





**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI**

**FACULTAD DE AGRONOMIA**

**CARACTERIZACION DE ALGUNAS PROPIEDADES FISICO-  
QUIMICAS DE LOS SUELOS IRRIGADOS CON AGUAS  
MEDIANAMENTE SALINAS, EN EL PREDIO DE "SAN ANTONIO"  
EJIDO DE PALMAR PRIMERO, MUNICIPIO DE MEXQUITIC DE  
CARMONA, S.L.P.**

**POR**

**JOSE JESUS TAPIA GONE**

**TESIS PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS  
AGROPECUARIAS**



**SAN LUIS POTOSI, S.L.P. DICIEMBRE 1998**

**ESTA TESIS FUE REALIZADA BAJO LA DIRECCION DEL CONSEJO PARTICULAR INDICADO, HA SIDO APROBADA POR EL MISMO Y ACEPTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:**


## **MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**

### **CONSEJO PARTICULAR**

**CONSEJERO:**

  
\_\_\_\_\_  
**DR. MANUEL ORTEGA ESCOBAR**

**ASESOR:**

  
\_\_\_\_\_  
**M.C. MARTHA ALICIA VELAZQUEZ MACHUCA**

**ASESOR:**

  
\_\_\_\_\_  
**M.C. JESUS MANUEL CABRERA DELGADO**

## **DEDICATORIAS**

**A MI MADRE.....**

**SRA. CARMEN GONE VIUDA DE TAPIA, POR QUE GRACIAS A  
ELLA  
TENGO LA VIDA Y LA GUIA MORAL COMO PADRE Y MADRE.**

**A MI ESPOSA.....**

**TRINY**

**COMO RECONOCIMIENTO A SU AMOR, COMPRENSION Y  
APOYO FISICO Y MORAL.....**

**CON TODO MI AMOR.**

**A MIS HIJOS.....**

**LILY**

**IVAN**

**DALYS**

**COMO UNA MUESTRA DE AMOR, QUIENES TAMBIEN  
PARTICIPARON CON SU SENTIR Y DE SER MIS HIJOS  
ETERNAMENTE.**

## **AGRADECIMIENTOS**

**A MI ALMA MATER (U.A.S.L.P.), QUE ME PERMITIO FORMARME COMO UN PROFESIONISTA Y ME HA SEGUIDO APOYANDO EN MI VIDA PERSONAL.**

**AL DEPARTAMENTO DE FORMACION PROFESIONAL DE LA SEP QUIENES ME APOYARON PARA LA TERMINACION DE MI PROYECTO DE MAESTRÍA.**

**A MI ESCUELA FACULTAD DE AGRONOMIA, POR IMPLEMENTAR ESTE PROGRAMA DE FORMACIÓN ACADÉMICA.**

**A LA FACULTAD DE INGENIERIA, POR TODAS LAS FACILIDADES PARA LOGRAR UN PROPOSITO MAS EN MI VIDA.**

**A MI ASESOR Y AMIGO DR. MANUEL ORTEGA ESCOBAR, POR SUS CONSEJOS Y ACERTADAS DECISIONES PARA SALIR CON ESTE TRABAJO.**

**A LOS MAESTROS EN CIENCIAS, JESUS CABRERA Y A MARTHA ALICIA, QUIENES TAMBIEN CONTRIBUYERON CON SU VALIOSO TIEMPO EN LA REVISION ASI COMO SUS EXPERIENCIAS Y OBSERVACIONES.**

**AL DIRECTOR DE LA FAC. DE INGENIERIA Y AMIGO, ARNOLDO GONZALES ORTIZ, POR SU APOYO PARA LA PUBLICACIÓN DE ESTE TRABAJO.**

**A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS DEL CIEP DE INGENIERIA, (FELIPE, ARTURO, EMILIO, ALFREDO, LUCY, RODOLFO, DANIEL, PANFILO, CESAR, MIGUEL CHELA, MALENA, MAGDA Y MIGUE) QUIENES DE DIFERENTES FORMAS ME APOYARON CON MUY DIVERSAS ACCIONES, PARA CUMPLIR CON MI PROPOSITO.**

**A MI AMIGO JAVIER GARCÍA SIERRA, QUIEN SIEMPRE ME HA APOYADO INCONDICIONALMENTE**

**A LOS BECARIOS (GERARDO, AGUSTIN Y OSCAR) GRACIAS.  
A TODAS AQUELLAS PERSONAS QUE PUDIERA OMITIR, MI RESPETO Y AGRADECIMIENTO.**

# CONTENIDO

CONTRAPORTADA	i
HOJA DE APROBACION	ii
DEDICATORIAS	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
CONTENIDO	v
RESUMEN	viii
1.- INTRODUCCION	1
2.- HIPOTESIS Y OBJETIVOS	3
3.- REVISION DE BIBLIOGRAFIA	4
3 1.- Generalidades de los suelos salino-sodicos.	4
3 2.- Los suelos salinos de las zonas áridas y semiáridas	5
3 3.- Las sales solubles mas importantes	10
3 4.-Clasificación de las sales solubles más importantes.	16
3 5.- Clasificación de los suelos salino-sodicos	19
3 6.- Efecto de las sales solubles sobre las plantas cultivables	21
3 7.- Tipos de salinidad	24
4.- MATERIALES Y MÉTODOS	27
4. 1.-Descripción general del área	27
4. 2.-Climatología	29
4. 3.- Agricultura	36
4. 4.- Vegetación	38
4. 5.- Irrigación	39
4. 6.- Drenaje agrícola	42
4. 7.- Materiales empleados	42
4. 8.- Métodos de muestreo de campo	42
4. 9.- Métodos de laboratorio	45
5.- RESULTADOS Y DISCUSION	47
5.1.- Ubicación geomorfológica de los perfiles litológicos	47
5 2.- Detérminación de las sales solubles en los perfiles litológicos	47
6.- CONCLUSIONES	95
7.- BIBLIOGRAFIA	96

## INDICE DE CUADROS

CUADRO 1. Contenido de bioxido de carbono y solubilidad del CaCO <sub>3</sub>	11
CUADRO 2. Solubilidad de las diferentes sales en dependencia de la temperatura	12
CUADRO 3. Solubilidad del CaSO <sub>4</sub> en agua destilada	15
CUADRO 4. Clasificación de suelos sódicos de acuerdo al % de sodio	20
CUADRO 5. Clasificación de sales solubles de acuerdo con el contenido de sales	20
CUADRO 6. Presión osmotica de la solución del suelo	22
CUADRO 7. Grado de toxicidad de las diferentes sales	23
CUADRO 8. Tipos de salinidad en los suelos	25
CUADRO 9. Contenido y composición de las sales	26
CUADRO 10. Observaciones climatologicas	30
CUADRO 11. Precipitación del periodo lluvioso	31
CUADRO 12. Precipitación del periodo seco	31
CUADRO 13. Precipitación por estaciones.	32
CUADRO 14. Factores de clasificación del clima	33
CUADRO 15. Rendimientos de los cultivos	37
CUADRO 16. Analisis fisico y quimico del agua de riego	40
CUADRO 17. Analisis fisico y quimico del agua de riego	41
CUADRO 18. Valores del pH y concentración del ion hidrogeno	49
CUADRO 19. Contenido de las sales solubles en el suelo 1:0.2-0.6 (P-1)	61
CUADRO 20. Contenido de las diferentes sales solubles 1:5 (P-1)	63
CUADRO 21. Cationes intercambiables en saturación 1:0.2-0.6 (P-1)	65
CUADRO 22. Contenido de las sales solubles en en extracto 1:0.2-0.6 (P-2)	68
CUADRO 23. Contenido de las diferentes sales solubles 1:5 (P-2)	70
CUADRO 24. Cationes intercambiables en saturación 1:0.2-0.6 (P-2)	72
CUADRO 25. Contenido de las sales solubles en extracto 1:0.2-0.6 (P-3)	75
CUADRO 26. Contenido de las diferentes sales solubles en relacion 1:5 (P-3)	77
CUADRO 27. Cationes intercambiables en saturación 1:0.2-0.6 (P-3)	79
CUADRO 28. Contenido de las sales solubles en en extracto 1:0.2-0.6 (P-4)	82
CUADRO 29. Contenido de las diferentes sales solubles 1:5 (P-4)	84
CUADRO 30. Cationes intercambiables en saturación 1:0.2-0.6 (P-4)	86
CUADRO 31. Contenido de las sales solubles en extracto 1:0.2-0.6 (P-5)	89
CUADRO 32. Contenido de las diferentes sales solubles 1:5 (P-5)	91
CUADRO 33. Cationes intercambiables en saturación 1:0.2-0.6 (P-5)	93

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Comportamiento del nivel freatico con respecto a algunos parametros	9
Figura 2. Solubilidad en funcion de la temperatura	13
Figura 3. Croquis de localización	28
Figura 4. Climograma de gaussen	34
Figura 5. Climograma de thornowaite	35
Figura 6. Plano de la zona de estudio	44
Figura 7. Perfil litologico No.1	60
Figura 8. Grafica de la distribución de las sales solubles, pH y CE	62
Figura 9. Grafica de la distribución de las sales solubles pH, CE	64
Figura 10. Grafica de la distribución de los cationes intercambiables.	66
Figura 11. Perfil litologico No.2	11
Figura 12. Grafica de la distribución de las sales solubles, pH y CE	69
Figura 13. Grafica de la distribución de las sales solubles pH, CE	71
Figura 14. Grafica de la distribución de los cationes intercambiables	73
Figura 15. Perfil litologico No.3	74
Figura 16. Grafica de la distribución de las sales solubles, pH y CE relacion	76
Figura 17. Grafica de la distribución de las sales solubles pH, CE en relacion 1 5	78
Figura 18 Grafica de la distribución de los cationes intercambiables.	80
Figura 19. Perfil litologico No.4	81
Figura 20. Grafica de la distribución de las sales solubles, pH y CE relacion	83
Figura 21. Grafica de la distribución de las sales solubles pH, CE en relacion 1 5	85
Figura 22. Grafica de la distribución de los cationes intercambiables.	87
Figura 23. Perfil litologico No.5	88
Figura 24. Grafica de la distribución de las sales solubles, pH y CE relacion	90
Figura 25. Grafica de la distribución de las sales solubles pH, CE en relacion 1 5	92
Figura 26. Grafica de la distribución de los cationes intercambiables.	94
Figura 27. Relación entre la conductividad eléctrica en dos relaciones.	95



## RESUMEN

El Altiplano Potosino, está localizado dentro de la zona semidesértica del desierto Chihuahuense, el cual abarca una superficie total de 4,052,400.00 Has. , Comprende, 27 municipios y algunas partes de otros. Por sus características agroclimáticas definidas, es frecuente observar suelos con problemas de: sales, sodio, textura y drenaje.

Por lo anterior se selecciono un predio en el ejido de Palmar primero, perteneciente al municipio de Mexquitic de Carmona, S.L.P., el cual a pesar de ubicarse dentro del altiplano potosino, desarrolla actualmente una agricultura de riego en forma intensiva, en suelos con problemas visibles de sales.

El presente proyecto de investigación, se realizo, pensado en la problemática social que a largo plazo, puede acarrear la degradación de las tierras agrícolas por el efecto de la concentración de sales que puede ocurrir en estos suelos a ser regados con aguas de mediana salinidad.

Una vez que se realizo el estudio del suelo en la zona previamente designada, se clasificó y se identificó los problemas de la distribución de las sales en los diferentes perfiles del mismo, resaltando el movimiento de la dinámica de las sales en el flujo de la solución acuosa. Asimismo se pudo observar, la relación de los extractos en diferentes relaciones (1:5 y 1:0.2-0.6) como se comportan al contacto con las sales solubles de los suelos.

Finalmente se caracterizaron las propiedades físicas y químicas de los suelos de la zona, pudiéndose predecir que el comportamiento de las sales y sodio, presentan una salinización y sodificación en los horizontes del perfil de los suelos en forma paulatinamente, lo cual aumentara a través del tiempo, degradando a las tierras agrícolas, con la aplicación de aguas de salinas. Esto se concluyo mediante el muestreo de cinco perfiles litológicos, los cuales se analizaron en el laboratorio de salinidad del área de hidrociencias del Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo de Mex.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los suelos constituyen uno de los recursos renovables de constante producción, absolutamente necesarios para el hombre y demás seres vivos; en efecto en los suelos se inicia y desarrolla toda clase de vida; de los suelos se obtienen los alimentos que necesitan el hombre y los animales, a través de las plantas. En los suelos se almacena el agua de lluvia que después forma los manantiales, los ríos, lagos y mares, sobre los suelos construimos todas las obras que nos permiten vivir más cómodamente y el suelo constituye nuestra morada final.

No obstante que el suelo constituye nuestro más indispensable benefactor, sin lugar a dudas, no hay otro recurso que haya recibido un impacto destructivo tan inmisericorde en toda la superficie terrestre. Esta perturbación inconmensurable de los suelos, ha hecho que el hombre en la búsqueda de satisfacer sus necesidades, haga uso de suelos, que por sus características no tengan un uso potencial agrícola, degradando más los suelos a largo plazo.

Los suelos alcalinos de diferentes tipos de salinidad y/o sodicidad, poseen grandes cantidades de sales de carbonato y bicarbonato de sodio. La alta toxicidad de las sales alcalinas y las propiedades físicas adversas que estas sales originan a los suelos y a la roca madre, conducen a que los suelos alcalinos de salinidad sódica se distinguen por una fertilidad natural muy baja y que la utilización de estos suelos en la agricultura represente grandes dificultades y pérdidas.

Por lo anterior, se determinó realizar una caracterización físico-química de los suelos que son regados con aguas medianamente salinas, con la finalidad de observar el comportamiento y distribución de las sales solubles y las bases intercambiables, en dos diferentes relaciones de saturación de agua-suelo (1:5 y 1:0.2-0.6) y así poder concluir, como es la dinámica del movimiento de las sales en la solución acuosa del mismo.

De esta manera se selecciono una área agricola bajo riego, enfocada a la producción de hortalizas, donde se cuenta con antecedentes de que son irrigadas con aguas medianamente salinas con bajo contenido de sodio, localizada en un predio del ejido de Palmar primero, municipio de Mexquitic de Carmona, del Estado de San Luis Potosi.

## **2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS**

### **2.1 Hipótesis**

- a) A través del tiempo la práctica del riego con aguas de mediana salinidad, en los suelos del predio "San Antonio" del ejido Palmar primero, Mpio. de Mexquitic de Carmona, S.L.P, a contribuido a que estos evolucionen hacia una fase de salinización.

### **2.2 Objetivos**

- a) Determinar las sales solubles en cinco perfiles litológicos a diferentes profundidades cada 10 cm hasta un máximo de 300 cm., en dos relaciones de extracción de sales en una relación de 1.5 y de 1.0.2 - 0.6.
- b) Determinar las bases intercambiables en los cinco perfiles litológicos cada 10 cm hasta un máximo de 300 cm., observando la evolución de estas sales en cada espesor.

### 3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Generalidades de Suelos Salinos-Sódicos.

En la agricultura y otras actividades afines, una circunstancia que dificulta la toma de ciertas decisiones, es la gran variabilidad de algunas características del medio ambiente, como son la humedad del suelo, el contenido de nutrimentos, el contenido de sales solubles, etc. Esta variabilidad se manifiesta en el tiempo y en el espacio. Las variaciones en el tiempo son principalmente consecuencia de los diferentes procesos que ocurren en su momento como son la evapotranspiración, salinización, y/o acumulación de nutrimentos. En cambio, las variaciones en el espacio, principalmente en la superficie, son debidas a la heterogeneidad de los suelos de la aplicación y/o consumo de agua y nutrimentos, cercanía de drenes, canales, microtopografía, etc.

Para fines agrícolas, los suelos presentan un problema que requiere la aplicación de medidas especiales y prácticas de manejo adecuadas. Cuando se presentan sales solubles en los suelos se producen efectos dañinos en las plantas al aumentar el contenido de sal de la solución del suelo y el grado de saturación de los materiales intercambiables del suelo, con sodio intercambiable. Este último efecto se presenta cuando los constituyentes solubles son en su mayor parte, sales de sodio que son de naturaleza más permanente que el contenido salino de la solución del suelo, ya que el sodio intercambiable generalmente persiste después de que las sales solubles se han eliminado. (50).

Al hablar de estos suelos problemas es conveniente usar términos que separen específicamente a las dos causas principales del problema. Suelo salino es aquel que contiene sales solubles en tal cantidad que altera desfavorablemente su productividad. y los suelos sódicos pueden definirse en función del sodio intercambiable y que afecta su productividad. Adicionalmente a esto existen suelos con problemas asociados y son

aquellos suelos que contienen un exceso en sales solubles así como de sodio intercambiable y que según la terminología de De Sigmand (1938), se denominan suelos salino-sódicos (33).

### **3.2. Los suelos de las zonas áridas y semiáridas**

[Los suelos salinos, salino-sódicos y sódicos generalmente se encuentran en las zonas áridas y semiáridas. En la geografía y geoquímica de los procesos de formación de los suelos salinos es necesario diferenciar los siguientes ciclos de acumulación de sales. (33).

**I. Ciclos continentales.-** Son aquellos que están relacionados con el movimiento, redistribución y acumulación de sales; carbonatos y bicarbonatos, cloruros y sulfatos, en las regiones interiores sin drenaje de los continentes.

En función de qué las diferentes sales, se acumulan en los suelos y en las aguas como producto del intemperismo y formación de suelos en territorios que se han formado en rocas volcánicas o que están relacionados con la redistribución de sales que se han acumulado en los espesores de rocas sedimentarias que contienen sales solubles, los ciclos continentales se dividen en:

- a) Ciclos primarios
- b) Ciclos secundarios

**II. Ciclos limitrofes.-** Son los que están relacionados con la acumulación de sales, fundamentalmente de cloruros de sodio en las partes bajas del continente que limitan con el mar y en las orillas de pequeños golfos.

**III. Ciclos deltáicos.-** Existen en gran cantidad y tienen una importancia para el hombre, ya que desde tiempos muy antiguos los deltas de los ríos se utilizan en el riego, tales como el Río Amu-Darya, Tigris y Eufrates, Nilo, Río Colorado etc. Estos ciclos se caracterizan con una conjugación de procesos que involucran el movimiento,

redistribución y acumulación de sales que son traídas desde el continente con los ríos, con un flujo de aguas freáticas y con sales que ingresan en diferentes tiempos de los mares.

**IV. Ciclos artesianos.-** Se deben a la evaporación de aguas subterráneas que surgen a la superficie a través de fallas tectónicas y estructuras destruidas.

**V. Ciclos antropogénicos.-** Estos se deben a los errores de hombre en su actividad productiva o debido al desconocimiento de las leyes de la acumulación de sales, las cuales se pueden presentar por:

- a) Salinización de los suelos bajo riego debido al ascenso de los niveles freáticos.
- b) Salinización de los pastizales por su mala explotación.
- c) Riego con aguas de elevada concentración salina sin conocer y observar las concentraciones, óptimas de estas aguas y no conocer los procesos que involucren su uso.

Por otra parte desde el punto de vista hidrológico, la acumulación de sales ocurre en regiones de drenaje restringido, cuando el balance de las aguas freáticas es regulado por la evaporación y transpiración y no por el ingreso de aguas freáticas a la zona de acumulación. Asimismo la intensidad de evaporación de las aguas freáticas y el proceso de acumulación de sales en las aguas freáticas y en los suelos, aumenta con el acercamiento del nivel de las aguas freáticas a la superficie, además, se debe mencionar que desde una profundidad de 2-3 m o menos el proceso de acumulación de sales en condiciones de clima árido alcanza su máxima expresión, fig. 1.

Para la comprensión de los mecanismos de los procesos de acumulación de sales y para la elaboración de medidas, en el combate contra la acumulación de sales, es necesario considerar las siguientes definiciones y constantes (91)

**1 ) Concentración crítica de las aguas freáticas.-** Por este nombre se comprende aquel límite de la concentración de las aguas freáticas arriba del cual en condiciones

hidromórficas del proceso de formación de suelos, las aguas que suben por capilaridad del espejo de las aguas freáticas provocan una salinización de los horizontes superiores de los suelos y muerte de las plantas. Para aguas freáticas del tipo clorhídrico sulfáticas, la concentración crítica es en promedio de 3-2 g/l, para aguas freáticas sódicas y bicarbonatadas la concentración crítica es en promedio 0.7 - 1.0 g/l.

**2) Profundidad crítica de las aguas freáticas mineralizadas** - Se llama profundidad crítica de las aguas freáticas mineralizadas a aquella profundidad arriba de la cual, las soluciones salinas que ascienden por capilaridad del espejo de las aguas freáticas, alcanzan la superficie del suelo, o el estrato arable, provocando la acumulación de sales en los suelos e inhibición y muerte de las plantas.

**3) Inicio de la toxicidad fisiológica de las sales** - Los bicarbonatos se distinguen por su muy alta toxicidad para las plantas, en particular la soda ( $\text{HCO}_3\text{Na}$ ), después los cloruros y nitratos de los metales alcalinos, los sulfatos se caracterizan por una menor toxicidad. Una mezcla de sales siempre es menos tóxica que soluciones puras.

**4) Concentración óptima de sales en las soluciones de los suelos** - La concentración óptima de sales solubles en las soluciones de los suelos bajo riego está en los siguientes rangos 3-5 g/l. En una concentración mayor que 5-6 g/l, se inicia una inhibición parcial de la actividad fisiológica de las plantas cultivadas, con una concentración superior de 10-12 g/l, comienza una inhibición fuerte y en concentraciones alrededor de 20-25 g/l y las plantas mueren.

**5) Cantidades tóxicas de sodio intercambiable** - Una inhibición débil de las plantas culturales se inicia, cuando la cantidad de sodio intercambiable es aproximadamente de 10-15 % de la capacidad de intercambio de los suelos. En un contenido de sodio intercambiable alrededor de 20-35 % la inhibición de las plantas es considerable. En semejantes suelos es necesario utilizar un mejoramiento químico para la disminución de las cantidades de sodio intercambiable menores que 10-15%.



**6) Efecto del contenido de sales excesivas en las plantas culturales** - A este respecto se puede establecer el siguiente esquema de interacción de altas concentraciones de sales en las semillas y plantas

a) **Atraso del crecimiento y desarrollo de las plantas.**- El contenido excesivo de sales en los suelos fuertemente detiene el proceso de hinchamiento de las semillas y la aparición de plántulas de las plantas.

b) **Perturbación de las funciones vitales de las plantas** - El contenido de sales solubles en los suelos y la alta presión osmótica en las soluciones de los suelos, originan disminución de la disponibilidad de agua y todo esto conduce a una perturbación del régimen hídrico en las plantas.

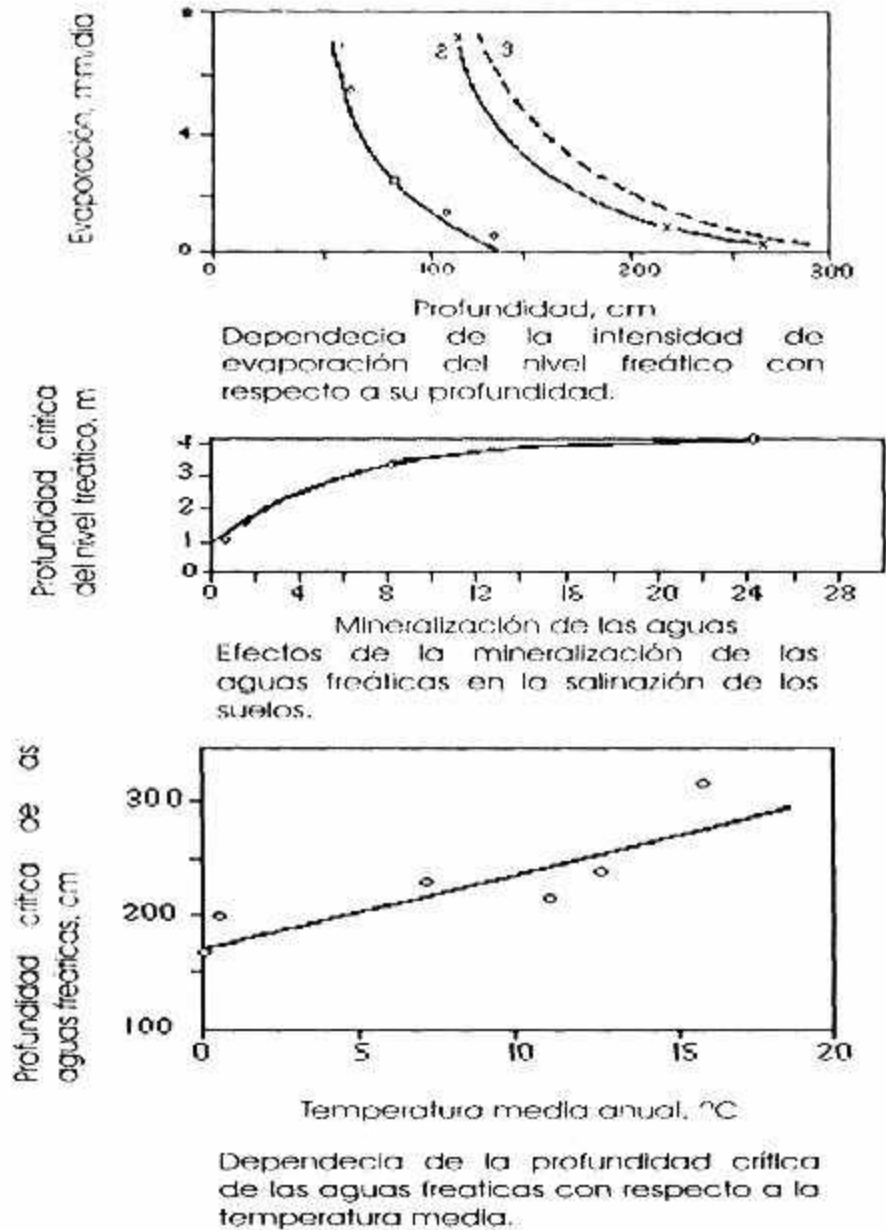


Fig. 1.- Comportamiento del nivel freático con respecto a algunos parámetros pedológicos y climáticos. (Ortega 1993)

### **3.3. Las sales solubles más importantes en suelos y aguas de las zonas áridas y semiáridas.**

Las sales solubles en el agua que son nocivas para las plantas localizadas en la capa intempérica del suelo y en las aguas freáticas de los suelos son: los cloruros ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{CaCl}_2$  y  $\text{MgCl}_2$ ), los sulfatos ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ ) y los carbonatos ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ) (43).

En las rocas sedimentarias, capa del intemperismo y suelos, una gran parte de las sales se encuentra en forma cristalina y durante el humedecimiento, una porción de ellas pasa a la fase líquida. A medida que aumenta la temperatura, la solubilidad de algunas sales aumenta ( $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ).

La solubilidad de las sales en agua depende del contenido de bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). A medida que aumenta en el aire el bióxido de carbono, y por lo tanto en el agua, la solubilidad del  $\text{CaCO}_3$  cambia de la siguiente manera, cuadro 1.

**CUADRO 1. Contenido de bióxido de carbono y solubilidad del carbonato de calcio**

Contenido en %	Solubilidad en g/l de
CO <sub>2</sub>	CaCO <sub>3</sub>
0.00	0.0131
0.03	0.1634
0.30	0.1334
1.0	0.2024
10.0	0.4700
100.0	1.0980

La solubilidad del sulfato de calcio (CaSO<sub>4</sub>) en el agua depende poco de la temperatura. Sin embargo la solubilidad del sulfato de sodio (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>•10H<sub>2</sub>O), en temperaturas de 0.0°C hasta 10.0°C no es muy alta, en cambio si la temperatura aumenta hasta 30.0°C la solubilidad aumenta considerablemente, y con un aumento mayor la solubilidad poco cambia, cuadro 2 y figura 2.

En las aguas superficiales y aguas de los suelos en estado soluble, generalmente se encuentran varias sales. La solubilidad de cada una de estas depende, además de la temperatura, de la concentración de otras sales y gases (91).

**Cuadro 2. Solubilidad de las diferentes sales en dependencia de la temperatura g-l**

NaHCO <sub>3</sub>	0/68	10/80	20/93	30/107	40/121	50/137				
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0/756	10/856	20/879	30/958	40/1085					
MgCl <sub>2</sub>	-30/285	-20/362	0/525	+20/550	+60/610	+80/650	+100/724			
CaCl <sub>2</sub>	-50/435	-30/484	-10/550	0/598	+10/650	+20/747	+25/820	+30/1020	+40/1160	
NaCl	-20/310	-10/333	0/357	+10/358	+20/359	+40/364	+60/370	+80/380	+100/392	
MgSO <sub>4</sub>	-39/235	+1/267	+10/325	+20/347	+30/398	+40/445	+50/500	+60/548	+80/638	+100/710
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0/48.5	+5/60.7	+10/39.2	+20/189	+30/410	+32/497	+40/483	+60/452	+80/432	+100/420
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0/70	+10/121	+20/221	+32.6/500						
CaSO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> O	0/1.76	+10/1.04	+20/2.06	+30/2.12	+40/2.80	+80/1.85	100/1.69			
NaNO <sub>3</sub>	0/570	10/607	20/646	30/686	40/724	50/762				
Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0/547	10/566	20/585	30/608	40/630	50/657				

Observaciones

Numerador indica la temperatura

Denominador indica la solubilidad

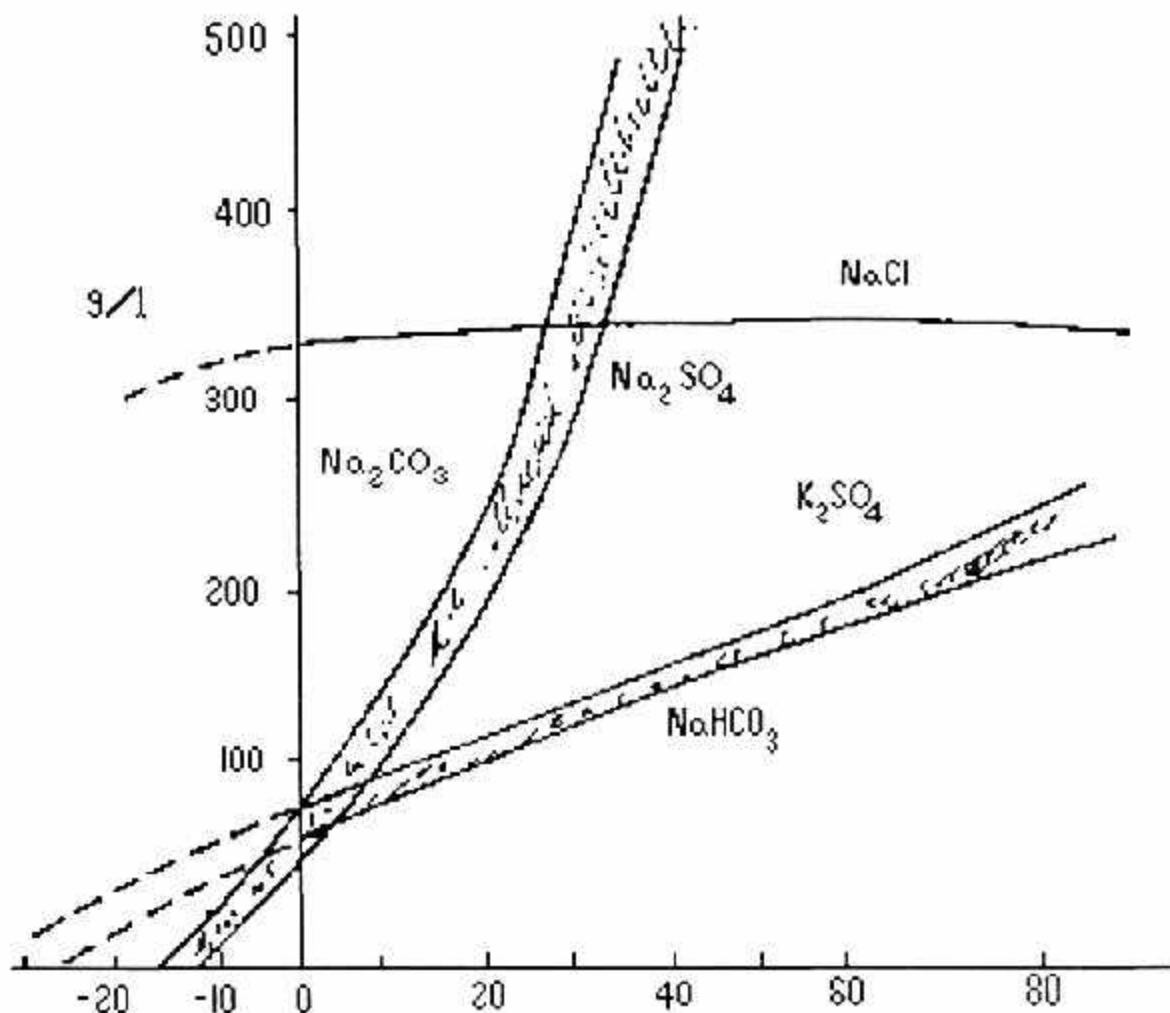


Fig. 2.- Solubilidad de las Sales en función de la Temperatura. (Ortega 1993)

Los cambios de la temperatura, del contenido y relación en la solución de otras sales y gases, provoca cambios de las propiedades físicas de la solución y solubilidad de cada una de las sales que existen en la solución. Las regularidades complejas sobre el comportamiento de las sales en las soluciones durante los cambios de la temperatura fueron determinadas por Vant-Hoff y Nerst y Neiss (44), adicionalmente fueron desarrolladas para las soluciones naturales por Kurnakov (101). Nerst, numeró y señaló, que la solubilidad de una sal disminuye en presencia de otras sales con igual anión, por otra parte Neiss numeró y estableció que la solubilidad de una sal aumenta con la presencia de otras sales que no tienen el ion común. Así, de esta manera la solubilidad del  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  en presencia de  $\text{NaCl}$  aumenta a medida que aumenta la concentración del  $\text{NaCl}$ , cuadro 3.

Cuando existen en las soluciones de los suelos altos contenidos de cloruro de sodio ( $\text{NaCl}$ ), la solubilidad del yeso fuertemente aumenta, y este es llevado con el agua capilar. Como resultado de esto en el suelo y en su superficie de este se forma una acumulación de yeso.

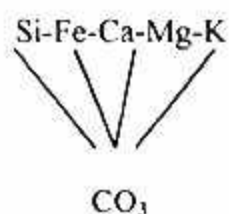
La solubilidad del cloruro de magnesio ( $\text{MgCl}_2$ ) disminuye fuertemente en presencia de cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ). Lo mismo se observa para el sulfato de calcio ( $\text{CaSO}_4$ ) en presencia de sulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) y sulfato de magnesio ( $\text{MgSO}_4$ ). La solubilidad del  $\text{CaSO}_4$  en presencia de 200.0 g/l de  $\text{NaCl}$  aumenta aproximadamente en 6.4 veces, si se compara con la solubilidad del  $\text{CaSO}_4$  en agua destilada y en presencia de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  la solubilidad del  $\text{CaCO}_3$  aumenta en 50 veces y más.

**Cuadro 3. Solubilidad del CaSO<sub>4</sub> en agua destilada y NaCl.**

CONTENIDO				
Núm.	NaCl		CaSO <sub>4</sub>	
	meq/100gH <sub>2</sub> O	meq/100gH <sub>2</sub> O	g/l	g/l
1	0.0	0.0	0.0	2.16
2	17.1	171.0	10.0	6.84
3	39.2	392.0	23.0	7.13
4	68.4	684.0	40.0	9.00
5	102.6	1206.0	70.0	9.65
6	136.8	1369.0	80.0	11.16
7	170.0	1700.0	100.0	12.53
8	342.0	3420.0	200.0	13.89
9	573.0	5130.0	300.0	13.60
10	684.0	6840.0	400.0	12.50
11	902.0	9020.0	527.0	10.07

En presencia de NaCl la solubilidad del MgCO<sub>3</sub> aumenta en cuatro veces y en presencia de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> aumenta en cinco veces.

La secuencia de la precipitación de las sales de una solución policomponente, depende del grado de su solubilidad. Las sales débilmente solubles se precipitan en concentraciones bajas, y las sales más solubles se precipitan en concentraciones muy altas. Una regularidad general de precipitación de las sales se expresa de la siguiente manera:





Es decir los cationes se precipitan secuencialmente de acuerdo con la serie: Si-Fe-Ca-Na-Mg-K y los aniones de acuerdo con la serie  $\text{CO}_3\text{-SO}_4\text{-Cl}$ .

Las regularidades de la precipitación de las sales se ha estudiado ampliamente en los lagos salinos. En primer lugar se precipitan los hidróxidos de silicio y hierro, después los carbonatos de calcio y magnesio, más adelante el yeso y los sulfatos de magnesio, y por último el  $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$  Y  $\text{MgCl}_2$ . (33).

**3.4 Clasificación de las sales solubles.-** Ortega 1993 (66), estableció la siguiente clasificación de sales solubles:

**a) Sales del ácido carbónico (carbonatos).**- Las sales del ácido carbónico ampliamente se encuentran en los suelos y aguas freáticas de los desiertos, semidesiertos y estepas e inclusive estepas boscosas. El efecto de estas sales en grado considerable depende de su composición, cantidad de sales que se acumulan en los suelos, grado de su solubilidad y toxicidad para las plantas así como también de su efecto en el régimen hídrico de las plantas.

Carbonato de calcio.- Este es de muy baja solubilidad (0.013 g/l). La solubilidad del carbonato de calcio en presencia del ácido carbónico aumenta considerablemente gracias a la formación de bicarbonatos de calcio de acuerdo a la reacción:  $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{CO}_3 = \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ . Debido a la baja solubilidad del carbonato de calcio este es prácticamente no nocivo para la mayoría de las plantas.

Carbonato de magnesio.- El carbonato de magnesio se caracteriza por una mayor solubilidad que el carbonato de calcio. En presencia de ácido carbónico, gracias a la formación de bicarbonatos de magnesio, la solubilidad del carbonato de magnesio aumenta fuertemente. Siendo éste una sal de una base fuerte y de un ácido débil, el carbonato de magnesio en el proceso de hidrolización le da a la solución valores de alta alcalinidad (pH = 9-10).

Carbonato de sodio.- Las sales del carbonato de sodio, ampliamente se encuentran en la naturaleza y se acumulan en los suelos a veces en cantidades considerables. El carbonato de sodio existe en los suelos y en las aguas freáticas, en distintas modificaciones. En los suelos esta sal se cristaliza con diferentes cantidades de aguas ( $\text{NaCO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ). La soda ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) es un compuesto de alta solubilidad 178 g/l en 20.0°C, y gracias a la hidrólisis de la soda, esta provoca una alta alcalinización del medio, hasta pH = 10-12.

Debido a su alta alcalinidad y solubilidad es altamente tóxica para la mayoría de las plantas. La presencia de la soda en las soluciones de los suelos provoca la peptización de los coloides de los suelos. El bicarbonato de sodio se caracteriza por una menor alcalinidad y toxicidad en comparación con la soda normal ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ). Durante la evaporación de las aguas freáticas que contienen carbonatos y carbonatos de sodio de la solución del suelo, se precipitan y se acumulan en los suelos en forma de cristales de una sal doble ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ó cristales puros de bicarbonato de sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ).

Carbonato de potasio.- El carbonato de potasio existe en los suelos en cantidades mucho más pequeñas que el carbonato de sodio.

**b) Sales del ácido sulfúrico (sulfatos).**- Las sales del ácido sulfúrico se encuentran en grandes y pequeñas cantidades casi en todos los suelos. En los suelos y aguas freáticas de las estepas y desiertos, los sulfatos se acumulan considerablemente. El valor agronómico o de mejoramiento de los suelos ricos en sulfatos, cambia fuertemente en función del catión acompañante.

Sulfato de calcio.- El sulfato de calcio (yeso) es una sal que desde el punto de vista fisiológico no es nociva para las plantas. Esto se debe a su solubilidad ya que esta no es muy grande (1.9 g/l)

Sulfato de magnesio.- El sulfato de magnesio EPSOMITA ( $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ), es un componente típico de los suelos salinos, que se acumula en éstos en cantidades de

algunos porcientos. Debido a su alta solubilidad, el sulfato de magnesio (252 g/l), se caracteriza por su extremada toxicidad y es una de las sales más nocivas para las plantas.

Sulfato de sodio.- El sulfato de sodio es una sal de los suelos salinos, aguas freáticas salinas y lagos. La toxicidad de sulfato de sodio es dos o tres veces menor que la del sulfato de magnesio. Debido a los cambios de su solubilidad en función de la temperatura, el comportamiento del sulfato de sodio en los suelos es muy complejo

Sulfato de potasio.- El sulfato de potasio no se acumula en los suelos en grandes cantidades.

**c) Sales del ácido clorhídrico (cloruros).**- Los cloruros conjuntamente con los sulfatos, son los compuestos más importantes que provocan la formación de suelos salinos. Todos los cloruros se caracterizan por su alta solubilidad y debido a esto por su alta toxicidad para las plantas.

Cloruro de calcio.- Esta sal existe en los suelos muy raras veces. Esto ocurre debido a que el cloruro de calcio que reacciona con el carbonato y sulfato de sodio, fácilmente pasa a ser sulfato de calcio y carbonato de calcio, precipitándose de la solución. Por eso la aparición del cloruro de calcio es característico para suelos, donde las soluciones de los suelos y aguas de lagos salados, solamente alcanza en grados máximos de salinización del orden de 400 a 500 g/l. Es conocido también la aparición del cloruro de calcio como una sal efímera en los horizontes superiores del suelo como resultado de las reacciones de intercambio de las soluciones ascendentes del cloruro de sodio con el calcio intercambiable.

Cloruro de magnesio.- Esta sal se encuentra con mayor frecuencia en los suelos salinos, aguas freáticas salinas y lagos salinos, en comparación con el cloruro de calcio. Sin embargo la acumulación de grandes cantidades de cloruro de magnesio ocurre solamente en grados máximos de salinización debido a su alta solubilidad (353 g/l), el

cloruro de magnesio se caracteriza por su alta toxicidad y es una de las sales muy nocivas para las plantas.

**Cloruro de sodio.-** Conjuntamente con el sulfato de sodio y el sulfato de magnesio es una de las sales de mayor presencia y componente constante en los suelos salinos. La alta solubilidad del cloruro de sodio (264 g/l) condiciona su alta toxicidad para las plantas. Inclusive en contenidos de cloruros de sodio ( NaCl ), alrededor de 0.1% las plantas se desarrollan anormalmente, muchos suelos salinos contienen 2.0 a 5.0 % de NaCl.

**Cloruro de potasio.-** De acuerdo con sus propiedades químicas el cloruro de potasio en general es análogo al cloruro de sodio. Sin embargo su frecuencia en los suelos no es muy grande, esto se explica por el consumo de potasio por las plantas y organismos y adsorción de éste por las arcillas. En contenidos grandes del cloruro de potasio en los suelos, su toxicidad es muy alta como la del cloruro de sodio.

### **3.5 Clasificación de los suelos salinos y sódicos**

En diferentes publicaciones se han presentado diversas clasificaciones de suelos salinos y sódicos (solonetz) que toman en cuenta la composición cualitativa y cuantitativa de las sales (33 ), sin embargo, por lo que se refiere a la clasificación de los suelos sódicos aquí se presentarán clasificaciones de suelos salinos y sódicos (67 ) de manera general, cuadro 4 y 5.

**CUADRO 4. Clasificación de suelos sódicos de acuerdo con el porcentaje de sodio**

SUELOS SÓDICOS	% Na
No sódicos	< 5.0
Débilmente sódicos	5.0 - 10.0
Medianamente sódicos	10.0 - 15.0
Fuertemente sódicos	15.0 - 20.0

**CUADRO 5. Clasificación de los suelos salinos de acuerdo con el contenido de sales en % en peso /peso y ton.ha<sup>-1</sup>**

Suelos	% (P/P)	ton.ha <sup>-1</sup>
No salinos	< 0.3	< 45.0
Débilmente salinos	0.3 - 0.5	45.0 - 75.0
Medianamente salinos	0.5 - 0.7	75.0 - 105.0
Fuertemente salinos	0.7 - 1.0	105.0 - 150.0
Solonchaks	> 1.0	> 150

Por otra parte, el laboratorio de Salinidad de Riverside, California, USA (91), divide a los suelos salinos en tres tipos fundamentales:

- 1) **Salinos**. - Son aquellos suelos que tienen más de 4.0 mmhos•cm<sup>-1</sup> en la pasta de saturación, el contenido de sodio intercambiable es menor del 15.0 por ciento de la suma de bases intercambiables y el pH menor de 8.5.

2) **Suelos salinos-alcálinos.** - Son suelos que tienen más de  $4.0 \text{ mmhos}\cdot\text{cm}^{-1}$  de la pasta de saturación y el contenido de sodio intercambiable es mayor de 15 por ciento, y a veces contienen yeso.

3) **Suelos sódicos.** - Son aquellos suelos que tienen más del 15 por ciento de sodio intercambiable, la conductividad eléctrica es menor de  $4 \text{ mmhos}\cdot\text{cm}^{-1}$  y el pH es de 8.5 a 10.0 (85).

Para pasar la conductividad eléctrica expresada en  $\text{micromhos}\cdot\text{cm}^{-1}$ , a un contenido de sal en  $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ , en el manual 60 del Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos (50), se ha propuesto la siguiente fórmula:  $S=0.64 \text{ CE}$ ; donde S= al grado de salinización  $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$  y CE= a la conductividad eléctrica en  $\text{micromhos}\cdot\text{cm}^{-1}$ .

### **3.6.- Efecto de las sales solubles sobre las plantas cultivables.**

Las sales solubles presentan un alto efecto sobre las plantas y las propiedades de los suelos. La presencia de sales provoca un aumento de la presión osmótica de la solución de los suelos. Teóricamente una solución molar desarrolla una presión osmótica de 22.4 atmósferas. Es conocido que la presión osmótica del jugo celular en algunas plantas de los desiertos puede alcanzar 17-100 atmósferas, en las plantas cultivadas con alguna tolerancia a la salinidad. La presión osmótica del jugo celular puede ser de 15-35 atmósferas, pero sin embargo, en la mayoría de las plantas cultivadas la presión osmótica del jugo celular es de 2-5 atmósferas, (94).

Si la presión osmótica de la solución del suelo sobrepasa a la presión osmótica del jugo celular de las plantas, entonces con esta solución las plantas no pueden nutrirse y se presenta como consecuencia una "Sequía Fisiológica". Esto es uno de los grandes obstáculos del cultivo de las plantas llamadas "culturales", en los suelos salinos.

La presión osmótica de la solución del suelo en algunos suelos se caracteriza con los valores que se presentan en el cuadro 6. (18).

**Cuadro 6. Presión osmótica de la solución del suelo en algunos suelos.**

SUELOS	PRESIÓN OSMÓTICA DE LA SOLUCIÓN DE SUELOS, ATM.	INVESTIGADORES
Suelos salinos sin vegetación	300 - 400	V.A. Kovda, 1937
Suelos salinos con Tallophytas	100 - 110	Magistad et al, 1943
Suelos no-salinos	1 -2	Magistad et al, 1943
Suelos salinos	200	Magistad et al, 1943
Suelos salinos de un estepa boscosa	13	A.G. Gebgordt, 1928
Suelos salinos de un estepa boscosa en un año seco	25	P.A. Genkel, 1946
Suelos salinos del Ferganá Central	24	V.A. Kovda, 1946
Suelos salinos-sódicos de la República de Kazajstan	40	A.A. Volojova, 1959
Suelos Salinos de los Valles del Kazajstan	51	A.A. Volojova, 1959

El efecto de la salinidad sobre las plantas, depende de las propiedades de los suelos, edad y tolerancia de los cultivos, régimen de humedad y composición de las sales. Si se toma como punto de partida la toxicidad del sulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) por una unidad, entonces la toxicidad del bicarbonato de sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ) será igual a tres unidades, la del sulfato de magnesio y cloruros de magnesio y potasio, entonces su toxicidad será de 3-5 unidades, la del cloruro de sodio será de 5-6 unidades su toxicidad y la del carbonato de sodio, su toxicidad será de 10 unidades (92), cuadro 7 Asimismo se ha establecido a través del tiempo, que la solución de una sal única es más tóxica, que una mezcla de sales.

**Cuadro 7. Grado de toxicidad de las diferentes sales para las plantas en un orden descendente.**

Lupino Blanco	Alfalfa	Trigo	Maiz	Sorgo	Avena	Algodón	Remolacha azucarera
MgSO <sub>4</sub>	MgSO <sub>4</sub>	MgSO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	MgCl <sub>2</sub>	MgSO <sub>4</sub>	MgSO <sub>4</sub>	MgSO <sub>4</sub>
MgCl <sub>2</sub>	MgCl <sub>2</sub>	MgCl <sub>2</sub>	NaCl	MgSO <sub>4</sub>	MgCl <sub>2</sub>	MgCl <sub>2</sub>	MgCl <sub>2</sub>
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	NaHCO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
NaHCO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NaHCO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NaHCO <sub>3</sub>	NaHCO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NaHCO <sub>3</sub>
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NaCl	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	MgCl <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NaCl	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
NaCl	NaHCO <sub>3</sub>	NaCl	MgSO <sub>4</sub>	NaCl	NaCl	NaHCO <sub>3</sub>	NaCl



### **3.7.- Tipos de salinidad.**

El problema de la toxicidad de las sales y evaluación de los suelos de acuerdo con su salinidad es compleja y aún no se ha elaborado lo suficiente, y para esto se requiere esfuerzos conjuntos de pedólogos, fisiólogos y químicos. Sin embargo se han elaborado clasificaciones de tipos de salinidad, contenidos y composición de sales de acuerdo a su concentración iónica, (66).

Para efectos de nuestro trabajo sobre la caracterización de algunas propiedades físicas y químicas de suelos irrigados con aguas de mediana salinidad en el Predio "San Antonio", ejido del palmar Primero, municipio de Mexquitic de Carmona, S.L.P., se determinó utilizar la clasificación de suelos salinos para proyectos de mejoramiento de suelos salinos en la URSS, publicada en el manual de análisis químicos de Arinushkina ( 4 ), cuadros 8 y 9.

**CUADRO 8. Tipos de salinidad de los suelos**

DE ACUERDO A LOS ANIONES EN MILIEQUIVALENTES				DE ACUERDO A LOS CATIONES EN MILIEQUIVALENTES			
Tipos de Salinidad	Cl <sup>-</sup> SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> Cl <sup>-</sup> +SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Tipos de Salinidad	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup> Ca <sup>++</sup> +Mg <sup>++</sup>	Ca <sup>++</sup> +Mg <sup>++</sup> Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	Mg <sup>++</sup> Ca <sup>++</sup>
Clorhidrica	> 2	< 0.5	-	Sódica	> 2	< 0.5	-
Sulfático-clorhidrica	1 - 2	0.5 - 2.0	-	Magnésico-sódica	1 - 2	0.5 - 1	> 1
Clorhidrico-sulfática	0.2 - 1	1.0 - 5.0	-	Cálcico-sódico	1 - 2	0.5 - 1	< 1
Sulfática	< 0.2	> 5.0	-	Cálcico-magnésica	< 1	> 1	> 1
Carbonato-sulfática	< 0.2	> 5.0	1	Magnésico-cálcica	< 1	> 1	< 1
Sulfato-sódica	-	-	2	Sódica	< 2	-	-

**CUADRO 9. Contenido y composición de las sales en los suelos de diferentes tipos de salinidad**

		TIPOS DE SALINIDAD															
		Clorhídrica sulfático-clorhídrica					Sulfática y clorhídrica-sulfática					Sódica					
		Contenido de sales %															
Grupos de suelos	Residuo seco %	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Residuo seco %	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Residuo seco %	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Residuo seco %	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	
No-Salinos	<0.3	<0.01	-	-	>0.3	<0.01	0.10	-	<0.10	0.01	0.02	<0.06		0.01	0.02	<0.06	
Débilmente Salinos	0.3-0.5	0.01-0.05	-	-	0.3-1.0	0.01	0.10-0.40	-	0.1-0.3	0.01	0.05-0.10	0.1-0.2		0.01	0.10	0.1-0.2	
Medianamente Salinos	0.5-1.0	0.05-1.0	-	-	1.0-2.0	0.05	0.40-0.60	-	0.3-0.5	0.01	0.20	0.3-0.4		0.01	0.20	0.3-0.4	
Fuertemente Salinos	1.0-2.0	0.1-0.2	-	-	2.0-3.0	0.10	0.60-0.80	-	0.5-0.7	0.02	0.20	0.3-0.4		0.02	0.20	0.3-0.4	
Muy fuertemente salinos	>2.0	>0.2	-	-	>3.0	-	>0.80	-	0.7-1.0	0.02	0.20	>0.4		0.02	0.20	>0.4	
Excesivamente Salinos									>1.0								

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1. Descripción general del área.

4.1.1. Situación Geográfica.- El área de estudio se localiza dentro de las siguientes coordenadas geográficas:

Latitud Norte 22° 25' 02"

Longitud Oeste de Greenwich 101° 04' 01"

Altitud s.n.m. 1,800 m.

4.1.2. Situación Política.- El predio "San Antonio" se encuentra ubicado dentro del ejido de Palmar Primero, el cual se localiza en el municipio de Mexquitic de Carmona, Estado San Luis Potosí. Figura 3.

4.1.3. Superficie Estudiada y Límites.- La superficie en estudio abarca un total de 50 70 Has., limitadas al Norte, Sur, Este y Oeste, por terrenos del mismo ejido.

4.1.4. Vías de Comunicación.- La zona de estudio se encuentra comunicada por la carretera Federal No 57 tramo San Luis Potosí-Zacatecas, por el entronque hacia Ahualulco y tomando por último la desviación hacia el ejido de Bocas, se llega a el predio de San Antonio.

ZONA DE RIEGO "SAN ANTONIO"  
PREDIO DEL EJIDO DE PALMAR PRIMERO  
MUNICIPIO DE MEXQUITIC DE CARMONA, S.L.P.

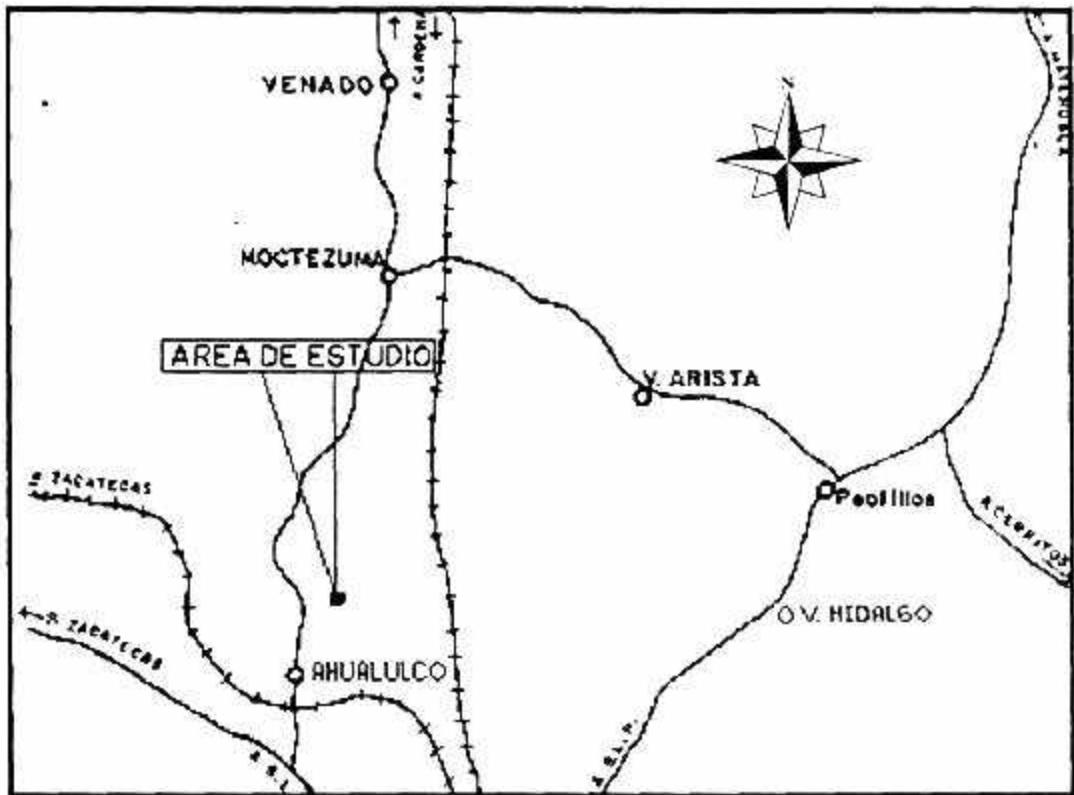


Fig. 3 Croquis de Localización.

## **4.2. Climatología.**

4.2.1. Generalidades. Para la determinación del clima se tomó como base la estación climatológica del municipio de Mexquitic de Carmona, la cual se ubica a 20 Km. al Oeste de la zona de estudio, contando con un periodo de observación de 1979-1991 (12 años). Esta determinación del clima, se realizó en el año de 1996

4.2.2. Datos Meteorológicos. - Los valores medios anuales que se obtuvieron para la zona de estudio son: temperatura media anual de 16.8 °C y la precipitación media anual de 425.00mm. La temporada cálida abarca de abril a septiembre siendo la temperatura máxima media absoluta de 20.6 °C que se presenta en el mes de mayo, cuadro 10.

**CUADRO 10. Observaciones climatológicas**

MES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	ANUAL
<b>TEMPERATURA</b>													
en °C													
PROMEDIO	12.8	13.70	16.60	18.80	20.60	19.90	18.40	18.50	17.80	16.30	14.80	13.0	16.80
MAX. MEDIA													
MIN MEDIA													
MAX. ABSOLUTA	25.0	26.5	29.5	31.7	33.2	31.6	28.8	29.0	28.8	26.7	24.7	22.8	28.20
MIN. ABSOLUTA	0.30	0.30	1.5	5.5	9.0	9.3	9.8	9.20	7.8	4.4	1.3	0.9	4.9
<b>LLUVIA</b>													
en mm													
AÑOS PARA EL	19.70	5.80	2.20	23.70	47.30	66.40	92.60	51.10	52.80	38.0	7.10	18.30	425.00
PROMEDIO													
PROMEDIO													
MAX. ABSOLUTA													
MENSUAL													
MIN. ABSOLUTA													
MENSUAL													
<b>EVAPORACIÓN</b>													
en mm													
PROMEDIO	94.45	125.22	218.08	220.31	229.82	188.54	146.21	143.98	108.31	116.15	101.37	78.19	1,770.63
Estación : MENQUIC													
Municipio : MENQUIC DE CARMONA      Estado : SAN LUIS POTOSÍ													
Periodo de observación :													
Latitud : 22° 16' 48"      Longitud : 101° 07' 50"      Altitud : 1930      msnm.													

El periodo frio es de Noviembre a Marzo con una minima media absoluta de 12.8 °C que se presenta en el mes de Enero, cuadro 10. Las heladas se presentan de principios de Noviembre a Febrero y una tardía a mediados de Marzo.

La temporada de lluvias se presenta de Mayo a Octubre con un total de 348.20 mm., correspondiendo al 81.93% del total anual; el periodo seco es de 76.80 mm., que corresponde al 18.07% del restante total. cuadros 11 y 12 y figuras 4 y 5. La precipitación por estaciones se presenta en el cuadro 13.

**CUADRO No.11 Precipitación del periodo lluvioso ( mayo - Octubre)**

MES	PRECIPITACIÓN (mm)	% DE TOTAL ANUAL
Mayo	47.30	11.13
Junio	66.40	15.62
Julio	92.60	21.79
Agosto	51.10	12.02
Septiembre	52.80	12.43
Octubre	38.00	8.94
<b>TOTAL</b>	<b>348.20</b>	<b>81.93</b>

**CUADRO No.12 Precipitación distribuida por meses del periodo seco (mayo-octubre)**

MES	PRECIPITACIÓN (mm)	% DE TOTAL ANUAL
Noviembre	7.10	1.67
Diciembre	18.30	4.31
Enero	19.70	4.64
Febrero	5.80	1.36
Marzo	23.70	5.58
<b>TOTAL</b>	<b>76.80</b>	<b>18.07</b>



**CUADRO No.13 Precipitación distribuida por estaciones**

ÉPOCA	PRECIPITACIÓN (mm)	% DE TOTAL ANUAL
PRIMAVERA	105.30	24.78
VERANO	203.30	47.83
OTOÑO	80.65	18.98
INVIERNO	35.75	8.41
TOTAL	425.00	100.00

4.2.3. Clasificación del Clima.- En base al sistema de clasificación del Dr. Thornthwaite, el clima se clasificó como PH SA TD VA; es decir, seco con pequeña o nula demasia de agua, templado frío con una concentración de calor más alta para ese clima. cuadro 14 y fig. 4

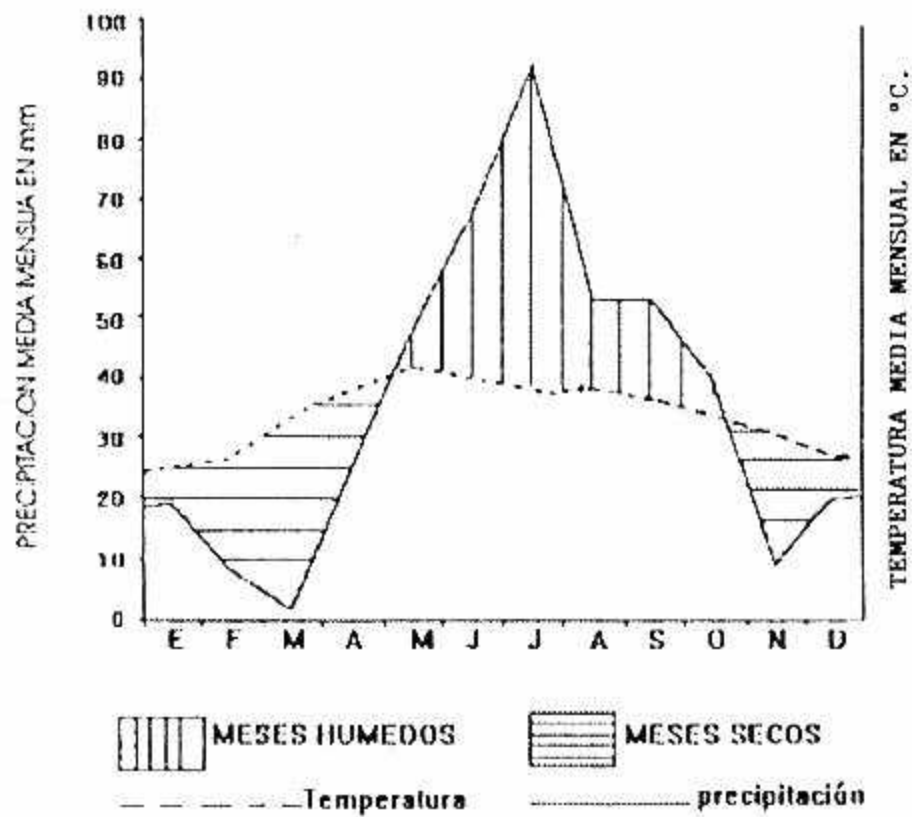
4.2.4. Análisis del Clima en Relación a la Agricultura de Riego.- La evaporación que se registra dentro de la zona de estudio es de 42.50 cm, originando una pérdida de agua mayor que la que recibe el suelo; sin embargo, como son áreas de cultivo con riego no existe riesgo de que la sequía afecte la producción. Cuadro 14 y figura 5.

Cuadro 14. Factores de clasificación del clima.

MES	CALCULO DE LA EVAPORACION POTENCIAL						DETERMINACION DE LOS FACTORES DE CLASIFICACION DEL CLIMA										DEFINICION DEL CLIMA
	Temp °C	t	e	factor de correcc	EP	Lluvia c.m	MHS	HA	FPR	d	s	E	RP				
Ene	12.8	4.15	3.94	0.94	3.70	1.97	0	0	1.97	1.73	0	0	0.46				
Feb	13.7	4.60	4.42	0.89	3.93	0.58	0	0	0.58	3.35	0	0	0.85				
Mar	16.6	6.15	6.11	1.03	6.29	0.22	0	0	0.22	6.07	0	0	0.96				
Abr	18.8	7.43	7.54	1.06	7.99	2.37	0	0	2.37	5.62	0	0	0.70				
May	20.6	8.53	8.80	1.14	10.03	4.73	0	0	4.73	5.30	0	0	0.53				
Jun	19.9	8.10	8.30	1.12	9.29	6.64	0	0	6.64	2.65	0	0	0.28				
Jul	18.4	7.19	7.28	1.15	8.37	9.26	0.89	0.89	8.37	0	0	0	-0.10				
Ago	18.5	7.25	7.34	1.11	8.15	5.11	-0.89	0	6.00	2.15	0	0	0.37				
Sep	17.8	6.84	6.88	1.02	7.01	5.28	0	0	5.28	1.73	0	0	0.25				
Oct	16.3	5.98	5.93	0.99	5.87	3.80	0	0	3.80	2.07	0	0	0.35				
Nov	14.8	5.17	5.04	0.92	4.63	0.71	0	0	0.71	5.34	0	0	0.84				
Dic	13.0	4.25	4.05	0.93	3.76	1.83	0	0	1.83	1.93	0	0	0.51				
ANUAL	16.8	75.64	..	..	79.02	42.50	..	..	..	67.94	..	..	..				

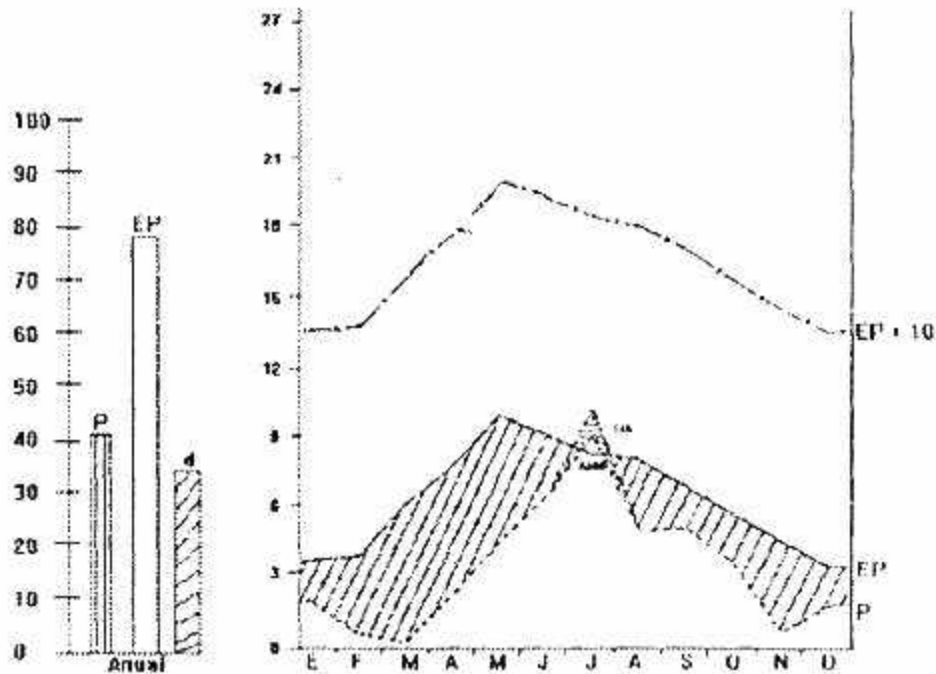
DEFINICION DEL CLIMA: PHSA TD VA, SECO, PRUENA, ONDULA DEMASIADO DE AGUA, TEMPLADO-FRIO CON UNA, CONCENTRACION DE CALOR, MAS ALTO PARA ESE CLIMA

ESTACION : MEXQUITIC  
 Altitud : 1930 m.s.n.m.  
 Latitud : 22° 16' 48"  
 Período de Observación :



ESTACIÓN: MEXQUITIC  
 PERIODO DE OBSERVACION: 1979 - 1991

FIG. 4 CLIMOGRAMA DE GAUSSEN



P = Precipitación  
 EP = Evapotranspiración  
 a = Usencias de humedad  
 HA = Humedad Acumulada  
 AHA = Aprovechamiento de HA

**SIGNOS**

----- P  
 \_\_\_\_\_ EP  
 ----- P+HA  
 ---x---x--- EP+10

HA HA D AHA

ESTACION : MEXQUITIC  
 PERIODO DE OBER. : 1979-1991

FIG. 5. CLIMOGRAMA DE THORNTHWAITÉ

### 4.3. Agricultura

4.3.1. Sistema de Exploración - El sistema de explotación agrícola es individual, sin embargo para el trámite de créditos y/o beneficios se presentan como sociedad. Actualmente utilizan las técnicas semi-modernas para el cultivo de las hortalizas, tomate, chile, maíz y frijol. Las labores de preparación de siembra las realizan con maquinaria agrícola, así como las labores culturales. También realizan fertilizaciones de acuerdo a su calendario de cultivo y dosis específicas para cada cultivo; controlan plagas y las malas hierbas con diversos insecticidas y herbicidas.

### BANRRURAL.

4.3.2. Cultivos Actuales - Los cultivos que se siembran actualmente con riego son: lechuga, repollo, chile, jitomate, ajo, chile serrano, cebolla cambray, y para autoconsumo siembran maíz y frijol. Los rendimientos de los cultivos se presentan en el cuadro 15.

**CUADRO No.15 Rendimientos de los cultivos actuales en el predio  
"San Antonio" ejido Palmar Primero**

<b>CULTIVO</b>	<b>CICLO</b>	<b>RENDIMIENTO(TON/ha)</b>
Lechuga	todo el año	30.0
Repollo	todo el año	60.0
Apio	todo el año	50.0
Cebolla	P-V	100.0
Jitomate	P-V	30.0
Chile serrano	P-V	4.0
Chile ancho	P-V	1.5
Maiz	P-V	2.0
Frijol	P-V	1.5

NOTA: Estos datos fueron proporcionados por el representante de la zona de riego (1997).

#### 4.4. Vegetación

4.4.1. Tipos de Vegetación.- De acuerdo al mapa de vegetación, elaborado por Rendowsky (1996), y cotejado con las observaciones de campo, la vegetación de la zona de estudio se clasificó como matorral desértico micrófilo (Mdm), con intrusiones de matorral crasicaule (Mc), siendo esta la vegetación primaria, mientras que la vegetación secundaria está compuesta por pastizal inducido (Pi).

A continuación se describe cada una de las clases de vegetación identificadas:

**Matorral desértico micrófilo.** Comunidad caracterizada por elementos arbustivos de hoja o foliolo pequeño, que se encuentra generalmente en terrenos aluviales.

**Matorral crasicaule.** Tipo vegetativo formado por cactáceas grandes que incluyen a las nopaleras y a los cardonales. Se desarrolla principalmente en las zonas áridas y semiáridas del estado.

**Pastizal inducido.** Es el que surge al ser eliminada la vegetación original y que domina actualmente. El origen de este pastizal puede ser consecuencia de un desmonte intencional o del abandono de una área agrícola.

Las especies más dominantes fueron las siguientes:

<b>NOMBRE COMÚN</b>	<b>NOMBRE CIENTÍFICO</b>
<i>Gobernadora</i>	<i>Larrea tridentata</i>
<i>Mezquite</i>	<i>Prosopis laevigata</i>
<i>Nopal</i>	<i>Opuntia sp.</i>
<i>Nopal duraznillo</i>	<i>Opuntia imbricata</i>
<i>Sangre de drago</i>	<i>Jathopha spathulata</i>
<i>Gatuno</i>	<i>Mimosa biuncifera</i>
<i>Magüey</i>	<i>Agave mexicana</i>
<i>Órgano</i>	<i>Mirtilocactus geometrízans</i>

4.4.2. Relación Suelo Vegetación - La vegetación que se presenta en la zona es característica de zonas semiáridas donde la escasa precipitación es factor determinante en la fertilidad del suelo.

#### **4.5. Irrigación.**

4.5.1. Situación Actual - Actualmente se cuenta con un pozo profundo, aflorado a 220 m., de profundidad, encontrándose su nivel estático a 210 m. Cuenta con electrificación y bomba de 22 caballos de fuerza. El trazo del riego se encuentra entubado en toda la zona de estudio, regándose por un canal principal por medio de sifones, lo que se ha logrado aumentar la eficiencia del agua de riego, evitándose desperdiciar el agua.

4.5.2. Calidad del Agua - Para determinar la calidad del agua de riego, se tomó dos muestras de los pozos profundos, en diferentes periodos. Las muestras una vez que fueron analizadas por el método de Wilcox, se clasificaron como  $C_3S_1$ , es decir altamente salina (Condicionada) con bajo contenido de sodio (buena); no recomendable de usarse en suelos con drenaje deficiente, requiriendo de un manejo especial para el control de la salinidad; debiéndose de seleccionarse plantas tolerantes a las sales y al sodio cuadros 16 y 17.



## Cuadro 16. Análisis físico y químico de aguas para riego.

INVESTIGADOR: Ing. J. Jesús Tapia Gane

FECHA DE MUESTREO: noviembre/27/97

SITIO DE MUESTREO: Pozo de bombeo s/n El Padre Palmir, Primero, Mpio. Mexquitic, SLP

LABORATORIO QUE ANALIZO: Laboratorio de Aguas del area de maíandad de hidrociencias (Colegio)

TURBIDEZ: No tiene

OLOR: Inodora

COLOR: Incolora

SEDIMENTO: No Tiene

		CLASIFICACIÓN
Concentración de iones Hidrógeno (pH)	6.94	
Conductividad eléctrica (Micromhos/cm. a 25°C)	1400	C3
Relación de adsorción de sodio (RAS)	2.09	S1
Carbonato de Sodio residual (me/l)		
RSE	1088	
RSC	872	

CATIONES		me / l	ppm
Sodio	(Na <sup>+</sup> )	5.3	121.90
Potasio	(K <sup>+</sup> )	0.31	12.12
Calcio	(Ca <sup>++</sup> )	10.20	204.00
Magnesio	(Mg <sup>++</sup> )	2.0	31.20

ANIONES		me / l	Ppm
Carbonatos	(CO <sup>3-</sup> )	0.0	0.0
Bicarbonatos	(HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	6.8	414.8
Cloruros	(Cl <sup>-</sup> )	2.8	99.26
Sulfatos	(SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )	8.91	427.68

CLASIFICACIÓN		INTERPRETACIÓN
POR SALINIDAD	CE en micromhos/cm	
C 1 BAJA	< 250	Muy poca probabilidad de salinación del suelo
C 2 MEDIA	250 - 750	Requiere ligeros sobriegos y plantas de moderada tolerancia
C 3 ALTA	750 - 2250	Requiere fuertes sobriegos y plantas de moderada tolerancia
C 4 MUY ALTA	> 2250	Usarla en circunstancias muy especiales con muy fuerte sobriego y plantas de muy alta tolerancia

CLASIFICACIÓN		INTERPRETACIÓN
POR SODICIDAD	RAS %	
S 1 BAJA	< 11.0	Sólo cultivos muy sensibles pueden tener limitaciones
S 2 MEDIA	12 - 18	Sólo usarla en suelos de textura gruesa o en orgánicos de buena permeabilidad
S 3 ALTA	18 - 26	Peligrosa en C4. Requiere suelos con yeso o el uso de mejoradores
S 4 MUY ALTA	> 28	Inadecuada para el riego, excepto en C1 y C2 siempre que son mejoradores adecuados

## Cuadro 17. Análisis físico y químico de aguas para riego.

INVESTIGADOR: Ing. J. Jesús Tapia Gome FECHA DE MUESTREO: marzo 27 98  
 SITIO DE MUESTREO: Pozo de bombeo s/n. El Padre Palmar Primera, Mpio. Mexquitic, SLP  
 LABORATORIO QUE ANALIZO: Laboratorio de Aguas del area de salinidad de hidrociencias (Colegio)  
 TURBIDEZ: No tiene OLORES: Inodora COLOR: Incolora SEDIMENTO: No tiene

		CLASIFICACIÓN
Concentración de iones Hidrogeno (pH)	6.81	
Conductividad eléctrica (Micromhos cm. a 25°C)	1700	C3
Relacion de adsorción de sodio (RAS)	2.02	S1
Carbonato de Sodio residual (me l)		
RSE	1360	
RSC	1100	

CATIONES		me l	ppm
Sodio	(Na <sup>+</sup> )	5.90	135.90
Potasio	(K <sup>+</sup> )	0.27	10.56
Calcio	(Ca <sup>++</sup> )	13.40	268
Magnesio	(Mg <sup>++</sup> )	3.60	43.20

ANIONES		me l	ppm
Carbonatos	(CO <sup>3-</sup> )	0.0	0.0
Bicarbonatos	(HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	7.00	427.0
Cloruros	(Cl <sup>-</sup> )	3.20	113.44
Sulfatos	(SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )	11.25	540.0

CLASIFICACIÓN	INTERPRETACIÓN	
POR SALINIDAD	CE en micromhos/cm	
C 1 BAJA	< 2 - 50	Muy poca probabilidad de salinación del suelo.
C 2 MEDIA	250 - 750	Requiere ligeros sobreriegos y plantas de moderada tolerancia.
C 3 ALTA	750 - 2250	Requiere fuertes sobreriegos y plantas de moderada tolerancia.
C 4 MUY ALTA	> 2250	Usarla en circunstancias muy especiales con muy fuerte sobreriegos y plantas de muy alta tolerancia.

CLASIFICACIÓN	INTERPRETACIÓN	
POR SODICIDAD	RAS %	
S 1 BAJA	< 11.0	Sólo cultivos muy sensibles pueden tener limitaciones.
S 2 MEDIA	12 - 18	Sólo usarla en suelos de textura gruesa o en orgánicos de buena permeabilidad.
S 3 ALTA	18 - 26	Peligrosa en C4. Requiere suelos con yeso o el uso de mejoradores.
S 4 MUY ALTA	> 28	Inadecuada para el riego, excepto en C1 y C2 siempre que son mejoradores adecuados.

#### **4.6. Drenaje agrícola.**

4.6.1. Drenaje Superficial.- Se considera moderadamente lento a muy lento, debido principalmente a las texturas finas (arcillas), las cuales han sido defloculadas por la presencia de las sales y/o sodio, originando además una permeabilidad lenta

4.6.2. Manto Freático - No se detectó la presencia del manto freático dentro de la zona de estudio; sin embargo es muy probable que se forme éste en forma temporal, principalmente en épocas de lluvia, al conjuntarse con los riegos que se apliquen a los cultivos. Lo anterior se deduce de las características del drenaje y el estrato impermeable que presentaron estos suelos.

4.6.3. Drenaje Subterráneo.- El drenaje interno es ligeramente eficiente en la capa arable (entre los 20 y 30 cm), después de esta profundidad se vuelve lento a muy lento, originado por la compactación del suelo por efecto de la defloculación originada por las sales

#### **4.7.- Materiales empleados**

Para la realización del muestreo de suelos en la zona de estudio, se utilizó plano topográfico, cámara fotográfica, hojas de campo, flexómetro, pala, pico, ácido clorhídrico al 10 %, bolsas, ligas, etiquetas, crayones, brújula y martillo de suelos

#### **4.8 Método del muestreo de campo**

Se llevó a cabo un recorrido geomorfológico en el área de estudio, figura 6. con la finalidad de identificar los sitios de muestreo que correspondieron a los cinco cortes litológicos. Durante el recorrido realizado se identificaron acumulaciones de sales visibles. Cada corte litológico considero 3.00 m., de profundidad por 1.00 m., de ancho y 2.00 m., de largo. En la parte frontal del corte litológico se tomaron las muestras de

suelo cada 10 cm., hasta una profundidad de 3.00 m., para determinar en estas muestras de suelo, los contenidos de sales solubles y bases intercambiables.

Posteriormente se realizó la identificación de los horizontes y la caracterización física de los mismos y se tomó la fotografía del perfil en cada corte litológico, figuras del 7 al 11, del capítulo 5.

Las muestras obtenidas fueron depositadas en bolsas de plástico, identificadas en forma precisa y enviadas al laboratorio de Manejo de suelos salinos del Instituto de Recursos Naturales Especialidad en Hidrociencias del Colegio de Postgraduados, para su respectivos análisis.

En el campo se tomó nota de todas las características morfológicas del suelo, así como los posibles cambios más representativos. Este tipo de muestreo permitió obtener en forma más exacta el perfil de los suelos de esta zona.

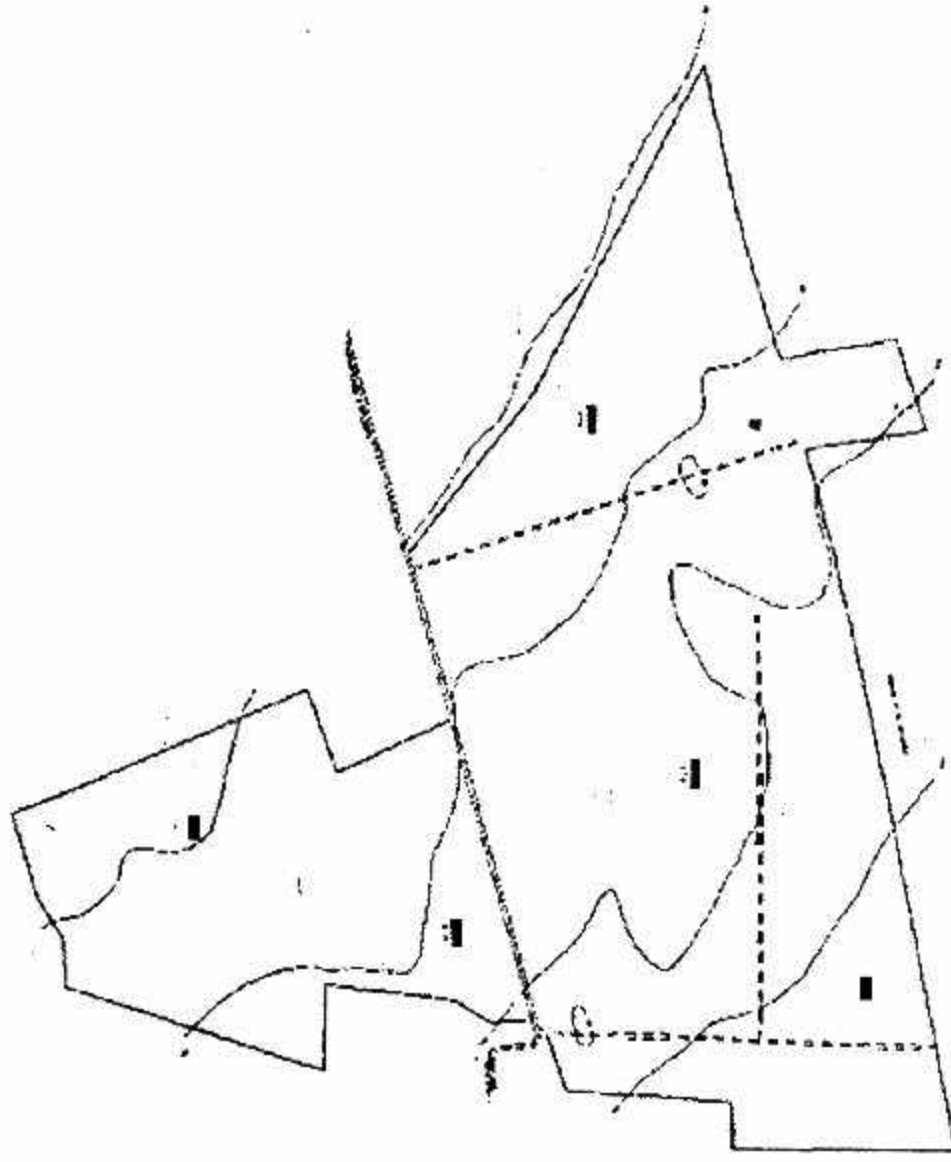


Figura 6. Plano del predio "San Antonio" ejido Palmar primero, con la ubicación de los 5 perfiles

#### 4.9. - Métodos de Laboratorio

4.9.1.- Análisis químico de suelo.- El análisis del suelo original se efectuó en extractos de suelo obtenidos en las siguientes relaciones de suelo agua 1:0.2-0.6 y 1:5, utilizando los equipos y procedimientos descritos por RICHARD 1980 (85).

El pH se midió con un potenciómetro ZEROMATIC.

La conductividad eléctrica, en  $\text{mmhos/cm}^{-1}$  a 25 °C en un puente de conductividad eléctrica (CE), modelo Rd 26.

El residuo seco se determinó por evaporación total de 25 ml del extracto 1:5, a 105 °C, haciendo uso de una plancha modelo thermolyne.

El calcio y magnesio por titulación con etileno diaminotetracético (EDTA) o ion versanato.

El sodio y Potasio por flammometría a través de un flammómetro marca II-653

Carbonatos y bicarbonatos por titulación con ácido sulfúrico( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )

Cloruros por titulación con nitrato de plata ( $\text{Ag NO}_3$ ).

Sulfatos por turbidimetría en el espectofotómetro Perkin-Elmer 35.

Bases intercambiables por el método PFEFFER(1963) que consiste en desplazar las bases extraíbles(solubles mas intercambiables) existentes en el suelo con un ion amonio provenientes de una solución alcohólica al 70% de cloruro de amonio 0.1N. Las

bases intercambiables se calcularon restando de las bases extraíbles las bases solubles, expresadas en meq/100 g de suelo.

Para obtener las ecuaciones de regresión de las diferentes relaciones, se realizó para los extractos del suelo: CE-RSE, RSE-CE, RSC-CE, CE-RSC, utilizando el programa estadístico del SAS.

## 5. DISCUSION DE LOS RESULTADOS

### 5.1.-Ubicación geomorfológica de los perfiles litológicos.

Los suelos se encuentran ubicados dentro un pequeño valle, suavemente ondulado. Son suelos de origen sedimentario derivados de la desintegración de rocas calizas y calcilutitas, su modo de formación es aluvial, la profundidad varia de moderadamente profundos a profundos.

### 5.2.- Determinación de las sales solubles en los perfiles litológicos

Se llaman suelos salinos aquellos en los cuales, en el espesor del sistema radicular, existe una gran cantidad de sales solubles, que dificultan el crecimiento y desarrollo normal de la mayoría de las plantas.

La composición de las sales en los suelos salinos, puede ser muy variable, sin embargo prácticamente en la mayoría de los casos, estas sales son los compuestos quimicos de cuatro cationes y cuatro aniones. Con estos cationes y estos aniones se pueden formar las siguientes sales que frecuentemente existen en los suelos salinos: sal común o halita( $\text{ClNa}$ ), thernadita( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), soda normal( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), cloruro de magnesio( $\text{MgCl}$ ), sal amarga ( $\text{MgO}_4$ ), carbonato de magnesio( $\text{Mg}(\text{CO}_3)_2$ ), bicarbonato de magnesio( $\text{MgHCO}_3$ ), cloruro de calcio( $\text{CaCl}$ ), carbonato de calcio( $\text{CaCO}_3$ ), yeso ( $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ), bicarbonato de calcio( $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ), bicarbonato de potasio( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ) y cloruro de potasio( $\text{ClK}$ ).

5.2.1. - Distribución del pH en la profundidad del suelo La reacción del medio acuoso en los suelos depende del valor del pH de las soluciones. El valor del pH depende de la concentración de los iones hidrogeno( $\text{H}^1$ ) y de los iones hidróxilo( $\text{HO}^1$ ). Si en la



solución del suelo, los iones hidrogeno predominan sobre los iones hidróxilo, la reacción se hace ácida, pero cuando la reacción es contraria, entonces la reacción es alcalina. Sin embargo, cuando las cantidades de estos iones son iguales la reacción del medio es **neutral**.

La importancia de la reacción del suelo y de la solución del suelo es muy grande. La intensidad de la actividad microbiana, la solubilización de los minerales de los suelos y el movimiento de los productos de su destrucción, así como la asimilación de los nutrientes por los vegetales, coagulan y peptizan los coloides y los procesos oxido-reductores en los suelos, encontrándose estos en una relación estrecha con la reacción del suelo.

La concentración de los iones hidrogeno en la solución del suelo generalmente no es muy alta. Está varia de un miligramo, hasta una diezmilionésima parte de miligramo por litro de solución, pero es muy complicado tener que trabajar con este tipo de cantidades tan pequeñas, entonces se ha considerado expresar la concentración de los iones hidrogeno en gramo/equivalente sobre litro (g eq/l) o en forma de logaritmo negativo de la concentración indicando con el símbolo pH.

Una solución 1.0 N de ácido es aquella que contiene 1.0 equivalentes de iones hidrogeno en una solución. Una solución normal se indica 1.0 N. Las fracciones de una concentración normal se expresan en forma decimal 0.1N que es decir normal 0.05N que es cinco centesimal etc.

Mediante este método de expresión es muy útil comparar la concentración de cualquiera de los iones en la solución.

En función de la concentración de los iones hidrogeno se consideran a los suelos como:

- 1.-Acidos
- 2.- Neutro o alcalino

Los valores del pH y los correspondientes contenidos de hidrogeno en gramo por equivalente sobre litro (g.eq/l), se presentan en el cuadro 18, en el que se puede ver que los suelos con una solución alcalina el valor del pH es mayor a 7.0.

El producto de la concentración de iones hidrogeno y de iones hidróxilo en una solución acuosa de cualquier valor del pH es igual a  $10^{-14}$ . Por ejemplo, el pH =7.0 significa que en la solución con este valor de pH, el producto  $C_{H^+}$  por  $C_{OH^-}$  es igual a  $0.0000001 \times 0.0000001 = 10^{-7} \times 10^{-7} = 10^{-14}$ . De esta ecuación surge que con una menor concentración de iones hidrogeno la concentración de iones hidróxilo aumenta con el mismo numero de veces, cuadro18.

**Cuadro 18** Valores del pH y concentración del ion hidrogeno( $H^+$ ) y del ion hidróxilo( $OH^-$ )

Acidez y alcalinidad de los suelos	pH	Concentración de iones g eq/l.	
		$H^+$	$OH^-$
Fuertemente ácidos	3.0 - 4.0	$10^{-3} - 10^{-4}$	$10^{-11} - 10^{-10}$
Ácidos	4.0 - 5.0	$10^{-4} - 10^{-5}$	$10^{-10} - 10^{-9}$
Débilmente ácidos	5.0 - 6.0	$10^{-5} - 10^{-6}$	$10^{-9} - 10^{-8}$
Neutral	7.0	$10^{-7}$	
Alcalinos	7.0 - 8.0	$10^{-7} - 10^{-8}$	$10^{-7} - 10^{-5}$
Fuertemente Alcalinos	8.0 - 9.0	$10^{-8} - 10^{-9}$	$10^{-6} - 10^{-5}$

La mayoría de las plantas crecen y se desarrollan normalmente en condición de reacción neutra.

En el cuadro 19 del perfil litológico Num 1 de la figura 7, se observa como a una profundidad de 0-70cm., el pH es alcalino  $\text{pH}=8.16-8.01$ . Este espesor corresponde al perfil mojado de los diferentes riegos con aguas del pozo de mediana salinidad

En el cuadro 22 del perfil litológico Num.2 de la figura 11, se observa como aquí la variación del pH a una profundidad de 0-70 cm., es 8.30 a 7.94

En el cuadro 25 del perfil litológico Num 3 de la figura 15, la variación del valor del pH a la profundidad de 0 -70 cm., es de 8.0 a 7.90

En el cuadro 28 del perfil litológico Num 4 de la figura 19, la variación del valor del pH a la profundidad de 0 -70 cm., es de 7.35 a 8.23

En el cuadro 31 del perfil litológico Num 5 de la figura 23, la variación del valor del pH a la profundidad de 0 -70 cm., es de 8.09 a 8.50

Para ver la línea que sigue el pH en el suelo, vea las gráficas, de las figuras de la 8, 12, 16, 20 y 24.

En este espesor de mojado, se tiene ocurrencia una mayor dinámica de movilidad de las soluciones salinas en los suelos. Aquí ocurren procesos de evapotranspiración o procesos de ascensión capilar. Evidentemente que durante la dinámica de descenso y ascenso de las soluciones ocurren procesos de hidrólisis de los compuestos del bicarbonato de sodio y del carbonato de calcio. En los procesos de mojado de los espesores agronómicos la caliza en forma de microconcentraciones, se solubiliza parcialmente. Aunque el proceso de solubilización de la caliza tiene lugar el proceso de precipitación de caliza debido al secado de los suelos motivado por los procesos de

### 5.2.2.-Distribución de la conductividad eléctrica (CE) en la profundidad del suelo.

En el cuadro 19 del perfil litológico Num 1 de la figura 7 se puede observar que se presenta un aumento de las sales solubles (altos valores de CE), en el espesor agronómico de mojado y secado hasta una profundidad de 0-70 cm. La conductividad eléctrica varía de 3.28-2.40 mmhos  $\text{cm}^{-1}$  en el estrato de saturación, gráfica, de la figura 8.

En el cuadro 22 del perfil litológico No2 de la figura 11, se puede observar que se presenta un aumento de las sales solubles (altos valores de CE), en el espesor agronómico de mojado y secado hasta una profundidad de 0-70 cm. La conductividad eléctrica varía de 1.00-2.55 mmhos. $\text{cm}^{-1}$  en el estrato de saturación, gráfica, de la figura 12.

En el cuadro 16 del perfil litológico Núm 3 de la figura 15, se puede observar que se presenta un aumento de las sales solubles (altos valores de CE), en el espesor agronómico de mojado y secado hasta una profundidad de 0-70 cm. La conductividad eléctrica varía de 1.74-3.75 mmhos  $\text{cm}^{-1}$  en el estrato de saturación, gráfica, de la figura 16.

En el cuadro 28 del perfil litológico Núm. 4 de la figura 19, se observa que se presenta un aumento de las sales solubles (altos valores de CE), en el espesor agronómico de mojado y secado hasta una profundidad de 0-70 cm. La conductividad eléctrica varía de 1.74-3.42 mmhos  $\text{cm}^{-1}$  en el estrato de saturación, gráfica, de la figura 20.

En el cuadro 31 del perfil litológico Núm. 5 de la figura 23, se puede observar que se presenta un aumento de las sales solubles (altos valores de CE), en el espesor agronómico de mojado y secado hasta una profundidad de 0-70 cm. La conductividad eléctrica varía de 1.47-2.81 mmhos  $\text{cm}^{-1}$  en el estrato de saturación, gráfica, de la figura 24.

5.2.3.- Distribución de la relación de adsorción de sodio o RAS. En los cuadros 10, 24, 27, 30, y 26 de los perfiles litológicos números del 1 al 5, figura 7, 11, 15, 19 y 23, se puede observar las diferentes concentraciones de los iones sodio( $\text{Na}^+$ ), calcio( $\text{Ca}^{2+}$ ) y magnesio( $\text{Mg}^{2+}$ ), en las soluciones de los suelos.

Los investigadores del laboratorio de salinidad de USA, proporcionaron la relación de adsorción de sodio(RAS) para caracterizar el status relativo del sodio en las soluciones de los suelos:

$$\text{RAS} = \frac{\text{Na}^+}{\frac{1}{2}(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})}$$

Donde todas las concentraciones están expresadas en miliequivalentes por litro a la menos uno ( $\text{meq.l}^{-1}$ ), la combinación sumatoria del ion calcio y del ion magnesio parece ser que no es estrictamente válido, ya que así se ha considerado para la mayoría de los casos. Esta combinación en sumatoria se hace útil porque cuando se determinan las cantidades de calcio y magnesio en las soluciones se puede entonces tener en cuenta que cantidad de iones divalentes existen, además de considerar el comportamiento del calcio y el magnesio en el complejo de intercambio catiónico de manera similar.

El status del sodio intercambiable en el suelo se puede predecir con suficiente aproximación partiendo del RAS y de la ecuación de intercambio catiónica de Gapon, E.N.

$$\text{RSI} = \frac{\% \text{Na}}{\% \text{Ca} + \% \text{Mg}} = \frac{\text{kgNa}}{\frac{1}{2}(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})}$$

donde:

RSI=Es la relación de sodio intercambiable y su concentración de iones es en  $\text{meq}/100\text{g}$

K= Es la constante de intercambio catiónico de Gapon, E:N

RAS= Es la relación de adsorción de sodio y se expresa en  $(\text{meq L}^{-1})^{1/2}$

En el perfil No 1 del cuadro 21 se puede observar que el valor del RAS varía de 3.05-1.92, en una profundidad de 0-70cm. En este espesor, como ya se ha mencionado, tienen lugar los procesos de mojado y de secado, es decir en el perfil agronómico está ocurriendo una acumulación de sales  $\text{CE}= 2.95\text{-}3.20\text{mmhos}$ ,  $\text{RAS}= 3.05\text{-}1.92$ . A una profundidad del perfil litológico de 70-280 cm., la concentración de sales es baja  $\text{CE}=1.61\text{-}1.34\text{ mmhos.cm}^{-1}$ . El valor del RAS con una profundidad de 70-280 cm., varía de 1.47-1.79

En el perfil No 2 del cuadro 24 se puede observar que el valor del RAS varía de 3.04-1.98 en una profundidad de 0-70cm. En este espesor, como ya se ha mencionado, tienen lugar los procesos de mojado y de secado, es decir en el perfil agronómico está ocurriendo una acumulación de sales  $\text{CE}= 1.34\text{-}2.55\text{ mmhos}$ ,  $\text{RAS}= 3.06\text{-}1.65$ . A una profundidad del perfil litológico de 70-280 cm., la concentración de sales es baja  $\text{CE}=0.38\text{-}2.14\text{ mmhos.cm}^{-1}$ . El valor del RAS con una profundidad de 70-280 cm., varía de 1.40-1.69

En el perfil No 3 del cuadro 27 se observa que el valor del RAS varía de 2.99-1.79, en una profundidad de 0-70cm. En este espesor, como ya se ha mencionado, tienen lugar los procesos de mojado y de secado, es decir en el perfil agronómico está ocurriendo una acumulación de sales  $\text{CE}= 1.74\text{-}3.75\text{mmhos}$ ,  $\text{RAS}= 3.23\text{-}1.62$ . A una profundidad del perfil litológico de 70-280 cm., la concentración de sales es baja  $\text{CE}=0.49\text{-}1.88\text{ mmhos.cm}^{-1}$ . El valor del RAS con una profundidad de 70-280 cm., varía de 1.45-1.67

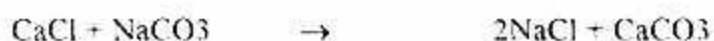
En el perfil No 4 del cuadro 30 se puede observar que el valor del RAS varía de 3.06-1.82, en una profundidad de 0-70cm. En este espesor, como ya se ha mencionado,

tienen lugar los procesos de mojado y de secado, es decir en el perfil agronómico esta ocurriendo una acumulación de sales  $CE= 2.08-3.42\text{mmhos}$ ,  $RAS= 2.30-1.82$ . A una profundidad del perfil litológico de 70-280 cm., la concentración de sales es baja  $CE=0.94-2.81\text{ mmhos.cm}^{-1}$  El valor del RAS con una profundidad de 70-280 cm., varia de 1.46-1.69

En el perfil No 5 del cuadro 33 se puede observar que el valor del RAS varia de 2.91-1.92, en una profundidad de 0-70cm. En este espesor, como ya se ha mencionado, tienen lugar los procesos de mojado y de secado, es decir en el perfil agronómico esta ocurriendo una acumulación de sales  $CE= 1.47-2.81\text{mmhos}$ ,  $RAS= 3.06-1.82$ . A una profundidad del perfil litológico de 70-280 cm., la concentración de sales es baja  $CE=1.61-22.14\text{ mmhos.cm}^{-1}$  El valor del RAS con una profundidad de 70-280 cm., varia de 1.43-1.69

5.2.4.- Distribución de la profundidad de los cloruros y de los sulfatos(Cl/SO<sub>4</sub>) Los valores relativos de la relación entre cloruros y sulfatos, predeterminan un proceso de acumulación de sales en las diferentes profundidades de cualquier perfil litológico. Cuando la relación Cl es mayor de 1.0 se presenta una acumulación de sales y de cloruros. En este caso se tienen un proceso de permanencia de cloruros de sodio(NaCl). Cuando la relación cloro/sulfato es menor de 1.0 se presenta una lixiviación de sales

La ecuación para la acumulación de cloruros es la siguiente:



La ecuación para acumulación de iones es la siguiente:



La acumulación de cloruros en los espesores superiores de los suelos se da como consecuencia de los procesos de evapotranspiración. También por una aplicación en exceso de las laminas de riego en los espesores inferiores puede acumularse los cloruros.

La acumulación de cloruros en los espesores inferiores se da como consecuencias de procesos de lixiviación.

En los cuadros 19, 22, 25, 28 y 31, se presentan los valores de la relación  $Cl/SO_4$ , se puede observar que los valores  $Cl/SO_4$  varían entre 1.92-1.35, en los diferentes perfiles litológicos a una profundidad variable de 0-30cm, es decir que la acumulación de sales se puede presentar en su perfil arable. La acumulación de cloruros en este espesor se debe a los procesos de evapotranspiración, ver gráficas de las figuras 8, 12, 16, 20 y 24.

5.2.5.- Distribución en profundidad de las bases intercambiables. La adsorción físico-química de los suelos está relacionada con la adsorción de iones en la doble capa eléctrica de los coloides.

Geodritz, K.K., 1785, llama a la adsorción físico-química adsorción de intercambio catiónico. Si un suelo se trata con solución salina, ocurre entonces una reacción de intercambio entre los cationes de la sal solubilizadora y los cationes que se encuentran en la capa de los iones compensadores de las micelas coloidales. Durante este proceso, cantidades equivalentes de cationes cambian de lugar, es decir, los cationes de la solución pasan a la capa compensadora de iones y estos pasan a la solución. El conjunto de coloides de los suelos, capaces de participar en las reacciones de intercambio, se llama complejo de intercambio catiónico y a los cationes que se encuentran en la capa compensadora de los micelas coloidales capaces de participar en la reacción de intercambio catiónico se les ha llamado cationes adsorbidos o intercambiables.



Estas propiedades específicas pueden aparecer solamente determinados estados de lixiviación (láminas de sobre riego) de los suelos y no pueden manifestarse durante el estado de reconcentración de las sales (procesos de evaporación).

c) Una reacción alcalina tóxica de la solución del suelo, relacionado con la formación de soda en un espesor de lixiviación de los demás electrolitos de la solución del suelo.

b) Pegajoso y casi una completa falta de estructura en estado húmedo.

a) Alta compactación y una estructura columnar en estado seco.

Por lo que respeta a los procesos físico-químicos debido a la introducción del ion sodio al complejo de intercambio catiónico, es necesario mencionar aquellos aspectos fundamentales de los suelos sódicos como son:

La composición y cantidad de los iones intercambiables tienen un aspecto muy considerables en las propiedades físico-químicas de los suelos, siendo que el calcio y el sodio tienen una gran importancia en la formación de la estructura. El calcio favorece una coagulación de los suelos, sin embargo completamente una acción contraria en la formación de la estructura muestra el ion sodio.

sódicos.

Los cationes intercambiables más difundidos en los suelos son: Calcio ( $\text{Ca}^{++}$ ), magnesio ( $\text{Mg}^{++}$ ), sodio ( $\text{Na}^+$ ), potasio ( $\text{K}^+$ ), amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), aluminio ( $\text{Al}^{+++}$ ), hierro ( $\text{Fe}^{+++}$ ) e hidrógeno ( $\text{H}^+$ ). Sin embargo en la mayoría de los suelos se determina solo calcio, magnesio, sodio y potasio. Siendo estos los más importantes en los suelos salinos.

En los cuadros 21, 24, 27, 30, 33 de los perfiles litológicos del Num 1 al 5 de la figuras 7, 11, 15, 19 y 23, se presentan la distribución del sodio intercambiable en profundidad. Observándose una variación en todos los diferentes espesores de mojado de 0-70cm., el ascenso capilar y lixiviación del sodio, se debe a las laminas de sobre riego y presenta valores de 0.75-4.83 % de sodio, en la capa arable.

Sin embargo en la profundidad equivalente a los espesores inferiores 170-280cm., las concentraciones del sodio varían de 2.5-3.2-5.5 % alcanzando valores, como en el caso del perfil litológico Núm. 2 de 14.63-22.06 % de sodio intercambiable.

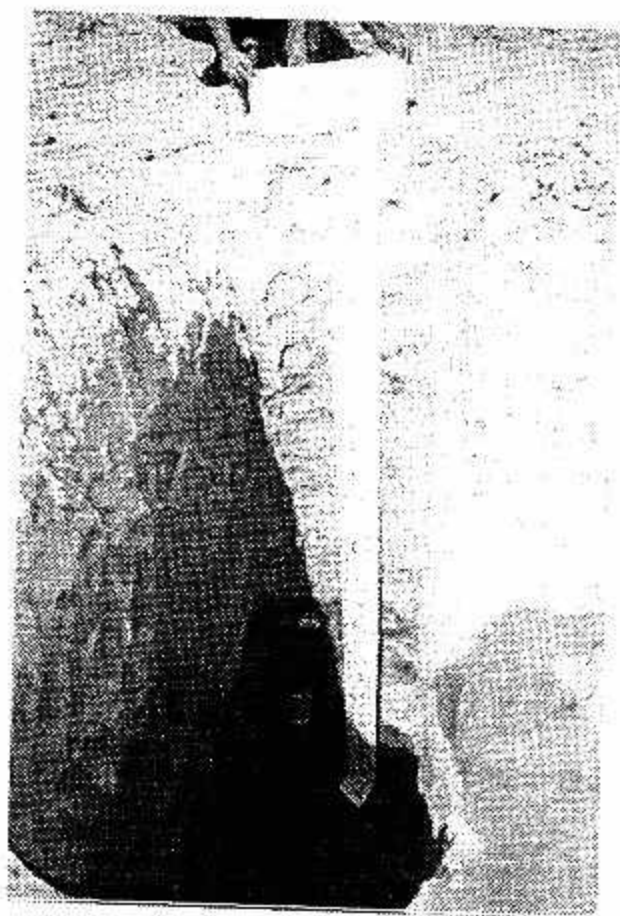
Esto significa que los espesores inferiores se están saturando paulatinamente con sodio intercambiable. La explicación de este fenómeno se debe a las laminas de sobreriego y a la alta migración y solubilidad del cloruro de sodio.

5.2.6.- Evaluación de los suelos salinos. Para determinar los contenidos de las sales solubles de cualquier espesor de suelo, se utilizan los extractos de suelo obtenido en dos relaciones suelo-agua fundamentalmente 1:0.2-0.6 (USA) y 1:5 (EX-URSS)

Es bien conocido que para obtener el extracto de suelo equivalente al extracto de saturación 1:0.2-0.6, en donde los suelos salinos sódicos tienen grandes dificultades, debido a que si los suelos tienen pequeñas cantidades de sodio intercambiable, estos suelos muestran pérdida de permeabilidad, sin embargo el caso de la obtención del extracto del suelo en la relación suelo-agua equivalente a la relación 1:5 la evaluación de las sales solubles es relativamente fácil.

En el la figura 27 se presenta la gráfica de la relación funcional entre la concentración de sales (CE), en la relación de extracción suelo-agua igual 1:5 y la concentración de sales (CE) en la relación de extracción suelo -agua 1:0.2-0.6

En forma experimental se ha establecido que las  $CE_{1.0-2.0.6} = 5.528 CE_{1.5}$ , es decir, que si se conoce la CE del extracto de suelo de la relación suelo agua, se puede determinar la conductividad eléctrica del extracto de saturación. Esto es muy importante desde el punto de vista de un manejo de los regimenes salinos de los suelos



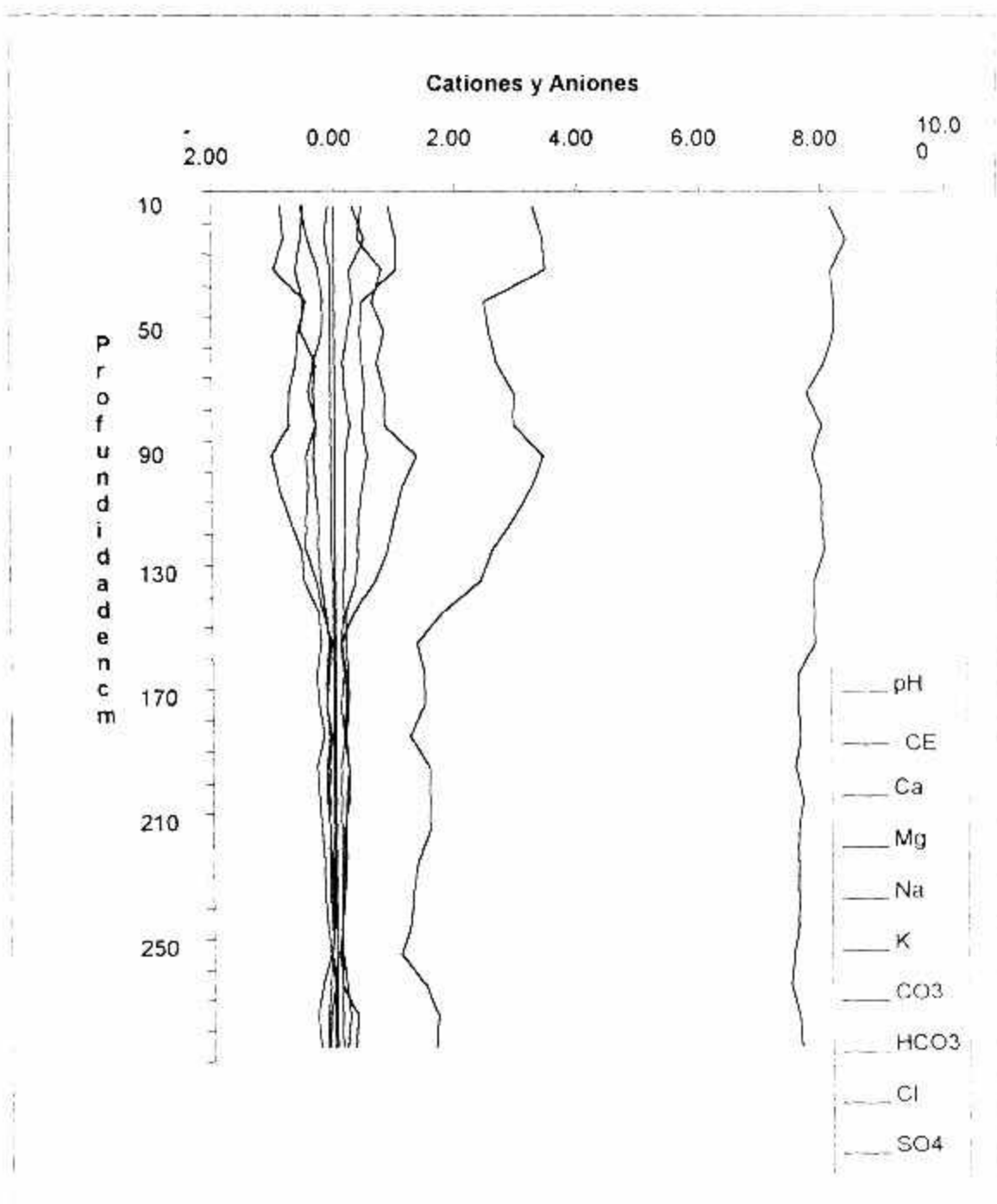
**Perfil litológico No. 1. Representativo del muestreo realizado cada 10 cm.**

**Figura 7**

**Cuadro.19.. Contenido de sales solubles en el suelo, determinados en el extracto de saturación relación agua-suelo 1:0.2-0.6**

**PERFIL LITOLÓGICO No1**

Prof.	pH	CE	Cationes solubles en meq/100 g					Aniones solubles en meq/100 g				
			Ca	Mg	Na	K	SUMA	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	SUMA
10	8.16	3.28	0.8545	0.5380	0.4935	0.1062	1.7080	0	0.3008	0.8930	0.4629	1.6567
20	8.38	3.42	0.8500	0.4400	0.5400	0.1675	1.9975	0	0.4900	1.0100	0.3777	1.8777
30	8.16	3.48	0.9964	0.2726	0.6392	0.0818	1.9900	0	0.2444	1.0246	0.7608	2.0298
40	8.19	2.48	0.4896	0.2016	0.5040	0.0605	1.2557	0	0.2880	0.4416	0.6265	1.3561
50	8.17	2.55	0.5720	0.1976	0.5668	0.0686	1.4050	0	0.2184	0.4264	0.8024	1.4472
60	8.01	2.68	0.6448	0.3432	0.3172	0.0562	1.3614	0	0.1456	0.4576	0.7037	1.3069
70	7.73	2.95	0.7579	0.4134	0.3392	0.0684	1.5789	0	0.1696	0.4982	0.8321	1.4999
80	7.99	2.95	0.7488	0.2976	0.2976	0.0677	1.4117	0	0.2496	0.4608	0.8001	1.5105
90	7.84	3.42	1.0296	0.4576	0.3536	0.0863	1.9271	0	0.1768	0.5200	1.3459	2.0427
100	7.97	3.22	0.9256	0.4264	0.3120	0.0764	1.7404	0	0.1768	0.4472	1.0816	1.7056
110	7.99	2.95	0.7548	0.4590	0.2601	0.0673	1.5412	0	0.1734	0.3672	0.9852	1.5258
120	8.02	2.60	0.5512	0.4784	0.2600	0.0629	1.3525	0	0.1872	0.3640	0.8689	1.4201
130	7.88	2.40	0.5170	0.3102	0.2115	0.0465	1.0852	0	0.1504	0.3290	0.6492	1.1286
140	7.86	1.74	0.2772	0.1848	0.1302	0.0252	0.6174	0	0.1176	0.1932	0.3128	0.6236
150	7.85	1.34	0.2240	0.0480	0.1040	0.0164	0.3924	0	0.1120	0.1680	0.0849	0.3649
160	7.58	1.47	0.3100	0.1000	0.1450	0.0170	0.5720	0	0.1300	0.2300	0.1662	0.5262
170	7.60	1.47	0.2538	0.1316	0.1363	0.0141	0.5358	0	0.1128	0.2068	0.1680	0.4876
180	7.63	1.21	0.1800	0.0810	0.1080	0.0099	0.3789	0	0.1170	0.1620	0.1378	0.4168
190	7.55	1.54	0.2970	0.0900	0.1395	0.0104	0.5369	0	0.0990	0.2250	0.2129	0.5369
200	7.66	1.54	0.2800	0.0960	0.1280	0.0088	0.5128	0	0.1040	0.2000	0.1934	0.4974
210	7.60	1.54	0.2368	0.0888	0.1221	0.0081	0.4558	0	0.0888	0.1480	0.1917	0.4285
220	7.58	1.34	0.1960	0.0560	0.1050	0.0081	0.3651	0	0.0840	0.1190	0.1694	0.3724
230	7.59	1.27	0.1776	0.0740	0.0962	0.0074	0.3552	0	0.1036	0.1406	0.1394	0.3836
240	7.60	1.21	0.1472	0.0448	0.0768	0.0061	0.2749	0	0.0960	0.1024	0.0847	0.2831
250	7.52	1.07	0.1200	0.0480	0.0690	0.0060	0.2430	0	0.0840	0.0900	0.0593	0.2333
260	7.46	1.47	0.2100	0.0350	0.1120	0.0088	0.3658	0	0.0910	0.1680	0.0885	0.3475
270	7.57	1.67	0.3182	0.1204	0.1505	0.0116	0.6007	0	0.0946	0.2064	0.3418	0.6428
280	7.63	1.61	0.2788	0.0902	0.1558	0.0123	0.5371	0	0.1066	0.1804	0.2823	0.5693



**PERFIL LITOLÓGICO No1**

**Figura 8. Distribución de las sales solubles, pH y CE en el extracto suelo-agua 1:0.2-6**

**Cuadro.20. Contenido de sales solubles en el suelo, determinados en el extracto de saturación relación agua-suelo 1:5**  
**PERFIL LITOLÓGICO No1**

Prof.	Ph	CE	Cationes solubles en meq/100					Aniones solubles en meq/100				
			Ca	Mg	Na	K	SUMA	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	SUMA
10	8.16	3.28	1.00	0.60	0.95	0.35	2.90	0	0.50	0.50	1.982	2.982
20	8.38	3.42	1.10	0.40	0.80	0.50	2.80	0	0.70	0.60	1.691	2.991
30	8.16	3.48	1.10	0.80	1.15	0.26	3.31	0	0.70	0.70	2.037	3.437
40	8.19	2.48	1.00	0.20	0.90	0.19	2.29	0	0.60	0.50	1.373	2.473
50	8.17	2.55	0.80	0.40	0.85	0.20	2.25	0	0.70	0.40	1.263	2.363
60	8.01	2.68	0.80	0.60	0.95	0.24	2.59	0	0.50	0.40	1.845	2.745
70	7.73	2.95	0.90	1.00	0.95	0.28	3.13	0	0.60	0.40	1.880	2.880
80	7.99	2.95	0.90	0.80	0.90	0.28	2.88	0	0.50	0.40	1.860	2.760
90	7.84	3.42	1.50	1.10	0.95	0.34	3.89	0	0.50	0.40	2.868	3.768
100	7.97	3.22	0.90	1.00	0.80	0.28	2.98	0	0.50	0.40	1.871	2.771
110	7.99	2.95	0.80	0.90	0.65	0.26	2.61	0	0.50	0.40	1.553	2.453
120	8.02	2.60	0.70	0.90	0.65	0.27	2.52	0	0.50	0.40	1.489	2.389
130	7.88	2.40	0.70	0.50	0.50	0.19	1.89	0	0.60	0.40	0.947	1.947
140	7.86	1.74	0.50	0.40	0.30	0.10	1.30	0	0.40	0.40	0.591	1.391
150	7.85	1.34	0.30	0.40	0.25	0.06	1.01	0	0.50	0.40	0.150	1.050
160	7.58	1.47	0.40	0.40	0.40	0.06	1.26	0	0.50	0.40	0.461	1.361
170	7.60	1.47	0.40	0.60	0.40	0.05	1.45	0	0.50	0.40	0.623	1.523
180	7.63	1.21	0.40	0.40	0.20	0.03	1.03	0	0.40	0.30	0.392	1.092
190	7.55	1.54	0.50	0.50	0.45	0.03	1.48	0	0.40	0.40	0.562	1.362
200	7.66	1.54	0.50	0.50	0.55	0.05	1.60	0	0.40	0.40	0.731	1.531
210	7.60	1.54	0.50	0.60	0.25	0.02	1.37	0	0.40	0.30	0.624	1.324
220	7.58	1.34	0.50	0.60	0.75	0.08	1.93	0	0.30	0.30	1.190	1.790
230	7.59	1.27	0.40	0.60	0.10	0.02	1.12	0	0.40	0.30	0.348	1.048
240	7.60	1.21	0.30	0.50	0.35	0.03	1.18	0	0.40	0.20	0.516	1.116
250	7.52	1.07	0.40	0.30	0.05	0.01	0.76	0	0.30	0.20	0.283	0.783
260	7.46	1.47	0.30	0.40	0.20	0.02	0.92	0	0.40	0.30	0.279	0.979
270	7.57	1.67	0.50	0.90	0.35	0.02	1.77	0	0.40	0.30	1.141	1.841
280	7.63	1.61	0.50	0.50	0.40	0.03	1.43	0	0.40	0.30	0.839	1.539

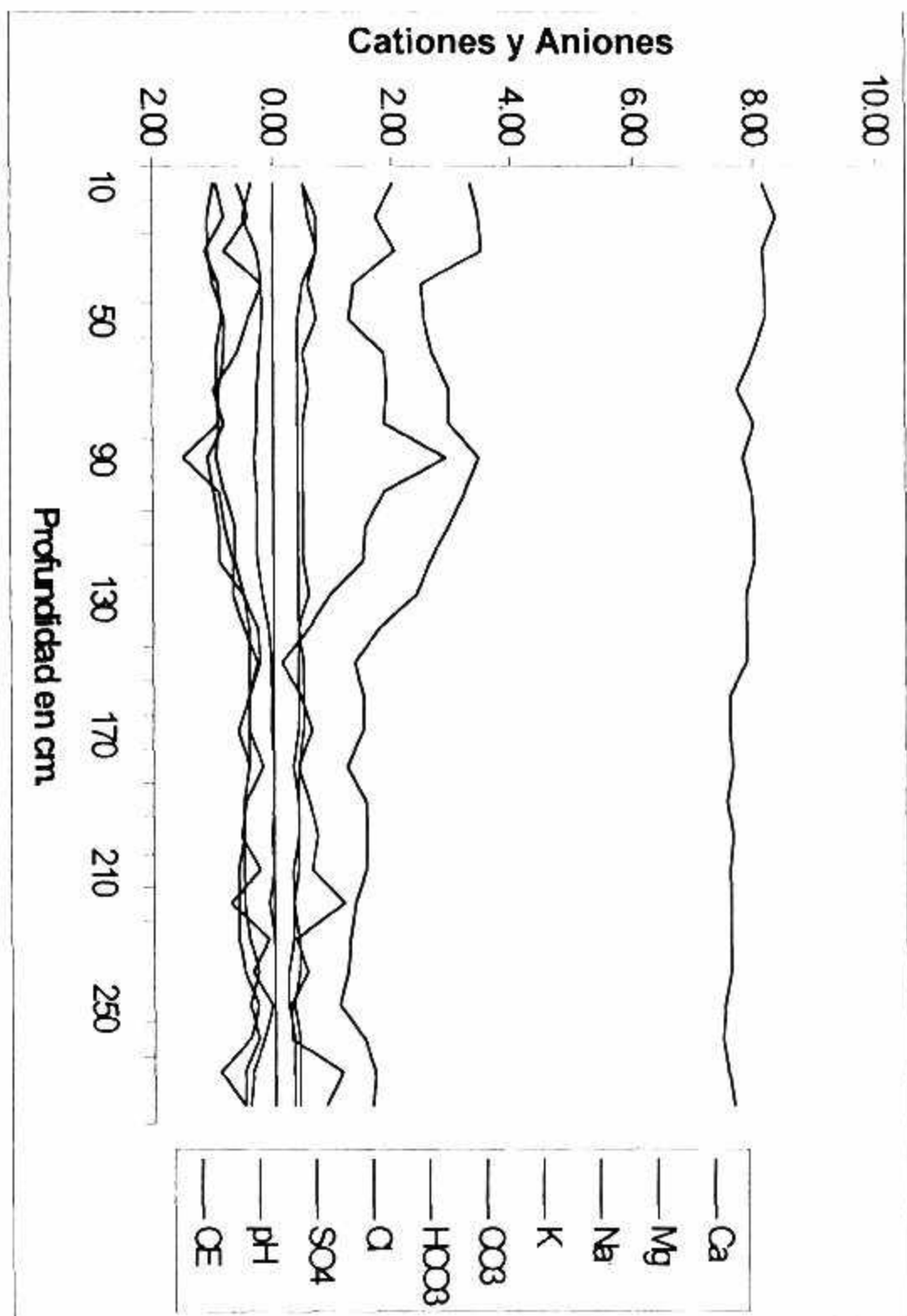


Figura 9. Distribución de las sales solubles pH y CE en el extracto 1:5



Cuadro 21..Cationes intercambiables

PERFIL LITOLÓGICO No1

Prof.	Cationes Intercambiables en meq/100 g				C.I.C
	Ca	Mg	Na	K	SUMA
10	9.47	1.71	0.09	1.49	12.57
20	8.71	2.08	0.34	1.60	12.05
30	9.20	2.49	0.16	1.35	13.20
40	10.79	4.10	0.36	1.39	15.91
50	13.15	2.44	0.09	1.56	17.06
60	13.12	3.10	0.24	1.73	18.19
70	11.08	4.31	0.02	1.45	16.86
80	10.65	4.94	0.12	1.70	7.42
90	8.49	3.10	0.45	1.83	13.87
100	8.55	4.29	0.49	1.84	15.18
110	8.09	2.86	0.14	1.72	12.53
120	10.45	2.16	0.20	2.09	14.90
130	9.00	3.25	0.03	1.81	14.09
140	7.12	1.22	0.03	1.41	9.78
150	8.38	2.95	0.38	1.54	13.25
160	9.13	4.02	0.16	1.34	14.65
170	9.63	2.99	0.36	1.26	14.23
180	9.38	4.84	0.57	1.17	15.96
190	10.22	1.71	0.30	1.09	13.32
200	10.44	2.50	0.11	1.00	454.06
210	10.92	3.35	0.10	1.00	15.37
220	6.68	2.90	0.30	0.97	10.85
230	6.50	2.89	0.30	0.83	10.52
240	6.21	1.92	0.52	0.79	9.45
250	6.04	2.99	0.73	0.69	10.46
260	7.95	2.17	0.37	0.78	11.28
270	11.04	4.00	0.05	1.02	18.11
280	11.40	4.67	0.04	1.58	15.48

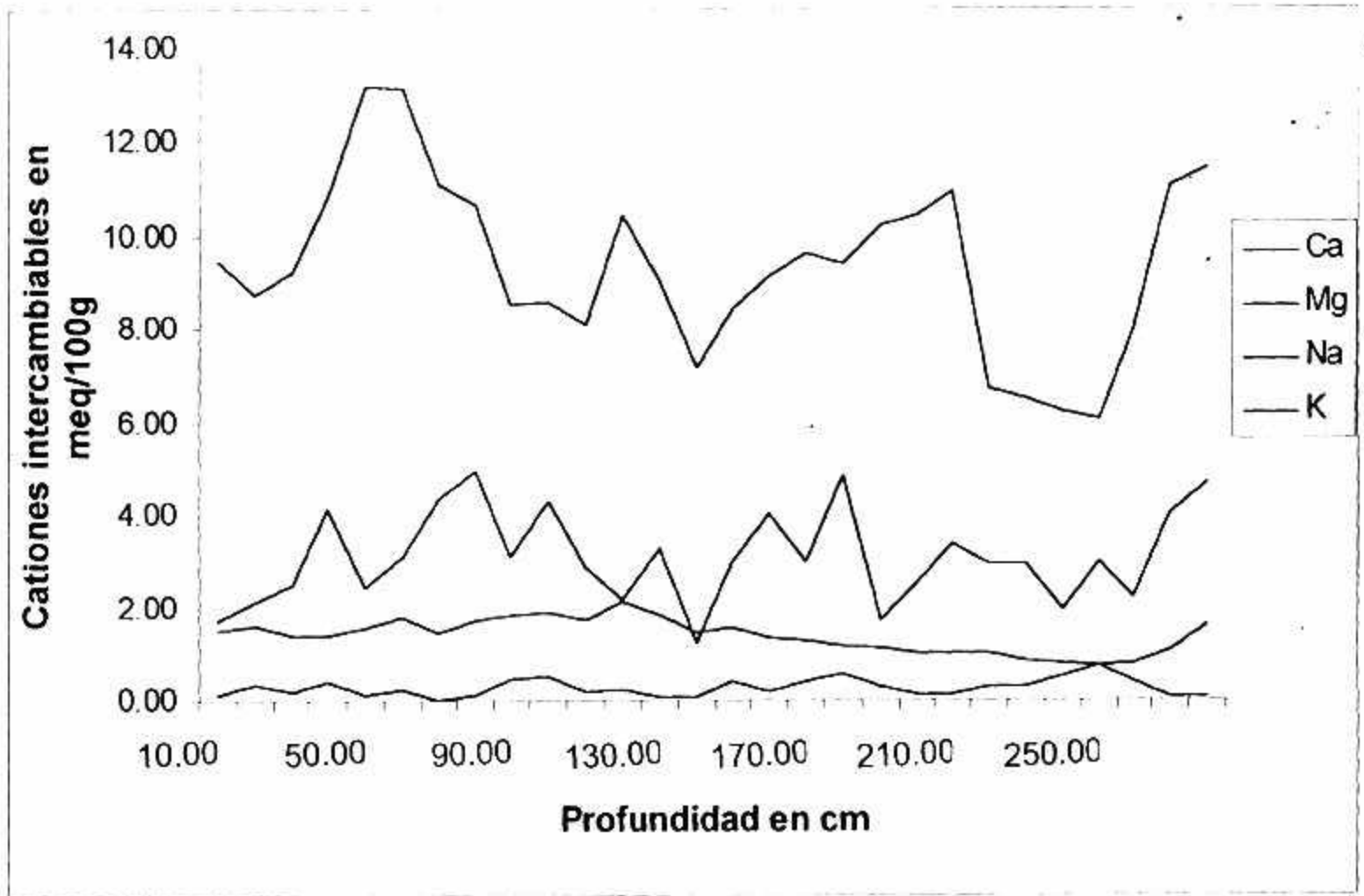
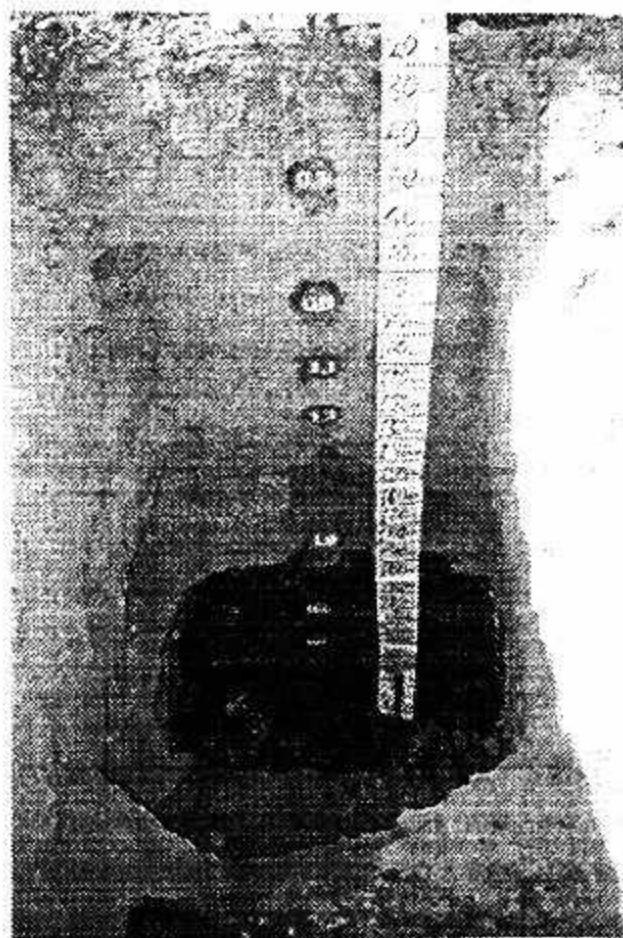


Figura 10. Distribución de los cationes intercambiables en saturación. 1:0.2-.6

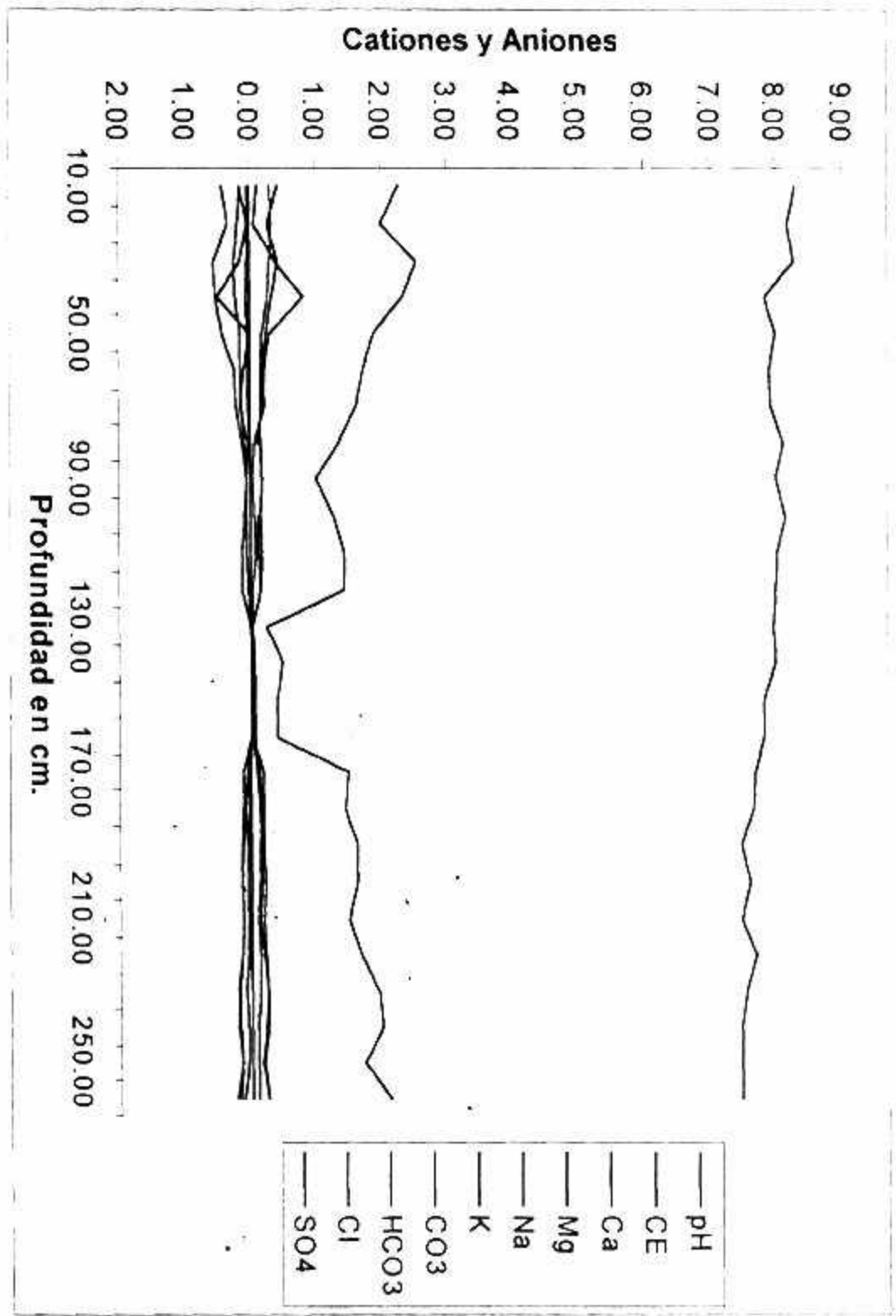


**Perfil litológico No. 2. Representativo del muestreo realizado cada 10 cm.**

**Figura 11**

**Cuadro.22. Contenido de sales solubles en el suelo, determinados en el extracto de saturación relación agua-suelo 1:0.2-0.6**  
**PERFIL LITOLÓGICO No2**

PROF.	pH	CE	Cationes solubles en meq/100 g					Aniones solubles en meq/100				
			Ca	Mg	Na	K	SUMA	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	SUMA
10	8.30	2.29	0.4410	0.1530	0.1800	0.0536	0.8276	0	0.2970	0.4050	0.1090	0.8110
20	8.19	2.01	0.3600	0.0360	0.1890	0.0392	0.6242	0	0.3150	0.2700	0.0329	0.6179
30	8.28	2.55	0.5612	0.1748	0.2438	0.0501	1.0299	0	0.2852	0.4232	0.3730	1.0814
40	7.84	2.34	0.5400	0.4900	0.2300	0.0610	1.3210	0	0.2500	0.3200	0.8038	1.3738
50	8.00	1.89	0.4320	0.0270	0.1665	0.0482	0.6737	0	0.1620	0.2160	0.3024	0.6804
60	7.90	1.74	0.2700	0.1080	0.1530	0.0428	0.5738	0	0.1440	0.1800	0.2096	0.5336
70	7.94	1.61	0.2160	0.1600	0.1320	0.0364	0.5444	0	0.1360	0.1680	0.1968	0.5008
80	8.12	1.34	0.1400	0.0490	0.0980	0.0256	0.3126	0	0.1540	0.0980	0.0324	0.2844
90	7.98	1.00	0.0770	0.0630	0.0805	0.0210	0.2415	0	0.1610	0.0980	0.0137	0.2657
100	8.15	1.27	0.1120	0.0630	0.1050	0.0249	0.3049	0	0.1470	0.0980	0.0599	0.3049
110	8.03	1.41	0.1406	0.0814	0.1332	0.0289	0.3841	0	0.1628	0.1184	0.0913	0.3725
120	7.99	1.41	0.1260	0.0490	0.1295	0.0263	0.3308	0	0.1540	0.1260	0.0309	0.3109
130	7.97	0.24	0.0150	0.0200	0.0025	0.0060	0.0435	0	0.0225	0.0200	0.0019	0.0444
140	7.98	0.46	0.0150	0.0200	0.0250	0.0115	0.0715	0	0.0500	0.0200	0.0072	0.0772
150	7.82	0.38	0.0108	0.0162	0.0189	0.0116	0.0575	0	0.0432	0.0216	0.0013	0.0661
160	7.81	0.38	0.0108	0.0162	0.0216	0.0119	0.0605	0	0.0486	0.0189	0.0021	0.0696
170	7.69	1.47	0.1258	0.0740	0.1369	0.0329	0.3696	0	0.1036	0.1776	0.0699	0.3511
180	7.65	1.41	0.1110	0.1110	0.1258	0.0370	0.3848	0	0.1332	0.1554	0.1231	0.4117
190	7.46	1.61	0.1480	0.0666	0.1591	0.0352	0.4089	0	0.1036	0.1776	0.1522	0.4334
200	7.58	1.61	0.1628	0.0888	0.1739	0.0285	0.4540	0	0.0962	0.2072	0.1415	0.4449
210	7.47	1.47	0.1258	0.0666	0.1369	0.0303	0.3596	0	0.0888	0.1554	0.1118	0.3560
220	7.70	1.67	0.1628	0.0666	0.1628	0.0355	0.4277	0	0.0962	0.1850	0.1679	0.4491
230	7.52	1.94	0.2146	0.0962	0.1924	0.0281	0.5313	0	0.1036	0.2220	0.2270	0.5526
240	7.47	2.01	0.2176	0.0884	0.1870	0.0153	0.5083	0	0.0884	0.2244	0.2006	0.5134
250	7.46	1.74	0.1700	0.0884	0.1564	0.0122	0.4270	0	0.0884	0.1836	0.1251	0.3971
260	7.46	2.14	0.2652	0.1224	0.1904	0.0143	0.5923	0	0.0680	0.2380	0.2389	0.5449

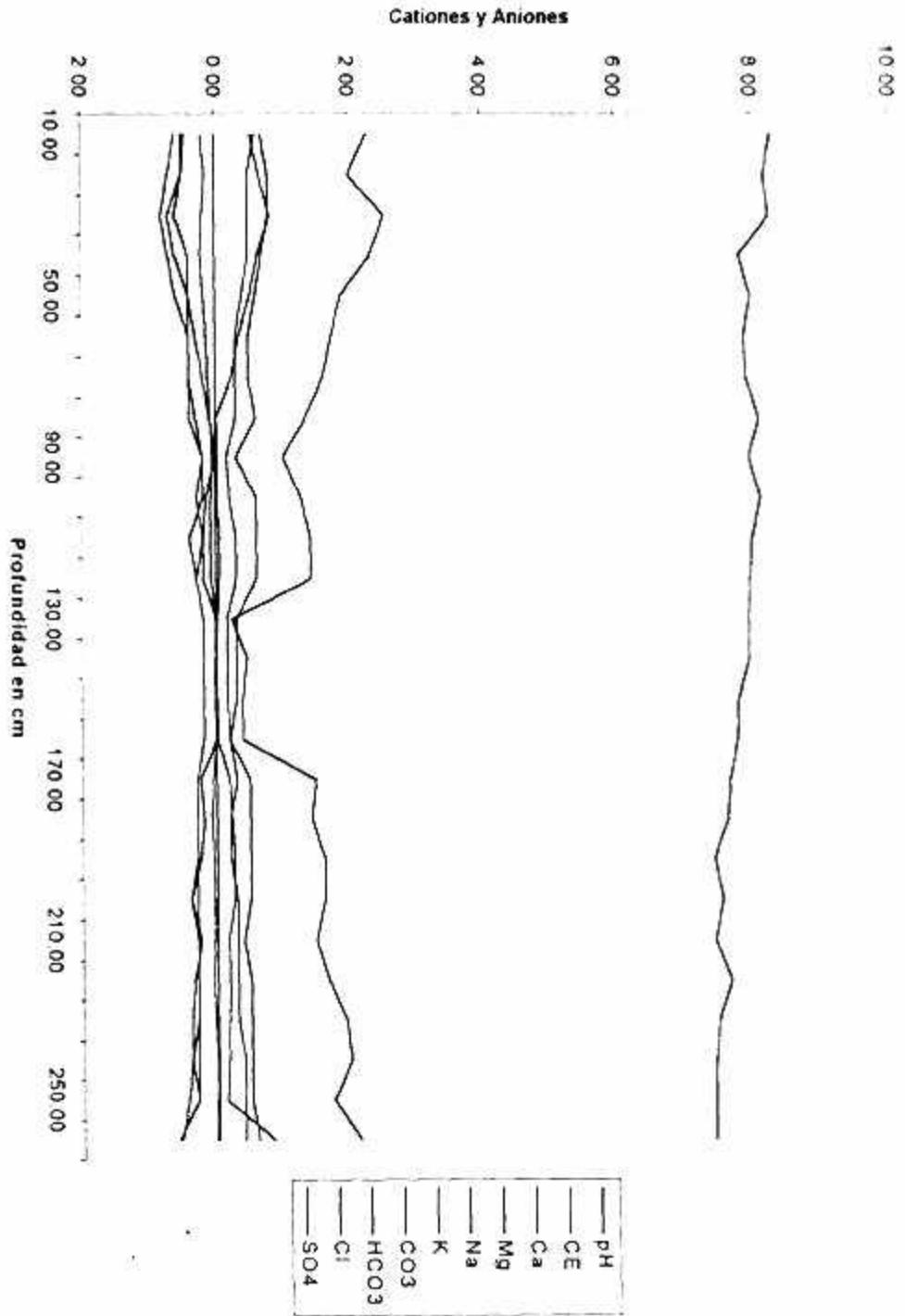


PERFIL LITOLÓGICO No. 2

Figura 12. Distribución de las sales solubles, pH y CE en el extracto suelo-agua 1:0.2-.6

**Cuadro.23. Contenido de sales solubles en el suelo, determinados en el extracto de saturación relación agua-suelo 1:5 PERFIL LITOLÓGICO No2**

Prof.	pH	CE	Cationes solubles en meq/100					Aniones solubles en meq/100				
			Ca	Mg	Na	K	SUMA	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	SUMA
10	8.30	2.29	0.60	0.50	0.45	0.21	1.76	0	0.70	0.60	0.543	1.843
20	8.19	2.01	0.70	0.50	0.50	0.15	1.85	0	0.80	0.50	0.661	1.961
30	8.28	2.55	0.80	0.60	0.70	0.20	2.30	0	0.80	0.50	0.816	2.116
40	7.84	2.34	0.70	0.40	0.60	0.22	1.92	0	0.70	0.50	0.643	1.843
50	8.00	1.89	0.60	0.40	0.40	0.17	1.57	0	0.60	0.40	0.518	1.518
60	7.90	1.74	0.40	0.40	0.30	0.14	1.24	0	0.50	0.30	0.353	1.153
70	7.94	1.61	0.40	0.40	0.20	0.11	1.11	0	0.50	0.30	0.243	1.043
80	8.12	1.34	0.30	0.40	0.10	0.09	0.89	0	0.60	0.30	0.012	0.912
90	7.98	1.00	0.20	0.20	0.00	0.05	0.45	0	0.30	0.15	0.036	0.486
100	8.15	1.27	0.30	0.20	0.15	0.08	0.73	0	0.60	0.20	0.010	0.810
110	8.03	1.41	0.20	0.40	0.20	0.09	0.89	0	0.60	0.30	0.061	0.961
120	7.99	1.41	0.30	0.30	0.20	0.08	0.88	0	0.60	0.30	0.045	0.945
130	7.97	0.24	0.20	0.20	0.00	0.02	0.42	0	0.30	0.15	0.019	0.469
140	7.98	0.46	0.20	0.20	0.00	0.01	0.41	0	0.30	0.15	0.001	0.451
150	7.82	0.38	0.20	0.20	0.00	0.03	0.43	0	0.30	0.15	0.005	0.455
160	7.81	0.38	0.20	0.20	0.00	0.00	0.40	0	0.20	0.20	Cl 0.016	0.416
170	7.69	1.47	0.30	0.30	0.25	0.06	0.91	0	0.50	0.30	0.177	0.977
180	7.65	1.41	0.30	0.30	0.20	0.09	0.89	0	0.50	0.20	0.229	0.929
190	7.46	1.61	0.30	0.30	0.25	0.06	0.91	0	0.50	0.20	0.259	0.959
200	7.58	1.61	0.40	0.30	0.40	0.05	1.15	0	0.50	0.30	0.258	1.058
210	7.47	1.47	0.30	0.30	0.25	0.05	0.90	0	0.40	0.30	0.159	0.859
220	7.70	1.67	0.30	0.30	0.35	0.07	1.02	0	0.50	0.30	0.185	0.985
230	7.52	1.94	0.30	0.30	0.40	0.04	1.04	0	0.50	0.30	0.163	0.963
240	7.47	2.01	0.40	0.30	0.40	0.02	1.12	0	0.50	0.40	0.153	1.053
250	7.46	1.74	0.30	0.30	0.45	0.02	1.07	0	0.50	0.40	0.117	1.017
260	7.46	2.14	0.60	0.60	0.55	0.03	1.78	0	0.60	0.40	0.833	1.833



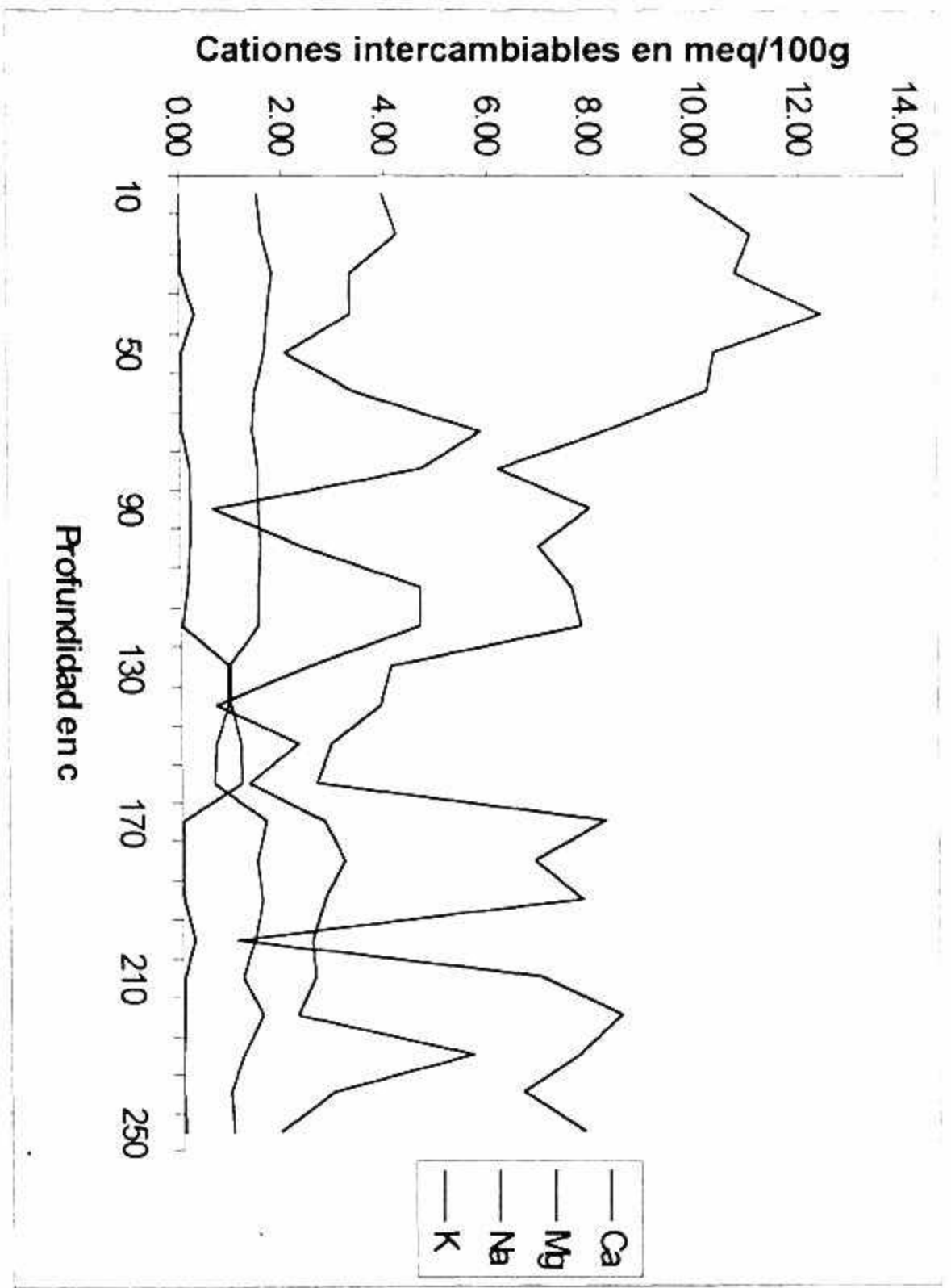
PERFIL LITOLÓGICO No. 2

Figura 13. Distribución de las sales solubles pH y CE en el extracto 1:5

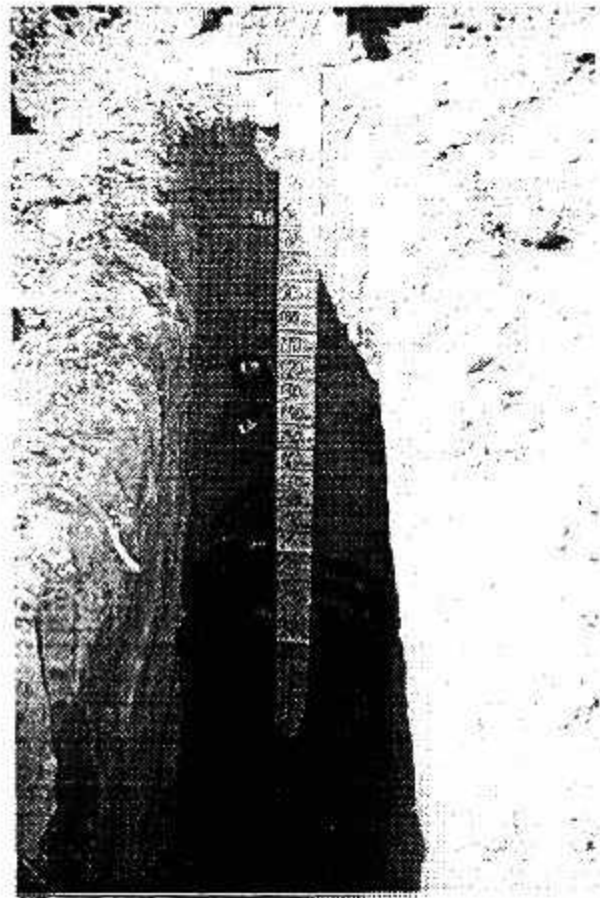
**Cuadro 24. Cationes intercambiables      PERFIL LITOLÓGICO 2**

Prof.	Cationes Intercambiables en meq/100 g				C.I.C
	Ca	Mg	Na	K	SUMA
10	9.92	3.97	0.02	1.50	16.88
20	11.08	4.28	0.01	1.61	15.63
30	10.76	3.31	-0.04	1.79	17.45
40	12.38	3.31	-0.30	1.73	14.19
50	10.37	2.05	0.03	1.66	15.33
60	10.25	3.37	0.05	1.48	15.60
70	8.26	5.88	-0.03	1.43	12.55
80	6.22	4.71	0.18	1.50	10.36
90	8.00	0.66	0.20	1.53	11.13
100	7.01	2.42	0.18	1.57	14.02
110	7.62	4.68	0.15	1.54	13.71
120	7.83	4.68	-0.03	1.51	13.71
130	4.11	2.50	1.00	0.91	8.52
140	3.91	0.70	0.98	0.92	6.50
150	2.95	2.30	1.18	0.69	7.12
160	2.63	1.34	1.18	0.63	5.78
170	8.27	2.77	0.06	1.64	12.74
180	6.89	3.17	0.03	1.48	11.38
190	7.81	2.77	0.04	1.55	12.18
200	1.08	2.55	0.23	1.40	5.26
210	6.99	2.57	0.06	1.16	10.79
220	8.56	2.25	0.04	1.57	12.42
230	7.75	5.70	0.01	1.18	14.64
240	6.66	2.95	0.01	0.95	10.58
250	7.83	1.91	0.04	0.98	10.76





PERFIL LITOLÓGICO No. 2  
 Figura 14. Distribución de los cationes intercambiables en saturación 1:0.2-.6

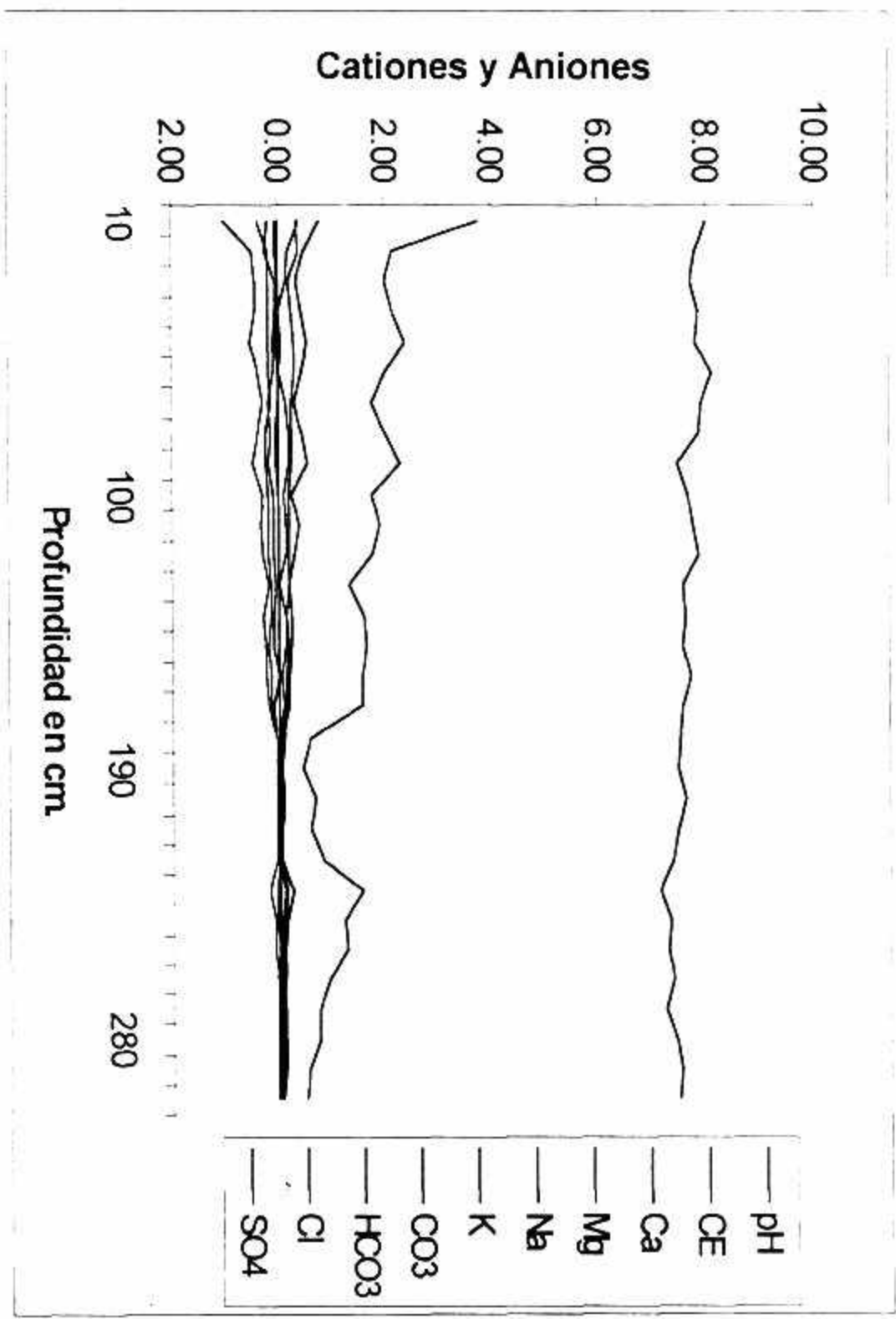


**Perfil litológico No. 3. Representativo del muestreo realizado cada 10 cm.**

**Figura 15**

**Cuadro 25. Contenido de sales solubles en el suelo, determinados en el extracto de saturación relación agua-suelo 1:0.2-0.6 PERFIL No 3**

PROF.	pH	CE	Cationes solubles en meq/100 g					Aniones solubles en meq/100 g				
			Ca	Mg	Na	K	SUMA	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	SUMA
10	8.00	3.75	1.0340	0.2068	0.3807	0.0461	1.6676	0	0.3196	0.7896	0.4083	1.5175
20	7.80	2.14	0.4700	0.2350	0.1927	0.0268	0.9245	0	0.3666	0.4700	0.1803	1.0169
30	7.70	2.01	0.4230	0.0658	0.1833	0.0202	0.6923	0	0.2162	0.3384	0.1377	0.6923
40	7.84	2.14	0.4606	0.0470	0.2021	0.0244	0.7341	0	0.2538	0.4512	0.0071	0.7121
50	7.80	2.41	0.5428	0.0920	0.2116	0.0322	0.8786	0	0.2944	0.5336	0.0330	0.8610
60	8.08	2.01	0.3760	0.0846	0.1833	0.0240	0.6679	0	0.3102	0.4230	0.0015	0.7347
70	7.90	1.74	0.2790	0.1980	0.1665	0.0198	0.6633	0	0.2610	0.3060	0.1494	0.7164
80	7.87	2.01	0.4136	0.1692	0.2303	0.0254	0.8385	0	0.2256	0.4324	0.2056	0.8636
90	7.48	2.28	0.4800	0.2090	0.2650	0.0350	0.9800	0	0.2200	0.5400	0.1808	0.9408
100	7.66	1.74	0.2856	0.0840	0.1848	0.0176	0.5720	0	0.1764	0.2520	0.1150	0.5434
110	7.74	1.88	0.3192	0.1176	0.1890	0.0239	0.6497	0	0.1764	0.3948	0.1240	0.6952
120	7.87	1.74	0.3108	0.0840	0.1806	0.0168	0.5922	0	0.1848	0.3108	0.1321	0.6277
130	7.58	1.34	0.2016	0.0588	0.1386	0.0126	0.4116	0	0.1932	0.2100	0.0002	0.4034
140	7.63	1.61	0.2772	0.0756	0.1680	0.0139	0.5347	0	0.1512	0.2520	0.1261	0.5293
150	7.58	1.67	0.2580	0.0774	0.1849	0.0155	0.5358	0	0.1720	0.2666	0.1240	0.5626
160	7.72	1.54	0.2320	0.0240	0.1520	0.0124	0.4204	0	0.1600	0.2160	0.0612	0.4372
170	7.56	1.54	0.2072	0.0740	0.1406	0.0100	0.4318	0	0.1480	0.1998	0.0883	0.4361
180	7.53	0.60	0.0324	0.0432	0.0324	0.0022	0.1102	0	0.0837	0.0405	0.0025	0.1267
190	7.47	0.43	0.0240	0.0180	0.0300	0.0021	0.0741	0	0.0600	0.0240	0.0012	0.0852
200	7.60	0.69	0.0350	0.0350	0.0525	0.0033	0.1258	0	0.0750	0.0600	0.0096	0.1446
210	7.48	0.57	0.0280	0.0280	0.0392	0.0028	0.0980	0	0.0550	0.0560	0.0007	0.1127
220	7.36	0.84	0.0414	0.0230	0.0552	0.0037	0.1233	0	0.0690	0.0690	0.0001	0.1381
230	7.13	1.54	0.2070	0.0630	0.2070	0.0126	0.4896	0	0.1440	0.2340	0.0969	0.4749
240	7.30	1.21	0.1088	0.0576	0.1120	0.0074	0.2858	0	0.0960	0.1280	0.0446	0.2686
250	7.28	1.27	0.1080	0.0216	0.0972	0.0068	0.2336	0	0.0756	0.1080	0.0546	0.2382
260	7.36	0.94	0.0598	0.0322	0.0621	0.0046	0.1587	0	0.0598	0.0782	0.0334	0.1714
270	7.23	0.74	0.0486	0.0216	0.0513	0.0041	0.1256	0	0.0810	0.0540	0.0006	0.1356
280	7.41	0.74	0.0480	0.0240	0.0510	0.0045	0.1275	0	0.0900	0.0540	0.0026	0.1466
290	7.50	0.56	0.0360	0.0240	0.0390	0.0039	0.1029	0	0.0780	0.0330	0.0001	0.1111
300	7.45	0.49	0.0330	0.0198	0.0330	0.0036	0.0894	0	0.0660	0.0330	0.0038	0.1028



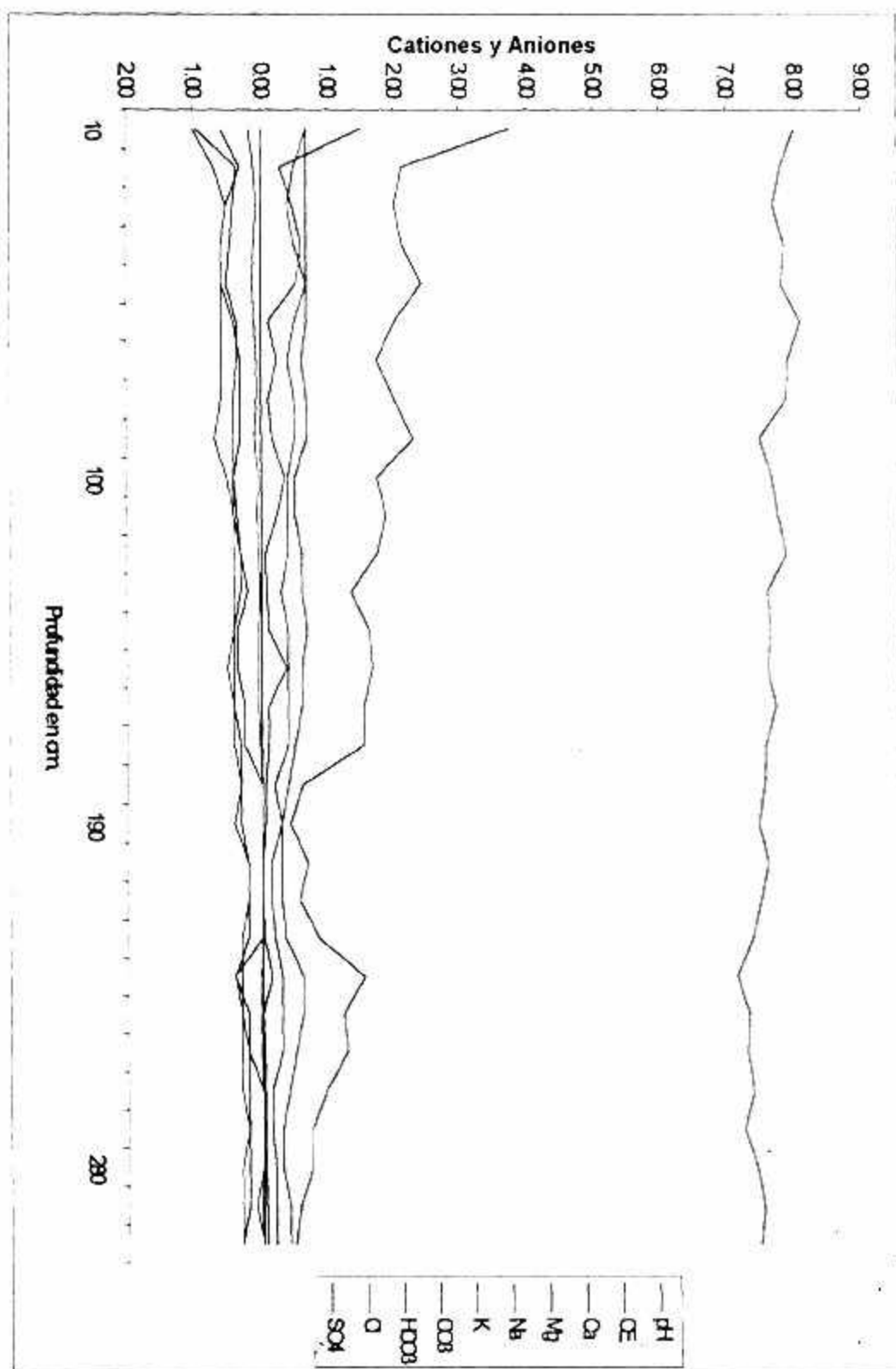
PERFIL LITOLÓGICO No. 3

Figura 16. Distribución de las sales solubles, pH y CE en el extracto suelo-agua 1:0.2-.6

26. Contenido de las sales solubles determinados en el extracto de suelo –agua 1:5

PERFIL LITOLÓGICO No 3

PROF.	pH	CE	Cationes solubles en meq/100					Aniones solubles en meq/100				
			Ca	Mg	Na	K	SUMA	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	SUMA
10	8.00	3.75	1.00	0.60	0.95	0.17	2.72	0	0.70	0.70	1.510	2.910
20	7.80	2.14	0.70	0.30	0.35	0.08	1.43	0	0.70	0.50	0.287	1.487
30	7.70	2.01	0.50	0.50	0.40	0.07	1.47	0	0.70	0.40	0.482	1.582
40	7.84	2.14	0.60	0.60	0.45	0.08	1.73	0	0.70	0.50	0.611	1.811
50	7.80	2.41	0.60	0.60	0.50	0.12	1.82	0	0.70	0.70	0.529	1.929
60	8.08	2.01	0.60	0.40	0.35	0.08	1.43	0	0.70	0.50	0.111	1.311
70	7.90	1.74	0.60	0.30	0.35	0.06	1.31	0	0.60	0.40	0.258	1.258
80	7.87	2.01	0.60	0.30	0.40	0.06	1.36	0	0.70	0.50	0.119	1.319
90	7.48	2.28	0.70	0.30	0.40	0.09	1.49	0	0.70	0.50	0.181	1.381
100	7.66	1.74	0.50	0.40	0.40	0.04	1.34	0	0.50	0.40	0.360	1.260
110	7.74	1.88	0.40	0.40	0.35	0.07	1.22	0	0.50	0.40	0.254	1.154
120	7.87	1.74	0.40	0.30	0.30	0.03	1.03	0	0.60	0.40	0.061	1.061
130	7.58	1.34	0.40	0.30	0.20	0.02	0.92	0	0.60	0.30	0.079	0.979
140	7.63	1.61	0.40	0.40	0.35	0.03	1.18	0	0.70	0.40	0.122	1.222
150	7.58	1.67	0.40	0.50	0.35	0.03	1.28	0	0.60	0.40	0.382	1.382
160	7.72	1.54	0.40	0.40	0.25	0.03	1.08	0	0.60	0.40	0.129	1.129
170	7.56	1.54	0.30	0.40	0.25	0.01	0.96	0	0.50	0.40	0.118	1.018
180	7.53	0.60	0.30	0.30	0.00	0.00	0.60	0	0.40	0.20	0.060	0.660
190	7.47	0.43	0.30	0.40	0.00	0.00	0.70	0	0.30	0.30	0.072	0.672
200	7.60	0.69	0.20	0.20	0.00	0.00	0.40	0	0.30	0.15	0.010	0.460
210	7.48	0.57	0.20	0.20	0.00	0.00	0.40	0	0.30	0.15	0.010	0.460
220	7.36	0.84	0.30	0.20	0.00	0.00	0.50	0	0.35	0.20	0.047	0.600
230	7.13	1.54	0.30	0.40	0.40	0.01	1.11	0	0.60	0.30	0.150	1.050
240	7.30	1.21	0.30	0.30	0.20	0.01	0.81	0	0.60	0.30	0.002	0.902
250	7.28	1.27	0.20	0.30	0.20	0.02	0.72	0	0.50	0.30	0.028	0.828
260	7.36	0.94	0.20	0.30	0.00	0.00	0.50	0	0.40	0.15	0.025	0.575
270	7.23	0.74	0.20	0.20	0.00	0.00	0.40	0	0.30	0.15	0.030	0.480
280	7.41	0.74	0.30	0.20	0.00	0.00	0.50	0	0.30	0.20	0.040	0.540
290	7.50	0.56	0.30	0.20	0.10	0.02	0.62	0	0.40	0.20	0.064	0.664
300	7.45	0.49	0.30	0.30	0.00	0.00	0.60	0	0.40	0.20	0.060	0.660



**PERFIL LITOLÓGICO No. 3**

Figura 17. Distribución de las sales solubles Ph y CE en el extracto. 1:5

**Cuadro 27. Cationes intercambiables perfil No3**

PROF.	Cationes Intercambiables en meq/100 g				C.I.C
	Ca	Mg	Na	K	SUMA
10	7.49	1.52	0.21	1.13	10.35
20	9.86	1.63	0.02	1.03	12.54
30	11.49	3.89	0.01	1.01	16.40
40	11.78	2.27	0.02	0.93	15.00
50	11.30	0.83	0.00	0.95	13.08
60	10.78	2.07	0.01	1.04	13.87
70	11.38	2.44	0.02	1.02	14.85
80	10.52	2.32	0.03	0.85	13.73
90	9.75	1.83	0.03	0.83	12.38
100	10.00	2.12	0.07	0.74	12.79
110	8.65	2.44	0.02	0.84	11.95
120	9.44	1.32	0.15	0.77	11.38
130	7.85	2.64	0.02	1.03	11.54
140	7.96	1.70	0.02	0.85	10.53
150	8.20	2.64	0.13	0.82	11.54
160	8.86	2.20	0.02	0.92	12.00
170	8.57	1.42	0.05	0.98	11.01
180	7.43	2.21	0.06	0.92	10.62
190	7.67	1.08	0.17	0.92	9.83
200	3.20	1.28	0.97	0.46	5.91
210	5.17	1.21	0.95	0.46	7.77
220	4.09	0.57	0.56	0.64	5.86
230	4.40	0.94	0.74	0.54	6.62
240	9.99	1.38	0.01	0.84	12.20
250	8.17	1.82	0.10	0.79	10.88
260	7.21	2.18	0.51	0.56	10.47
270	5.78	1.21	1.14	0.60	8.72
280	5.47	0.90	1.08	0.56	8.00
290	5.15	1.54	1.66	0.58	8.41
300	5.36	1.86	1.16	0.56	8.74
310	5.47	1.42	1.17	0.66	8.71



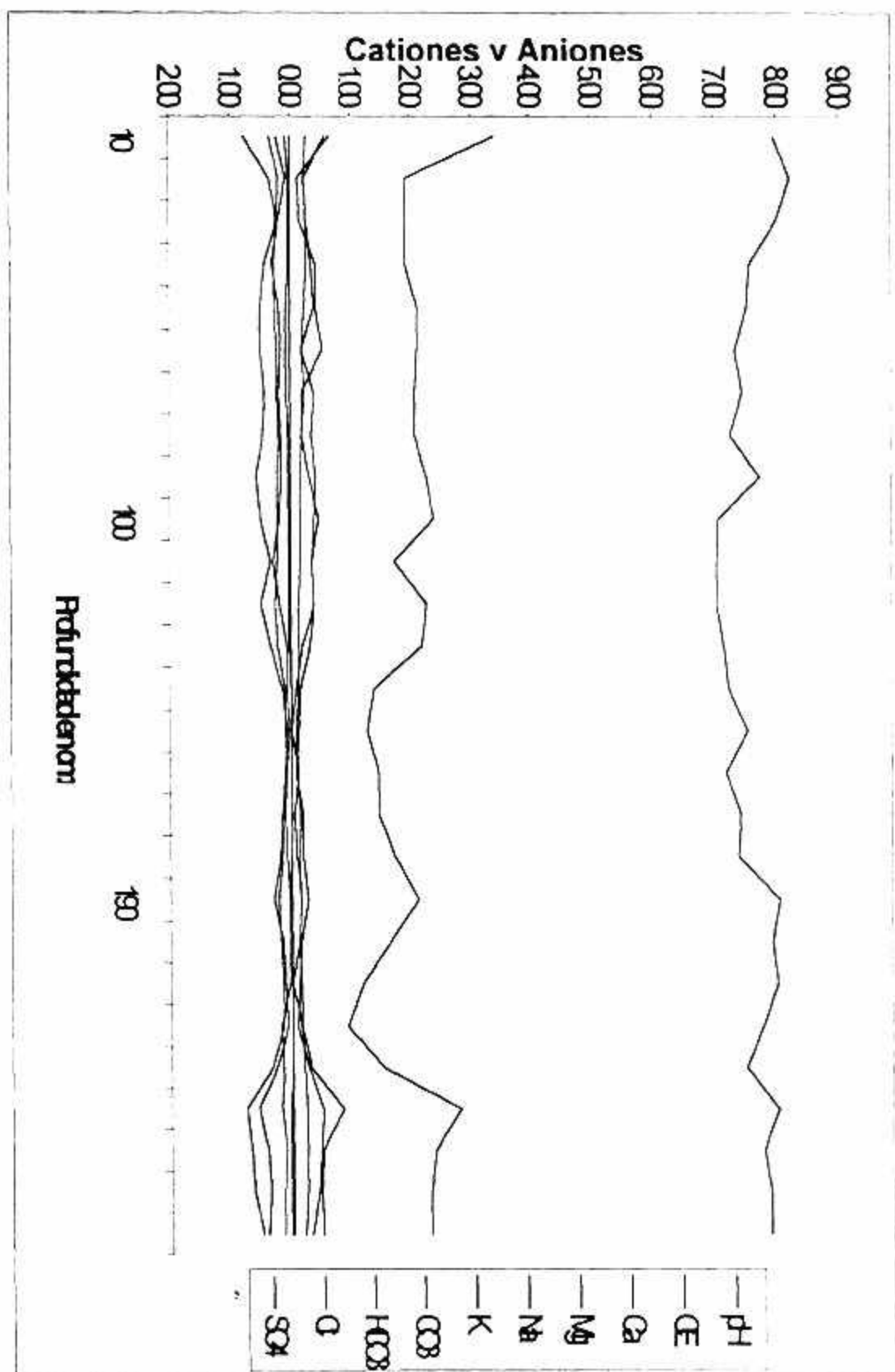
**Perfil litológico No. 4. Representativo del muestreo realizado cada 10 cm.**

**Figura 19**



**Cuadro 28. Contenido de sales solubles en el suelo determinados en el extracto de saturación 1.0.2-**

Prof	pH	CE	Cationes solubles en meq/100 g					Aniones solubles en meq/100 g				
			Ca	Mg	Na	K	SUMA	C O <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	SUMA
10	7.94	3.42	0.7560	0.2250	0.3510	0.0774	1.4094	0	0.2700	0.5760	0.6480	1.4940
20	8.23	1.94	0.3276	0.0588	0.1974	0.0403	0.6241	0	0.2352	0.2520	0.1244	0.6116
30	8.01	1.94	0.2392	0.2024	0.2240	0.0400	0.7056	0	0.2668	0.2852	0.1466	0.6986
40	7.58	1.94	0.4104	0.2964	0.2622	0.0502	1.0192	0	0.2850	0.3420	0.4431	1.0701
50	7.55	2.14	0.4950	0.1870	0.2640	0.0561	1.0021	0	0.2310	0.3740	0.4372	1.0422
60	7.35	2.14	0.5076	0.1512	0.2376	0.0545	0.9509	0	0.2160	0.2160	0.5284	0.9604
70	7.46	2.08	0.4264	0.1872	0.2288	0.0551	0.8975	0	0.2496	0.3744	0.2107	0.8347
80	7.26	2.08	0.4410	0.1470	0.2009	0.0466	0.8355	0	0.1960	0.3626	0.2100	0.7686
90	7.71	2.28	0.5720	0.1664	0.2340	0.0437	1.0161	0	0.1664	0.4264	0.3318	0.9246
100	7.08	2.41	0.4788	0.2016	0.2058	0.0298	0.9160	0	0.1428	0.3864	0.4784	1.0076
110	7.02	1.74	0.3300	0.3200	0.2100	0.0170	0.8770	0	0.1700	0.3600	0.3470	0.8770
120	7.03	2.28	0.5040	0.1980	0.2520	0.0158	0.9698	0	0.1350	0.3960	0.4097	0.9407
130	7.16	2.21	0.3510	0.0780	0.2184	0.0140	0.6614	0	0.1248	0.3120	0.1850	0.6218
140	7.23	1.41	0.1540	0.0770	0.1260	0.0095	0.3665	0	0.1260	0.1750	0.0728	0.3738
150	7.52	1.27	0.0884	0.0364	0.0910	0.0065	0.2223	0	0.0910	0.1300	0.0191	0.2401
160	7.19	1.47	0.1150	0.0750	0.0800	0.0073	0.2773	0	0.0850	0.0900	0.1106	0.2856
170	7.43	1.47	0.1480	0.1110	0.1443	0.0107	0.4140	0	0.1554	0.1924	0.0497	0.3975
180	7.38	1.74	0.1914	0.0754	0.1392	0.0102	0.4162	0	0.1102	0.1885	0.0966	0.3953
190	8.05	2.14	0.2888	0.0380	0.2280	0.0160	0.5708	0	0.1444	0.2964	0.1699	0.6107
200	7.91	1.67	0.1458	0.0324	0.1890	0.0078	0.3750	0	0.1134	0.1674	0.1167	0.3975
210	7.98	1.21	0.0896	0.0280	0.1484	0.0076	0.2736	0	0.1456	0.1120	0.0105	0.2681
220	7.75	0.94	0.0600	0.1860	0.1290	0.0033	0.3783	0	0.1440	0.0840	0.1465	0.3745
230	7.49	1.54	0.2576	0.1472	0.3588	0.0110	0.7746	0	0.1932	0.2852	0.3350	0.8134
240	8.01	2.81	0.5684	0.1972	0.7656	0.0319	1.5631	0	0.2552	0.5104	0.8600	1.6256
250	7.77	2.41	0.4104	0.1026	0.6897	0.0291	1.2318	0	0.2508	0.4674	0.5259	1.2441
260	7.88	2.34	0.3920	0.1568	0.6552	0.0263	1.2303	0	0.2464	0.4256	0.4722	1.1442

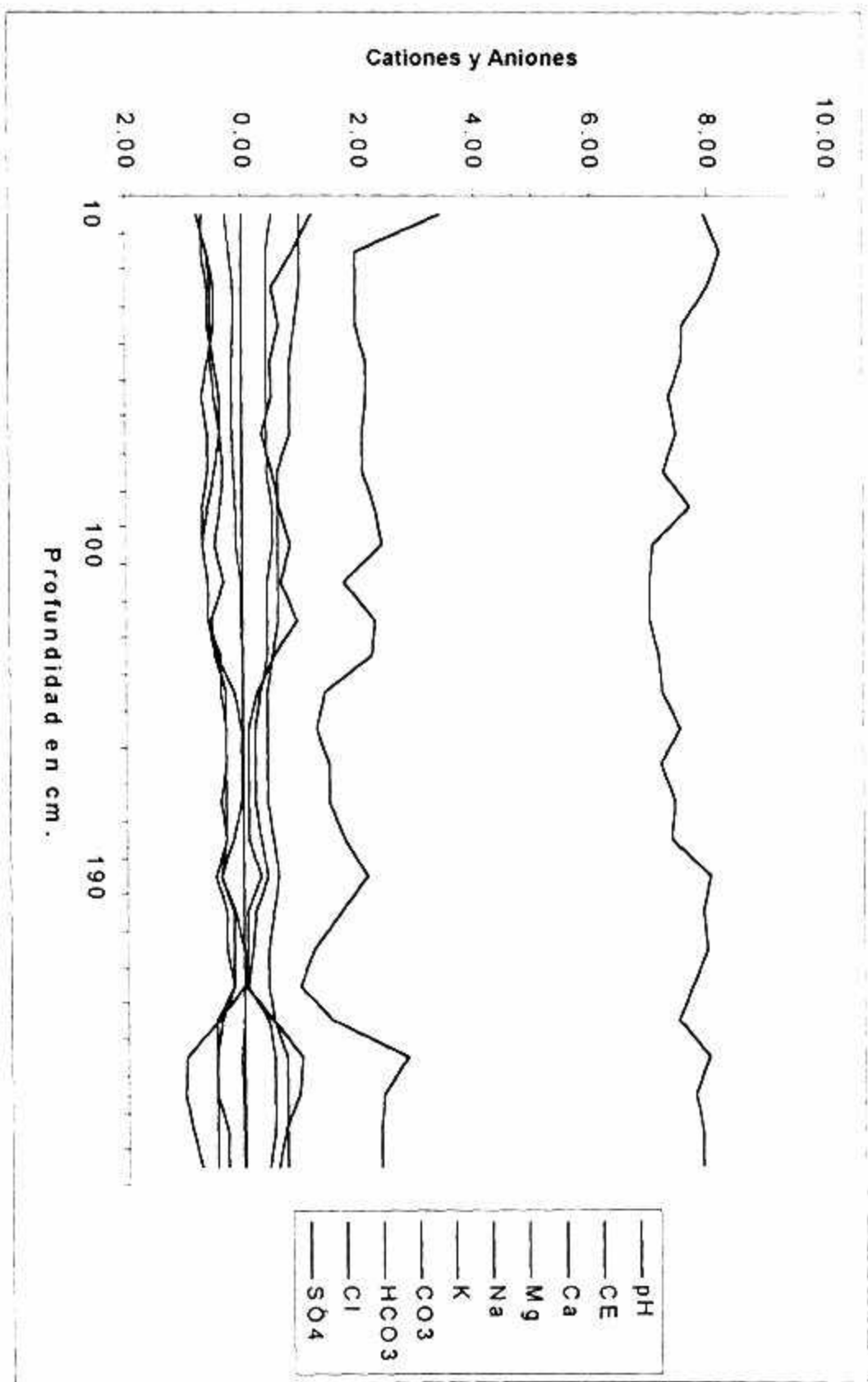


PERFIL LITOLÓGICO No. 4

Figura 20. Distribución de las sales solubles, pH y CE en el extracto suelo-agua 1:0.2-.6

**Cuadro No 29. Distribución de las sales solubles en el extracto en una relación 1:5**

PROF.	pH	CE	Cationes solubles en meq/100					Aniones solubles en meq/100				
			Ca	Mg	Na	K	SUMA	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	SUMA
10	7.94	3.42	0.80	0.70	0.80	0.30	2.60	0	1.00	0.50	1.204	2.704
20	8.23	1.94	0.60	0.70	0.60	0.21	2.11	0	1.00	0.40	0.873	2.273
30	8.01	1.94	0.50	0.60	0.55	0.16	1.81	0	1.00	0.40	0.501	1.901
40	7.58	1.94	0.50	0.60	0.55	0.17	1.82	0	0.90	0.40	0.629	1.929
50	7.55	2.14	0.60	0.50	0.55	0.18	1.83	0	0.80	0.40	0.484	1.684
60	7.35	2.14	0.70	0.40	0.50	0.18	1.78	0	0.80	0.40	0.509	1.709
70	7.46	2.08	0.60	0.40	0.40	0.18	1.58	0	0.80	0.40	0.333	1.533
80	7.26	2.08	0.60	0.50	0.35	0.15	1.60	0	0.60	0.40	0.488	1.488
90	7.71	2.28	0.70	0.60	0.40	0.13	1.83	0	0.60	0.50	0.620	1.720
100	7.08	2.41	0.70	0.70	0.50	0.12	2.02	0	0.60	0.50	0.819	1.919
110	7.02	1.74	0.60	0.60	0.35	0.05	1.60	0	0.60	0.40	0.643	1.643
120	7.03	2.28	0.60	0.60	0.55	0.05	1.80	0	0.60	0.40	0.926	1.926
130	7.16	2.21	0.50	0.40	0.45	0.02	1.37	0	0.50	0.40	0.525	1.425
140	7.23	1.41	0.30	0.40	0.15	0.00	0.85	0	0.40	0.30	0.218	0.918
150	7.52	1.27	0.30	0.30	0.05	0.00	0.65	0	0.40	0.20	0.083	0.683
160	7.19	1.47	0.30	0.30	0.05	0.00	0.65	0	0.40	0.20	0.089	0.689
170	7.43	1.47	0.30	0.40	0.05	0.00	0.75	0	0.40	0.20	0.090	0.690
180	7.38	1.74	0.30	0.30	0.20	0.01	0.81	0	0.50	0.30	0.075	0.875
190	8.05	2.14	0.50	0.40	0.40	0.02	1.32	0	0.60	0.40	0.280	1.280
200	7.91	1.67	0.30	0.20	0.15	0.01	0.66	0	0.50	0.20	0.039	0.739
210	7.98	1.21	0.30	0.20	0.00	0.01	0.51	0	0.40	0.15	0.036	0.587
220	7.75	0.94	0.20	0.20	0.00	0.00	0.40	0	0.40	0.05	0.014	0.464
230	7.49	1.54	0.40	0.50	0.45	0.02	1.37	0	0.50	0.40	0.511	1.411
240	8.01	2.81	0.50	0.50	1.00	0.06	2.06	0	0.70	0.50	0.999	2.199
250	7.77	2.41	0.50	0.50	1.05	0.04	2.09	0	0.70	0.50	0.94	2.174
260	7.88	2.34	0.30	0.50	0.90	0.04	1.74	0	0.70	0.50	0.674	1.874
270	7.90	2.34	0.30	0.50	0.75	0.04	1.59	0	0.70	0.40	0.570	1.670

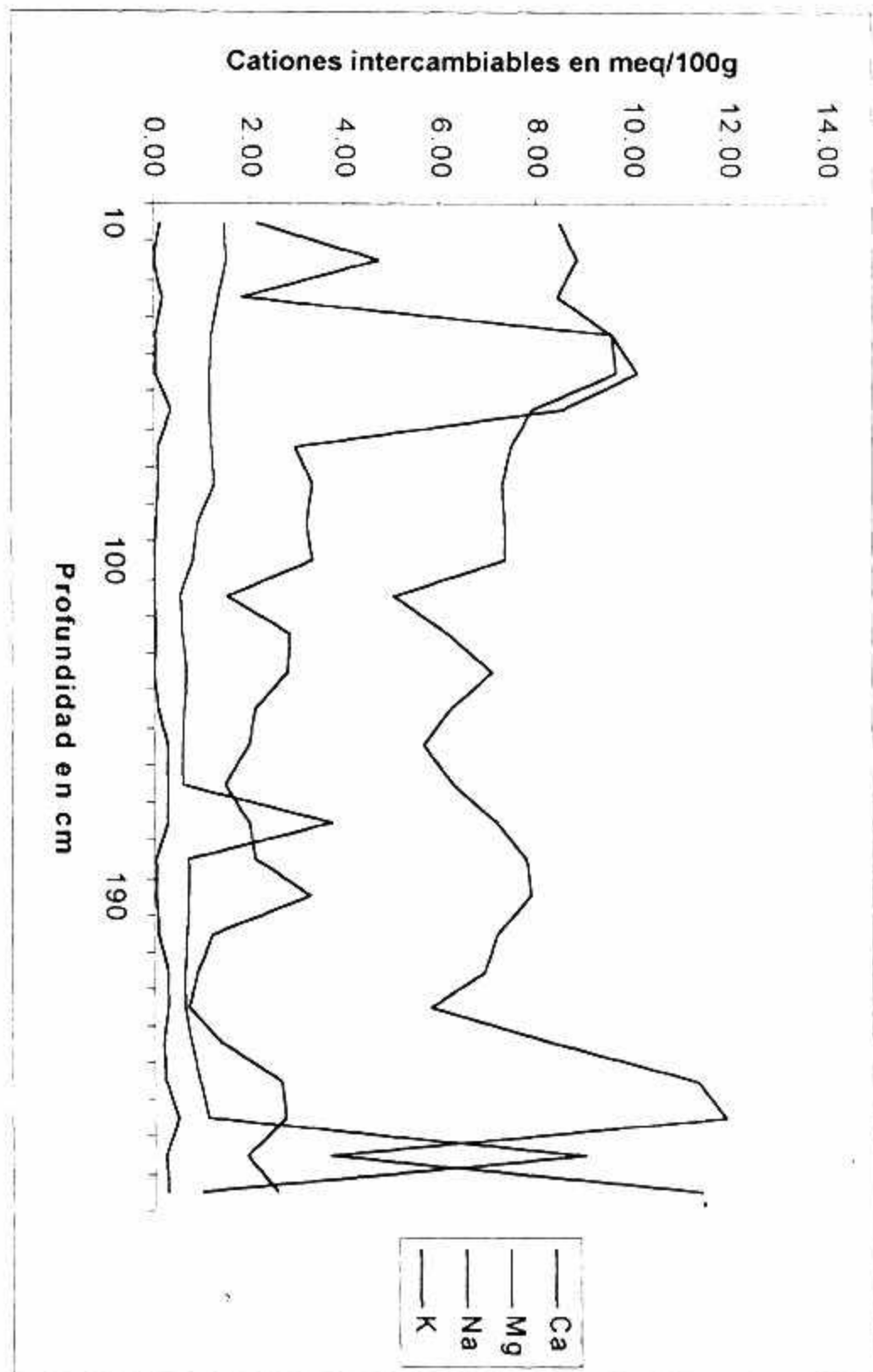


PERFIL LITOLÓGICO No. 4

Figura 21. Distribución de las sales solubles pH y CE en el extracto 1:5

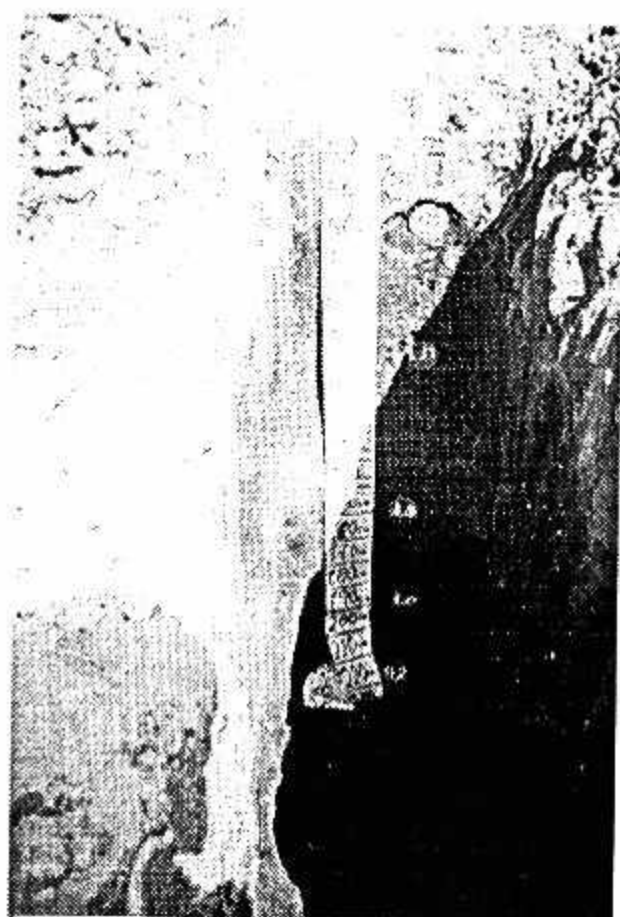
**CUADRO 30.- CATIONES INTERCAMBIABLES PERFIL LITOLÓGICO N° 4**

Cationes Intercambiables en meq/100 g					C.I.C
PROF.	Ca	Mg	Na	K	SUMA
10	8.52	2.14	0.15	1.48	11.99
20	8.87	4.68	0.00	1.54	15.08
30	8.44	1.84	0.18	1.34	11.79
40	9.55	9.56	0.06	1.19	20.34
50	9.67	10.09	0.06	1.16	20.86
60	7.93	8.53	0.36	1.17	17.99
70	7.49	2.97	0.11	1.21	11.57
80	7.28	3.33	0.10	1.26	11.97
90	7.35	3.19	0.03	0.88	11.38
100	7.32	3.32	0.01	0.81	11.44
110	5.03	1.52	0.01	0.52	7.36
120	6.14	2.80	0.05	0.58	7.00
130	7.05	2.76	0.02	0.67	10.48
140	6.21	2.12	0.07	0.62	9.02
150	5.63	1.96	0.25	0.56	8.41
160	6.25	1.49	0.26	0.56	8.55
170	7.17	1.97	0.28	3.71	10.13
180	7.77	2.12	0.06	0.73	10.68
190	7.87	3.28	0.03	0.72	11.85
200	7.17	1.21	0.11	0.69	8.96
210	6.91	0.89	0.25	0.64	8.70
220	5.78	0.73	0.27	0.64	7.42
230	8.34	1.37	0.16	0.76	10.32
240	11.31	2.64	0.23	0.93	15.12
250	11.91	2.74	0.49	1.12	15.28
260	3.65	1.92	0.22	9.00	18.54
270	11.40	2.55	0.29	1.00	15.24



PERFIL LITOLÓGICO No. 4

Figura 22. Distribución de los cationes intercambiables en saturación. 1:0.2-.6



**Perfil litológico No.5. Representativo del muestreo realizado cada 10 cm.**

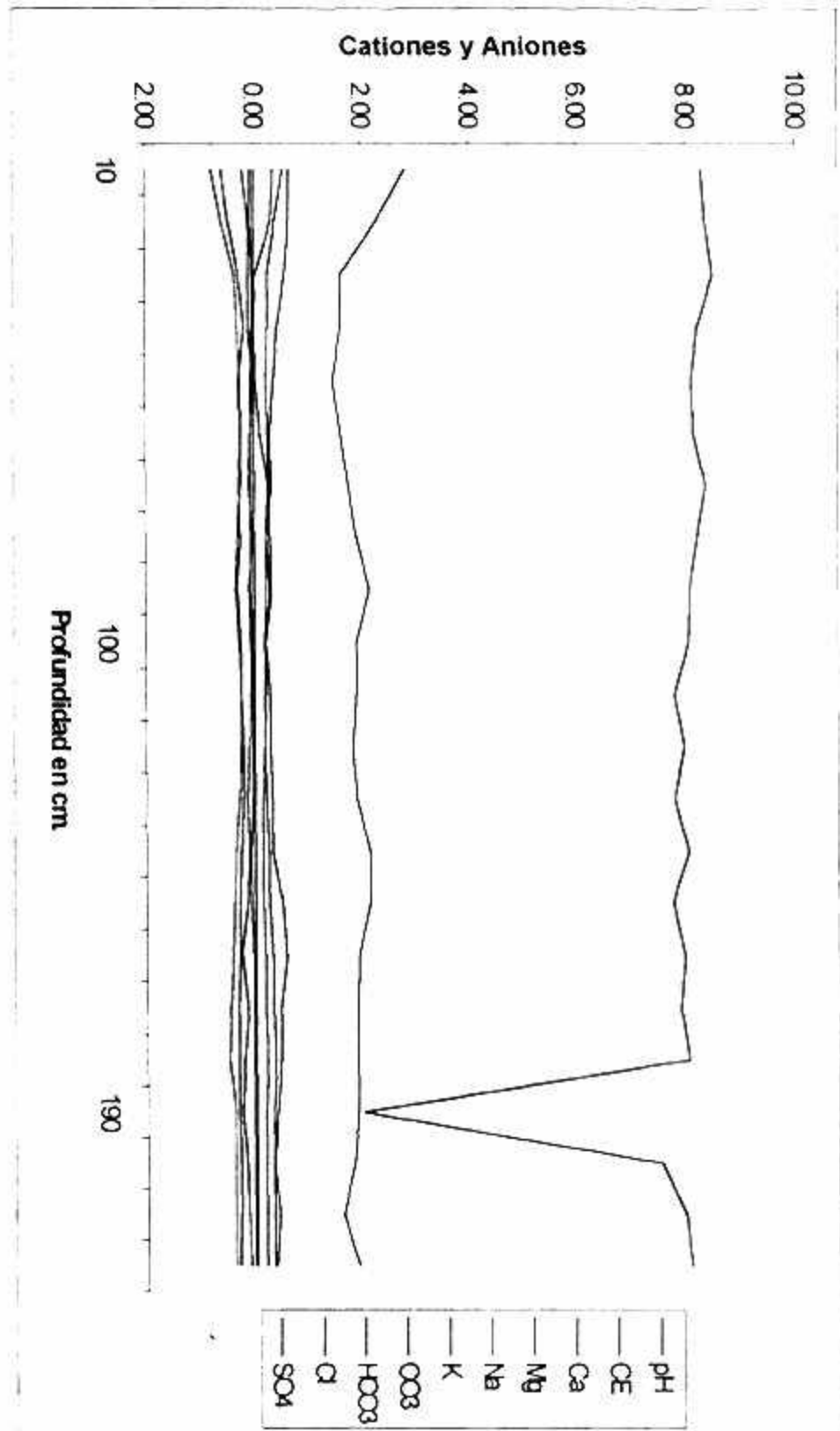
**Figura No 23**

**Cuadro 31. Contenido de sales solubles en el suelo, determinados en el extracto de saturación, relación suelo-agua 1:0.2-0.6**

**PERFIL LITOLÓGICO NO 5**

ROF.	pH	CE	Cationes solubles en meq/100 g.					Aniones solubles en meq/100 g.				
			Ca	Mg	Na	K	SUMA	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	SUMA
10	8.28	2.81	0.7866	0.2280	0.5985	0.815	1.6946	0	0.6384	0.5358	0.3679	1.5421
20	8.37	2.28	0.6160	0.1100	0.4565	0.594	1.2419	0	0.6380	0.3960	0.3321	1.3661
30	8.50	1.61	0.3536	0.1248	0.2808	0.322	0.7914	0	0.5616	0.2496	0.0436	0.8548
40	8.20	1.61	0.3240	0.1080	0.1944	0.232	0.6496	0	0.4428	0.2592	0.0126	0.7146
50	8.09	1.47	0.2496	0.0520	0.2860	0.551	0.6427	0	0.3536	0.2288	0.0218	0.6042
60	8.13	1.61	0.2392	0.0552	0.2668	0.557	0.6169	0	0.2852	0.2392	0.1048	0.6292
70	8.34	1.74	0.2592	0.1056	0.2976	0.610	0.7234	0	0.3072	0.2400	0.2340	0.7812
80	8.23	1.88	0.3280	0.0492	0.2665	0.554	0.6991	0	0.2214	0.2296	0.2690	0.7200
90	8.08	2.14	0.3440	0.1032	0.3182	0.667	0.8321	0	0.1978	0.2752	0.3258	0.7988
100	8.05	1.88	0.2720	0.0640	0.2480	0.500	0.6340	0	0.1840	0.2000	0.2183	0.6023
110	7.79	1.88	0.2660	0.0684	0.2432	0.460	0.6236	0	0.1748	0.2204	0.2720	0.6672
120	7.96	1.81	0.2442	0.1184	0.2220	0.429	0.6275	0	0.1776	0.1924	0.2952	0.6652
130	7.80	1.88	0.2738	0.1258	0.2257	0.492	0.6745	0	0.1480	0.2072	0.3058	0.6610
140	8.02	2.14	0.3404	0.1036	0.2553	0.544	0.7537	0	0.1554	0.2590	0.3318	0.7462
150	7.76	2.14	0.3760	0.1520	0.2720	0.540	0.8540	0	0.1360	0.2560	0.5047	0.8967
160	7.97	1.94	0.4128	0.2592	0.2928	0.514	1.0162	0	0.1824	0.3072	0.5672	1.0568
170	7.91	1.88	0.4680	0.1560	0.3120	0.447	0.9807	0	0.1872	0.3224	0.4809	0.9905
180	8.02	1.88	0.5170	0.1980	0.3300	0.396	1.0846	0	0.1980	0.3520	0.4587	1.0087
190	2.00	1.88	0.4028	0.2544	0.3180	0.339	1.0091	0	0.1908	0.3392	0.3984	0.9284
200	7.55	1.81	0.4000	0.1800	0.2950	0.245	0.8995	0	0.1900	0.3100	0.3185	0.8185
210	7.96	1.61	0.3848	0.1352	0.3016	0.218	0.8434	0	0.1768	0.3224	0.4286	0.9278
220	8.08	1.88	0.4042	0.1128	0.3102	0.221	0.8493	0	0.1786	0.3290	0.3417	0.8493





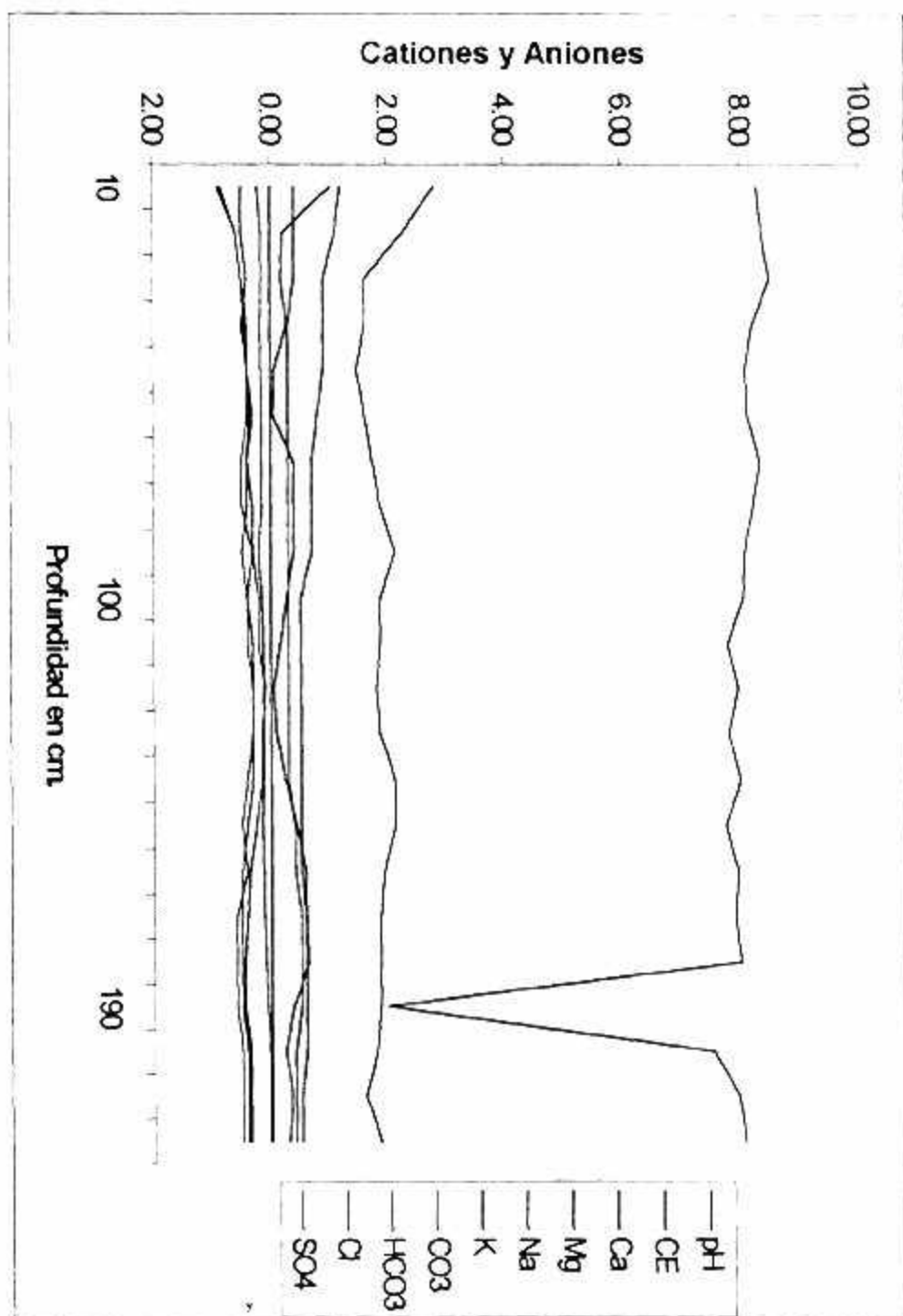
PERFIL LITOLÓGICO No. 5

Figura 24. Distribución de las sales solubles, pH y CE en el extracto suelo-agua. 1:0.2-.6

**Cuadro 32 contenido de sales solubles determinadas en el extracto relación agua suelo 1:5**

**Perfil No5**

PROF	pH	CE	Cationes solubles en meq/100					Aniones solubles en meq/100				
			Ca	Mg	Na	K	SUMA	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	SUMA
10	8.28	2.81	0.90	0.50	0.85	0.22	2.47	0	1.20	0.40	1.018	2.618
20	8.37	2.28	0.60	0.50	0.60	0.16	1.86	0	1.10	0.40	0.211	1.711
30	8.50	1.61	0.50	0.40	0.50	0.15	1.55	0	0.90	0.40	0.188	1.488
40	8.20	1.61	0.40	0.50	0.45	0.17	1.52	0	0.90	0.30	0.270	1.470
50	8.09	1.47	0.40	0.40	0.40	0.16	1.36	0	0.90	0.30	0.065	1.265
60	8.13	1.61	0.30	0.40	0.35	0.15	1.20	0	0.80	0.30	0.028	1.128
70	8.34	1.74	0.40	0.50	0.40	0.16	1.46	0	0.70	0.30	0.387	1.387
80	8.23	1.88	0.40	0.50	0.30	0.15	1.35	0	0.70	0.30	0.391	1.391
90	8.08	2.14	0.50	0.30	0.30	0.21	1.31	0	0.70	0.30	0.396	1.396
100	8.05	1.88	0.40	0.40	0.20	0.15	1.15	0	0.50	0.30	0.265	1.065
110	7.79	1.88	0.30	0.40	0.20	0.13	1.03	0	0.50	0.30	0.168	0.968
120	7.96	1.81	0.30	0.30	0.10	0.11	0.81	0	0.50	0.30	0.051	0.851
130	7.80	1.88	0.30	0.30	0.15	0.12	0.87	0	0.50	0.30	0.096	0.896
140	8.02	2.14	0.40	0.30	0.15	0.13	0.98	0	0.50	0.30	0.243	1.043
150	7.76	2.14	0.50	0.40	0.25	0.14	1.29	0	0.50	0.40	0.442	1.342
160	7.97	1.94	0.40	0.50	0.35	0.12	1.37	0	0.50	0.40	0.580	1.480
170	7.91	1.88	0.60	0.50	0.40	0.11	1.61	0	0.60	0.50	0.585	1.685
180	8.02	1.88	0.60	0.50	0.45	0.09	1.64	0	0.60	0.50	0.633	1.733
190	2.00	1.88	0.60	0.50	0.45	0.06	1.61	0	0.60	0.50	0.381	1.481
200	7.55	1.81	0.50	0.40	0.35	0.03	1.28	0	0.60	0.40	0.229	1.229
210	7.96	1.61	0.50	0.40	0.35	0.03	1.28	0	0.50	0.40	0.337	1.237
220	8.08	1.88	0.50	0.40	0.35	0.03	1.28	0	0.50	0.40	0.286	1.186

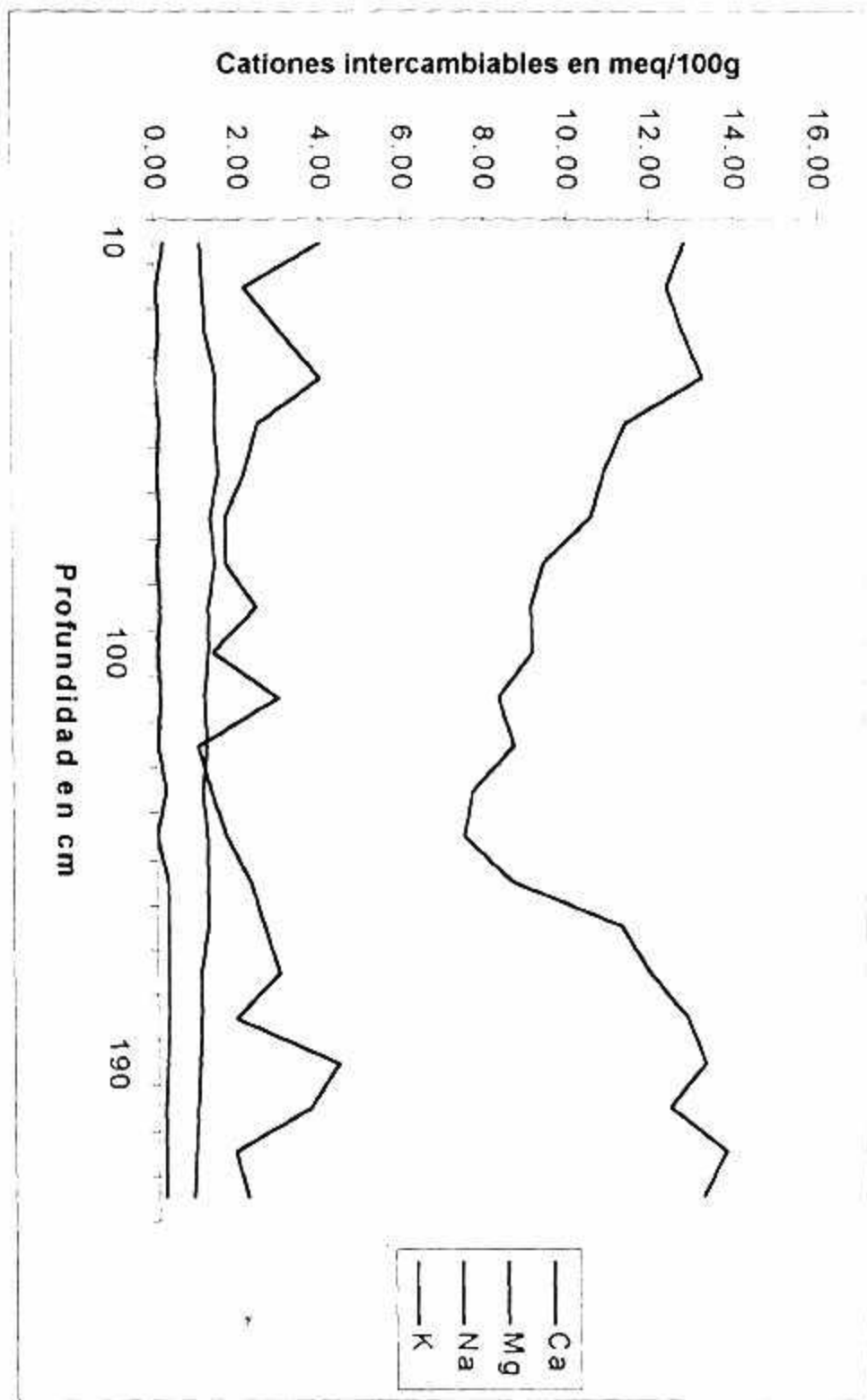


**PERFIL LITOLÓGICO No. 5**

Figura 25. Distribución de las sales solubles pH y CE en el extracto 1:5

**Cuadro. 33 Distribución de los cationes intercambiables en saturación**

Prof.	Cationes Intercambiables en meq/100 g				C.I.C
	Ca	Mg	Na	K	SUMA
10	12.85	4.01	0.20	1.10	17.77
20	12.42	2.17	0.06	1.16	15.70
30	12.81	3.04	0.08	1.20	16.96
40	13.28	4.01	0.01	1.47	18.76
50	11.43	2.47	0.09	1.43	15.25
60	10.92	2.14	0.07	1.52	14.52
70	10.58	1.69	0.10	1.34	13.52
80	9.43	1.67	0.07	1.41	12.45
90	9.10	2.42	0.12	1.26	12.66
100	9.17	1.38	0.04	1.24	11.75
110	8.33	2.97	0.10	1.17	12.38
120	8.68	1.00	0.03	1.19	10.89
130	7.69	1.31	0.21	1.09	10.31
140	7.50	1.66	0.02	1.19	10.33
150	8.62	2.25	0.25	1.19	11.81
160	11.27	2.58	0.24	1.20	14.80
170	11.93	2.96	0.24	1.05	15.70
180	12.84	1.88	0.25	1.04	15.52
190	13.28	4.35	0.23	0.98	18.37
200	12.44	3.70	0.15	0.94	16.93
210	13.74	1.82	0.15	0.91	16.32
220	13.20	2.17	0.16	0.85	16.05



PERFIL LITOLÓGICO No. 5

Figura 26. Distribución de los cationes intercambiables en saturación. 1:0.2-.6

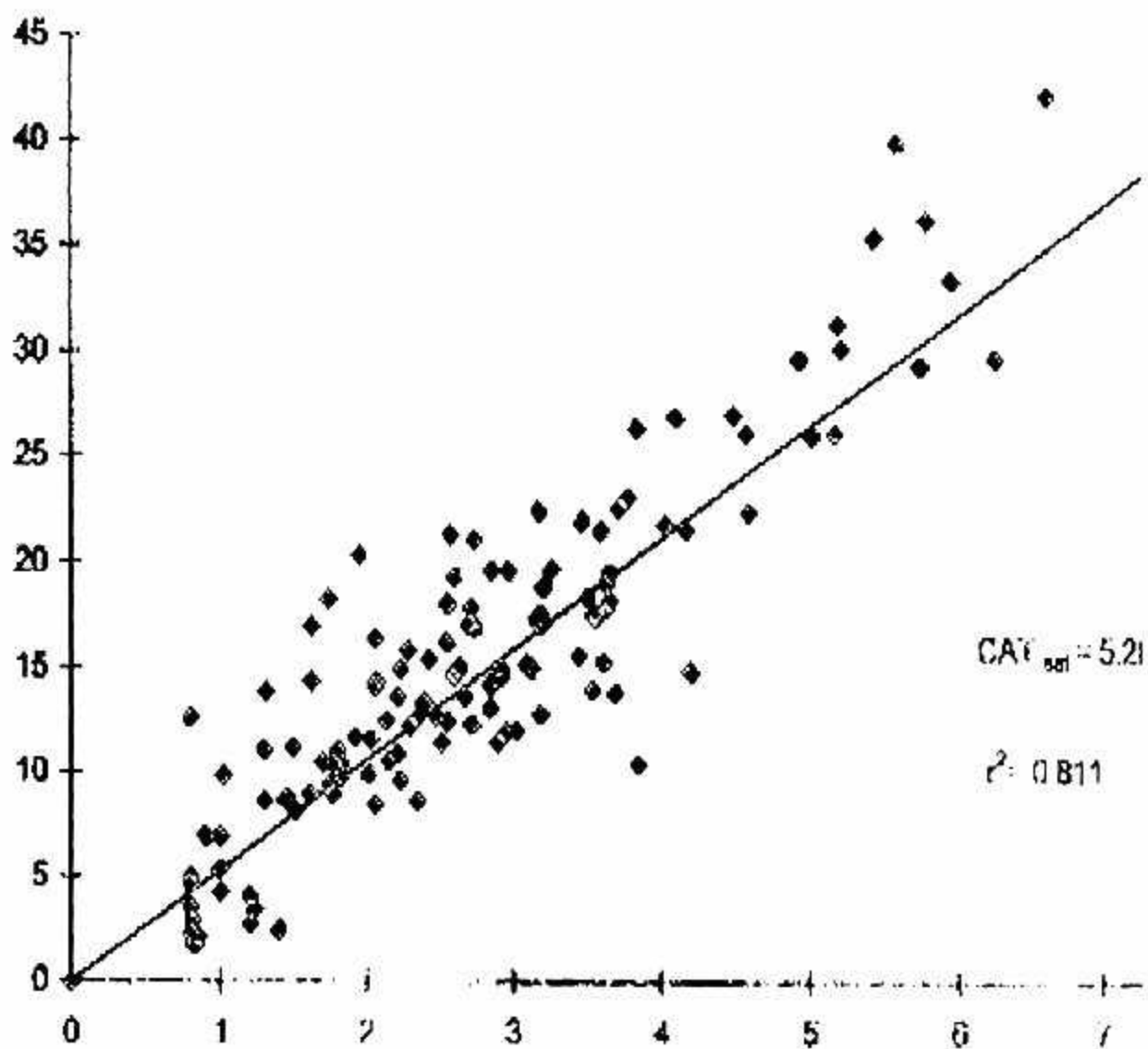


Figura 27. Relación entre la conductividad eléctrica (CE) en dos relaciones suelo:solución. 1:5 y 1:0.2-0.6

## 6.-CONCLUSIONES

1.- Debido al riego con aguas de mediana salinidad , el perfil agronómico de los cuales el predio de "San Antonio" del ejido de palmar primero, se están salinizando paulatinamente, en el espesor agronómico de su profundidad de 0-70cm La conductividad eléctrica es de 3 2-3 7 mmhos.cm-1

2.- Los contenidos de sodio intercambiable en el espesor agronómico de 0-70-cm Es en promedio de .7 0--20

3.- La acumulación de cloruros a través de la relación Cl/SO<sub>4</sub>, que indica el proceso de salinización es en promedio en una profundidad del perfil agronómico de 0-70 cm. Es de 1.0-1.60 es decir mayor que 1.0 lo que indica que se presentan proceso de salinización.

4.- Para evaluar las concentraciones de sales solubles en los espesores salino se puede utilizar la relación funcional  $CE=1:0 2-0.6 =5.528 CE:1.5$

## 7. BIBLIOGRAFIA

1. Alperovitch, N., and Shainberg, I. 1973. Reclamation of alkali soils with  $\text{CaCl}_2$  solutions. In A. Hadasetal. (Eds) Physical Aspects of soil water and salt in Ecosystems. pp. 431-440. Springer Verlag, New York, USA.
2. Antipov-Karataev I.N. 1955. Melioration of Solonetztes in the USSR. Izd. AN SSR. Parte I. Cap. 1, 2, 3, y 4. Israel Program for Scientific Translations. Jerusalem.
3. Antipov-Karataev, I.N., and Kader, G.M. 1965 Sodic Solonetz Soils, their Genesis and the Methods Used for their Reclamation in the USSR. Agrokémia és Talajtan. Tom. 14. Supplementum pp. 111-114.
4. Arinushkina, E.V. 1970. Manual de análisis químicos de suelos. Parte II, cap 7 y 8 que corresponde al análisis del extracto acuoso 1:5 de suelos salinos (7), y forma gráfica de presentar los resultados (8). Ed. Universidad de Moscú. Moscú, URSS.
5. Bacsó, A., and Fekete, J. 1969. Role of Groundwater in the Secondary Salinization of Meadow-Chernozem Soils in the Hajdúság Area. Agrokémia és Talajtan. Tom. 18. Supplementum. pp. 339-340.
6. Bazilevich, N.I. 1970. The Geochemistry of Soda Soils. Partes I y II. Translated from Russian. Israel Program for Scientific Translations. Ed. Keter.
7. Bazilevich, N.I. and Pankova, E.I. 1969. Classification of Soils According to their Chemistry and Degree of Salinization. Agrokémia és Talajtan. Tom. 18. Supplementum pp. 219-226.



8. Bazilevich, N-I., R.A. Kalashnikova y E.A. Yarilova 1954. Sobre la acumulación del silicio amorfo en los suelos. Trabajos del Instituto de Suelos Duchaev. T. XLIV Academia de Ciencias de la URSS
9. Borovskiy, V.M. 1965. Solonetz and sodic Soils in Kazajstan. *Agrokémia és Talajtan*. Tom. 14. Supplementum. PP. 245-250.
10. Borovskiy, V.M. 1978. Geoquímica de los Suelos Salinos de Kazajstan. Ed. Nauka. Moscú, URSS. (en Ruso). Comentado por el Dr Manuel Ortega E.
11. Bower, C.A. 1959. Cation exchange equilibrio in soils affected by Na Salts. *Soil Sci* 88. 32-35.
12. Bower, C.A. 1969. Origin, properties and Amelioration of Sodic Soils. *Agrokémia és Talajtan*. Tom. 18. Supplementum. pp. 69-72.
13. Bower, C.A. and Goertzen, J.O. 1958. Replacement of adsorbed sodium in soils by hydrolysis of calcium carbonato, *Proc. Soil Sci Amer.* 22: 33-35.
14. Bower, C.A. Ogata, G., and Tucker, J.M. 1968. Sodium Hazard of Irrigation Waters as influenced by leaching fraction and by precipitation of solution of calcium carbonato. *Soil Sci.* 106. 29-34.
15. Bower, C.A. and Wilcox, L.V. 1965. Precipitation and solution of calcium carbonato in irrigation Operations. *Proc. Soil Sci. Soc. Amer* 29:93-94.
16. Cairns, R.R. 1969. Canadian Solonetz Soils and their Reclamation. *Agrokémia és Talajtan* Tom. 18. Supplementum. pp. 233-237.

17. Cervantes, R.M. 1983. La lixiviación de sales en Suelos salinos y Salino-sódicos del Valle de Mexicali durante un proceso de lavado. "Tesis de Maestría en ciencias". Centro de Hidrociencias Colegio de Postgraduados. Chapingo Mex.
  
18. Cheverry, C. 1969. La Genésis de Sols Sales à alcalis denses polders des Rivers Nordeste du lac Tchad. *Agrokémia es Talajtan*. Tom. 18. Supplementum. pp. 238-242.
  
19. Darab, K. 1965. The Chemical and Physic-Chemical effects of Sodium carbonate in Soils. *Agrokémia es Talajtan*. Tom. 14. Supplementum. pp. 175-181.
  
20. Del Valle, C.H.F. 1983. Los procesos de acumulación de Sales e intemperismo en cubetas lacustres, en una zona de Transición del ex-lago de Texcoco. Tesis de Maestría en Ciencias. CEDAF. Colegio de Postgraduados. Chapingo Méx.
  
21. Doering, J. and Reeve, R.C. 1965. Engineering Aspects of the Reclamation of Sodic Soils with High-Salt waters. *Amer. Soc. Civil Eng. Proc. J. Irrig. and Drainage. Div. ASCE*. Vol. 91. No. IR4. proc. Paper 4588. 59-72.
  
22. Duchaufour, Ph. 1984. *Edafología*. Bajo la dirección de Philippe Duchaufour y Bernard Souchier. Parte II, cap. XIII. Ed. Masson. España.
  
23. Durand, J.H. 1969. Saline Soils of the Senegal Delta. *Agrokémia es Talajtan*. Tom. 18. Supplementum. pp. 181-186.
  
24. Egorov, V.V. 1961. Soda Salinity of the Soils of The Soils of southern Sinkiang (on the Subject of the geochemistry of Soda). (In Russ). *Pochvovedenie* No. 5 pp. 1-12.
  
25. Egorov, V.V. 1965. The Sodic Salinization of the Soil in The Soviet Union and Some Methods of Overcoming of it. *Agrokémia es Talajtan*. Tom. 4. Supplementum. PP. 99-105.

26. Egorov, V.V. 1969. Some Aspects Relating to The Sodid Salinization of Soils in The Subhumid Regions of Europe and Asia. *Agrokémia és Talajtan.* Tom. 18. suplementum. pp. 187-191
27. Egorov, V.V., and Letunov, P.A. -1966. Status of meliorative Soil Science and Methods of Investigation for justifying the irrigation and reclamation of Saline lands. *Sov. Soil Sci. No. 12.* 1 3 4 7-1 3 54
28. Feofarova, I.I. 1954. Pseudomórfosis de la calcita sobre el yeso. *Trabajos del Instituto de Suelos Docuchaev de la Academia de Ciencias. URSS.* T. XXXIV.
29. Florea, N., and Munteanu, I. 1969. Soils with Sodid Salinization in Rumania. *Agrokémia és Talajtan.* Tom. 18. Suplementum. pp. 207-218.
30. Gedroitz, K.K. 1955. *Obras Selectas T.I.* 1 La química coloidal en los problemas de la Pedología, 2. Solodización de los suelos, 3. La capacidad de absorción y adsorción de los suelos y 4. Los Suelos Sódicos, su origen, propiedades y mejoramiento. (En Ruso). Ed. de Ciencias Agrícolas del Estado Moscú, URSS. Comentado por el Dr. Manuel Ortega.
31. Gorbunov, N.I. 1967. Los coloides de los suelos y su importancia en la fertilidad. Editorial Nauka Moscú, URSS.
32. Govinda Rajan, S.V. and Murthy, R.S. 1969. Physic-Chemical Properties of Some Alluvial Soils Containing High Sodium Carbonate in The Indo-Gangetic Basis. *Agrokémia és Talajtan.* Tom. 18 Supplementum. pp. 243-245.
33. James, D.W. Hanks, R.J., and Jurinak, J.J. 1982. *Modern Irrigated Soils.* Capítulos. 9, 10, 11, 12 y 13. Ed. Wiley and Sons. New York, USA

34. Janitzky, P., and Whitting, L.D. 1965. Natural Leaching Processes in Some Soite Salt-Affected Soils of California. *Agrokemia és Talajtan. Tom. 14. Supplementum* pp 251-260.
35. Kanwar, J.S., and Bhumbra, D.R. 1969. Physic-Chemical Characteristic of Sodic Soils or The Punjas and Ilaryana and Their A-melioration by the Use Gypsum. *Agrokemia és Talajtan. Tom. 18 Supple mentum. pp 315-320.*
36. Kelley, W.P. 1962. Sodium Carbonate and adsorbed Sodiumin Semiarid Soils. *soil sci.* 94 15.
37. Kovda, V.A. 1934. La formación de Carbonatos de Calcio Secundarios en los suelos (En Ruso). *Trabajos del Instituto de Suelos Docuchaev de la Academia de Ciencias de la URSS. No. 9. P D. 247-253. Comentado por el Dr. Manuel Ortega*
38. Kovda" V.A. 1934. Sobre el problema de la formación de carbonatos de calcio secundarios *Trabajos del Instituto de Suelos Docuchaev de la Academia de Ciencias. URSS. T. IX.*
39. Kovda, V.A. 1937. Los suelos salinos y los suelos sódicos. *Capltulos I y III. (En Ruso). Ed. Academia de Ciencias de la U-RSS. Moscú, URSS. Comentados por el Dr. Manuel Ortega.*
40. Kovda, V.A. 1940. Sobre la migración y acumulación del Silicio en los Suelos Salinos. *Trabajo del Instituto de Suelos Docuchaev. T. XXII No. 4 Academia de Ciencias de la URSS.*
41. Kovda, V.A. 1946,-1947. The oligen of saline soil andtheir regime. *Mosow-leningrad. USSR. Acadeny of Sciences publishing House. (translated to English, Israel Program for Scientific translation, Jerusalem, 1971).*

42. Kovda, V.A. 1965. Alkaline Soda-Saline Soils. *Agrokémiaés Talajtan*. Tom. 14. Supplementum. pp. 15-48.
43. Kovda, V.A. 1967. In: *International Source-book on Irrigation and Drainage of Arid Lands in Relation to Salinity and Alkalinity*. Draft edition Ed. Kóvda, V.A., Van den Berg, C., Hagen, R.M. FAO/UNESCO.
44. Kovda, V.A. 1980. *Land Aridization and drought Control*. Westview Press/Boulder, Colorado, USA.
45. Kovda, V.A. 1980. *Problem of Combating Salinization of Irrigated Soils (Selected Lectures)*. Center for International Projects. Course on Reclamation of Saline Irrigated Soils. Moscú, URRS.
46. Kovda, V.A., Bystrov, E.V. 1936. Sobre la naturaleza de la alcalinidad en los suelos sódicos. *Trabajos de la Comisión de Irrigación*. No. 6 (En RUSO) Comentado por el Dr. Manuel Ortega E.
47. Kovda, V.A., and Samoilova, E.M. 1969. Some Problems of Soda Salinity. *Agrokemia és Talajtan*. Tom. 18. Supplementum. pp. 21-36.
48. Kovda, V.A., V.V. Yegorov, V.S. Muratova, and B.P. Strogonov. 1960. Classification of Soil according to the degree and quality of Salinization in relation to the Salt Tolerance of Plants. *Bot. Zh.*, No. 8.
49. Krupskiy, N.K. y Z.I. Kovdria. 1939. Características de la interacción del carbonato de calcio y yeso con los silicatos de sodio. *Soviet Soil Sci.* No. 6 pp. 84-93.

50. Maranu, A. f and Aksenova, I. 1965. Accumulation of Alkali Carbonates and Bicarbonates in the Mineralized Ground Waters and in The Salt Affected soils in, The Rumanian Peoples Republic. *Agrokémia és Talajtan*. Tom. 14. Supplementum pp. 401-410.
51. McNeal, B.L. 1968. Prediction of the effect of mixed salt solutions on soil hydraulic conductivity. *Proc. Soil Sci. Amer.* 32: 190-193.
52. McNeal, B.L. Coleman, N.T. 1968. Effect of Solution composition on Soil hydraulic conductivity. *Proc. soil Sci. Soc. Am.* 32: 308-312.
53. McNeal, B.L. Norwell, W.A. Coleman, N.T. 1966. Effect of Solution composition on Soil hydraulic conductivity and on the swelling of extracted soil clays. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.* 30: 308-317.
54. Meiri, A., and Levy, R. 1973. Evaluation of Salinity in Soils and plants. In *Arid Zone Irrigation*. Springer-Verlag New York. Heidelberg, Berlin pp. 291-299.
55. Meiri, A., and Shalhevet, J. 1973. Crop growth under Saline Conditions. In *Arid zone irrigation*. Springer-Verlag New York. Heidelberg Berlin pp. 277-290.
56. Mikhailichenko V.N. 1979. *Galógenesis y Sodificación de los suelos de las llanuras del norte del Kazajstan SSR*. Almaty URSS. Comentadas por el Dr. Manuel Ortega E.
57. Miljkovic, N. 1965. General Review of the Salt-Affected ("Slatina") Soils of Yugoslavia and Their Classification. *Agrokémia és Talajtan* Tom. 14 Supplementum. pp. 235-241.
58. Montaña, G.S. 1982. Estudio de tres yesos agrícolas y el yeso puro bajo dos formas de aplicación (incorporado al suelo y Solubilizado en Agua), en el mejoramiento de la capa arable de un suelo sódico. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Hidrociencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx.

59. Mozheiko, A.M. 1969. Chemical Reclamation of Sodic Solo netsz in The Southern Part of The Middle Dnieper Region by the pplication of Gypsum and Calcium chloride. *Agrokémia és Talajtari Tom. 18 Supplementum*, pp. 310-314
60. Nakayama, F.S. 1966. Deflocculation of Soil Materials by Sodium Salts. *Soil Sci.* 6: 388-393.
61. Nazir-Ahamad. 1965. A Review of Salinity-Alkalinity Status of Irrigated Soils of West Pakistan. *Agrokémia es Talajtan Tom. 14 Supplementum*, pp. 117-150.
62. Nunes, F.j. 1984. El mejoramiento de los Suelos Sódicos y aguas carbonatadas, utilizando yeso agrícola en diferentes láminas de aplicación. Tesis de Maestria en Ciencias Centro de Hidrociencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo. Mex
63. Ogata, G., and Bower, C.A. 1965. Significance of Biological Sulfate Reduction in Soil Salinity. *Proc. Soil Sci. Amer.* 29: 23-25.
64. Oprea, C.V., Sandu, G.H. Stepaneseu, E., and Vlas, I. 1969. Reclamation of Sodic Soils in Rumania. *Agrokémia es Talajtan. Tom. 18 Supplementum* pp. 321-328.
65. Orlovskiy, N.V. 1965. The Genesis and utilization of salt affected soils in Siberia. *Agrokémia es Talajtan Tom. 14 Supplementum* pp. 155-173.
66. Ortega E.M. 1976. Cambios Fisico-químicos de suelos del vaso del ex-lago de Tezcoco, sujetos a lavado con diferentes soluciones. Tesis de Maestria en ciencias. Rama de Riego y Drenaje. Colegio de Postgraduados. Chapingo Mex.

67. Ortega, E.H.M. 1983. Algunos aspectos Teóricos de carácter geoquímico, Físico-químico y químico involucrados en los Suelos de Salinidad Sódica. Conferencia mimeografiada. Centro de Hidrociencias. Colegio de Posgraduados. Chapingo, Méx.
68. Ortega, E.M. 1984. Apuntes de clase. IID-631. Colegio de Postgraduados. Centro de Hidrociencias.
69. Overstreet, R., Martint J.C. And King, H' M. 1951 Gypsum, sulfur, and Sulfuric acid for reclaiming an alkali soil of The Fresno Series. Hilgardia 21. 113-126.
70. Pankov, A.M. 1974. Mejoramiento de Suelos. Capítulos I y II. Editorial Fan Tashkent UZSSR. (URSS).
71. Pedro, G. 1964. Investigaciones experimentales sobre el intemperismo geoquímico de las Rocas Cristalinas. Partes I y III. Editorial MIR, URSS. 1971. (En Ruso). Comentado por el Dr. Manuel Ortega E.
72. Perelman, A.I. Geoquímica del Paisaje. Parte I. Capítulos 12 y 13. Ed. Vishsya Shkola. Moscú, URSS. Comentados por el Dr. Manuel Ortega E.
73. Perelman, A.I. 1979. Geoquímica. Ruso. Editorial "Escuela Superior". Moscú. URSS.
74. Petrosian, G.P. and Tchitchian, A.I. 1969. Soda-Saline Soils of The Aranat Plain and methods for their reclamation. Agrokémia és Talajtan. Tom. 18 Supplementum pp. 121-138.
75. Polynov, B.B. 1956. Obras Selectas 1. La capa intempérica del planeta, 2. Determinación del nivel crítico de las aguas freáticas que causan una salinización (En Ruso). Ed. Academia de Ciencias de la URSS. Comentado por el Dr. Manuel Ortega E.



76. Quirk, J.P. Schofield, R.K. 1955. The Effect of electrolyte concentration on soil permeability. *J. Soil Sci.* 6: 163-178
77. Raikov, L., and Kavadgiev, J. 1965. Experiments on the Amelioration of Sodic Solonetz. *Agrokémia es Talajtan.* Tom. 14 supplementum pp. 225-228
78. Ramírez, A.C. 1985. Reseña geoquímica de aguas naturales (colección inédita de nuestras de océanos, ríos, lagos y pozos profundos). En prensa.
79. Ramírez, L.E. 1982. Estudio de tres fuentes naturales de yesos agrícolas en la recuperación de Suelos salino-Sódicos bajo dos procedimientos de aplicación (solubilizado en agua e incorporado al suelo). Tesis de Licenciatura UACH Chapingo, Méx
80. Rasulov, A.M. 1976. Los suelos de la teoría de Karstodos de su mejoramiento y aumento de su fertilidad. Editorial Fan Tashkent UZSSR (URSS).
81. Raychaudhuri, S.P. 1965. Clasificación and Management of Saline and Alkali Soils of India. *Agrokémia es Talajtan.* Tom. 14 Supplementum. pp-83-89.
82. Reeve, R.c., Pillsbury, A.F. and Wilcox, L.V. 1951. Reclamation of a Saline and High boron Soil in the Conchella-Valley of California. *Higardia* 24: 69-91.
83. Rhoades, J.D. 1968. Mineral-weathering correction for estimating the Sodium hazard of irrigation waters. *Proc. Soil Sci. Amer.* 32: 648-642.
84. Rhoades, J.D., Kruger, D.B., and Rees, M.J. 1968. The effect of Soil-mineral weathering on the sodium hazard of irrigation waters. *Proc. Soil Sci. Amer.* 32: 643-647

85. Richards, L.A. (Editor). 1973. Diagnostico y Rehabilitación de Suelos Salinos y Sódicos. Ed. Limusa, Méx.
86. Rode, A.A. 1952. La humedad del suelo. Instituto de suelos Docuchaev. Academia de Ciencias de la URSS.
87. Rone, P.J. 1984. Prácticas de salinidad de suelos (mimeografiado). Centro de Hidrociencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx.
88. Russel, J.C." Kadry, L., and Hanna, A.B. 1965. Sodic soils in Iraq. *Agrokémia es Talajtan*. Tom. 14 Supple-mentum. pp. 91-97.
89. Sandu, G., Colibase, I., Vlas, J., and Colibaser M. 1965. Amelioration of Sodic Soils at the Experimental Center of Sokodor by the introduction of gypsil and fertilizars. *Agrokémia es Talajtan*. Tom. 14. Supplementum. Pp. 211-223.
90. Selyakov, S.N. 1965. Water and soil classification by nature of salinization. *Sov. soil Sci.* No. 1 3 7-3 9.
91. Selyakov, S.N. 1967. Determining water soluble salt reserves in Salinized Soils. *Sov. Soil Sci.* No.7: 957-962
92. Strogonov, B.P. 1964. Physiological basis of salt tolerance of plants. Israel Program for Scientific Translations Jerusalem.
93. Szabolcs, I. 1969. The influence of sodium carbonato on soil forming processes and soil properties. *Agrokémia es Talajtan*. Tom. 18. Supplementum. pp. 37-68.
94. Teterin, V.p. 1968. Determination of total soil and natual water salinity by the electric conductivity method. *Soviet Soil Sc.* No. 10: 1455-1466.

95. Timár, E. 1965. Effect of organic matter of sulfate reduction occurring in alkali (Soil) soil. *Agrokémia es Talajtan. Tom 14 Supplementum*: pp. 195-198.
96. Vámos, R. 1965. The biological effects of sulphate reduction in water-logged soils - *Agrokémia Talajtan. Tom 14. Supplementum* pp. 115-116.
97. Vazquez, A.E. 1984. Evaluación de la reserva de sales en los suelos salinos. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores "Cuautitlan". UNAM México
98. Wetzel, R.G. 1981. *Limnología. Capítulos 2, 3, 7 y 8 9 10, 13 y 15.* Ed. omega. Barcelona, España.
99. Yakovleva, M.E. 1969. Chemical properties and fertility of solonchaks with high exchangeable magnesium content. *Agrokémia es Talajtan. Tom 18. Supplementum* pp 290-294.
100. Zakharina. 1963. Problems concerning the classification of natural waters and solutions according to their chemical composition. *Soviet Soil Sci.* No. 4. 351-362.

## FE DE ERRATAS

### 3.- REVISION BIBLIOGRAFICA

DICE EN LA PAGINA SIETE INCISO TRES,  
SEGUNDO RENGLON

....soda ( $\text{HCO}_3\text{Na}$ )

DEBE SER

.....soda ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ò  $\text{NaHCO}_3$ )

DICE EN LA PAGINA OCHO INCISO SEIS a)  
TERCER RENGLON

aparición de plantulas en las plantas.

DEBE SER

aparición de plantulas.

### 4.2.- CLIMATOLOGIA

DICE EN LA PAGINA TRES, EN EL CUADRO 13

Precipitación distribuida por meses del periodo seco  
(Mayo-Octubre)

DEBE SER

Precipitación distribuida por meses del periodo seco  
(Noviembre- Marzo)

#### 4.2.- VEGETACION

DICE EN LA PAGINA TREINTA Y OCHO, EN EL PUNTO 4.4.1, SEGUNDO RENGLON

Rendowsky (1996)

DEBE SER

Rendowsky (1978)

DICE EN LA PAGINA TREINTA Y OCHO DEL MISMO CAPITULO DE VEGETACION EN LA QUINTA Y OCTAVA DE LAS ESPECIES DOMINANTES

Sangre de drago  
Organo

*Jathropa spathulata*  
*Mirtilocactus geometrizans*

DEBE SER

Sangre de drago  
Órgano

*Jathropa spathulata*  
*Myrtilocactus sp.*

#### 4.5. -IRRIGACION

DICEN EN LA PAGINA CUARENTA DE LA HOJA DEL ANALISIS DE AGUAS EN EL RECUADRO DE ANIONES

Ppm.

DEBE SER

ppm.

#### 4. DISCUSION DE LOS RESULTADOS

DICE EN LA PAGINA CUARENTA Y SIETE DEL PUNTO 5.2, EN LAS FORMULA QUIMICAS DE LAS SALES

halita (ClNa).....sal amarga (MgO<sub>4</sub>), carbonato de magnesio (Mg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>), bicarbonato de magnesio (MgHCO<sub>3</sub>).....bicarbonato de potasio (K<sub>2</sub>HCO<sub>3</sub>) y cloruro de potasio (ClK).

DEBE SER

HALITA (NaCl).....sal amarga (MgSO<sub>4</sub>), carbonato de magnesio (MgCO<sub>3</sub>), bicarbonato de magnesio (Mg(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>), bicarbonato de potasio (KHCO<sub>3</sub>) y cloruro de potasio (KCl).

DICE EN LA PAGINA CINCUENTA Y UNO EN EL ULTIMO RENGLON



DEBE SER



DICE EN LA PAGINA CINCUENTA Y SEIS EN LA QUINTA CUARTILLA

Geodritz K.K.1785,

DEBE SER

Geodritz (30)

