

Al QJ. Enrique Díaz de León S.

Con estimación y aprecio
a mi maestro de quien siempre
he recibido apoyo e impulso
durante mi carrera profesional

Marina Méndez P.

26 de feb 76

SISTEMA DE BIBLIOTECAS
Instituto de Investigación de Zonas
Desérticas. UASLP

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI
ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS

EX-LIBRIS



Composición Química y Clasificación del
Agua de Riego y el Suelo Agrícola
cultivado con Alfalfa

SISTEMA DE
BIBLIOTECAS
U. A. S. L. P.

TRABAJO RECEPCIONAL

QUE PARA SU EXAMEN PROFESIONAL DE
QUIMICO
PRESENTA

MARINA MENDOZA PATIÑO



ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

Av. de los Potosí No. 100 - Teléfono 2 05 00

SAN LUIS POTOSÍ, S. L. P. MEX.

SRITA. MARINA MENDOZA PATIÑO,
P R E S E N T E.

Por medio de la presente me permito comunicar a usted, que en sesión del H. Consejo Técnico de esta Escuela de Ciencias Químicas efectuada el día _____ de _____ de _____, se acordó:

A G E P T A R : _____

El proyecto de trabajo recepcional que he titulado usted:
"COMPOSICION QUÍMICA Y CLASIFICACION DEL AGUA DE RIEGO, Y
EL SUELO AGRICOLA CULTIVADO CON ALPALFA".

Para los efectos consiguientes pongo lo anterior de su conocimiento, protestando a usted las seguridades de mi atenta y distinguida consideración.

San Luis Potosí, S. L. P., a 20 de Septiembre de 1974.



EL SECRETARIO DE LA ESCUELA DE
CIENCIAS QUÍMICAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS
SECRETARIA

ING. JUAN ANCHICO ROJAS

A mis padres

Pascual Mendoza Lozano

Emilia Patiño de Mendoza

Con todo mi cariño y gratitud, porque con su rectitud y consejos,
he recibido lo mejor de mi vida.

A mis hermanos

J. Jesús Mendoza Patiño

Patricia Mendoza Patiño

A mis abuelitos

A mis tíos

A mis primos

Con agradecimiento a los señores

Q.I. y M.C. Raúl Grande López
Por su dirección y asesoramiento
del presente trabajo.

Q.I. Enrique Díaz de León Sánchez
Por su valiosa cooperación para la
realización del mismo

A todos mis Maestros

Por siempre agradecida.

A mis compañeros y amigos

Por haber compartido
Alegrijas y tristezas.

A mi Escuela

A la Universidad Autónoma de San Luis Potosí

Al Instituto de Investigación de Zonas Desérticas

C O N T E N I D O

- I.- INTRODUCCION
- II.- REVISION BIBLIOGRAFICA
- III.- ANTECEDENTES RELACIONADOS A LA NATURALEZA DE AGUAS DE RIEGO Y SUELOS AGRICOLAS, PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS.
- IV.- SISTEMAS DE CLASIFICACION DE AGUAS DE RIEGO Y DE SUELOS AGRICOLAS.
- V.- MATERIALES Y METODOS:
 - a).- Muestreo de agua
 - b).- Métodos de analisis seleccionados para aguas de riego: pH, cloruros, sulfatos, sodio, potasio, calcio, magnesio, alcalinidad y dureza.
 - c).- Muestreo de suelos.
 - d).- Métodos seguidos para análisis practicados en suelos: Porcentajes de: arenas, limo y arcillas, y clasificación textural, carbono orgánico, nitrógeno total, fósforo y potasio, conductividad eléctrica del extracto de saturación y iones solubles (carbonatos, bicarbonatos, cloruros y sulfatos, así como sodio, potasio calcio y magnesio)
- VI.- RESULTADOS
- VII.- DISCUSION E INTERPRETACION DE RESULTADOS
- VIII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
- IX.- RESUMEN
- X.- BIBLIOGRAFIA

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

Para que una cosecha tenga resultados de óptima calidad es decisivo que el suelo tenga suficiente capacidad de aportar a las plantas ciertos constituyentes esenciales conocidos como elementos nutrientes; otro factor importante es contar con un sistema de riego asegurado.

El agua de riego contiene sólidos disueltos en cantidades variables, y en algunos suelos a pesar de que tengan buen drenaje es posible que aumente la salinidad, lo que ocasiona graves inconvenientes en algunas regiones donde se riega con aguas duras o sódicas; debido a que, para un buen desarrollo del cultivo, el agua debe contener cierta cantidad de sales, ya que un exceso de éstas es perjudicial tanto para el suelo como para la planta.

Si el agua de riego contiene exceso de sales, se requiere buena infiltración en el suelo para mantener la producción vegetal; cuando hay fundamento para establecer que algunas de estas condiciones están limitando los rendimientos, es necesario practicar análisis de suelos y del agua de riego, para que en base a una interpretación conveniente de los resultados de éstos análisis, se apliquen las medidas y cambios de corrección necesarios.

En la agricultura con riego, el desarrollo de los vegetales está en relación con el buen manejo del agua o sea que los rendimientos de los cultivos dependen en gran parte de los nutrientes que son aprovechables por las plantas. Estos nutrientes son aportados por el suelo, y más favorablemente si éste ha sido fertilizado, pero no solo el suelo suministra nutrientes, sino también el agua es otra fuente importante de este aporte.

Considerando lo anterior, y con objeto de establecer los trata-

mientos y manejos que tiendan a elevar y mantener un nivel óptimo de productividad del suelo, así como las mejores condiciones de riego, se presenta un estudio relacionado a la composición química del agua de riego y las propiedades agrícolas de suelos cultivados con alfalfa, localizados en el Rancho "El Vaquero" ubicado en el Municipio de San Felipe, Gto.

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

El presente estudio fué realizado en los laboratorios de Edafología y Química de Aguas del Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, y expreso mi agradecimiento al Biol. Fernando Medellín Leal, Director de este Instituto, por la ayuda y apoyo que me brindó para efectuar este trabajo.

Al agradecer a quienes con su colaboración hicieron posible la elaboración de éste estudio quiero citar a la Srta. J.I. Urbana Ramírez Ochoa, al Biol. Antonio Gómez, al Ing. Raúl Martínez de la Rosa y al Sr. Ramón Zamanillo Lavín.

Así como también al personal de Biblioteca y a todas las personas que en una forma u otra colaboraron para la realización del mismo.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

A continuación se mencionan, los antecedentes bibliográficos relacionados con el presente Estudio, y que corresponden a los trabajos consultados que se refieren a cultivos bajo riego y aspectos de tipo: Agrológico, hidrogeológico e hidroquímico; así como los sistemas de clasificación para aguas más recientes, y para suelos agrícolas de acuerdo a su salinidad.

Palacios, V.B. (1964) hace referencia a las zonas áridas y semi-áridas, indicando que es imprescindible el riego de los cultivos para obtener cosechas económicamente productivas; también menciona que en las regiones tropicales y húmedas ocasionalmente es necesario el riego para mejorar los rendimientos; remarcando con ésto la importancia del riego en la productividad del suelo, se refiere también a un sistema suelo-agua, que permite conocer el contenido de humedad y en consecuencia la variación considerable del grado de humedad que existe entre el suelo seco y el suelo saturado.

Miramontes, R.C.B. (1968) señala que agrícolamente es necesario un promedio de un metro cúbico de agua por metro cuadrado de superficie de terreno y por año, en cultivos de riego intensivo para obtener productos vegetales con peso menor de 1% del agua empleada en obtenerlos. Así mismo indica que las especificaciones para el agua de riego no solo dependen de las sales disueltas y de la naturaleza de las plantas, sino también del suelo; algunos vegetales toleran mayor grado de salinidad si están en suelos arenosos de tipo ligero y aerados, en cambio si dichos vegetales se encuentran en suelos arcillosos de tipo pesado y con drenaje deficiente toleran menos la salinidad. La mayoría de los cultivos agrícolas sufren daños y bajas de producción.

cuando se riegan con aguas que contienen más de 2,000 p.p.m. de sales -- disueltas.

Ríos, A. (1960) menciona la necesidad del drenaje en zonas -- de riego, para evitar acumulación de aguas de lluvia en las tierras ba-- jas, debido a que el encharcamiento aumenta las condiciones de reducción en el suelo y lo vuelve improductivo para la mayor parte de los cultivos. En zonas áridas bajo riego existe el riesgo de ensalitramiento, si los -- mantos freáticos se localizan cerca de la superficie y el agua se usa en exceso, y este proceso de acumulación de salitre es a corto plazo. Si por el contrario el manto está profundo y el suelo se mantiene húmedo conti-- nuamente, la productividad del suelo puede mantenerse indefinidamente.

Martínez, L.A. y Benitez, L.E. (1961) en su trabajo de mejora-- miento de suelos salinos, establece que el objetivo principal es planea-- la recuperación de las áreas afectadas por la salinidad de acuerdo con -- las condiciones físicas y químicas de los terrenos. Dicha planeación debe basarse en el desalojamiento subterráneo más o menos rápido del agua uti-- lizada para el lavado de suelos, aplicación de mejoradores químicos y con-- trolar el avance de la recuperación del suelo por medio de análisis perió-- dicos de salinidad. En este trabajo presentan resultados de análisis del agua de riego correspondiente a la región del ejido de Meoqui, Chih., con-- cluyendo que es de buena calidad, y no presenta fenómenos de salinidad ni de sodicidad.

Sánchez, G.W. (1967) al estudiar las relaciones entre el agua de riego y la salinidad del suelo, afirma que el agua no es útil por sí -- sola para la agricultura, cuando presenta elevado grado de salinidad, in-- cluye en su estudio cifras concretas para germinación de alfalfa; por e-- jemplo el índice de germinación es de 80 % para una salinidad de suelo de 2,300 p.p.m. medida en el extracto de suelo saturado y del 40 % para una salinidad de 5,500 p.p.m.

Ríos, L.A. (1959) establece que para la mayor parte de los cultivos anuales, por cada kilogramo de elemento que la planta extrae del suelo necesita consumir aproximadamente 9,000 kg de agua; y al referirse al agua que forma parte de los tejidos vegetales afirma que puede llegar a representar en éstos hasta un 95 % en peso en las legumbres. En el siglo pasado se había evaluado en 500 litros de agua la cantidad para producir 1 kilogramo de substancia vegetal seca; esta cifra es para la mayoría de los cultivos anuales, ya que hay plantas adaptadas a medios áridos como el sorgo que presenta condiciones especiales por que con poca agua puede dar buenos rendimientos y otras como la caña de azúcar que requiere mucha agua para un buen desarrollo.

CLIMA Y VEGETACION DE LA REGION ESTUDIADA

Dado que no existe estación meteorológica en el rancho donde se obtuvieron las muestras, fue necesario tomar como base datos climáticos de estaciones cercanas como la establecida en Cogorrón. Al hacer extrapolación de datos estos tienen significación porque generalmente el clima del suelo es poco diferente al que se encuentra encima del mismo, y como los datos de clima se obtienen a través de aparatos colocados en la superficie del suelo, la información es útil para los objetivos de correlación iónicas de extractos de suelo y agua con que se riegan dichos suelos.

La fórmula climática de acuerdo a la clasificación de Köppen para la región corresponde a:

BShwg

La que indica un clima seco, estepario, cálido cuya temperatura promedio del mes más cálido es mayor de 18°C con lluvias en verano, queda situado dentro de la isoyeta de 344 mm anuales y la isoterma de 18.2°C (Koeppen 1948).

El tipo de vegetación en la región corresponde al clasificado por Rzedowski (1961): como matorral desértico micrófilo, el cual fue denominado inicialmente (Rzedowski 1956) matorral desértico luvial y corresponde al "Matorral desértico" y chaparrillo, clasificado por Gentry (1957) este tipo de vegetación está caracterizado por un clima seco y en los terrenos dedicados al pastoreo es característico la explotación de especies silvestres, el mezquite (*Prosopis juliflora*) para fines de construcción y combustible, también se encuentra el maguey (*Agave atrovirens*) el cual se utiliza ocasionalmente como materia

prima para la elaboración del mezcal, también diferentes especies de cactáceas *Platyopuntia* (nopal) son cosechadas y ferrajeran.

La característica distintiva del matorral es la predominancia de elementos arbustivos de foliole pequeño y los arbustos están asociados con las plantas herbáceas que son escasas.

Las especies dominantes antes de que esta área fuera abierta al cultivo eran; *Larrea* (governadora), *Yucca* (pala china) y *Cilindropuntia* (cardenches).

ANÁLISIS QUÍMICO Y FÍSICO DE LA CALIDAD DEL AGUA
DE RIEGO Y SUELOS AGRÍCOLAS

Propiedades físicas y químicas.

La fase líquida en el suelo está representada por el agua de la atmósfera del suelo y la solución del mismo, la importancia de esta fase llega a tal grado que sin agua en el suelo no es posible el desarrollo de las plantas, así mismo algunos de los fenómenos de desintegración y descomposición química no se verifican sin la presencia del agua líquida. De este modo la importancia del agua tanto a lo que se refiere a su función como agente formador del suelo como el relacionado a la productividad del mismo es decisivo.

Los estudios de correlación entre los suelos agrícolas y el agua de riego, sirven como medio estimativo para definir principalmente el aporte de sales al suelo cuando se riega con aguas duras, también para establecer antecedentes acerca de la aptitud del suelo para un cultivo; por otra parte estas correlaciones entre suelo y agua indican las maneras y formas más adecuadas para conservar el suelo agrícola en buenas condiciones de productividad.

Las determinaciones características para evaluar agrícolamente un suelo son de naturaleza física y química, particularmente las concentraciones iónicas en la solución del suelo, mientras que los análisis practicados en el agua de riego son otros, ya que algunos de ellos se verifican en la solución del suelo.

Por otra parte se tienen para el agua las determinaciones tales como: turbiedad, color, olor y naturaleza del residuo.

Los sistemas de clasificación para el agua se utilizan desde

dos puntos de vista: Uno que corresponde a las aguas de riego y que incluyen a las aguas cuando todavía no se incorporan al suelo, y el otro se refiere al agua que se encuentra propiamente en el suelo.

Los sistemas de clasificación del agua están basados en las concentraciones iónicas de los elementos más representativos, mientras que el agua del suelo ha sido clasificada principalmente en base a la energía con que las partículas sólidas del suelo la retiene. Esta agua se conoce usualmente como "tensión de la humedad del suelo" (Ortiz V, 1973) y esta clasificación está directamente relacionada con la energía que las raíces de las plantas deben ejercer para absorber el agua.

Los términos de agua higroscópica, agua capilar, agua gravitacional, agua de saturación, etc. Corresponden a la clasificación del departamento de Agricultura de Estados Unidos (UDSA 1955), y están relacionados a la tensión de la humedad del suelo y el porcentaje aproximado de espacios ocupados por agua como se presenta en el cuadro No. 1.

Por otra parte (Israelsen C., 1958), los factores que influyen en las prácticas de irrigación en suelos agrícolas y también en las áreas sometidas a riego por lluvia que se conocen como de tipo natural son las siguientes:

La humedad atmosférica, el viento, la temperatura, la radiación solar, y la influencia de las estaciones del año, así como, la calidad del agua para riego.

Otros factores son inherentes al suelo tales como, permeabilidad, textura, estructura, porosidad, pendiente, saturación de las arcillas, etc., los cuales influyen tanto en la retención como en el movimiento del agua dentro del suelo lo cual está en función del desarrollo de los sistemas radiculares de las plantas.

CUADRO No. 1

Clasificación de la humedad del suelo	Tensión		% Ep. aprox. ocu- pado por agua
	atm.	cm de agua	
Seco a la estufa Agua Higroscópica (no aprov. por -- las plantas)	10 000	10 000 000	0
Coef. higroscópico Agua Capilar (no aprov. por las plantas)	31	31 600	15
Punto de marchit. Agua capilar (aprov. por las plantas)	15	15 800	25
Cap. de campo Agua gravitacional (sujeta a drenaje)	1/3	340	50
Saturación	0	0	100

Finalmente es conveniente reserbar tres criterios relacionados al suelo y en los cuales tiene importancia decisiva el agua, esos criterios son: suelo fértil, suelo productivo y suelo estéril agrícola.

Suelo fértil.- (Maird, J.R. y Núñez E.H. 1963) Se considera aquel que contiene los elementos nutrientes necesarios para un buen desarrollo de vegetales.

Suelo productivo.- Es aquel que además de ser fértil se encuentra en un medio ecológico favorable para un buen desarrollo de cultivo o vegetación natural, puede evitarse el caso de tener un suelo labrado, fertilizado, y sembrado pero que no se riegue dicho suelo no producirá, pero no por esto deja de ser fértil, porque se ha trabajado convenientemente mas no es productivo porque el factor limitante fue la falta de agua, en este caso se puede hablar de suelo fértil pero no productivo.

Suelo estéril.- Se identifica aquel que tiene factores limitantes y carencias para el establecimiento de especies vegetales.

De acuerdo con los conceptos expresados anteriormente se concluye que el éxito de las cosechas depende primordialmente de un sistema de riego asegurado así como de la calidad del agua que se utilice y de las condiciones físicas y químicas del suelo, conociendo estos factores es posible no solo elevar los rendimientos de las parcelas sino mantenerlas en un grado máximo de productividad.

SISTEMAS DE CLASIFICACION DE AGUA DE RIEGO Y DE SUELOS AGRICOLAS

A continuación se exponen los fundamentos técnicos, y criterios seguidos para los sistemas de clasificación de agua de riego de acuerdo a su composición química, consultados en la bibliografía y que corresponden a los diagramas triangulares de (Lario: 1952) y (Villalobos 1962) Trapecio Hidroquímico (Villalobos 1965), así como el sistema de coordenadas hidrogeoquímicas (Villalobos y Díaz de León 1972); El sistema de clasificación de aguas naturales por medio de tarjeta (Díaz de León 1973) y la clasificación para aguas, Laboratorio de Salinidad de Riverside (Richards. L.A. 1964).

Para los sistemas de clasificación de Suelos se describe el de Villalobos (1970) que es una adaptación del trapecio hidroquímico, así como la escala de salinidad obtenida a partir de las descripciones de Scofield (1942), Richards (1952) y Campbell y Richards (1950), por otra parte se presenta la clasificación de suelos afectados por álcali mencionados por Ortiz Monasterio R. (1959) y finalmente se incluye la interpretación de los valores de conductividad eléctrica en función de la salinidad (Richards. L.A. 1964).

Como se indica en el diagrama triangular para la clasificación centesimal de los análisis de aguas presentados por Larios (1952) proporciona información para el estudio, interpretación y clasificación para los distintos tipos de aguas naturales, dicho autor menciona el sistema de Palmer el cual consta de 3 triángulos unidos y en cada uno de sus cinco vértices va representada la salinidad primaria, alcalinidad primaria, alcalinidad secundaria, salinidad secundaria y la salinidad terciaria o acidez.

También muestra el uso de un diagrama triangular sencillo el cual está dividido en 10 zonas (del 0 al 9); en este diagrama el vérti --

ce superior está representado CaCO_3 , en el inferior izquierdo MgSO_4 --- y en el inferior derecho NaCl , como observación se tiene que en este -- caso no se toma en cuenta el K y en su lugar se encuentra el SO_3 .

Villalobos C.I. (1962) señala un método de clasificación de -- las aguas naturales por medio de un diagrama en el cual llegó a la conclusión de que los 7 iones (Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ , $\text{SO}_4^{=}$, Cl^- , HCO_3^-) se podrían agrupar en un diagrama triangular, pero primero deberían dividirse en tres grupos ($\text{Ca} + \text{Mg}$, $\text{Na} + \text{K}$, $\text{Cl} + \text{SO}_4$) de los cuales cada grupo corresponde a un vértice del triángulo ubicándolos como 100 % NaK , (iz -- quierdo) 100 % Ca Mg (derecho) y 100 % ClSO_4 (superior) y cualquier agua natural para quedar dentro del triángulo conociendo los valores en ppm de los iones mencionados, este triángulo está dividido en 14 zonas. considerando que son suficientes para clasificar las aguas, en una forma -- general desde un punto de vista químico.

DTH.- Diagrama Triangular Hidroquímico

Villalobos C.I. 1965 hace una readaptación del diagrama trian -- gular donde los resultados están en ppm a un sistema en que tales resultados son expresados en meq/lit; por lo tanto el triángulo sufre una -- tación y se adapta a un trapecio isósceles.

Díaz de León E. (1973), presenta un sistema de clasificación -- de aguas naturales por medio de una tarjeta, en donde considera principalmente dos aspectos: el geológico o sea la correlación de los datos -- de campo con el análisis y el agrologico o de su aplicación, este sistema presenta ventajas en simplificación debido a que es posible trabajarlo sin bases o criterios técnicos profundos de hidroquímica.

El laboratorio de Salinidad de Riverside Calif. (Richards L.A.

1964). Establece un sistema de clasificación para agua de riego basado en la salinidad la cual está expresada en función de la conductividad eléctrica, en umhos/cm a 25°C y los contenidos de Na expresados como relación de adsorción de Sodio, de acuerdo con este sistema se tienen 4 clases para salinidad que se identifican con las letras C1, C2, C3, C4 y comprenden un rango de baja salinidad, salinidad media, altamente salina y muy alta, en lo que toca al sodio se identifica así mismo 4 clases que corresponden a las letras S1, S2, S3, S4, y comprenden los rangos de agua baja, media, alta y muy alta en Na.

Por otra parte expresa la interpretación de estos índices de acuerdo con uso de suelo en distintos cultivos y también se refiere a los manejos de suelos como por ejemplo; lavado que se requiere cuando el agua presente índices altos de salinidad.

Villalobos C.I. (1970), continuando sus estudios sobre el transporte hidroquímico observó que este también se puede adaptar para clasificar los extractos de suelo considerando estos como agua natural para los fines de clasificación o sea que todo lo referente a un agua puede ser referido a un extracto de suelo

El laboratorio de Riverside California, se refiere también a algunas condiciones del suelo como la permeabilidad, índice de salinidad-estructura y otras propiedades del suelo, como capacidad de intercambio de cationes, condiciones del drenaje y también menciona antecedentes acerca de la tolerancia de plantas a las sales, cultivos sensibles al sodio, efecto de mejoradores químicos y condiciones de óxido-reducción.

ESCALA DE SALINIDAD⁹

Conductividad específica del extracto de saturación del suelo, milimhos por cm

0	2	4	8	16
No Salinos	Muy ligeramente salinos	Moderadamente salinos	Fuertemente salinos	Muy fuertemente salinos
Efectos de salinidad despreciables en su mayoría	Pueden quedar res-tringidos los rendimientos de las cosechas muy sensibles.	Disminución del rendimiento de muchas cosechas. Se adaptan la alfalfa, el algodón, la remolacha azucarera, los cereales y los sorgos productores de granos.	Sólo dan rendimientos satisfactorios las cosechas tolerantes. Aparecen calveros a consecuencia de que la germinación queda perjudicada.	Sólo dan rendimientos satisfactorios unas pocas cosechas muy tolerantes. Solamente crecen herbáceas, arbustos y árboles que toleran las sales.
0	0.1	0.3	0.5	1

Tanto por ciento de sales en el extracto de saturación de suelo

⁹ Adaptado a partir de descripciones de Scofield, Reporte of participating Agencies, parte III, Sec. 6 U.S. National Resources Planning Board, junio (1942). págs. 263-334; Richards, ed. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils, U.S.D.A., Ag. Handb. 60 pág. 9 (1954); y Campbell y Richards, Agrn. Journ, 42:582 (1950).

MATERIALES Y METODOS.--

MUESTREO DE AGUA

TECNICA PARA MUESTREO DE AGUA

Para la obtención de muestra de agua se procedió a recoger un volumen aproximado de 1 lit. en frasco de polietileno con tapa de rosca -- (pues en caso de usar frasco de vidrio puede contaminar la muestra de sodio y potasio), previamente marcado y limpio teniendo cuidado de enjuagarlo varias veces con agua del pozo que floye, y además se aseguró que antes del muestreo la bomba tuviera cuando menos tres horas de operación. Se colectó una muestra de cada pozo obteniendo un total de 5 muestras que corresponden a los 5 pozos con que cuenta el rancho y 2 muestras adicionales de agua correspondientes a las que se obtuvieron al inicio de los canales de riego tomando las mismas precauciones que al obtener las aguas de pozo, en caso de tomar muestras de agua estancada se tendrá la precaución de sumergir la botella en el agua enteramente por debajo de la superficie libre, evitando recoger tanto el agua del estrato superficial como del inmediato al fondo.

Para el análisis rutinario es suficiente un litro de agua, pero para análisis completo o especiales se requieren 4 litros.

El objeto primordial de muestrear el canal de riego es el de correlacionar las concentraciones iónicas para definir posibles diferencias o confirmar resultados de datos.

Las botellas se les puso un número con los siguientes datos:

No. de la muestra

Estado y municipio

Localización de la muestra:

Investigador o interesado:

La preparación de muestras para análisis se practicó en forma distinta para los suelos agrícolas y las aguas de riego.

Para las aguas de riego se debe procurar trabajarias lo mas pronto posible, preferentemente hacer el analisis químico en la muestra de agua en un periodo de tiempo no mayor de una semana como máximo, o si las condiciones lo permiten inmediatamente despues de haber obtenido la muestra, cuando ésta presenta turbidez acentuada o sólidos en suspensión es recomendable filtrarla antes del analisis.

MÉTODOS DE ANÁLISIS SELECCIONADOS PARA AGUAS DE RIEGO

La conductividad eléctrica en muestras de agua se determinó en un puente de Wheatstone Solubridge, soil tester RD-26 con celda de pipeta y reportando las lecturas en micro mhos/cm a 25°C.

El pH se determinó por método electroométrico utilizando un potenciómetro Beckman modelo H-2.

Cloruros.- Se siguió el método volumétrico por titulación con AgNO_3 y empleando como indicador K_2CrO_4 .

Sulfatos.- Se analizaron por el método turbidimétrico, precipitando con BaSO_4 y protegiendo el coloide con una solución de glicerina-alcohol, las lecturas se efectuaron en el espectrofotómetro, modelo Coleman Junior II a una longitud de onda de 435 milimicrones.

Para el análisis de Sodio y Potasio en muestras de agua se siguió el método de emisión espectrofotométrica efectuando las lecturas a 589 m para el Na^+ y 767 para el K^+ .

Calcio y Magnesio.- (Dureza) se obtuvieron titulando con solución de EDTA (Versenato) el $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$, usando como indicador el Brio-t y para el Ca^{++} se usó como indicador murexida.

Alcalinidad.- Se determinó por medio de titulación con HCl y usando como indicador anaranjado de metilo.

Tanto la dureza como la alcalinidad se reportaron en términos de CaCO_3 .

MUESTREO DE SUELOS

TECNICAS PARA ESTUDIAR:-

Se verifico espigando una barrena de tirubaron graduada en -- intervalos de 10 cm. con una longitud de 1.70 mts.

El procedimiento consistió en lo siguiente: Una vez seleccionado el sitio de muestreo de acuerdo con la utilización actual de las parcelas se concluyó que en la zona de trabajo se encuentran estas -- cidos cultivos de alfalfa y avena. Procediendo a efectuar un muestreo -- de tipo preliminar en cada una de las parcelas cultivadas, ésto con el fin de ubicar la influencia de los factores formadores de suelo en cada sitio, en base a este criterio y el grado de diversificación que presentó el suelo. Se obtuvo un total de 16 muestras de suelo a diferentes profundidades las cuales corresponden a 5 sitios de muestreo como sigue:

- 3 a parcelas cultivadas con alfalfa.
- 3 a parcelas cultivadas con avena.

Las muestras individuales de suelo obtenidas y marcadas previamente con su número de referencia, se sometieron a preparación para su -- análisis del modo siguiente:

- a) Registro
- b) Secado
- c) Tamizado
- d) Envasado

Se eligió para el presente estudio el rancho "El Vaquero" en -- virtud de que reúne las condiciones adecuadas para la ejecución de tra --

bajo relacionada a suelos agrícolas y aguas de riego desde el punto de vista de productividad óptima del suelo.

Este trabajo ha sido expuesto por primera vez hace aproximadamente 10 años.

MÉTODOS SEGUROS PARA ANÁLISIS Fertilizado en CUMHOS.

El análisis mecánico se realizó siguiendo el método del ni -- drómetro propuesto por Bouyoucos (1956) obteniendo los porcentajes de -- Arenas, limo y Arcillas y la clasificación textural del suelo, se leyó en el diagrama triangular de texturas (USDA 1970).

El Carbón Orgánico se cuantificó de acuerdo con el método de com -- bustión húmeda de Walkley-Black modificado (Jackson 1964) y a partir -- del carbono orgánico se reporta el contenido de materia orgánica y de -- Nitrógeno total. (Corey, H.B. 1964) así mismo se presentan resultados -- para la relación C/N.

La determinación de fósforo se verificó siguiendo el método -- de OLSEN (1954) el cual propone una solución alcalina como extractiva; la que posteriormente se trata con ácido clorowolbídico y emplea como -- reductor SnCl_2 para ocasionar una reducción del ácido fosfomolibdico, -- cuya intensidad de color se lee en el fotocolorímetro a una longitud -- de onda de 660 $\text{m}\mu$.

El potasio se analizó siguiendo el método de emisión espectro -- flamométrico empleando un flamómetro EVANS ELECTROELENUM y trabajan -- do con una solución buffer extractiva a base de acetato de amonio de -- pH = 7 (Grande 1974).

Conductividad Eléctrica, ésta se leyó en un puente de wheatsto -- ne; Solubridge, Soil Tester RD-26 con celda de pipeta (Richards 1962)- -- trabajando en el extracto de suelo, el cual se obtuvo de la pasta de -- suelo saturada con agua, y luego sometido a filtración con vacío; de -- este modo se preparó el extracto el cual como se indicó se pasó a la --

celda del puente para leer la C.C. Los resultados se expresan de acuerdo con las normas internacionales (Jackson 1964) en milimhos/cm a 25°C.

El pH se determinó mediante el método electrométrico efectuando las lecturas en un potenciómetro GEORCA modelo H-2 en una suspensión de suelo-agua de 1: 2.5

Iones Solubles Cuanteados en el Extracto de Suelo Saturado.-

A continuación se mencionan los métodos analíticos seguidos para la determinación de los aniones y cationes siguientes:

- a) $\text{CO}_3^{=}$, HCO_3^{-} , Cl^{-} y $\text{SO}_4^{=}$
- b) Ca^{++} , Mg^{++} , Na^{+} y K^{+} .

Como ya se dijo, estos iones se cuantearon en el extracto de suelo saturado, o sea que se utilizó el extracto obtenido para la determinación de conductividad eléctrica.

Los análisis que se mencionan para estas determinaciones se tomaron del "Manual de Laboratorio del Depto. de Suelos del IICA (Gran de L.R., 1974).

Carbonatos y bicarbonatos.- Se realizaron mediante una titulación volumétrica con H_2SO_4 la cual se verificó en 2 etapas; primero se titula con fenolftaleína como indicador para los $\text{CO}_3^{=}$, y la segunda corresponde al punto final del anaranjado de alfiler ($\text{CO}_3^{=}$ + HCO_3^{-})

Cloruros.- Se titularon con AgNO_3 y como indicador se utilizó el K_2CrO_4 .

Sulfatos.- Se analizaron en el espectrofotómetro modelo - - Coleman Junior II, por el método turbidimétrico.

Calcio y Magnesio.- Se determinaron por volumetría, titulando con EDTA, y usando como indicador para el Ca murexida y para - - - Ca + Mg Erio-t.

Sodio y Potasio.- Se determinaron por el método de emisión espectroflameométrico que actualmente se considera el más adecuado, - las lecturas se efectuaron en un flameómetro EVANS-ELECTROSCHELIUM.

TABLA No. 1

RESULTADOS DE ANALISIS PARA SUELOS PROCEDENTES DEL "RANCHO EL VAQUERO" MPIO. SAN FELIPE GTO.

No. DE MUESTRA	SITIO DE MUESTREO	HORIZONTE	PROFUNDIDAD EN CM.	LOCALIDAD	ALTITUD EN MTS.	ANALISIS MECANICO					MATERIA ORGANICA	INT.	C.A.RBONO ORGANICO	RELACION C/LP	NITROGENO TOTAL	INT.	FOSFORO P.M.	INT.	POTASIO P.M.	INT.	C.A.S. SODIO	INT.	C.A.M. Mg	INT.	ANIONES				CATIONES				PBI	CLASIFICACION DE EXTRACTOS DE SUELO SEGUN EL SISTEMA VILLALBA	
						ARENAS %	LIMO %	ARCILLAS %	CLASIFICACION TEXTURAL	INT.															CO ₃ mg/g	HCO ₃ mg/g	SO ₄ mg/g	Cl ⁻ mg/g	Ca ⁺⁺ mg/g	Mg ⁺⁺ mg/g	K ⁺ mg/g	Na ⁺ mg/g			BAR
270	I	1	0-15	Rancho el Vaquero	1390	37.11	25.18	37.12	Wigajón arcillosa	M	2.42	R	1.40	1.80	0.12	M	25.05	HR	640	MR	0.70	NO3	8.20	AF	0.99	0.87	3.64	0.96	2.91	1.15	1.30	4.90	3.37	3.56	VI
271		2	15-30	"	"	48.30	13.00	35.70	Wigajón arenosa	P	2.95	M	1.51	2.60	0.11	N	27.86	HR	1166	HA	0.82	NO3	7.90	AD	0.99	3.80	3.05	1.18	2.08	0.35	2.10	5.40	4.90	6.92	VI
272		3	30-70	"	"	44.30	21.00	34.70	Wigajón arcillosa	M	0.58	P	0.25	1.80	0.23	NH	10.91	R	354	MR	0.70	NO3	7.60	AD	0.99	1.18	3.12	0.19	2.49	0.75	0.75	3.30	4.08	4.53	VI
273	II	1	0-10	"	"	48.50	20.00	31.70	Wigajón arcillosa arenosa	M	1.79	M	1.03	1.90	0.09	P	20.78	HR	792	MR	0.80	NO3	7.80	AD	1.69	0.47	2.50	2.10	1.98	1.15	1.45	6.50	5.42	6.29	VI
274		2	10-25	"	"	58.05	18.34	21.70	"	M	2.59	R	1.17	2.80	0.10	M	19.70	MR	896	MR	0.92	NO3	7.65	AD	1.15	1.05	2.71	2.01	1.87	0.87	1.00	5.90	4.92	5.85	VI
275		3	25-40	"	"	48.60	17.70	32.70	"	M	2.11	L	1.28	1.80	0.10	M	18.01	R	840	MR	0.89	NO3	8.00	AD	0.47	1.77	3.42	2.10	2.08	0.76	1.70	6.70	5.58	5.51	VI
276	III	1	0-20	"	"	28.98	32.92	40.12	arcilla	P	1.45	R	0.90	1.59	0.10	R	20.51	MR	2000	MR	0.90	NO3	5.40	AD	0.94	2.47	2.18	2.00	2.91	0.74	3.00	8.10	5.73	4.13	VI
277		2	20-40	"	"	28.96	35.92	39.12	Wigajón arcillosa	M	3.54	R	1.17	1.50	0.12	M	20.91	HA	1560	MR	0.88	NO3	7.70	AD	0.94	0.94	3.01	1.92	2.91	0.74	1.90	8.10	5.73	4.13	VI
278		3	40-70	"	"	20.96	29.92	49.12	arcilla	P	1.37	P	0.78	1.90	0.07	R	27.31	MR	888	MR	1.58	NO3	8.30	AD	0.94	1.11	3.20	10.09	7.30	1.84	1.70	10.00	4.78	5.44	II
279		4	70-110	"	"	26.96	32.92	40.12	arcilla	P	0.94	P	0.91	2.11	0.04	MP	11.53	R	282	MR	2.95	LS	8.10	AD	0.70	0.82	2.30	22.49	12.91	8.30	2.50	15.75	4.68	6.31	III
280	IX		0-10	"	"	48.96	27.92	23.12	Wigajón arcillosa arenosa	M	1.37	P	0.90	1.80	0.06	P	16.67	R	460	MR	0.85	NO3	7.75	AD	0.05	3.24	1.35	0.18	2.49	1.58	1.25	4.30	2.14	1.65	IX
281		2	10-25	"	"	20.50	30.00	40.70	arcilla	P	1.37	P	0.90	1.80	0.06	P	9.99	R	432	MR	1.00	NO3	7.80	AD	0.94	1.13	3.74	2.59	2.91	0.93	1.30	7.30	5.90	6.91	IX
282		3	25-60	"	"	31.30	28.00	39.70	Wigajón arcillosa	M	0.72	P	0.41	1.80	0.04	MP	9.20	M	248	MR	1.12	LS	7.45	AD	0.94	1.15	4.25	4.0	2.49	1.18	0.75	11.35	8.32	9.93	VI
283		4	60-90	"	"	58.50	18.00	28.70	Wigajón arcillosa arenosa	M	0.52	P	0.19	2.80	0.01	MP	9.41	M	298	MR	0.95	NO3	7.80	AD	0.94	0.70	3.95	3.03	2.08	1.37	0.70	8.75	7.22	8.56	VI
284	X	1	0-20	"	"	44.88	23.56	31.79	Wigajón arcillosa	M	1.69	M	0.81	1.80	0.06	P	28.5	P	534	MR	0.70	NO3	8.10	AD	0.94	0.94	1.55	1.62	2.08	0.78	0.40	3.90	4.64	5.28	VI
285		2	20-40	"	"	40.52	28.56	32.12	"	M	1.50	M	0.77	1.80	0.07	P	13.15	R	504	MR	0.75	NO3	8.40	AD	0.94	3.77	0.83	2.10	2.49	0.55	0.55	6.90	5.71	6.68	VI
286		3	40-80	"	"	36.88	24.56	38.76	"	M	0.84	P	0.49	1.80	0.04	MP	4.47	P	532	MR	0.90	NO3	8.40	AD	0.94	0.94	3.01	3.10	2.49	0.35	0.30	5.70	4.62	5.25	VI
287		4	80-70	"	"	42.85	25.72	31.40	"	M	0.54	P	0.42	1.80	0.04	MP	7.89	M	824	MR	1.35	NO3	8.15	AD	1.41	0.70	3.54	3.54	2.08	0.78	0.85	9.25	7.77	9.25	IX

Textura
M- Media
P- Pesada

Materia Orgánica
R- Pobre
M- Media
L- Rica

Nitrogeno Total
P- Pobre
MP- Muy Pobre
M- Media
R- Rica

Fosforo
P- Pobre
M- Media
R- Rica
MR- Muy Ric

Potasio
MR- Muy Rico

Conductividad pN
NS- No Salina
LS- Ligerosm
S- Salina

Alcalinidad Débil
AF- Alcalinidad Fuerte

Clasificación de Extractos de Suelo

- II- Extractos de Suelo Saturado Conteniendo Metales Alotinos (Predominando) con Aluminofosfatos. (No, o muy poco Carbonatados)
- III- Extractos de Suelo Saturado Conteniendo Metales Alotinos (Predominando) con Alotinos. (No, o muy poco Carbonatados)
- IV- Extractos de Suelo Saturado Conteniendo Metales Alotinos (Predominando) con Alotinos, Ligerosm Carbonatados
- V- Extractos de Suelo Saturado Carbonatados con predominio de Metales Alotinos.

TABLA No. 2

RESULTADOS DE ANALISIS PARA LAS AGUAS DE RIEGO CORRESPONDIENTE AL "RANCHO EL VAQUERO" MPIO. SAN FELIPE GUANAJUATO.

No DE MUESTRA	LOCALIZACION	C. E. metros/cm a 25°C	pH	CONCENTRACION EN mg/lit. (p. p. m.)								ALCALI- NIDAD Expresada como CaCO ₃	DUREZA	CLASIFI- CACION EN EL D.T.H.	CLASIFI- CACION DE DIAZ DE LEON	CLASIFI- CACION DE RIVERSIDE
				Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁼							
1	Pozo No.1 Salida de la Bomba	420	7.85	72	7.50	18.48	4.03	14	25	170	63.00	XII	IC-X	C2-S1		
2	Pozo No.2 Salida del Canal	400	8.20	74	6.00	19.32	2.52	13	22	160	58.80	XII	IC-X	C2-S1		
3	Pozo No.2 Salida de la Bomba	450	7.92	78	6.00	22.68	2.52	21	37	160	67.20	IX	IC-X	C2-S1		
4	Pozo No.3 Agua de la Pila	400	8.40	76	7.50	16.80	4.03	14	34	170	58.80	XII	IC-X	C2-S1		
5	Pozo No.3 Salida del Canal	420	8.50	76	7.50	21.84	6.05	15	23	175	79.80	XII	IC-X	C2-S1		
6	Pozo No.4 Salida de la Bomba	450	7.90	80	8.00	21.84	4.03	22	34	160	71.40	IX	IC-X	C2-S1		
7	Pozo No.5 Salida de la Bomba	400	7.90	76	7.50	20.16	4.03	18	32	155	67.20	XII	IC-X	C2-S1		

IX = Aguas salinas carbonatadas con predominio de metales alcalinos.

XII = Aguas fuertemente carbonatadas de metales alcalinos (predominando) con alcalinofrías.

IC-X = Químicamente Potables, Aguas alcalinas peligrosas para cultivos poco resistentes

C2 = Agua de salinidad media: Puede usarse siempre y cuando haya un grado moderado de lavado. En casi todos los casos y sin necesidad de prácticas especiales de control de la salinidad, se pueden producir las plantas moderadamente tolerantes a las sales.

S1 = Agua baja en sodio: Puede usarse para el riego en la mayoría de los suelos con poca probabilidad de elevar niveles peligrosos de sodio intercambiable. No obstante, los cultivos sensibles, como algunos frutales y aguacates, pueden acumular cantidades perjudiciales de sodio.

TABLA No. 3

RESULTADOS DE ANALISIS PARA LAS AGUAS DE RIEGO CORRESPONDIENTE AL "RANCHO EL VAQUERO"
MPIO. SAN FELIPE GUANAJUATO

No. DE MUESTRA	LOCALIZACION	C.E. Amhos/cm a 25°C	PH	CONCENTRACION EN meq/lit.						CLASIFICACION DE AGUA EN EL TRAPECO
				Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Cl ⁻	SO ⁼	
1	Pozo No.1 Salida de la Bomba	420	7.85	3.13	0.19	0.92	0.33	0.39	0.52	IX
2	Pozo No.2 Salida del Canal	400	8.20	3.22	0.15	0.96	0.21	0.37	0.46	IX
3	Pozo No.2 Salida de la Bomba	450	7.92	3.39	0.15	1.13	0.21	0.59	0.77	IX
4	Pozo No.3 Agua de la Pila	400	8.40	3.31	0.19	0.84	0.33	0.39	0.71	IX
5	Pozo No. 3 Salida del Canal	420	8.50	3.31	0.19	0.50	0.50	0.42	0.48	IX
6	Pozo No. 4 Salida de la Bomba	450	7.90	3.48	0.20	0.33	0.33	0.82	0.71	IX
7	Pozo No 5 Salida de la Bomba	400	7.90	3.31	0.19	0.33	0.33	0.51	0.67	IX

IX - Aguas salinas concentradas con predominio de metales alcalinos

TABLA No.4
VALORES MINIMOS MAXIMOS Y PROMEDIOS

DETERMINACION	No. ANALISIS	PROF. cm.	MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIDAD
ARENA	281/74	10-25	20.30		42.05	%
	274/74	10-25		59.96		%
LIMO	283/74	60-90	16.00		25.14	%
	277/74	20-40		33.92		%
ARCILLA	274/74	10-25	21.70		34.68	%
	278/74	40-70		49.12		%
TEXTURA					MIGAJON ARCILLOSO	
% MATERIA ORGANICA	283/74	60-90	0.32		1.55	%
	270/74	0-15		3.46		%
CARBONO ORGANICO	283/74	60-90	0.18		0.90	%
	276/74	0-20		2.00		%
RELACION C/N	276/74	0-20	11.59		11.63	
	279/74	70-110		12.21		
% NITROGENO TOTAL	283/74	60-90	0.02		0.08	%
	286/74	0-20		0.17		%
FOSFORO	284/74	0-20	2.63		23.06	ppm
	276/74	0-20		92.31		ppm
POTASIO ASIMILABLE	282/74	25-60	248		782.55	ppm
	276/74	0-20		2000		ppm
CONDUCTIVIDAD	270/74	0-15	0.70		1.00	mmhos/cm. a 25°C
	279/74	70-110		2.95		
pH	282/74	25-60	7.45		8.02	—
	277/74	20-40		8.70		—
CO ₃ ²⁻	280/74	0-10	0.00		0.94	meq/lt.
	273/74	0-10		1.89		meq/lt.
HCO ₃ ⁻	270/74	0-15	0.47		1.59	meq/lt.
	280/74	0-10		4.25		meq/lt.
SO ₄ ²⁻	285/74	20-40	0.94		3.02	meq/lt.
	278/74	40-70		5.20		meq/lt.
Cl ⁻	280/74	0-10	0.19		3.63	meq/lt.
	279/74	70-110		22.47		meq/lt.
Cd ⁺⁺	273/74	0-10	1.66		3.23	meq/lt.
	279/74	70-110		12.91		meq/lt.
Mg ⁺⁺	281/74	10-25	0.30		1.19	meq/lt.
	279/74	70-110		6.29		meq/lt.
K ⁺	284/74	0-20	0.40		1.28	meq/lt.
	279/74	70-110		2.50		meq/lt.
Na ⁺	284/74	0-20	3.90		7.05	meq/lt.
	279/74	70-110		13.75		meq/lt.
RAS	280/74	0-10	2.14		5.09	%
	282/74	25-60		8.33		%
PSI	280/74	0-10	1.85		5.84	%
	282/74	25-60		9.93		%

DISCUSION E INTERPRETACION DE DATOS

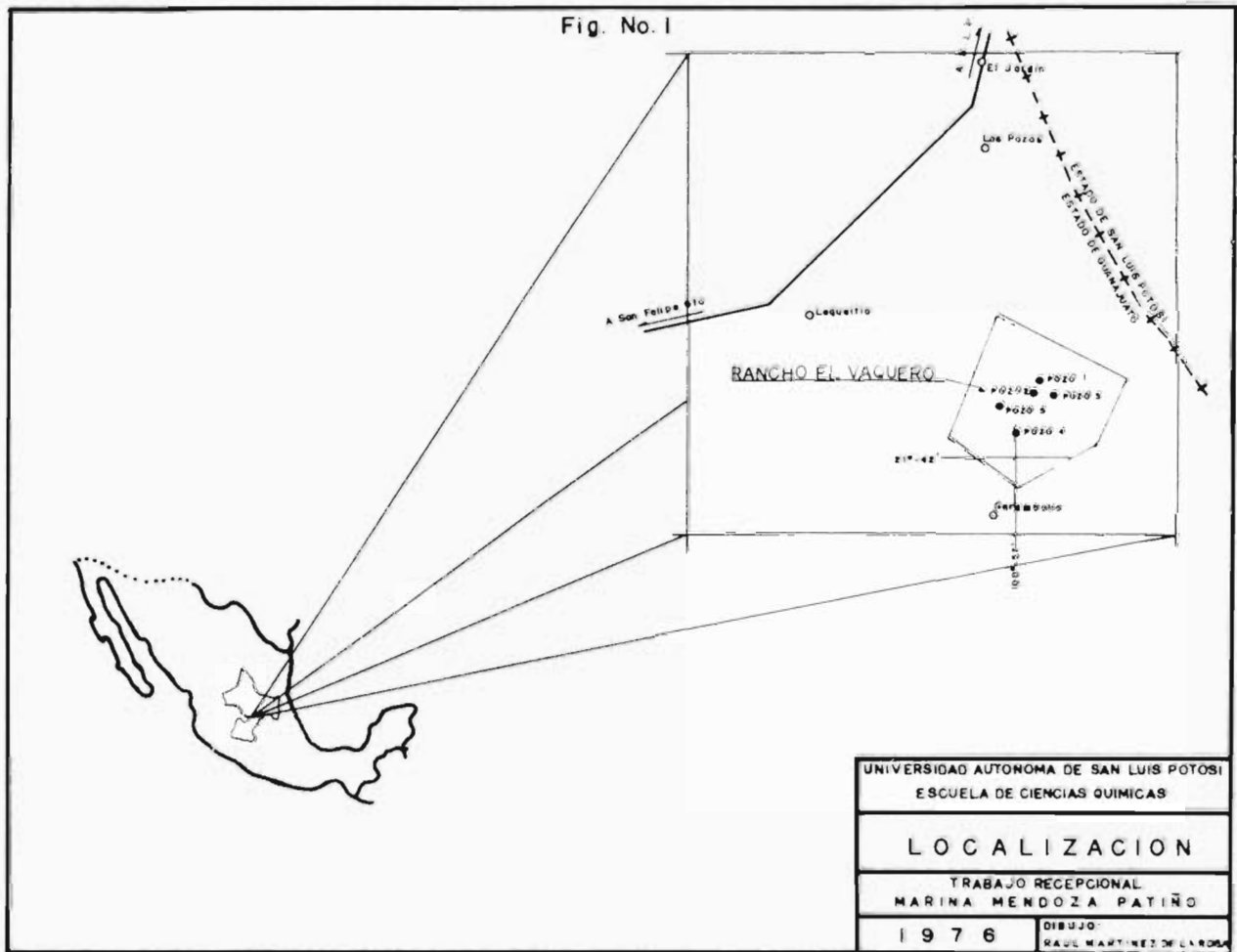
En la tabla No. 1 se presentan los datos de campo y los resultados de laboratorio obtenidos en las 18 muestras de suelos que constituyen parte del material por investigar, en las tablas 2 y 3 se encuentran los resultados de análisis para las aguas de riego que provienen de los 5 pozos.

La tabla No. 4 incluye los valores máximos, mínimos y promedios calculados, considerando todos los horizontes muestreados; de acuerdo con los resultados anteriores se procede a establecer los antecedentes físicos y químicos para caracterizar en función de su naturaleza, tanto los suelos cultivados con alfalfa como las aguas empleadas para regar dichos suelos; y una vez establecida su naturaleza proseguir con las correlaciones y efectos, ya sea favorables o desfavorables que traen consigo tanto los manejos del suelo como los riegos a que está sometido.

Como se observa en la fig. No. 1 el sitio estudiado corresponde al "Rancho el Vaquero" localizado entre los $24^{\circ} 00'$ y $24^{\circ} 05'$ de latitud norte y los $101^{\circ} 00'$ a los $100^{\circ} 45'$ de longitud al W de Green -- which.

Para el muestreo se procedió a obtener muestras representativas de 5 lotes sembrados: 3 de ellos con alfalfa y 2 cultivados con alfalfa y avena, estos 5 lotes se riegan con el agua procedente de 5 pozos los cuales se encuentran marcados con números arábigos, en la fig. No. 1. De acuerdo con los resultados de la tabla No. 1, tenemos que de los 5 perfiles de suelo 3 de ellos incluyen 4 capas u horizontes

Fig. No. 1



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS

LOCALIZACION

TRABAJO RECEPCIONAL
MARINA MENDOZA PATIÑO

1976

DIBUJO:
RAUL MARTINEZ DE LARREA

tes diferenciadas con profundidades que varían de 0-70 cm a 0-110 cm. y 2 perfiles con 5 horizontes diferenciados, cuyas profundidades son de 0-70 y de 0-40 cm; Esta situación permite confirmar -- que estos suelos se clasifican como: Regulares, buenos y muy buenos de acuerdo con la profundidad para cultivos agrícolas (Navarro 1957) y en lo que respecta al nivel altitudinal se tiene que la región se encuentra a 1890 mt sobre el nivel del mar, lo que se interpreta como un factor favorable para el establecimiento -- de cultivos como la alfalfa (Ignatieff 1952).

Los siguientes resultados de laboratorio, corresponden a los análisis físicos como la textura y químicos como la materia orgánica y sirven para caracterizar las condiciones en que se encuentra el suelo agrícola actualmente, y esta situación interesa desde el punto de vista químico porque todos los suelos que están sometidos a cultivos bajo riego sufren modificaciones y pérdidas que alteran su estado natural.

Textura:

De los resultados para análisis mecánico y clasificación textural se observa que las fracciones gruesas (arenas) presentan un rango amplio de variación, ya que los porcentajes van del ---- 20.30 al 59.96 % mientras que los limos siguen una secuencia parecida, y el margen de variación es del 16 al 37.92 % y finalmente las arcillas o separados mas finos del suelo siguen aproximadamente la misma constancia de los limos debido a que las cifras estan comprendidas entre el 21.7 al 49.12 %.

Estas observaciones conducen a una diversificación en la

composición granulométrica, diversificación que evidencia en una variación de la clasificación textural que va de la arcilla al arcillo arenoso, esto se interpreta como un efecto de los cultivos que se han establecido en estos suelos, que contribuyen cuando menos en parte a elevar la proporción de arcilla y favorecer procesos de disgregación. La interpretación de la clasificación textural presenta 2 tipos: el medio y el pesado, lo que permite establecer que estos suelos tienden a un estado de equilibrio con los manejos a que se están sometiendo (Bauer L.D. 1940).

Materia orgánica:

La materia orgánica constituye una de las fases del suelo que se encuentran en un estado dinámico (Hardy 1970) caracterizado por continuos cambios mediante los cuales se destruyen y se forman distintos compuestos con el resultado de que los productos de descomposición o bien los productos formados incluyen distintos estados físicos desde sólidos hasta gases pasando por líquidos, debido a esta situación la materia orgánica del suelo para analizarse habría que referirse a un estado dado o a un equilibrio de la reacción, pero como el equilibrio entre las reacciones de formación de compuestos y la velocidad de descomposición de productos no llega a un estado definido se acostumbra (Jackson 1964) reportar los contenidos de materia orgánica en función de los constituyentes constantes de esta materia orgánica, y que son esencialmente dos: (Coray 1964) el Nitrógeno total y el Carbono orgánico, habiéndose establecido que del 100 % de materia orgánica, el 58 % lo constituye el Carbono orgánico y del 100 % de C.O. el 0.35 % en Nitrógeno total. (Tisdale y Nelson 1961).

Los resultados para C.O. y Nitrógeno total se consideran adecuados cuando se reportan a partir del Carbono orgánico debido a que

hay una alta correlación entre las necesidades de Nitrógeno total - de los cultivos y el Nitrógeno reportado a partir del Carbono orgánico.

Observando los resultados para materia orgánica, Carbono orgánico y Nitrógeno total se nota una coincidencia en las interpretaciones de modo que los suelos ricos en materia orgánica son ricos en carbono orgánico, e igualmente ricos en Nitrógeno total, lo mismo sucede para suelos identificados con un nivel pobre; El rango de variación de rico, mediano y pobre puede atribuirse a los distintos manejos y dosificaciones de fertilizantes que ha recibido el suelo, lo que conduce a que continúe éste variando la proporción de Nitrógeno, esta variación puede ser grande si se considera que la alfalfa es una planta leguminosa que en sus micelas radiculares estas alojando microorganismos conocidos como nitrificantes los cuales fijan el nitrógeno del aire, y por decirlo desde un punto de vista químico autofertilizan el suelo en forma natural.

Se presenta una columna en esta tabla 1 para la relación -- carbono/nitrógeno (Robinson 1960) la cual nos da cifras que orientan acerca del grado de descomposición en que se encuentra la materia -- orgánica del suelo; pudiendo generalizar que, una relación alta induce a un alto grado de descomposición mientras que una relación baja -- manifiesta poca descomposición y baja actividad microbiana, en términos generales para un suelo agrícola la relación c/n varía de 10 a 12 en condiciones normales.

Resferos:

De los resultados indicados en la tabla No. 1 para centeni -

des de fósforo en el suelo expresados en ppm. Se observa que los suelos están bien abastecidos de fósforo como lo indican las clasificaciones de muy rico y rico y aunque existen niveles de contenido medio y dos pobres éstos se consideran de poca significación debido a que corresponden a capas inferiores, y únicamente la muestra 284 clasificada como pobre es de un suelo superficial de una profundidad de 20 cm. Esta pobreza puede atribuirse a los cultivos continuados y falta de fertilización adecuada en este lote.

El valor promedio de todos los horizontes muestreados corresponden a 23.06 ppm. nivel clasificado como muy rico.

Potasio:

Las cifras para potasio aprovechable por las plantas están de acuerdo con las condiciones de semi-aridez en que se encuentra la región de trabajo ya que se ha establecido que en zonas áridas y semi-áridas la cantidad de potasio en suelos es alta, debido a que el potasio permanece en el suelo porque el agua de lluvia no es suficiente para lavarlo (lixiviarlo, Bennett 1960) esta observación coincide con todos los suelos reportados en la tabla No. 1 que presentan una clasificación de muy ricos en potasio.

Conductividad eléctrica:

De los análisis que sirven para caracterizar el suelo, desde el punto de vista de su valor agrícola es la conductividad eléctrica expresada en $\mu\text{mhos/cm}$ a 25°C la que nos indica el grado de salinidad que presenta el suelo, en este sentido se tiene aceptado en forma internacional (Jackson 1964) que todos los suelos cuyo extracto de salinidad presenta una C.E. menor de 2 mmhos/cm a 25°C es no salino y de los

resultados para los suelos en estudio únicamente el identificado con la muestra No. 279 sobrepasa este valor, con una lectura 2.95 mmhos/cm a 25°C, que cae dentro del rango de ligeramente salino, pero sin llegar a presentar peligro de toxicidad para las plantas. Esta cifra ligeramente superior corresponde a una profundidad de 70-110 cm. es decir a la capa más profunda del suelo, y se justifica el resultado del análisis si se consideran los procesos de acumulación de materiales solubles en esta parte del perfil del suelo.

pH:

El pH se obtuvo en una suspensión acuosa de relación suelo--agua 1:25 y al observar los resultados de la misma tabla No. 1, se concluye que todos los suelos se encuentran arriba de un pH de 7 con una variación de 7.45 a 8.7, lo que permite clasificarlos como debilmente alcalinos y fuertemente alcalinos, el factor limitante en función de pH empieza a presentarse en condiciones de basicidad a pH mayor de 8.5, pero en la región de estudio únicamente la muestra 277 que es de subsuelo presenta 8.7 lo cual no es de significación. En general puede afirmarse que las condiciones de estos suelos son adecuadas para el cultivo de alfalfa el cual se desarrolla mejor en suelos alcalinos como los que se tienen.

Concentraciones Iónicas:

Un hecho de significación consiste en que las concentraciones iónicas se encuentran reportadas en meq/lit. únicamente (Tabla 1) y esto se debe a que los mecanismos de intercambio de las especies iónicas de la solución y las especies iónicas de las raíces se efectúan en pesos arbitrarios sino en múltiples de equivalente químico del ión con

siderado, también los mecanismos de absorción y eliminación de iones por los organismos se verifican también en función de equivalentes químicos; y los mg/lit corresponden a la concentración del ión por litro de extracto de suelo saturado.

Aniones:

Los aniones cuanteados en el extracto de suelo son los mismos que se analizaron en las aguas de riego, con la diferencia de que en los extractos de suelos se reportan CO_3^{--} y HCO_3^- mientras que en análisis de agua se reportan en forma de alcalinidad y dureza.

De los datos de la tabla No. 1 correspondientes a CO_3^{--} titulables se observa que las cifras encontradas son mínimas, y a excepción de 3 extractos (273, 274, 287) de suelo todos presentan valores menores a la unidad, lo cual está de acuerdo con los valores para la relación de adsorción de Sodio (RAS) y el porcentaje de Sodio intercambiable (PSI); así mismo estos resultados para carbonatos están de acuerdo con las condiciones de alcalinidad que presentan estos suelos cuyo rango de pH comprendido de 7.45 - 8.7 favorece un buen desarrollo de alfalfa.

Los HCO_3^- presentan concentraciones que están de acuerdo con la naturaleza alcalina de los extractos de suelo, pero sin llegar a representar factor limitante para el desarrollo de vegetales.

Los SO_4^{--} indican concentraciones que varían de 0.93 - 5.20 meq/lit lo que permite afirmar que estos suelos no presentan condiciones yesíferas que pudieran incluir algunas condiciones de precipitación por efecto de ión común.

Finalmente los cloruros muestran una constancia con los resultados para conductividad eléctrica, y dicha constancia se manifiesta con el sentido de que: en términos generales los mayores contenidos de cloruros, corresponden a los mayores valores de conductividad eléctrica pero sin llegar a un límite perjudicial de salinidad en el suelo.

Cationes:

De los cationes cuanteados y cuyos resultados se encuentran en la tabla No. 1, se observa que el Ca^{++} varía de 1.66 a 12.91 meq/lt pero dominando los resultados inferiores a 3 meq/lt lo que permite establecer que las concentraciones de este catión divalente son bajas.

De los contenidos de Mg^{++} se observan menores contenidos ya que las concentraciones varían de 0.33 - 6.29 meq/lt esta observación indica que los extractos de suelo no presentan condiciones de dureza extrema; así mismo que no es de esperar acumulaciones significativas de Mg^{++} por efecto del agua de riego.

Los resultados para RAS (relación de adsorción de sodio) fueron calculados (Richards 1964) en función de las concentraciones de Na^+ , Ca^{++} y Mg^{++} expresadas en meq/lt, y una vez obtenida esta cifra se calculó el PSI (Porcentaje de Sodio inter). Las constantes mencionadas por Richards (Opst) y la RAS correspondiente estas dos últimas columnas de la tabla No. 1 orientan acerca de los riesgos de sodificación que se presentan en suelos, pero todas las cifras calculadas para los extractos estudiados indican niveles bajos de sodio.

Por otra parte el PSI da una idea acerca del equilibrio del Na -

del extracto de suelo con el sodio del agua de riego, concluyendo que en los extractos estudiados se presentan valores bajos, lo que permite afirmar que la concentración de Na^+ en la solución de suelo no aumenta significativamente ni por causa de la evaporación ni por aporte del sodio proveniente del agua de riego.

Las clasificaciones de los extractos de suelo de acuerdo con el -- trapecio Hidroquímico (Villalobos, 1964) comprenden 4 categorías que -- son:

Zona II).- Extractos de suelo saturados conteniendo metales alcalinos (predominando) con alcalinotérreos (nó, o muy poco carbonatados).

Zona III).- Extractos de suelo saturados conteniendo metales alcalinotérreos (predominando) con alcalinos, (no o muy poco carbonatados).

Zona VI).- Extractos de suelo saturados conteniendo metales alcalinotérreos (predominando) con alcalinos, ligeramente carbonatados.

Zona IX).- Extractos de suelo saturados conteniendo carbonatos con predominio de metales alcalinos.

Los cuales indican que no existen factores limitantes para el desarrollo de los cultivos propios de la región, y por otra parte no hay -- riesgo de acumulación de sales por efecto del agua de riego que se está -- utilizando actualmente.

INTERPRETACION DE RESULTADOS DE ANALISIS DE AGUAS DE RIEGO Y DISCUSION

En la tabla No. 2 se presentan los resultados para las aguas de riego provenientes de los 5 pozos con que cuenta el rancho; así como la clasificación de acuerdo con 3 criterios (Villalobos 1962; Díaz de León 1973; Richards 1964).

De los resultados para conductividad la cual se encuentra expresada en micro mhos/cm a 25°C, se observa que las cifras son inferiores a 500 variando de 400-450, esto indica que la cantidad de sales solubles contenidas de estos pozos es baja, así mismo el valor mínimo de 400 micro mhos corresponde a la muestra del pozo 1 obtenida a la salida del canal.

De los resultados para pH se concluye que todas las aguas son de naturaleza básica es decir con pH mayor de 7 esto favorece en parte el desarrollo de los cultivos de alfalfa que se riega con estas aguas.

En lo que respecta a las concentraciones iónicas, se nota una correspondencia entre las cationes alcalinas y los valores de pH; así mismo las concentraciones mayores corresponden a Na^+ siguiendo en orden inmediato inferior el Ca^{++} y siendo el Mg^{++} el que presenta las cifras más bajas expresadas en ppm (partes por millés).

De los aniones cuanteados se observa que las $\text{SO}_4^{=}$ muestran mayores contenidos que los cloruros lo que está de acuerdo con la buena calidad agrícola de estas aguas.

Las cifras para alcalinidad y dureza que se encuentran expresadas en términos de CaCO_3 equivalente, se tiene que para la alcalina

dad, los resultados varían de 155 a 175 y para dureza de 58.80 a --- 79.80 estas cifras indican que no existe riesgo de acumulación de sales provenientes del agua en los suelos agrícolas regados con ésta, debido a que la dureza y la alcalinidad son bajas y por otra parte las texturas de los suelos de tipo medio predominantemente facilitan los procesos de lixiviación e infiltración.

De acuerdo con lo anterior se encontraron 2 zonas al clasificar las aguas en el DTH (Diagrama Triangular Hidroquímico), y dichas zonas son las identificadas con el No. 12 y 9 (Fig. No. 2), -- que corresponden a las clases de aguas fuertemente carbonatadas predominando los metales alcalinos, y contienen también metales alcalinoterrestros. La clase 9 incluye aguas salinas carbonatadas con predominio de metales alcalinos.

Es conveniente establecer que de acuerdo con este sistema de clasificación (Villalobos, DTH; 1962), el término "Salinas" es aplicado a las aguas como referencia general a Cl^- ó SO_4^{2-} más que a un alto contenido de sales.

Sistema de Clasificación de Aguas Naturales por medio de una Tarjeta.-

Este sistema propuesto por Díaz de León (1973) aplicado a las 7 muestras de agua analizadas corresponde a la clasificación agroológica, en virtud de que se tienen aguas utilizadas para riego en cultivos de alfalfa, y se concluye que las aguas estudiadas corresponden a una clasificación cuya clave es:

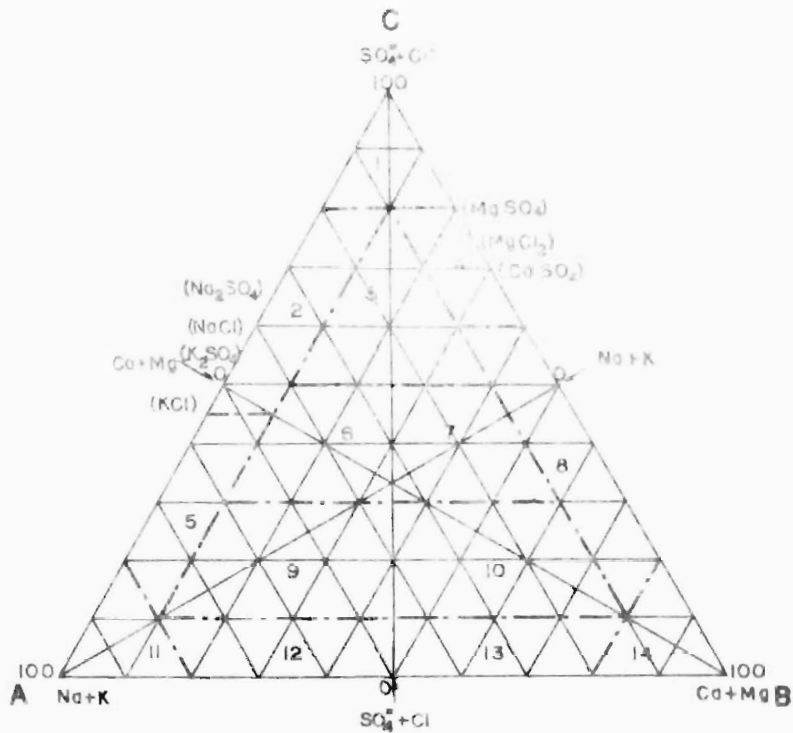


Fig. No. 2 - DIAGRAMA TRIANGULAR HIDROQUIMICO

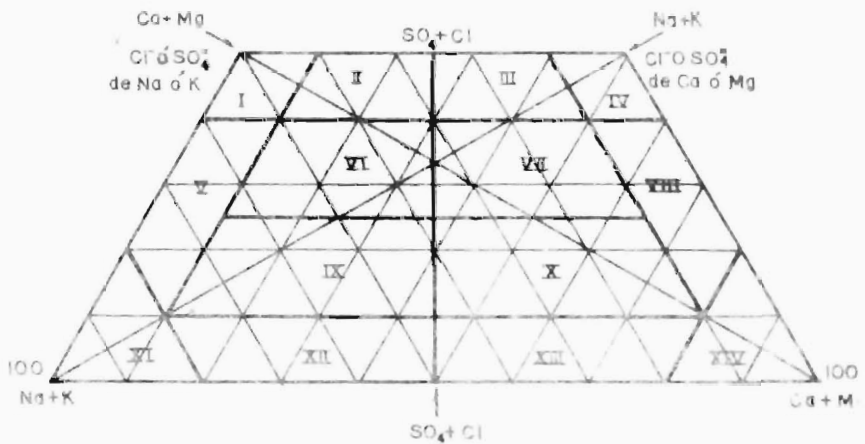


Fig. No. 3 - TRAPEZIO ISOSCELES HIDROQUIMICO

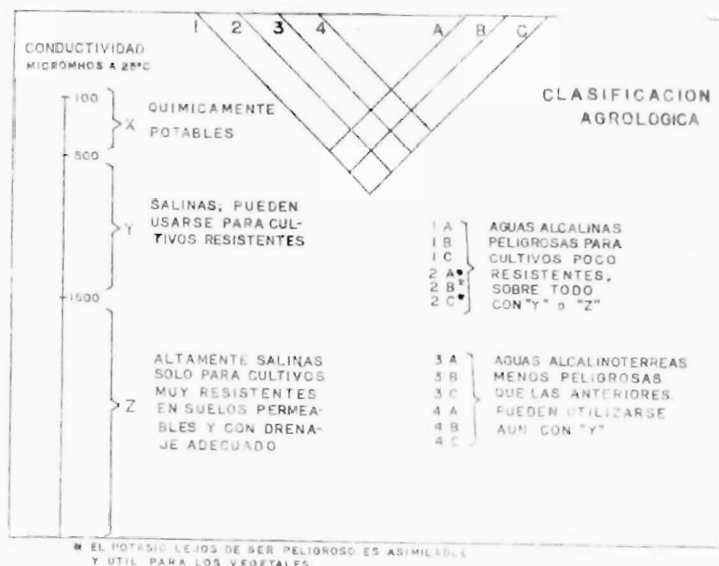
Esto se interpreta como sigue:

1 Indica que la concentración de Na^+ soluble, es mayor que la de los cationes analizados.

C Indica que la alcalinidad expresada en términos de CaCO_3 equivalente es mayor que los aniones cuanteados.

X Equivale a establecer que las conductividades de estas aguas son menores de 500 micro mhos/cm.

TABLA No. 5



La tabla No. 5 es la que sirvió de base para esta clasificación

Una condición de interés se observa en esta clasificación -

al identificar esta agua como químicamente potable y de buena calidad.

Finalmente se presenta en la última columna de la tabla No. 2 las claves correspondientes al sistema de clasificación de las aguas para riego empleada por el laboratorio de salinidad de los E.E.U.U. (Richards L.A. 1964), teniendo que dicha clave es la misma para todas las aguas analizadas, lo que puede interpretarse que tienen la misma procedencia, esta clave es:

C2 - S1

La C2 son aguas de salinidad media cuya conductividad está comprendida entre 250 y 750 micro mhos/cm, que es el rango aceptado en este sistema, en el caso particular de estas aguas las conductividades son inferiores a 500 micro mhos/cm estas aguas pueden utilizarse para riego de suelos agrícolas sin necesidad de prácticas especiales de control de salinidad, y se pueden producir plantas moderadamente tolerantes a las sales como es la alfalfa.

El S1 corresponde a las aguas bajas en Na^+ y pueden emplearse para el riego de los suelos agrícolas sin riesgo de alcanzar niveles peligrosos de Na^+ intercambiables para cultivos como la alfalfa.

Las clases para la interpretación de calidad del agua por este método son las siguientes:

- C1.- Agua de baja salinidad de 100 hasta 250 micromhos/cm a 25°C.
- C2.- Agua de salinidad media, más de 250 hasta 750 " " " "
- C3.- Agua altamente salina, más de 750 hasta 2,250 " " " "
- C4.- Agua muy altamente salina, más de 2,250 " " " "

- 31.- Agua baja en sodio, con RAS^o de 0 a 10
 - 32.- Agua media en sodio, con RAS^o de más de 10 hasta 18
 - 33.- Agua alta en sodio, con RAS^o mayor de 18 hasta 26
 - 34.- Agua muy alta en sodio, con RAS^o, mayor de 26
- (Richardson. L.A. 1964 pag. 86)

Interpretación de los Análisis Contenidos en la tabla No. 3

En esta tabla se muestran los resultados para las aguas estudiadas expresadas en meq/lit para los iones cuanteados con el objeto de proceder a su clasificación en el trapecio hidroquímico de Villalobos (1965); así mismo otra de las razones de presentar las concentraciones en estas unidades se debe a que los intercambios iónicos del agua con las arcillas del suelo se verifican en submúltiplos de los pesos equivalentes.

Se observa que todas las aguas caen dentro de la zona IA del trapecio hidroquímico, lo cual se interpreta como de un mismo origen, esta zona corresponde a las aguas salinas carbonatadas con predominio de metales alcalinos.

En la fig. No. 3 se encuentran ubicadas estas 7 muestras de aguas estudiadas las cuales se distribuyen en la parte central de esta zona.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

De acuerdo con la interpretación de los resultados y discusión se llegaron a las siguientes conclusiones:

a) En los suelos agrícolas sometidos a riego es conveniente identificar la calidad del agua, para evitar factores desfavorables en el suelo debidos a posibles acumulaciones en el mismo, provenientes del agua.

b) Los cultivos de alfalfa se desarrollan mejor en suelos alcalinos regados con aguas no salinas y bajas en Na^+ .

c) Los suelos del "Rancho el Vaquero" corresponden a suelos agrícolas apropiados para establecer cultivos y sus terrenos son pendientes, con suelo profundo fáciles de trabajar con productividad suficiente para protegerles del agua y del viento, y tienen además buen drenaje.

d) Cuando estos suelos se mantienen en cultivo continuo, -- que en este caso es de alfalfa se requieren prácticas que conserven su fertilidad y mantengan su estructura tales como; aplicación de fertilizantes, abonos orgánicos, mejoradores y estableciendo a largo plazo de rotaciones de cultivos.

e) De la clasificación de suelos en relación a su capacidad de uso, se tienen suelos para el área estudiada que corresponden al primer grupo (aptos para cultivos) y primera clase (no necesitan prácticas especiales de conservación de suelos).

f) De las 3 clasificaciones empleadas para determinar la ca

lidad del agua de riego, se establece que en 2 sistemas (Díaz de León y Riverside) las aguas caen en una categoría siendo éstas 10-X y C2-S1, respectivamente mientras que en el diagrama triangular hidrológico las aguas estudiadas se ubican en 2 zonas, la XII y la IX.

Por otra parte se nota una correspondencia entre las 3 clasificaciones empleadas ya que todas coinciden en identificar estas aguas como químicamente potables no salinas y en general de buena calidad para riego.

g) La clasificación en el trapecio hidroquímico está de acuerdo con la clasificación en el D.T.H. coincidiendo la naturaleza iónica en ambas y que se caracteriza por un predominio de las sales de Na^+ y K^+ sobre las de Ca^{++} y Mg^{++} y abundando las HCO_3^- .

h) Se concluye que las concentraciones iónicas del agua son menores que las concentraciones iónicas de la solución del suelo, esta observación está de acuerdo con el hecho de que parte de las sales del suelo se disuelven al ser regadas, lo cual es importante para la nutrición y desarrollo de las raíces de los cultivos.

i) De las 3 sistemas de clasificación de agua aplicados, se observa que cada uno de ellos tiene una utilidad primordial de acuerdo con el objetivo de la clasificación, de modo que cuando se trate de obtener una clasificación hidroquímica, el diagrama triangular presenta las mayores ventajas; por otra parte cuando el objetivo de la clasificación sea una finalidad agronómica y obtener datos prácticos y generales de las aguas clasificadas, el de Díaz de León, es adecuado; y finalmente cuando el análisis del agua esté encaminado a necesidades de levados de suelo, desarrollo de salinidad, tolerancia de las plantas a las sales, etc; El de Riverside puede aplicarse con éxito.

j) Los extractos de suelo analizados corresponden a 4 zonas distintas del trapecio hidroquímico, mientras que las muestras de agua corresponden únicamente a una zona del mencionado trapecio, esto se justifica si se considera que el extracto de suelo tiene mayor grado de diversificación iónica que las aguas de riego.

k) En las condiciones actuales en que se está trabajando -- en el "Rancho el Vaquero" se hay riesgo de que se perjudiquen los suelos por efecto del agua de riego, al respecto de que el efecto residual de fertilizante pudieran llegar a un nivel perjudicial para el cultivo de alfalfa establecido.

RESUMEN

Se presenta un estudio acerca de la composición química y clasificación del agua de riego y el suelo agrícola cultivado con alfalfa y avena, en 5 lotes ubicados en el Rancho el Vaquero Mpio. de San Felipe Gto.

El área estudiada se encuentra situada entre las $24^{\circ} 40'$ y las $24^{\circ} 05'$ de L.N. y las $101^{\circ} 00'$ y las $100^{\circ} 45'$ de longitud al este de Greenwich. La zona de trabajo se localiza en el extremo norte del municipio de San Felipe Gto., en los terrenos que antiguamente pertenecieron a la hacienda del Equeite, y está situada entre 2 vías de comunicación de importancia al E el ferrocarril México-Laredo y al W la carretera Villa de Reyes-San Felipe.

El agua de riego se obtiene por bombas de pozos profundos electrificadas. El material de trabajo por investigar está constituido por 18 muestras de suelo y 7 muestras de Agua, y se incluyen resultados para análisis de suelo correspondientes a: porcentajes de Arenas, limo y arcillas, así como la clasificación textural correspondiente a su interpretación; porcentaje de materia orgánica; Carbono Orgánico; Nitrógeno total y cifras para la relación carbono/nitrógeno.

Por otra parte se incluyen resultados para fósforo y potasio, expresados en ppm, el grado de salinidad en función de la C.E. reportada en mili mhos/cm a 25°C , y pH en suspensión acuosa.

Se presentan también resultados para concentraciones iónicas y catiónicas en meq/lit para CO_3^{2-} , HCO_3^{-} , SO_4^{2-} y Cl^{-} así como: - - -

Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ y K^+ cuanteados en extracto de suelo saturado. La relación de absorción de sodio (RAS) y el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) con la clasificación de los extractos de suelo con el trapecio hidrequímico.

De los análisis practicados en el agua de riego se presentan resultados para los siguientes: CE expresada en micro mhos/cm a 25°C , pH y concentraciones para Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , Cl^- , SO_4^- así como cifras para alcalinidad y dureza expresadas en CaCO_3 .

También se incluyen los resultados expresados en meq/lt para los iones cuanteados en agua y se presentan las clasificaciones de las aguas estudiadas de acuerdo a 4 sistemas que son: Diagrama, Triangular Hidrequímico (DTA); Trapecio Hidrequímico; Sistema de clasificación por Tarjeta y Sistema de Clasificación de Riverside (Laboratorio de E.E.U.U.).

En base a la discusión e interpretación de los resultados se establece que las aguas de riego no presentan grado de salinidad. La alcalinidad y dureza son bajas y el pH es de naturaleza ligeramente alcalina, lo que define a estas aguas como de buena calidad, por otra parte los suelos estudiados se identifican como aptos para cultivo y de primera clase, es decir con alto grado de productividad y sin necesidad de prácticas intensivas de conservación de suelos.

De los sistemas de clasificación para aguas se concluyó que los cuatro coinciden en identificarlos como de buena calidad agrícola, y químicamente estable.

Por otra parte se establece que los suelos regados con estas aguas no aumentan su salinidad.

BIBLIOGRAFIA

- APHA, AWWA, WPCF.- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 11a. Ed. 1960. 626 p.
- BAVER. L.D. "Soil Physis" New York, John Wiley and Sons, Inc. 1940 - 498 p.
- BONNET, J.A. Edefología de los suelos salinos y sódicos. Estación experimental agrícola, Universidad de Puerto Rico 1960 337 p.
- BOUYOUCOS, G. The hydrometer, Method for studying soils, Soil Sci, -- 1928 335-345 pp.
- CHAPMAN H.D. y P.E. Pratt. Métodos de análisis para suelos plantas y aguas. Ed. Trillas México 1973 195 p.
- COMISSAROU ALIAS A. Mapa de las provincias climáticas de la República Mexicana, dirección de Geografía, Meteorología e Hidrología, Inst. Geogr. S.A.G. México 1942 54 p.
- COREY E.B. Química Avanzada de Suelos Colegio de Post-Graduados, -- ENL., Chapingo México, Curso setembral, 1964, mimeografiado.
- DIAZ DE LEON SERRANO. Sistema de clasificación de Aguas Naturales - por medio de una tarjeta. Geología y Metalurgia, (Folleto Técnico No. 37) UASLP 1973, 27-32 pp.
- GRANDE L.R. Métodos para análisis físicos y químicos en suelos agrícolas, San Luis Potosí, Universidad Autónoma de San Luis Potosí - Inst. de Investigación de Zonas Desérticas, 1974, 74 p.

- HARDY. P. Edafología Tropical. Trad. del inglés por el Dr. Rifo Bazan México, Herrera Hnos. 1970 416 p.
- ILLESAS. P.F. Métodos Analíticos para Aguas, Ingeniería Hidráulica en México 1950 Vol 4 (4): 54-79; 1951 5(1): 41-62, 5(2): 53-73.
- IGNATIEFF VLADIMIR El uso eficaz de los fertilizantes 2a. Reimp. Roma, Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación, 1952 228 p.
- JACKSON, M.L. Análisis Químico de Suelos Trad. Beltran M.J. Barcelona, Omega, 1964 662 p.
- KOEPPE W Climatología con un estudio de los climas de la tierra, -- fondo de cultura económica México, 1948, 476 p.
- LARIOS H. Empleo del diagrama triangular para la clasificación centesimal de los análisis de las aguas naturales Ingeniería Hidráulica en México 6(2): 14-23
- MACIAS. V.M. La edafología ciencia del suelo Boletín de la sociedad mexicana de geografía y estadística, 1951 196 p
- MARTINEZ L.A. Y BENITEZ L.E. Estudio de salinidad y drenaje para el proyecto de recuperación de suelos ensalitrados de una fracción del ejido de Mecqui Chih. Ing. Hid. en Mex 1961 15(3): 51-60
- MILLAR. C.E. Edafología, fundamentos de la ciencia del suelo, Mexico, Ed. Continental, 1961 612 p illus.

- MIRAMONTES R.C. Potabilización de aguas saladas Ingeniería Hidráulica en México 1968 22(3): 413-424 22(4): 570-586
- NAVARRO, C.A. Métodos de Análisis de Suelos Agrícolas y Aguas para riego, sobretiro de la revista Ingeniería Hidráulica, MEXICO, 1957
- NIGHTINGALE H.I. Soil and Ground-water Salinización BENEATH. Diversified, irrigated, agriculture, Soil Science, 1974 118(6): 365
- ORTIZ, V.R. Suelos Salinos y Alcalinos; Conceptos actuales sobre su estudio, sobretiro de la revista Ingeniería Hidráulica, MEXICO 1957.
- CRIBE, A.A. Irrigación en MEXICO, comisión Nacional de Irrigación 1946 27(4).
- CERTLI J.J. Effects of External Salt Concentrations on water relations in plants, I. Absence of osmotic adjustment in the root xylem. Soil Science, 1966 102(3): 180 p.
- PAJACIOS V.B. Como mejorar el uso del agua en los riegos teniendo en cuenta la relación agua-suelo-planta-hombre. Ingeniería Hidráulica en México 1964 18(1-2) 60-68.
- ORTIZ, V.B. Edafología Campesino, México, Patena, 1973 29/p.
- RICHARDS, L.A. Suelos Salinos y Ácidos, manual de Agricultura Trad. Nicolás G. et, al 3a. ed. México INIA, 1964 manual de Agricultura No. 60 172 p.
- RICO, L.A. Uso racional del agua de riego Ingeniería Hidráulica en --

México 1959 13(2): 51-70 13(3): 77-96.

- RIOS, L.A. El problema del salitre en los distritos de riego en México. Ingeniería Hidráulica en México 1960 14(3) 27-34.
- ROBINSON G.A. Los suelos; Su origen; Constitución y clasificación, e Introducción a la edafología. Trad. Jose L.A. Barcelona, Caspaga, 1960 515 p.
- RZEKOWSKI, J. Vegetación del Edo. de S.L.P. Tesis, Doctorado, ----- MEXICO, UNAM, Facultad en Ciencias, 1961 228 p.
- SANCHEZ C.N. El agua para riego y el agua para lavado de suelos. Ingeniería Hidráulica en México 1967 21(3) 244.
- SECRETARÍA DE RECURSOS HIDRAULICOS Manual del curso de: Análisis -- de Aguas y aguas de desecho 2a. Ed. Vol I, sf.
- VILLALOBOS C.I. nuevo método de clasificación de las aguas naturales por medio de un diagrama triangular. San Luis Potosí, IIZD, U.P. Contribución No. 22 1962 13 p.
- VILLALOBOS C.I. Clasificación de las aguas naturales en un trapecio isoseles (trapecio hidroquímico) San Luis Potosí; contribución No. 34 del IIZD, UAF. 1965 7p.
- VILLALOBOS C.I. Clasificación de extractos de saturación de suelos - por medio del trapecio isóseles, folleto técnico No. 25 del Inst. de Geol. y Met. UASLP. 1970
- VILLALOBOS C.I. Coordenadas Hidrogeoquímicas aplicadas a extractos de saturación de suelos. Folleto técnico, Inst. de Geol. y Met. ---- UASLP. 1974.

Esta Tesis se imprimió en Febrero de 1976 en los
Talleres de Impresos Offsali-G, S.A., con Oficinas en
Av. de los Poetas No. 340 (Frente a la Ciudad Univer-
sitaria), Tel. 3-04-22 San Luis Potosí S. L. P