



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI

FACULTAD DE INGENIERIA

CIENCIAS DE LA TIERRA

"CORRELACION ENTRE LA SALINIDAD DEL  
SUELO Y EL AGUA DE RIEGO, EN LA  
LOCALIDAD LAS TABLAS, CIUDAD  
DEL MAIZ, S. L. P.

TRABAJO RECEPCIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO GEOQUIMICO

P R E S E N T A

MARCO ANTONIO SERNA ALMENDAREZ

SAN LUIS POTOSI, S. L. P.

ABRIL 1990

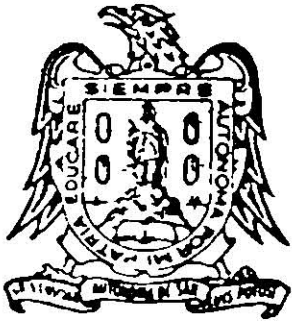


T  
S595  
S41  
c.1





1080073210



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI

FACULTAD DE INGENIERIA

CIENCIAS DE LA TIERRA

"CORRELACION ENTRE LA SALINIDAD DEL  
SUELO Y EL AGUA DE RIEGO, EN LA  
LOCALIDAD LAS TABLAS, CIUDAD  
DEL MAIZ, S. L. P.

TRABAJO RECEPCIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO GEOQUIMICO

P R E S E N T A

MARCO ANTONIO SERNA ALMENDAREZ

SAN LUIS POTOSI, S. L. P

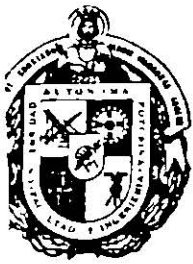
ABRIL 1990





T  
5595  
541





ABRIL 20, 1989

Al Pasante Sr. Marco Antonio Serna Almendárez  
P r e s e n t e . -

En atención a su solicitud relativa me es grato indicar a usted que el H. Consejo Técnico Consultivo de la Facultad de Ingeniería ha designado como Asesor del Trabajo Recepcional que deberá desarrollar en su Examen Profesional de Ingeniero Geoquímico, al Sr. M. en C. Raúl Grande López. Así como el Título propuesto para el mismo es:

"CORRELACION ENTRE LA SALINIDAD DEL SUELO Y EL AGUA DE RIEGO, EN LA --  
LOCALIDAD LAS TABLAS, CD. DEL MAIZ, S.L.P."

TEMARIO:

RESUMEN

- I.- INTRODUCCION
  - II.- REVISION BIBLIOGRAFICA
  - III.- DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO
  - IV.- MATERIALES DE INVESTIGACION
  - V.- METODOLOGIA DE CAMPO
  - VI.- METODOLOGIA DE LABORATORIO
  - VII.- RESULTADOS EXPERIMENTALES
  - VIII.- DISCUSION E INTERPRETACION DE RESULTADOS
  - IX.- CONCLUSIONES
- BIBLIOGRAFIA

Ruego a usted tomar debida nota de que en cumplimiento con lo especificado por la Ley de Profesiones debe prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar su Examen Profesional.

" MODOS ET CUNCTARUM RERUM MENSURAS AUDEBO "

ING. DAVID ATISHA CASTILLO  
DIRECTOR DE LA FACULTAD

## I N D I C E

RESUMEN	Página
I.- INTRODUCCION . . . . .	1
II.- REVISION BIBLIOGRAFICA . . . . .	3
III.- DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO . . . . .	5
IV.- MATERIALES DE INVESTIGACION . . . . .	10
V.- METODOLOGIA DE CAMPO . . . . .	11
a).- Muestreo de Suelos . . . . .	11
b).- Muestreo de Aguas . . . . .	11
VI.- METODOLOGIA DE LABORATORIO . . . . .	11
Determinaciones en aguas:	
a).- pH . . . . .	12
b).- Calcio . . . . .	14
c).- Magnesio . . . . .	15
d).- Sodio y Potasio . . . . .	15
e).- Sulfatos . . . . .	21
f).- Cloruros . . . . .	24
g).- Dureza Total . . . . .	28
h).- Alcalinidad . . . . .	33
i).- Conductividad Eléctrica . . . . .	37
Determinaciones en Suelos:	
a).- Color en Estado Seco y húmedo . . . . .	41
b).- Análisis Mecánico . . . . .	41
c).- Porcentaje de agua a saturación . . . . .	41
d).- Conductividad Eléctrica . . . . .	41
e).- pH . . . . .	41



f).- Nitrógeno total . . . . .	41
g).- Carbono orgánico . . . . .	41
h).- Fósforo . . . . .	42
i).- Potasio . . . . .	42
j).- Determinaciones de iones efectuados en el extracto de suelo saturado . . . . .	42
VII.- RESULTADOS EXPERIMENTALES . . . . .	47
a).- Tabla N° 1 . . . . .	44
b).- Tabla N° 2 . . . . .	45
c).- Tabla N° 3 . . . . .	46
VIII.- DISCUSION E INTERPRETACION DE RESULTADOS . . . . .	47
- Profundidad del suelo . . . . .	47
- Color . . . . .	47
- Porcentaje de agua a saturación . . . . .	48
- Textura (análisis mecánico) . . . . .	48
- Conductividad Eléctrica . . . . .	49
- Nitrógeno total, Carbono orgánico, Materia Orgánica y Relación carbono nitrógeno . . . . .	52
- Fósforo y Potasio . . . . .	53
- Tabla N° 4 . . . . .	58
- Tabla N° 5 . . . . .	59
- Figura N° 3 . . . . .	63
- Figura N° 4 . . . . .	66
IX.- CONCLUSIONES . . . . .	67
BIBLIOGRAFIA . . . . .	73

ILUSTRACIONES

Plano de Localización en la Pág. 8

Plano de las provincias Fisiográficas donde se localiza el área, en la Pág. 9

**A MIS PADRES:**

SR. FRANCISCO SERNA IRACHETA.

PROFRA. MA. DEL REFUGIO ALMENDAREZ DE SERNA.

"Por el amor brindado a todos mis actos que  
me permitió alcanzar esta etapa de mi vida"

A mi Esposa e Hijo:

Ma. Victoria y

Marco Antonio

"Con mi eterno Amor".

A mis Hermanos:

Lety

Paco

Juan José

Angélica María

Josefina

Cuqui

"Por su apoyo y confianza".

A todos mis maestros:

Doy las gracias por  
haberme transmitido  
sus conocimientos -  
para la realización  
de mi carrera profesion  
sional.

En Especial:

SR. M. en C. Raúl Grande López

SR. Ing. Ramón Ortíz Aguirre

SR. Ing. Pánfilo R. Martínez Macías.

A mis Compañeros y

Amigos.



## R E S U M E N

En el presente trabajo se estudia la correlación entre la salinidad del suelo y el agua de riego, en la región de las Tablas Municipio de Ciudad del Maíz, S.L.P.

El material por investigar lo constituyó un total de 14 muestras representativas de suelo, obtenidas a distintas profundidades y 4 muestras de aguas naturales obtenidas de pozos.

Se presentan resultados analíticos para los análisis practicados en suelos de color, obtenido en suelo seco y en suelo húmedo a saturación, datos para análisis granulométrico reportando porcentajes de arena total, limo y arcilla total, así como las clasificaciones texturales de suelo; cifras para porcentajes de agua a saturación; pH obtenidos en suspensión acuosa, relación suelo: agua de 1:2.5, y valores para conductividades eléctricas leídos en el extracto de suelo saturado expresados en milimhos/cm a 25°C., se presentan cifras igualmente para porcentajes de materia orgánica, carbono orgánico, nitrógeno total y relación C/N, así como contenidos de fósforo y potasio aprovechable en kilogramos/hectárea.

Se incluyen los análisis de iones solubles cuanteados en el extracto de suelo saturado correspondientes a los siguientes cationes:  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$ , así como para los aniones:  $\text{CO}_3^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$  y  $\text{SO}_4^-$ , reportados en miliequivalentes/litro. Se obtuvieron valores para el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) y la relación de Adsorción de sodio (RAS).

Para los análisis efectuados en las muestras de aguas, se proporcionan cifras para: pH, y los siguientes iones:  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{SO}_4^-$  y  $\text{Cl}^-$ , se determinó la dureza y la alcalinidad del agua reportando ambas en términos de  $\text{CaCO}_3$ . y la Conductividad eléctrica en micromohos/cm a  $25^\circ\text{C}$ , así como valores para PSI y RAS.

Se clasificaron tanto los suelos como las aguas, siguiendo los criterios de los Laboratorios de Salinidad de Riverside y los del Diagrama Semi-Logarítmico Cartesiano, habiendo encontrado una concordancia, en el sentido de que se tienen para los extractos de suelo niveles muy fuertemente salinos en la Zona de Tablas (Riverside) y IX S suelos de salinidad muy alta y bajos en sodio (D.S.C.) y en las aguas naturales  $\text{C}_4\text{S}_1$  muy altamente salino, baja en sodio (Riverside) y V S, agua muy salina predominando sulfatos (D.S.C.).

Para la zona distante de la localidad Las Tablas, los niveles fueron para suelos no salino, ligera y moderadamente salinos (Riverside) y niveles (D.S.C.) IS, IIIS y VS, que corresponden a salinidad nula, salinidad baja y salinidad media, predominando los sulfatos.

Para la clasificación de las aguas alejadas de la región afectada por la salinidad de Las Tablas, se tuvieron (Riverside)  $\text{C}_2\text{S}_1$  que equivale a salinidad media baja en sodio y 1 C y IIIC, (D.S.C.) que corresponde a baja salinidad y baja en sodio, así como salinidad media y baja en sodio predominando los carbonatos.

CORRELACION ENTRE LA SALINIDAD DEL SUELO Y EL AGUA DE RIEGO  
EN LA LOCALIDAD LAS TABLAS, CD. DEL MAIZ, S.L.P.

I.- I N T R O D U C C I O N

Uno de los factores limitantes para el valor agroeconómico del suelo, es la acumulación de materiales solubles en los distintos horizontes del perfil de suelo y generalmente esta situación, se disminuye cuando menos en parte, por el método tradicional de desplazamiento de las sales del suelo a horizontes más inferiores con lavados. Esta condición requiere de factores físicos adicionales como buena permeabilidad, buena estructura, aereación y otros.

La situación debe enfocarse no solo desde el conocimiento y estudio de las sales del suelo mismo, sino considerando la calidad y el tipo de agua con que se riega y con la que se pretende disminuir la salinidad, por lo anterior se presenta un estudio de correlación entre el grado de salinidad de un suelo y el agua con que se riega en la localidad las Tablas en el Municipio de Cd. del Maíz. Esta zona presenta las condiciones adecuadas para el planteamiento de las hipótesis de trabajo definido como la identificación de iones solubles presentes en el suelo, y la cuantificación de éstos iones disueltos en el agua.

Para establecer las correlaciones se establecen clasificaciones hidrogeoquímicas de los extractos de suelo saturado por medio del D.S.C. (Diagrama Semi-Logarítmico Cartesiano) para extractos de suelo saturado desarrollado por Díaz de León E. (1987), el cuál es aplicable a los extractos de suelo y es factible de correlacionarlo con la calidad del agua.



Con el presente trabajo se pretende definir las condiciones de salinidad y/o Sodicidad que se pudieran presentar cuanteando los efectos desfavorables que afecten principalmente el desarrollo de los vegetales - como son, la presión osmótica, plasmólisis, y las concentraciones que pueden llegar a ser tóxicas para los sistemas radiculares de las plantas. Por otra parte definir algunos procesos que tienen consecuencias no solo en los vegetales, sino en las propiedades del suelo mismo, como son la hidrólisis del sodio que da por resultado elevación marcada de pH, dispersión de arcillas y ataque químico enérgico a los tejidos vegetales, como una consecuencia de la formación de hidróxido de sodio.

Por otra parte los objetivos del presente estudio, están enfocados al conocimiento y una mejor utilización de los suelos salinos en la entidad de San Luis Potosí.

## II.- REVISION BIBLIOGRAFICA

Los suelos que presentan problemas de Salinidad se localizan - principalmente en las zonas áridas y semi-áridas, y también inciden en regiones con mayor precipitación en donde se encuentran aguas con exceso de sales, o bien estratos de materiales altamente solubles; en consecuencia los suelos afectados por la salinidad no son exclusivos de las zonas áridas y semi-áridas, sino que se presentan cerca de los lagos de agua salada y en sitios de topografía baja, pudiendo también encontrarse en regiones en donde el manejo inadecuado de las aguas de riego y de drenaje se ha practicado y más escasamente los suelos se pueden volver salinos por adiciones continuas de materiales fertilizantes.

De los autores que mencionan antecedentes de suelos salinos se tiene a (Rzedowski 1960). El cuál indica en forma generalizada la presencia de suelos salinos en distintos sustratos geológicos, y en relación al clima, esto en forma complementaria a objetivo principal de su estudio - que es la vegetación del Estado de San Luis Potosí.

Se encuentran datos acerca de la salinidad de los suelos particularmente en las colonias agrícolas Alvaro Obregón y San José de Palma del Municipio de Cd. del Maíz, en el estudio físico y químico verificado en esa zona por (Grande López Raúl 1961).

Guanos y Fertilizantes en sus boletines informativos indican antecedentes de los suelos salinos en el Estado, en sus cartas preparadas - para el estudio de los suelos enfocados a adición de fertilizantes (Guanos y Fertilizantes de México, (1967).

También en las cartas edafológicas de Cetenal (1972), se encuentra información acerca de las condiciones de salinidad de los suelos de la región estudiada indicando principalmente datos de conductividad eléctrica y algunas propiedades físicas como textura.

### III.- DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Cd. del Maíz fué fundada el 15 de Julio de 1617 por Fray Juan - Bautista Mollinedo quien le dió el nombre de Conversión de Nuestra Señora de la Concepción del Valle del Maíz. (Celestino Fas, S.F. 1970).

El Valle del Maíz, originalmente lo poblaban en la región Oriental la Colonia de Huastecos y el resto estaba habitada por Pames, Otomíes y Xigües.

Cd. del Maíz se encuentra situada en la parte Noreste del Estado de San Luis Potosí, a 226 Kilómetros de la Capital del Estado. Queda ubicado entre los meridianos 99°45' y 100°15' de longitud al W del meridiano de Greenwich y entre la latitud norte de 22°10' y 22°20'. Tiene una extensión de 4,240 Km<sup>2</sup>, y se encuentra a 1253 metros sobre el nivel del mar. El municipio tiene 41 Ejidos, 6 fracciones, 48 Ranchos, 11 Colonias Agrícolas, Una Delegación (El Naranjo), 3 Congregaciones y Una Estación - de Ferrocarril (Las Tablas). La población total del Municipio es de - 33,475 habitantes y en la Cabecera son 5,348 habitantes.

A su alrededor se encuentran los municipios de Alaquines, Tamasopo, Cd. Valles, Guadalcazar, Cerritos, Villa Juárez y Río Verde, al Noroeste colinda con el Estado de Tamaulipas.

Esta cruzada por la Carretera San Luis Potosí Antiguo Morelos, con una extensión de 306 Kilómetros, conectando con las carreteras Nacional, Central y San Luis Potosí-Cd. Victoria. Existen caminos vecinales -

que tienen acceso a esta Ciudad, siendo las siguientes: a Cárdenas, Estación Tablas Colonia Magdaleno Cedillo, Colonia Díez Gutiérrez, San Juan - del Meco y la Memela.

La única estación del Ferrocarril esta situada a 55 Kilómetros de la Cd. y lleva por nombre estación "Las Tablas", que corresponde a la vía del Ferrocarril San Luis-Tampico.

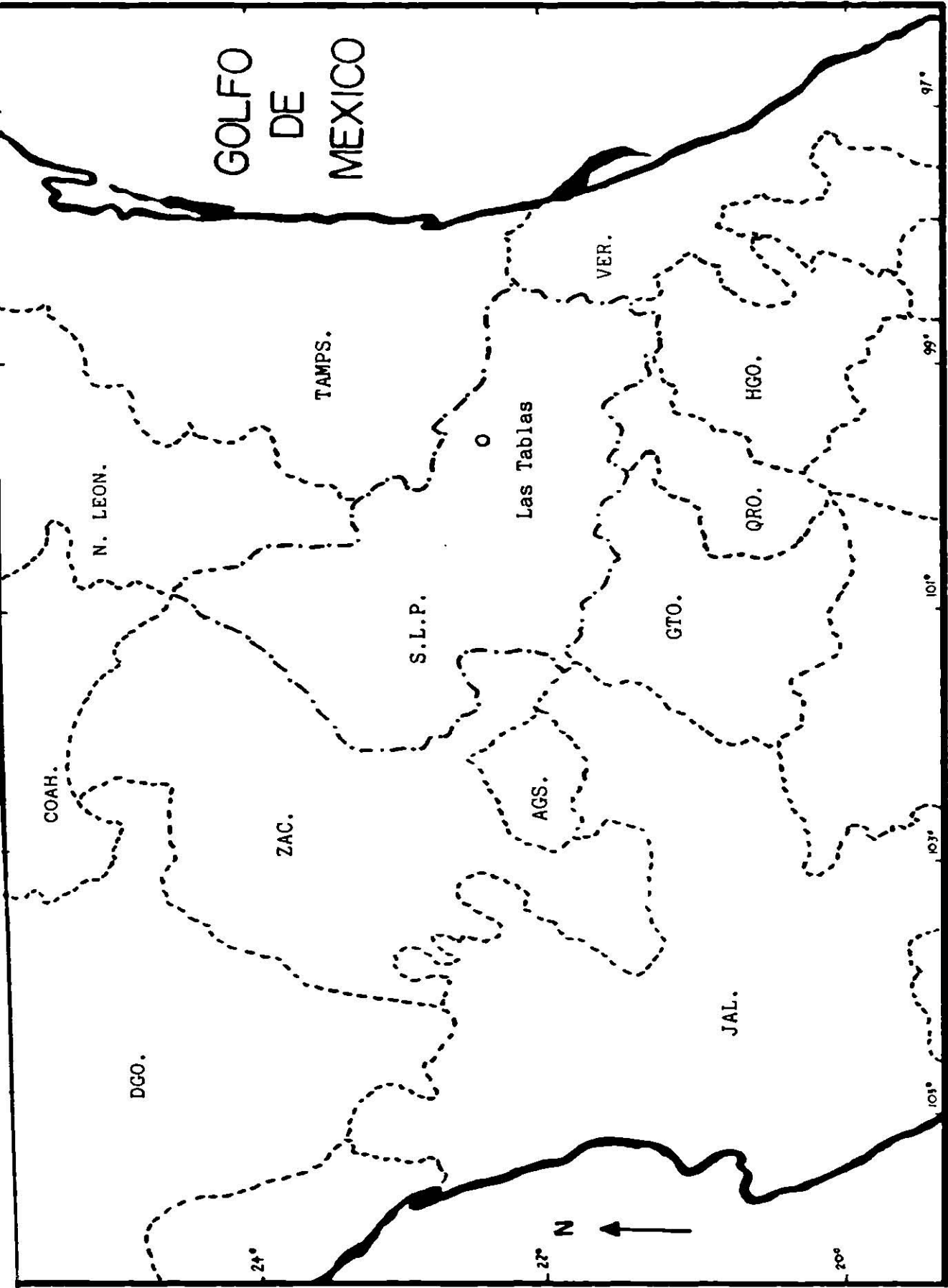
En el Municipio de Cd. del Maíz se pueden apreciar dos tipos de regiones; la que corresponde a la parte Este, que cruza la Sierra Madre - Oriental presenta una fisiografía que incluye Valles, Cañadas, y en lo que corresponde a la parte Occidental, existen Valles y Llanuras alteradas por algunas elevaciones que forman parte del Altiplano. (González Z. G. 1969).

En la región Oriental se localizan Ríos y Corrientes permanentes, entre los primeros se encuentra el Río del Salto, o "Abra de Caballeros", que nace en la región Noreste - en el lugar denominado puerto del becerro, toma una dirección de Noreste a Sureste y sus aguas van a desembocar en - el Plan del Guajolote. EL Río del Salto forma la cascada del Salto, o - Cascada de Tenloquen que es en donde se ha construído la planta hidroeléctrica.

El clima es de dos tipos: al Este templado con lluvias durante la mayor parte del año, y al Oeste seco-estepario con lluvias en verano. Durante el invierno se presentan heladas intensas y la temperatura media en la cabecera Municipal es de 19°C con una variante de los 38° a los 0°C.

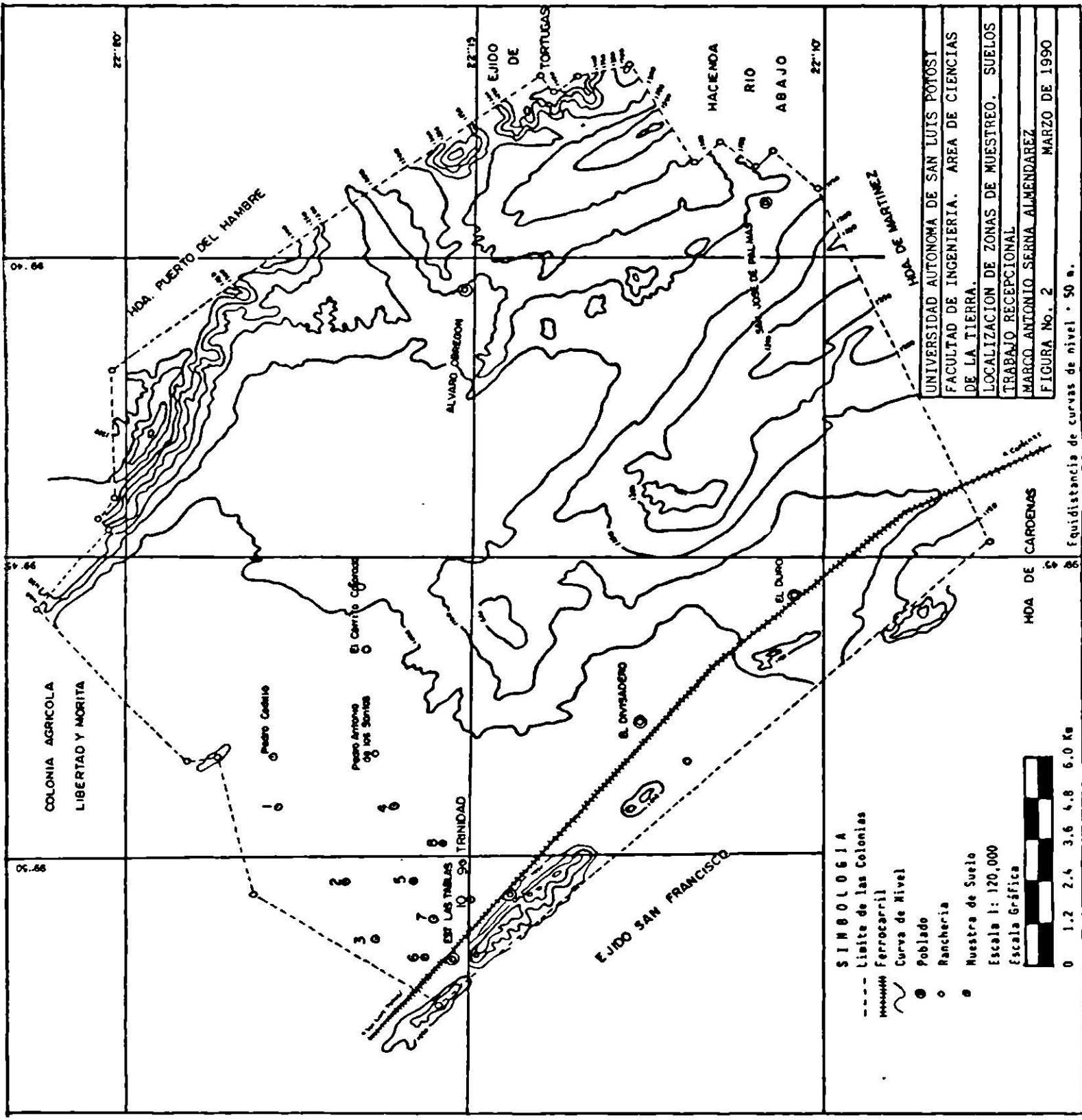
La figura N° 1 corresponde a la situación de la región estudiada, y la N° 2 indica la localización de los sitios de muestreo.





UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI  
 FACULTAD DE INGENIERIA. AREA DE CIENCIAS  
 DE LA TIERRA.  
 SITUACION DE LA REGION ESTUDIADA,  
 TRABAJO RECEPTIONAL  
 MARCO ANTONIO SERNA ALMENDAREZ  
 FIGURA No. 1

ENERO DE 1990



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSÍ  
 FACULTAD DE INGENIERIA. AREA DE CIENCIAS  
 DE LA TIERRA.  
 LOCALIZACION DE ZONAS DE MUESTREO. SUELOS  
 TRABAJO RECCIONAL  
 MARCO ANTONIO SERNA ALMENDAREZ  
 FIGURA No. 2  
 MARZO DE 1990

**SIMBOLOGIA**  
 --- Limite de las Colonias  
 Ferrocarril  
 Curva de Nivel  
 ● Poblado  
 ○ Rancheria  
 ● Muestra de Suelo  
 Escala 1: 120,000  
 Escala Gráfica

0 1.2 2.4 3.6 4.8 6.0 Km

HDA DE CARDENAS  
 HDA. PUERTO DEL MAMBRE  
 HDA. DE MARTINEZ  
 EJIDO SAN FRANCISCO  
 EJIDO DE TORTUGAS  
 HACIENDA RIO ABAJO  
 ALVARO OBREGON  
 LIN. SAN JOSE DE PALMAY  
 EL DURCO

19° 56'  
 19° 54'  
 19° 52'  
 19° 50'  
 19° 48'  
 19° 46'

99° 00'  
 99° 05'  
 99° 10'

Equidistancia de curvas de nivel = 50 m.

#### IV.- MATERIALES DE INVESTIGACION.

Con objeto de establecer las distintas condiciones de salinidad en los suelos de la región, se efectuaron recorridos de reconocimiento por la zona de trabajo, para observar las características más sobresalientes de los suelos, así como de los factores ecológicos que influyen sobre él como son: roca basal, altitud, pendiente, vegetación y afloramiento.

En base a esta información se concluyó que la incidencia de suelos salinos en esta zona se encuentra definida, particularmente la región de Estación Tablas, y el material por investigar, lo constituyó un total de catorce muestras de suelo obtenidas a diferentes profundidades y cuatro - muestras de agua, así como la información de campo necesaria para efectuar el presente estudio.

El trabajo se realizó siguiendo dos metodologías principales:

1).- Metodos de Campo, consistieron en la localización de los - sitios de muestreo, así como la obtención de muestras de suelos, muestras de agua, y los datos de campo.

2).- Trabajos de Laboratorio y Gabinete. Los primeros consistieron en la preparación de las muestras para análisis, y las interpretaciones de resultados, verificación de hipótesis de trabajo, e integración final del estudio.

V.- METODOLOGIA DE CAMPO

a).- Muestreo de suelos.

Las muestras de suelo fueron obtenidas mediante una barrena de Tipo Holandesa, y la técnica adoptada consistió en la descrita por los instructivos proporcionados por el Departamento de Suelos del Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, (1982).

b).- Muestreo de Aguas.

Para este tipo de muestreo, se procedió de acuerdo a los instructivos proporcionados por el Departamento de Hidrogeoquímica del Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, para muestreo de aguas naturales con finalidad de análisis físicos y químicos, (1984).

VI.- METODOLOGIA DE LABORATORIO

La metodología de laboratorio se aplicó a dos tipos de materiales, las muestras de suelo, y las muestras de agua.

Los análisis practicados en las muestras de agua consistieron en las siguientes determinaciones:

- |               |                   |                              |
|---------------|-------------------|------------------------------|
| 1.- pH        | 5.- Potasio.      | 9.- Alcalinidad              |
| 2.- Calcio    | 6.- Sulfatos.     | 10.- Conductividad Eléctrica |
| 3.- Magnesio. | 7.- Cloruros.     |                              |
| 4.- Sodio.    | 8.- Dureza Total. |                              |

Estas diez determinaciones son suficientes para establecer la -

calidad de agua natural y sus posibilidades de uso tanto agrícola como industrial y de consumo (desde el punto de vista químico).

a).- pH (Análisis Físicos)

Es el logaritmo negativo de la concentración molar (más exactamente "actividad") del ion hidrógeno su valor es importante en el cálculo de carbonatos, bicarbonatos y dióxido de carbono, también es importante para determinar el índice de corrosión o estabilidad y en el control del proceso de tratamiento del agua.

El pH del agua se determina por el método potenciométrico.

GENERALIDADES.- Existen varios tipos de electrodos que pueden usarse para la determinación del pH y aunque el electrodo de hidrógeno esta reconocido como estándar primario, es más utilizado el electrodo de vidrio combinado con el electrodo de calomel como electrodo de referencia. El sistema de medición esta basado en que el cambio por unidad de pH produce un cambio eléctrico de 59.1 mv a 25°C en la solución.

INTERFERENCIAS.- La medición electrométrica de pH solamente presenta interferencias a pH = 1 o menor y a pH = 10 o mayor. Estas interferencias pueden eliminarse con electrodos especiales. La determinación no es afectada por el color, turbidez, materia coloidal, cloro libre, oxidantes o reductores.

APARATOS.- Debido a la gran variedad de modelos existentes para esta determinación, no es posible indicar su forma de manejo, solo recomendamos la lectura detenida del manual o instructivo antes de ponerlo en funcionamiento.

miento.

El analista deberá estar alerta para detectar resultados incorrectos debidos a fallas mecánicas o eléctricas, rotura de electrodos, etc. (Díaz de León S. E. 1988).

Los electrodos nuevos o los que han dejado de usarse por mucho tiempo deben activarse por inmersión en agua destilada durante 24 horas antes de usarse, si el electrodo no dá respuesta deberá sumergirse en HCl al 2% durante 2 horas o más.

Los electrodos en uso interminante deberán permanecer sumergidos en agua destilada.

La temperatura afecta a los potenciales de los electrodos y a la ionización de la muestra. El potencial de los electrodos se controla por ajuste del aparato. El efecto de la temperatura sobre la muestra debe tomarse en consideración anotada para cada muestra la temperatura y el pH.

SOLUCIONES REGULADORAS.— El potenciómetro debe calibrarse con soluciones de pH conocido y de preparación reciente. Es recomendable calibrar el aparato con una solución preparada de pH cercano al de las muestras. Para conservar las soluciones reguladoras se recomiendan los frascos de polietileno o de vidrio pyrex.

Solución reguladora de pH = 4: Se disuelve 10.21 g de biftalato de pota--



sio anhidro,  $\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$ , en agua destilada y se diluye a 1 lt.

Solución reguladora de pH = 7: Se disuelve 1.36 g de fosfato mono potásico anhidro y 1.420 g de fosfato disódico  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  (deben secarse por 2 horas a  $110^\circ - 130^\circ\text{C}$ ) en agua destilada hervida por 15 min. y enfriada a temperatura ambiente, y diluir a 1 lt.

Solución reguladora de pH = 9: Disolver 3.81 g de borato de sodio decahidratado (borax),  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ , en agua destilada que ha sido hervida durante 15 min. y enfriada a temperatura ambiente. Diluir a 1 lt.

PROCEDIMIENTO.— Una vez calibrado el aparato con una solución reguladora de pH cercano al de las muestras, los electrodos se lavan varias veces con agua destilada y se secan.

Luego se introducen en la solución a determinar y se anota la lectura del aparato, tomando en cuenta la temperatura.

#### b).- DETERMINACION DE CALCIO

El calcio es uno de los iones que generalmente son abundantes en las aguas naturales y que junto con el magnesio producen la dureza del agua.

EL Calcio se determina complejométricamente con EDTA en solución alcalina (para eliminar el magnesio por precipitación) usando murexida como indicador.

PROCEDIMIENTO.- Se mide 25 ml de muestra y se completa el volumen a 50 ml con agua destilada (para muestras con un contenido alto de calcio se toma un volumen menor de muestra y se completa a 50 ml con agua destilada). Se le añade un 1 ml. de hidróxido de sodio 2 molar y de 30 a 50 miligramos - del indicador murexida y se valora con EDTA 0.01 M hasta color morado. - Anotar el volúmen gastado ( $V_2$ ).

CALCULOS.- Ca en mg/l = (ml EDTA) (F)

$$\text{Donde F = Factor} = \frac{(\text{M EDTA}) (\text{mmol de Ca}) (1000) (1000)}{(\text{ml muestra})}$$

c).- DETERMINACION DE MAGNESIO

La dureza de magnesio se determina restando el volúmen de EDTA gastado en la determinación del calcio ( $V_2$ ) del volumen de EDTA gastado en la determinación de la dureza total ( $V_1$ ) de la siguiente manera:

$$\text{Mg en mg/l} = (V_1 - V_2) (F)$$

DONDE:

$V_1$  = ml de EDTA gastados para dureza total

$V_2$  = ml de EDTA gastados para calcio

$$F = \text{Factor} = \frac{(\text{M E.D.T.A.}) (\text{mmol de Mg}) (1000\text{g}) (1000)}{(\text{ml muestra})}$$

d).- ANALISIS ESPECTROFLAMOMETRICOS

SODIO Y POTASIO

GENERALIDADES.- El sodio y el potasio se encuentran presentes - en la mayoría de las aguas naturales.

El sodio es particularmente importante para la agricultura ya que en concentraciones elevadas afecta tanto a los cultivos como a los suelos reduciendo su permeabilidad.

El potasio se encuentra en menor proporción que el sodio, es un nutriente vegetal y actualmente a despertado interés porque constituye la mayor fuente de radioactividad encontrada en aguas naturales debido al Isótopo  $k^{40}$ .

DETERMINACION.- Ambos el sodio y el potasio se determinan por el método flamométrico, ya que tanto los metales alcalinos como los alcalinotérreos son fácilmente excitados por la flama.

El método es un técnica refinada de la antigua "prueba a la llama". La solución que se analiza se observe a través de un capilar a una llama gaseosa en la que se atomiza y excita en condiciones controladas y reproducibles.

Por medio de un monocromador o un filtro, se aísla la línea espectral deseada - 589 mili micras para el sodio 768 mili micras para el potasio - y se hace incidir en un fototubo que la transforma en corriente eléctrica, ésta es amplificada y registrada por un galvanómetro. La intensidad de la luz emitida es aproximadamente proporcional a la concentración del elemento.

INTERFERENCIAS.- La principal causa de interferencias es la radiación luminosa de substancias extrañas. Sin embargo sus efectos, positivos en algunos casos y negativos en otros, pueden ser minimizados operando a las

menores concentraciones posibles de sodio y potasio o por eliminación de los elementos interferentes. Por ejemplo, el aluminio reduce la emisión de los metales alcalinos y aunque en condiciones normales las concentraciones de aluminio en el agua son bajas, durante su tratamiento la concentración puede aumentar mucho; en estos casos, debe eliminarse antes de la determinación de sodio y potasio.

Otra interferencia importante es la autoabsorción, la cuál se presenta a concentraciones altas de metales alcalinos; esta interferencia se reduce hasta casi hacerla insignificante por dilución de la muestra.

Los sólidos en suspensión interfieren mecánicamente al ocluir el capilar, por lo que se eliminan por filtración.

#### APARATOS Y MATERIALES

FLAMOFOTOMETRO.- El aparato debe estar constituido por un atomizador y mechero con reguladores de presión y válvulas para gas y aire u oxígeno; un sistema óptico, que consiste en un monocromador o filtros capaces de eliminar las radiaciones luminosas de los elementos que interfieren, y permitir sólo el paso de las longitudes de onda de los elementos en estudio; y un indicador fotosensitivo.

REACTIVOS.-

- Cloruros de potasio (solución patrón)

Se pesan 0.3808g de KCL Q.P. seco; se disuelven en agua y se diluyen a 1 lt.

- Cloruro de potasio (solución de trabajo)

Se miden con pipeta 10, 20, 30, 40 y 50 ml de la solución patrón y se diluye con agua a 200 ml, con este procedimiento se obtienen soluciones de 10, 20, 30, 40 y 50 mg/1 de K.

- Cloruro de Sodio (solución patrón)

Se pesan 0.5083 g de NaCl Q.P. seco; se disuelven en agua y se diluyen a 1 lt.

- Cloruro de sodio (solución de trabajo)

Se miden con pipeta 10, 20, 30, 40 y 50 ml de la solución patrón y se diluyen con agua a 200 ml, las soluciones así obtenidas contienen 10, 20, 30, 40 y 50 mg de Na/lt.

CALIBRACION Y ESTANDARIZACION DEL EQUIPO.- Los procedimientos para calibrar y estandarizar con exactitud el equipo, varía con la marca y el modelo del mismo, por lo que sólo daremos algunas indicaciones generales de importancia. En todos los casos debe leerse con atención el manual e instructivo de operación que acompaña a cada equipo.

- Conecte el equipo a la fuente de corriente alterna a través de un regulador de voltaje, y encienda el aparato.

- Seleccione la fotocelda (si el equipo lo permite) a la determinación que se va a efectuar (320-620 milimicras para el sodio; 620-1200 milimicras para el potasio). Abra la rejilla una cuarta parte del total de su abertura total y dé al instrumento su máxima sensibilidad y ajuste el botón del galvanómetro hasta obtener lecturas estables.

- Alimente el quemador con el combustible (gas butano propano o etileno) y aire u oxígeno; encienda el mechero y ajuste las presiones adecuadas

del combustible y el comburente, para una combustión óptima (llama de color azul pálido, no amarilla); introduzca el capilar del mechero en la solución de mayor concentración de sodio o de potasio y deje que la luz emitida de la llama incida en la fotocelda.

- Seleccione el filtro adecuado (si el equipo lo permite) para los equipos que tienen monocromador, mueva el botón que lo controla hacia adelante y hacia atrás lentamente, en las proximidades de la longitud de onda adecuada (589 milimicras para el sodio y 768 milimicras para el potasio), hasta que el galvanómetro registre la deflexión máxima.
- Continúe atomizando la solución de mayor concentración mientras ajusta la lectura al valor máximo de la escala (100).
- Lave el atomizador varias veces con agua destilada hasta que la llama no de ninguna coloración, luego mientras se atomiza el agua destilada ajuste la lectura del galvanómetro al valor mínimo de la escala (0).
- Determine la intensidad de emisión de todos los estándares anotando los valores registrados en el galvanómetro.
- Grafique la intensidad de emisión contra concentración en papel milimétrico y anote en la misma gráfica las condiciones de trabajo (longitud de onda, abertura de la rejilla, etc.).

PROCEDIMIENTO.- La muestra no necesita ningún tratamiento preliminar salvo la filtración, cuando existan sólidos en suspensión.

- Encienda el aparato; alimente el mechero con el combustible y comburente, encienda el mechero, fije la abertura de la rejilla al valor determinado.
- Ajuste el galvanómetro en el valor máximo de la escala. Seleccione la longitud de onda adecuada mediante monocromador o filtro, atomice la -



muestra y anote la lectura del galvanómetro.

CALCULOS.-

En la gráfica determine la correspondencia de la concentración en mg/l de la muestra.

(mg/l de K = Lectura en gráfica.

(mg/l de Na = Lectura en gráfica.

e).- SULFATOS

GENERALIDADES.- Junto a los cloruros y bicarbonatos, los sulfatos son los aniones más abundantes en las aguas naturales; su presencia en el agua es causante del sabor de "agua gorda" en el consumo humano; en la industria también produce incrustaciones en calderas o intercambiadoras de calor.

En las aguas residuales los sulfatos forman parte activa en el ciclo del azufre y en condiciones anaerobias se transforman en ácido sulfhídrico causante del mal olor.

DETERMINACION.- Los sulfatos son precipitados como sulfato de bario, este precipitado se mantiene en suspensión con glicerina y alcohol etílico como protectores; la turbidez resultante de la muestra se determina en un espectrofotómetro y se compara con una serie de estándares de concentraciones determinadas.

INTERFERENCIAS.- Las muestras turbias, con sólidos en suspensión o coloidales, son objeto de un tratamiento especial o "determinación en blanco". Otros aniones que forman precipitado con el bario deben ser eliminados, o evitar su precipitación, agregando la sal soluble de bario después de acidificar la muestra con HCl concentrado.

APARATO.- Se utiliza un espectrofotómetro adecuado para medir longitudes de onda entre 350 y 425 milimicras; el rango preferible es de 380 a 400 milimicras. La capacidad de la celda es de 20 ml aproximadamente y con

una distancia entre las paredes de la celda de 15 mm.

REACTIVOS.-

- HCl concentrado ( $d = 1.19$ )
- Cloruro de bario.- Cristales de  $BaCl_2 \cdot 2H_2O$  de 20 a 30 mallas.
- Estabilizador de suspensión.- Mezcle 1 parte de glicerina Q.P. con dos partes de alcohol de 96° y agite hasta homogenizar.
- Solución estandar de sulfatos (200 mg/l).

Se pesan 295.8 mg de  $Na_2SO_4$  Q.P. y se disuelven en agua y se afora a 1 lt.

- Solución de trabajo.

Se miden con pipeta 10, 20, 30, 40 y 50 ml de la solución estandar de sulfatos y se aforan a 200 ml, con este procedimiento se obtienen soluciones de 10, 20, 30, 40 y 50 mg/l de sulfatos.

PROCEDIMIENTO.-

a) Preparación de la curva.

Se miden con pipeta 20 ml de agua destilada y de cada una de las soluciones de trabajo en matraces Erlen Meyer de 250 ml. Se añade a cada matraz 1 ml de HCl y cuatro ml del estabilizador alcohol glicerina y con una espátula aproximadamente 100 mg de  $BaCl_2 \cdot 2H_2O$  y se agita durante 1 minuto (cronometrado) cada matraz. A los 20 minutos exactamente se pasa la solución a la celda del espectrofotómetro y se ajusta la lectura a 100% de transmitancia usando la solución que contiene los 20 ml de agua destilada. Se leen los valores correspondientes a la curva y se anotan.

b) Tratamiento de las muestras.

Para las muestras se toman 20 ml de cada una o un volumen menor, diluido a 20 ml. con agua, si la muestra contiene más de 50 mg/l de sulfatos. Y se le da el mismo tratamiento que a las soluciones de la curva. La lectura debe tomarse a los 20 minutos de iniciar la agitación.

c) Tratamiento de muestras turbias.

Si alguna muestra contiene sólidos en suspensión que no sedimentan ni con centrifugación, se sigue el procedimiento indicado a continuación:

En dos matraces Erlen Meyer de 250 ml se toman dos volúmenes iguales de la muestra turbia. Al primer matraz se le da el mismo tratamiento que a las demás muestras. Al segundo matraz se le agregan todos los reactivos menos  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  y se le sigue el mismo tratamiento que a las demás muestras. La lectura transformada a mg/l de éste segundo matraz corresponde a la turbidez y debe restarse a los mg/l obtenidos en el primer matraz.

CALCULOS.-

Se grafican los valores de transmitancia obtenidos con las soluciones de trabajo, y la curva obtenida permitirá obtener los mg/l de las muestras a partir de su transmitancia.

$$(\text{mg/l}) \text{ de } \text{SO}_4^{=} = \text{Lectura en gráfica.}$$

f).- ANALISIS VOLUMETRICOS

CLORUROS

GENERALIDADES.- Es una de las tres especies aniónicas más abundantes en el agua natural, junto con los bicarbonatos y los sulfatos. Su presencia en el agua se debe a la existencia de muchos cloruros en el agua como los metales alcalinos y alcalinotérreos.

También se encuentra en forma de NaCl y KCl en organismos vivos animales y vegetales. De ahí que cuando su concentración es alta en algunas muestras de agua, se puede suponer que el agua estuvo en contacto con detritus de animales o vegetales.

DETERMINACION POR EL METODO DE MOHR.- Se utiliza el  $K_2CrO_4$  como indicador de final de reacción entre el cloruro y la solución valorada de nitrato de plata. El cloruro de plata precipita cuantitativamente antes de que inicie la precipitación de cromato de plata rojo.

INTERFERENCIAS.- Las sustancias que se encuentran normalmente en el agua no interfieren.

Los bromuros, ioduros y cianuros consumen una cantidad equivalente de  $AgNO_3$  que los cloruros y deben eliminarse. Los sulfuros, sulfitos y tiosulfatos interfieren; los sulfitos se eliminan con agua oxigenada en solución neutra, los sulfuros y tiosulfatos se eliminan con agua oxigenada en solución alcalina.

Los fosfatos en concentraciones mayores a 25 mg/l precipitan como fosfatos de plata. El hierro en concentración de 10 mg/l enmascara el final de la reacción.

REACTIVOS.-

CROMATO DE POTASIO.- Se disuelven 50 g de  $K_2CrO_4$  en 100 ml de agua destilada. A la solución así preparada se le agrega nitrato de plata lentamente hasta que se forma un precipitado rojo definido, se deja reposar 12 horas, se filtra y se diluye a 1 lt. con agua destilada.

Nitrato de Plata 0.0141 N. Se disuelven 2.396 g de  $AgNO_3$  Q.P. seco y se diluye a 1 lt. con agua destilada. Esta solución debe valorarse con una solución de  $NaCl$  0.0141.

Cloruro de Sodio 0.0141 N.- Se disuelven 0.8241 g de  $NaCl$  Q.P. en agua destilada y se diluye a 1 lt. esta solución contiene 0.5 mg de  $Cl/ml$ .

PROCEDIMIENTO.- Se toma 25 ml de muestra o una alicuota apropiada diluída a 25 ml.

2.- Se añade 1 ml de  $K_2CrO_4$ . Titular con la solución de  $AgNO_3$  hasta obtener la coloración naranja indicadora del final de la valoración.

3.- Correr un blanco consistente en 25 ml de agua siguiendo el paso 2.

CALCULOS.-

$$\text{mg de Cl/l} = (A-B) \times F$$



donde

A = ml de  $\text{AgNO}_3$  gastados en la valoración de la muestra.

B = ml de  $\text{AgNO}_3$  gastados en la valoración del blanco.

F = Factor que se obtiene así:

$$F = \frac{N \times \text{meq Cl} \times 1000 \times 1000}{\text{ml de muestra}}$$

N = Normalidad del  $\text{AgNO}_3$

meqCl = 0.03545

NOTAS.-

- 1.- La adición de  $\text{AgNO}_3$  al cromato tiene por objeto formar una solución saturada de  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  para que el punto final práctico se advierta más próximo al punto final teórico.
- 2.- Esta concentración de  $\text{AgNO}_3$  es equivalente a 0.500 mg/ml de Cl.
- 3.- Si la muestra presenta interferencias como color, turbidez, Ph fuera del rango 7-10 ó sustancias como sulfuros y tiosulfatos, proceda como se indica a continuación:
  - Color y turbidez.- Prepare una suspensión de Hidróxido de aluminio disolviendo 125 g de  $\text{K}_2\text{Al}_2(\text{SO}_4)_4 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$  en 1 lit. de agua destilada. Caliente  $60^\circ\text{C}$  y agregue lentamente y con una agitación 55 ml de  $\text{NH}_4\text{OH}$  concentrado, deje reposar para una hora; lave y decante la suspensión varias veces y guardela en un frasco cerrado. Agregue 3 ml de esta suspensión a las muestras con mucho color o con sólidos suspendidos, mezcle con agitación, deje asentar, filtre y lave; combine el filtrado con los lavados.
  - Muestras con pH fuera de rango.- Prepare un solución alcohólica de fe-

fenolftaleína de la siguiente manera: disuelva 5 g de fenolftaleína en 500 ml de alcohol etílico de 95% y diluya a 1 lt. con agua destilada. Añada NaOH diluido hasta que la solución indicadora tenga un color rosa perceptible. Disuelva 40 g de NaOH en agua destilada y diluya a 1 lt. Diluya con precaución 28 ml de  $H_2SO_4$  concentrado en 1 lt.

Si la muestra tiene un pH inferior a 7 ó superior a 10, agregue una gota de fenolftaleína y ajuste el pH con el ácido o el hidróxido de sodio.

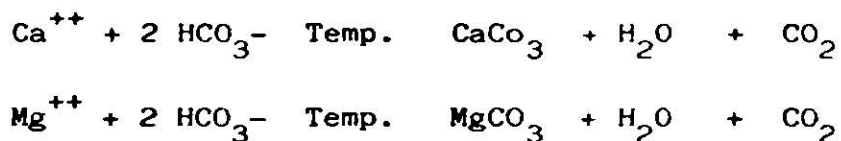
- Muestras con sulfuro y tiosulfato. Si la muestra contiene sulfuros o tiosulfatos, añada una gota de fenolftaleína y se alcaliniza con NaOH. Agregue un ml de  $H_2O_2$  al 30% y agite. Neutralizar posteriormente con  $H_2SO_4$ .

g).- DUREZA

GENERALIDADES.- La dureza en el agua natural es producida principalmente por los iones metálicos, de los cuales los más abundantes son: Calcio, Magnesio, Estroncio, Bario, Hierro, Manganeso, Aluminio y otros iones metálicos también la producen pero como se encuentran en concentraciones muy bajas, no contribuyen de manera significativa a la dureza total del agua.

DUREZA TEMPORAL Y PERMANENTE

La presencia de calcio y magnesio en aguas en las que predominan los bicarbonatos, constituyen los que se conocen como "Dureza Temporal", llamada así porque puede eliminarse por calentamiento, al efectuarse la reacción:



Cuando el calcio y el magnesio se encuentran en aguas en las que predominan los cloruros y los sulfatos, constituyen la "Dureza permanente" llamada así: porque su eliminación requiere procedimientos más complejos.

La determinación de la dureza es decir, de calcio y magnesio es de vital importancia para la industria, por las incrustaciones que producen esos iones en las calderas y tubos de conducción de intercambiado

res de calor.

DETERMINACION.- Los iones de calcio y magnesio (así como todos los iones metálicos presentes en el agua) son complejados por la sal disódica de ácido etilén diamino tetra acético (E.D.T.A.). El final de la reacción se determina por el negro de eriocromo, el cual tiene un color rojo en presencia de calcio y magnesio y cambia el azul cuando los iones metálicos son secuestrados o complejados por el E.D.T.A.

INTERFERENCIAS.- Los iones enlistados en la tabla inferior no interfieren en esta determinación si su concentración no excede el valor indicado.

I O N	Concentración Máxima - permitida en la determinación de dureza total en mg/l	Concentración máxima permitida en la determinación de dureza de calcio en mg/l.
Aluminio, Al <sup>+++</sup>	20	5
Amonio, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	_____	2000
Bicarbonato, HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	_____	500
Bromo, Br <sub>2</sub>	_____	2
Cadmio, Cd <sup>++</sup>	20	_____
Carbonato, CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	1000	50
Cloruro, Cl <sup>-</sup>	10000	_____
Cloruro, Cl <sub>2</sub>	_____	2
Cromato, CrO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	500	500
Cobalto, Co <sup>++</sup>	0.3	_____
Cobre, Cu <sup>++</sup>	20	2
Hierro, Fe <sup>+++</sup>	10*	20
Hierro, Fe <sup>++</sup>	10*	20
Plomo Pb <sup>++</sup>	20	5

continuación de los iones enlistados...

Maganeso, $Mn^{++}$	1***	10**
Niquel, $Ni^{++}$	0.5**	—
Nitrato, $NO_3^-$	500	500
Nitrito, $NO_2^-$	500	500
Fosfato, $PO_4$	100	—
Silicato, $SiO_3^{=}$	200	100
Estroncio, $Sr^{++}$	****	****
Sulfato, $SO_4^{=}$	10,000	10,000
Sulfito, $SO_3^{=}$	500	500
Taninos, quebracho	200	50
Estaño, $Sn^{++++}$	10	5
Estaño, $Sn^{++}$	10	5
Cinc, $Zn^{++}$	20	5

\* El Hierro no interfiere en concentraciones mayores a 200 mg/l. Sin embargo reaparece el color rojo en 30 segundos.

\*\* La interferencia del manganeso se elimina agregando unos cristales de ferrocianuro de potasio a la sol. Buffer antes de usarla.

\*\*\* El color azul del punto final aparece más lentamente.

\*\*\*\* El estroncio se valora junto con el calcio y el magnesio.

REACTIVOS.-

- Solución reguladora (dureza)

Se disuelven 40 g de  $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$  en 600 ml de agua.

En otro vaso se disuelven 10 g de NaOH, 10 g de  $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  o 7 g de  $\text{Na}_2\text{S} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  y 10 g de  $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  en 100 ml de agua. Cuando ambas soluciones están frías, se mezclan y se completa el volúmen a 1 litro.

- Indicador (dureza)

Se prepara mezclando 0.5 g de negro de eriocromo en 99.5 de NaCl molido. Se guarda en frasco obscuro y en lugar seco.

- Indicador (calcio)

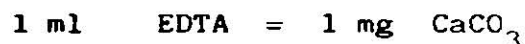
Se mezclan 0.20 g de purpurato de amonio (murexida) y 99.8 g de NaCl molido. Se guarda en frasco hermético y en un lugar seco.

- Solución valorada de E.D.T.A. (0.01 m)

Se pesan 4.000 g de la sal disódica del ácido etilendiamino tetracético ( $\text{Na}_2\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}_8\text{N}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), se disuelven en agua y se afora a 1 lt. Guardar la solución en frasco de polietileno. Ajustar la molaridad de la solución, hasta 0.01 M. valorando con  $\text{CaCl}_2$ .

- Sol. valorada de calcio (0.01 m)

Pesar con exactitud 1 g de  $\text{CaCO}_3$  Q.P. seco, disolver con HCl diluido evitando pérdidas por salpicaduras durante la disolución; una vez disuelto, aforar a 1lt con agua destilada.



- Solución de NaOH (2M)

Disolver 80 g de NaOH en agua y diluir a 1 lt. con agua destilada; guardar en frasco de polietileno.

- Solución de  $\text{NH}_4\text{OH}$ .

Mezcle 1 volúmen de  $\text{NH}_4\text{OH}$  ( $d=0.9$ ) con 4 volúmenes de agua.

PROCEDIMIENTO.-

DUREZA TOTAL

Medir 50 ml de muestra o una alicuota apropiada diluida a 50 ml con agua destilada. Ajuste el pH de 7 a 10 agregando  $\text{NH}_4\text{OH}$ . Añada 1 ml de solución BUFFER para dureza y 30 a 50 mg del indicador eriocromo y valorar con EDTA hasta color azul.

La valoración debe completarse en un máximo de 5 minutos.

CALCULOS.-

La dureza total se reporta en términos de  $\text{CaCO}_3$  de la siguiente manera:

Dureza total en mg/l de  $\text{CaCO}_3$  = (ml EDTA) X F

DONDE: F= Factor = 
$$\frac{(\text{M E.D.T.A.})(\text{mmol de CaCO}_3)(1000)(1000)}{(\text{ml muestra})}$$

h).- ALCALINIDAD

GENERALIDADES.- En el agua natural, la alcalinidad es producida principalmente por los bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos. También producen alcalinidad aunque en cantidades insignificantes, las sales de algunos ácidos débiles como fosfatos, silicatos, boratos, etc.

DETERMINACION.- La muestra se titula con solución estándar de ácido hasta un pH designado. El final de la reacción se determina por el cambio de color de un indicador interno.

INTERFERENCIAS.- El cloro residual afecta la coloración de el indicador, su efecto se elimina con solución de tiosulfato de sodio; el color de la muestra puede impedir la observación del final de la reacción, en estos casos se recomienda el método potenciométrico. El  $\text{CaCO}_3$  y el  $\text{Mg} (\text{OH})_2$  producidos durante el proceso de ablandamiento deben ser eliminados.

REACTIVOS.-

1.- HCl diluido 0.05N.- Diluya 4.2-4.3 ml de HCl concentrado  $d= 1.19$  en 1 lt. de agua destilada. Determine la normalidad exacta haciéndolo reaccionar con 0.100 g de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  Q.P. seco, disueltos en 100 ml de agua destilada y unas gotas de anaranjado de metilo:

$$N = \frac{\text{g Na}_2\text{CO}_3}{\text{ml HCl X meq Na}_2\text{CO}_3}$$

2.- Anaranjado de metilo (0.5 g por litro).- Disuelva 0.05 g de anaranja



do de metilo en agua y diluya a 100 ml.

3.- Fenolftaleina (5 g por litro).- Disuelva 0.5 g de fenolftaleina en 50 ml de alcohol etílico (95%) y diluya a 100 ml con agua.

PROCEDIMIENTO.- Mida con pipeta volumétrica 25 ml de muestra, y pase este volumen a un matraz erlen meyer de 250 ml, añada 2-4 gotas del indicador (1) y titule con el ácido valorado hasta que el primer cambio de coloración sea bien definido. Añada el ácido en pequeños volúmenes agitando el matraz después de cada adición. Cuando la valoración se aproxima a su final, se observa un cambio de color momentaneo en la zona de contacto, que desaparece con la agitación. A partir de ese momento el ácido debe agregarse gota a gota hasta el final.

CALCULOS.-

La alcalinidad puede reportarse en equivalentes por millón:

$$EPM = \frac{AN}{B} \times 1000$$

DONDE:

A = ml de HCl utilizados

N = Normalidad del ácido

y

B = ml de muestra

o en miligramos por litro de carbonato de calcio

$$\text{mg de CaCO}_3/\text{l} = \text{ml HCl} \times F$$

$$F = \text{Factor} = \frac{N \times \text{meq} \times 1000 \times 1000}{\text{ml}}$$

DONDE:

N = Normalidad del ácido (0.05)

meq = Miliequivalente del  $\text{CaCO}_3$  (0.05)

ml = Mililitros de muestra

NOTAS.-

1.- Cuando se ha determinado previamente el pH de la muestra su valor es importante para elegir el indicador apropiado: un pH mayor de 8.3 indica la posible presencia de hidróxidos y confirma la presencia de carbonatos; un pH menor de 8.3 indica que la muestra sólo contiene bicarbonatos.

En el primer caso debe agregarse fenolftaleína con la cuál la muestra tomará una coloración del rojo al rosa; con la bureta aforada en "o" se valora con el ácido y se anota el volumen necesario para decolorar, ( $V_1$ ) luego se afora otra vez la bureta se agrega el anaranjado de metilo a la muestra y se valora nuevamente hasta el cambio de color, anotando este nuevo volumen ( $V_2$ ).

Cuando  $V_1$  es mayor que  $V_2$  indica que la muestra contiene hidróxidos y carbonatos y los cálculos se reportan así:

$$\text{Alcalinidad de} = \frac{2 (V_2) \times (N) \times (\text{meq } \text{CaCO}_3) \times (1000) \times (1000)}{(\text{ml muestra})}$$

carbonatos como

$\text{CaCO}_3$  en mg/l

$$\text{Alcalinidad de} = \frac{(V_1 - V_2) \times (N) \times (\text{meq } \text{CaCO}_3) \times (1000) \times (1000)}{(\text{ml muestra})}$$

(ml muestra)

hidróxidos como

$\text{CaCO}_3$  en mg/l

Cuando el  $V_1$  es menor que  $V_2$  indica que la muestra contiene carbonatos y bicarbonatos y los cálculos se reportan así:

$$\text{Alcalinidad de carbonatos} = \frac{2 (V_1) \times (N) \times (\text{meq CaCO}_3) \times (1000) \times (1000)}{(\text{ml muestra})}$$

$$\text{Alcalinidad de bicarbonatos} = \frac{(V_2 - V_1) \times (N) \times (\text{meq CaCO}_3) \times (1000) \times (1000)}{(\text{ml muestra})}$$

En los dos casos anteriores la alcalinidad total es la suma de  $V_1 + V_2$ .

Si la muestra tiene un pH menor a 8.5 como ya se mencionó sólo se agrega anaranjado de metilo y se valora con el ácido hasta cambio de color; los cálculos se mencionaron anteriormente (ver "cálculos").

i).- CONDUCTIVIDAD ELECTRICA

( ESPECIFICA )

La conductividad o conductancia específica es una medida de la capacidad de transporte de la corriente eléctrica. Y la capacidad de transporte está relacionada con la concentración de sales ionizadas disueltas.

La medida de la conductividad es un auxiliar valioso para establecer las diluciones necesarias para las determinaciones químicas.

También sirve para comprobar los resultados de los análisis químicos.

GENERALIDADES.- La conductividad específica se define como la inversa de la resistencia de una solución medida entre dos electrodos de  $1\text{cm}^2$  de área, colocados a un cm de distancia entre ellos.

La cantidad de corriente que pasa a los electrodos a través de la solución se determina en un aparato llamado "Puente de Wheatstone". Este aparato debe calibrarse con una solución de KCl de concentración y conductividad eléctrica conocidas a 25°C.

APARATOS.- Existen varios tipos de conductivímetros en el comercio, y deben reunir las especificaciones siguientes:

1.- Puente de Wheatstone con capacidad para hacer lecturas con una exac

titud de 1% o mejor.

2.- Fuente de corriente alterna

a) Si se utiliza un teléfono como indicador de nulidad, debe ser de 1000 a 3000 ciclos.

b) Si se usa un "ojo mágico" o un galvanómetro como instrumento para medir la nulidad de corriente, la fuente debe ser de 25 a 60 ciclos.

Cuando el equipo se conecte directamente a la línea principal de corriente alterna, se recomienda el uso de un transformador, - para evitar sobrecargas que puedan dañarlo.

c) Celda de conductancia específica.-

Puede ser de pipeta o de inmersión, ambos con electrodos de platino.

Se encuentran de diferentes a constantes de celda 0.1, 1 y 10. Las celdas de constante 0.1 son útiles para medir soluciones de conductividad muy baja (100 micromhos/cm). Las de constante 1 para soluciones de conductividad moderada; y las de constante 10 para soluciones muy concentradas como salmuera; en todo caso debe de usarse una celda que ofrezca una resistencia de 500 a 10000 ohm. Las celdas nuevas deben lavarse con mezcla crómica y los electrodos platinizarse antes de usarlos. Este procedimiento de limpieza y platinización debe repetirse cuando se obtengan lecturas discordantes o cuando se observe algún desprendimiento del negro de platino depositado sobre los electrodos.

Para el platinizado se usa una solución de 1 g de ácido cloroplático (cloruro de platino) y 0.012 g de acetato de plomo en 100 ml de agua. Se sumergen los electrodos en esta solución y se co

nectan ambos a la terminal negativa de una pila seca de 1.5 voltios. La terminal positiva de la pila se conecta a un alambre de platino y este se introduce en la solución.

La cantidad de corriente debe ser tal, que sólo se genera una pequeña cantidad de gas. La electrólisis debe continuarse hasta que los dos electrodos queden perfectamente recubiertos con negro de platino. La solución platinizadora se guarda para usos posteriores. Los electrodos se lavan cuidadosamente y se conservan inmersos en agua destilada cuando no están en uso.

#### REACTIVOS.-

Solución estándar de cloruro de potasio 0.0100 N. se disuelven 0.7456 g de KCl puro y seco en agua destilada y se diluye a 1 litro. Esta es la solución estandar de referencia, la cuál a 25°C tiene una conductividad específica de 1411.8 micro mhos/cm.

PROCEDIMIENTO.- El procedimiento descrito a continuación es el que sigue con un puente de conductividad "Wheatstone solubridge, soil tester RD-26, con celda de pipeta".

a) Calibración del equipo.- Se toman 50 ml de la solución estándar de referencia en un vaso de 50 ml de capacidad. Se determina su temperatura (si es posible se ajusta a 25°C calentando a baño maría).

Se conecta el equipo a la línea de C.A. mediante un regulador de voltaje (110 v) se enciende y se deja calentar 10 min. se ajusta el botón de la temperatura a la temperatura de la muestra. Se lava varias veces la pipeta con la solución estándar. Se llena la pipeta con la solución y se cierra el circuito.

Se ajusta el botón de la conductividad hasta que se obtiene la abertura máxima del cono de sombra del "Ojo mágico" anotar la lectura que marca el botón de conductividad. El factor de la celda (valor por el que se deberán multiplicar las lecturas de las muestras) se calcula aplicando la siguiente ecuación:

$$F = \frac{C_t}{C_d}$$

En la cual  $C_t$  = Conductividad teórica de una solución 0.01 N de KCl = 1.4118 mmhos.

$C_d$  = Conductividad determinada de la solución estandar de referencia.

b) Determinación de la conductividad de las muestras.-

- 1.- Se toman aproximadamente 50 ml de muestra en vasos de 50 ml.
- 2.- Se mide la temperatura de la muestra.
- 3.- Se ajusta el botón de la escala de temperatura a la temperatura de la muestra.
- 4.- Se lava varias veces la pipeta con la muestra.
- 5.- Se llena la pipeta con la muestra procurando que no queden burujas de aire entre los electrodos.
- 6.- Se cierra el circuito y se mueve el botón de ajuste de la conductividad hasta obtener la abertura máxima del cono de sombra. Anotar el valor obtenido.

c) Cálculos.- Los cálculos se efectúan aplicando la siguiente fórmula:

$$C_e = F \times C_m \times 1000 \frac{\text{Micro mhos/cm}}{1 \text{ mili mhos/cm.}}$$

en la que

Ce = Conductividad específica

F = Factor de la celda

Cm = Conductividad de la muestra

Como se vé, la conductividad específica en muestras de agua se reporta en micro mhos/cm a 25°C.

Los análisis practicados a las muestras de suelo consistieron en las siguientes determinaciones:

- a).- Color determinado en suelo seco y a saturación por comparación con una carta Munsell (1954).
- b).- Análisis mecánico, se verificó siguiendo el método del hidrómetro de Bouyoucos (1928, 1936 y 1951) la clasificación textural se obtuvo del Diagrama de Texturas (USDA, 1967).
- c).- Porcentaje de agua a saturación, a partir de la pasta de suelo saturada (Richards, op. cit.).
- d).- Conductividad eléctrica, se leyó ésta en un puente de Wheatstone, Solubridge, Soil Tester, RD-26, con celda de pipeta (Richards, op. cit.).
- e).- pH se siguió el método electrométrico, efectuando la lectura en un potenciómetro Zeromatic, trabajando en suspensión acuosa, relación suelo/agua 1:2.5., (Richards, op. cit.).
- f).- Nitrógeno total, se obtuvo a partir de la materia orgánica (Grande, L.R. 1982).
- g).- Carbono orgánico, se cuantó siguiendo el método de combustión húmeda de Walkley-Black modificado (Jackson, 1964). A partir del carbono orgánico, se reporta el contenido de materia orgánica.



- h).- Fósforo, se cuanté de acuerdo a la condición de pH de suelo, siguiendo el método espectrofotométrico de Trougg, para suelos ácidos y neutros y el método de Olsen para suelos alcalinos (Grande, L. R. 1982).
- i).- Potasio, se determinó siguiendo el método espectroflamométrico de emisión, empleado como extractivo una solución buffer de acetato de amonio de pH + 7, (Grande, L.R. 1982).
- j).- Determinaciones de iones efectuados en el extracto de suelo saturado (Grande, L. R. 1982).

Cationes : Calcio.

Magnesio.

Sodio.

Potasio.

Aniones : Carbonatos.

Bicarbonatos.

Cloruros.

Sulfatos.

## VII.- R E S U L T A D O S

### E X P E R I M E N T A L E S

La Tabla No. 1 muestra una relación de los datos de campo y los resultados para las determinaciones de laboratorio practicadas en la muestra de suelos.

En la Tabla No. 2; se encuentran los resultados para los análisis de iones solubles cuanteados en el extracto de suelo saturado de la región estudiada, así como la clasificación de éstos extractos en el Diagrama Semi Logarítmico Cartesiano, (Díaz de León, S. E. 1987) así como los valores para la relación de adsorción de sodio y el porcentaje de sodio inter-

cambiable, calculados ambos en el D. S. C. mencionado.

En la Tabla No. 3; se presentan los resultados de los análisis físicos y químicos efectuados en las muestras de aguas naturales, así como su clasificación en el D. S. C., y los valores para la relación de adsorción de sodio y el porcentaje de sodio intercambiable, calculados de acuerdo al D. S. C.







T A B L A No. 2

RELACION DE ANALISIS DE IONES SOLUBLES CUANTEADOS EN EL EXTRACTO DE SUELO SATURADO, LOCALIDAD LAS TABLAS, MUNICIPIO DE CIUDAD DEL MAIZ, S. L. P.

NUMERO DE PERFIL	PROFUNDIDAD EN CENTIMETROS	CATIONES EN Me/l				CONDUCTIVIDAD ELECTRICA mmhos/cm a 25°C.	ANIONES			Me/l	DATOS OBTENIDOS APLICANDO ECUACIONES		RIVERSIDE (RICHARDS, L. A. 1962) PSI, CE Y PH	CLASIFICACION CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	D.S.C.* (DIAZ DE LEON, S. E. 1982)
		Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>		CO <sub>3</sub> <sup>==</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>		SO <sub>4</sub> <sup>==</sup>	RAS <sup>**</sup>			
1	0-15	7.5	2.5	8.4	7.9	2.8	0	2.2	2.4	20.9	3.75	4.02	NORMAL	LIGERAMENTE SALINO	III S BAJA
	15-25	38.2	17.4	13.4	4.3	7.2	0	3.0	51.0	20.9	2.54	2.41	SALINO	MODERADAMENTE SALINO	V S MEDIA
	25-35	46.4	22.5	13.0	2.3	8.2	0	3.0	48.7	32.9	2.21	1.96	SALINO	FUERTEMENTE SALINO	VII S ALTA
2	0-20	4.5	1.5	6.3	4.0	1.5	0.0	0.8	1.8	14.4	3.63	3.93	NORMAL	NO SALINO	I S NULA
3	0-30	76.5	19.5	14.4	12.6	12	0.0	6.6	24	93.6	2.07	1.76	SALINO	FUERTEMENTE SALINO	VII S ALTA
4	0-15	9.0	5.0	3.2	2.1	1.8	0.0	5.0	6.5	6.9	1.20	1.73	NORMAL	NO SALINO	I S NULA
	15-30	12.5	5.8	5.7	3.3	2.6	0.8	7.2	2.7	17.7	1.88	1.49	NORMAL	LIGERAMENTE SALINO	III S BAJA
5	0-15	280	34.9	55.5	15.3	38	0	12.3	298	80.7	4.42	4.99	SALINO	MUY FUERTEMENTE SALINO	IX S MUY ALTA
	15-30	146	26.4	20.4	9.7	20	0	8.5	143	52.5	2.19	1.93	SALINO	MUY FUERTEMENTE SALINO	IX S MUY ALTA
6	0-25	253	29.5	26.2	8.6	32	0.6	6.0	206	107.1	2.20	1.94	SALINO	MUY FUERTEMENTE SALINO	IX S MUY ALTA
7	0-25	235	28.5	23.5	8.0	30	0	5.0	201	91.0	2.04	1.70	SALINO	MUY FUERTEMENTE SALINO	IX S MUY ALTA
8	0-15	196	26.0	10.3	5.7	24	0	5.5	198	37.0	0.97	0.17	SALINO	MUY FUERTEMENTE SALINO	IX S MUY ALTA
9	0-15	257.5	32.5	15.7	8.6	31	0	4.0	270	38.0	1.30	0.64	SALINO	MUY FUERTEMENTE SALINO	IX S MUY ALTA
10	0-15	270	36.8	20.3	7.5	33	0	6.5	287	40.3	1.63	1.13	SALINO	MUY FUERTEMENTE SALINO	IX S MUY ALTA

\* Diagrama Semi-logaritmico Cartesiano (Diaz de Leon, S. E. 1982).

\*\* Relacion de Adsorción de sodio.

\*\*\* Porcentaje de Sodio Intercambiable.



T A B L A No. 3  
RELACION DE ANALISIS PRACTICADOS EN MUESTRAS DE AGUA EN LA REGION ESTUDIADA DEL MUNICIPIO DE CIUDAD DEL MAIZ, S. L. P.

LOCALIDAD	pH a 20°C	IONES ANALIZADOS EN Mg/l.						DUREZA COMO CaCO <sub>3</sub>	ALCALINIDAD COMO CaCO <sub>3</sub>	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA EN MICROMHOS CENTIMETROS a 25°C	DATOS OBTENIDOS APLICANDO ECUACIONES (RICHARDS, L. A. 1962)		CLASIFICACION EN EL D.S.C.* (DIAZ DE LEON- S. E. 1987)	CLASIFICACION DE RIVERSIDE  ( RICHARDS, L. A. 1962 )
		Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	Cl <sup>-</sup>				RAS**	PSI***		
TRINIDAD CD. DEL MAIZ	7.6	240	109	90	5	600	105	1050	2400	1.21	0.50	ZONA V S	C <sub>4</sub> S <sub>1</sub> MUY ALTAMENTE SALINA, BAJA EN SODIO.	
MORITA CD. DEL MAIZ	7.1	26	7	4	7	5	4	92	270	0.17	-0.99	ZONA I C	C <sub>2</sub> S <sub>1</sub> SALINIDAD MEDIA, BAJA EN SODIO.	
LAS TABLAS CD. DEL MAIZ	6.9	300	109	72	4	600	90	1200	2500	0.90	0.06	ZONA V S	C <sub>4</sub> S <sub>1</sub> MUY ALTAMENTE SALINA, BAJA EN SODIO.	
LAS TABLAS CD. DEL MAIZ	7.0	64	27	35	6	48	14	270	750	0.92	0.96	ZONA III C	C <sub>2</sub> S <sub>1</sub> SALINIDAD MEDIA, BAJA EN SODIO.	

\*DIAGRAMA SEMI-LOGARITMICO CARTESIANO.

\*\*RELACION ADSORCION DE SODIO.

\*\*\*PORCIENTO DE SODIO INTERCAMBIABLE.

### VIII.- DISCUSION E INTERPRETACION DE RESULTADOS.

En la Tabla No. 1 se presentan los resultados obtenidos para los análisis practicados en las 14 muestras de suelo; que constituyen parte del material por investigar, una observación comparativa de éstos datos nos permite establecer las siguientes consideraciones:

#### PROFUNDIDAD DEL SUELO:

De los 10 sitios de muestreo, se tiene que únicamente uno corresponde a suelo desarrollado con 3 capas u horizontes diferenciadas a una profundidad máxima de 35 cm (perfil 1); 2 suelos con 2 capas diferenciadas (perfiles 4 y 5) a una profundidad máxima de 50 cm, y 7 sitios con una capa diferenciada cuya profundidad varía de 0 - 15 cm a 0 - 30 cm de acuerdo a éstas observaciones, se deduce que el espesor del suelo está de acuerdo con la llanura aluvial en donde se encuentra, siendo suelos con una buena profundidad, con el horizonte superficial desarrollado lo que aumenta su valor desde el punto de vista de productividad.

#### COLOR:

El color del suelo se considera como una propiedad física intensiva (Grande, L. R. 1980), es decir que no depende de la cantidad de materia, y orienta acerca de sus propiedades físicas, químicas, morfológicas y genéticas, de este modo es posible inferir cuando menos en parte por el color; que cuando predomina el blanco hay sales de calcio, magnesio y potasio, anteriormente a éstos suelos se les denominaba "alcali blanco" (Grande, L. R. 1988), para diferenciarlos de los suelos con sodio hidrolizable, (Ortiz M. R. 1959) que disuelve en parte la materia orgánica por

lo que se llamaban suelos en "Alcalí negro".

En los suelos muestreados se presentan resultados para 2 determinaciones en color, en suelo seco a T. F. S. A. (Grande, L. R. 1985) y a saturación; en el suelo seco, predomina el color gris, y en menos proporción el café, la tonalidad se oscurece cuando se satura con agua, los colores oscuros, también se deben a la abundancia de materia orgánica (humus); otra constancia definida en estos suelos, es que los colores son más oscuros en las capas superficiales como una consecuencia de la mayor actividad biótica y mayor formación e incorporación de humus.

#### PORCIENTO DE AGUA A SATURACION:

Esta determinación tiene especial significación en suelos salinos debido a que la cantidad de agua que puede retener un suelo en sus espacios vacíos (o poros), decide la cantidad de sales que se pueden disolver y el porcentaje de agua a saturación del suelo depende también de la proporción de arcillas de materia orgánica y también en parte del limo.

Los valores encontrados para esta determinación de porcentaje de agua a saturación en las muestras analizadas, varía de 83.25% a 26.37%.

#### TEXTURA (ANALISIS MECANICO)

Las texturas de estos suelos presentan un rango de variabilidad que va desde el tipo ligero con arena migajón, cuya proporción de arena total es de 85.55 (Perfil 5); hasta el tipo pesado arcilloso con porcentajes de arcilla total de 79.60; en este rango se observa que las clases -



textuales intermedias son: migajón arenoso, migajón arcilloso y franco. Los porcentajes de limo también presentan una variabilidad marcada ya que van del 4.15% hasta un 48.72%.

En los suelos arcillosos es de esperar que se presenten condiciones de drenaje restringido, y los procesos de aereación se vean limitados, dando por resultado que se presente encharcamiento y saturación, lo que en presencia de material soluble aumenta la condición de salinidad, en el caso de los suelos arenosos con texturas ligeras, los procesos de permeabilidad son adecuados y la lixiviación de materiales se ve intensificada.

#### CONDUCTIVIDAD.-

Esta determinación nos permite interpretar los grados de salinidad en los suelos se denomina suelo salino, (Bonnet, A.J. 1960) al que contiene sales solubles en cantidades tales que interfieren con el crecimiento de los vegetales, Ortiz, M.R. (1959) estableció la distinción entre suelos salinos y suelos sódicos, aplicando la primera denominación a los que tienen predominantemente sales de calcio, magnesio y potasio, mientras que los suelos sódicos, comprenden a los que incluyen suficientemente sodio intercambiable para interferir con el crecimiento de los vegetales, los términos para designar este tipo de suelos, están de acuerdo a sus condiciones y así encontramos a: suelo sódico (Ortiz, M.R. 1959), suelo salino-sódico, salino (Richard, L.D. 1962), Solonchak, Solontez, Solódico y suelo halomórfico (Grande, L.R. 1988).



La principal fuente de las sales en los suelos (Grande, L.R. 1988) es el intemperismo de las rocas ígneas, aunque algunos elementos como el cloro y el azufre pueden provenir de actividades volcánica. Las sales de los suelos salinos pocas veces provienen de la intemperización de rocas "in situ", debido a que éstas en el suelo son concentradas por distintos mecanismos, como cuando el material basal del suelo es bastante salino, la concentración de sales es frecuente en lugares de áreas bajas mediante evaporación de aguas de escurrimiento, o filtración de aguas con sales disueltas en suelos intemperizadas.

La mayor parte de los suelos afectados por la acumulación de sales se encuentran en zonas áridas y semiáridas; por que en éstas la pre cipitación pluvial es reducida y la evaporación es intensificada y oca siona que las sales se precipiten formando sólidos o eflorescen cias, debi do a la evaporación del solvente que es el agua.

Por otra parte, los suelos salinos no son exclusivos de las zo nas de escasa lluvia, ya que ésta condición también puede existir en zo nas de mayor precipitación, como en áreas adyacentes a costas afectadas por fluctuaciones de aguas saladas, en sitios de topografía baja y tam bién se ocasionan por manejo inadecuado de aguas de riego y/o de drenaje o por filtraciones de aguas salinas y menos frecuentemente por adiciones excesivas de materiales al suelo.

En la zona Las Tablas del Municipio de Ciudad del Maíz, los de pósitos aluviales incluyen materiales salinos y las montañas adyacentes son calizas de origen marino y de edad Cretácica, los datos disponibles

(Rzedowski, 1961) parecen indicar que la presencia de estos materiales salinos en los substratos inferiores, provienen de la glaciación Pleistocénica en donde al final el hielo arrastró los materiales sedimentarios hasta el fondo de las cuencas y con el deshielo se formaron lagos interiores en donde los materiales solubles fueron disueltos y al desecarse estos lagos las sales se precipitaron en el fondo, dando lugar a los estratos salinos que dan origen a éstos suelos en la zona.

Las cifras para Conductividad eléctrica contenidas en la Tabla No. 1 establecen que se tienen 2 condiciones definidas, una región relativamente libre de sales y otra con niveles clasificados como muy fuertemente salinos (Richards, L. D. 1962).

La zona en donde no se aprecian grados elevados de salinidad es, la que corresponde a los perfiles 1, 2 y 4, localizados (figura No. 2) al NE de la localidad Estación Las Tablas, y la otra es la que corresponde a los perfiles de suelos restantes, presentando una constancia de que se encuentran más cerca a la localidad mencionada.

En base a lo anterior observamos que las conductividades en las capas superficiales de suelo en los perfiles 1, 2 y 4, son respectivamente de - 2.8, 1.5 y 1.8, cifras clasificadas como ligeramente salina y no salinas - (Grande, L. R. 1980) aunque se tiene una marcada tendencia al aumento de salinidad conforme se profundiza el perfil, como lo indica el aumento de la conductividad eléctrica en los perfiles que constan de más de una capa diferenciada (Perfiles 1 y 4).

En lo que respecta a la zona clasificada como muy fuertemente

salina, a excepción del perfil N° 3, que tiene una conductividad eléctrica de 12 mmhos/cm a 25°C, y que cae dentro del rango de fuertemente salina, los demás suelos analizados tienen conductividades que varían de los 20 a los 38 mmhos/cm a 25°C; esto evidencia la acumulación excesiva de sales en el suelo, si consideramos que a partir de los 16 mmhos/cm a 25°C, el suelo ya se clasifica como muy fuertemente salino.

pH.-

Esta determinación nos indica el grado de acidez, neutralidad o basicidad del suelo, y de las cifras contenidas en la tabla que varían de 7.8 a 8.5, se deduce que predominan las condiciones de alcalinidad, en distintos grados, esto está de acuerdo con la naturaleza salina de éstos suelos.

NITROGENO TOTAL, CARBONO ORGANICO, MATERIA ORGANICA Y RELACION C/N.-

Estos parámetros reportados con cifras en la Tabla N° 1, establecen que los contenidos de nitrógeno total y materia orgánica tienden a ser mayores en los horizontes superficiales del suelo, y los porcentajes menores se localizan en la parte más inferior del Perfil. Esto coincide con la intensidad de la actividad biótica debido a que en la superficie existen mejores condiciones de aereación y movimiento de fluidos, lo cual favorece a la biota del suelo y los procesos de oxidación tienen mayor influencia en la intemperización. En el perfil N° 1 en donde la conductividad eléctrica es de 2.8 hasta los 15 cm de profundidad y aumenta hasta 7.2 hasta los 25 cm, se observa que el porcentaje de materia orgánica varía de 2.52% esto se interpreta como una influencia de la salinidad en

función de la percolación del humus.

Los niveles identificados para los contenidos de materia orgánica de muy rico, rico y medio particularmente en la capa superficial se atribuyen a las condiciones de humedad de la región y también al uso a que están destinados éstos terrenos en su mayoría de pastoreo.

La relación C/N, orienta acerca del grado de descomposición de los materiales orgánicos al suelo, y una relación alta como la que se presenta en la paja que es alrededor de 80, nos indica que la descomposición es muy lenta, debido a la insuficiencia de nitrógeno para satisfacer la demanda para el desarrollo de los micro-organismos que intervienen en su descomposición. Los valores calculados y reportados para éstos suelos en la Tabla N° 1 están entre 11.58 y 11.75, por lo que se consideran como normales, ya que el rango para esta clasificación varía de 8.1 a 15.1 para la capa superficial.

#### FOSFORO Y POTASIO.-

Estos elementos nutrientes, presentan niveles adecuados para las necesidades de la mayor parte de los vegetales, debido a que para el fósforo las clasificaciones encontradas van de rico a muy rico en los suelos superficiales, y el nivel de pobre encontrado en el perfil 1, de los 15 a los 25 cm de profundidad es posible que se deba al incremento brusco de la salinidad, en virtud de que los compuestos de fósforo tienden a reaccionar con algunos materiales para formar compuestos insolubles.

Para el potasio, si se presenta una uniformidad en los niveles ya que todos los suelos caen dentro de Muy rico, lo cual está de acuerdo con el comportamiento químico de este elemento, en el que la mayor parte de sus compuestos están en forma soluble.

Una vez definidas las principales propiedades físicas y químicas de los suelos en la región estudiada de Las Tablas, Municipio de Cd. del Maíz, se interpretará una de las propiedades encontradas que es la salinidad en éstos suelos.

Las características de los suelos salinos las definen las clases y cantidades de sales presentes, y la presión osmótica de la solución en el suelo depende de las sales en solución, de éstas algunas se encuentran en equilibrio con sólidos como el complejo de intercambio iónico, algunos óxidos e hidróxidos de fierro, manganeso y el carbonato de calcio entre otros.

Los constituyentes solubles que se encuentran en mayor cantidad en la solución del suelo son: los cationes  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$  y de los aniones;  $\text{CO}_3^{=}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$  y  $\text{SO}_4^{=}$ ; la elevada salinidad del suelo tiene efectos dañinos para los vegetales, por las siguientes razones:

1º.- Porque al aumentar la presión osmótica de la solución del suelo, se ocasiona que las plantas requieran más energía para absorber el agua y cuando las concentraciones de sales son muy altas, el agua sale de las plantas a la solución salina, resultando el fenómeno conocido como plasmólisis, que cuando se presenta en condiciones extremas ocasiona la muerte

del vegetal.

- 2º.- Cuando la solución salina del suelo contiene concentraciones elevadas de solutos en forma iónica, éstos pueden interferir en el aprovechamiento de los elementos nutrientes con que se alimenta el vegetal, ocasionando fenómenos de antagonismos, que consisten en que el exceso de algún ión o iones dé por resultado que la planta no pueda absorber los nutrientes que requiere para sus funciones y desarrollo, lo anterior no indica que haya carencia de nutrimentos, sino que se encuentran en forma inaprovechable.
- 3º.- El exceso de sales puede contener proporciones tóxicas de elementos como; boro, selenio, arsénico y otros.
- 4º.- Cuando las sales predominantes son de calcio y magnesio, el pH del suelo pueden elevarse hasta valores cercanos a 8.5, pero cuando las sales de sodio están presentes, se tiene fenómenos de sodicidad (Bonnet, A. J. 1960) ocasionados por la hidrólisis del sodio intercambiable del complejo coloidal (Grande, L. R. 1988) con la formación de hidróxido de sodio, que conduce a la dispersión de arcilla, destrucción de la estructura del suelo y elevación marcada del pH del mismo por encima de valores a 8.5.

Las clasificaciones de los suelos salinos inicialmente (Navarro, C.A. 1957), se ubicaron en la cuantificación de las sales presentes en el suelo, habiendo establecido una distinción principal (Ortíz Monasterio R. 1959) entre las sales de sodio, y las sales de calcio y magnesio, posteriormente, (Richards, L.A. 1962 y Bonnet, A.J. 1960) más que cuantear las sales presentes, se orientaron los criterios acerca de los efectos producidos por estas sales solubles y de éste modo la identificación de la salinidad se midió en función de la recíproca de la resis-

tencia eléctrica que presenta un extracto de suelo saturado, reportando las unidades en milimhos/cm a 25°C, ésto por que la unidad de conductividad el moho es relativamente grande para los flujos de corriente eléctrica producidos por las concentraciones de extractos de suelo.

De esta forma, actualmente se clasifican los suelos de acuerdo a parámetros, como la conductividad eléctrica, el porcentaje de sodio intercambiable y el pH del suelo. (Richards, L.A. 1962).

En la Tabla N° 2 se presentan cifras obtenidas para las determinaciones de especies iónicas de los extractos de suelo saturado, así como la conductividad eléctrica; las concentraciones para aniones y cationes se expresan en miliequivalentes por litro, en virtud de que los intercambios entre la fase líquida (Solución del suelo) y la fase sólida (complejo de intercambio del suelo) no se efectúan en cantidades arbitrarias, sino en múltiplos o submúltiplos de los pesos equivalentes de los elementos químicos por ejemplo un sistema radicular de un vegetal podrá intercambiar o absorber un miliequivalente químico de hidrógeno por un miliequivalente de potasio.

Los datos obtenidos para la relación de adsorción de sodio (RAS) y el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) se obtuvieron por medio de las ecuaciones propuestas por el Laboratorio de Riverside California (Richards, L.D. 1962), y que corresponden a:

$$\text{RAS} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}}{2}}} \quad \text{y PSI} = \frac{100 (-0.0126 + 0.01475 \text{ RAS})}{1 + (-0.0126 + 0.01475 \text{ RAS})}$$

y se presentan en dicha tabla 2 columnas, que corresponden a las clasificaciones de acuerdo a la Conductividad eléctrica, y de acuerdo a ésta determinación, al PSI y el pH.

En la primera Clasificación observamos que los perfiles 1, 2 y 4 alejados de la localidad Las Tablas tienen clasificaciones de normales, por que la conductividad en los horizontes superficiales es menor de 4 mmhos/cm a 25°C, aunque en el perfil 1, la salinidad aumenta con la profundidad. Los perfiles restantes presentan una salinidad marcada, si consideramos que presentan conductividades eléctricas mayores de 4 mmhos/cm a 25°C.

La clasificación en función de la Conductividad únicamente, nos indica que en la región se presentan 4 niveles, ligeramente salinos, moderadamente salinos, fuertemente salinos y muy fuertemente salinos.



TABLA No. 4

CLASIFICACION DE SUELOS DE ACUERDO A SALINIDAD Y SODICIDAD (Richards, L. A. 1962)

Categoría de Suelo	Conductividad Eléctrica en mmhos/cm. a 25°C.	(PSI) % de sodio Intercambiable	pH
Salino	+ de 4	- de 15	generalmente - de 8
Sódico	- de 4	+ de 15	8.5 a 10
Salino Sódico	+ de 4	+ de 15	pocas veces + de 8.5
Normal	- de 4	- de 15	4.0 a 8.5

TABLA No. 5

ESCALA DE SALINIDAD

Conductividad eléctrica del Extracto de Suelo Saturado, en mmhos/cm. a 25°C.

0	2	4	8	16	0
0.1	0.3	0.5	1		
Ligeramente Salinos	Moderadamente Salinos	Fuertemente Salinos	Muy fuertemente Salinos		
<p>Pueden quedar res- tringidos los ren- dimientos de los cultivos sensibles.</p>	<p>Disminución del ren- dimiento de muchos cultivos. Se adap- tan: la alfalfa, el algondón, la remola cha azucarera, los cereales y los sor- gos productores de granos.</p>	<p>Unicamente se obtie- nen rendimientos sa- tisfactorios en los cultivos tolerantes. La germinación se - ve afectada.</p>	<p>Sólo dan rendimien- tos satisfactorios - unas pocas cosechas muy tolerantes. Uni- camente crecen ar- bustos, herbáceas y árboles que toleran las sales.</p>		

Tanto por ciento de sales en el extracto de suelo saturado

Por otra parte, se presenta también la clasificación por medio del Diagrama Semi-logarítmico Cartesiano, (Díaz de León, S.E. 1987), el cual es una aplicación a extractos de suelo saturado e inicialmente este sistema se aplicó a la clasificación de aguas naturales.

Dicha clasificación esencialmente consiste en un sistema de ejes cartesianos, en el cual el eje de las ordenadas presenta escala logarítmica y se grafica la conductividad eléctrica de los extractos de suelo saturado expresadas en mmhos/cm a 25°C y en el eje de las abcisas se tiene una escala milimétrica y se grafican los valores del PSI de los extractos de suelo. En el diagrama se definen 10 zonas, correspondiendo las de la izquierda cercanas al origen a la salinidad y las de la derecha a la condición de sodicidad. (pág. 66).

La clasificación de dichas zonas es la siguiente:

SALINIDAD			SODICIDAD		
Zona	I	Nula	Zona	II	Nula
Zona	III	Baja	Zona	IV	Baja
Zona	V	Media	Zona	VI	Media
Zona	VII	Alta	Zona	VIII	Alta
Zona	IX	Muy Alta	Zona	X	Muy Alta

Para los extractos de suelo en la región estudiada, se encontraron los niveles de salinidad en todas sus variantes, identificando una concordancia entre la clasificación para suelo Normal y No salino (Richards, L.A. 1962) con el grado de salinidad nula; (Díaz de León, S.E. 1987), el

nivel normal y ligeramente salino con la clasificación de salinidad baja, la clasificación de salino y moderadamente salino con el nivel de salinidad media; el salino y fuertemente salino con salinidad alta y finalmente salino y muy fuertemente salino con salinidad muy alta.

Una vez interpretados los resultados para los datos de laboratorio en suelos y establecido las clasificaciones en los dos sistemas trabajados, se continua con la interpretación y clasificación para las aguas naturales de la región estudiada.

En la Tabla N° 3, se presentan los resultados de laboratorio para los análisis practicados en las muestras de agua, que igualmente constituyen parte del material por investigar, las muestras procedentes de las localidades: Trinidad, Morita y Estación Las Tablas (C.E. 2500 micromohos/cm a 25°C) fueron obtenidas de canales de conducción y provienen de pozos y la última de estación Las Tablas (C.E. 750 micromohos/cm a 25°C.) fue obtenida en una casa de la localidad y según se nos informó es agua que les suministran y la llevan por tren de fuera.

Los pH de estas aguas varían de 6.9 a 7.6; y las concentraciones de cationes guardan una estrecha relación con las conductividades eléctricas, siendo mayores en las aguas de mayor conductividad; mientras que las menores concentraciones corresponden a las conductividades más bajas, la dureza y la alcalinidad igualmente son mayores en las aguas con mayores conductividades y un hecho de significación se define en que la mayor incidencia de aguas salinas se presentan en la zona de la región Las Tablas, de las clasificaciones aplicadas, en la del laboratorio de

Riverside (Richards, L.A. 1962) se obtuvo  $C_4S_1$  y  $C_2S_1$  que corresponden al nivel de agua altamente salina baja en sodio y aguas de salinidad media bajas en sodio respectivamente y de acuerdo al D.S.C. (Díaz de León S., 1987) se tienen las clasificaciones IC, IIIC y VS, que corresponden a: muestras de agua de baja salinidad, dentro de las cuales el sodio tiene poca importancia, y estas aguas se consideran buenas para cualquier uso, la C indica carbonatadas y la S sulfatadas.

IIIC, Estas son aguas de salinidad media y contenidos bajos en sodio, pueden usarse para cultivos resistentes a las sales y para la ganadería.

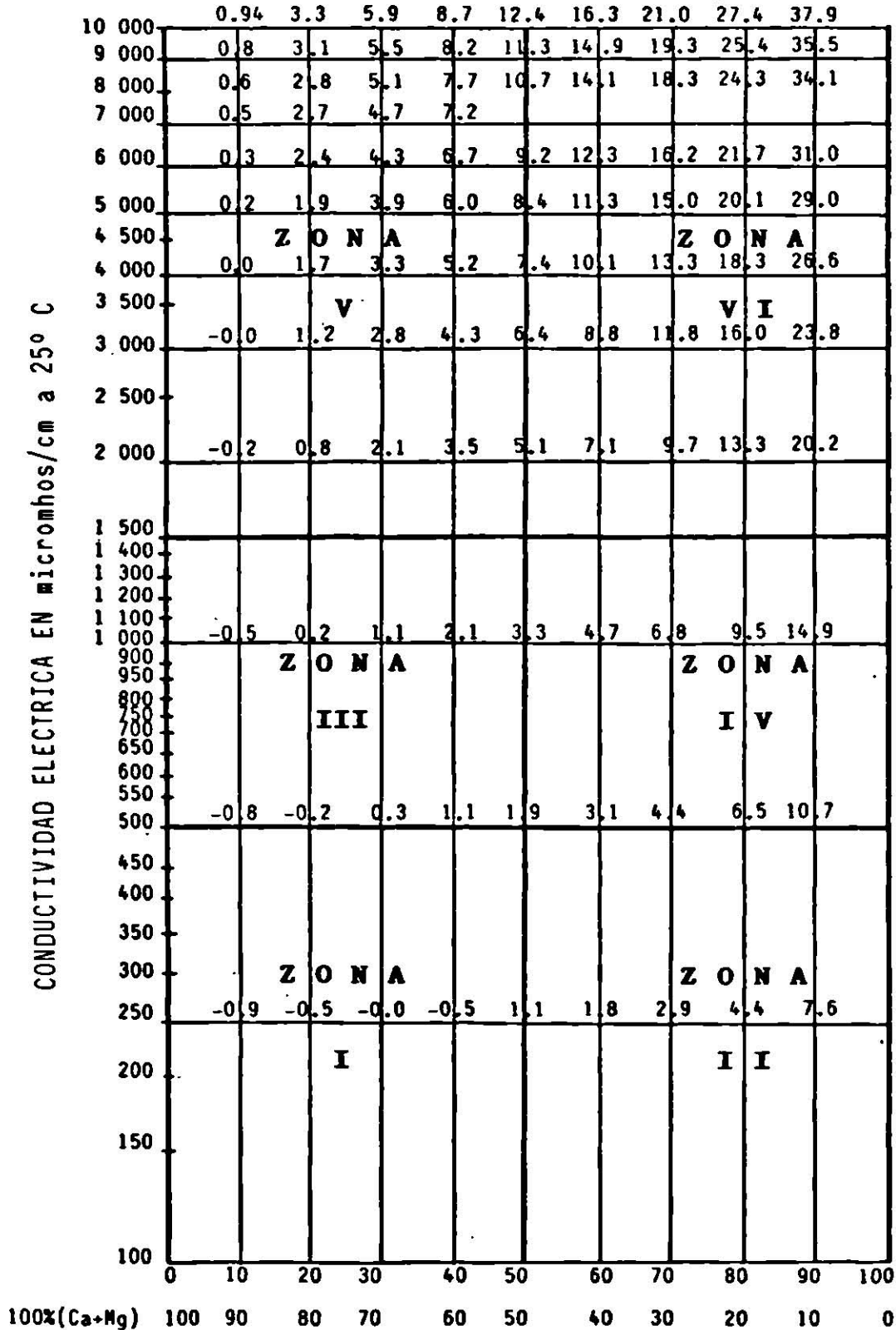
VS, Esta clasificación indica que se tienen aguas muy salinas y deben usarse solo en terrenos permeables, con drenaje adecuado y para cultivos muy resistentes a la salinidad la S, indica sulfatadas.

La figura N° 3, muestra el sistema del D.S.C., (Díaz de León, S.E. 1987) el cual consta de un sistema de ejes coordenados, en las ordenadas se grafica la conductividad eléctrica del agua en micromhos/cm a 25°C, y en el eje de las abscisas, se presentan en un sentido (0 izquierda y 100 derecha) los contenidos de  $Na^+$  en % y en sentido contrario (0 derecha y 100 izquierda) la suma de los porcentajes de  $Ca^{++}$  y  $Mg^{++}$ , y en las líneas perpendiculares al eje de las abscisas se tienen los valores para el porcentaje de sodio intercambiable (P.S.I.), en esta figura se definen las seis zonas que a continuación se describen:

FIGURA No. 3

D.S.C. para clasificación de aguas naturales.

P. S. I. Para Análisis de Agua.



\*Díaz de León S.E. ( 1987 ).

- Zona I.- Muestras de baja salinidad dentro de la cual el sodio tiene poca importancia. Las muestras pertenecientes a esta zona se consideran buenas para cualquier uso.
- Zona II.- Muestras de baja salinidad y alto contenido de sodio. Para el uso agrícola se requiere considerar el tipo de suelo y el cultivo.
- Zona III.- Aguas de salinidad media y contenidos bajos de sodio. Puede ser usada para cultivos resistentes y para ganadería.
- Zona IV.- Agua de salinidad media y contenido de sodio que pueden llegar a niveles peligrosos.
- Zona V.- Agua muy salina, deben usarse sólo en terrenos permeables, con drenaje adecuado y para cultivos muy resistentes.
- Zona VI.- Agua sódica y salina, no apta para la agricultura, puede destinarse a la ganadería.

Los aniones agrupados en cloruros más sulfatos y bicarbonatos (estos últimos expresados como  $\text{CaCO}_3$ ) se representan en el diagrama por las letras C (carbonatadas o S (sulfatada) según sea el grupo predominante.

Así cada muestra se localiza en el diagrama por una literal (C ó S) cuya altura con respecto al eje de las "X" representa la concentración de las sales solubles y su posición con respecto al eje central (50%) indicará si es sódico o cálcico.

De esta manera se pueden definir tres zonas para muestras cálcicas (I, III y V) y tres para muestras sódicas (II, IV y VI).

La figura No. 4 presenta la clasificación del D.S.C., aplicado a los extractos de suelo saturado en el eje de las ordenadas, se grafica igualmente la conductividad eléctrica en milimhos/cm a 25°C.

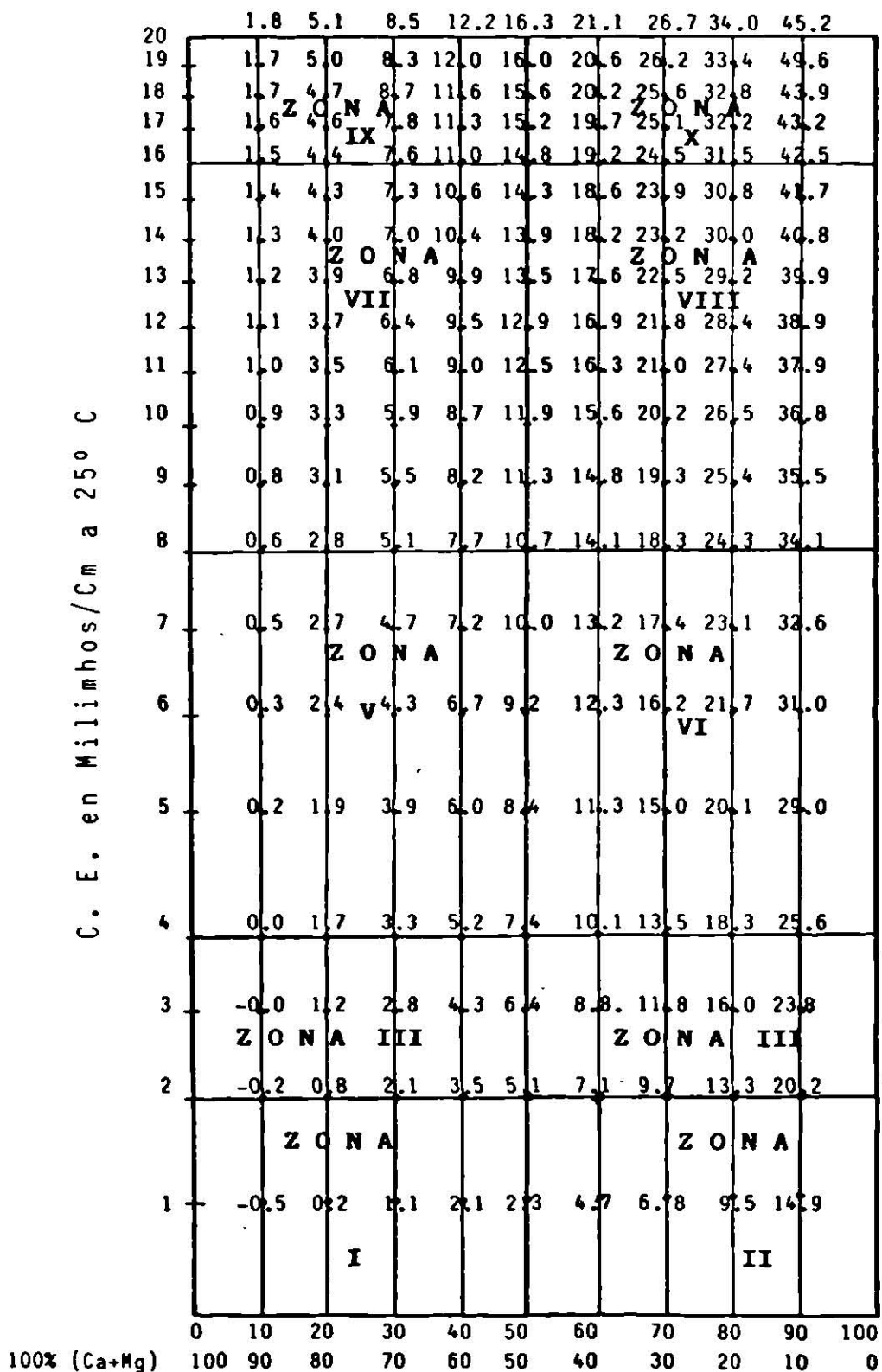
En el eje de las abscisas igual que en la gráfica para aguas naturales se tienen los porcentajes de  $\text{Na}^+$  de 0 a 100 en un sentido y en el opuesto la suma de los porcentajes de Ca y Mg, las líneas perpendiculares al eje de las abscisas indican los valores para el P.S.I. de los extractos de suelo saturado.

Cuando este sistema se aplica a extractos de suelo saturado (Fig. No. 4) y apegándose a la clasificación hecha en el D.S.C. (1987) - los extractos se clasifican en 10 Zonas las que se indican en la página - 60.



FIGURA No. 4

D.S.C.\* para clasificar extractos de suelo saturado.



\* Díaz de León, S.E. (1987).

## IX.- C O N C L U S I O N E S

Tomando como base la discusión e interpretación de los resultados para análisis de Laboratorio en suelos y aguas naturales muestreados, así como los datos y observaciones de campo, se establecen las siguientes conclusiones:

a).- Las propiedades más favorables para usos agrícolas y agrostológicos de éstos suelos, se ubican de acuerdo a los porcentajes de agua a saturación, pues predominando los de tipo medio y pesado, se considera que la retención de humedad como adecuada para el desarrollo de vegetales, por otra parte los valores para pH, que no sobrepasan al 8.5 indican que la presencia del sodio hidrolizable y el sodio intercambiable del complejo coloidal no tiene significación, y estos suelos se encuentra bajos en sodio, y las proporciones de materia orgánica, estan de acuerdo con las condiciones climáticas, ya que los niveles ricos y muy ricos en los horizontes superficiales, favorecen la actividad biótica y la incorporación du humus al suelo.

Estos suelos se encuentran bien abastecidos de fósforo y potasio, - es de esperar que los contenidos más bajos se localizan en el subsuelo, aunque se nota una correspondencia entre la salinidad y los contenidos de fósforo, que puede ser ocasionada por efectos de antagonismos o enmascaramiento que conducen a una insolubilidad del fósforo presente en el suelo, debido a que reacciona con otras sales-solubles, dando por resultado la formación de compuestos insolubles

de fósforo.

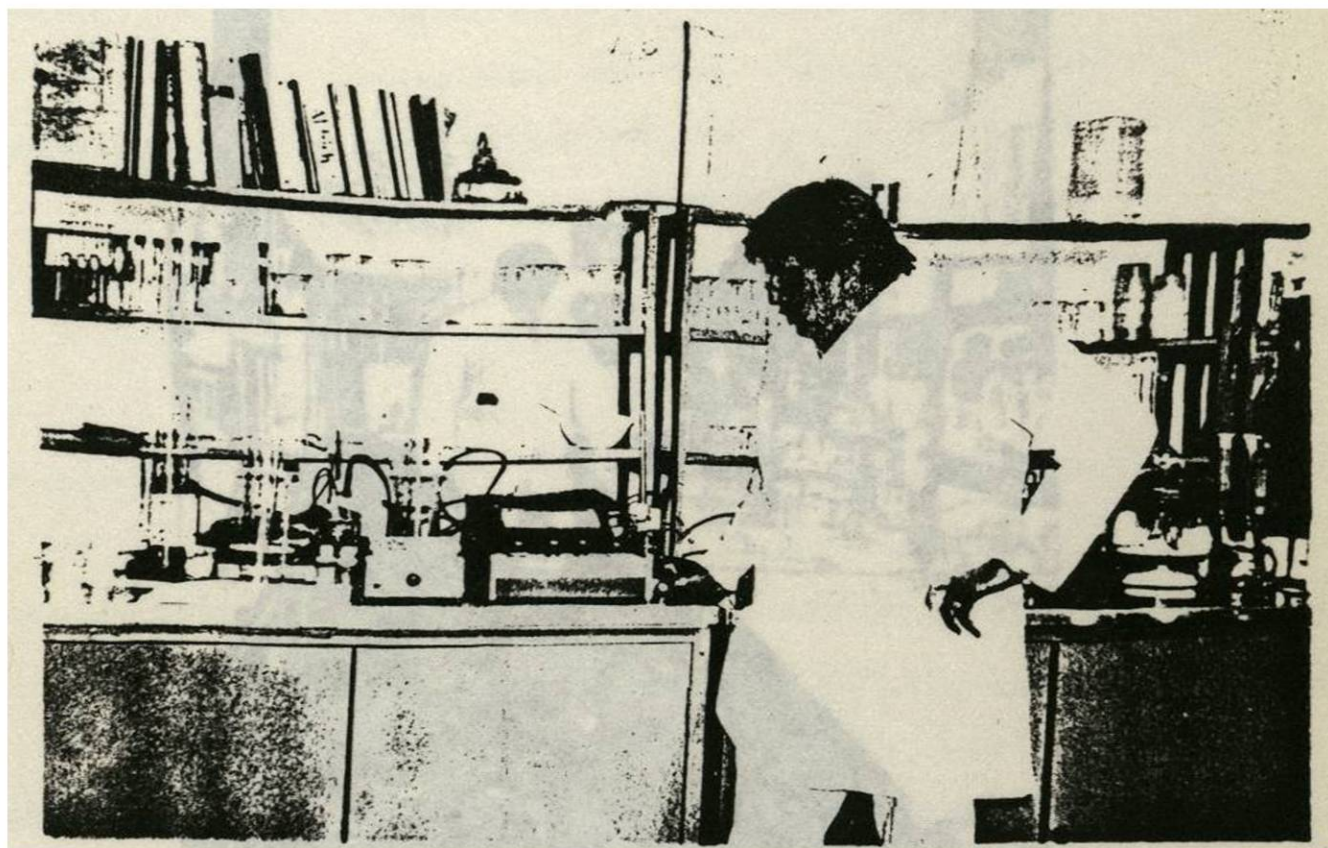
- b).- Las características que más disminuyen el valor productivo de estos suelos, es principalmente la salinidad, en la región de las Tablas, ya que los niveles identificados como muy fuertemente salinos sobrepasan el valor límite para la Conductividad eléctrica de los extractos de suelo saturado que es de 18 mmhos/cm a 25°C; habiendo encontrado cifras hasta de 38 mmhos/cm a 25°C, así mismo la naturaleza arcillosa de estos suelos, pueden ocasionar en algunos casos encharcamiento, debido a las proporciones elevadas de arcilla.
- c).- Las características físicas y químicas de las aguas presentan dos condiciones principales: en la Localidad Las Tablas se encuentran aguas muy altamente salinas y bajas en sodio, y altos niveles de alcalinidad y dureza, lo que ocasiona que el agua para consumo de la población se le suministre por tren.
- d).- Las aguas presentan bajo contenido de sodio lo que se considera como un factor favorable, debido a que los fenómenos de sodicidad y sus efectos indeceables tanto en el agua como en el suelo están ausentes.
- e).- Se encontró una concordancia, entre las clasificaciones de Riversi de (Richards, L.A. 1962) y el Diagrama Semi Logarítmico Cartesiano (Díaz de León S.E. 1987), tanto en los contenidos de sodio como en los niveles muy altos de salinidad, al clasificar las aguas naturales y los extractos de suelo saturado.

f).- En la zona colindante a Estación Las Tablas los niveles de salinidad son relativamente bajos e igualmente bajos en sodio, lo que da por resultado que en Localidades como Morita, al Norte de Estación Tablas, se use este tipo de agua para riego de cultivos sin efectos negativos.

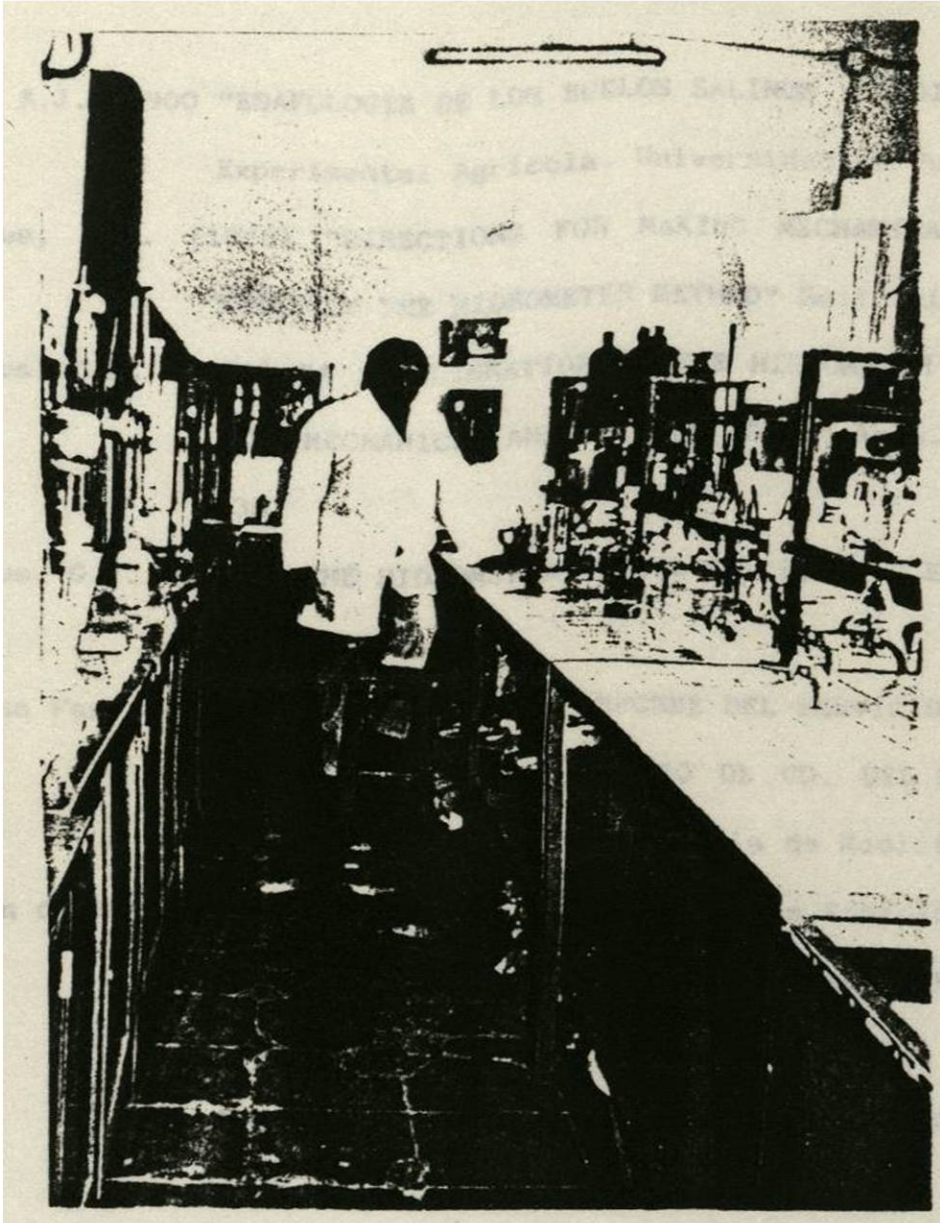


Vista del Laboratorio de Suelos  
del Instituto de Investigación de Zonas  
Desérticas en donde se efectuaron los  
análisis físicos y químicos de las  
muestras representativas de la  
Región Las Tablas, S.L.P.





Vista del Laboratorio de Aguas  
del Instituto de Investigación  
de Zona Desérticas, en donde  
se efectuaron los análisis  
físicos y químicos de las  
Muestras representativas de  
la Región Las Tablas, S.L.P.



Vista del Laboratorio de Suelos.

B I B L I O G R A F I A

- Bonnet, A.J. (1960 "EDAFOLOGIA DE LOS SUELOS SALINOS Y SODICOS", Estación Experimental Agrícola. Universidad de Puerto Rico.
- Bouyoucus, G.J. (1936) "DIRECTIONS FOR MAKING MECHANICAL ANALYSIS OF SOILS BY THE HIDROMETER METHOD" Soil Sci. 42: 225-230.
- Bouyoucus, G.J. (1951) "A RECALIBRATION OF THE HIDROMETER METHOD FOR MAKING MECHANICAL ANALYSIS OF SOILS" Agrn. Jour. 43: 434-438.
- Bouyoucus, G.J. (1928) "THE HIDROMETER METHOD FOR STUDING SOILS" Soil Sci. 38: 333-345.
- Celestino Fas Samuel Francisco (1970) INFORME DEL SERVICIO MEDICO SOCIAL REALIZADO EN EL MUNICIPIO DE CD. DEL MAIZ. San Luis Potosí, U.A. de S.L.P. Escuela de Medicina 33 p.
- Comisión de Estudios del Territorio Nacional, Hojas Edafológicas, (1972). La Libertad F-14-A-77; San Luis Potosí, F-14-A-77; México. Esc. 1:50,000.
- Hoja Edafológica San Luis Potosí, F-14-A-87, México, 1972, Esc. 1:50,000.
- Díaz de León Sánchez E. (1987) "OTRAS APLICACIONES DEL D.S.C. (DIAGRAMA SEMI-LOGARITMICO CARTESIANO) PARA AGUAS NATURALES Y EXTRACTOS DE SUELO SATURADO". Acta Científica Potosina, Vol. IX, N° 1 enero-junio. pp:86-96.
- Díaz de León Sánchez E. (1988) "MANUAL DE METODOS PARA ANALISIS FISICO Y QUIMICO DE AGUAS NATURALES". Departamento de Hidrogeoquímica, Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, U.A. de S.L.P.



- González Zuñiga Gastón (1969) INFORME DEL SERVICIO MEDICO REALIZADO EN EL MUNICIPIO DE CD. DEL MAIZ S.L.P. U.A. de S.L.P. Escuela de Medicina.
- Guanos y Fertilizantes de México. (1967) "RECOMENDACIONES GENERALES DE FERTILIZACION PARA LOS PRINCIPALES CULTIVOS DEL ESTADO DE SAN LUIS POTOSI", Oct.-Nov.-Dic, N° 53, Año XII.
- Grande, López. R. (1961) "ESTUDIO FISICO Y QUIMICO DE LOS SUELOS DE LAS COLONIAS AGRICOLAS ALVARO OBREGON Y SAN JOSE DE PALMAS, CD. DEL MAIZ, S.L.P.". Tesis. Escuela de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- Grande, López, R. (1980) "TEORIA Y PROBLEMAS DE EDAFOLOGIA" Geología y Metalurgia, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Tomo VIII, N° 58 pp. 33-171.
- Grande, López, R. (1982) "METODOS PARA ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS EN SUELOS AGRICOLAS", (Análisis considerados como de rutina para fines agroeconómicos y de fertilidad). Departamento de suelos, Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, U.A. de S.L.P.
- Grande, López, R. (1987) "EL YESO Y SUS MECANISMOS EN EL SUELO", Acta Científica Potosina, Vol. IX, N° 1 enero-junio; pp:30-50. México.
- Grande, López, R. (1988) "EL YESO COMO MEJORADOR DE SUELO" Acta Científica Potosina, Vol. X, N° 1 enero-junio, pp.:55-79 México.
- Grande, López, R. (1988 a) "GLOSARIO DE TERMINOS USADOS EN EDAFOLOGIA" Facultad de Ingeniería, Area de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, S.L.P., México.

co. 49 pp.

Instituto de Investigación de Zonas Desérticas. (1982) "INSTRUCTIVO PARA TOMA DE MUESTRAS DE TIERRA PARA ANALISIS FISICO Y QUIMICO". Departamento de Suelos, Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Instituto de Investigación de Zonas Desérticas. (1984) "INSTRUCTIVO PARA MUESTREO DE AGUAS NATURALES". Departamento de Hidrogeoquímica. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Jackson, M.L. (1964) "ANALISIS QUIMICO DE SUELOS", Ed. Omega, Barcelona, 662 pp.

Munsell, Color Co. (1954) "MUNSELL SOIL COLOR CHARTS", Ed. M.C. Co. Inc. Baltimore 18, Maryland, U.S.A.

Navarro, C.A. (1957) "METODOS DE ANALISIS DE SUELOS AGRICOLAS Y AGUAS PARA RIEGO", sobre tiro de la revista Ingeniería Hidráulica en México, S.R.H. México.

Ortíz, M.R. (1959) "MANUAL SIMPLIFICADO DE SUELOS SALINOS Y SODICOS. CONCEPTOS ACTUALES SOBRE SU ESTUDIO" Bol. Guanos y Fertilizantes de México, S.A. N° 20, año IV, 46 pp.

Richards, L. A. Ed. (1962) "SUELOS SALINOS Y SODICOS", Manual de Agricultura No. 60, Depto. de Agricultura, de E.U.A., publicación INIA, S.A.G., México, 172 pp.

Rzedowski, C. G., de (1960) "NOTAS SOBRE LA FLORA Y VEGETACION DEL ESTADO DE SAN LUIS POTOSI. VII". (Vegetación del Valle de San Luis Potosí). Acta Científica Potosina, Vol. IV. N° 1 pp: 5-112. México.

Rzedowski, J. (1961) "VEGETACION DEL ESTADO DE SAN LUIS POTOSI", Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, UNAM.

U.S.D.A. (1967) "SOIL SURVEY LABORATORY METHODS AND PROCEDURES FOR COLLECTING SOIL SAMPLES" Survey Investigations Report N<sup>o</sup> 1 -  
Washington, D.C.

