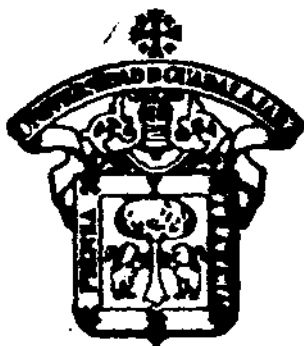


# **UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**

**FACULTAD DE AGRONOMIA**



**EVALUACION DE SALES EN AGUAS PARA RIEGO EN  
SANTA ANITA, MPIO. DE TLAQUEPAQUE Y TLAJOMULCO  
DE ZUÑIGA, MPIO. DE TLAJOMULCO EN JALISCO.**

**TESIS PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE**

**INGENIERO AGRONOMO**

**ORIENTACION FITOTECNIA**

**P R E S E N T A**

**DANIEL MENDOZA OCEGUERA**



**UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**  
FACULTAD DE AGRONOMIA

Sección ESCOLARIDAD  
Expediente .....  
Número ... 3289/92.....

10 de abril de 1992

ING. JOSE ANTONIO SANDOVAL MADRIGAL  
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA  
DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA  
PRESENTE

Habiendo sido revisada la Tesis del (los) Pasante (es)

DANIEL MENDOZA OCEGUERA

titulada:

EVALUACION DE SALES EN AGUAS PARA RIEGO EN SANTA ANITA,  
MPIO. DE TLAQUEPAQUE Y TLAJOMULCO DE ZUNIGA, MPIO. DE  
TLAJOMULCO EN JALISCO

Damos nuestra Aprobación para la Impresión de la misma.

DIRECTOR

ING. EDUARDO RODRIGUEZ DIAZ

ASESOR

ING. QUIM. LILIAN VILLARINO MIRANDA

ASESOR

ING. JAVIER VASQUEZ NAVARRO

srd'

nam

Al contestar este oficio indicar fecha y número

## DEDICATORIAS

A NUESTRO SEÑOR JESUCRISTO:

Que nos da la oportunidad de vivir

A MI PADRE:

Con todo cariño por haber sido el motor que me impulso a seguir por el camino correcto y lograr que mi Carrera sea un Exito.

A MI MADRE:

Con todo mi amor por haber tenido la paciencia que con cada uno de sus sacrificios, yo logre salir adelante en las adversidades de esta vida.

A MIS HERMANOS:

LUPITA, CECY, CHAVA, JAVIER, FELIPE Y EN ESPECIAL A MARIA DE LOURDES, por haberme aguantado y brindarme ese apoyo y confianza.

A MIS FAMILIARES EN GENERAL.

A MIS AMIGOS:

Quienes me ayudaron y fueron parte importante de la elaboración de este trabajo que desinteresadamente confiaron en mi.

A MIS MAESTROS.

Con todo respeto y por su amistad que nos ofrecieron.

## A G R A D E C I M I E N T O S

A MI UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA:

Por darnos tanto y recibir tan poco.

A MI FACULTAD DE AGRONOMIA:

Que en mis cinco años que recibí mi preparación profesional donde fue mi segundo hogar.

A MI DIRECTOR DE TESIS:

ING. EDUARDO RODRIGUEZ DIAZ

Por haber sido el guía, el que me motivo para la realización de esta tesis tan importante de mi vida.

A MIS ASESORES DE TESIS.

ING. JAVIER VASQUEZ NAVARRO y  
QUIM. LILIAN VILLARINO MIRANDA

Por sus valiosos consejos, ayuda y asesoría sobre la realización del trabajo, sin ningún interés propio.

A LAS AUTORIDADES DE LA FACULTAD:

Que hizo posible la realización del presente trabajo.

A MAESTROS DE MI FACULTAD:

M.C. CARLOS AGUIRRE TORRES  
M.C. SALVADOR MENA MUNGUÍA  
M.C. NICOLAS SOLANO VAZQUEZ  
M.C. MANUEL VAZQUEZ SANDOVAL  
M.C. TOMAS LASSO GOMEZ  
M.C. ANTONIO ALVAREZ GONZALEZ

ESPECIALMENTE A LAS MAESTRAS QUE COLABORARON EN EL LABORATORIO DE SUELOS Y DE LA MISMA MANERA AL CENTRO DE COMPUTO:

Por tener confianza y ofrecernos su ayuda incondicional.

## C O N T E N I D O

RESUMEN .....	1
I.- INTRODUCCION .....	1
1.1. ANTECEDENTES .....	1
1.2. OBJETIVOS .....	3
1.3. HIPOTESIS .....	3
II.- REVISION DE LITERATURA .....	4
2.1. EN LOS METODOS DE ANALISIS .....	4
2.2. CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO .....	14
III.- DESCRIPCION FISIOGRAFICA DE LA ZONA DE ESTUDIO ....	35
3.1. DELIMITACION DE LA ZONA .....	35
3.2. CARACTERISTICAS FISIOGRAFICAS .....	36
3.2.1. TOPOGRAFIA .....	36
3.2.2. GEOLOGIA .....	36
3.2.3. VEGETACION .....	37
3.2.4. SUELOS .....	38
3.2.5. CLIMA .....	40
3.2.6. AGUA .....	41
IV.- MATERIALES Y METODOS .....	42
4.1. MATERIALES DE CAMPO Y LABORATORIO .....	42
4.2. LOCALIZACION DE LOS POZOS DE ESTUDIO .....	44
4.3. TOMA DE MUESTRAS .....	44
V.- RESULTADOS Y DISCUSION .....	59
VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	64
VII.- BIBLIOGRAFIA .....	74
VIII.- APENDICE .....	77

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la Zona Centro del Estado de Jalisco, siendo los puntos principales en los Poblados de Santa Anita y Tlajomulco, el cual consistió en una evaluación del contenido de sales en aguas para riego de pozos profundos en muestreos periódicos.

Se analizaron cuatro pozos del área de Santa Anita y tres más del área de Tlajomulco, con un total de siete pozos, y el muestreo fue el siguiente:

Antes de la Temporada de Lluvias

Durante la Temporada de Lluvias

Posterior a la Temporada de Lluvias

Dentro del trabajo realizado en las áreas de estudio se obtuvieron variaciones en el contenido de sales de las aguas analizadas.

En los pozos analizados de Santa Anita 1, 2, 3 y 4 se comportaron de la misma manera a excepción del pozo No. 1 que presentó otras variantes.

En Tlajomulco los pozos 5, 6 y 7 fueron los que tuvieron mayor contenido de sales, se comportaron de la misma manera a

excepcion del pozo No. 6 que presento algunas variantes.

La variacion obtenida en los pozos en los tres muestreos, se presento en el segundo (Durante la Temporada de Lluvias) que es donde se encuentra el menor contenido de sales. la diferencia que existe entre los pozos de cada una de las areas correspondientes aparentemente es minima, pero cuando se manejan mg/l. la diferencia es importante ya que en algunos pozos dispararon sus valores.

La calidad del agua de riego en las areas de estudio queda clasificada de la siguiente manera:

En Santa Anita se considera de excelente calidad a excepcion del pozo No. 1, que presento algunas variantes que lo consideran como agua peligrosa para riego: En tanto que en Tlajomulco, son aguas consideradas peligrosas para riego por los indices tan altos que presentaron en particular los pozos Nos. 5, 6 y 7.

## 1.- INTRODUCCION

### 1.1.- ANTECEDENTES

Desde tiempos remotos han existido una diversidad de problemas en la Agricultura de nuestro país y en el mundo, los cuales han afectado de manera considerable la producción de alimentos tanto para consumo humano como animal y esto se refleja considerablemente en nuestra economía.

Esta diversidad de problemas han afectado nuestras tierras de cultivo, las cuales se han venido deteriorando. Se tienen zonas bien delimitadas como de riego y de temporal, de las cuales si no se hace un buen uso y manejo adecuado de ellas se alcanzarán niveles críticos de degradación por lo que se volverán improductivas, trayendo como consecuencia una insuficiencia alimenticia que repercutirá en el ámbito nacional.

Todo esto es debido a que el agricultor no tiene el conocimiento necesario para un buen manejo de las tierras. Además la falta de asistencia técnica por parte de los agrónomos. Otros factores que han influido en estos problemas son:

- El uso inadecuado de los fertilizantes y su mala aplicación.
- La utilización de aguas con alto grado de salinidad.
- La utilización de aguas con altos niveles de sodio.
- La utilización de aguas que contienen elementos



toxicos.

Por lo que si no se tiene el debido cuidado y se estan aplicando continuamente empezaran a presentarse problemas muy fuertes de diversas indoles.

Quizás todo esto no sea tan perjudicial, pero el mal manejo tanto de aguas como de suelos es el principal factor que conduce a estos problemas.

Hoy en día nos encontramos suelos con problemas de salinidad, y/o sodicidad, suelos muy acidos, suelos con problemas ocasionados por el movimiento ascendente de los mantos freaticos y otros con mal drenaje, razon por la cual las zonas de riego van disminuyendo en su extensión y por lo tanto en su productividad, esto obliga al agricultor a emigrar a otros lugares en busca de nuevas tierras para sus trabajos agricolas.

He ahí la importancia de la investigación en las diferentes ramas de la Agronomia, se capacite al agrónomo para que junto con los productores se enfrenten a ésta serie de problemas y a muchos otros que se van presentando en el transcurso del tiempo, Es precisamente a causa de estos problemas por lo que se destaca el interes del presente trabajo.

## 1.2.- OBJETIVOS:

Dado que hasta la fecha no se conoce de la realización de un estudio similar en estas zonas se pretende obtener lo siguiente.

a).- Determinar el contenido de sales de las aguas de riego en tres etapas diferentes.

- \* Antes de la temporada de lluvias
- \* Durante la temporada de lluvias
- \* Posterior a la temporada de lluvias

b).- Obtener resultados químicos que nos auxilien en la toma de decisiones más correctas para un mejor manejo tanto de suelos como aguas.

c).- Elaborar un documento que proporcione información sobre el contenido de sales por influencia de lluvias y que sirva para posteriores estudios en estas u otras zonas.

## 1.3.- HIPOTESIS

El contenido de sales en las aguas del subsuelo varían

conforme se presenta la temporada de lluvias, además los materiales que conforman los estratos del subsuelo influyen en el contenido de las sales de las aguas de riego.

## II.- REVISION DE LITERATURA

### 2.1.- EN LOS METODOS DE ANALISIS

#### TURBIDIMETRIA

WILLARD (1965). Indica que los métodos turbidimétricos se refieren a propiedades ópticas características de las dispersiones y puede interpretarse como la relación entre la luz reflejada y la incidente en una dispersión, la intensidad de la luz reflejada por una suspensión que dependerá de la concentración mientras que las demás condiciones permanezcan constantes.

Además añade que en muchos casos resulta más conveniente poder medir un precipitado sin separarlo de la solución. Prácticamente esto es cierto cuando es difícil de filtrar, lavar y secar, o cuando importe la rapidez de los métodos para medir la turbiedad. También nos señala que los métodos para medir la turbiedad se dividen en tres grupos.

1.- Los que miden la razón entre la intensidad de la luz

# BIBLIOTECA FACULTAD DE AGRONOMIA

E

dispersada, la luz de tyndall y la luz incidente.

- 2.- Los que miden la razón entre la intensidad de la luz transmitida por la solución y la luz incidente.
- 3.- Los que miden el efecto de extinción, esto es el espesor al cual desaparece un blanco colocado detrás del medio turbio.

Para concluir señala que la turbidimetría y la nefelometría van de la mano con la colorimetría en cuanto hacer métodos de análisis sensibles o estándares.

## METODO GRAVIMETRICO

OROZCO (1967). Indica que con el objeto de comprender claramente el sistema fundamental para efectuar los cálculos numéricos en el Análisis Gravimétrico, es conveniente atender un hecho fundamental de mucha importancia que se relaciona con las ecuaciones químicas. Un cambio en la naturaleza química de las sustancias se representa con una ecuación, pero ésto no sólo nos indica el cambio si no también las cantidades de cada uno de los elementos o compuestos que en el fenómeno interviene.

En el Análisis Gravimétrico, el elemento radical o compuesto que se desea cuantificar en una muestra dada o en aguas se separa

o

del resto de los demás constituyentes en forma de compuesto insoluble, el cual debe obedecer a la ley de las proporciones definidas es decir, que los elementos que lo constituyen deben guardar entre si una relación invariable. De esa manera sobre esta base es posible determinar a partir del peso del compuesto separado, la cantidad de elemento radical o compuesto contenido en la muestra que se analizó.

WATTY B. (1989). Menciona que los Métodos Gravimétricos están basados en la determinación de un elemento o un compuesto mediante la formación de un producto insoluble, estable y fácil de pesar en el cual intervenga el elemento o compuesto por analizar. Del peso del precipitado obtenido se puede calcular la cantidad de dicho elemento o compuesto, de acuerdo con la estequiometría de la reacción. Y el resultado se expresa por lo general en términos de composición en porcentaje.

CRISTIAN (1988). Señala que el Método o Análisis Gravimétrico es uno de los métodos más exactos y precisos. Para realizar análisis se efectúa una separación y son usadas esas técnicas para hacer separaciones preliminares.

Por este motivo la gravimetría se debe estudiar entre los métodos de separación que consisten en que una sustancia que se va analizar se convierte a una forma insoluble con el fin de separarla, después de otras operaciones necesarias el precipitado

separado se lava, seca y se calcina posteriormente se procederá a pesar con exactitud, conociendo el peso del precipitado y su composición química, el peso de la sustancia que se está utilizando se calcula en la forma que se desee.

LA SARH (1963), Menciona que la determinación cuantitativa de una sustancia por precipitación con el subsecuente aislamiento y peso del precipitado se denomina Analisis Gravimetrico, además son muy empleados en los Analisis Cuantitativos. La precipitación puede ser un proceso muy selectivo, por este motivo para efectuar separaciones analíticas cuantitativas son valiosos los métodos de precipitación.

A manera general sus principios son:

Se pesa una muestra, se disuelve, se añade un exceso de agente precipitante, se filtra y lava el precipitado, calcinándolo para posteriormente pesarlo. También se calcula la cantidad de un ion a partir del peso y composición del precipitado, con esto y el peso de la muestra empleada se obtiene un porcentaje de la sustancia de la muestra original.

La SARH, nos menciona que para obtener una Determinación Gravimétrica con gran éxito, es necesario cumplir con los siguientes puntos:

- a).- Debera precipitarse totalmente la sustancia que se desea separar, en la mayoria de los precipitados analiticos tienen una solubilidad suficientemente baja como para poder despreciar las perdidas por solubilización; el ion comun de exceso del agente precipitante reduce la solubilidad del precipitado.
- b).- El precipitado que se pesa debera ser compuesto estequiométrico de composición conocida, mediante un factor gravimétrico se hacen los cálculos.
- c).- El precipitado debe ser puro y facil de filtrar en ocasiones es muy difícil obtener un precipitado exento de impurezas.

#### METODO VOLUMETRICO

La SARH (1982) y ORDZCO (1967). Señalan que en este método se aprovechan reacciones cuantitativas que se verifican entre la sustancia por determinar y un reactivo cuya concentración se conoce exactamente. El volumen empleado de este reactivo para la realización de la reacción, y llevarlo hasta el punto final nos permitirá calcular la cantidad de las sustancias que se pretenden valorar.

Las reacciones que se aplican al análisis volumétrico deben ser conocidas con exactitud y relacionar las sustancias reaccionantes con el peso de los productos de la reacción, pues aun cuando en este tipo de análisis lo inmediato de la medición de volúmenes están relacionados con el peso de sustancias a que son equivalentes.

WATTY B. (1989). Nos menciona que en los métodos volumétricos los resultados se calculan a partir de volúmenes de soluciones de concentración conocida empleados para precipitar la sustancia problema en forma estequiométricamente completa. El punto final se detecta con indicadores como en otros métodos volumétricos, y en algunos casos por la aparición de un precipitado.

CRISTIAN (1988). Indica que los análisis volumétricos son algunos de los métodos analíticos de mayor utilidad, son bastante rápidos y permiten lograr buena exactitud. El análisis volumétrico se divide en varias ramas:

- a).- Acido-base
- b).- Precipitación
- c).- Complejometría
- d).- Oxido-reducción



**TITULACION:** En la titulación la sustancia que se va a analizar reacciona con un reactivo que se añade en forma de una solución de concentración conocida. Esta recibe el nombre de solución estándar, la solución añadida se le nombra titulante. Se determina el volumen del titulante necesario para que reaccione completamente con la sustancia que se va a añadir. La cantidad de esta se puede calcular cuando se conoce su concentración y también la reacción entre ella y el titulante.

**METODO COLORIMETRICO:** La SARH (1982). Señala que los métodos colorimétricos son muy empleados. Es sin duda los de mayor importancia dentro del análisis cuantitativo; este método se basa en la absorción de la luz visible por una sustancia disuelta, la cantidad de energía radiante absorbida es proporcional a la concentración de la sustancia en la solución.

Cuando se mide la absorción de la luz es posible determinar cuantitativamente la cantidad de sustancia disuelta.

**EL ANALISIS COLORIMETRICO O COLORIMETRIA:** Consiste en la determinación cuantitativa de una sustancia colorida

con base en su capacidad para absorber luz. además los métodos colorimétricos visuales comparan la absorción de una solución colorida de concentración desconocida con una o más soluciones coloridas de concentración conocida.

**METODO ESPECTROFOTOMETRICO: WATTY B. (1989).** Señalan que los métodos espectrofotométricos. La sustancia de la muestra absorbe radiación electromagnética a una fuente adecuada y la cantidad absorbida se relaciona con la concentración de sustancias que se desea analizar en la solución. El principio del método se basa en que los átomos que se encuentran en estado basal o fundamental al pasar al estado excitado, absorben una determinada energía o radiación o una longitud de onda característica.

Cuando el átomo excitado regresa nuevamente a su estado fundamental este sede una determinada cantidad de energía cuantitativamente idéntica a su energía de excitación emitiendo radiaciones de longitudes de onda característica que es utilizada para su identificación y cuantificación.

**METODO ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORCION ATOMICA: XIMENEZ H. (1980).** Menciona que cuando se suministra una

determinada cantidad de energía en un átomo cualquiera, que se encuentre en su estado fundamental o en un estado energético, que se llamara  $E_0$ , esta energía es absorbida por el átomo, de tal forma que se incrementara el radio de giro de sus electrones de la capa externa, llevando al átomo a un nuevo estado energético  $E_1$ , el que llamaremos un estado excitado. La cantidad de energía necesaria de excitación podrá suministrarse al átomo en estado fundamental, el cual al excitado lo llama energía de excitación  $E_1$ , quedando una ecuación de la siguiente manera:

$$E = E_1 = E_0$$

Señalando que esta energía de excitación podrán suministrarse al átomo en estado fundamental de diferentes maneras como: térmicamente, eléctricamente, mediante rayos laser, por inducción electromagnética, etc.

Ahora cuando un átomo en estado excitado vuelve nuevamente a su estado fundamental, este sede una determinada cantidad de energía cuantitativamente idéntica a su energía de excitación, siempre emitiendo radiaciones a longitudes de onda determinadas.

CRISTIAN (1988). Indica que la solución de la muestra se aspira a la flama en igual forma que en fotometría de flama, el

Elemento debe convertirse al estado de vapor atómico.

La mayoría de los átomos de flama permanecen en estado basal o estos son los que se miden en absorción atómica, ya que como su nombre lo indica se mide la cantidad de radiación de una fuente que es absorbida por los átomos.

Además añade que la absorción de la ley de Beer, es decir: la absorbancia es directamente proporcional a la longitud de la trayectoria en la flama y a la concentración de vapor atómico.

FLAMOMETRIA: HOBART H. WILLARD (1965). Señala que la flamometria consiste en la emisión de la radiación característica de un elemento, y la correlación entre la intensidad de la emisión y la concentración de este elemento son las bases de la flamometria de flama.

En breve resumen nos redacta las generalidades del método.

La muestra preparada para analizar en forma de solución, se introduce pulverizada en la llama bajo condiciones controladas, la luz procedente de la llama, pasa por un monocromador que aísla la región deseada del espectro y con una fotocelda un medidor o amplificador electrónico que mide la intensidad de la radiación aislada.

Una vez calibrado cuidadosamente el fotometro con soluciones de composición y concentración conocidas, es muy fácil relacionar la intensidad de una determinada raya espectral de la sustancia desconocida con la cantidad del elemento presente que emite la radiación particular.

El recurso de la pulverización de la solución permite que la muestra se distribuya por todo el cuerpo de la llama introduciendo en ella todo el problema o una porción representativa.

METODO ELECTROMETRICO. SARH (1982). Indica que los métodos electricos emplean la electro-química para estudiar la relación entre la energía eléctrica y las reacciones químicas que son muy útiles para el químico analista.

## 2.2.- LA CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO

ZIMERMAN (1979), SARH (1980), MILTON FIREMAN (1966), GEOHIDROLOGIA (1987) Y PIZARRO (1980). Señalan que la calidad del agua de riego desde el punto de vista agrícola, es utilizada para indicarnos la conveniencia o limitación de su empleo para el riego. Para poder determinar si el agua es buena o mala para el riego debemos tomar en cuenta las características químicas que presenta dicha agua, además las características fisico-químicas de los suelos en que se va aplicar, así como la susceptibilidad o

resistencia de las plantas de cultivo que se van a regar.

Los autores anteriormente mencionados se basan en el texto (Diagnostico y Rehabilitacion de Suelos Salinos y Sodicos) del Laboratorio de Salinidad de los E.U.A.. En general en sus respectivos documentos recomiendan clasificar a las aguas que se utilizan para riego agrícola bajo tres factores principales:

- a).- Contenido total de sales solubles
- b).- Concentracion relative del sodio con respecto a otros cationes y su efecto en las características físicas del suelo, o sea, el peligro de acumulación de sodio en el suelo.
- c).- Concentración de iones tóxicos y su efecto en las plantas de cultivo.

a).- Contenido de sales solubles: Geohidrología (1987), Pizarro (1978), Personal de Laboratorio de E.U.A. (1960) y Zimmerman (1979). Cada uno de los autores en sus respectivos documentos nos señalan:

Que el efecto nocivo de las sales sobre las plantas se debe principalmente al aumento de la presión osmótica en la solución del suelo que está en contacto con las raíces de la misma.

Señalan que la (C.E.) la conductividad eléctrica es uno de

Los parámetros principales que se toman en cuenta para determinar la calidad del agua, expresándose en micromhos/cm. 25°C. La conductividad nos expresa la concentración de las sales solubles es decir cationes y aniones los cuales se expresan en (meq/l.) miliequivalentes por litro o miligramos/l. p.p.m.

El laboratorio de salinidad de los Estados Unidos ha propuesto la siguiente clasificación. (SARH 1980).

CLASIFICACION	INDICE	CLASE
Agua de baja salinidad	100 a 250	C1
Agua de salinidad media	250 a 750	C2
Agua altamente salina	750 a 2250	C3
Agua muy altamente salina	Superior a 2250	C4

En donde:

C1 Primera clase.- Puede usarse para riego en la mayoría y para casi todas las plantas o cultivos con pocas posibilidades de que aumente la salinidad.

C2 Segunda clase.- Puede usarse si se hacen lavados moderados, se puede cultivar plantas moderadamente tolerantes a las sales en la mayoría de los casos sin efectuar practicas

especiales para el control de la salinidad.

C3 Tercera clase.- No puede usarse en drenajes deficientes, aún con drenaje adecuado se requiere de manejo especial para el control de la salinidad, además de seleccionar plantas que sean bastante tolerantes a las sales.

C4 Cuarta clase.- No es apropiada para riego bajo condiciones ordinarias puede usarse en casos muy especiales, y las plantas que se seleccionen deben ser muy tolerantes a las sales.

SARH, DONNEN (1959). Dentro de la conductividad eléctrica es decir sales solubles. añade que la salinidad efectiva es una estimación más apegada a la realidad, del peligro potencial de las sales del agua cuyo contenido provoca altas presiones osmóticas en la solución del suelo; ya que toma en cuenta la precipitación probable de los carbonatos de calcio y magnesio, a parte de los sulfatos de calcio que al llevarse efecto dejan de influir en el recargo de la presión osmótica, por su grado de solubilidad. Las cuales las ha clasificado de la siguiente manera:

$\text{NaCl}_2$	$\text{NaSO}_4$	$\text{NaCO}_3$
$\text{MgCl}_2$	$\text{MgSO}_4$	$\text{MgCO}_3$
$\text{CaCl}_2$	$\text{CaSO}_4$	$\text{CaCO}_3$



Las sales que provocan la salinidad efectiva están localizadas arriba de la línea y no siendo tan dañinas las de abajo debido a su baja solubilidad y tendencia a precipitarse; calculandola de la siguiente manera:

$$\text{Salinidad Efec.} = (\text{Salinidad Total}) - (\text{Carbonatos de Ca y Mg})$$

$$\text{Salinidad Efec.} = (\text{Salinidad Total}) - (\text{CaCO}_3 + \text{CaSO}_4)$$

El Ing. Enrique Palacios en el Manual de Distritos de Riego, recomienda que la salinidad efectiva se calcula de la siguiente manera:

a).- Cuando  $\text{Ca} > \text{CO}_3 + \text{HCO}_3 + \text{SO}_4$

$$\text{S.E.} = \text{Suma de aniones} - (\text{CO}_3 + \text{HCO}_3 + \text{SO}_4)$$

b).- Cuando  $\text{Ca} < \text{CO}_3 + \text{HCO}_3 + \text{SO}_4$ , pero  $\text{Ca} > \text{CO}_3 + \text{HCO}_3$

$$\text{S.E.} = \text{Suma de aniones} - \text{Ca}$$

c).- Cuando  $\text{Ca} < \text{CO}_3 + \text{HCO}_3$ ; pero  $\text{Ca} + \text{Mg} > \text{CO}_3 + \text{HCO}_3$

$$\text{S.E.} = \text{Suma de aniones} - (\text{CO}_3 + \text{HCO}_3)$$

d).- Cuando  $\text{Ca} + \text{Mg} < \text{CO}_3 + \text{HCO}_3$  .. entonces

$$\text{S.E.} = \text{Suma de aniones} - (\text{Ca} + \text{Mg})$$

En base a los índices de salinidad efectiva tomando en cuenta las condiciones del suelo, propuso la siguiente

clasificación.

- 1.- Primera Clase - (Uso sin peligro) menor de 3 meq/l.
- 2.- Segunda Clase - (Condicionada) 3 a 15 meq/l.
- 3.- Tercera Clase - (Peligrosa) mayor de 15 meq/l.

Ademas añade que para la clase 1 no existe peligro de ensalitramiento, por lo que no se ven afectados los rendimientos de los cultivos, mientras tanto que en la clase 2 y 3 es necesario aumentar las condiciones de lavado, contar con un buen drenaje o utilizar dicha agua mezclada con otra de mayor calidad que le ayude a disminuir la salinidad presente.

Tambien Dornen comenta que es importante tomar en cuenta la salinidad potencial, por que la salinidad potencial estima, el efecto de las sales de los cloruros y los sulfatos despues de haber disminuido la humedad aprovechable al 50 %.

En base a lo anterior la salinidad potencial es un indice mas para clasificar las aguas de riego y se valora con la siguiente formula.

S. P. =  $C1 + 1/2 SO4$  esto dado en meq/l.

S. P. -> salinidad potencial

meq/l -> miliequivalentes por litro.

Segun su clasificacion los indices quedan de la siguiente manera:

Agua de primera clase (Bueno)	de 0 a 3 meq/l.
Agua de segunda clase (Condicionada)	de 3 a 15 meq/l.
Agua de tercera clase (Peligrosa)	mayor de 15 meq/l.

b).- Concentración relativa del sodio con respecto a otros cationes es decir (peligro de acumulación de sodio).

Geohidrologia (1987). Fizarro (1978). SARH (1980). Zimmerman (1979). Milton firmen (1966). Personal del Laboratorio de Salinidad de E.U.A. (1960). En lo general todos los autores en sus respectivos documentos indican que la acumulación de sodio (Na) tanto en el agua como en el suelo presentan algunos problemas tales como:

En forma directa el ion sodio (Na) al ser absorbido o acumulado es toxico para las plantas de cultivo y ademas altera las funciones nutricionales de los mismos al impedir la asimilación de algunos elementos. En este caso el sodio al ser absorbido desplaza al calcio (Ca) e indirectamente absorbido por las arcillas modificando física y químicamente las propiedades del suelo creando una correlación adversa a la permeabilidad y al manejo del mismo.

El (RAS). Relación de Adsorción de Sodio, es uno de los índices a tomarse en cuenta para el efecto del sodio que contienen las aguas de riego. RAS (Relación de Adsorción de Sodio) donde todos los autores lo mencionan cada uno en su documento en donde añaden.

El peligro de sodificación en el uso del agua de riego queda determinada por la concentración absoluta y relativa de los cationes. Si la porción de sodio (Na) es alta, será mayor el peligro de sodificación y si predomina el calcio (Ca) y el magnesio (Mg) el peligro será menor.

El índice de Relación de Adsorción de Sodio es evaluado por medio de la siguiente ecuación:

$$\text{RAS} = \frac{\text{Na}}{\text{Ca} + \text{Mg}} \times 100$$

Las concentraciones de calcio (Ca), sodio (Na), y de magnesio (Mg) se expresan en (meq/l.) miliequivalentes por litro.

Esta relación se basa en las ecuaciones de cambio de cationes y del efecto de masa ya que teóricamente está más relacionado a los porcentajes de sodio intercambiable que con los valores de porcentaje de sodio.- simple.

Dentro de la clasificación de aguas con peligro de sodio son cuatro clases:

- S1 Poco sodio .- Puede usarse para riego en casi todos los suelos con poco peligro de que el sodio intercambiable sea perjudicial.
- S2 Contenido medio .- Será peligrosa en suelos de textura media a fina y en aquellos que tengan una alta capacidad de intercambio de cationes. Especialmente bajo condiciones de lavados leves, a menos que se encuentre yeso en el suelo, esta agua puede usarse en suelos orgánicos o bien en suelos de textura gruesa o de muy buena permeabilidad.
- S3 Alto contenido .- Esta clase de agua conducirá a niveles peligrosos de sodio intercambiable en la mayoría de los suelos, por lo cual se requerirá un manejo especial. Los suelos con cantidades abundantes de yeso no desarrollaran niveles perjudiciales de sodio intercambiables. Los mejoradores químicos deberán usarse para el reemplazo de sodio intercambiable excepto en el caso de que no sea factible el uso de mejoradores en aguas de muy alta salinidad.
- S4 muy alto contenido de sodio .- Por lo general no es apropiada para riego excepto en casos de baja y quizás

mediana salinidad donde la solución de calcio del suelo, o el empleo de yeso u otros mejoradores hagan factible su uso.

Las aguas con mucha salinidad y que están en las categorías inferiores de esta clase, pueden mantener al suelo suficientemente floculado para permitir una agricultura continua, tomando en cuenta que hay que hacer muchos lavados.

Cabe hacer mención que la mayoría de los autores incluyendo al Personal de Laboratorio de Salinidad de los E.U.A., señalan los valores de los índices de la Conductividad Eléctrica y el de Relación de Adsorción de Sodio, como coordenadas que se ubican en el nomograma de clasificación de aguas para riego es el más utilizado para evaluarlas.

(C.S.R.).- Carbonato de Sodio Residual, es otro de los índices que deben tomarse en cuenta para evaluar un agua con fines de riego con respecto al sodio, o grado de sodicidad.

S.A.R.H. (1980).- Menciona que según Eaton al igual que Fizarro (1979), que las aguas con más de 2.5 meq/l. de carbonato de sodio residual no son adecuadas para riego., aguas que contienen 1.25 a 2.5 meq/l. son condicionadas y aguas que contienen menos 1.25 meq/l. son buenas y el índice (C.S.R.) Carbonato de Sodio Residual, se evalúan con la siguiente ecuación:

$$\text{Na CO}_3 = (\text{HCO}_3 + \text{CO}_3) - (\text{Ca} + \text{Mg})$$

Y aadido que las aguas condicionadas con tendencia a la acumulacion de carbonatos de sodio residual, pueden ser utilizadas para riego con adecuadas practicas culturales complementadas con la aplicacion de mejoradores quimicos. Ademas Pizarro (1979). Indica que la presencia de iones de carbonatos y bicarbonatos en el agua de riego afecta al (RAS) relacion de adsorcion de sodio, de la solucion del suelo y lo explica de la siguiente manera:

Cuando se agrega agua de riego la evapotranspiracion comienza a eliminar agua del suelo, y como las sales no se eliminan, la concentracion salina del agua del suelo aumenta a tal grado que puede alcanzarse los limites de solubilidad de los carbonatos y bicarbonatos de calcio y magnesio; cuando esto llega a suceder esas sales precipitan por lo que retira parte del calcio y el magnesio de la solucion del suelo y en consecuencia aumenta la proporcion de sodio, y el correspondiente (RAS) relacion de adsorcion de sodio.

S.A.R.H. (1980). Señala que segun Eaton se deben tomar en cuenta el indice de porcentaje de sodio posible (P.S.P.) y se define de la siguiente manera:

$$\text{P.S.P.} = \frac{\text{Na}^+}{100 \%}$$

### Salinidad Efectiva

En donde todos los conceptos se expresan en meq/l. Añade, cuando (P.S.P.). Porcentaje de sodio posible es menor del 50 % las aguas pueden utilizarse sin peligro alguno, en cambio cuando es mayor del 50 % el contenido de sodio presenta valores más altos de 10 meq/l. miliequivalentes por litro.

Hay más peligro de sodificación en aquéllos suelos que presentan menos de 4 % de carbonatos alcalinotérreos, en este caso las aguas deben mezclarse con otras de mejor calidad o agregar yeso para que puedan ser utilizadas.

$$\text{Indice de Permeabilidad} = \frac{\text{Na}^+ \sqrt{\text{HCO}_3^-}}{\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} + \text{Na}^+} \times 100$$

En donde todos los valores se expresan en miliequivalentes por litro (meq/l) y señala:

Que la clasificación del agua por el índice de permeabilidad es una estimación empírica de la probable afectación de la permeabilidad del suelo por el efecto del sodio, también indica que con los valores del índice de permeabilidad y la concentración de sales pueden definirse tres clases de aguas, la primera que no ofrece ningún peligro en la disminución de la



penetración, aireación y lavado de los suelos, con la segunda y la tercera clase, es necesario tomar medidas para evitar problemas salinos en el suelo.

c).- Concentración de iones tóxicos (Concentración de Boro).  
Geohidrología por Wilcox (1987), Pizarro (1978), SARH (1980), Milton Fireman (1966), Zimmerman (1979). En sus respectivos documentos indican que el boro o iones tóxicos es otro índice que debe tomarse en cuenta para la clasificación de aguas de riego y señalan:

El boro en pequeñas concentraciones es esencial para el desarrollo de las plantas, sin embargo cuando hay un exceso de este ion, puede ocasionar daños apreciables para algunos cultivos dentro de cierto límite, puede ser tóxico para unos y para otros no, dando un ejemplo para explicar lo anterior señalan:

Los limoneros muestran daños definidos y en ocasiones económicamente importantes cuando se riega con un agua que contenga 1 (P.P.M.) partes por millón de boro, en tanto que la alfalfa logra su desarrollo máximo si el agua de riego contiene de 1 a 2 (P.P.M.) de boro.

Las concentraciones tóxicas de boro que se encuentran en algunas aguas de riego obligan a tener presente este elemento para su clasificación y concuerdan con los índices propuestos por

Scott 1960.

CLASE	CULTIVO SENSIBLE	CULTIVO SEMI-TOLERANTES	CULTIVOS TOLERANTES
1	MEJOR DE 0.33 P.P.M.	MEJOR DE 0.67 P.P.M.	MEJOR DE 1.00 P.P.M.
2	0.33 A 0.67 P.P.M.	0.67 A 1.33 P.P.M.	1.00 A 2.00 P.P.M.
3	0.67 A 1.00 P.P.M.	1.33 A 2.00 P.P.M.	2.00 A 3.00 P.P.M.
4	1.00 A 1.25 P.P.M.	2.00 A 2.50 P.P.M.	3.00 A 3.75 P.P.M.
5	MAJOR DE 1.25 P.P.M.	MAJOR DE 2.50 P.P.M.	MAJOR DE 3.75 P.P.M.

Contenido de cloruros es otro de los iones tomados como tóxicos en las aguas de riego y para la misma clasificación del agua.

Pizarro (1978). Due en la mayoría de las clasificaciones no considera por separado en el ion cloruro, debido a que no es un ion adsorbible va que su efecto esta incluido dentro de la conductividad eléctrica.

Grillot (1954). Estableció el índice ion cloro señalando por Pizarro (1978) y se calcula de la siguiente manera:

$$C.L.P. = \frac{(Cl^- + NO_3^-)}{CO_3^{2-} + HCO_3^- + SO_4^{2-} + Cl^- + NO_3^-} \times 100$$

y las cantidades son expresadas en meq/l. quedando la clasificación de la siguiente manera:

C.L.F.		CLASE
0 - 4	meq/l.	EXCELENTE
4 - 7	meq/l.	BUENA
7 - 12	meq/l.	MEDIA
12 - 20	meq/l.	MALA
	> - 20	meq/l. INUTIL

Además hace mención que existen otros índices y clasificaciones regionales que expresan el efecto del ion adecuadas para las condiciones que fueron establecidas.

SARH (1980). Señala que las aguas se clasifican por el contenido de cloruros de acuerdo con el siguiente cuadro.

Aguas buenas - si contienen menos de 100 p.p.m.

Aguas condicionadas - si contienen entre 100 y 250 p.p.m.

Aguas peligrosas - si contienen más de 250 p.p.m.

Y para concluir señala, las aguas de clase 1 no existe peligro de ensalitramiento no se ven afectados los rendimientos de los cultivos.

La clase 2 y 3 es necesario aumentar las condiciones de lavado, contar con un buen drenaje o utilizar dicha agua mezclada que le ayude a disminuir la salinidad que presenta.

Índice de Magnesio es considerado para clasificar el agua de riego.

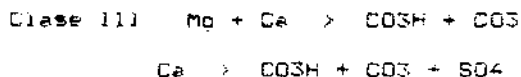
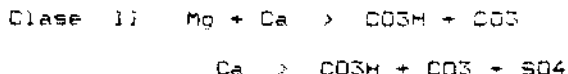
El índice de magnesio fué establecido por SZABOLES y DARAB, mencionado por Pizarro (1979), el cual ellos mencionan que cuando se encuentra en el suelo altas concentraciones produce efectos tóxicos provocando una deficiencia de calcio en algunos cultivos y se determina con la siguiente ecuación:

$$IMg = \frac{Mg^{++}}{Ca^{++} + Mg^{++}} \times 100$$

En donde los cationes se expresan en miliequivalentes por litro además añadió que una agua la consideran peligrosa cuando el índice de magnesio es mayor a 50 meq/l.

Carbonatos y Sulfatos.- Es otro índice que se toma en cuenta para clasificar la calidad del agua de riego Pizarro (1979), menciona que el ion calcio puede ser eliminado al precipitar en forma de carbonato, bicarbonato o sulfato, igualmente ocurre con el magnesio, cuando disminuye las concentraciones de calcio y magnesio aumenta el (RAS), Relación de Adsorción de Sodio y el riesgo de sodificación del suelo y dándonos la clasificación de la siguiente manera:

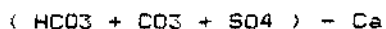
Clase I  $Mg + Ca < CO_3H + CO_3$



Clase I Cuando esta agua se concentra en el suelo el magnesio y el calcio precipitan en forma de carbonatos, todo el sodio y el potasio permanecen en la solución lo cual aumenta el RAS tanto mas cuanto mayor sea el (R.S.C.) carbonato de sodio residual.

Clase II Al concentrarse en el agua parte del magnesio y el calcio precipitan en forma de carbonatos, todo el magnesio restante permanece en la solución, el calcio restante en parte en forma de sulfato, pero como el sulfato de calcio (veso) tiene una cierta solubilidad (30 meq/l.) parte del calcio permanece disuelto. Por lo tanto el (R.S.C.) carbonato de sodio residual no se eleva tanto como en la clase I.

La cantidad de sulfatos puede estimarse de la siguiente forma:



Clase III: Al igual que en la clase II parte del calcio y magnesio precipitan en forma de carbonatos y yeso, pero en este caso las concentraciones de calcio y magnesio exceden las clases poco solubles, por lo que buena parte de estos cationes permanecen disueltos, el RAS no aumenta mucho.

Clase IV: Esta agua posee principalmente cloruros como anión por lo que no se forma, es por eso que el (RAS), Relación de Adsorción de Sodio no se modifica.

#### CONDICIONES AGRONOMICAS

La SARH (1980), señala que el tipo de suelo es otro parametro que debe tomarse en cuenta para evaluar el agua de riego o clasificarla, en la calidad de las mismas.

Añaden que una vez obtenidas en el laboratorio las características químicas del agua para riego, la aplicación de ella debe estar sujeta a la susceptibilidad o daño que puede ocasionar los contenidos salinos en el cultivo, lo cual debe medirse relacionando los valores de la conductividad eléctrica del extracto de saturación con los daños que ocasiona en la reducción de los rendimientos de la cosecha.

A demás explica que se debe tomar en cuenta a que suelo se va

aplicar determinada agua, es decir una agua que sea moderadamente salina se podrá utilizar en un suelo que tenga buen drenaje, e inclusive si esa agua fuera bastante salina y con plantas tolerantes a salinidad se podría regar, además se tendrían otras alternativas, como mezclar esa agua salina con otras de mejor calidad para así poder contrarrestar el grado de salinidad.

En forma general resumido que se debe tomar en cuenta el tipo de suelo que se regará, plantas que se cultivaran y claro, también el agua que se utilizará.

#### CONDICIONES EDAFOLÓGICAS

La SARH. (1980), nos señala que cuando las aguas de riego con contenido de sales que perjudican a los cultivos, su daño puede ser de carácter creciente si las sales se concentran en donde se desarrollan las raíces de las plantas. Menciona que esta condición se puede controlar aplicando la lamina de agua de riego requerida mas otra porción de agua adicional llamada agua de sobrieriego que deberá ser suficiente para arrastrar fuera del exposor radicular las posibles concentraciones salinas.

Indican que para calcular la lamina de sobrieriego se utiliza la siguiente formula:

$$Lsr = \frac{CER}{A} \times Lr$$

$$CER_0 = CER$$

- Lsr - Lamina de sobre-riego
- CER - Conductividad Electrica del agua de riego
- CER<sub>0</sub> - Conductividad Electrica del extracto de saturación permisible, que tendrá un valor máximo correspondiente al que el cultivo alcance una disminución en la producción del 50 %.
- Lr - Lamina de riego en (cm) centímetros

Los Doctores Palacios y Aceves proporcionan un cuadro donde esta lamina de sobre-riego es facilmente obtenida. Dicho cuadro este constituido en funcion del contenido máximo de cloruro permisible, en el extracto de saturación que presenta una agua dada en miliequivalentes por litro meq/l. en relación a los cloruros que soporta un cultivo.

	Lamina de sobre-riego expresada en fracción decimal de las láminas de riego.			
	0.1 de lamina de riego	0.2	0.3	0.4
5	1	2	3	4
10	2	4	6	8
15	3	6	9	12
20	4	8	12	16
25	5	10	15	20



Los Doctores nos señalan que para poder emplear estas laminas de sobre-riego, es necesario contar con un espesor de suelo suficiente para arrastrar las sales fuera del alcance radicular e indiscutiblemente que la velocidad de infiltración sea eficiente en todo su espesor: es decir, que no existan estratos de baja permeabilidad ni mantos freaticos altos que impidan el drenaje de las aguas de percolación.

Esta condicion resulta indispensable para el uso de agua que contenga altos indices de salinidad, por lo que es necesario dar al suelo, ya sea mejorandolo con aplicaciones de productos quimicos o con la incorporacion de mejoradores organicos, o mediante la aplicacion de subsoleos, drenes abiertos o cerrados: y añade que para contrarestar el peligro de sodificacion de los suelos se recomienda la adición de mejoradores químicos tanto al suelo como al agua.

### III.- DESCRIPCION FISIOGRAFICA DE LA ZONA DE ESTUDIO

#### 3.1.- DELIMITACION DE LA ZONA

El Municipio de Tlaquepaque, se localiza en la region centro del Estado de Jalisco, en donde encontramos el poblado de Santa Anita, con una Latitud Norte de  $20^{\circ} 33'$  y una longitud Oeste de  $103^{\circ} 26' 30''$  con una altura sobre nivel del mar de 1 570 mts.

Colinda al Norte con el Municipio de Guadalajara y parte con el de Zapopan, al Noroeste se encuentra con el Municipio de Tonala, al Sur se encuentra con Tlajomulco y parte del Salto, al Oeste abarca Tlajomulco y parte de Zapopan con un total de 5 Municipios.

El Municipio de Tlajomulco de Zúñiga también se localiza en la region Centro del Estado de Jalisco, en donde se encuentra localizado el poblado de Tlajomulco, con una Latitud Norte de  $20^{\circ} 99'$ , con una Longitud Oeste de  $103^{\circ} 26' 45''$  con una altura sobre nivel del mar de 1 560 mts. Colinda al Norte parte del Municipio de Tlaquepaque y parte de Zapopan, al Noroeste con el Salto, al Oeste con Juanecatlan, al Sur con Jocotepec y parte de Ixtlahuacan de los Membrillos, al Este con Acatlan de Juarez con

un total de 7 Municipios.

### 3.2.- CARACTERISTICAS FISIOGRAFICAS

3.2.1.- TOPOGRAFIA (relieve) Orográficamente la zona de tierras cultivadas en el Poblado de Santa Anita en forma general presenta una sola forma de relieve al cual se caracteriza en una zona plana y semiplana, ya que presenta aproximadamente entre el 2 % y el 3 % de pendiente.

En tanto que en la zona de tierras cultivadas de Tlajomulco presenta tres formas de relieve:

La primera corresponde a zonas accidentadas que van de un 15 a un 17 % de pendiente. La otra zona es semiplana que corresponde de un 3 a un 6 % de pendiente, y por último la zona plana que presenta de 1 a un 3 % de pendiente.

### 3.2.2.- GEOLOGIA

Dentro del área de estudio del Poblado de Santa Anita, se encuentra formaciones de roca de origen ígneo de tipo andesita y toba. Siendo estas rocas productos de erupciones volcánicas

Pasto rhodes (*Chloris gayana*) principalmente, pasto bermuda (*Cynodon dactylon*), pasto guinea (*Panicum maximum*). Dentro de los inducidos encontramos pasto liendria (*Muhlenbergias*, spp.).

En el poblado de Tlajomulco, el tipo de vegetación es variable, por ejemplo encontramos áreas forestales de especies tales como pino (*Pinus michoacana*), encino (*Quercus castanea*) combinados o solos, hay también matorrales que son de vegetación arbustiva con altura variable e inferior de 4 mts. Se mencionan algunas de las especies de ellas: Mezquite (*Prosopis laevigata*) Nopal (*Opuntia* spp) encontramos también algunos pastos como rhodes (*Chloris gayana*) Pasto navajita (*Bouteloua gracilis*) Pasto chino (*Bouclode dactyloides*) y todo tipo de vegetación secundaria herbácea que se desarrolla entre los 1 700 mts. s.n.m.

### 3.2.4.- SUELOS

En Santa Anita en las tierras cultivadas, encontramos tres tipos de suelos feozem, vertisol y regosol.

Feozem.- Estos suelos tienen la característica de tener una capa superficial oscura, suave rica en materia orgánica y nutrientes similares a los suelos de chernozem y una textura arcillosa con una plasticidad ligera.

vertisol.- (Pelico) suelos que se voltean. Son suelos muy

negros o frecuentemente grises, plasticos en humedo. Cuando estan secos son demasiados duros y en muchas ocasiones son salinos, de textura arcillosa con una buena porosidad.

Regosol.- Suelo que cubre la roca. Se caracteriza por presentar capas distintivas que generalmente son claras y se parece bastante a la roca que los subyace presentando textura arenosa, con ligera adhesividad, plasticidad ligera bastante porosa, y constitucion esponjosa.

Tlajomulco se encuentra cubierto por cuatro tipos de suelos, Cambisol, Feozem, Regosol y Vertisol.

Cambisol.- (Del Latin Cambiare). Literalmente suelo que cambia. Presentan en el subsuelo una capa que aparece mas suelo de roca ya que se forman terrones y pueden acumularse algunos materiales tales como: arcilla, carbonato de calcio, etc.

Feozem.- Tierra parda.- Se caracteriza por una capa superficial oscura, suave rica en materia organica y en nutrientes similares a los suelos de chernozems en la capa superficial.

Regosol.- Suelo que cubre la roca. Se caracteriza por presentar capas distintivas, generalmente claras y se parece bastante a la roca que los subyace.

Verticel.- Suelo que se revuelve o se voltear. Son suelos muy arcillosos, frecuentemente negros o grises, son pegajosos cuando son húmedos y muy duros cuando están secos y algunas ocasiones presentan salinidad.

### 3.2.5.- CLIMA

De acuerdo a la clasificación de la coordinación de los servicios nacionales de estadística Geográfica e informática, lo consideran como clima subcálido, subhúmedo en las zonas de estudio tanto en Santa Anita como en Tlajomulco donde presentan las siguientes características climatológicas. Enriqueta García lo clasifica en la Clave CW, C(W)a.

La precipitación media anual esta entre los 800 y 1 000 mm. (milímetros), contando con una temperatura media anual que fluctua entre los 18 y 22°C tiene su mayor precipitación entre los meses de julio y agosto registrando una cifra de 650 (mm.), y a febrero como el mes con menos lluvias registrando una precipitación de 5 (mm.); la temperatura más elevada se presenta en mayo con una media anual que oscila entre los 23 y 24°C y la mínima se presenta en el mes de febrero con una variación de 15 a 16°C.

## 3.2.6.- AGUA

Debido al material formado en el subsuelo en la zona de Santa Anita, son suelos con posibilidades altas de captación de aguas para los mantos freáticos aportados por las precipitaciones pluviales (lluvias).

Santa Anita cuenta con aguas subterráneas siendo aproximadamente del 75 al 80 % del total el agua utilizada para la agricultura. Se encuentran alrededor de unos 150 a 300 pozos profundos para el mismo fin. Sin embargo cuenta con algunas presas y bordos que también son utilizados en la agricultura estos representan de un 15 a un 20 % del total.

En tanto que en la zona de Tlajomulco en algunas áreas del subsuelo se tienen posibilidades bajas de captación de agua y en otras, áreas altas de captación de la misma, esto es debido a la forma de estructura de los suelos que es diferente a la de Santa Anita.

En Tlajomulco cuenta en su mayoría con aguas superficiales siendo aproximadamente el 50 % del total de presas y bordos, en lo que respecta a aguas subterráneas encontramos pocos pozos profundos con un porcentaje aproximado del 15 % del total del agua, correspondiendo aproximadamente al 45 % a agua de temporal.

## IV.- MATERIALES Y METODOS

### 4.1.- MATERIALES DE CAMPO

- Envases de plástico de 2 lts. de capacidad lavados y esterilizados con agua caliente
- Cronometro
- Etiquetas
- Plumón
- Mapas de ubicación de los pozos
- Cámara Fotografica
- Cuaderno de notas

### MATERIALES DE LABORATORIO

- Potenciometro
- Fisseta
- Vasos de precipitados de 80 ml.
- Termometro
- Matraz erlenmeyer de 100 ml.
- Solucion Hidroxido de Amonio  $\text{NH}_4\text{OH}$  (Buffer)
- Indicador Dietil-ditiocarbamato de sodio
- Indicador negro de eriocromo
- Solucion E.O.F.A. 0.0102 N.
- Solucion Hidroxido de Sodio ( $\text{Na}_2\text{OH}$ )
- Murexide
- Flamometro



- Cerillos
- Recipiente de 5 ml.
- Agitador magnetico
- Soluciones valoradas de (Na) sodio
- Soluciones valoradas de (K) potasio
- Fuente de gas
- Fuente de luz
- Indicador de fenolftaleina
- Solución acido sulfúrico valorado ( $H_2SO_4$ ) 0.0105 N.
- Indicador anaranjado de metilo
- Bureta volumetrica
- Indicador dicromato de potasio  $K_2Cr_2O_7$
- Solucion valorada de nitrato de plata  $AgNO_3$  0.136 N
- Vasos de precipitado de 400 ml.
- Pipetas volumetricas de 100, 50 y 10 ml.
- Pipetas graduadas
- Solución de acido bórico
- Plato caliente
- Solucion de ácido sulfúrico 0.02 N. ( $H_2SO_4$ )
- Solucion hidroxido de sodio (Sosa) 0.5 N.
- Solucion hidroxido de sodio (Sosa) 00.0231 N.
- Indicador azul de bromotimol
- Papel metalico
- Charola de aluminio
- Maníbol
- Papel higienico

- Tubos de ensayo
- Fotocolorimetro
- Solución acondicionadora
- Cloruro de bario

#### 4.2.- LOCALIZACION DE LOS POZOS DE ESTUDIO

Las zonas de estudio se localizan a las orillas de los poblados respectivamente. En Santa Anita, se ubican a 4 km. al norte del poblado y cada pozo se encuentra a 250 mts. de distancia con una profundidad aproximadamente 150 mts. cada uno, otros se encuentran a mayor profundidad.

En lo que respecta al poblado de Tlajomulco, los pozos en estudio se localizan al sur del poblado. Estos pozos se encuentran aproximadamente a 5 km. del poblado y cada pozo se encuentra separado uno de otro a 1 km. de distancia con una profundidad de 170 a 200 mts. aproximadamente.

#### 4.3.- TOMA DE MUESTRAS

El muestreo de los pozos se efectuó de la siguiente manera: En época anterior a las lluvias, se realizó el primer muestreo el día 15 de mayo de 1991, muestreándose los siete pozos de la zona de estudio, en recipientes de plástico de 2 lts. previamente lavados y esterilizados con agua caliente. Se tomaron las

muestras para posteriormente realizar sus respectivos análisis en el laboratorio.

En época de lluvias se realizó el segundo muestreo el día 21 de agosto de 1991, se muestrearon de nuevo los mismos siete pozos para realizar los análisis respectivos.

Posterior a las lluvias se realizó el tercer y último muestreo el día 15 de marzo de 1992, tomándose nuevamente muestras de los mismos pozos para concluir con las determinaciones analíticas.

#### MÉTODOS DE DETERMINACION (LABORATORIO)

##### pH (Potencial hidrogeno)

Para la determinación del potencial hidrogeno, de una agua se disponen de dos métodos de determinación, el colorimétrico y el electrométrico, este último se considera como norma oficial mexicana.

Para determinación del (pH) se sugieren las instrucciones del fabricante para la misma calibración del equipo.

El método se fundamenta en que, al poner en contacto dos soluciones de diferente concentración de iones hidrogeno se

establece una fuerza electromotriz. Si una de las soluciones tiene una concentración de iones conocida (pH), por medio de la fuerza electromotriz producida se puede conocer el (pH) de la otra (solución problema) ya que esta fuerza electromotriz es proporcional del (pH) de la solución problema.

Para determinar el pH de la muestra problema se hace lo siguiente:

Introducir el electrodo en la muestra y colocar el botón de encendido en la posición de pH, entonces leer el pH de la muestra esperando alcance el equilibrio, aproximadamente en 30 seg. y para finalizar anotar la lectura. Regresar el botón de encendido a la posición de apagado, y volver a enjuagar el electrodo con agua destilada y mantenerlo sumergido en ella mientras no este funcionando.

El valor de pH se lee directamente en la carátula del potenciómetro, donde cada división sobre la escala de la carátula del aparato debe representar no más de 0.1 unidades de pH de esta manera se prosigue con las demás muestras.

DETERMINACION DE CATIONES TOTALES. ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) Calcio, Magnesio, Sodio y Potasio.

Determinación de Ca y Mg. Este método es llamado Volumétrico su procedimiento es el siguiente:

En matraz erlenmeyer de 125 ml. se agregaron 25 ml. de agua problema mas un mililitro de solución buffer como inhibidor de interferencia mas 6 gotas de indicador de Ditiocarbamato agregando también tres gotas de indicador negro de eriocromo. Se agitó y se titulo con E.D.T.A. 0.0102 N. hasta que cambio de color tinto a azul. Se anota el gasto para posteriormente cuantificarlo por la fórmula general y obtener el resultado en meq/l. (miliequivalentes por litro).

#### Determinación de Ca (Calcio). Metodo Volumétrico.

Procedimiento.- El matraz de 125 ml. se agregó 25 ml. del agua problema. mas un mililitro de hidróxido de sodio (Sosa) (Na OH) 4 N. mas 6 gotas de indicador ditiocarbamato de sodio mas una pequeña cantidad de murexide. se agito y posteriormente se titulo con E.D.T.A. 0.0102 N. hasta que viro (cambio) de color rosa a un color violeta. Se anoto gasto se cuantifico con la fórmula general para obtener resultados en meq/l. (miliequivalentes por litro).

Para determinar  $Mg^{++}$  (Magnesio), se calcula por diferencia con la formula siguiente:

$$\text{meq/l. de } Mg^{++} = \text{meq/l. } Ca^{++} + Mg^{++} - \text{meq/l. } Ca^{++}$$

#### DETERMINACION DE SODIO Y POTASIO

Es necesario previamente elaborar una curva de calibración para la utilización correcta del flamómetro, esto consiste en preparar una solución patrón (solución madre) y a partir de esa solución madre preparar estandares con los que se trabajan con el flamómetro.

Solución patrón de cloruro de sodio (Na Cl) 5 meq/l.

Solución patrón de cloruro de potasio (K Cl) 2.5 meq/l.

En la tabla siguiente se presenta la concentración de los estandares y las concentraciones utilizadas para elaborar curvas de trabajo para sodio y potasio.

Concentración de soluciones estandar y de soluciones utilizadas para elaborar curvas de trabajo para sodio y potasio.

Elemento	Soluciones usadas para elaborar curvas de trabajo
Sodio ( Na )	5, 4.5, 4, 3.5, 3, 2.5, 2, 1.5, 1, 0.8, 0.6, 0.4 y 0.2 mg/l.
Potasio ( K )	2.5, 2, 1.5, 1, y 0.5

Al momento de calibrar el flamometro se toma en cuenta lo siguiente:

Para el elemento que se va a determinar se debe de utilizar el filtro adecuado y las soluciones para calibrarlo.

Posteriormente con sus estándares hacer las lecturas y finalmente, con ellas elaborar la gráfica de trabajo.

Dicha grafica nos relaciona las lecturas de transmitancia correspondientes a las concentraciones de los estándares.

Para la determinación de sodio y potasio en las muestras, basta unicamente con aspirar la muestra problema que nos dará el aparato la transmitancia correspondiente.

Con esta lectura interopolar en la grafica para encontrar la concentracion que le corresponde, como los valores en la grafica estan en meq/l. el resultado de la muestra problema también estara en meq/l.

#### DETERMINACION DE ANIONES TOTALES

CO<sub>3</sub> Carbonatos  
HCO<sub>3</sub> Bicarbonatos  
OH Hidróxidos  
Cl Cloruros  
SO<sub>4</sub> Sulfatos

Se dispone de dos métodos para la determinación del grado de acidez o alcalinidad de una agua, el volumetrico y el potenciométrico; o ambos métodos estan considerados como Norma Oficial Mexicana, se recomienda el primero cuando las muestras sean incoloras, de otro modo emplear el método potenciométrico.

#### METODO VOLUMETRICO

Como fundamento se basa en añadir con exactitud el Volumen necesario de una solución patron, acida o basica, para efectuar una reacción de neutralización en una cantidad desconocida de otra sustancia basica o acida.



Procedimiento.- Se toma un matraz eilenmeyer se agrega una alícuota de 25 ml. de agua problema, más tres gotas de indicador fenolftaleína. si aparece un color rosa indica la presencia de carbonatos  $\text{CO}_3^{2-}$ , entonces titular con ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) 0.0102 N. hasta que desaparezca el color rosa. anotar gasto. agregar a la misma alícuota tres gotas de indicador anaranjado de metilo y continuar la titulación hasta que vire (cambiar) de color amarillo naranja a naranja. anotar gasto para proceder los cálculos con la fórmula general.

$\text{OH}^-$  Hidróxidos - Cabe hacer mención que este anión no existió en ninguna de las muestras problemas.

Encontramos varios métodos usados para la determinación de cloruros:

- Volumetrico
- Con nitrato mercúrico
- Potenciométrico
- Cianoferricianuro
- Argentométrico

Los dos primeros son muy similares en muchos aspectos. la selección de cualquiera de ellos es cuestión de preferencia personal.

El método Argentométrico se usa para análisis de aguas relativamente claras. El método nitrato mercurico tiene la ventaja de que el punto final se pone en evidencia fácilmente.

El método Potenciométrico es más conveniente para aguas muy coloreadas o turbias, además de que puede usarse, sin pretratamiento, para muestras que contengan iones ferricos, (si no están en concentraciones mayores que los cloruros) crómico, fosfatos, ferroso, y otros iones de metales pesados.

El método del ferricianuro es una técnica automatizada.

#### METODO VOLUMETRICO

Procedimiento.- Se toma un matraz erlenmeyer lavado y enjuagado con agua destilada, se pipetea con pipeta volumetrica 25 ml de agua problema, se agregan tres gotas de indicador Dicromato de potasio  $K_2Cr_2O_7$  y titular con nitrato de plata  $AgNO_3$  de normalidad 0.0136 N. hasta que cambie a color rojizo y anotar gasto para determinar el resultado por medio de la formula general.

#### DETERMINACION DE $SO_4$ SULFATOS

La evaluación de contenido de sulfatos en agua para riego y residuales puede realizarse mediante análisis gravimétrico o

turbidimétrico.

Para escoger el método más apropiado debemos basarnos en la concentración de sulfatos en la muestra y en el grado de exactitud que se requiera; no obstante una dilución o concentración de la muestra nos puede llevar hacia la escala de concentración más idónea para cualquier método normal de análisis.

El Método Gravimétrico con ignición del residuo es muy exacto cuando se tienen concentraciones de más de 10 mg  $SO_4$ /l.

El Método Gravimétrico con secado del residuo es muy semejante al anterior. la diferencia principal es que substituye la ignición del residuo a  $800^{\circ}C$  por un secado con la estufa; esta técnica es recomendable cuando no se requiere mucha exactitud.

El Método Turbidimétrico es más rápido y puede evidenciar concentraciones mínimas de 1 mg.  $SO_4$ /l. sin embargo la obtención de buenos resultados dependerá de un gran número de factores, incluyendo la habilidad propia del analista. también se puede determinar el contenido de sulfatos por el método automático.

Antes que nada es necesario preparar una curva de calibración para estimar la concentración de los sulfatos en la muestra. por comparación de la lectura de la turbiedad o

absorbancia con la misma curva de calibración preparada con soluciones patrones (o solución madre) de concentración conocida que se trata de la misma forma que la muestra.

Utilizar soluciones patrones con concentraciones de  $BaSO_4$  de 0 a 40 mg/l. en incrementos de 5 mg/l. A concentraciones mayores de 40 mg/l. la exactitud del método disminuye y las suspensiones de  $BaSO_4$  pierden la estabilidad.

También en los sulfatos es necesario preparar un testigo para corregir el error, causado por el color y la turbiedad de la muestra. además el testigo se trata de igual forma pero sin agregarle el reactivo de cloruro de bario.

#### CONCENTRACIONES REALIZADAS EN LOS ESTANDARES

0 p.p.m. $SO_4$	25 p.p.m. $SO_4$
5 p.p.m.	30 p.p.m.
10 p.p.m.	35 p.p.m.
15 p.p.m.	40 p.p.m.
20 p.p.m.	

Procedimiento.- En un matraz erlenmeyer de 250 ml. verter 100 ml. de muestra o una alícuota de la misma añadir exactamente 5.00 ml. de la solución acondicionadora y mezclar por medio de agitador magnético. mientras se mantiene la agitación agregar una cucharita de 0.2 a 0.3 mg de cristales de cloruro de bario e iniciar el cronometraje de inmediato. agitar durante un minuto a

una velocidad constante.

#### Medición de la turbiedad del BaSO<sub>4</sub>.

Inmediatamente despues de haber finalizado el minuto de agitacion se vierte una porción de la solución a la celda del fotometro y se mide la turbiedad. a intervalos de 30 segundos durante 4 minutos.

Como la turbiedad maxima se obtiene durante los primeros minutos y permanece constante durante 3 a 10 minutos, considerase la turbiedad la maxima lectura en el lapso de cuatro minutos.

Si se utiliza un espectrofotometro o colorimetro se tendra que medir la absorvancia a 420 nm. contra un testigo de agua destilada que se sometio al mismo tratamiento que la muestra. Posteriormente con una formula se obtendra los sulfatos en p.p.m. (partes por millon).

$$X = \text{ABS} + 0.058$$

$$0.0091$$

$$\text{p.p.m.} = \text{mg/l}$$

## DETERMINACION DE BORO

Los metodos mas comunes para la determinación de Boro en agua son las siguientes:

- a) Metodo de la curcumina que determina hasta 0.2 mg/l. de boro, su sensibilidad optima con muestra sin dividir es de 0.1 Mg/l. a 1.0 Mg/l. de boro.
- b) Metodo de acido carminico el cual determina boro en concentraciones de 1.0 mg/l. este limite puede aplicarse si se diluye la muestra en agua destilada excenta de boro.
- c) Metodo potenciométrico, que se considera como Norma Oficial Mexicana.

Procedimiento.- Primeramente se prepara un testigo (primer vaso), se agrega 250 ml. de agua destilada a un vaso de 400 ml. mas 5 gotas de azul de bromotimol. posteriormente se calienta en un plato a punto de ebullicion y se agita despacio, para despues agitarlo energicamente, se agrega acido sulfurico 1 N, el color azul pasa a un amarillo, se tapa con papel metalico y se deja enfriar.

Se prepara un segundo vaso, muestra con ácido bórico, este nos sirve para calcular la normalidad actual de la sosa que se utiliza para las muestras problemas.

10 ml. de ácido bórico + 240 ml. de agua destilada, mas cinco gotas de indicador azul de bromotimol para que aparezca una tonalidad azul marino, en seguida agregar ácido sulfúrico hasta que cambie a color amarillo más un ligero exceso del mismo ácido sulfúrico 1 N., se calienta hasta ebullición agitándolo energicamente para eliminar el  $\text{CO}_2$  presente, se tapa con papel metálico y dejarlo enfriar.

Se prepara un tercer vaso con muestra problema, 250 ml. de agua problema mas cinco gotas de indicador azul de bromotimol, despues adregar ácido sulfúrico, 1 N, hasta que cambia de color azul a amarillo, mas un ligero exceso, se calienta en un plato a punto de ebullición agitándolo energicamente para eliminar el  $\text{CO}_2$  se tapa con papel metálico y se deja enfriar; posteriormente se prosigue a la calibración del potenciómetro.

Ajustar el potenciómetro a un pH de 7 con una solución buffer (amortiguadora normal), despues anjuagar cuidadosamente los electrodos con agua, secarlos con papel de textura fina, ya calibrado el potenciómetro y preparados los vasos 1, 2, y 3, se hace lo siguiente:

Se hace lectura a los tres vasos uno por uno, si observamos que la Aguja se va al rango acido, agregar sosa 0.5 N hasta llevar a pH aproximadamente a seis y luego continuamos agregando sosa de 0.0231 N, y dejarlo lo más cercano a pH siete, en dado caso que nos basemos agregar acido para ajustarlo a lo más cercano pH 7, de nuevo o viceversa. Ya ajustado a pH siete, agregar los 5 grs. de manitol, la acidez que se desarrolla es la equivalencia del acido bórico y la cantidad de sosa 0.0231 gastada es necesaria para neutralizarlo y al final anotar el gasto, para posteriormente determinar el contenido de boro por la formula general: de esta manera se continúa con las demas muestras problemas.



## V.- RESULTADOS Y DISCUSION

### PH (POTENCIAL HIDROGENO)

Esta determinación nos indica el grado de acidez o alcalinidad del agua el cual nos sirve de referencia para los demás índices, en época de lluvias (segundo muestreo) los valores fueron los más bajos como se muestra en la Gráfica No. 1 del apéndice.

### C.E. (CONDUCTIVIDAD ELECTRICA)

La salinidad efectiva y la salinidad potencial, el manual de Distrito de Riego las toma en cuenta a parte de la conductividad eléctrica y las clasifica de la siguiente manera:

Los pozos 1, 2, 3 y 4 son de buena calidad, por lo que no se tiene problema de salinización que pudiera afectar al suelo, porque el índice que ellos manejan para agua de buena calidad está entre 100 a 200 micromhos, como se puede observar en la Gráfica No. 2 del apéndice. Los cuatro primeros pozos no rebasan el índice máximo que es de 250 micromhos, inclusive en los tres muestreos. Esto se aprecia en los cuadros del apéndice.

En tanto que los pozos 5, 6 y 7 en los tres muestreos su conductividad es más alta por lo cual la clasifican como regular

porque se encuentran en el rango de 200 a 500 micromhos. Estos valores nos indican que estas aguas podran producir salinidad al suelo con el transcurso del tiempo.

Debe señalarse que todos los pozos en épocas de lluvias (segundo muestreo), son inferiores al primer y tercer muestreo, a excepción del pozo No. 6 que sobresale con una conductividad más alta donde se cree que es debido a un arrastre de sales del subsuelo como se observa en la Gráfica No. 2 del apéndice. Observar los cuadros citados anteriormente.

#### MAGNESIO, SODIO Y POTASIO ( $Mg^{++}$ , $Na^+$ y $K^+$ )

El índice de magnesio es tomado en cuenta para clasificar el agua de riego. Pizarro lo señala como índice importante. En el muestreo No. 1 que es donde se obtuvo mayor concentración de sales, los pozos 1, 5 y 6 las aguas rebasan el índice de tolerancia, que viene siendo un 50 % y estos pozos lo rebasan, por lo cual se deben tomar medidas de prevención para poderlas utilizar con fines de riego.

En tanto que en el muestreo No. 2 y No. 3 no se tiene problema con este índice y se puede utilizar con toda confianza para riego. Observar Gráfica No. 4 del apéndice.

## IRAS) RELACION DE ABSORCION DE SODIO

Esta relacion toma en cuenta al cation sodio y es sumamente importante para la clasificación de las aguas.

El Laboratorio de los Estados Unidos, las clasifica de la siguiente manera:

En los muestreos 1, 2 y 3 no se encontró problema alguno en ninguno de los pozos, ya que sus valores maximos fueron de 6 meq/l. (millequivalentes por litro), además sus índices mínimos estan sobre 12 meq/l. por este motivo puede utilizarse para riego por su excelente calidad.

Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> Res. (CARBONATO DE SODIO RESIDUAL)

El manual de Distrito de Riego nos señala que este índice es importante para la clasificación de las aguas de riego tomando en cuenta al sodio.

En lo referente a este índice los pozos 1, 2, 3, y 4 en los tres muestreos no hay formación de Carbonato de Sodio Residual, en tanto que en los pozos 5, 6 y 7 si hay formación de Carbonato de Sodio Residual y son consideradas como aguas marginales porque rebasan el valor del índice propuesto en el manual de Distrito de Riego, que equivale a 1.25 meq/l. por lo tanto se consideran

aguas que afectan al suelo provocando sodificación al mismo.

Como se puede observar en la Grafica No. 12 del apendice, se muestran claramente los valores mas altos y son en los pozos 5, 6 y 7 en los tres muestreos, así tambien se puede observar en los Cuadros del apendice.

#### PORCIENTO DE SODIO POSIBLE

Nuevamente el manual de Distrito de Riego lo toma en cuenta como indice importante para la clasificacion de aguas de riego, y tomando sus valores de clasificacion con respecto a este indice no presentan problema alguno en los pozos en ninguno de los tres muestreos, por sus valores tan bajos comparados con el indice mínimo de tolerancia.

#### IONES TOXICOS

BORO.- Este indice es tomado en cuenta por todos los autores, especialmente el Personal de Laboratorio de los Estados Unidos.

Los pozos del muestreo No. 1 (anterior a las lluvias) que es donde se tienen los valores mas altos, son aceptables para utilizaria con fines de riego, en tanto que los muestreos No. 2 y No. 3 son de excelente calidad por sus valores mas bajos como se

observa en la Gráfica No. 13 del apéndice, cabe hacer mención aunque son buenos los valores del muestreo No. 1 es necesario tomar en cuenta al suelo que se aplica y al cultivo que se riega.

#### ION CLORO

Índice de cloro propuesto por el manual de distrito de riego por el Ing. Palacios y por Grillot, lo toman como índice importante para la clasificación de las aguas de riego.

En los tres muestreos quedan clasificada como agua de excelente calidad. El valor del índice que ellos manejan es de 0,7 meq/l. como se observa en la Gráfica No. 8 del apéndice. Su valor máximo es de 0,5 meq/l. en el primer muestreo. En tanto que en los muestreos No. 2 y No. 3 son valores inferiores.

## VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El agua del Pozo No. 1, fue clasificada como C, S. Tiene problemas con el índice de magnesio. En cuanto al RAS no existe problema de sodificación al igual que con el C.S.R., por lo que respecta al boro y al cloro, no se tiene problema alguno. Por lo tanto para el empleo del agua de este pozo, se recomienda hacer aportaciones de calcio en forma de yeso para disminuir el índice de magnesio.

El agua del Pozo No. 2, fue clasificada como C, S, no hay problema de magnesio. Se encuentran en condiciones optimas con respecto a los índices del R.A.S. y C.S.R., considerese de excelente calidad respecto a los iones toxicos boro y cloro.

Sin embargo se recomienda que se hagan analisis cada año para cuidar su calidad y tenerla en control por si se presentara alguna contaminación con respecto a la calidad de la misma.

El agua del Pozo No. 3, fue clasificada como C, S, no hay problema con el índice de magnesio ( $Mg^{++}$ ), así como también del R.A.S. y C.S.R. Se encuentran en condiciones optimas para el riego. En lo que respecta a los índices de boro y cloro no hay problema alguno. Aun así se recomienda hacer analisis cada año para el control de su calidad.

El agua del Pozo No. 4. se comporta de la misma manera que el Pozo No. 3 obteniendose los mismos resultados.

El agua del Pozo No. 5. fue clasificado C<sub>2</sub>S. no se tiene problema con el indice de magnesio. El RAS se encuentra en excelente condición. en lo que respecta al C.S.R. este presenta problemas serios. ya que el uso de esta agua para riego provocara sodificación al suelo con el transcurso del tiempo. En los indices de boro y cloro no se tuvo problema alguno.

Por lo tanto el empleo de esta agua es más restringida en su uso. es necesario mezclarla con agua de mejor calidad para contrarrestar la conductividad electrica y de esa misma forma bajar el indice de C.S.R., asi como tambien la aplicacion de calcio ya sea en forma de yeso y otro mejorador. Ademas, se recomienda utilizar esta agua en aquellos suelos que tengan problemas de acidez, siendo necesario analizar a esta agua cuando menos cada 6 meses para llevar un control de calidad.

El agua del Pozo No. 6. fue clasificada de la misma manera que el agua del Pozo No. 5 y con sus mismas recomendaciones. ya que presentan los mismos problemas.

El agua del Pozo No. 7. fue clasificada como C<sub>2</sub>S. no presenta problemas con el indice de magnesio (Mg). al igual que con el R.A.S.

El índice de C.S.F. tiene graves problemas por los valores tan altos que presentó. También presenta el riesgo de sodificar al suelo. En lo que respecta a los índices de boro y cloro no se tiene problema alguno. Por lo tanto el uso de esta agua para riego estará restringida teniendo la necesidad de mezclarla con otras de mejor calidad para contrarrestar su contenido de sales. También deberá realizarse algunas prácticas culturales directamente al suelo como son: subsolar profundo, abrir algunos drenes e inclusive aplicar mejoradores químicos tanto al suelo como a la misma agua.

Es recomendable utilizarla para riego en aquellos suelos que tengan problemas de acidez, además es necesario al igual que el Pozo No. 5, realizar análisis cuando menos cada 6 meses para llevar un control de su calidad.

Cabe hacer mención que el uso de las aguas para riego en el primer muestreo (antes de las lluvias) deben tener un manejo adecuado, ya que en los pozos de la zona de Tlajomulco en esta época presentan problemas que limitan su uso; en cambio en la zona de Santa Anita se deberán tomar en cuenta estas recomendaciones para el uso del agua del Pozo No. 1.



## RESULTADOS:

## POZO No. 1

	MUESTREO 1	MUESTREO 2	MUESTREO 3
pH	7.6	6.7	7.3
C.E.	150 micromhos	140 micromhos	150 micromhos
C.T.	0.1224 meq/l.	0.0816 meq/l.	
Ca + Mg	0.1224 meq/l.	0.0816 meq/l.	0.285 meq/l.
Na Sol.	1.26 meq/l.	1.15 meq/l.	1.20 meq/l.
C. T.	1.38 meq/l.	1.23 meq/l.	1.48 meq/l.
CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.00 meq/l.	0.00 meq/l.	0.00 meq/l.
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1.26 meq/l.	1.13 meq/l.	1.26 meq/l.
Cl <sup>-</sup>	0.163 meq/l.	0.380 meq/l.	0.163 meq/l.
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	0.15 meq/l.	0.15 meq/l.	0.15 meq/l.
A. T.	1.57 meq/l.	1.66 meq/l.	1.57 meq/l.
R.A.S.	5.1 meq/l.	5.7 meq/l.	3.2 meq/l.
CLASIF.	C5, meq/l.	C5 meq/l.	C5, meq/l.
C.S.R.	1.4 meq/l.	1.05 meq/l.	0.98 meq/l.
Boro	1.3 p.p.m.	0.45 p.p.m.	0.09 p.p.m.

## RESULTADOS:

POZO No. 2

	MUESTREO 1	MUESTREO 2	MUESTREO 3
PH	7.4	6.2	7.2
C.E.	150 micromhos	140 micromhos	150 micromhos
C. T.	1.50 meq/l.	1.40 meq/l.	1.60 meq/l.
Ca + Mg	0.081 meq/l.	0.081 meq/l.	0.163 meq/l.
Na Sol.	1.21 meq/l.	1.15 meq/l.	1.18 meq/l.
C. T.	1.29 meq/l.	1.23 meq/l.	1.34 meq/l.
CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.00 meq/l.	0.00 meq/l.	0.00 meq/l.
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1.05 meq/l.	1.09 meq/l.	1.34 meq/l.
Cl <sup>-</sup>	0.544 meq/l.	0.272 meq/l.	0.217 meq/l.
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	0.15 meq/l.	0.15 meq/l.	0.15 meq/l.
A. T.	1.74 meq/l.	1.51 meq/l.	1.707 meq/l.
R.A.S.	6.7 meq/l.	5.7 meq/l.	4.17 meq/l.
CLASIF.	CS, meq/l.	C,S meq/l.	C,S, meq/l.
C.S.R.	0.97 meq/l.	1.02 meq/l.	1.17 meq/l.
Boro	1.19 p.p.m.	0.17 p.p.m.	0.18 p.p.m.

## RESULTADOS:

POZO No. 3

	MUESTRO 1	MUESTRO 2	MUESTRO 3
PH	7.5	6.3	7.1
C.E.	155 micromhos	140 micromhos	140 micromhos
C.T.	1.55 meq/l.	1.40 meq/l.	1.40 meq/l.
Ca + Mg	0.122 meq/l.	0.102 meq/l.	0.163 meq/l.
Na Sol.	1.25 meq/l.	1.15 meq/l.	1.18 meq/l.
C. T.	1.37 meq/l.	1.25 meq/l.	1.34 meq/l.
CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.00 meq/l.	0.00 meq/l.	0.00 meq/l.
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1.17 meq/l.	1.15 meq/l.	1.34 meq/l.
Cl <sup>-</sup>	0.326 meq/l.	0.272 meq/l.	0.163 meq/l.
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	0.15 meq/l.	0.15 meq/l.	0.15 meq/l.
A. T.	1.64 meq/l.	1.57 meq/l.	1.65 meq/l.
R.A.S.	5.1 meq/l.	5.2 meq/l.	4.1 meq/l.
CLASIF.	C.S. meq/l.	C.S. meq/l.	C.S. meq/l.
C.S.R.	1.05 meq/l.	1.0 meq/l.	1.17 meq/l.
Boro	1.31 p.p.m.	0.17 p.p.m.	0.18 p.p.m.

## RESULTADOS:

POZO No. 4

	MUESTRO 1	MUESTRO 2	MUESTRO 3
pH	7.8	6.9	7.4
D.E.	145 micromhos	145 micromhos	140 micromhos
D.T.	1.45 meq/l.	1.45 meq/l.	1.40 meq/l.
Ca + Mg	0.122 meq/l.	0.122 meq/l.	0.163 meq/l.
Na Sol.	1.21 meq/l.	1.22 meq/l.	1.12 meq/l.
C. T.	1.32 meq/l.	1.34 meq/l.	1.28 meq/l.
CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.00 meq/l.	0.00 meq/l.	0.00 meq/l.
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1.09 meq/l.	1.13 meq/l.	1.21 meq/l.
Cl <sup>-</sup>	0.28 meq/l.	0.326 meq/l.	0.275 meq/l.
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	0.15 meq/l.	0.15 meq/l.	0.14 meq/l.
A. T.	1.52 meq/l.	1.50 meq/l.	1.62 meq/l.
R. A. S.	4.9 meq/l.	5.08 meq/l.	3.96 meq/l.
CLASIF.	CS <sub>1</sub> meq/l.	C <sub>1</sub> S meq/l.	C <sub>1</sub> S meq/l.
D. S. R.	1.97 meq/l.	1.0 meq/l.	1.05 meq/l.
Boro	0.47 p.p.m.	0.17 p.p.m.	0.09 p.p.m.

## RESULTADOS:

POZO No. 5

	MUESTREO 1	MUESTREO 2	MUESTREO 3
pH	7.5	6.5	7.2
C.E.	270 micromhos	250 micromhos	260 micromhos
C. T.	2.70 meq/l.	2.50 meq/l.	2.60 meq/l.
Ca + Mg	0.693 meq/l.	0.693 meq/l.	0.734 meq/l.
Na Sol.	1.45 meq/l.	1.38 meq/l.	1.41 meq/l.
C. T.	2.14 meq/l.	2.07 meq/l.	2.14 meq/l.
CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.00 meq/l.	0.00 meq/l.	0.00 meq/l.
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2.64 meq/l.	2.85 meq/l.	2.98 meq/l.
Cl <sup>-</sup>	0.290 meq/l.	0.380 meq/l.	0.275 meq/l.
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	0.15 meq/l.	0.15 meq/l.	0.14 meq/l.
A. T.	3.08 meq/l.	3.38 meq/l.	3.39 meq/l.
R.A.S.	2.4 meq/l.	2.3 meq/l.	2.3 meq/l.
CLASIF.	C.S meq/l.	C.S meq/l.	C.S meq/l.
C.S.R.	1.95 meq/l.	2.16 meq/l.	2.25 meq/l.
Boro	1.35 p.p.m.	0.34 p.p.m.	0.00 p.p.m.

## RESULTADOS:

POZO No. 6

	MUESTRO 1	MUESTRO 2	MUESTRO 3
pH	7.4	8.4	7.2
C.E.	270 micromhos	300 micromhos	250 micromhos
C.T.	2.70 meq/l.	3.00 meq/l.	2.50 meq/l.
Ca + Mg	0.979 meq/l.	0.51 meq/l.	0.734 meq/l.
Na Sol.	1.45 meq/l.	2.0 meq/l.	1.29 meq/l.
C. T.	2.42 meq/l.	2.51 meq/l.	2.02 meq/l.
CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.00 meq/l.	0.00 meq/l.	0.00 meq/l.
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2.68 meq/l.	2.85 meq/l.	2.73 meq/l.
Cl <sup>-</sup>	0.217 meq/l.	0.326 meq/l.	0.217 meq/l.
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	0.15 meq/l.	0.15 meq/l.	0.15 meq/l.
A. T.	3.04 meq/l.	3.22 meq/l.	3.09 meq/l.
K.A.S.	2.08 meq/l.	4.0 meq/l.	2.13 meq/l.
CLASIF.	C5 meq/l.	C5 meq/l.	C5 meq/l.
C.S.R.	1.71 meq/l.	2.54 meq/l.	2.0 meq/l.
Boro	0.23 p.p.m.	0.34 p.p.m.	0.45 p.p.m.

## RESULTADOS:

POZO No. 7

	MUESTREO 1	MUESTREO 2	MUESTREO 3
pH	7.9	6.4	7.4
C.E.	270 micromhos	240 micromhos	260 micromhos
C.T.	2.70 meq/l.	2.40 meq/l.	2.60 meq/l.
Ca + Mg	0.652 meq/l.	0.652 meq/l.	0.734 meq/l.
Na Sol.	1.44 meq/l.	1.13 meq/l.	1.59 meq/l.
C. T.	2.09 meq/l.	1.78 meq/l.	2.32 meq/l.
CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.00 meq/l.	0.00 meq/l.	0.00 meq/l.
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2.52 meq/l.	2.35 meq/l.	3.02 meq/l.
Cl <sup>-</sup>	0.350 meq/l.	0.326 meq/l.	0.163 meq/l.
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	0.15 meq/l.	0.15 meq/l.	0.14 meq/l.
A. T.	3.02 meq/l.	3.82 meq/l.	3.32 meq/l.
R.A.S.	2.52 meq/l.	1.98 meq/l.	2.63 meq/l.
CLASIF.	C.S. meq/l.	C.S. meq/l.	C.S. meq/l.
C.S.P.	1.87 meq/l.	1.70 meq/l.	2.29 meq/l.
Boro	0.17 p.p.m.	0.34 p.p.m.	0.18 p.p.m.

## LISTA DE REFERENCIAS

- 1.- R. WATY MARGARITA. (1989). Quimica Analitica. Ed. Alhambra. Mexico. Pags. 145, 155, 513 y 514.
- 2.- BRESTIEN L. (1975). Affects of Salinity and sodicity on plant growth. Annu Rev. Plant physiology U.S.A. Pags. (Capitulo 13. 295 y 312).
- 3.- CENTRO REGIONAL DE AGUA TECNICA. (1963). Aguas y aguas de desecno. Mexico. Pags. 123 - 130.
- 4.- D. CRISTIAN GARY. (1988). Quimica Analitica. Ed. Limusa. Mexico. Pags. 93, 112, 443, 495 y 498.
- 5.- D. ZIMERMAN JOSEF. (1979). El Riego. Mexico. Pags. 63, 64 y 66.
- 6.- D. DROZCO FERNANDO. (1961). Analisis Quimico Cuantitativo. Mexico. Pags. 18, 19, 146 y 147.
- 7.- DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DE WASHINGTON. (1966). El Agua. Mexico. Pags. 348, 349 y 350.
- 8.- DE CHAPMAN HOMER y F. PRATT PARKER. (1976). Metodos de Analisis para Suelos, Plantas y Aguas. Ed. Trillas.



Mexico. Pags. 132, 133 y 134.

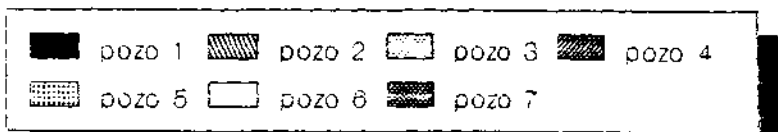
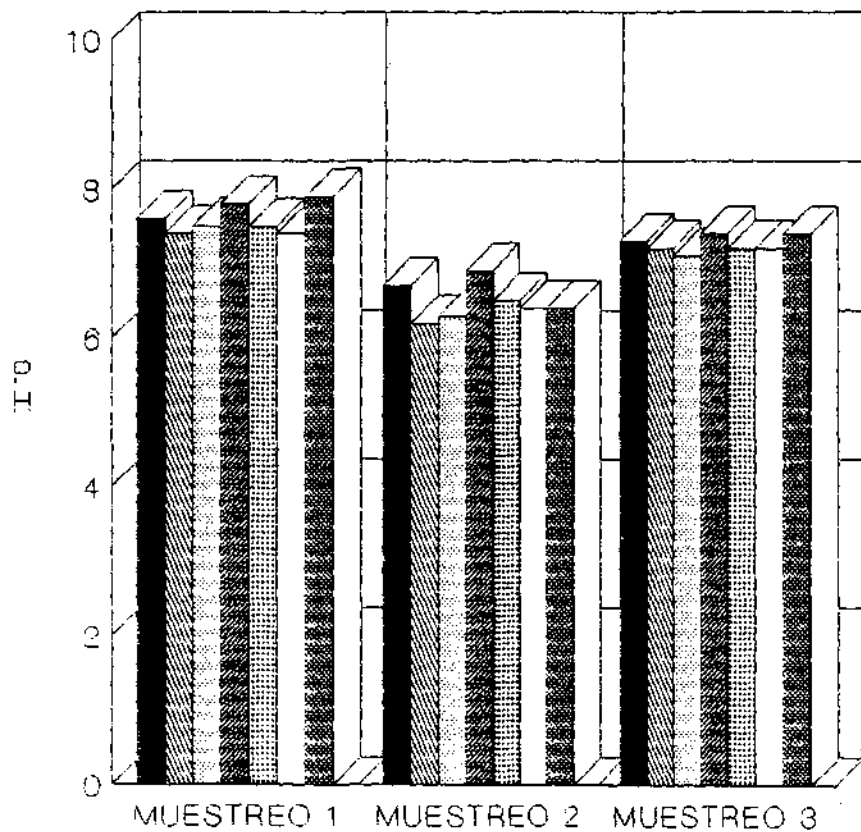
- 9.- GARCIA ENRIQUETA. (1981). Modificaciones al Sistema de Modificación Climática de Koopen (Para adaptarlo a las condiciones climáticas de la República Mexicana). Mexico. Pags. 36, 37, 38 y 101.
- 10.- JUAREZ CLEMENTE Y ROCHIN LEMUS CARLOS. (1976). Manual de Química Aplicada. México. Pags. 31, 32 y 33.
- 11.- OPERACION DE DISTRITOS DE RIEGO A NIVEL TECNICO SUPERIOR CENTRO DE CAPTACION BENITO JUAREZ. (1980). Tomo II Ingeniería de Riego y Drenaje. Mexico. Pags. 251 - 293.
- 12.- PIZARRO FERNANDO. (1978). Drenaje Agrícola y Recuperación de Suelos Salinos. Ed. Porrúa. Madrid, España. Pags. 113 - 121.
- 13.- PERSONAL DE LABORATORIO DE SALINIDAD DE ESTADOS UNIDOS. (1980). Diagnostico y Rehabilitación de Suelos Salinos Sódicos. Ed. Limusa. Mexico. Pags. 75 - 78.
- 14.- SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO COORDINACION GENERAL DE LOS SERVICIOS GENERALES DE ESTADISTICA GEOGRAFICA E INFORMATICA. (1981). Síntesis Geográfica de Jalisco. Mexico. Pags. 208 - 235.

- 15.- UNIVERSIDAD AUTONOMA DE CHAPINGO - DEPARTAMENTO DE IRRIGACION. (1987). Geohidrología. México. Pags. 156 - 159.
- 16.- WILLARD H. HOBART y MERRIT L. LYNNE. (1965). Metodos Instrumentales de Análisis. Ed. Continental. México. Pags. 109, 119, 167 y 257.

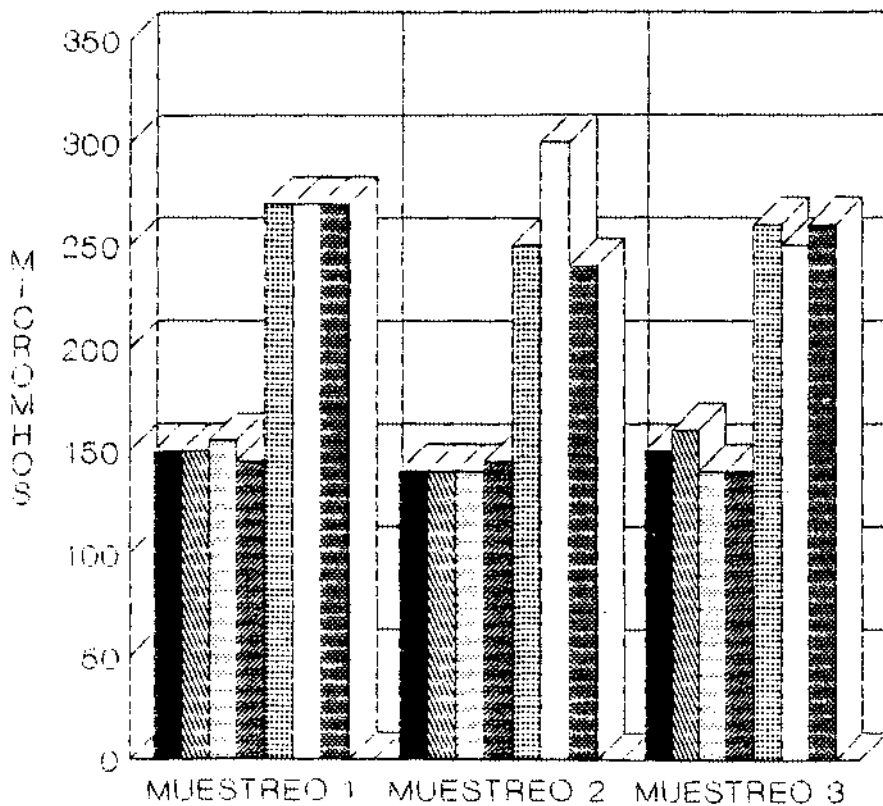
## VIII.- APENDICE

- GRAFICA 1. VALORES DE pH
- GRAFICA 2. CONDUCTIVIDAD ELECTRICA
- GRAFICA 3. CATIONES TOTALES
- GRAFICA 4. CONCENTRACION DE CALCIO Y MAGNESIO
- GRAFICA 5. CONCENTRACION DE SODIO SOLUBLE
- GRAFICA 6. CATIONES TOTALES
- GRAFICA 7. CONCENTRACION DE BICARBONATOS
- GRAFICA 8. CONCENTRACION DE CLORUROS
- GRAFICA 9. CONCENTRACION DE SULFATOS
- GRAFICA 10. ANIONES TOTALES
- GRAFICA 11. RELACION DE ADSORCION DE SODIO
- GRAFICA 12. CARBONATO DE SODIO RESIDUAL
- GRAFICA 13. CONTENIDO DE BORO

# GRAFICA 1 VALORES DE PH

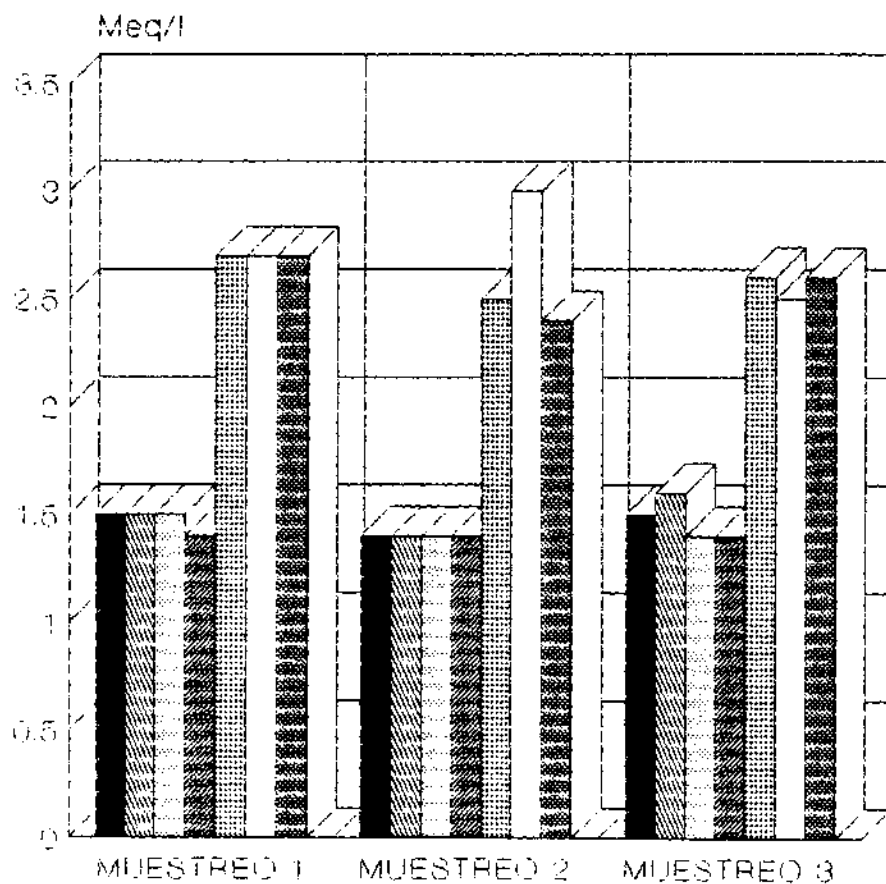


## GRAFICA 2 CONDUCTIVIDAD ELECTRICA



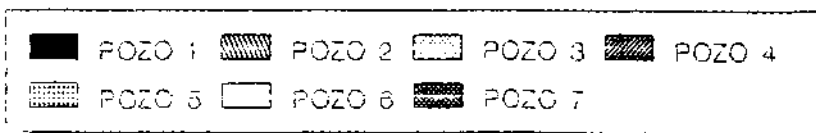
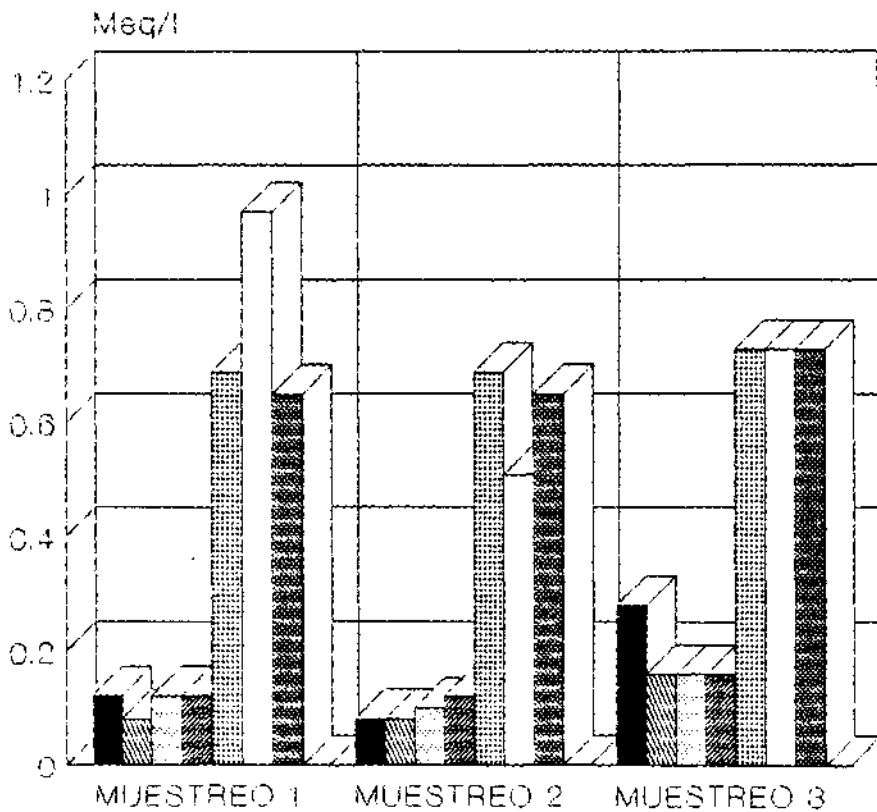
	POZO 1		POZO 2		POZO 3		POZO 4
	POZO 5		POZO 6		POZO 7		

# GRAFICA 3 CATIONES TOTALES

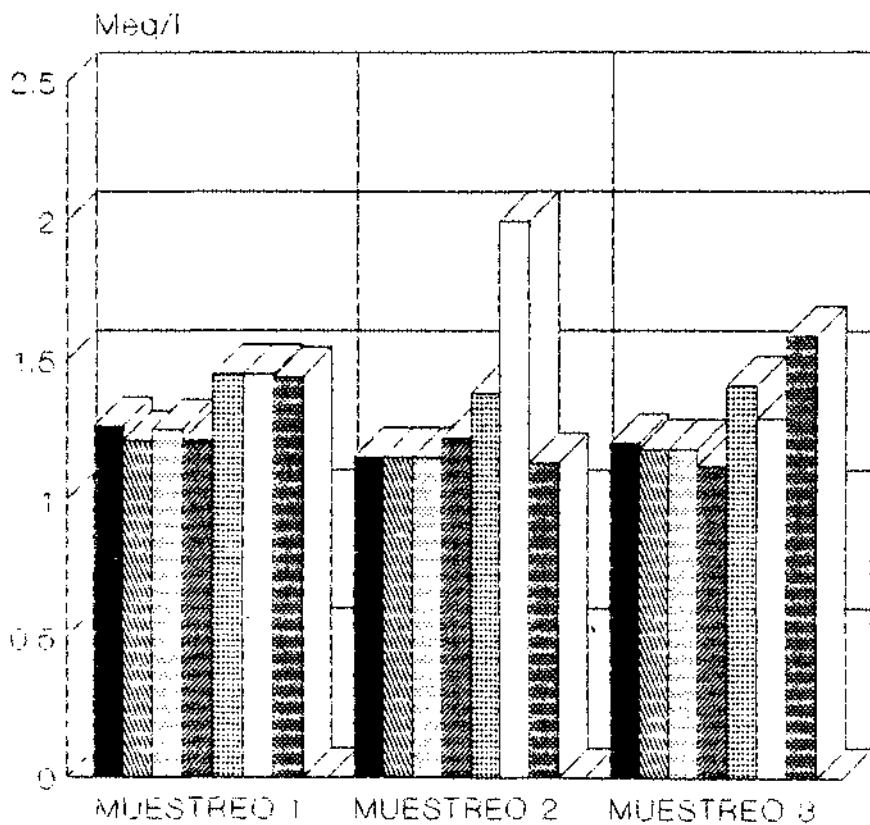


POZO 1 POZO 2 POZO 3 POZO 4  
POZO 5 POZO 6 POZO 7

# GRAFICA 4 CONCENTRACION DE Ca+Mg



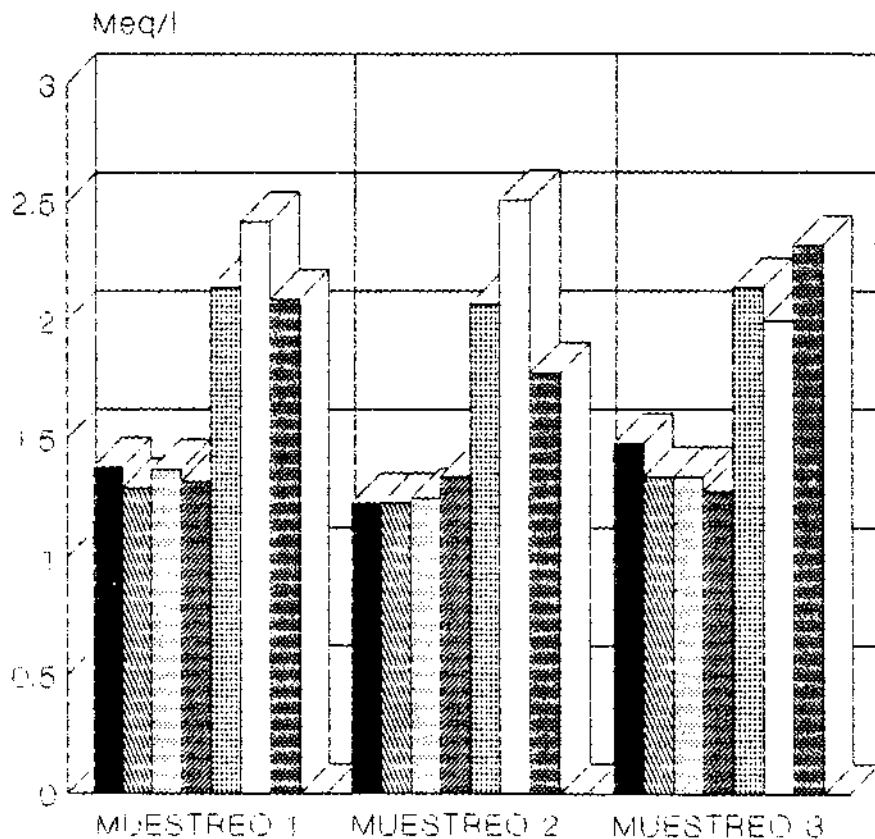
# GRAFICA 5 CONCENTRACION DE SODIO SOLUBLE



POZO 1	POZO 2	POZO 3	POZO 4
POZO 5	POZO 6	POZO 7	

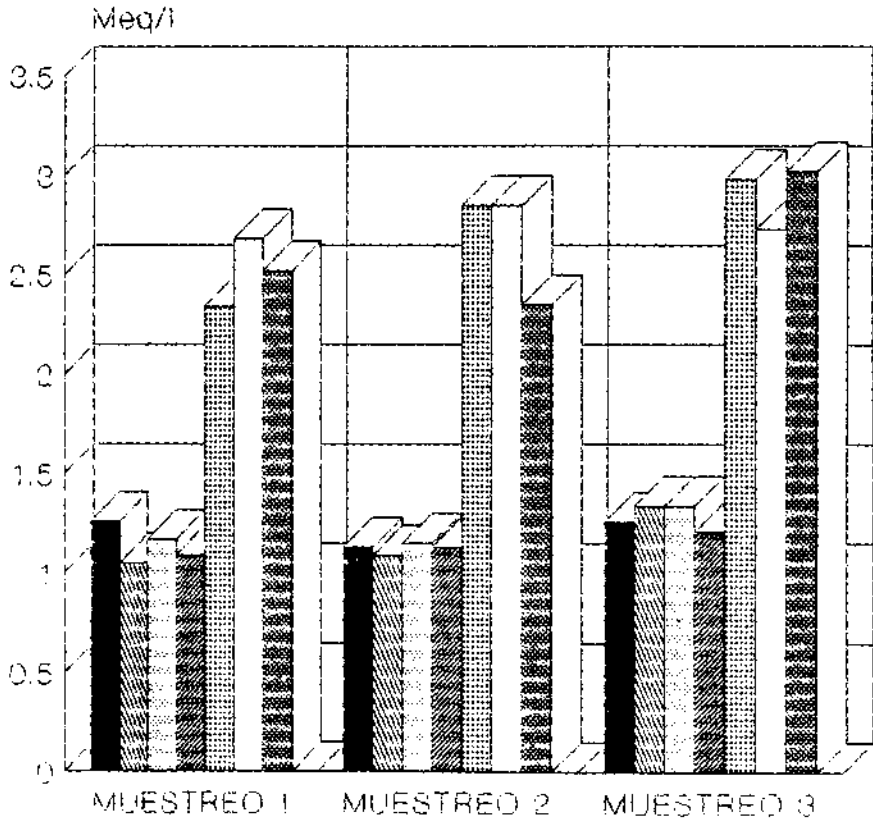


# GRAFICA 6 CATIONES TOTALES (Ca+Mg+Na sol.)

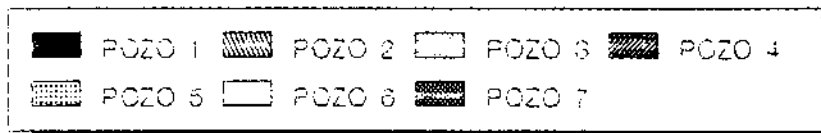
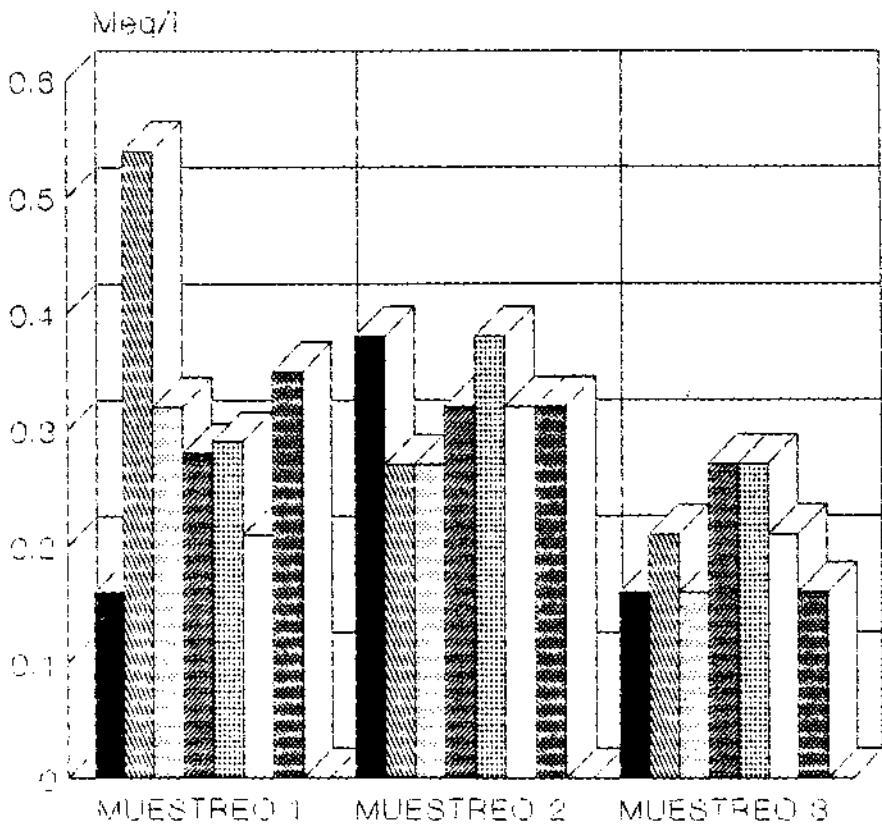


POZO 1   
  POZO 2   
  POZO 3   
  POZO 4  
 POZO 5   
  POZO 6   
  POZO 7

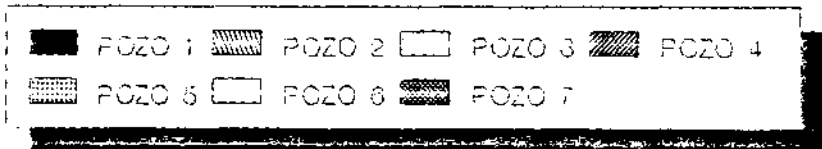
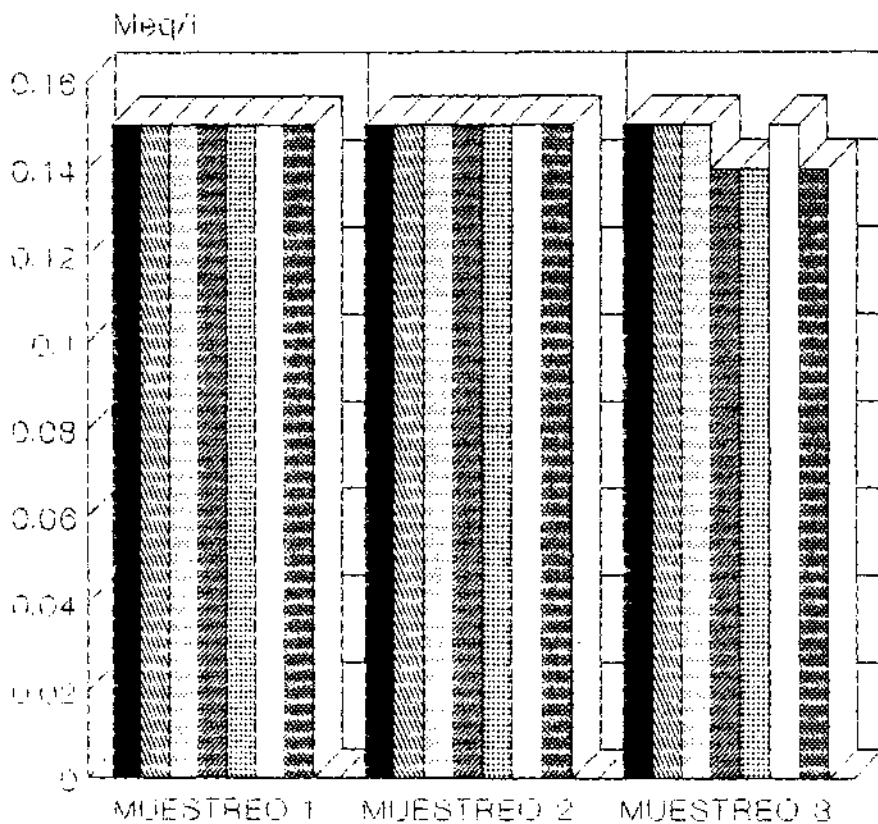
# GRAFICA 7 CONCENTRACION DE BICARBONATOS



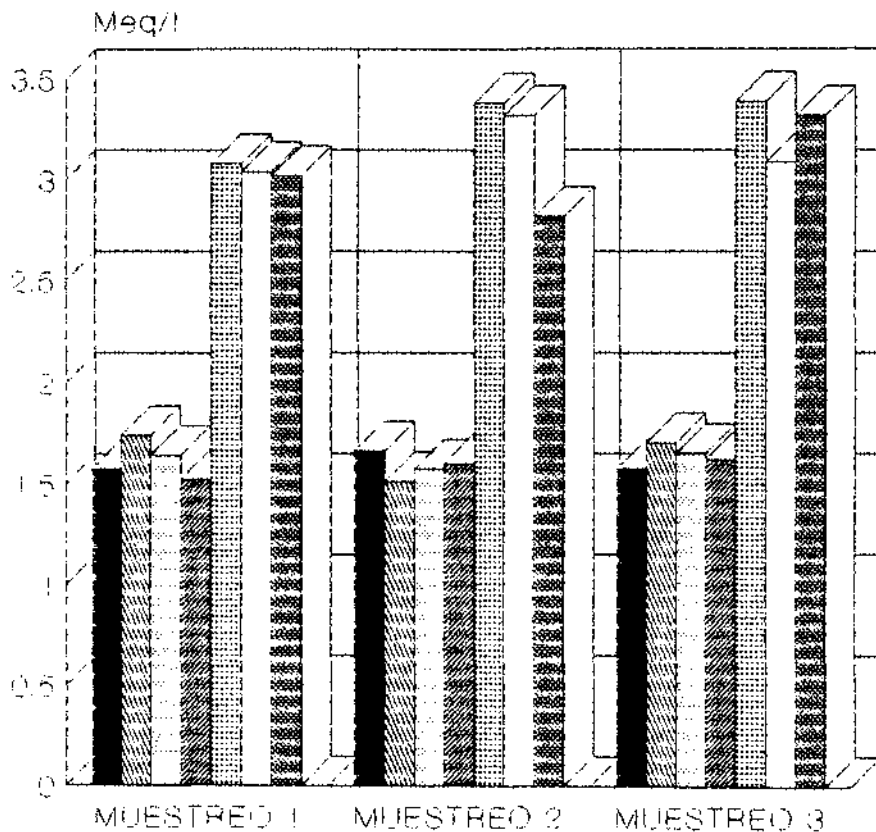
# GRAFICA 8 CONCENTRACION DE CLORUROS



# GRAFICA 9 CONCENTRACION DE SULFATOS

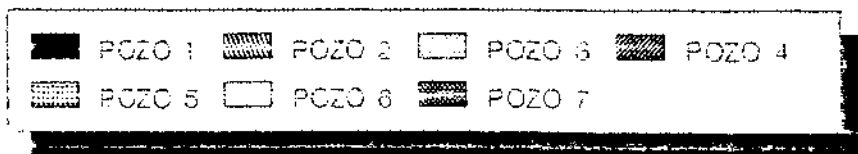
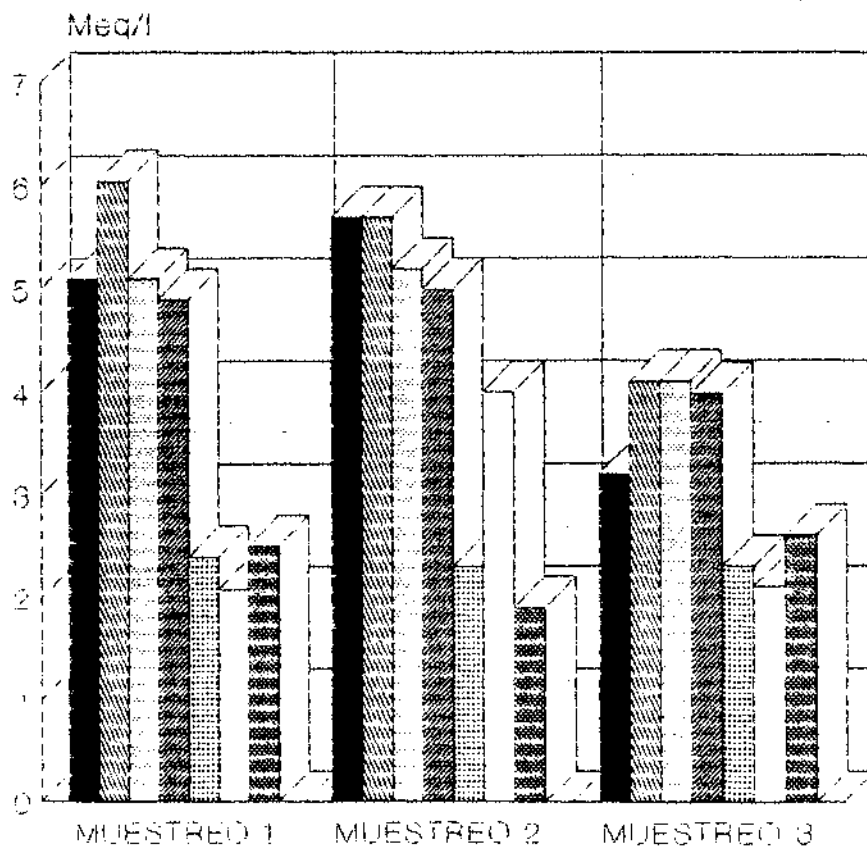


# GRAFICA 10 ANIONES TOTALES (Bicarbonatos, Cloruros, Sulfatos)

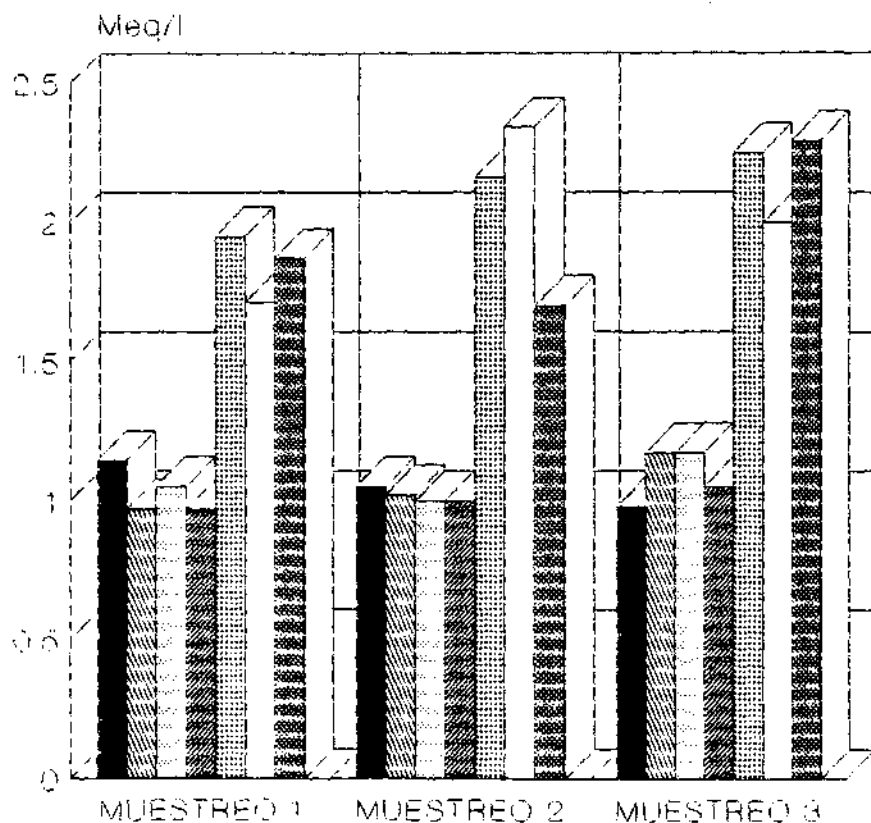


■ POZO 1    ▨ POZO 2    □ POZO 3    ▩ POZO 4  
 ▤ POZO 5    □ POZO 6    ▦ POZO 7

# GRAFICA 11 RELACION DE ADSORCION DE SODIO



# GRAFICA 12 CARBONATO DE SODIO RESIDUAL



■ POZO 1    ▨ POZO 2    □ POZO 3    ▩ POZO 4  
 ▤ POZO 5    □ POZO 6    ▩ POZO 7

### GRAFICA 13 CONTENIDO DE BORO

