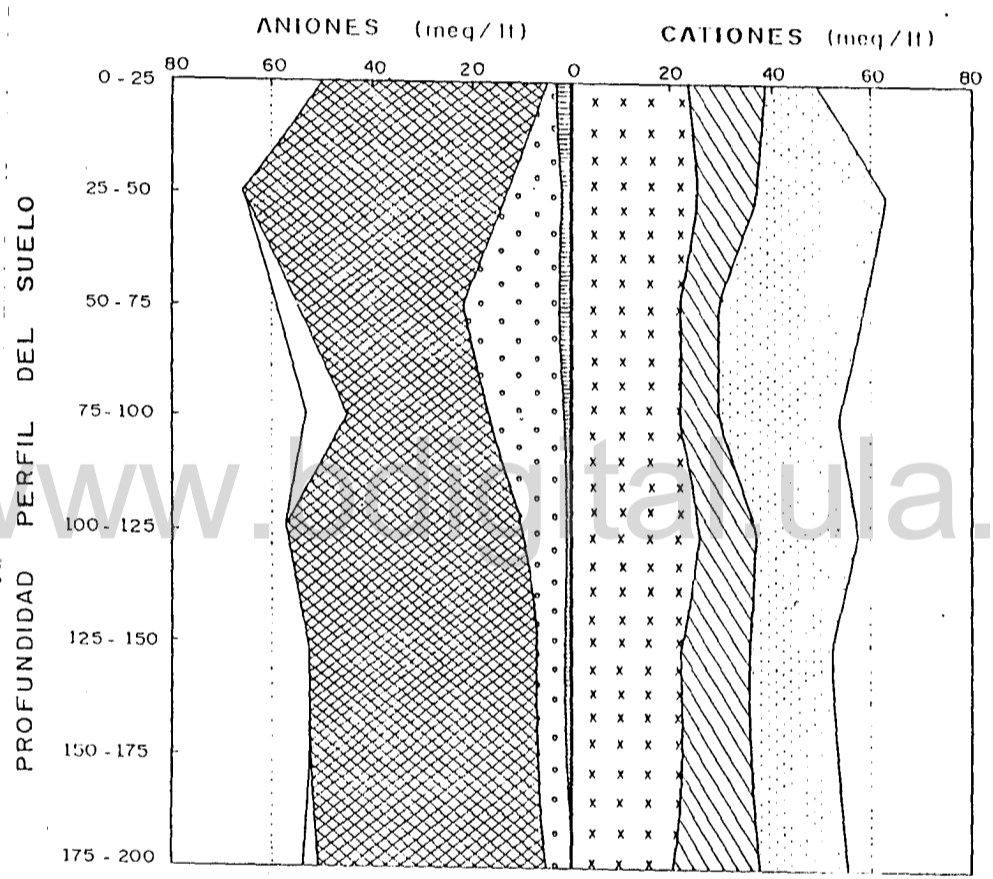
ANALISIS DE SALINIDAD EN "MATICORA"
 DISTRIBUCION DE CATIONES Y ANIONES











- | | | | |
|---|-------------|--|----------|
|  | NITRATO |  | CALCIO |
|  | SULFATO |  | MAGNESIO |
|  | CLORURO |  | SODIO |
|  | BICARBONATO |  | POTASIO |

POZO # 11

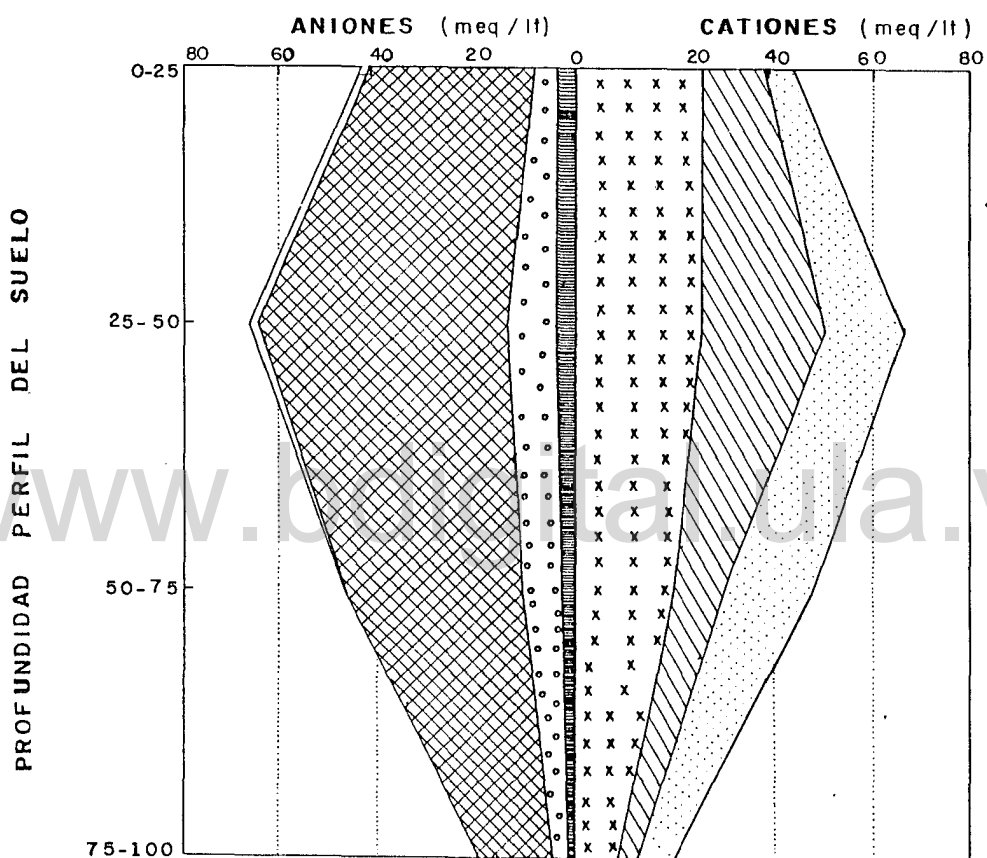
ANALISIS DE SALINIDAD EN " MATICORA "
 DISTRIBUCION DE CATIONES Y ANIONES











- | | | | |
|---|-------------|---|----------|
|  | NITRATO |  | CALCIO |
|  | SULFATO |  | MAGNESIO |
|  | CLORURO |  | SODIO |
|  | BICARBONATO |  | POTASIO |

POZO # 12

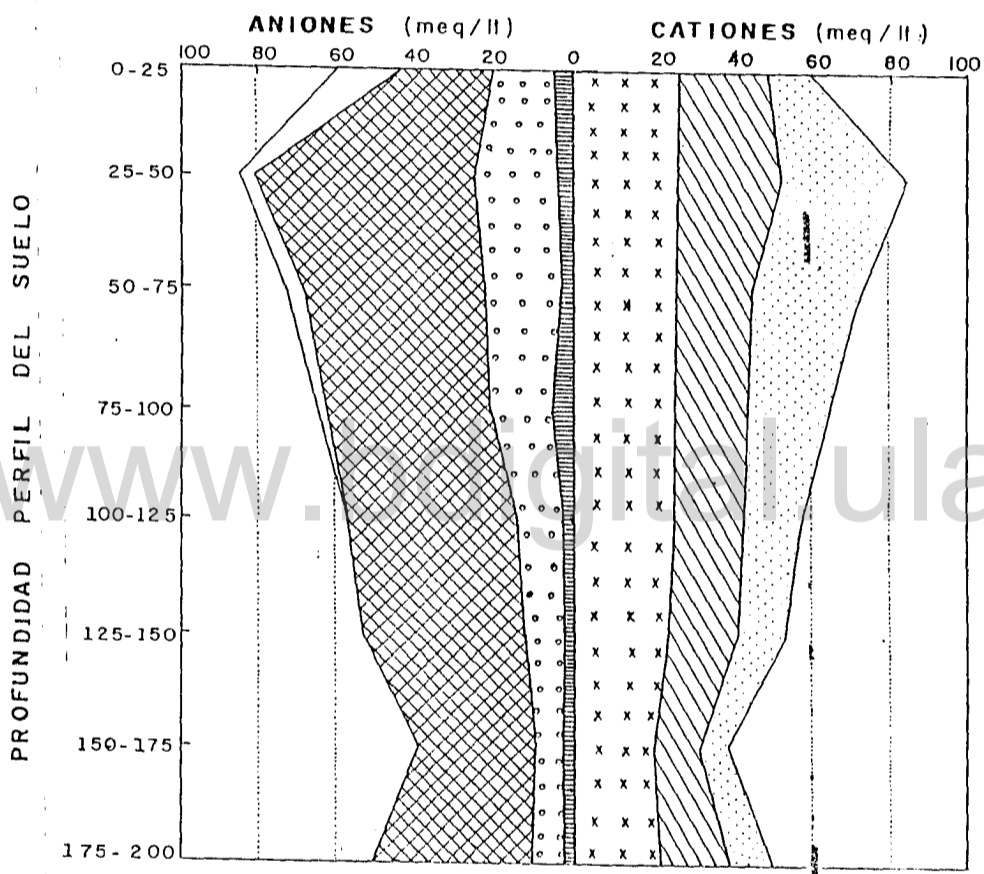
ANALISIS DE SALINIDAD EN "MATICORA"
DISTRIBUCION DE CATIONES Y ANIONES











- | | |
|---|--|
|  NITRATO |  CALCIO |
|  SULFATO |  MAGNESIO |
|  CLORURO |  SODIO |
|  BICARBONATO |  POTASIO |

POZO # 13

ANALISIS DE SALINIDAD EN "MATICORA"
DISTRIBUCION DE CATIONES Y ANIONES

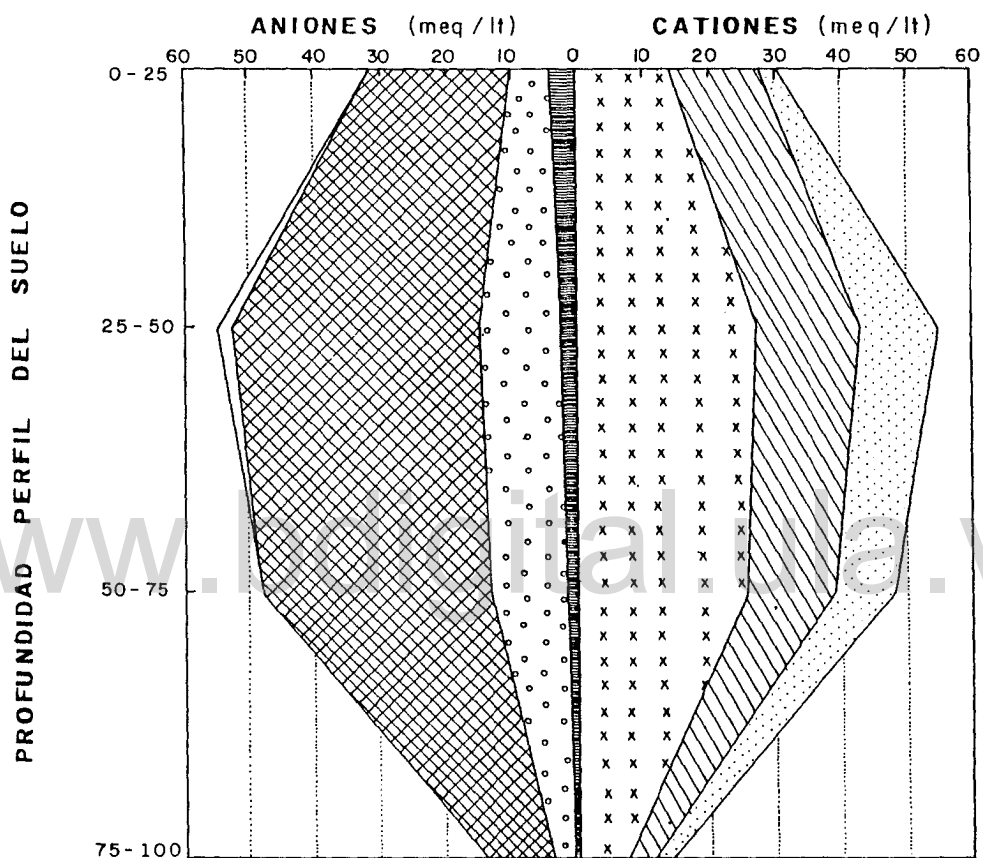


- | | |
|---|--|
|  NITRATO |  CALCIO |
|  SULFATO |  MAGNESIO |
|  CLORURO |  SODIO |
|  BICARBONATO |  POTASIO |

POZO # 14

ANALISIS DE SALINIDAD EN "MATICORA"

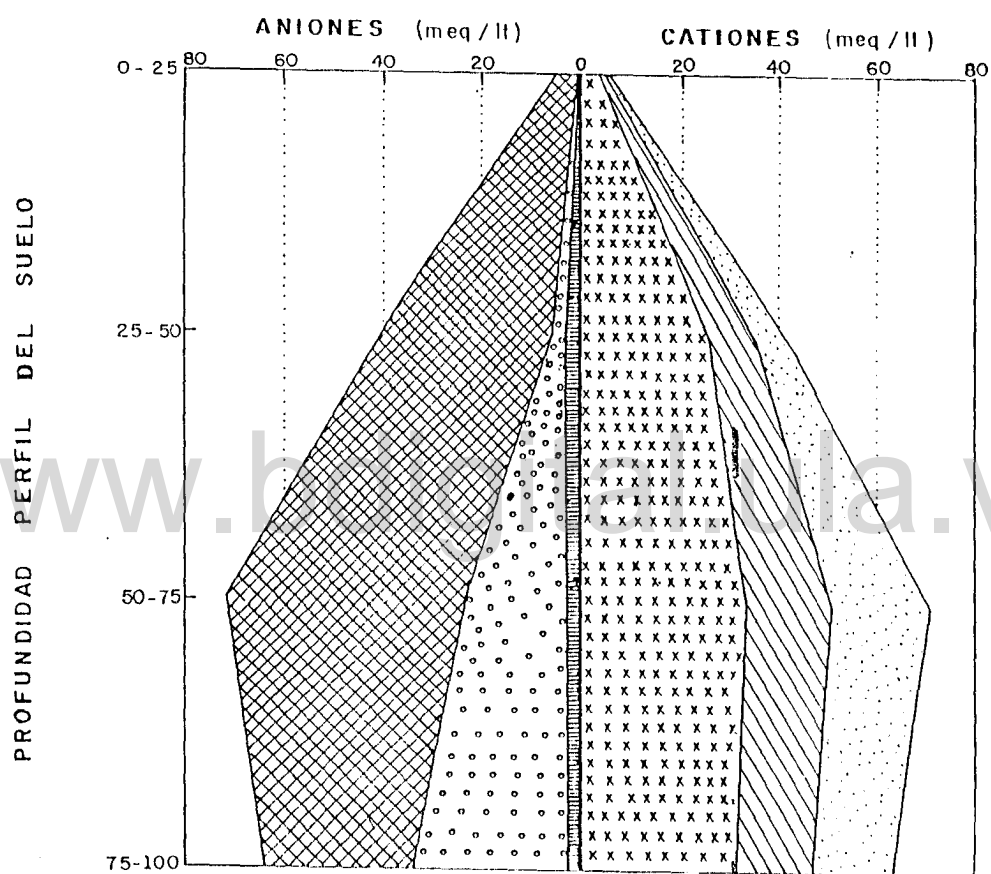
DISTRIBUCION DE CATIONES Y ANIONES











- | | |
|---|---|
| <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; display: inline-block; margin-bottom: 2px;"></div> NITRATO | <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; background: repeating-linear-gradient(45deg, transparent, transparent 2px, black 2px, black 4px); display: inline-block; margin-bottom: 2px;"></div> CALCIO |
| <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; background: repeating-linear-gradient(-45deg, transparent, transparent 2px, black 2px, black 4px); display: inline-block; margin-bottom: 2px;"></div> SULFATO | <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; background: repeating-linear-gradient(90deg, transparent, transparent 2px, black 2px, black 4px); display: inline-block; margin-bottom: 2px;"></div> MAGNESIO |
| <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; background: radial-gradient(circle, black 1px, transparent 1px); background-size: 4px 4px; display: inline-block; margin-bottom: 2px;"></div> CLORURO | <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; background: radial-gradient(circle, black 1px, transparent 1px); background-size: 4px 4px; display: inline-block; margin-bottom: 2px;"></div> SODIO |
| <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; background: repeating-linear-gradient(0deg, transparent, transparent 2px, black 2px, black 4px); display: inline-block; margin-bottom: 2px;"></div> BICARBONATO | <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; background: repeating-linear-gradient(45deg, transparent, transparent 2px, black 2px, black 4px); display: inline-block; margin-bottom: 2px;"></div> POTASIO |

POZO # 15

ANALISIS DE SALINIDAD EN "MATICORA"
 DISTRIBUCION DE CATIONES Y ANIONES

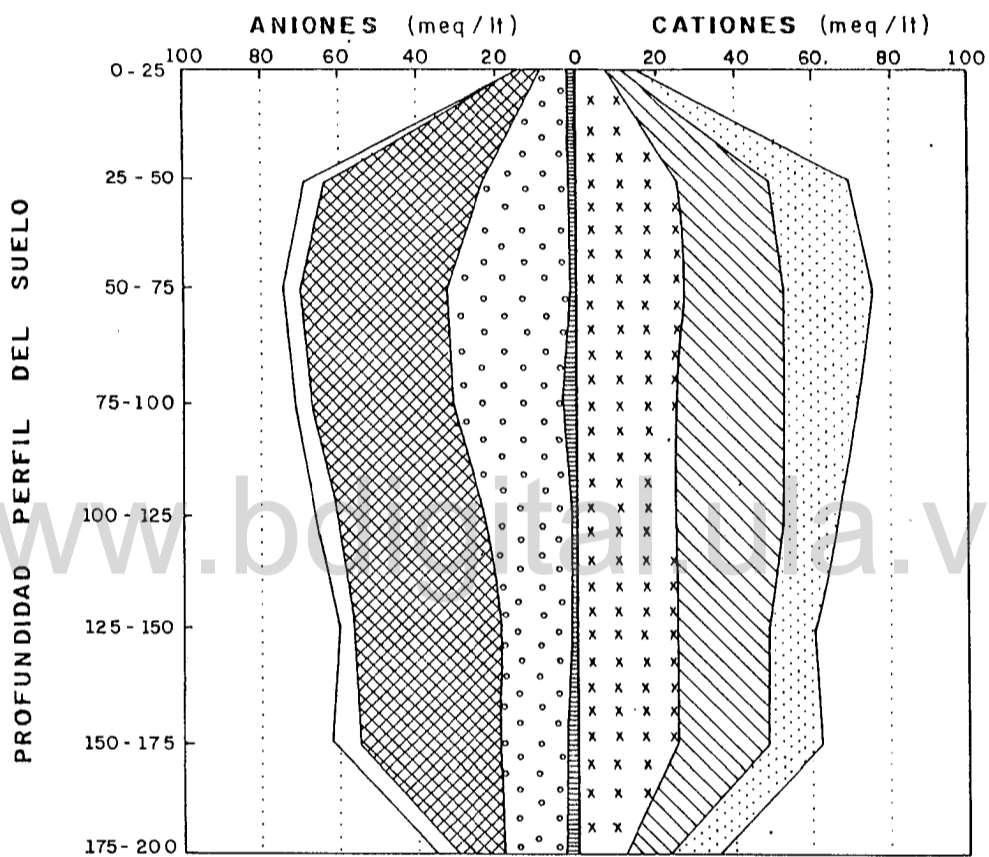


- | | |
|---|---|
|  NITRATO |  CALCIO |
|  SULFATO |  MAGNESIO |
|  CLORURO |  SODIO |
|  BICARBONATO |  POTASIO |

POZO 16

ANALISIS DE SALINIDAD EN "MATICORA"

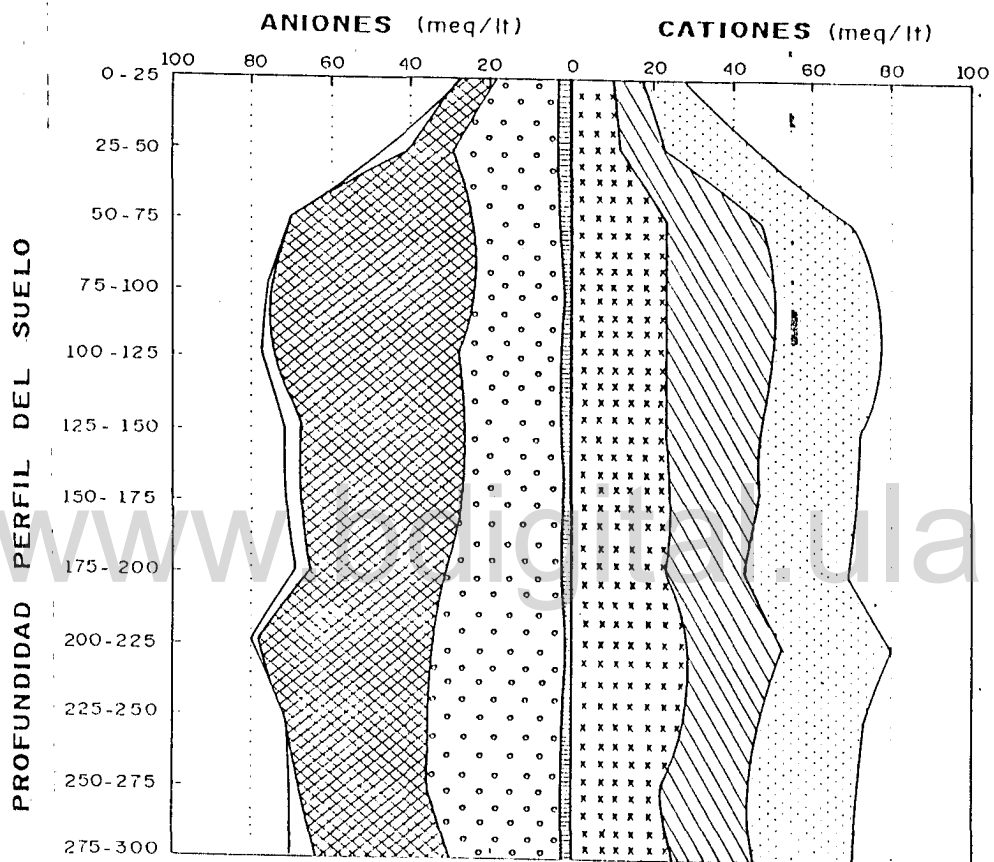
DISTRIBUCION DE CATIONES Y ANIONES











- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> NITRATO SULFATO CLORURO BICARBONATO | <ul style="list-style-type: none"> CALCIO MAGNESIO SODIO POTASIO |
|---|---|

POZO # 17

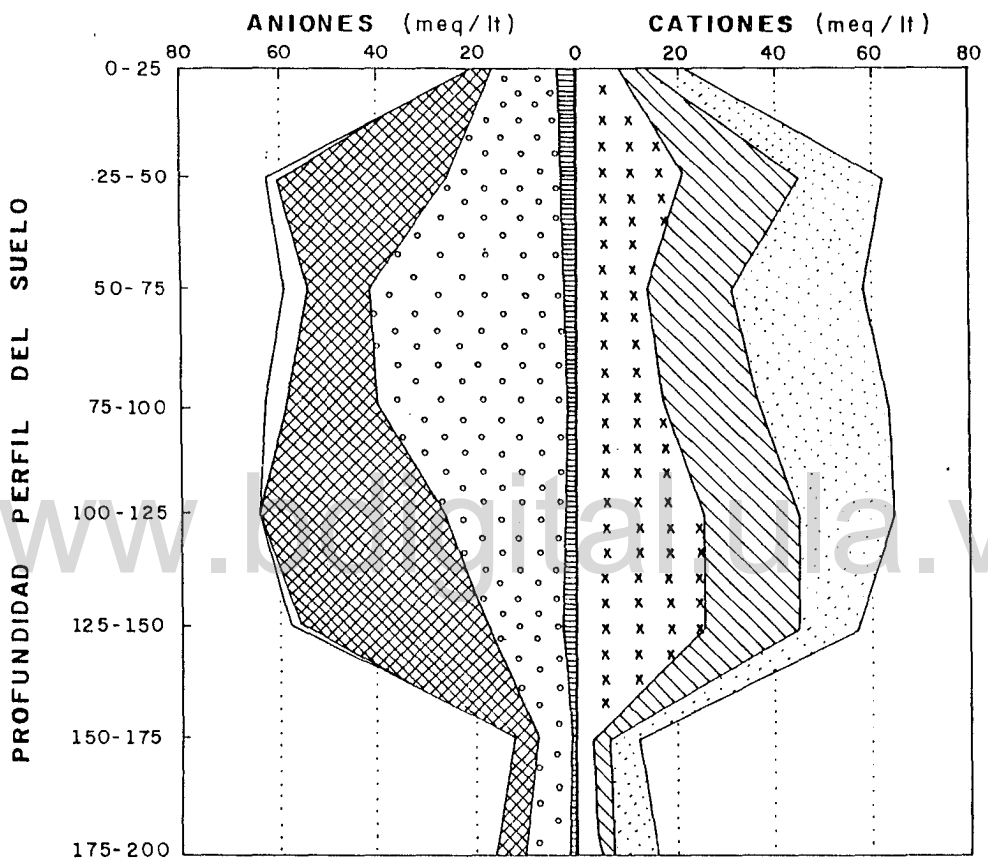
ANÁLISIS DE SALINIDAD EN "MATICORA".
DISTRIBUCIÓN DE CATIONES Y ANIONES











- | | |
|---|--|
|  NITRATO |  CALCIO |
|  SULFATO |  MAGNESIO |
|  CLORURO |  SODIO |
|  BICARBONATO |  POTASIO |

POZO # 18

ANALISIS DE SALINIDAD EN "MATICORA"
DISTRIBUCION DE CATIONES Y ANIONES

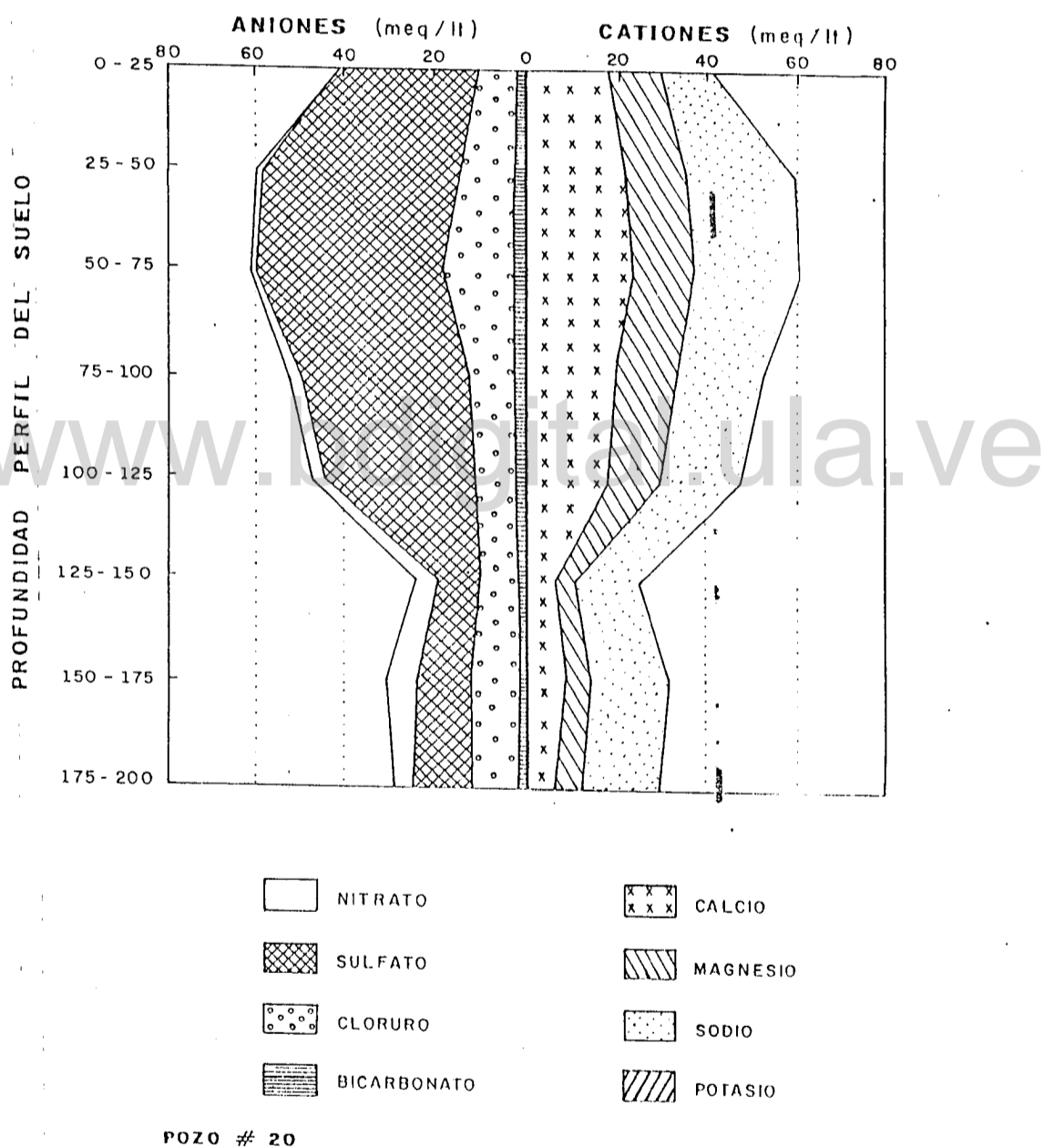


- | | | | |
|---|-------------|--|----------|
|  | NITRATO |  | CALCIO |
|  | SULFATO |  | MAGNESIO |
|  | CLORURO |  | SODIO |
|  | BICARBONATO |  | POTASIO |

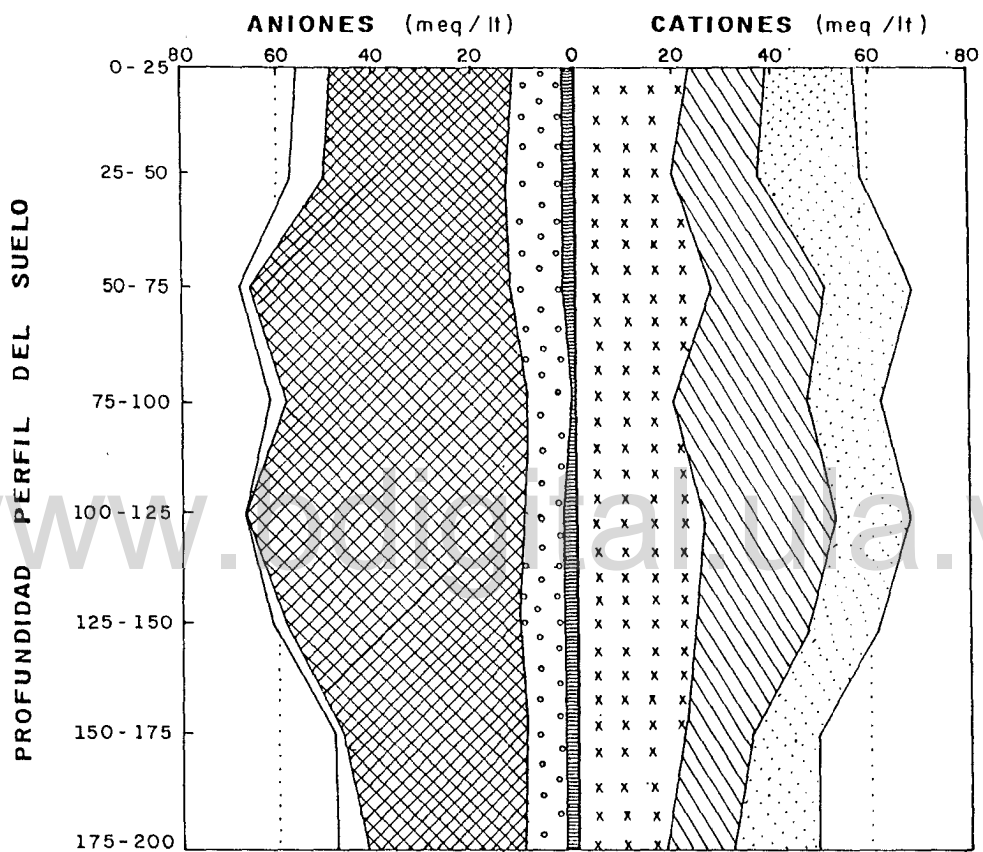
POZO # 19









ANALISIS DE SALINIDAD EN "MATICORA"

DISTRIBUCION DE CATIONES Y ANIONES



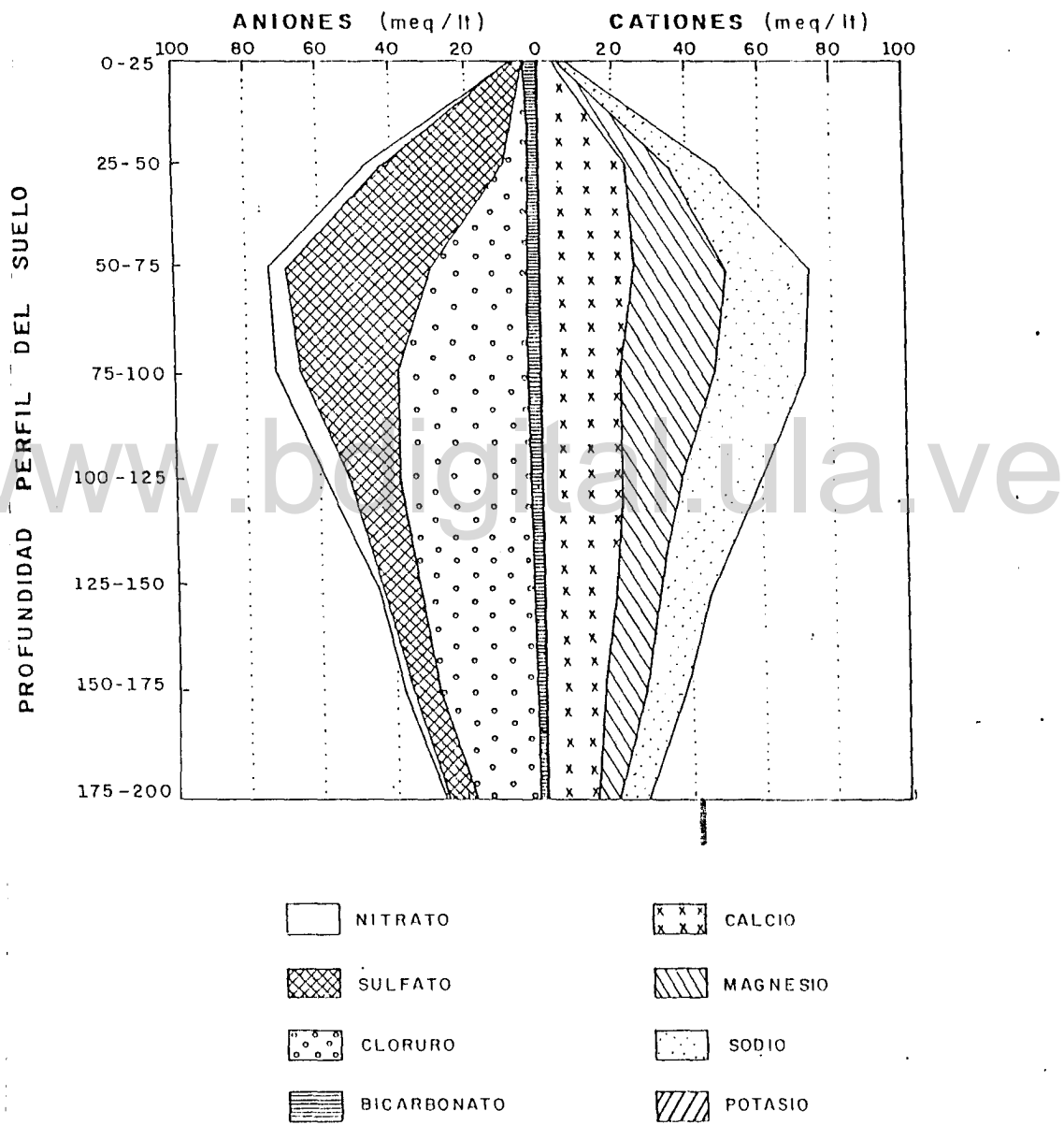
ANALISIS DE SALINIDAD EN "MATICORA"
DISTRIBUCION DE CATIONES Y ANIONES



- | | |
|---|--|
|  NITRATO |  CALCIO |
|  SULFATO |  MAGNESIO |
|  CLORURO |  SODIO |
|  BICARBONATO |  POTASIO |

POZO # 21

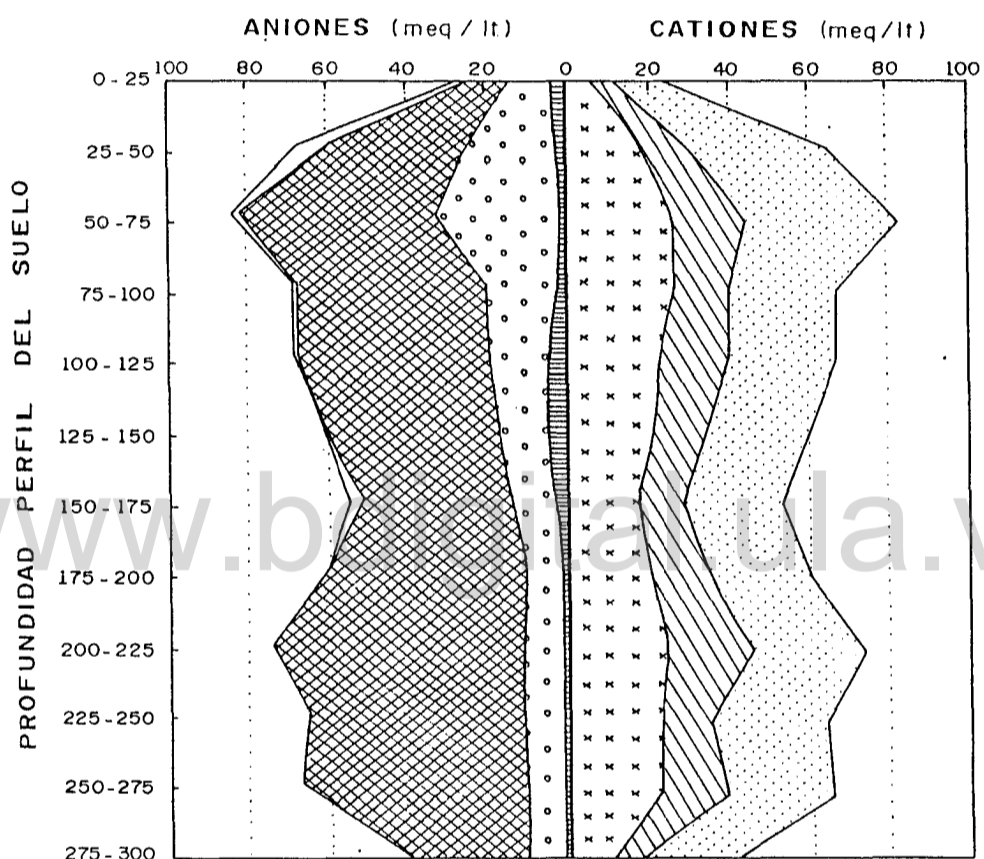
ANALISIS DE SALINIDAD EN "MATICORA"
 DISTRIBUCION DE CATIONES Y ANIONES











POZO # 22

ANALISIS DE SALINIDAD EN "MATICORA"

DISTRIBUCION DE CATIONES Y ANIONES

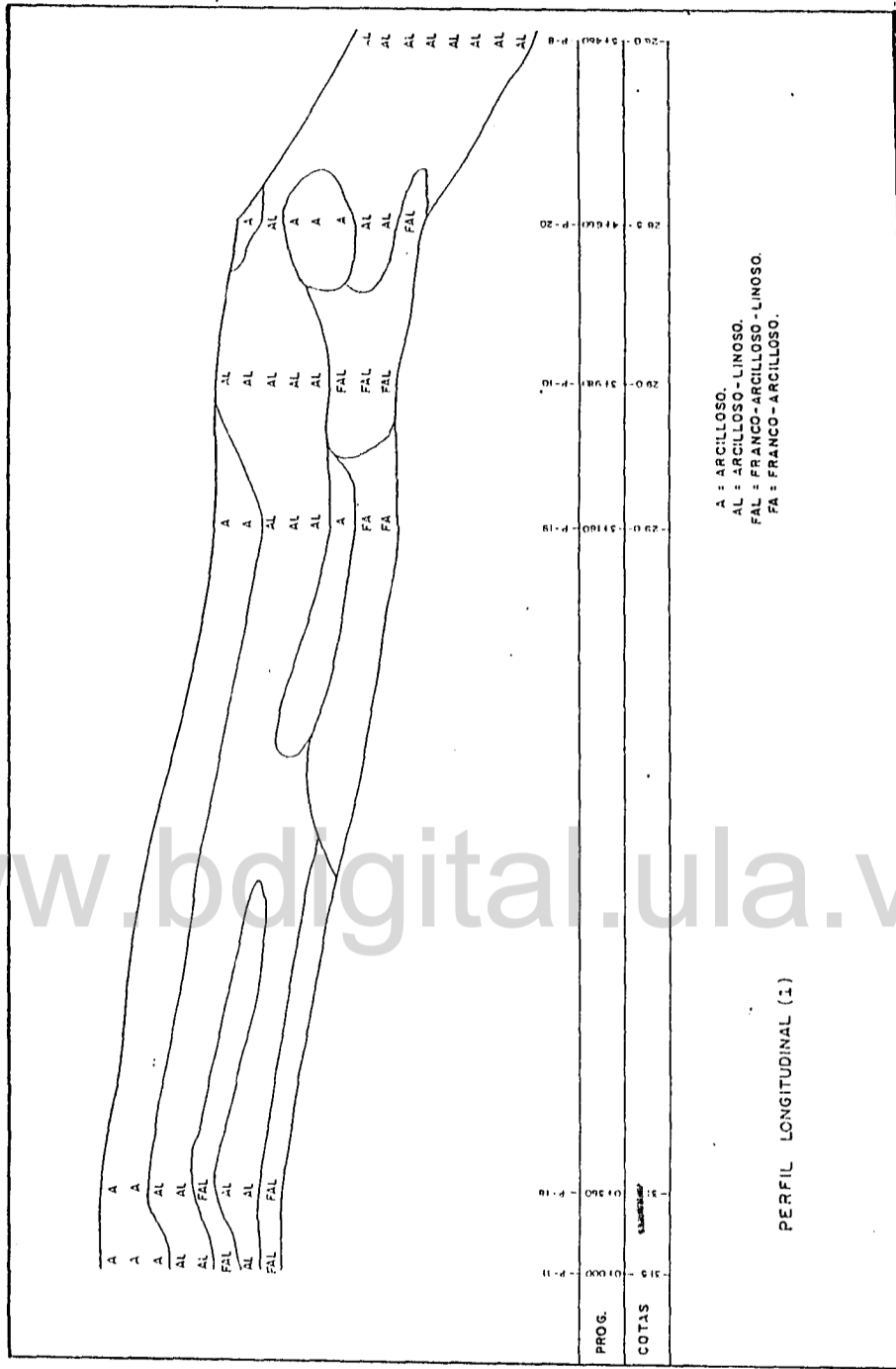


173

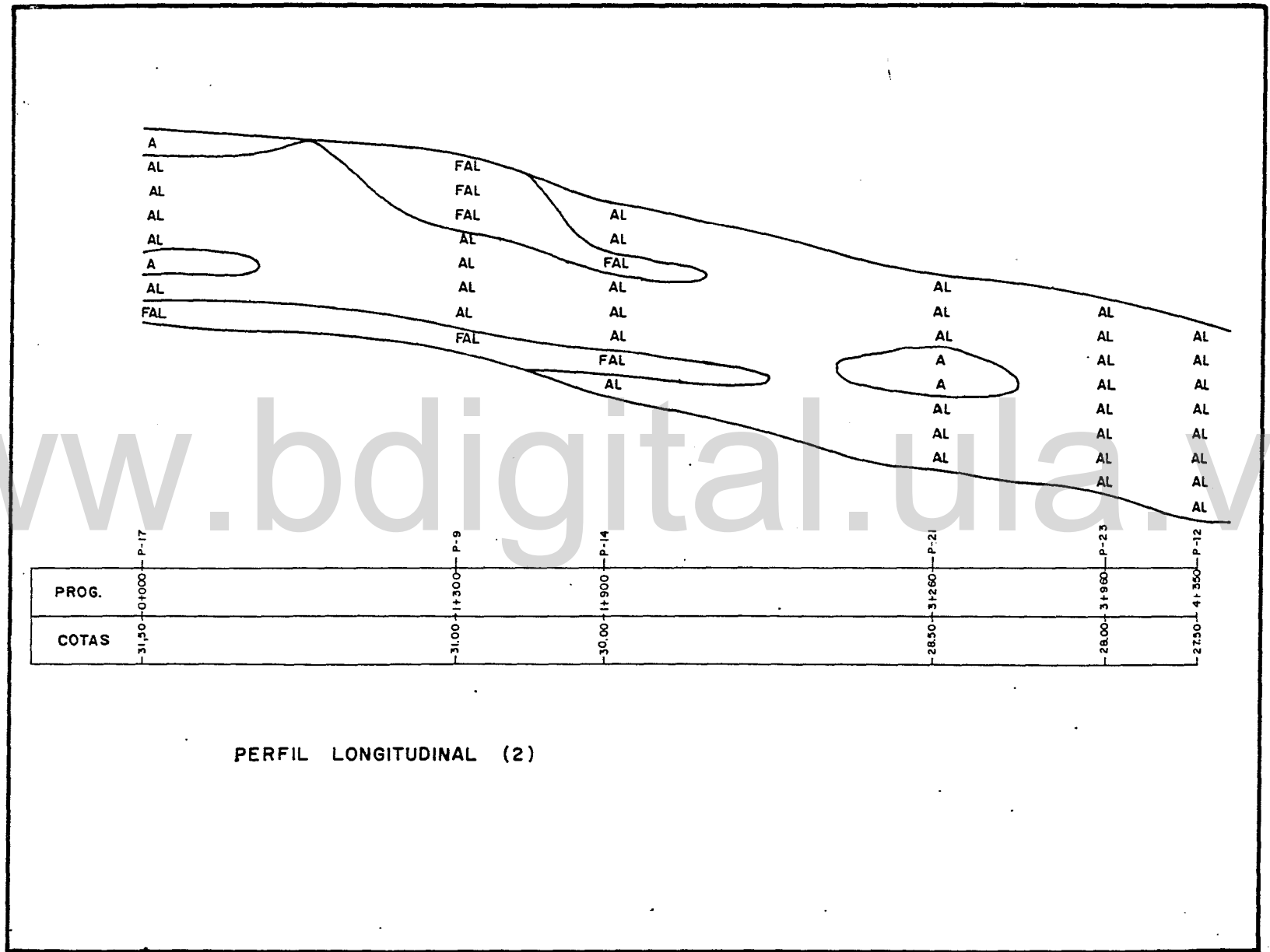
- | | |
|---|--|
|  NITRATO |  CALCIO |
|  SULFATO |  MAGNESIO |
|  CLORURO |  SODIO |
|  BICARBONATO |  POTASIO |

POZO # 23

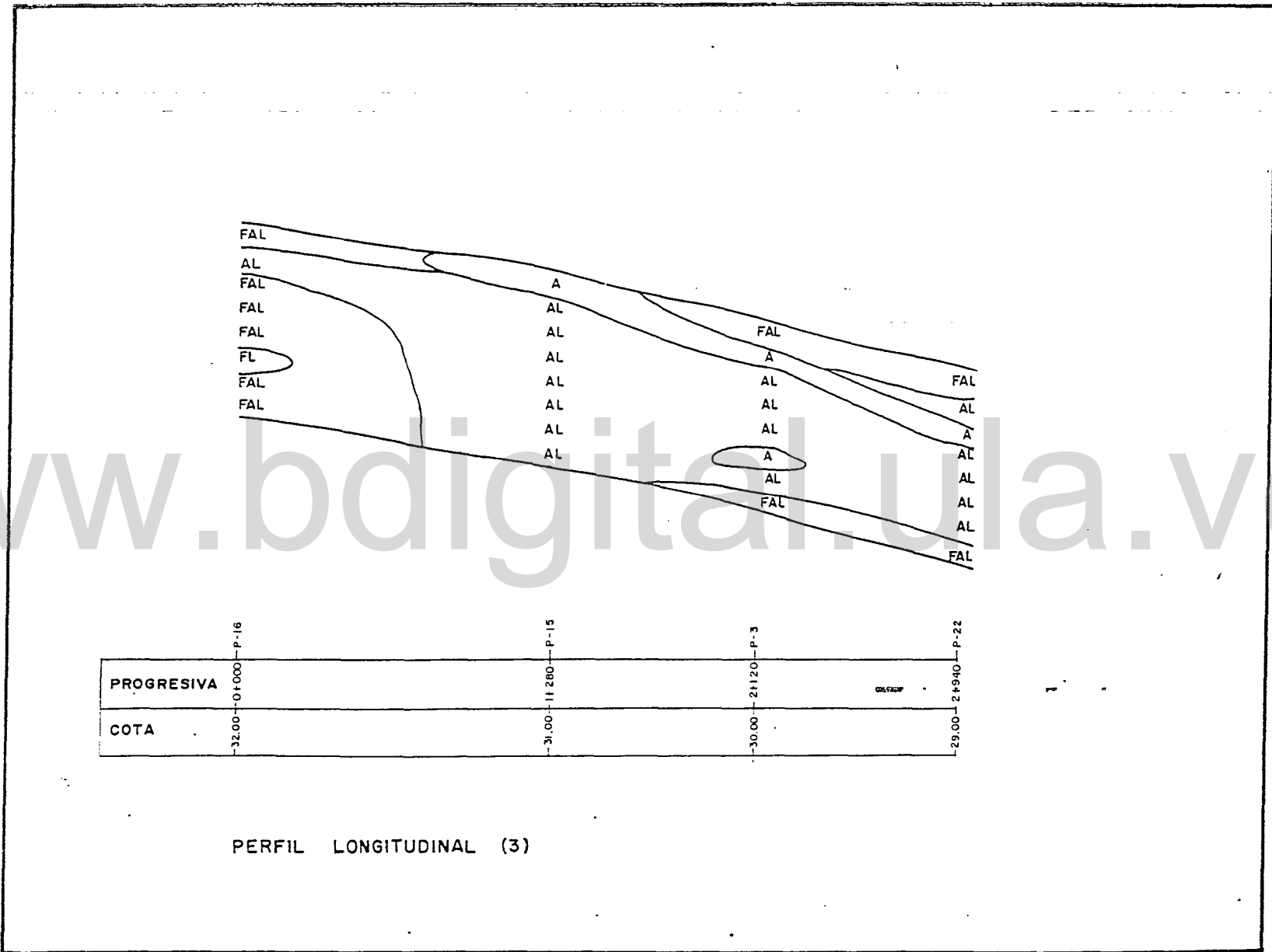
175

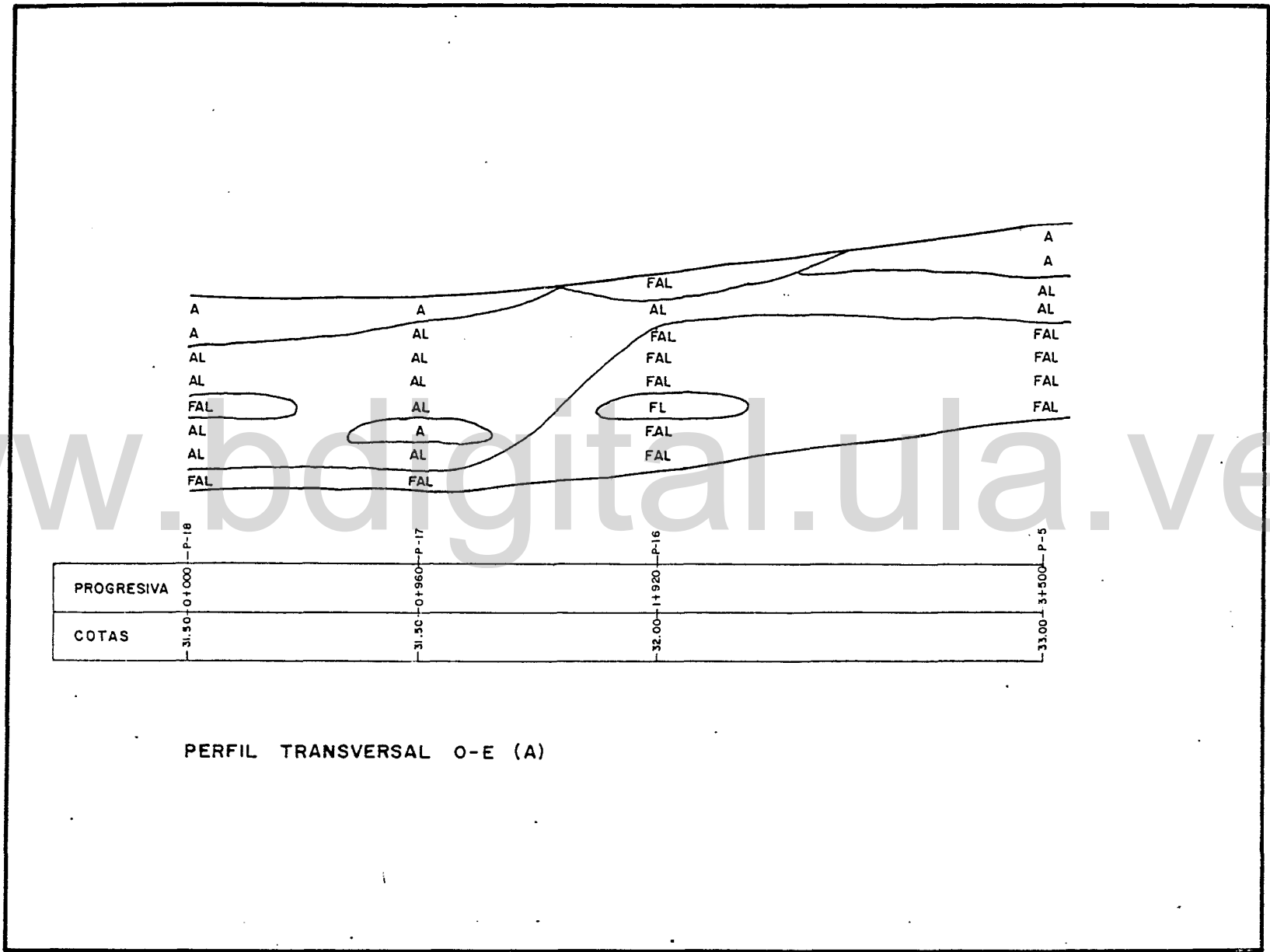


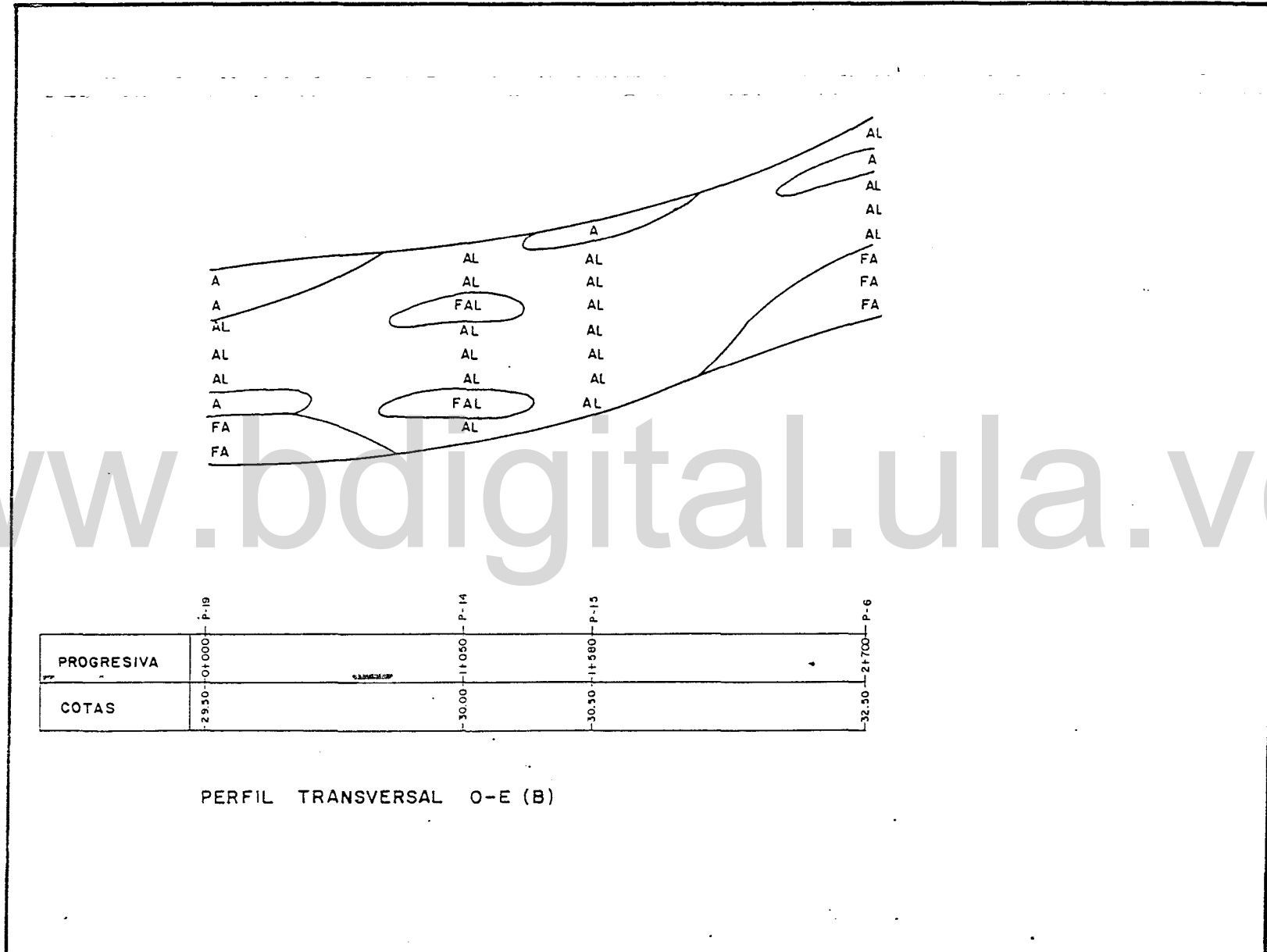
PERFIL LONGITUDINAL (1)



PERFIL LONGITUDINAL (2)







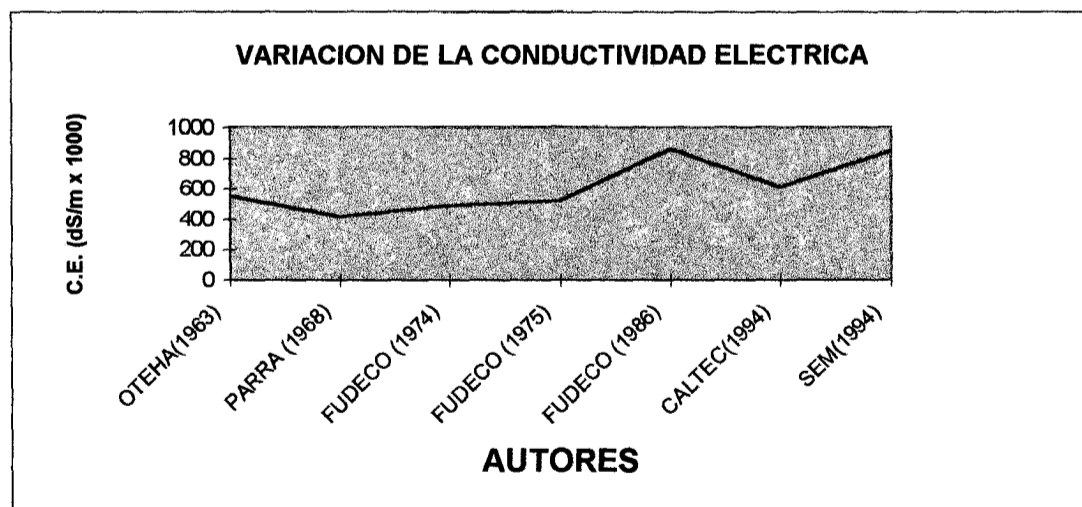
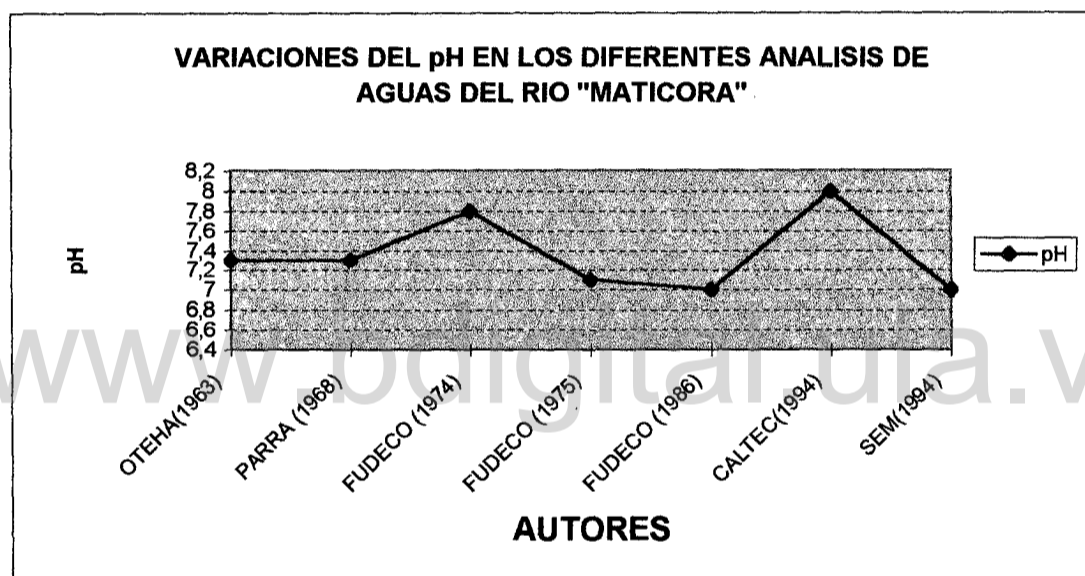
Apendice B

www.bdigital.ula.ve

www.bdigital.ula.ve

RESULTADO DE LOS ANALISIS DE AGUA DEL RIO "MATICORA",
POR DIFERENTES AUTORES

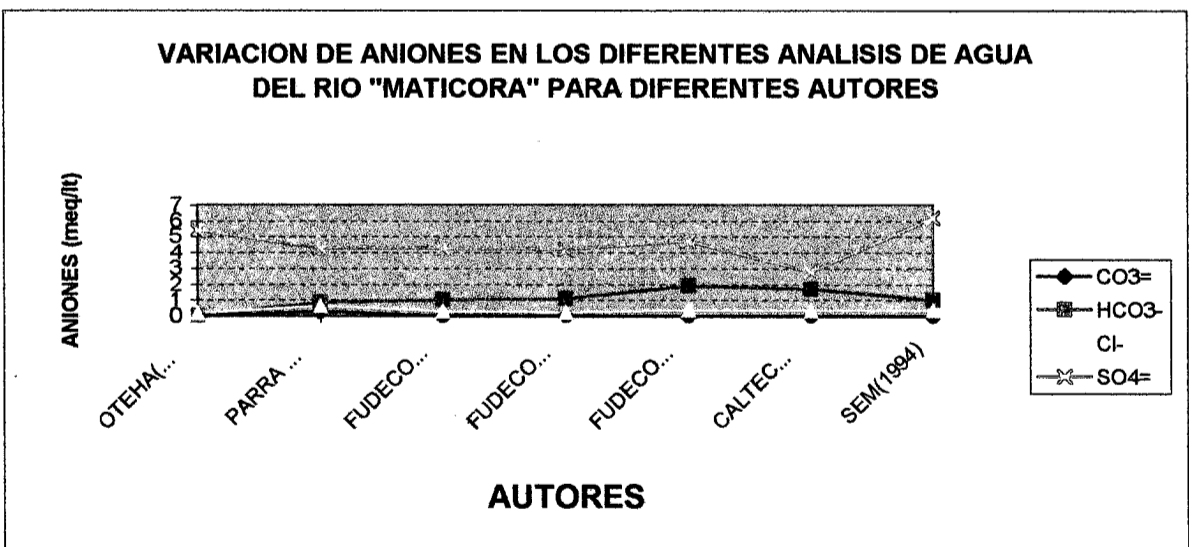
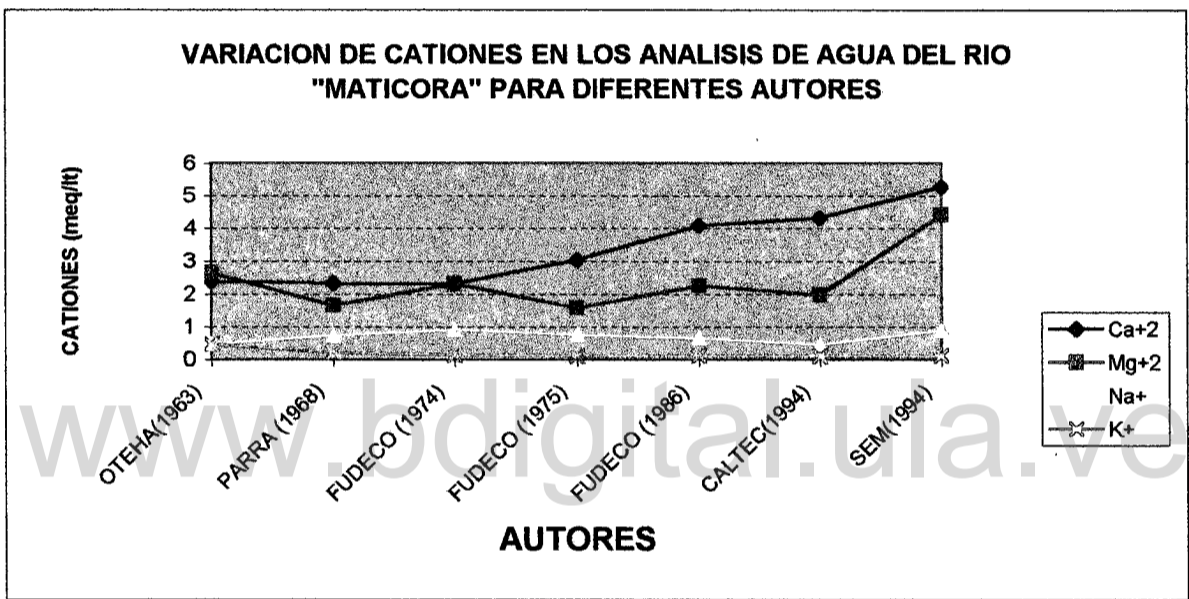
AUTOR	pH	CE x 10 ⁶	CATIONES (meq/lt)					ANIONES (meq/lt)				
			Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	TOTAL	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁼	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	TOTAL
OTEHA(1963)	7,3	551	2,39	2,63	0,47	0,47	5,96	0	0	0,17	5,41	5,58
PARRA (1968)	7,3	414	2,32	1,66	0,72	0,22	4,92	0,3	0,84	0,59	4,3	6,03
FUDECO (1974)	7,8	487	2,3	2,3	0,89	0,13	5,42	0	1	0,3	4,3	5,6
FUDECO (1975)	7,1	522	3,02	1,58	0,74	0,09	5,43	0	1,08	0,2	4,2	5,48
FUDECO (1986)	7	860	4,08	2,24	0,65	0,12	7,09	0	1,92	0,37	4,74	7,03
CALTEC(1994)	8	609	4,32	1,97	0,44	0,1	6,83	0	1,7	0,32	2,78	4,8
SEM(1994)	7	850	5,28	4,42	0,88	0,11	8,69	0	1	0,36	6,18	8,34



AUTOR

AUTOR	RAS	RAS _{aj.} *1	PSI	CLASIFIC.(USDA)	CLASIFIC. PLA (1985)
OTEHA(1963)					
PARRA (1968)	0,21	0,21	0	C2S1	ST14,ST23,ST31
FUDECO (1974)	0,36	0,43	0	C2S1	ST14,ST23,ST31
FUDECO (1975)	0,59	0,52	0	C2S1	ST14,ST23,ST31
FUDECO (1986)	0,49	0,44	0	C2S1	ST14,ST22,ST31
CALTEC(1994)	0,37	0,39	0	C3S1	ST14,ST22,ST31
SEM(1994)	0,25	0,26	0	C2S1	ST14,ST22,ST31
	0,45	0,49	0	C3S1	ST14,ST22,ST31

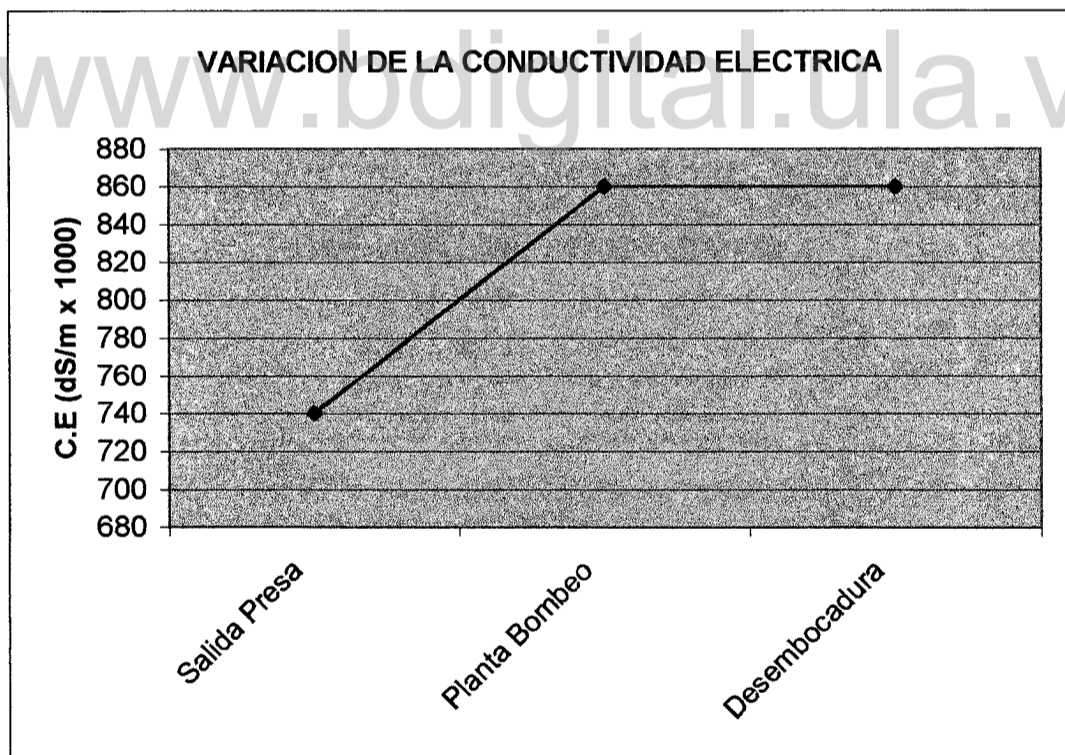
*1 (Suárez 1981)



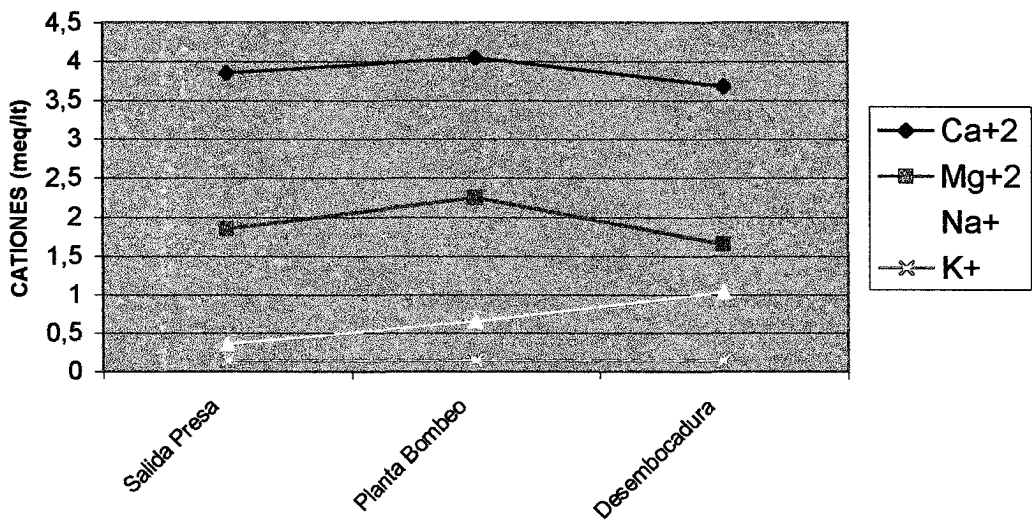
VARIACION DE LOS RESULTADOS DE ANALISIS DE AGUA DEL RIO "MATICORA"

Sitio de muestreo	pH	C.E x 10 ⁶	CATIONES (meq/lt)				Total
			Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	
Salida Presa	7,3	740	3,85	1,85	0,35	0,15	6,2
Planta Bombeo	7	860	4,05	2,25	0,65	0,15	7,09
Desembocadura	7,2	860	3,68	1,65	1,03	0,15	6,43

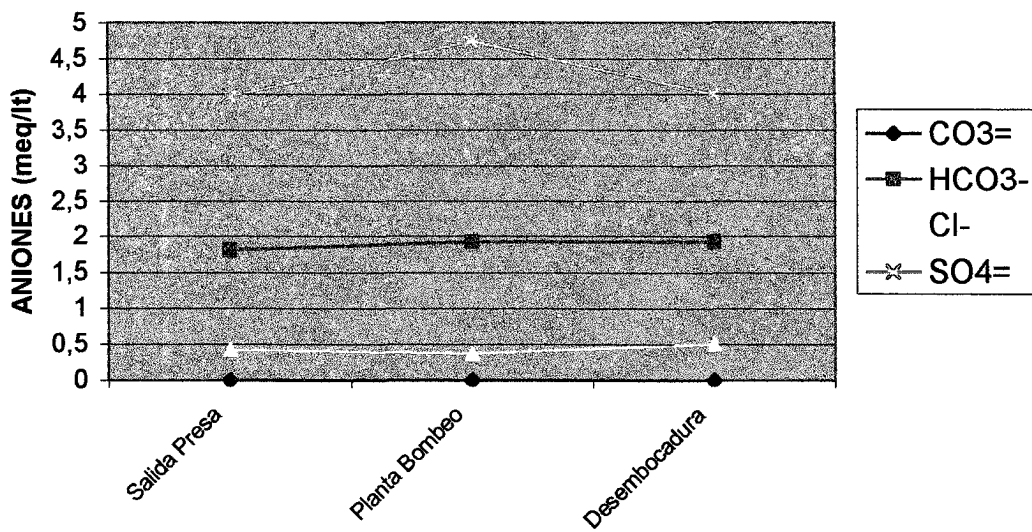
Sitio de muestreo	CO ₃ ⁼	ANIONES (meq/lt)			Total	RAS	RAS _{aj.}
		HCO ₃ ⁼	Cl ⁻	SO ₄ ⁼			
Salida Presa	0	1,81	0,42	3,96	6,19	0,21	0,21
Planta Bombeo	0	1,92	0,37	4,74	7,03	0,37	0
Desembocadura	0	1,92	0,5	4	6,42	0,62	0



VARIACION DE CATIONES EN LOS DIFERENTES SITIOS DE MUESTREO DE AGUAS DEL RIO "MATICORA"



VARIACION DE ANIONES EN LOS DIFERENTES SITIOS DE MUESTREO DE AGUAS DEL RIO "MATICORA"



ANALISIS AGUAS SUBTERRANEAS Y COMPARACION CON RIO MATICORA

Sitios de muestreo	pH	CE x 10 ⁶	CATIONES (meq/lt)				ANIONES (meq/lt)					
			Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	TOTAL	CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	TOTAL
Rio Maticora ¹	7	860	4.08	2.24	0.65	0.12	7.09	0	1.92	0.37	4.74	7.03
Pozo "Caujarito" ²	6.6	1160	3.67	3.47	1.74	0.07	8.95	0	3.41	0.90	4.51	8.82
Pozo "Terronal" ³	6.9	1500	4.28	4.9	2.75	0.09	12.02	0	4.47	0.85	6.84	12.16
Pozo "El Llanito" ⁴	7,1	1576	6.32	3.67	3.12	0.07	13.18	0	4.26	0.9	8.23	13.39
Pozo Hda. Sanchez ⁵	6.7	2050	7.96	4.69	3.99	0.07	16.71	0	5.33	1.09	10.37	16.79

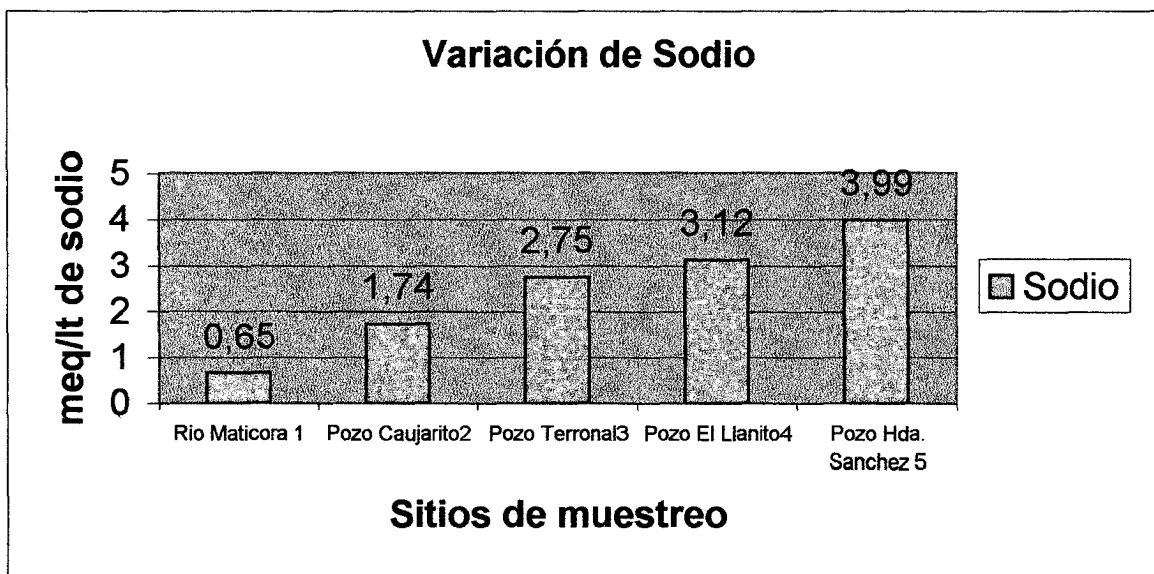
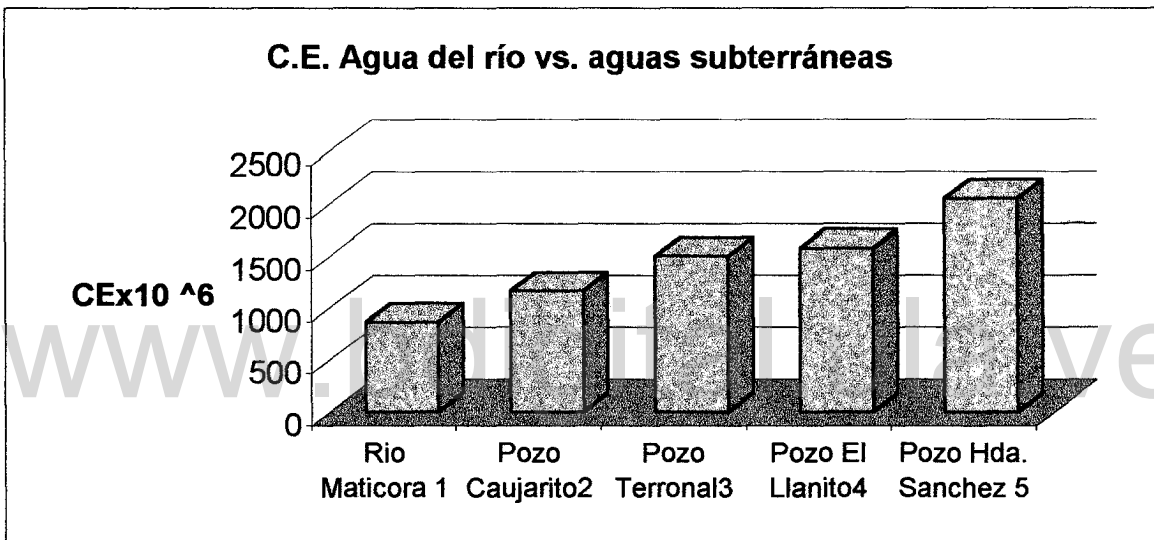
¹ Colectado en la planta de bombeo del sistema de riego "Maticora"

² Colectado en el pozo de la hacienda Caujarito, 500 mts. De la via San Felix proveniente de la Falcon-Zulia

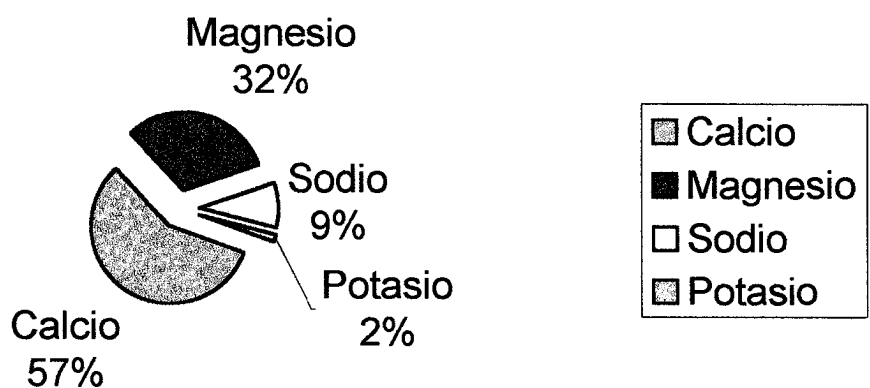
³ Colectado en pozo de la hacienda "El Terronal", ubicado dentro de la actual zona de riego

⁴ Colectado en el pozo del caserío "El Llanito", 500 m al este de la zona de riego

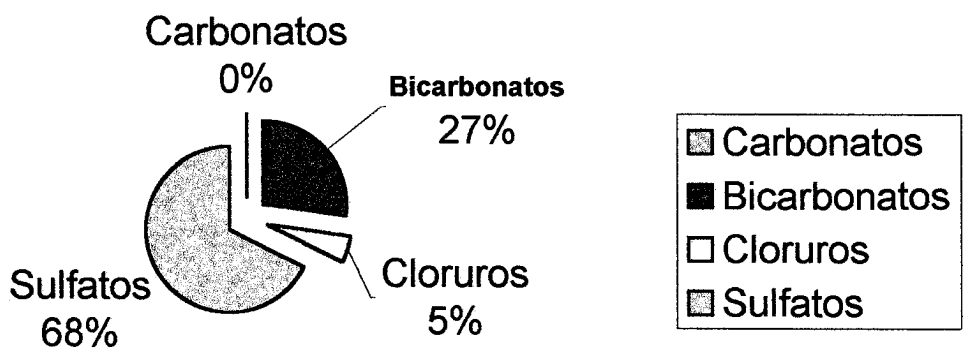
⁵ Colectado en el pozo de la hacienda del Sr. Alfredo Sanchez, 1000 m al norte de la zona de riego



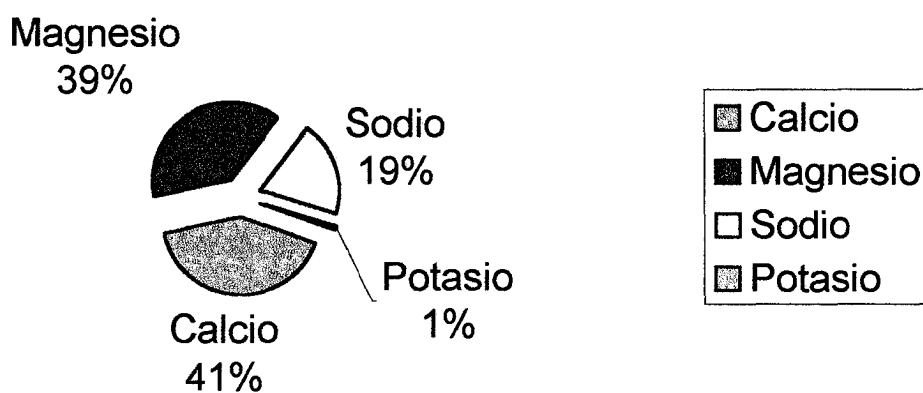
Composicion Cationes Aguas del rio "Maticora"



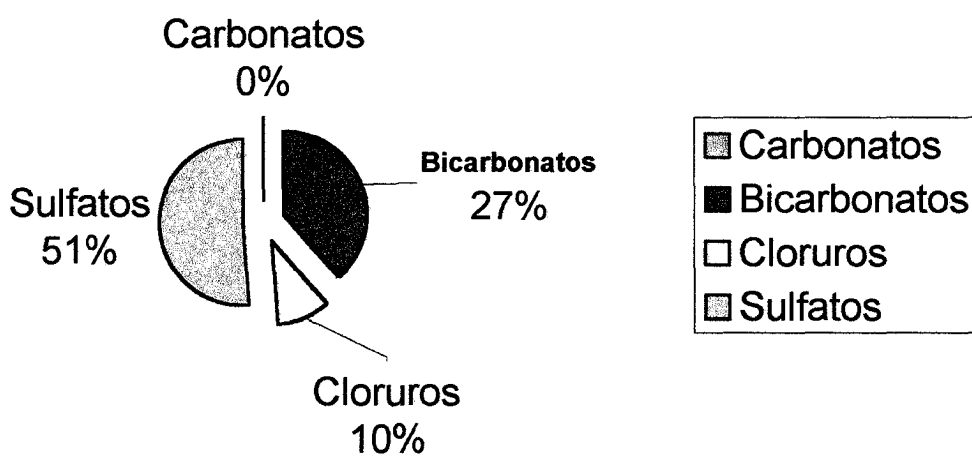
Composición de aniones, Aguas del rio "Maticora"



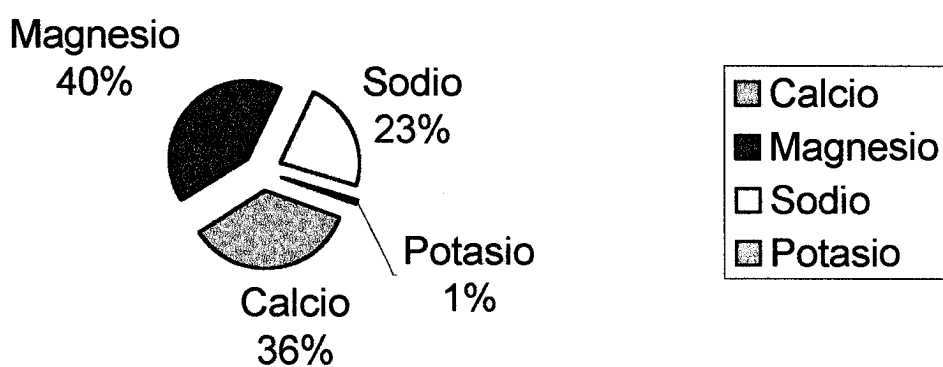
Composicion Cationes Aguas del pozo "Caujarito"



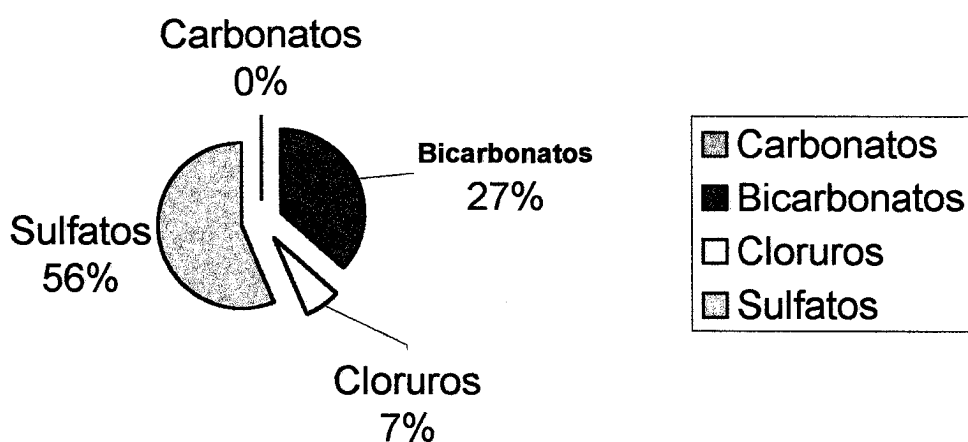
Composición de aniones, Aguas del pozo "Caujarito"



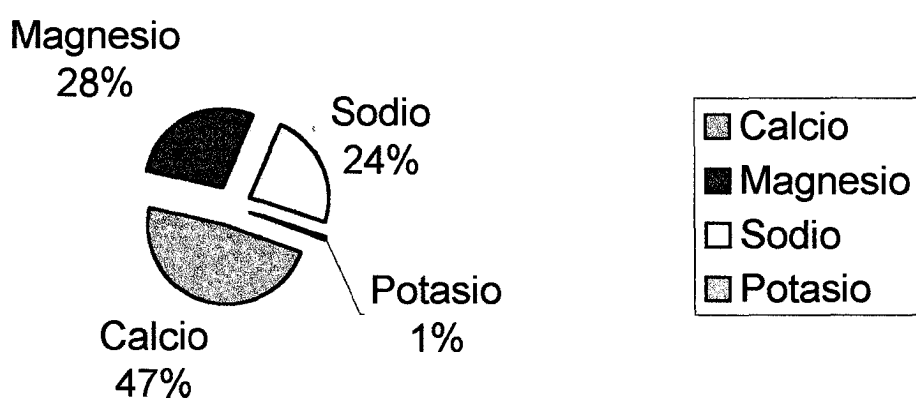
Composicion Cationes Aguas del pozo "El Terronal"



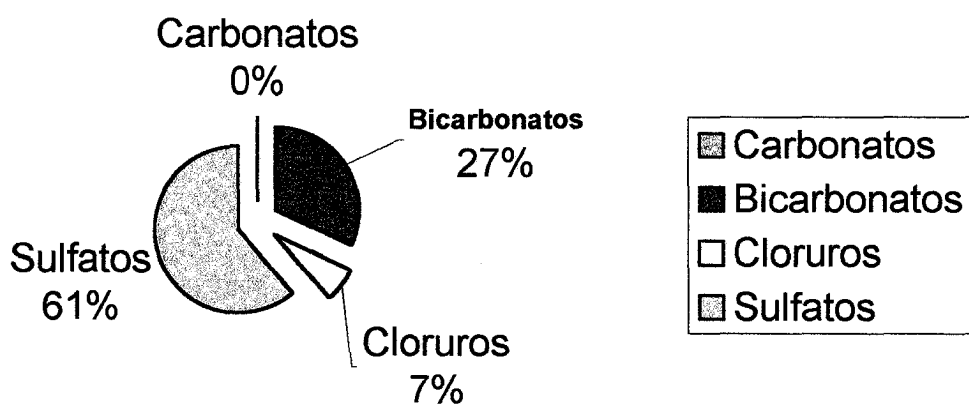
Composiçión de aniones, Aguas del pozo "El Terronal"



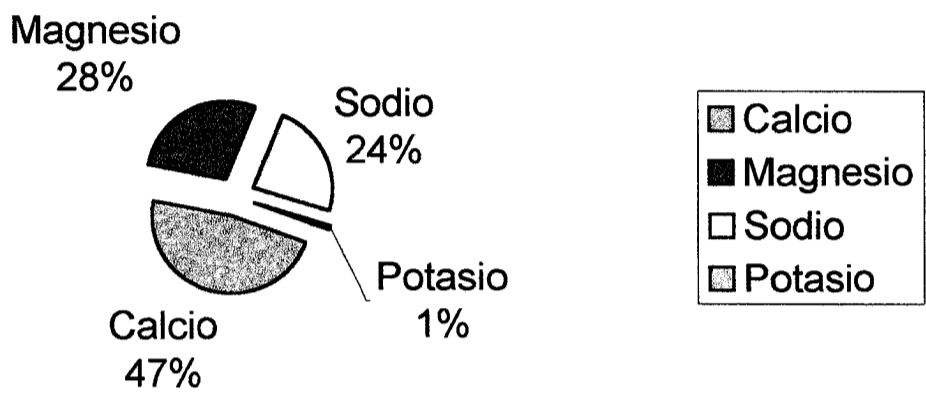
Composicion Cationes Aguas del pozo "El LLanito"



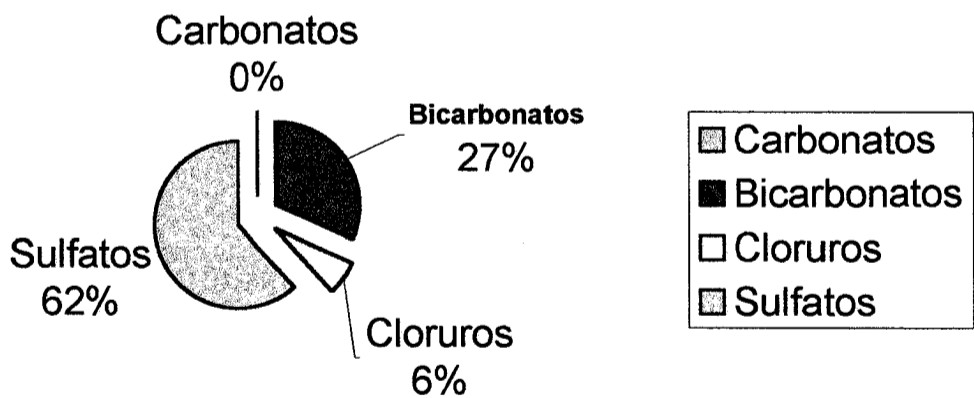
Composición de aniones, Aguas del pozo "El LLanito"



Composicion Cationes Aguas del pozo Hda. Sanchez



Composición de aniones, Aguas del pozo Hda. Sanchez



INFORMACION

Localidad (nombre, coordenadas, altura snm): SISTEMA DE RIEGO "MATICORA"
Precipitacion anual (mm): 840
Fuente del agua(rio, pozo, embalse, canal): RIO MATICORA
Lugar de muestreo: OBRA DE TOMA
Fecha de muestreo (dia, mes, año): 1986
Conductividad Electrica dS/m: 0.86
Otra informacion(sintomas en cultivos o suelos...): COSTRAS EN EL SUELO

+++++

Sales en el Agua de Riego (meq/l)

NAR:0.65 CAR:6.32 BR:1.92 SR:4.74 CLR:0.37

Niveles Criticos en la Solucion del Suelo(Extracto de Saturacion)

STES meq/l: 80 RASES (mmol/l)^{1/2}: 5

Evapotranspiracion

HET mm/dia: 9.0

Eficiencia de lixiviacion

F: 0.5

Caracteristicas del suelo

P cm: 60 DA g/cc: 1.35 CC g/g: 0.32 I mm/hora: 3.0

RESULTADOS

LSTF, LNAF: Fracciones de lixiviación efectiva para mantener los niveles de sales totales (STES) o de relación de adsorción de sodio (RASES) en el extracto de saturación del suelo por debajo de límites previamente establecidos, sin, o con precipitación de carbonatos de Ca y Mg (c), de sulfato de Ca (y), de ambos (cy), o con acumulación de bicarbonato o carbonato de Na (cr).

RR, RD, RMR: Requerimientos de agua de riego ($RR=HR/HET$), y de drenaje ($RD=HD/HET$) expresados como las relaciones entre las respectivas láminas de agua de riego (HR) o drenaje (HD) y las láminas evapotranspiradas (HET); y requerimiento de manejo del riego ($RMR=TR/TER$) expresado como la relación entre el tiempo que dura la infiltración del agua en cada riego (TR) y el tiempo de intervalo entre riegos (TER); sin limitaciones (sl), con moderadas limitaciones (ml), con fuertes limitaciones (fl), o sin posibilidades (sp), para el valor más alto entre LSTF y LNAF.

TERmax, TRmin: Valor máximo posible de TER, y mínimo requerido de TR para dicho TERmax, de acuerdo a las limitaciones impuestas por el suelo (P, DA, CC), por el clima y cultivo (HET), y por los requerimientos de manejo del riego (RMR).

www.bdigital.ula.ve

```

+++++
                        LSIFc=0.17
                        -----
                        LNAFcy=0.03
+++++
                Problema potencial dominante: "SALINIDAD"
+++++
                RRsalsal(fl)=1.51      RDsalsal(fl)=0.51
                ..
                RMRsalsal(ml)=0.19
                RIEGO FRECUENTE O PROLONGADO:
                ..
                TERmax(dias)=14      TRmin(horas)= 65
+++++

```

INFORMACION

Localidad (nombre, coordenadas, altura snm): SISTEMA DE RIEGO "MATICORA"

Precipitacion anual (mm): 840

Fuente del agua(rio, pozo, embalse, canal): RIO MATICORA

Lugar de muestreo: OBRA DE TOMA

Fecha de muestreo (dia, mes, a|o): 1986

Conductividad Electrica dS/m: 0.86

Otra informacion(sintomas en cultivos o suelos,...): COSTRAS EN EL SUELO

+++++

Sales en el Agua de Riego (meq/l)

NAR:0.65 CAR:6.32 BR:1.92 SR:4.74 CLR:0.37

+++++

Niveles Criticos en la Solucion del Suelo(Extracto de Saturacion)

STES meq/l: 80 RASES (mmol/l)^{1/2}: 5

+++++

Evapotranspiracion Eficiencia de lixiviacion

HET mm/dia:9.0

F:0.5

+++++

Caracteristicas del suelo

F cm: 60 DA g/cc:1.35 CC g/g:0.32 I mm/hora:3.0

+++++

RESULTADOS

LSTF,LNAF:Fracciones de lixiviacion efectiva para mantener los niveles de sales totales (STES) o de relacion de adsorcion de sodio (RASES) en el extracto de saturacion del suelo por debajo de limites previamente establecidos, sin, o con precipitacion de carbonatos de Ca y Mg (c), de sulfato de Ca (y), de ambos (cy),o con acumulacion de bicarbonato o carbonato de Na (cr).

RR,RD,RMR:Requerimientos de agua de riego (RR=HR/HET), y de drenaje (RD=HD/HET) expresados como las relaciones entre las respectivas laminas de agua de riego (HR) o drenaje (HD) y las laminas evapotranspiradas (HET); y requerimiento de manejo del riego (RMR=TR/TER) expresado como la relacion entre el tiempo que dura la infiltracion del agua en cada riego (TR) y el tiempo de intervalo entre riegos (TER); sin limitaciones (sl), con moderadas limitaciones (ml), con fuertes limitaciones (fl), o sin posibilidades (sp),para el valor mas alto entre LSTF y LNAF.

TERmax,TRmin:Valor maximo posible de TER, y minimo requerido de TR para dicho TERmax, de acuerdo a las limitaciones impuestas por el suelo (P,DA,CC), por el clima y cultivo (HET), y por los requerimientos de manejo del riego (RMR).

```
+++++
LSTFcy=0.02
-----
LNAFcy=0.03
+++++
Problema potencial dominante: "SODICIDAD"
+++++
RRsod(sl)=1.06      RDsod(sl)=0.06
-----
RMRsod(ml)=0.13
"RIEGO FRECUENTE"O "PROLONGADO"
-----
TERmax(dias)=14      TRmin(horas)= 46
+++++
```

Apendice C

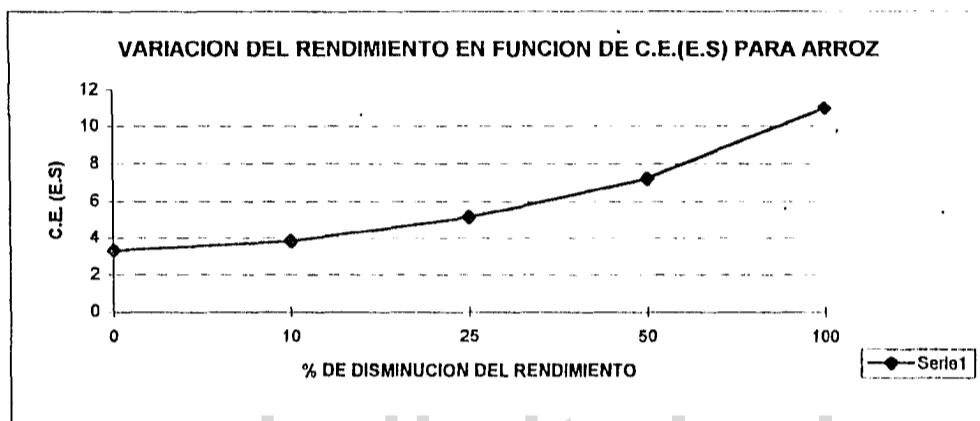
www.bdigital.ula.ve

www.bdigital.ula.ve

VARIACION DEL RENDIMIENTO CON RESPECTO A LA CONDUCTIVIDAD DEL EXT. SAT.

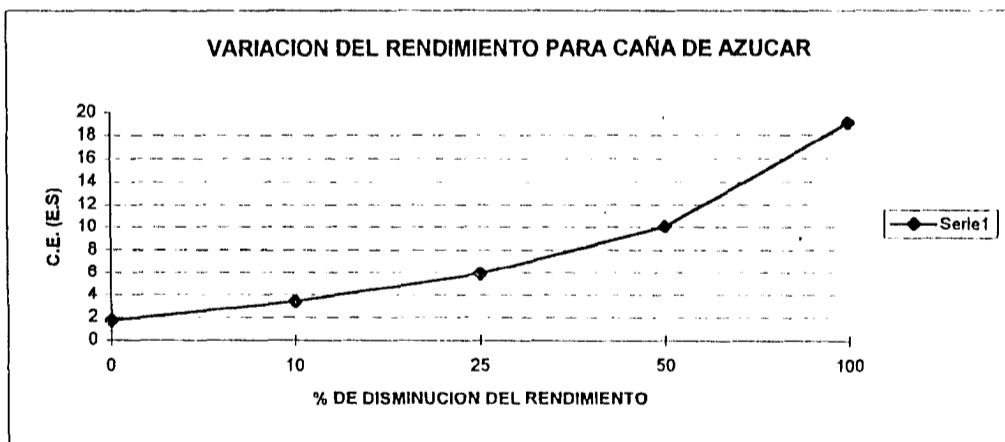
CULTIVO

ARROZ	% REND.	C.E. (E.S)
	0	3.3
	10	3.8
	25	5.1
	50	7.2
	100	11



CAÑA DE AZUCAR

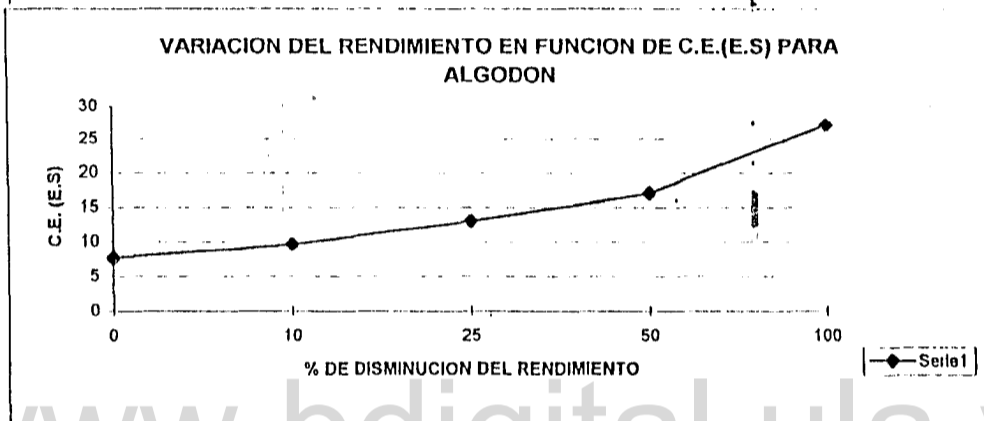
% REND.	C.E. (E.S)
0	1.7
10	3.4
25	5.9
50	10
100	19



VARIACION DEL RENDIMIENTO CON RESPECTO A LA CONDUCTIVIDAD DEL EXT. SAT.

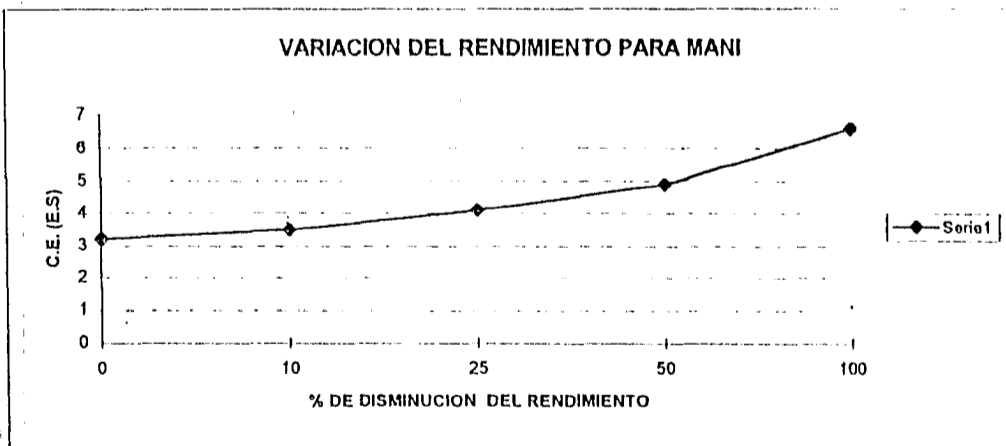
CULTIVO

ALGODON	% REND.	C.E. (E.S)
	0	7.7
	10	9.6
	25	13
	50	17
	100	27



MANI

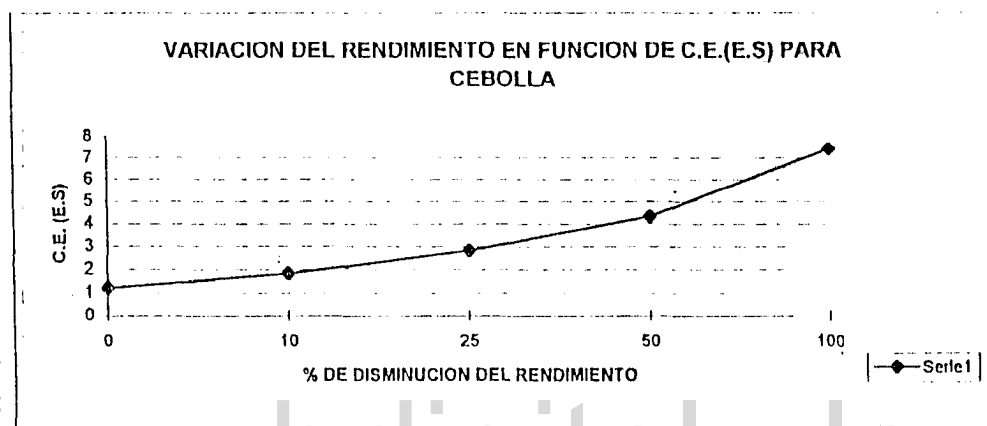
% REND.	C.E. (E.S)
0	3.2
10	3.5
25	4.1
50	4.9
100	6.6



VARIACION DEL RENDIMIENTO CON RESPECTO A LA CONDUCTIVIDAD DEL EXT. SAT.

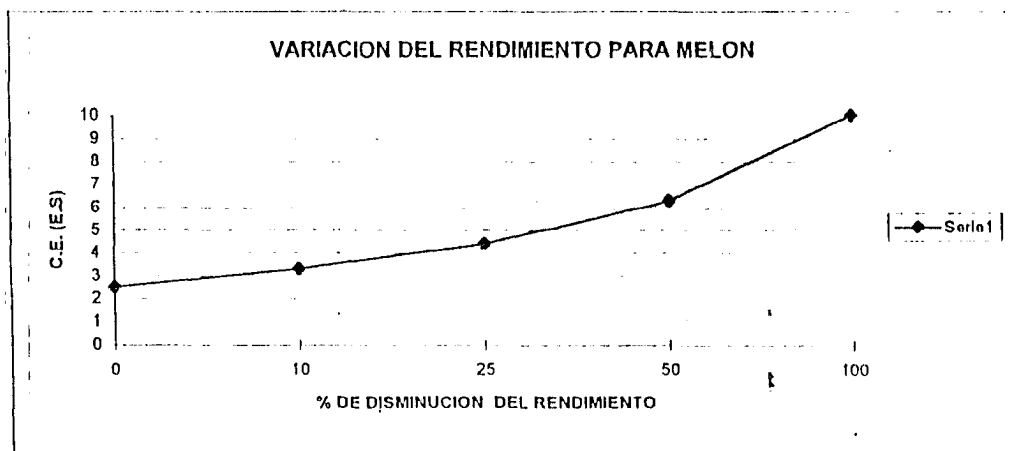
CULTIVO

CEBOLLA	% REND.	C.E. (E.S)
	0	1.2
	10	1.8
	25	2.8
	50	4.3
	100	7.4



MELON

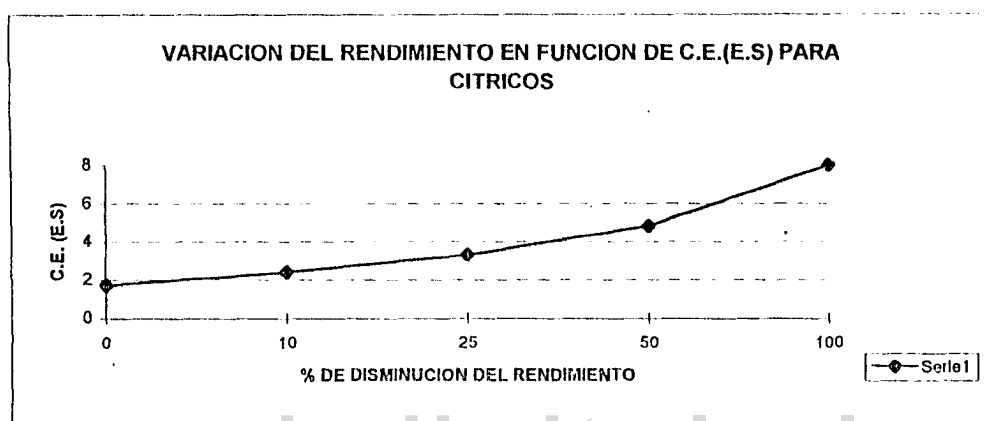
% REND.	C.E. (E.S)
0	2.5
10	3.3
25	4.4
50	6.3
100	10



VARIACION DEL RENDIMIENTO CON RESPECTO A LA CONDUCTIVIDAD DEL EXT. SAT.

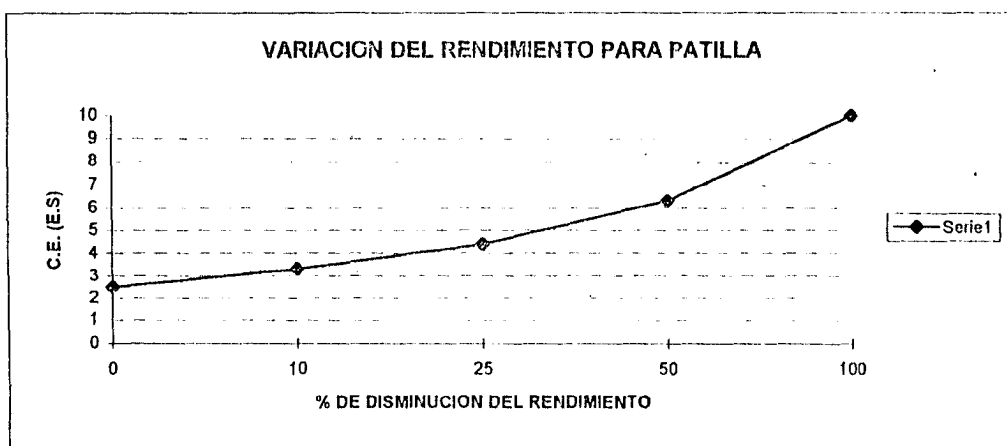
CULTIVO

CITRICOS	% REND.	C.E. (E.S)
LIMON, NARANJA	0	1.7
	10	2.4
	25	3.3
	50	4.8
	100	8



PATILLA

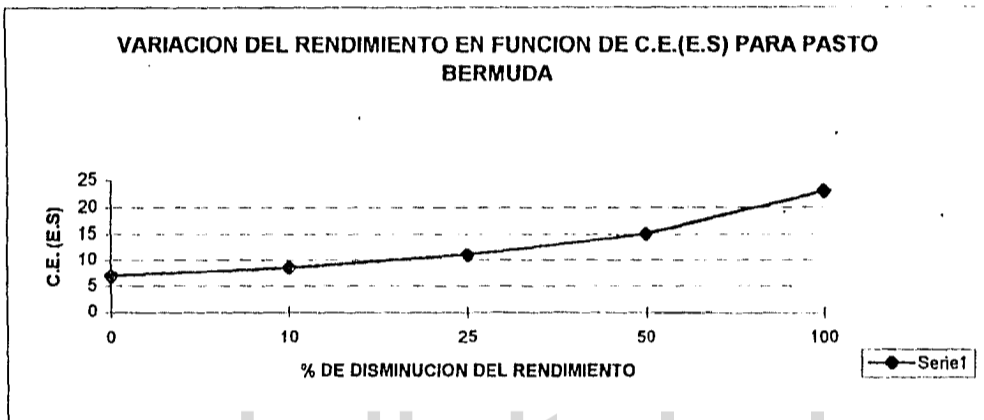
% REND.	C.E. (E.S)
0	2.5
10	3.3
25	4.4
50	6.3
100	10



VARIACION DEL RENDIMIENTO CON RESPECTO A LA CONDUCTIVIDAD DEL EXT. SAT.

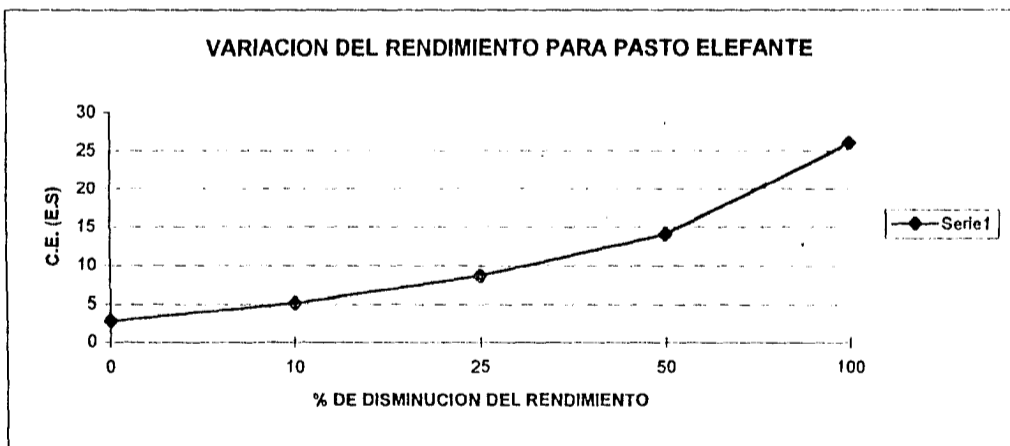
CULTIVO

PASTO	% REND.	C.E. (E.S)
BERMUDA (Cynodon dactylon)	0	6.9
	10	8.5
	25	11
	50	15
	100	23



PASTO ELEFANTE (Sorghum sudanense)

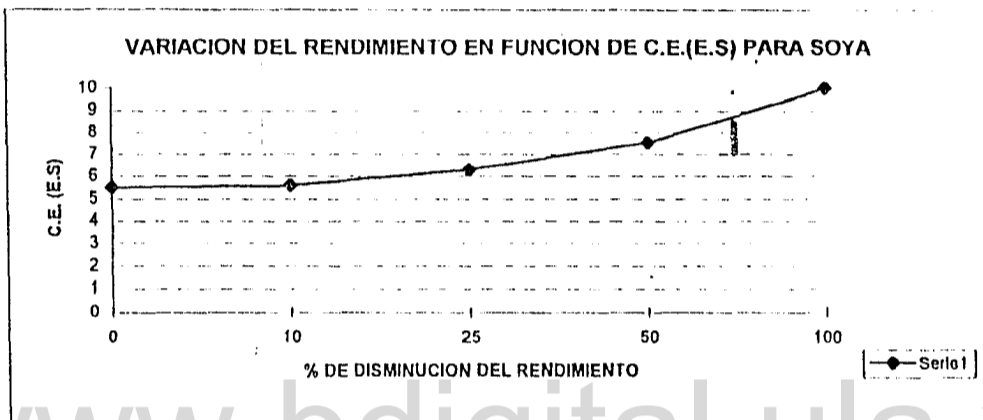
% REND.	C.E. (E.S)
0	2.8
10	5.1
25	8.6
50	14
100	26



VARIACION DEL RENDIMIENTO CON RESPECTO A LA CONDUCTIVIDAD DEL EXT. SAT.

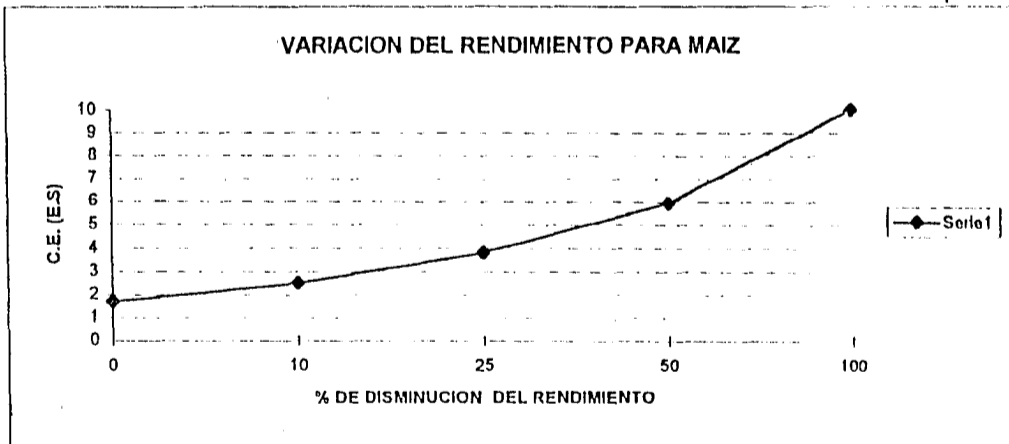
CULTIVO

SOYA	% REND.	C.E. (E.S)
	0	5.5
	10	5.6
	25	6.3
	50	7.5
	100	10



MAIZ

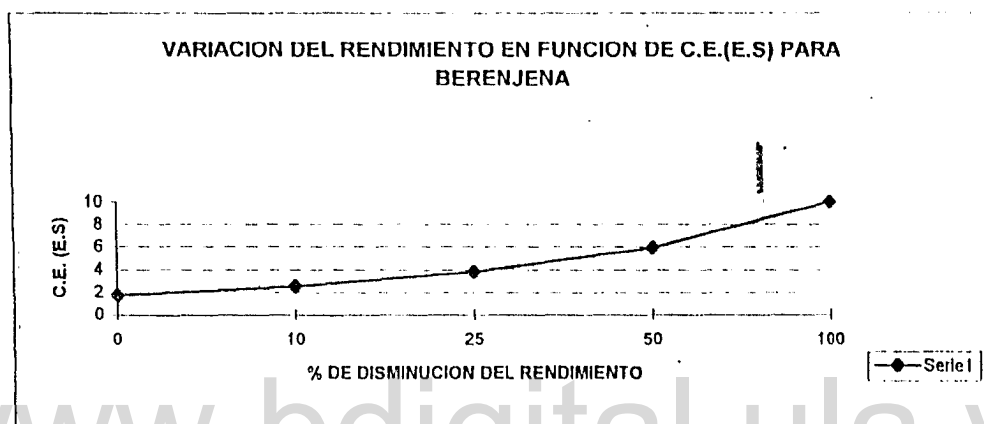
	% REND.	C.E. (E.S)
	0	1.7
	10	2.5
	25	3.8
	50	5.9
	100	10



VARIACION DEL RENDIMIENTO CON RESPECTO A LA CONDUCTIVIDAD DEL EXT. SAT.

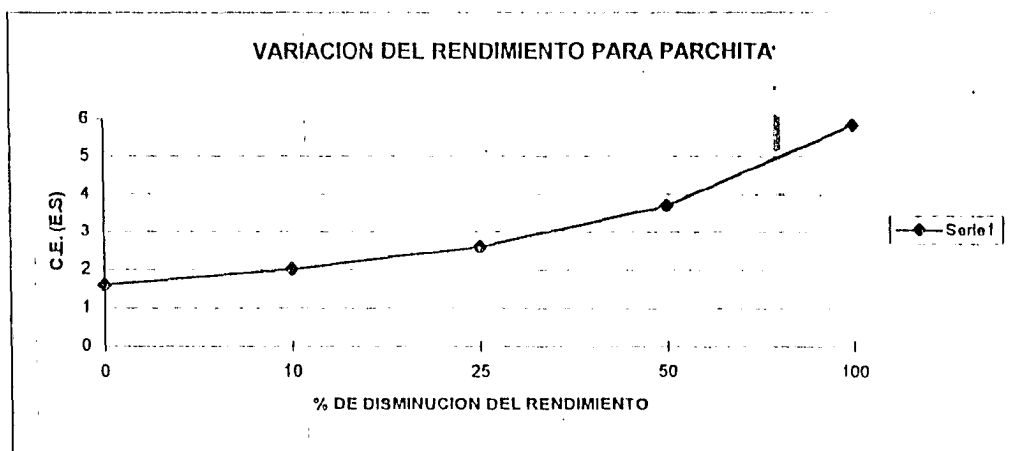
CULTIVO

BERENJENA	% REND.	C.E. (E.S)
	0	1.7
	10	2.5
	25	3.8
	50	5.9
	100	10



PARCHITA

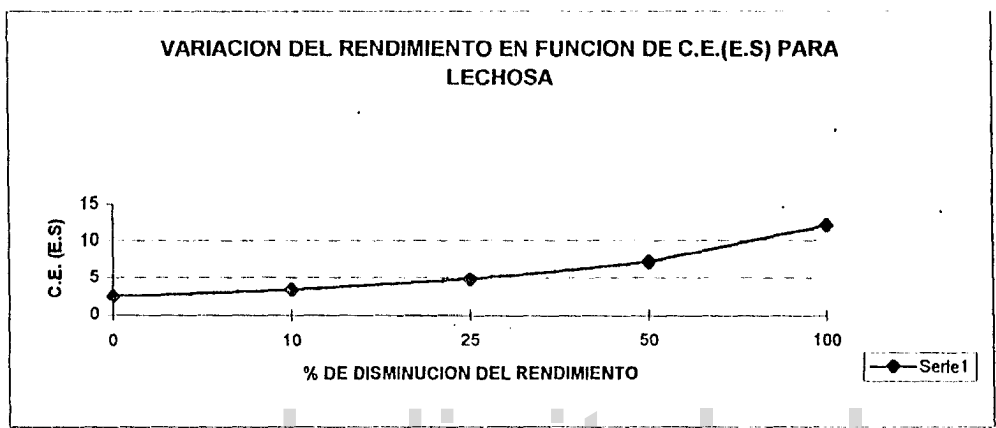
% REND.	C.E. (E.S)
0	1.6
10	2
25	2.6
50	3.7
100	5.8



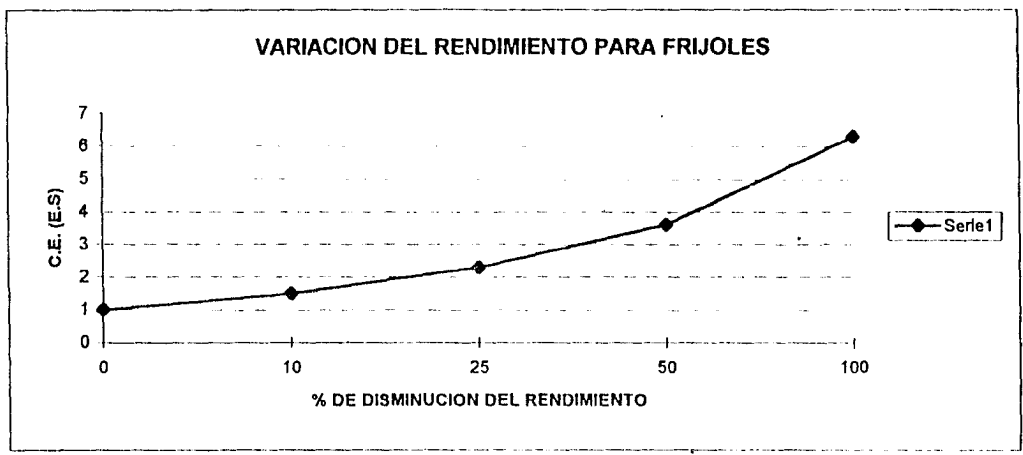
VARIACION DEL RENDIMIENTO CON RESPECTO A LA CONDUCTIVIDAD DEL EXT. SAT.

CULTIVO

LECHOSA	% REND.	C.E. (E.S)
	0	2.5
	10	3.4
	25	4.8
	50	7.1
	100	12



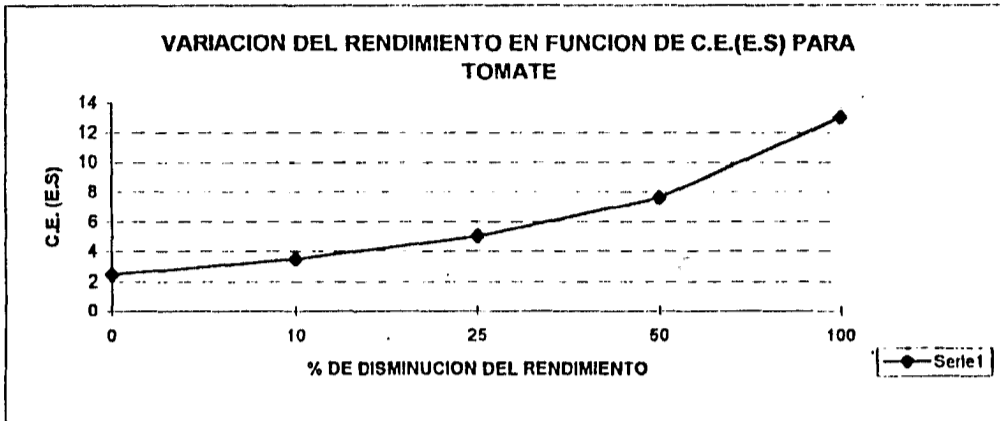
FRIJOLES (CARAOTA)	% REND.	C.E. (E.S)
	0	1
	10	1.5
	25	2.3
	50	3.6
	100	6.3



VARIACION DEL RENDIMIENTO CON RESPECTO A LA CONDUCTIVIDAD DEL EXT. SAT.

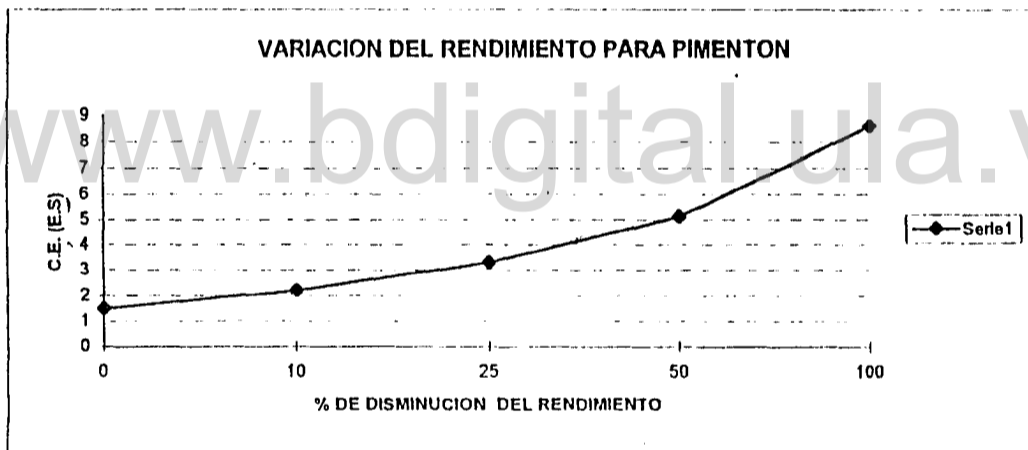
CULTIVO
TOMATE

% REND.	C.E. (E.S)
0	2.5
10	3.5
25	5
50	7.6
100	13



PIMENTON

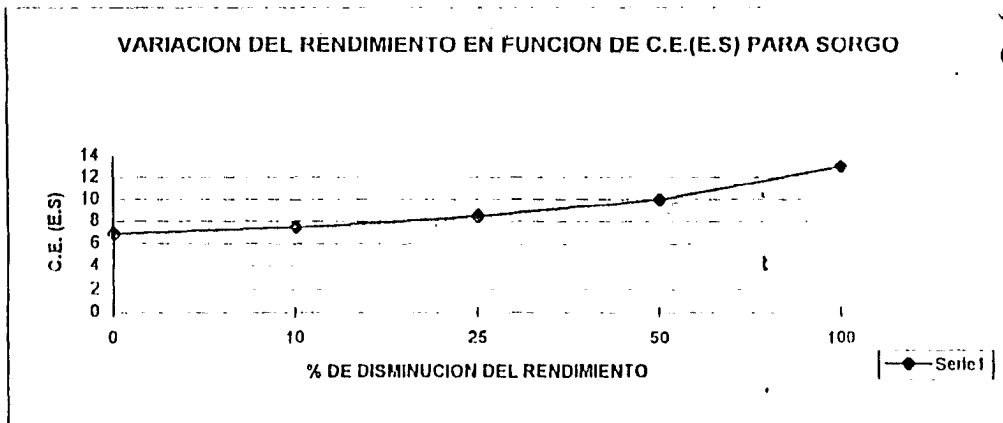
% REND.	C.E. (E.S)
0	1.5
10	2.2
25	3.3
50	5.1
100	8.6



VARIACION DEL RENDIMIENTO CON RESPECTO A LA CONDUCTIVIDAD DEL EXT. SAT.

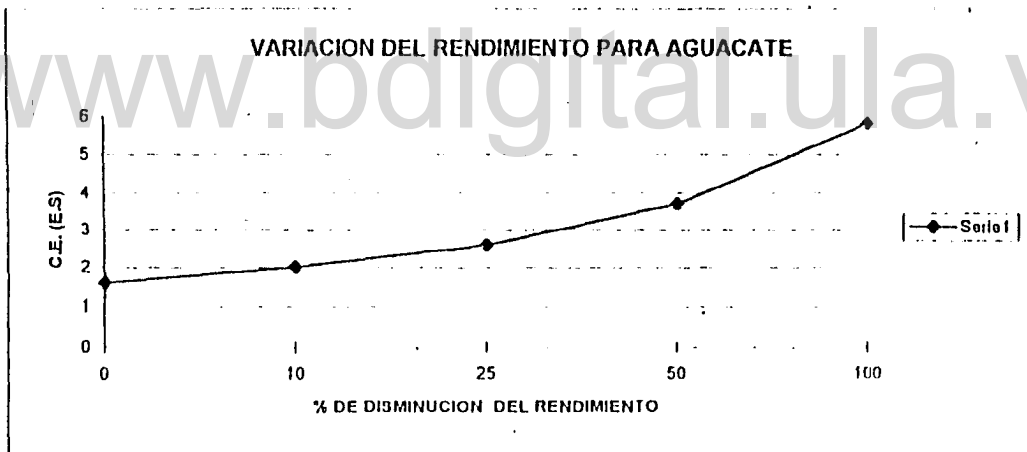
CULTIVO

SORGO	% REND.	C.E. (E.S)
	0	6.8
	10	7.4
	25	8.4
	50	9.9
	100	13



AGUACATE

% REND.	C.E. (E.S)
0	1.6
10	2
25	2.6
50	3.7
100	5.8



Apendice D

www.bdigital.ula.ve


```

00001      PROGRAM CAGUA
00002 C
00003 C
00004 C
00005 C      !
00006 C      ! CALIDAD DE AGUA.....
00007 C      !
00008 C      ! Prof. Jose Antonio Perez
00009 C      !
00010      CHARACTER x20 SALI , YESx1, YES1x1
00011      CHARACTERx18 ROT(4), FMTT(3)x43,FORMx43
00012      REAL LS1, LSH, LSJ, LSM, LSI, LSII, LSP, LSZ, LSU,
00013      ! LS3, LSH2, LSJ2, LSM2, LSR2, LSZ2, LST2,
00014      ! MG, NA, K, NAR, LNAFW, LSTFW, NEG
00015      REAL VLST(3),VLNA(5)
00016      INTEGER IT(4,5),RAMAX(5),HEQ(3),IPOS(4)
00017      LOGICAL TTT
00018      DATA RAMAX/5,10,15,20,30/
00019      DATA HEQ /40,80,160 /
00020      DATA IPOS /3,2,1,1 /
00021      DATA FMTT/'(T3,A,T39,2HNA,I2,T47,2HNA,I2,T55,2HNA,I2)',
00022      x '(T3,A,T31,2HNA,I2,T39,2HNA,I2,T47,2HNA,I2)',
00023      x '(T3,A,T23,2HNA,I2,T31,2HNA,I2,T39,2HNA,I2)' /
00024      DATA ROT /'Alta (buena)', 'Mediana (regular)', 'Baja (deficiente)',
00025      x 'Muy baja(muy def.)' /
00026 x
00027      WRITE(x,'(1X,30HDATOS POR TECLADO (T) O ARCHIVO (A) ? \)')
00028      READ(x,'(A)') YES
00029      IF (YES .EQ. 'A' .OR. YES .EQ. 'a') TTT = .TRUE.
00030      IF (TTT) THEN
00031          WRITE(x,'(1X,29HNOMBRE DE ARCHIVO DE DATOS ? ,\)')
00032          READ(x,'(A)') SALT
00033          OPEN(10,FILE=SALT)
00034          END IF
00035      10 CONTINUE
00036      IF (.NOT. TTT) THEN
00037          WRITE(x,x)'CA ='
00038
00039          READ(x,x) CA
00040          WRITE(x,x)'MG ='
00041          READ(x,x) MG
00042          WRITE(x,x)'NA ='
00043          READ(x,x) NA
00044          WRITE(x,x)'K ='
00045          READ(x,x) K
00046          WRITE(x,x)'CO3 ='
00047          READ(x,x) CO3
00048          WRITE(x,x)'HCO3='
00049          READ(x,x) HCO3
00050          WRITE(x,x)'CL ='
00051          READ(x,x) CL
00052          WRITE(x,x)'SO4 ='
00053          READ(x,x) SO4
00054          WRITE(x,x)'CE ='
00055          READ(x,x) CE
00056          WRITE(x,'(2X,25HUnidades en p.p.m S/N ? \)')
00057          READ(x,'(A)') YES
00058          END IF
00059          IF (TTT ) THEN

```

```

00060      READ(10,x,END=136) CA, MG, NA, K, CO3, HCO3, CL, SO4, CE
00061      READ(10, '(A)', END=136) YES
00062
00063      END IF
00064      IF(YES .EQ. 'S') YES = 'S'
00065      WRITE(IMP,13) CA, MG, NA, K, CO3, HCO3, CL, SO4, CE
00066 13     FORMAT(//T20, '** D A T O S **'//2X, 'CA=', F7.2, 2X, 'MG=', F7.2,
00067 *       2X, 'NA=', F7.2, 2X, 'K=', F7.2, 2X, 'CO3=', F7.2, /, 'HCO3=', F7.2,
00068 *       2X, 'CL=', F7.2, 2X, 'SO4=', F7.2, 2X, 'CE=', F7.2)
00069 *
00070      ILS = 0
00071      ILN = 0
00072 *
00073      IF(YES.EQ.'S') THEN
00074          CA = CA*0.0499
00075          MG = MG*0.0822
00076          NA = NA*0.0435
00077          K = K*0.0256
00078          CO3 = CO3*0.0333
00079          HCO3 = HCO3*0.0164
00080          SO4 = SO4*0.0208
00081          CL = CL*0.0282
00082      END IF
00083      SUM2 = CO3 + HCO3
00084      IF(NA.EQ.0) THEN
00085          SUM1 = CO3 + HCO3
00086          IF(SUM1.EQ.0) THEN
00087              B = CA + MG + K
00088
00089              C = CL + SO4
00090              NA = ABS( CE/100. - B)
00091              HCO3 = NA
00092          ELSE
00093              D = CA + MG + K
00094
00095              E = CL + SO4 + CO3 + HCO3
00096              NA = ABS( CE/100. - D )
00097
00098          END IF
00099      ELSE
00100          SUM2 = CO3 + HCO3
00101          IF(SUM2.EQ.0) THEN
00102              F = CA + MG + NA + K
00103              G = CL + SO4
00104              SUM2 = ABS( F - G )
00105          END IF
00106      ENDIF
00107      POS = CA + MG + NA + K
00108
00109 C     NEG = CL + SO4 + HCO3 + CO3
00110      NEG = CL + SO4 + SUM2
00111      DIF = ABS( POS - NEG )
00112      POS1 = POS*0.05
00113
00114      POS2 = POS*0.10
00115
00116      IF(POS.LE.5.) THEN
00117          IF(DIF.LE.POS1) GO TO 100
00118          WRITE(x, '(4X,30HNO SE CUMPLEN LAS CONDICIONES ,/,
00119 1         4X,25HDE BALANCE DE LA MUESTRA )')

```

```

00120          GO TO 10
00121      ELSE
00122          IF(DIF.LE.POS2) GO TO 100
00123          WRITE(X,'( 4X,30HNO SE CUMPLEN LAS CONDICIONES ,/,
00124      1          4X,25HDE BALANCE DE LA MUESTRA, ')')
00125          GO TO 10
00126      ENDIF
00127      100      CAR = CA + HG
00128          NAR = NA
00129          SR = SO4
00130      C      BR = CO3 + HCO3
00131          BR = SUM2
00132          A = BR + SR
00133          IF(A.LT.CAR) THEN
00134              CACLR = CAR - BR - SR
00135          ELSE
00136              CACLR = 0.
00137          ENDIF
00138          IF(BR.GT.CAR) THEN
00139              CASR = 0.
00140              CARR = CAR
00141              N = 40.
00142              STES = 40.
00143      B      LSTFW = NAR/( STES - CAR )
00144          ILS = ILS + 1
00145          VLST(ILS) = LSTFW
00146          N = 2*N
00147
00148          STES = 2*STES
00149          IF(N.LE.160) GO TO 8
00150              N = 5
00151          RASES = 5.
00152      9      LNAFW = NAR/(RASES*(CAR/2.)*x0.5)
00153          ILN = ILN + 1
00154          VLNA(ILN) = LNAFW
00155          N = N + 5
00156          IF (N .EQ. 25) N = 30
00157          RASES = RASES + 5.
00158          IF(N.LE.30) GO TO 9
00159          GO TO 999
00160      ELSE
00161          CASR = CAR - BR - CACLR
00162          CARR = BR
00163          N = 40
00164          STES = 40.
00165      11      LSTFW = ( NAR + CAR )/STES
00166          LS1 = 10*LSTFW
00167          IF(BR.GT.LS1) GO TO 21
00168          LS3 = 30*LSTFW
00169          IF(CASR.GT.LS3) GO TO 21
00170          ILS = ILS + 1
00171          VLST(ILS) = LSTFW
00172          STES = 2*STES
00173          N = 2*N
00174          IF(N.LE.160) GO TO 11
00175      ENDIF
00176          GO TO 99
00177      21      LSTFW = ( NAR + CAR -BR )/(STES - 10)
00178          LSH = 10*LSTFW
00179          IF(BR.LE.LSH) GO TO 31

```

```

00180      LSH2 = 30*LSTFW
00181      IF(CASR.GT.LSH2) GO TO 31
00182      ILS = ILS + 1
00183      VLST(ILS) = LSTFW
00184      STES = 2*STES
00185      N = 2*N
00186      IF(N.LE.160) GO TO 21
00187      GO TO 99
00188 31      LSTFW = ( NAR + CAR - CASR ) / (STES -30.)
00189      LSJ = 10*LSTFW
00190      IF(BR.GT.LSJ) GO TO 41
00191      LSJ2 = 30*LSTFW
00192      IF(CASR.LE.LSJ2) GO TO 41
00193      ILS = ILS + 1
00194      VLST(ILS) = LSTFW
00195      STES = 2*STES
00196      N = 2*N
00197      IF(N.LE.160) GO TO 31
00198      GO TO 99
00199 41      LSTFW = ( NAR + CAR -BR - CASR ) / (STES -40.)
00200      LSM = 10*LSTFW
00201      IF(BR.LE.LSM) GO TO 99
00202      LSH2 = 30*LSTFW
00203      IF(CASR.LE.LSH2) GO TO 99
00204      ILS = ILS + 1
00205      VLST(ILS) = LSTFW
00206      STES = 2*STES
00207      N = 2*N
00208      IF(N.LE.160) GO TO 41
00209 99      N = 5
00210      RASES = 5.
00211 12      LNAFW = (2*NAR*x2)/((RASES*x2.)*CAR)
00212      LSI = 10*LNAFW
00213      IF(BR.GT.LSI) GO TO 22
00214      LSII = 30*LNAFW
00215      IF(CASR.GT.LSII) GO TO 22
00216      ILN = ILN + 1
00217      VLNA(ILN) = LNAFW
00218      N = N + 5
00219      IF (N .EQ. 25) N = 30
00220      RASES = RASES + 5
00221      IF(N.LE.30.) GO TO 12
00222      GO TO 999
00223 22      LNAFW1 = ((RASES*x2.)*(CASR+CACLR)*x2 + 80*NAR*x2)*x0.50
00224      LNAFW = LNAFW1/(20*RASES) - ( CASR + CACLR )/20.
00225      LSR = 10*LNAFW
00226      IF(BR.LE.LSR) GO TO 32
00227      LSR2 = 30*LNAFW
00228      IF(CASR.GT.LSR2) GO TO 32
00229      ILN = ILN + 1
00230      VLNA(ILN) = LNAFW
00231      N = N + 5.
00232      IF (N .EQ. 25) N = 30
00233      RASES = RASES + 5.
00234      IF(N.LE.30.) GO TO 22
00235      GO TO 999
00236 32      LNAFW2 = ((RASES*x2.)*(CAR - CASR)*x2 + 240*NAR*x2)*x0.50
00237      LNAFW = LNAFW2/(60*RASES) - ( CAR - CASR )/60.
00238      LSZ = 10*LNAFW
00239      IF(BR.GT.LSZ) GO TO 42

```

```

00240      LSZ2 = 30*LNAFW
00241      IF(CASR.LE.LSZ2) GO TO 42
00242      ILN = ILN + 1
00243      VLNA(ILN) = LNAFW
00244      N = N + 5.
00245      IF (N .EQ. 25) N = 30
00246      RASES = RASES + 5.
00247      IF(N.LE.30.) GO TO 32
00248      GO TO 999
00249  42    LNAFW3 = ((RASES**2.)*CACLR**2 + 320*NAR**2.)*.50
00250      LNAFW = LNAFW3/(80*RASES) - CACLR/80.
00251      LSU = 10*LNAFW
00252      IF(BR.LE.LSU) GO TO 999
00253      LST2 = 30*LNAFW
00254      IF(CASR.LE.LST2) GO TO 999
00255      ILN = ILN + 1
00256      VLNA(ILN) = LNAFW
00257      N = N + 5.
00258      IF (N .EQ. 25) N = 30
00259      RASES = RASES + 5.
00260      IF(N.LE.30.) GO TO 42
00261 *
00262 999    CONTINUE
00263 *
00264      IF(ILS .NE. 3) STOP'HAY MAS VLST'
00265      IF(ILN .NE. 5) STOP'HAY MAS VLNA'
00266      WRITE(x ,53) (VLST(I),I=1,ILS)
00267      WRITE(x ,54) (VLNA(I),I=1,ILN)
00268 53    FORMAT(2X,'40 80 160 meq/l : L(ST)F ',3F8.4)
00269 54    FORMAT(2X,'5 10 15 20 30 : L(NA)F ',5F8.4)
00270 *
00271      DO 55 I=1,ILS
00272      CALL CALCUL (VLST(I),MEQ(I),TT(I,I),.TRUE.)
00273 55    CONTINUE
00274 *
00275      WRITE(x,110)
00276 110    FORMAT(/T24,'T O L E R A N C I A C U L T I V O'/
00277      xT3,57(1h-),/,t10,'PERMEAB.\',t37,'Meq/l'/T10,'DEL SUELO\',
00278      xt26,2h40,t39,2h80,t53,3h160,/
00279      xt20,1h\,t23,'(SENSIBLE) (TOLERANTE) (MUY TOLER.)'/T3,57(1h-))
00280      DO 120 I=1,4
00281      WRITE(x ,115) ROT(I),(TT(i,j),J=1,3)
00282 115    FORMAT(t3,A,T25,'ST',I2,T38,'ST',I2,T52,'ST',I2)
00283 120    CONTINUE
00284 *
00285      DO 56 I=1,ILN
00286      CALL CALCUL (VLNA(I),RAMAX(I),TT(I,I),.FALSE.)
00287 56    CONTINUE
00288      WRITE(x ,125)
00289 125    FORMAT(//t3,57(1h-)/t10,'PERMEAB.\',t28,'R A S E S M A X I M O'/
00290      xt10,'DEL SUELO\',t24,1h5,t32,2h10,t40,2h15,t48,2h20,t56,2h30/
00291      xt3,57(1h-))
00292      DO 130 I=1,4
00293      IJ = I
00294      IF (I .EQ. 4) IJ = 3
00295      FORM = FMTT(IJ)
00296      II = IPDS(I)
00297      WRITE(x ,FORM) ROT(I),(TT(I,J),J=II,II+2)
00298 130    CONTINUE
00299 *

```

```

00300      1) (TTT) GO TO 10
00301      WRITE(x,135)
00302 135  FORMAT(/T40,'OTRO CALCULO (S/N) ',\ )
00303      READ(x,'(A)') YES
00304      IF (YES .EQ. 'S' .OR. YES .EQ. '5') GO TO 10
00305 *
00306 136      END
00307 *
00308 *
00309      SUBROUTINE CALCUL (TSTNA,STESRA,VT,BAN)
00310 *
00311 *
00312      INTEGER TST(12,7),PR(3,3),STESRA,VT(1)
00313      REAL LST(6)
00314      LOGICAL BAN
00315 *
00316      DATA LST /.01,.02,.05,.1,.2,.3/
00317      DATA TST /11,12,13,11,12,13,11,12,13,11,12,13,11,12,13,
00318 *           11,12,13,11,12,13,11,12,13,21,22,23,
00319 *           11,12,13,11,12,13,21,22,23,31,32,33,
00320 *           11,12,13,21,22,23,31,32,33,41,42,43,
00321 *           21,22,23,31,32,33,41,42,43,41,42,43,
00322 *           31,32,33,41,42,43,41,42,43,41,42,43,
00323 *           41,42,43,41,42,43,41,42,43,41,42,43 /
00324      DATA PR /15,20,30, 10,15,20, 5,10,15/
00325 *
00326      IF ( TSTNA .GT. .30) THEN
00327          ILS = 7
00328      ELSE
00329          ILS = 1
00330 10      IF (TSTNA .GE. LST(ILS) ) THEN
00331          ILS = ILS + 1
00332          GO TO 10
00333      END IF
00334      END IF
00335 *
00336      IF (BAN) THEN
00337          IC = STESRA / 40
00338          IF (IC .EQ. 4) IC = 3
00339          DO 20 I=1,4
00340              IP = (I-1)*3 + IC
00341              VT(I) = TST(IP,ILS)
00342 20      CONTINUE
00343
00344 *
00345      ELSE
00346 *
00347          DO 40 J=1,4
00348              K = J
00349              IF (K .EQ. 4) K = 3
00350              I = 1
00351 35      IF (PR(I,K) .EQ. STESRA) THEN
00352              IP = (J-1)*3 + I
00353              VT(J) = TST(IP,ILS)
00354              GO TO 40
00355          END IF
00356              I = I + 1
00357              IF (I .LE. 3) GO TO 35
00358 40      CONTINUE
00359 *

```

```
00360      END IF
00361 x
00362      RETURN
00363      END
```

www.bdigital.ula.ve