

UNIVERSIDAD DE SONORA

ESCUELA DE AGRICULTURA Y GANADERIA

ESTUDIO SOBRE SALINIDAD EN LA
COSTA DE HERMOSILLO

T E S I S

JORGE HERRERA RODRIGUEZ

1964

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

ESTUDIO SOBRE SALINIDAD EN LA
COSTA DE HERMOSILLO

Tesis

Sometida a la consideración de la
Escuela de Agricultura y Ganadería.

de la

Universidad de Sonora

por

Jorge Herrera Rodríguez.

como requisito parcial para obtener el Título de Ingeniero Agrónomo especialista en Irrigación.

Julio de 1964.

I N D I C E

	Págs.
INTRODUCCION - - - - -	1
LITERATURA REVISADA - - - - -	4
MATERIALES Y METODOS - - - - -	6
Localización de los sitios muestreados - - - - -	7
Descripción de las características de la re- gión - - - - -	7
Características de los suelos analizados - - -	11
Método de muestreo de los suelos - - - - -	12
Métodos de análisis empleados - - - - -	13
RESULTADOS E INTERPRETACIONES DE LOS ANALISIS OB- TENIDOS EN EL LABORATORIO - - - - -	15
Clasificación de los suelos salinos - - - - -	17
Clasificación y sugerencias para los suelos - analizados - - - - -	22
CONSIDERACIONES SOBRE LAS AGUAS USADAS PARA RIEGO EN LA COSTA DE HERMOSILLO - - - - -	28
Generalidades - - - - -	28
Sintomatología de las plantas que se desarro- llan en un medio afectado por sales - - - - -	31
DISCUSION - - - - -	36
CONCLUSIONES - - - - -	40
RESUMEN - - - - -	44
BIBLIOGRAFIA - - - - -	46
APENDICE - - - - -	51

I N D I C E D E C U A D R O S Y T A B L A S

	Págs.
Cuadro No. 1.- Clasificación de suelos - - - - -	22
Cuadro No. 2.- Requerimientos de yeso en relación con el contenido de sodio en un suelo - -	25
Tabla No. 1.- Abatimientos del acuífero registrados por 11 limnigrafos - - - - -	29
Tabla No. 2.- Clasificación de aguas sugerida por Scofield, tomando como base la concentración de sales en p.p.m. - - -	33
Tabla No. 3.- Clasificación de aguas sugerida por Wilcox, tomando como base la Conductividad eléctrica - - - - -	33
Tabla No. 4.- Clasificación de aguas, tomando como base la relación de adsorción de Sodio - - - - -	34

I N D I C E D E P L A N O S

Págs.

Plano No. 1.- La Costa de Hermosillo mostrando - los predios agrícolas - - - - -	48
Plano No. 2.- Ubicación de los lugares muestrea- dos y la localización de los pozos que irrigan a esos suelos - - - -	49
Plano No. 3.- Perfil Continental frente a la Cos- ta de Hermosillo - - - - -	50
Plano No. 4.- Descensos totales de los mantos - acuíferos hasta septiembre de 1960	50
Plano No. 5.- Abatimiento de los acuíferos.- Sep- tiembre de 1959 a Sept. de 1960.-	50
Plano No. 6.- Cotas de Niveles estáticas referi- das al nivel del mar correspondien- tes a septiembre de 1960. - - - - -	50
Plano No. 7.- Partes por millón de Cloruros de So- dio. Análisis de muestras obtenidas en septiembre de 1960. - - - - -	50
Plano No. 8.- Pozo Centinela C-2 perforado a fines de 1959.- Datos parciales obtenidos	50
Plano No. 9.- Pozo Centinela C-1 actualmente per- forado.- Resultados parciales obte- nidos. - - - - -	50

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

La Zona Agrícola de la Costa de Hermosillo, es por su agricultura, de las más importantes en el país, principalmente en el incremento de la producción triguera y algodonera; cultivos que por sus rendimientos tan altos, obtenidos en una superficie extensa, han logrado que el Estado de Sonora se coloque en repetidas ocasiones en el primer lugar de producción en los mencionados cultivos.

El Municipio de Hermosillo comprende 1'500,000-00-00 Has., de las cuales solamente se han puesto en cultivo en la Costa de Hermosillo, un total de 96,000-00-00 Has. El motivo fundamental para que no se haya aprovechado a la fecha el máximo de terreno cultivable, se debe principalmente a la veda de perforación de pozos que ha establecido la Secretaría de Recursos Hidráulicos, desde el 11 de julio del año de 1951, motivada por los abatimientos del manto acuífero, mismos que van en la proporción de un metro por año y que de no haberse tomado esta medida precautoria, en la actualidad, los resultados de la extracción de agua bombeada fueran desastrosos, ya que la única fuente de abastecimiento de agua a los cultivos, es la del subsuelo. veda

Debido a las condiciones climatológicas de la región, bondadosas para el desarrollo del trigo, en los meses de Noviembre a Junio y del algodón en los meses

de Abril a Octubre, los agricultores consideran estos cultivos como los principales para la zona. Durante más de veinte años se ha venido fomentando el establecimiento de estos cultivos, llegando a considerarlos como factores primordiales de la economía del Estado. Durante el ciclo agrícola 1962-1963 la cosecha del trigo alcanzó su máxima producción, en una superficie de 87,015-00-00 Has., obteniéndose un rendimiento de 250,000 toneladas. El algodón en el año de 1955 alcanzó en un área de 32,000-00-00 Has. un rendimiento máximo de 57,600 toneladas. Seguramente que este incremento en el cultivo mencionado, se debió a los mercados magníficos existentes en fechas recientes a los años en que se obtuvieron los máximos rendimientos, lo que trajo como consecuencia el entusiasmo creciente por fomentar la siembra del algodón y trigo.

Desgraciadamente los monocultivos continuados por varios años, ocasionan una serie de factores que van en detrimento de los rendimientos deseados; bien sea por que la fertilidad natural de los suelos disminuya o bien porque las enfermedades prosperan con mayor facilidad y las plagas aumentan sus poblaciones, llegando en ocasiones a presentar resistencia a insecticidas que antes pudieran haberlos combatido eficazmente, o bien porque el monocultivo provoque relaciones agua-suelo adversas al

buen comportamiento de las plantas. Si a ésto aunamos prácticas de riego deficientes, las consecuencias pueden, en caso de no tomarse una medida de prevención y en un futuro no muy remoto, ocasionar un problema serio en esta región.

En virtud de la urgente necesidad de atender desde el punto de vista técnico el problema de la relación agua-suelo ligada estrechamente a las condiciones de salinidad en esta región, se llevó a cabo el análisis de 275 muestreos de suelo, los cuales fueron colectados en el año de 1961 y que se consideró representaban la porción de la región agrícola más afectada o susceptible de ser afectada con problemas de salinidad por su proximidad al Golfo de California.

La finalidad de este trabajo, tiene como objeto levantar un mapa que de idea de la superficie afectada por sales, del avance de las mismas y de la clase de sal que se trata, para estar en condiciones de poder orientar al agricultor sobre el problema técnico de rehabilitación de suelos y lograr con ésto, un aumento en sus producciones agrícolas.

L I T E R A T U R A R E V I S A D A

El problema de salinidad de suelos se ha estudiado ampliamente y al mismo tiempo, se han investigado los factores que lo originan observando la influencia de este fenómeno en la productividad. A continuación se mencionan algunos conceptos que ciertos investigadores tienen sobre este tema:

Hilgard (5) en 1906, considerado como el iniciador de los estudios sobre salinidad en suelos agrícolas, sienta sus bases científicas que han servido para entender mejor este problema, señalando la importancia que tiene el conocimiento del fenómeno llamado "Intercambio de bases". Es el primero en mencionar los términos "álcali negro" y "álcali blanco" en relación a los suelos con contenido de sales sódicas y sales no sódicas, respectivamente.

Kelley (7) en 1951, establece los principios básicos para la rehabilitación de los suelos alcalinos contribuyendo al mismo tiempo a fijar las bases para la clasificación de suelos, según su grado de salinidad. Establece además que la solución al problema de alcalinidad consiste en:

a).- Remoción de sales del suelo y subsuelo, hasta horizontes inferiores a profundidades inclusive a donde las raíces de las plantas cultivadas no se desarrollan.

b).- Tomar medidas de prevención que impidan la resalinización de los suelos que han sido recuperados.

Gedroiz (4) en 1917, adopta por primera vez los términos solonetz, solonchac y solod para diferenciar los distintos tipos de suelos salinos dentro de la escuela Rusa.

Moreno (8) en 1953, señala la importancia que tiene la constante acumulación de sales en el perfil de los suelos agrícolas indicando ampliamente la influencia que tienen en este fenómeno las condiciones favorables al proceso de salinización y que son las siguientes:

a).- Clima regional árido con mayor evaporación que precipitación anual.

b).- Deficientes condiciones del drenaje exterior.

c).- Malas condiciones de la permeabilidad del agua.

d).- Mala calidad del agua de riego, debido a su contenido de sales en solución.

M A T E R I A L E S Y M E T O D O S

Localización de la Costa de Hermosillo

El Distrito de Riego No. 51 de la Costa de Hermosillo, ocupa la porción media occidental del Estado de Sonora, situándose entre los paralelos de latitud Norte $28^{\circ}22'$ y $29^{\circ}54'$ y entre los meridianos 111° y $112^{\circ}30'$ al oeste de Greenwich. Su ubicación geográfica se localiza al oeste de las grandes cordilleras continentales. Estas regiones son áridas por excelencia, con una flora y fauna típica a consecuencia del medio ambiente.

Se halla delimitado por una poligonal que tiene los siguientes vértices: Cúspide del Cerro Tepopa, situado en el litoral del Golfo de California, Cumbre del Cerro Anacoretas, Cima del Cerro del Burro, Centro del poblado denominado Puerto Cornelio, Cortina de la Presa de Hermosillo, Cima del Cerro Villa de Seris, Carretera Guaymas-Hermosillo, hasta el poblado de La Palma, parte más elevada de Loma Colorada, altura mayor del Cerro La Bocana, Costa Sur de la Bahía Tastiota, litoral del Golfo de California y finaliza este perímetro en la cumbre del Cerro Tepopa, origen del mismo.

La Costa de Hermosillo es una ampliación e intercomunicación de los Valles del Río Sonora y Bacoachi: El Valle del Río Sonora, al poniente de Hermosillo, se halla medianamente encajonado hasta la sierra de Siete Cerros, a partir de la cual se abre para formar una gigantesca

planicie costera de relieve muy suave en la que la máxima pendiente es de 0.25%. (11)

Localización de los sitios muestreados.

El presente estudio se llevó a cabo con la colaboración directa de la Escuela de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora y el propósito fundamental era, el de determinar las condiciones de salinidad que prevalecían en los suelos agrícolas de la Costa de Hermosillo. Con base en este propósito, se llevó a cabo el muestreo de suelos al azar.

En el Apéndice (pág.51), aparecen en forma individual los resultados analíticos de cada una de las muestras incluyendo nombre del predio, para su fácil localización en el mapa adjunto de la Costa de Hermosillo. (Ver plano No. 1, pág. 48).

Descripción de las características de la región.

A.- Climatología.

Los datos meteorológicos que se mencionan de la zona de la "Costa de Hermosillo", han sido tomados del Boletín Meteorológico de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, con promedios de datos estadísticos de diez años: (12)

Temperatura media anual	25.2°C.
Precipitación media anual	243.5 mm.

Evaporación media anual	2,797.7 mm.
Humedad relativa media	40%

De acuerdo con los datos anteriores, el clima es tá clasificado de la siguiente manera:

a).- Considerando las características de temperatura y precipitación media anuales según el sistema de Koppen, el clima queda comprendido dentro del tipo desértico, correspondiéndole los símbolos B W h (clima seco de desierto, caliente, temperatura media anual mayor de 18°C.)

b).- Considerando los datos de por cientos de humedad relativa media y la temperatura, el clima de la región según el sistema de Thornthwaite, queda representado por los símbolos EB'da (árido, con lluvia deficiente en todo el año)

Como se observa en cualquiera de los métodos de clasificación que se sigan, la climatología regional queda conceptuada dentro del tipo desértico con evaporación media anual mayor poco más de once veces de precipitación media anual, por lo cual la productividad agrícola solamente es posible mediante el uso del agua de riego que en el caso concreto de la Costa de Hermosillo, es por bombeo.

B.- Antecedentes Geológicos.-

Aun cuando el autor no tiene un conocimiento amplio acerca de los estudios que se hayan efectuado en re-

lación con el aspecto geológico de la zona, se puede pensar que hace miles de años, una gran porción de los suelos de la Costa de Hermosillo eran, si no lecho de mar, sí muy influenciados por corrientes marinas; actualmente en una extensión bastante considerable, se localizan restos marinos, como conchas de mar, etc. Por otra parte, el concepto anteriormente mencionado tiene sus bases en una gran concentración de elementos calcáreos que se localizan a una profundidad de 30-40 cms. y principalmente de la calle 36 hacia el oeste. Por mencionar un caso concreto, se señala como ejemplo, los campos "Soto".

Por otra parte, el origen de los suelos de la región, se supone que han sido formados por minerales primarios. Dichos minerales primarios que constituyen la costra terrestre han sido puestos en solución mediante la intemperización y acarreados y depositados por corrientes de aguas y vientos dando así origen a la formación de los suelos mencionados, mismos que generalmente presentan un horizonte indefinido con una gran proporción de arcilla que hace difícil su manejo y que para los cultivos es necesario llevar a cabo labores de subsuelo. Como ejemplo se cita el "Campo 4" al final de la calle 12.

Los manchones de ensalitramiento localizados a simple vista en la Costa de Hermosillo, bien pueden deberse al depósito de sales en las capas superficiales median

te su acarreo en la evaporación del agua de capas inferiores y que dichas sales como se menciona anteriormente pudieron haber tenido su origen mediante la solubilización en lo que se supone que fué lecho de mar. Por otra parte, las observaciones hechas sobre las aguas de diferentes pozos de la Costa de Hermosillo indican la presencia de sales en solución, mismas que a la fecha no se sabe con exactitud si se debe a que corrientes marinas hayan contaminado el manto acuífero por la filtración de agua de mar originada por diferencia de presiones hidrostáticas del mar hacia el manto acuífero, a que existan en algunos lugares del lecho del manto acuífero, elementos salinos puestos en solución, o bien a algún otro factor también desconocido. Es de hacerse notar sin embargo, que desde hace aproximadamente seis años a la fecha, algunos pozos de los pocos que presentan sales en solución, cuando inicialmente se trabajaron su agua era normal, pero sin conocer la causa, algunos de ellos a la iniciación del bombeo su agua tenía una concentración de sales determinada y al cabo de cuarenta y ocho a setenta y dos horas el agua se normalizaba; otros de ellos en la actualidad, continúan con una constante concentración de sales, que si bien es cierto que por el momento no son perjudiciales para los cultivos, con el transcurso del tiempo las sales que se sigan extrayendo con el bombeo y acumuladas en el terreno de cultivo, sí causarán un verdadero problema para la producción agrícola si no

son manejados en forma adecuada.

Características de los Suelos analizados.

Como se ha dicho anteriormente el clima de la zona está clasificado como desértico; además se ha indicado que en la región existen en cantidades considerables elementos calizos y sedimentarios de origen marino, que dan formaciones de bicarbonatos de calcio y magnesio y silicatos de esos elementos.

Por otra parte, éstos suelos parecen ser suelos de tipo Loess, cuyas características principales son las de tener una capa compacta de arcilla, originada por la sedimentación de las partículas coloidales, en su acarreo durante la penetración del agua en el suelo y acumuladas por la pérdida de la velocidad de la misma, originando como consecuencia dicha compactación y por tal motivo, las plántulas tienen dificultad para su emergencia.

La reacción pH de los suelos es moderadamente alcalina variando entre 7.2 a 8.

Las coloraciones de los suelos regionales, son de una diversa gama que van desde el café claro al gris oscuro.

Existen además pequeñas áreas de suelos que a simple vista parecen salinos, conteniendo determinadas canti-

dades de sales solubles y que independientemente del tipo de sales que se trata, se indica su contenido por separado en el apéndice. (Ver tabla correspondiente a Análisis, páginas de la No. 52 a la 60 inclusive).

Método de Muestreo de los Suelos.

Con el objeto de determinar con una precisión clara el estado actual de salinidad de los suelos agrícolas comprendidos en el presente trabajo, se llevaron a cabo muestreos de campo y análisis físico-químicos de Laboratorio, con la intención además, de compararlos con los resultados analíticos de Laboratorio sobre las aguas de los pozos que satisfacen las necesidades de riego en la región. Las técnicas que se han empleado tanto en los muestreos como en los análisis son las descritas por Richards en el Manual de Agricultura No. 60 del Depto. de Agricultura de los Estados Unidos (9) y llevado a cabo el trabajo de laboratorio con la colaboración amplia de la Secretaría de Recursos Hidráulicos en sus oficinas de Salinidad y Drenaje de Ciudad Obregón y Hermosillo, Sonora.

El criterio que se siguió en la toma de muestras fué el siguiente:

- 1.- Las muestras se recolectaron en los lugares representativos de las condiciones generales del predio tomado al azar.

2.- Los cortes se abrieron en las areas representativas y cuando el suelo presentaba evidencia de un perfil mas o menos desarrollado o estratos diferenciados, las muestras se tomaron por horizontes.

3.- Si no había evidencia de horizontes diferenciados, las muestras se tomaron a profundidades de 0 a 30 cms., de 30 a 60 cms. y de 60 a 1.20 mts.

4.- Las muestras pesaban aproximadamente un kilogramo cada una y solamente en aquellos casos en que con barrena no se podía penetrar por causa de la gran cantidad de sales de calcio existentes en el suelo, las muestras pesaban de 300 a 500 gramos.

El tipo de registro que se utilizó para la recolección de muestras, señalaba la fecha de toma, el nombre del propietario del campo, así como la ubicación del predio, la profundidad del muestreo y datos generales mencionando los cultivos anteriores y tiempo bajo cultivo a que estuvieron sometidos dichos campos citando también los rendimientos aproximados que se obtuvieron. Se incluían además las posibles observaciones que sirvieron de base para tener una idea más amplia del comportamiento del campo, así como un croquis del lugar muestreado.

Métodos de Análisis empleados.

Los métodos que se emplearon, así como los análisis que se corrieron en las muestras de suelos que se

consideran en este trabajo, fueron los siguientes:

1.- Textura del suelo.

La determinación de las texturas en todas las muestras, se llevó a cabo con el método de hidrómetro de Bouyoucos.

2.- pH del suelo.

Se llevó a cabo empleando el potenciómetro Beckman con electrodos de vidrio y calomel en pasta de suelo saturado siguiendo el instructivo de Richards en el manual de Agricultura No. 60 del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Con los métodos de este instructivo, se determinaron: Calcio más magnesio, Carbonatos, Bicarbonatos, Sulfatos y Cloruros.

3.- Contenido de sales solubles totales:

Se determinó cuanteando en extracto de suelo saturado la conductividad eléctrica de las muestras expresada en mmhos./cm. a 25°C.

4.- Sodio soluble.

Se determinó mediante el sistema de espectrofotometría.

5.- Relación de Adsorción de Sodio y Por ciento de Sodio intercambiable.

Se determinaron mediante las fórmulas empíricas que ofrece Richards y checadas con las gráficas que aparecen en dicho manual.

RESULTADOS E INTERPRETACIONES DE LOS ANALISIS OBTENIDOS
EN EL LABORATORIO

Aun cuando en el Apéndice se muestran en forma individual los resultados numéricos obtenidos de cada una de las muestras, a continuación se presenta un cuadro de los promedios de dichos resultados:

Textura	Arcillo-Limosa	
pH		7.84
Conductividad eléctrica		7.94
Calcio más magnesio		47.18
Sodio		30.72
Carbonatos		0.06
Bicarbonatos		5.80
Sulfatos		6.12
Cloruros		65.05
Relación de Adsorción de sodio . . .		6.33
Por ciento de sodio intercambiable .		7.54

Los datos anteriores son los promedios de los sue los correspondientes a las muestras que representan la ca pa arable del terreno por ser éstas las que nos indican más estrechamente el desarrollo radicular de las plantas en forma más importante que el desarrollo que tienen las plantas en el subsuelo.

El examen de los datos anteriores expuestos nos lleva a formular las siguientes consideraciones con respec to a las características físico químicas:

10.- En la textura de los suelos, predomina en un 33% la de Arcillo-limosa y en un 30% la de migajón limosa.

20.- El resultado promedio del pH cae dentro de lo normal.

30.- La lectura promedio de la Conductividad - Eléctrica, pasa del rango de lo normal.

40.- La suma de cationes, va de acuerdo a la lectura de la Conductividad Eléctrica, obteniéndose con estos datos la Relación de Adsorción de Sodio.

50.- La suma de Aniones va de acuerdo a la lectura de la Conductividad Eléctrica, encontrándose que el promedio de la obtención de Cloruros, es más elevado que cualquier otro anión estando presente en forma de Cloruro de Calcio, Magnesio y Sodio.

60.- El promedio del por ciento de Sodio Intercambiable estimado, no llega al límite de 15, que señala el Manual de Agricultura, para ocasionar daños de consideración.

Es de hacerse notar en estas consideraciones, que los datos promedios que se presentan, pertenecen a profundidades de 0 a 30 cms. y que dichos promedios corresponderían a un suelo clasificado como Salino; sin embargo, como es fácil comprender, dentro de las muestras a esas profundidades, se incluyen algunas con conductivida-

des eléctricas bastante altas y por supuesto, valores elevados de cationes y aniones, afectando con ésto las cantidades reales del resto de las muestras que en la gran mayoría, están clasificadas como normales.

Las muestras que tienen conductividad eléctrica alta a que se refiere lo antes expuesto, pertenecen a los campos: "San Alfonso", Sociedad "Bella Vista", Hacienda "Bonita", Sociedad "Cuauhtemoc", "San Jorge" y Colonia "7 de Noviembre" principalmente, mostrando dichos campos, focos que a simple vista tienen todas las características de suelos clasificados como salinos-sódicos. Existen además, como se indica en el apéndice, algunas muestras que sin tener el efecto tóxico del sodio, denotan un alto contenido de sales de otro tipo.

Clasificación de los Suelos Salinos.

Como se puede observar, en los suelos analizados se encontró que solamente una pequeña superficie está afectada por sales y el resto de ellas se encuentran en condiciones normales o ligeramente afectadas por este factor.

Tomando en consideración que efectivamente se encuentran areas afectadas por sales, a continuación y tomando en cuenta que existen varios sistemas arbitrarios de clasificación de los suelos salinos y sódicos, se da la clasificación establecida por el Laboratorio de Salini

dad de Riverside, California, E.U. Esta Institución agrupa a los suelos afectados por sales de la siguiente manera:

- 1.- Suelos normales.
- 2.- Suelos salinos
- 3.- Suelos sódicos
- 4.- Suelos salinos sódicos

Las características de ellos se definen de la siguiente forma:

1.- Suelos Normales:

Son aquellos en que la conductividad eléctrica no llega a 4 mmhos., ni tampoco tienen un valor de pH mayor que 8 y el por ciento de sodio intercambiable no llega al 15%.

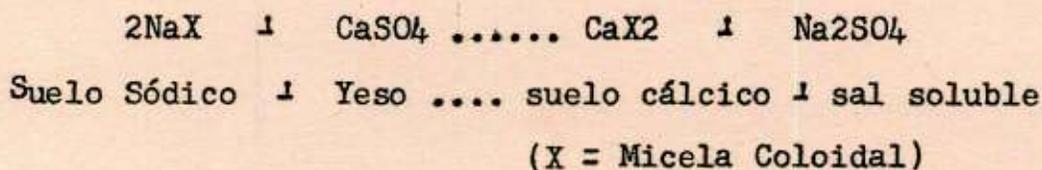
2.- Suelos salinos:

Son aquellos en que la conductividad eléctrica en el extracto de saturación del suelo, es mayor de 4 mmhos./cm. a 25°C., pero el por ciento de sodio intercambiable no alcanza al 15%. La reacción del pH no llega a un valor de 8 a 8.5 y generalmente estos suelos son los conocidos por muchos autores y agricultores como "álcali blanco" y otra de las características físicas de ellos, en caso de contar con agua necesaria y buen drenaje, es que pueden ser fácilmente rehabilitados mediante lavados convirtiéndolos en esta forma en suelos normales.

3.- Suelos sódicos:

En esta clasificación se encuentran aquellos suelos que sus características son las de tener una conductividad eléctrica en el extracto de suelo saturado menor de 4 mmhos./cm. a 25°C., pero que su valor de pH es mayor de 8 o de 8.5 y el por ciento de sodio intercambiable también es mayor de 15. Estos suelos son conocidos todavía por muchos autores y por algunos agricultores como "álcali negro". A éste tipo de suelos se les encuentra comúnmente formando manchones mas o menos grandes, de aspecto negruzco y en ocasiones con aspecto grasoso. Las condiciones físicas en estos suelos son pésimas, ya que el color negruzco se debe a que el sodio en solución forma sosa cáustica, misma que quema la materia orgánica del suelo, dándole el aspecto mencionado; por otra parte, la defloculación del suelo ocurre por el mismo efecto del sodio y, que como en todos los casos, trae como consecuencia el que los poros o espacios vacíos del suelo, queden prácticamente obstruidos por los coloides, producto de la misma defloculación dando formación así a un suelo impermeable, infertil e inadecuado en estas condiciones para la agricultura. Es necesario para la rehabilitación de este tipo de suelos, la aplicación de mejoradores tales como el sulfato de calcio en cantidades considerables para que el calcio substituya en la micela coloidal al sodio adsor

bido y de esta forma, convertirlo en un suelo salino para que mediante lavados, se obtenga un suelo normal. Cuando se aplica sulfato de calcio, como mejorador, se busca que el radical sulfato mediante la hidrólisis, acidifique el suelo bajando con ésto su pH y al mismo tiempo se tenga la reacción química que a continuación se menciona: (2)



Los suelos sódicos son indiscutiblemente, los que más dificultades presentan para el desarrollo de la agricultura, ya que para su recuperación, necesitan de un completo estudio sobre salinidad de los mismos y posteriormente cuando se llegan a obtener los requerimientos del yeso para su rehabilitación se necesita de un fuerte capital para hacer inversiones tendientes a efectuar las labores necesarias para dicha recuperación, tales como drenaje, aplicación de mejoradores, aplicación de láminas grandes de agua y finalmente estudios para observar y cuantear el grado de lexicivación de las sales y determinar las condiciones físico químicas cuya meta final será la de lograr un suelo normal.

4.- Suelos salinos sódicos.

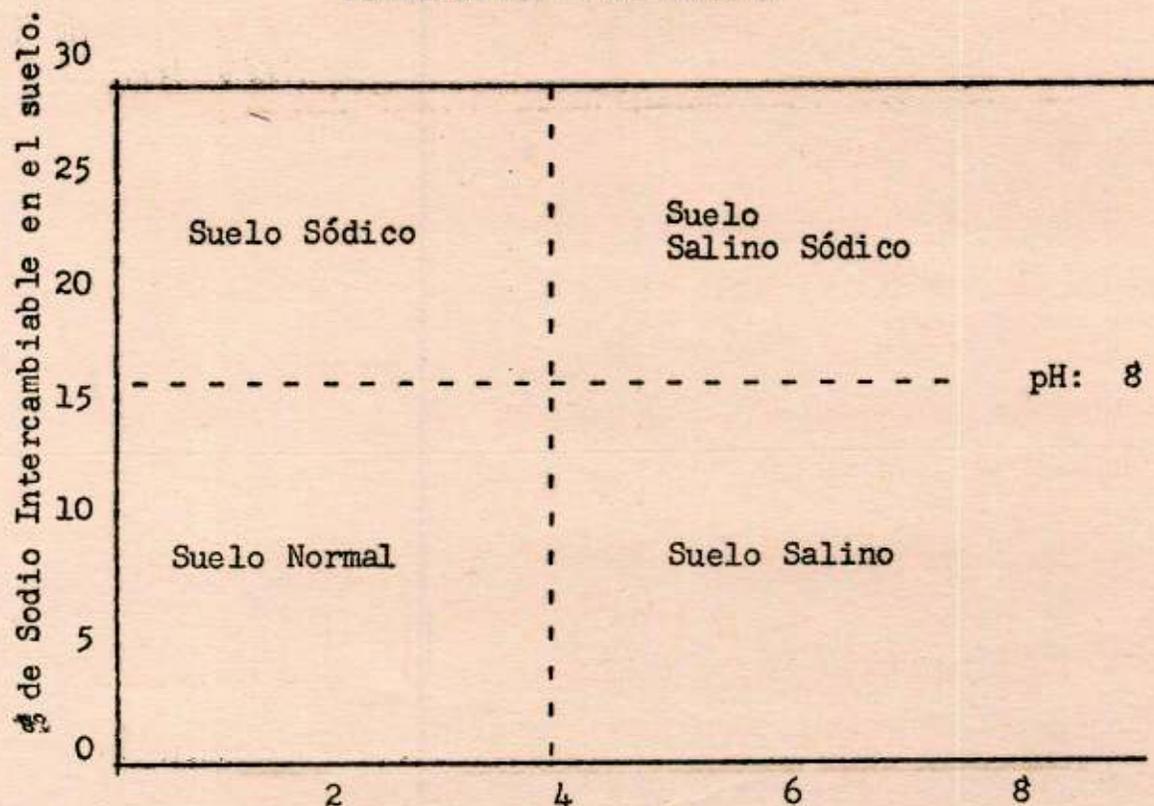
Las características de estos suelos son, de acuerdo con la clasificación ya establecida, las de tener

una conductividad eléctrica mayor de 4 mmhos./cm. a 25°C. de tener también un pH mayor de 8 a 8.5 y tener además un por ciento de sodio intercambiable mayor de 15.

Las consecuencias de estos suelos en estas condiciones son, aunadas a la de la concentración de sales, el efecto tóxico del sodio; condiciones éstas, que originan en el caso de los suelos sódicos, la defloculación de los mismos o sea la dispersión de los coloides, impidiendo así una buena penetración del agua y una adecuada aereación que impide el desarrollo de las plantas.

La reincorporación de estos suelos, a la agricultura, requiere en primer lugar de un lavado inicial para la lexiación parcial de las sales existentes, con lo que se elimina parte del Sodio Adsorbido, para posteriormente hacer aplicaciones de mejoradores como el que se menciona en la tercera clasificación de suelos y en esta forma substituir con el calcio, al sodio que ha quedado retenido en la micela coloidal. De esta manera, una vez que se ha convertido un suelo salino sódico a sódico y hecha la aplicación de mejoradores para obtener un suelo salino, habrá necesidad posteriormente de un nuevo lavado que tiene como finalidad la conversión a un suelo normal.

C U A D R O N O. 1
CLASIFICACION DE SUELOS



Conductividad eléctrica del extracto de suelo saturado expresada en mmhos./cm. a 25°C.

Clasificación y Sugerencias para los
Suelos Analizados.

Tomando como base los análisis físico químicos obtenidos en el Laboratorio de Suelos, sobre las muestras que se mencionan, se llevó a cabo una clasificación de los mismos agrupándolos en dos series:

Suelos Normales y

Suelos afectados por las sales.

Para dar una idea clara de los conceptos mencionados, se presenta un cuadro con sugerencias de acuerdo a la Clave que se establece: (1)

Clave	S u g e r e n c i a s
I	Aplicar yeso en toneladas por hectáreas.
II	Aplicar lavados.
III	Aplicar yeso agrícola y lavados con agua para riegos.
IV	No sembrar ningún cultivo; repetir el análisis y verificar el estado de salinidad del suelo después de haberse aplicado las técnicas de rehabilitación recomendadas.

Para la interpretación del cuadro citado, a continuación se hace la siguiente explicación:

Clave I.- Aplicación del yeso.

La recomendación a la Clave I, en la que interviene las necesidades del yeso, se concretan a aquellos suelos en los cuales se determina que el por ciento de sodio intercambiable es mayor de 15%. Esta recomendación se hace con el objeto de substituir en la micela coloidal al sodio adsorbido en ella por el ión calcio. Como se ha dicho anteriormente, se pretende eliminar el efecto tóxico del sodio en el suelo sobre las plántulas y en esta forma, el sulfato de calcio actúa mediante su solución con la reacción química citada en páginas anteriores, en la que el ion calcio substituye como se ha dicho, al sodio.

En exposiciones anteriores se ha comentado que los suelos de la Costa de Hermosillo contienen una cantidad considerable de calcio y magnesio señalándose que cuando menos, existan cantidades tales, por las que no hay necesidad de hacer aplicaciones de estos elementos para las necesidades de los cultivos; sin embargo, el calcio localizado en los suelos que se han clasificado como sódicos, no existe en cantidades suficientes para contrarestar el efecto sódico o al menos, el calcio y magnesio existentes no se encuentran en forma soluble en cantidad necesaria para un aceptable intercambio iónico. Por otra parte, se ha recomendado la aplicación de yeso por ser éste mejorador de fácil adquisición y bajo costo. La incorporación de este compuesto al suelo, puede hacerse con un arado de discos o cualquier otro implemento capaz de hacer que las partículas del suelo y las del sulfato de calcio queden mezclados cuando menos a una profundidad de treinta cms.

La cantidad de yeso de acuerdo con Richards, se calcula conforme al siguiente cuadro:

C U A D R O No. 2

REQUERIMIENTOS DE YESO EN RELACION CON EL CONTENIDO DE SODIO EN UN SUELO

Contenido de Sodio Intercambiable presente en el suelo Meq/100 gms. de suelo.	Cantidades de Yeso Tons./Ha.
1	4.0
2	8.2
3	12.4
4	16.5
5	20.6

Clave II,- Aplicación de lavados.

Los lavados de los suelos, como se ha establecido anteriormente, proceden en aquellos suelos en que la conductividad eléctrica tiene más de cuatro mmhos/cm. a 25°C. y también en aquellos en los que el por ciento de sodio intercambiable y pH son mayores de 15 y 8, respectivamente, y que por lo tanto caen en la clasificación de suelos salinos, sódicos ó salino-sódicos, los que para su buen manejo agrícola existe la necesidad de hacer aplicaciones de láminas de agua, que de acuerdo al tipo de suelo de la región y tomando en consideración los trabajos de rehabilitación de suelos que se llevan a cabo en el Valle del Yaqui (3), son de 60 cms. o más, dependiendo esto de su clasificación y concentración. Con estas láminas se pretende lexiviar las sales a estratos más profundos y evitar con esto que impidan el buen desarrollo de los cultivos en la capa arable.

Si los resultados analíticos de los suelos nos han llevado a la determinación de un suelo clasificado como salino-sódico, habrá necesidad de recurrir a las técnicas citadas en el Capítulo correspondiente.

Clave III.- Aplicar yeso agrícola y lavados con agua para riegos.

Esta Clave como se comprende, trata de dar idea de la combinación de las dos Claves anteriores en la que una vez efectuada la aplicación del yeso, al mismo tiempo que el agua es empleada para la solución del calcio y su sustitución por el sodio en la micela coloidal, es aprovechada por algún cultivo. Generalmente la lámina de agua aplicada en estos casos, es de 50 cms. y para relacionarlo con los conceptos anteriormente mencionados, se trata de un suelo sódico, pero en condiciones tales, que apenas rebasan el límite de su clasificación.

Clave IV.- Rehabilitación del suelo antes de efectuarse cualquier siembra.

En esta clave, se agrupan los suelos clasificados como salino-sódicos en condiciones que superan grandemente el límite de su clasificación y en los cuales, no se recomienda efectuar ningún cultivo sin que antes se lleve a cabo, primero, un lavado para lexiviar las sales y después un nuevo muestreo llevado a análisis de laboratorio para determinar el Sodio Soluble, el por ciento de

sodio intercambiable y la cantidad de yeso necesario por aplicar, para sustituir en el complejo coloidal al sodio adsorbido y nuevamente analizar la condición de sales en el suelo. En este caso, se recomienda también la incorporación de materia orgánica para recuperar la buena condición del suelo, ya que cuando los suelos han sido lavados, la estructura de los mismos ha sido modificada llegando a la degradación de ellos. Con la materia orgánica como es sabido, el suelo recupera su buena permeabilidad para lograr una mejor retención del agua y por otra parte, prestarle una adecuada aereación. Un suelo en estas condiciones, como es de suponerse, ha perdido una considerable fertilidad porque los nutrientes han sido arrastrados junto con las otras sales en el lavado que se ha hecho, por lo que existirá la necesidad de efectuar nuevos análisis, pero ya en este caso, será para la aplicación de fertilizantes en forma conveniente para elevar su nivel productivo.

CONSIDERACIONES SOBRE LAS AGUAS USADAS PARA RIEGO
EN LA COSTA DE HERMOSILLO.

Generalidades:

Una porción de la zona agrícola que actualmente constituye el Distrito de Riego No. 51 de la Costa de Hermosillo, se regó por primera vez en el año de 1945, iniciándose con 15 pozos. Al terminarse la Presa "Abelardo Rodríguez Luján", las tierras fértiles de la región de Siete Cerros, dejaron de recibir las avenidas del Río Sonora y los agricultores se vieron en la necesidad de buscar el agua en el subsuelo.

Cuando se decretó zona vedada para la perforación de pozos en la Costa de Hermosillo, el número de pozos era de 258 (julio de 1951); hoy día, cuenta el Distrito de Riego No. 51, con 460 centros de bombeo.

Por disposiciones presidenciales, en el mes de Diciembre de 1954, quedaron suspendidas todas las perforaciones de pozos; esta disposición permanece vigente en la actualidad.

Como se señala al principio del trabajo, el clima de la región es árido, con precipitaciones escasas que no satisfacen las necesidades de riego. El único recurso natural de agua en la Costa de Hermosillo, es el bombeo directo al manto acuífero, cuyos niveles se localizan a profundidades que varían desde los 35 a 95 metros. La extracción de agua mediante pozos profundos osci

la en un gasto promedio de 110 litros por segundo, estimándose que la extracción anual es de 940 millones de metros cúbicos durante 10 meses de bombeo, durante los cuales se han venido haciendo estudios con el fin de observar los movimientos de los niveles del mismo manto acuífero utilizando para ello 11 limnigrafos establecidos en pozos pilotos en los cuales la orientación que se ha obtenido, es un abatimiento del nivel estático y que para tener una idea de este concepto se muestran los siguientes datos: (Ver planos pág. 50).

T A B L A No. 1

ABATIMIENTOS DEL ACUIFERO REGISTRADOS POR 11 LIMNIGRAFOS.

ABATIMIENTO EN METROS											
Períodos	P R E D I O S										
	Santa Rosalía	Venecia	El Triunfo	El Peave	Formosa	Villa Luz	San Vicente	Rosario	Guerrero	Carri-zal	Campo 4
1958-59	0.73	0.88	--	--	--	--	--	0.79	--	0.42	0.56
1959-60	1.09	1.87	--	--	--	1.55	--	0.66	1.03	0.73	0.63
1960-61	1.76	1.52	1.58	--	--	1.90	2.37	0.87	0.27	1.20	0.50
1961-62	1.46	3.27	1.52	--	--	3.25	--	0.89	0.87	1.22	0.84
1962-63	1.44	1.86	1.54	2.60	2.15	2.00	3.90	0.84	1.08	1.14	0.90

Para establecer una comparación con el estado de salinidad que guarda la Costa de Hermosillo, a través de las muestras representativas y las aguas que las irrigan, el autor procedió a tomar muestras de los pozos respecti-

vos para determinar su calidad previo análisis en el Laboratorio de Salinidad de la Oficina de Ingeniería de Riegos, adscrita a la Secretaría de Recursos Hidráulicos en Hermosillo, Sonora.

En términos generales, la calidad del agua está afectada por los siguientes factores: (6)

- 1o.- La concentración total de sales solubles.
- 2o.- La concentración de sodio y la relación que existe entre este catión y el contenido total de iones calcio más magnesio.
- 3o.- La concentración de ion bicarbonato; y
- 4o.- La presencia de otros elementos tales como el boro, que en pequeñas cantidades es tóxico para las plantas.

Las consecuencias del uso del agua con cantidades de sales significativas sobre suelo y planta, son:

1o.- Aumento de la concentración salina del suelo que origina una mayor presión osmótica en la solución del mismo.

2o.- La deposición de carbonatos sulfatos y silicatos de calcio y magnesio, que con el tiempo se van sedimentando, formando una capa impermeable que impide la penetración del agua y dependiendo de la profundidad donde se localice esta capa, causa trastornos al desarrollo de la planta.

3o.- Pueden, si las sales del agua tienen un contenido de sodio, ocasionar un aumento en la adsorción de este elemento en las partículas coloidales del suelo.

4o.- Se producen cambios en la reacción pH del suelo que generalmente tiende a aumentar, por el grado de alcalinidad que va adquiriendo.

5o.- Se puede ocasionar también, si las aguas están contaminadas con elementos tales como el boro o el aluminio, un grado de toxicidad bastante perjudicial para las plantas.

6o.- La flora y fauna microbiana sufre cambios considerables.

7o.- La estructura del suelo es modificada en forma adversa, así como también la permeabilidad y la ae-reación del mismo.

Sintomatología de las plantas que se desarrollan en un medio afectado por sales.

En realidad, las plantas presentan pocos síntomas característicos de los daños causados por las sales solubles en el suelo. Las características más notorias, son una reducción en el tamaño de las plantas y en la produc-

ción. Según observaciones hechas en la Comarca Lagunera, las plantas que se desarrollan en estas condiciones, presentan características morfológicas que tienden a reducir la transpiración, probablemente como una reacción de defensa contra las condiciones desfavorables para la absorción del agua, originada por la elevada presión osmótica del suelo; sin embargo, en aquellos suelos en los que la conductividad eléctrica en su extracto de saturación es mayor de 4 mmhos/cm. a 25°C., el pH mayor de 8 y el por ciento de sodio intercambiable, es mayor de 15, la nacencia de las plantas susceptibles a medios con leves concentraciones de sales, generalmente no ocurre.

Como se observa en el apéndice, en los datos de los resultados analíticos sobre aguas (págs. 61-66) se incluyen las columnas: pH, Conductividad eléctrica, Calcio más Magnesio, Sodio Soluble, Bicarbonatos, Cloruros, Sólidos disueltos, Relación de adsorción de Sodio y Por ciento de Sodio intercambiable, para con estos datos llegar a la clasificación que se presenta, tomando como base y relacionando las clasificaciones establecidas por Wilcox (13) y por Scofield (10), complementada además con la relación de adsorción de sodio.

Para dar una idea de los criterios seguidos, se presentan las tres clasificaciones mencionadas:

T A B L A No. 2

CLASIFICACION DE AGUAS SUGERIDAS POR SCOFIELD,
TOMANDO COMO BASE LA CONCENTRACION DE SALES EN p.p.m.

Clasificación	Concentración de sales en p. p. m.
1a. Clase o muy buena	Menor de 175
2a. Clase o buena	Entre 175 a 525
3a. Clase o tolerable	Entre 525 a 1400
4a. Clase o dudosa	Entre 1400 a 2100
5a. Clase o inútil	Mayor de 2100

T A B L A No. 3

CLASIFICACION DE AGUAS SUGERIDA POR WILCOX,
TOMANDO COMO BASE LA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA.

Clasificación	Conductividad eléctrica en mmhos/cm. a 25°C.	Grupos
1a) Aguas con baja salinidad	de 0.1 a 0.25	C1
2a) Aguas con media na salinidad	de 0.25 a 0.75	C2
3a) Aguas con alta salinidad	de 0.75 a 2.25	C3
4a) Aguas con muy al ta salinidad	Mayor de 2.25	C4

T A B L A No. 4

CLASIFICACION DE AGUAS TOMANDO COMO BASE LA
RELACION DE ADSORCION DE SODIO

Clasificación	R. A. S.	Grupos
1a) Factor bajo de adsorción de Sodio	Entre 0 a 10	S1
2a) Factor mediano de Adsorción de Sodio	Entre 10 a 18	S2
3a) Factor alto de Adsorción de Sodio	Entre 18 a 26	S3
4a) Factor muy alto de Adsorción de Sodio	Mayor de 26	S4

Como se observará en los datos individuales, las muestras en su totalidad, excepto la correspondiente al pozo 20-08, reportan una relación de Adsorción de Sodio que no pasa de la primera clasificación o sea, un factor bajo de R.A.S..- De acuerdo con Wilcox, las muestras presentan diferencias en su valor de Conductividad eléctrica variando desde la primera a la cuarta clasificación, aún cuando la mayoría cae dentro del grupo C2 o sea, aguas con mediana salinidad.- De acuerdo con Scofield, las muestras también presentan diferencias variando desde la primera a la tercera clasificación y solamente la correspondiente al pozo 20-08 se encuentra en la 5a. clasificación. La gran mayoría, sin embargo, cae dentro del grupo que presenta una concentración de sales de, entre 175 a 525 partes por millón.

Analizando estos datos y apegándose a las clasificaciones mencionadas, se puede considerar que las aguas son de mediana salinidad y que el factor de Relación de Adsorción de Sodio, es bajo. Sin embargo, tomando por ejemplo una muestra tipo que contiene un promedio de concentración de sales de 400 p.p.m., se está en condiciones de afirmar que por cada riego de una lámina de 10 cm./Ha., se está agregando al suelo 400 kgs. de sales y que si una hectárea de trigo, requiere en promedio un tirante de 80 cms., se agrega al suelo, por cada uno de estos ciclos vegetativos, la cantidad de 3,200 kgs. de sales por Hectárea; como se observa, esta cantidad de sales por ciclo vegetativo es la suficiente para que en un lapso muy corto, en caso de no atender un buen manejo del agua y del suelo cultivado, se presenten situaciones indeseables.

D I S C U S I O N

Dado que en la Costa de Hermosillo el problema de Salinidad apenas empieza, sería muy útil que desde luego se llevara a cabo un programa de previsión a un problema que pudiera presentarse en toda su magnitud. Lo ideal sería como en todos los casos, la aplicación de lavados a suelos tanto salino como sódicos o la combinación de ambos.

Desgraciadamente el único recurso de agua en la zona agrícola, es el de bombeo a profundidades que en muchos casos llegan a los 100 metros y que con el tiempo seguirán siendo mayores por el abatimiento del manto acuífero. Como se comprenderá, la práctica de lavados con fines de eliminar sales a estratos profundos para la zona de la Costa de Hermosillo, presenta dificultades para el agricultor por las restricciones de agua establecidas por la Secretaría de Recursos Hidráulicos, debidas al abatimiento del acuífero; por otra parte, considerando que existen pendientes casi planas que cuando mucho llegan al 2.5 al millar, se tendría otro problema por la cercanía al mar para instalar un sistema de drenaje que surtiera efectos a los suelos lavados.

En estas circunstancias se sugieren las siguientes medidas a seguirse:

1a.- Requisitos de lexiviación en la zona radicular:

La necesidad de lavado puede definirse como la fracción de agua de riego que debe percolarse a través de la zona de las raíces para controlar la salinidad en un determinado nivel. El lavado de las sales solubles presentes en la zona radicular es absolutamente indispensable en los suelos bajo riego. La necesidad de lavado puede ilustrarse considerando el efecto que las sales del agua de riego tienen en la salinidad del suelo si no hay lavado; sin el lavado, las sales se acumularán en proporción directa a la cantidad que de ellas contiene el agua de riego y a la lámina del agua aplicada. La concentración de sales en la solución del suelo, resulta en su mayor parte de la extracción de la humedad del suelo y por los procesos de evaporación y transpiración. Suponiendo que no haya precipitación de constituyentes solubles durante el proceso de salinización, la profundidad del agua de riego (P_r) de conductividad eléctrica conocida (CE_r), que contiene suficiente sal para aumentar la conductividad eléctrica del extracto de saturación de una profundidad de suelo (P_s) en una cantidad (A CE_s), puede calcularse mediante la siguiente ecuación:

$$P_r/P_s = (d_s/d_a) (P_s/100) (A CE_s/CE_r)$$

donde (d_s/d_a) es la relación de densidad del suelo y del agua y (P_s) es el porcentaje de saturación. Esta ecuación permite calcular la profundidad del agua de riego por unidad de profundidad de suelo, necesaria para producir

un aumento determinado en la salinidad del suelo, expresado por ($A\ CE_e$) para una conductividad cualquiera de un agua de riego (CE_{ar}).

2a.- Aplicaciones de mejoradores.

En los suelos que demostraron tener un contenido de sales que de acuerdo a su clasificación resultaron ser sódicos, se recomienda la incorporación al suelo, de mejoradores que tiendan a bajar el pH que se encuentra arriba de lo normal, y al mismo tiempo, permita un aceptable intercambio catiónico con el sodio adsorbido en la micela coloidal.

3a.- Nivelación de los Suelos.

A pesar de que los suelos de la Costa de Hermosillo tienen pendientes tan leves que cuando mucho alcanzan el 2.5 al millar, pueden apreciarse aún cuando leves, depresiones y ondulaciones topográficas que sería muy interesante eliminar mediante máquinas "niveladoras". Esta práctica traería como beneficio, evitar acumulaciones excesivas de agua que favorecen al proceso de acumulación de sales solubles y por otra parte, se lograrían riegos más uniformes que redundan en un considerable aumento de las cosechas.

4a.- Rotación de Cultivos.

La práctica de rotaciones de cultivos que incluya abonos verdes, además de que beneficia las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, dá a la

agricultura regional, una diversificación de cultivos, muy necesaria para el consumo, además de que daría la oportunidad de nuevos mercados que aumentarían notablemente la economía Sonorense.

5a.- Aplicación de Materia Orgánica.

La materia orgánica, como regulador de las condiciones físicas, químicas y biológicas que ocurren en el suelo, tiene un significado muy importante en la fase final de los cultivos como lo es la cosecha.

La materia orgánica elevará considerablemente el nivel de fertilidad de los suelos, mejorando al mismo tiempo su estructura. Para la aplicación de materia orgánica, se recomienda de ser posible, el establecimiento de cultivos de leguminosas como pueden ser el trebol Hubbard, sesbania o tréboles amarillo o blanco. Estas leguminosas deberán incorporarse al suelo mediante un barbecho profundo, seguido de un riego ligero para la fácil descomposición, cuando aproximadamente el 10% de las plantas hayan iniciado la floración. La aplicación de materia orgánica para su incorporación al suelo, también puede llevarse a cabo con estiercol, recomendándose que en este caso, el estiercol haya sido expuesto al sol durante un lapso tal, que permita que la fermentación del mismo, se presente antes de su aplicación, para evitar que en su incorporación al suelo, cause trastornos a las plantas, por la elevada temperatura que ocurre cuando se está sucediendo la fermentación. acética.

C O N C L U S I O N E S

Generalmente las condiciones que guardan las muestras de suelo para su relación con las plantas, son normales y solamente algunas de ellas principalmente las que representan una zona en la calle 36 Norte, una más pequeña enclavada sobre la calle 36 Sur y prolongada esa faja hacia la calle 28 Sur y una zona más a la altura del cruce de las calles 20 y 26, misma que se continúa hasta la calle 20 final y que en conjunto significan un area aproximada de 400-00-00 Has., denotan condiciones de salinidad causa por la cual éstas pequeñas superficies se han desechado por este concepto.

En relación con la calidad de aguas para usos agrícolas en la Costa de Hermosillo y de acuerdo con los resultados analíticos que se muestran en el apéndice, la generalidad de las aguas de los 464 pozos perforados existentes en la zona, presentan condiciones normales y solamente algunos de ellos se desvían de la normalidad por su contenido de sales. Por citar un ejemplo de este caso, es de mencionarse el pozo número 19-09 perteneciente al señor Lauro Rivera Soto y el pozo número 20-08 perteneciente al señor Elías Sugich Pavlovich ("Santa Patricia"), así como también el número 19-03 ("San Fernando") de los cuales, para dar una idea de su concentración salina, se menciona su conductividad eléctrica en mmhos/cm. a 25°C.,

que es la siguiente: 1.01, 5.30 y 1.88, respectivamente. Como se observará la concentración más alta es la correspondiente al campo "San Patricia", lo cual se comprueba por el simple sabor del agua salada al gusto y que checa con el estado de salinidad que guarda el terreno correspondiente.

La consideración que se puede hacer a este respecto, estriba en el hecho de que hay una zona perfectamente bien localizada que denota la presencia de sales en el agua de bombeo y que se encuentra en la dirección de "El Carrizal".

En la actualidad, los estudios llevados a cabo en relación con este aspecto, no aclaran si la presencia de sales en el agua es debida a contaminación de agua de mar o a que en algunas zonas, en el lecho del manto acuífero, existe una consistencia salina; es de hacerse notar sin embargo, que cuando éstos pozos recién se perforaron, no demostraron las características que se señalan y solamente empezaron a tener estos indicios a partir del año de 1958, fecha en que todavía el agua bombeada se normalizaba en un lapso de 24-72 horas, pero que en la actualidad constantemente se encuentran con una concentración salina fijamente determinada. Si hay contaminación de agua de mar en el manto acuífero, es por la influencia de diferencia de presión hidrostática de mar hacia el manto acuífero, provocada por el abatimiento del mismo, debido a la

fuerte extracción de bombeo, y que en estas condiciones, el estero "San Cruz" juega una importancia vital por la cercanía a la zona de bombeo. En este caso, los trabajos posteriores tendrán que ser encaminados a que mediante la instalación de pozos de observación en esta area, se investigue sobre la intrusión de agua de mar al manto acuífero. Si los resultados son, de que efectivamente se conjuga la diferencia de presiones hidrostáticas con la filtración de agua salada, deberá en todo caso, profundizarse un estudio encaminado a la limitación de bombeo de algunos pozos, principalmente los que tengan mayor influencia con este fenómeno, para evitar la contaminación en todo el manto acuífero y consecuentemente la pérdida del terreno originada por el factor salinidad, mediante el uso de esta agua para fines agrícolas.

Independientemente de la fuente que provengan las sales existentes en los suelos de la Costa de Hermosillo, deben seguirse las orientaciones ofrecidas en el Capítulo de "Discusión" y además, dada la importancia que reviste, es necesario que periódicamente se determine mediante análisis físico-químico la presencia de sales existentes, así como su cantidad, tanto en suelos como en aguas de la Costa de Hermosillo.

Este estudio periódico, permitiría saber cuáles son las aguas que pueden emplearse para usos agrícolas y

cuáles no; permitiría además hacer recomendaciones individuales a los agricultores, sobre los sistemas a seguir en el manejo más eficiente de sus aguas, en relación al suelo que cultiva.

R E S U M E N

Con el fin de llevar a cabo un estudio sobre el estado actual de salinidad en la Costa de Hermosillo, el autor procedió a levantar muestras de suelos representativas de la zona afectada o susceptible de ser afectada con problemas de sales. El número de muestreos que se levantaron fué de 275, los cuales para su análisis físico y químico, se llevaron al Laboratorio de Salinidad de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, ubicado en Ciudad Obregón, Sonora, en donde les fueron efectuadas las determinaciones referentes al estudio en cuestión.

Las muestras como se indica, fueron tomadas en puntos representativos y a profundidades de 0 a 30 cms., de 30 a 60 cms. y de 60 a 120 cms. Solamente en aquellos casos en que la barrena, por condiciones físicas del suelo, no podía penetrar a más de 30 o 60 cms., la muestra cuando menos, se tomaba de la capa arable.

De los pozos correspondientes a las muestras de suelos representativas, se tomaron muestras de agua para su análisis en cuanto a contenido de sales y llevadas para tal fin al Laboratorio de Salinidad de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, ubicado en Hermosillo, Sonora.

Para su estudio individual, se incluyen en el Apéndice tanto los resultados de las muestras de suelos, como de las muestras de aguas, así como de los planos de

la Costa de Hermosillo, planos de localización de los lugares muestreados y planos del manto acuífero con cotas de niveles estáticos sobre el nivel del mar y bajo el nivel del mar.

Se llegó a la conclusión de que existen tres zonas localizadas, que denotan presencia de sales sódicas y no sódicas y en conjunto, el area afectada por sales es de aproximadamente 400-00-00 Has. Existen algunos pozos cuyas aguas presentan elevadas conductividades eléctricas; algunos de los cuales, reducen su concentración de sales a determinado tiempo de bombeo no conociéndose con exactitud si dichas sales se deben a intrusión de agua de mar al manto acuífero ó a depósitos lenticulares con presencia de sales, existentes en algunas zonas del manto acuífero que originan la alta conductividad eléctrica en el agua extraída.

Con base en los resultados obtenidos en los análisis respectivos, se procedió a orientar a algunos agricultores sobre las medidas a tomarse de acuerdo al estado actual de salinidad de la Costa de Hermosillo.

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

- (1) ALVAREZ LUNA M. Estado actual de Salinidad y Fertilidad de algunos suelos de la Comarca Lagunera. Chapingo, México, Escuela Nacional de Agricultura, 1960. 60 p. (Tesis mecanografiada).
- (2) BUCKMAN, H.O. Edafología 5ta. Edición, Ithaca New York, Universidad de Cornell, 1946. Capítulos I, III, IV, XI, XIII y XV.
- (3) DULA NAVARRETE J. El problema de Sales en los suelos del Valle del Yaqui, Hermosillo, Sonora, México, Escuela de Agricultura y Ganadería, Universidad de Sonora 1960. 12 p. (Boletín sin número).
- (4) GEDROIZ, K.K. Saline Soils and their improvement New York, N.Y. Zhurnal Obitnoi Agronomii. 1917. 164 p., 122-140.
- (5) HILGARD, E.W. Alkali lands, irrigation and Drainage in their Natural relations, Calif. E.U. Sta. Ann. Agr. Expt. 1890, 76 p. 7-56.
- (6) HUERTA MORENO R. Apuntes de fertilidad del suelo. Hermosillo, Sonora, México. Escuela de Agricultura y Ganadería, Universidad de Sonora. 1964. Capítulo "Calidad del Agua de Riego".
- (7) KELLEY, W.P. Alkali soils, their formation, properties and reclamation. New York, N.Y., Reinhold Publishing Co. 1960, Monograph series No. 111.
- (8) MORENO DAHME R. Suelos salinos, sus características principales y métodos para su rehabilitación. Torreón, Coah., México, Patronato para la Investigación, Fomento y Defensa Agrícola. 1953. Boletín informativo sin número.
- (9) RICHARDS, L.A. Diagnosis and Improvement of saline and alkali soils; Agriculture Handbook No. 60. Washington, E.U., E.U.D.A. 1954. 172 p.
- (10) SCOFIELD, C.S. The Salinity of Irrigation Waters. E.U., Smithsonian Institute. 1953, 16 p.

- (11) SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS: III Seminario Latinoamericano de Irrigación. Hermosillo, Sonora, Oficina. 1964, 12 p. (Boletín sin número)
- (12) SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS. Boletín Hidrológico No.10, Datos de la Región del Noroeste. México, D.F. Oficina, 1951. 96 p. 24-38.
- (13) WILCOX, L.V: Clasificación and use of irrigation waters. Washington U.S.D.A. U.S. Salinity Laboratory, 1955, Circular No. 969, p. 8-14.

A P E N D I C E

Nombre del Campo	Muestra No.	Fecha	Profundidad cms.	Clasificación Textura	pH	C.E. mmhos/cm 25°C	Ca-Mg meq/lt	Na solub. meq/lt
Sociedad El Sonorense	95-A	Abril 1964	0-30	R	7.4	3.8	25.0	12.0
	95-B		30-60	ML	7.5	0.8	5.0	3.0
	95-C		60-120	ML	7.6	1.2	4.0	7.0
Campo Sta. Cruz	96-A	"	0-30	RL	7.8	1.4	10.0	3.0
	96-B		30-60	RL	7.9	1.3	6.0	6.0
	96-C		60-120	RL	7.9	3.4	24.0	8.0
Campo Santa Cruz	97-A	"	0-30	R	7.9	1.6	10.0	5.0
	97-B		30-60	R	7.8	4.0	27.0	12.0
	97-C		60-120	ML	7.5	9.7	75.0	21.0
Julia A. de Caballero	98-A	"	0-30	MA	8.1	1.0	8.0	1.0
	98-B		30-60	ML	8.0	0.7	6.0	1.0
	98-C		60-120	ML	8.0	0.8	5.0	2.0
Sociedad Niños Héroes	99-A	"	0-30	R	8.0	1.2	8.0	3.0
	99-B		30-60	RL	7.9	1.6	9.0	6.0
	99-C		60-120	ML	8.0	1.6	9.0	6.0
Rafael Haro	100-A	"	0-30	RL	8.1	1.6	6.0	9.0
	100-B		30-60	RL	8.4	1.3	3.0	9.0
	100-C		60-120	R	7.7	13.0	42.0	87.0
Campo Guadalupe de Jesús	101-A	"	0-30	RL	8.0	1.5	10.0	4.0
	101-B		30-60	ML	8.2	1.3	6.0	6.0
	101-C		60-120	ML	8.0	2.0	9.0	10.0

NO MENCLATURA:

Clasificación Textura:

ML = Migajón Limoso
 RL = Arcillo Limoso
 MA = Migajón Arenoso
 R = Arcilloso
 MR = Migajón Arcilloso
 RA = Arcillo Arenoso
 MRA = Migajón Arcillo Arenoso

RELACION DE POZOS QUE DAN RIEGO A LAS MUESTRAS REPRESENTATIVAS
 INCLUYENDO LOS DATOS ANALITICOS DE LABORATORIO EN CUANTO A
 SU CONTENIDO DE SALES Y SU CLASIFICACION.

No. de Registro de Pozo	Nombre del Campo ó de su propietario	pH	C. E. mmhos" cm. a 25°C	Ca Mg. Meq. lt	Na Meq. lt	HCO ₃ Meq. lt	Cl Meq. lt	Sales Soluble p. p. m.	R. A. S.	PSI Estimado	Clasificación
04-02	Vicente Escobar	7.7	0.499	2.68	2.31	3.03	0.695	340	2.0	1.6	C ₂ S ₁
04-03	Salustio Escobar	7.6	0.530	2.68	2.62	2.32	1.11	358	2.0	1.6	C ₂ S ₁
04-05	Elias Suguich P.	7.5	0.680	3.51	3.29	2.73	3.08	440	2.40	2.1	C ₂ S ₁
04-08	Harriet Jackson S.	7.6	0.603	2.92	3.11	3.52	0.834	300.0	2.5	2.2	C ₂ S ₁
12-02	Haidee de Gonzalez	7.6	0.570	2.44	3.26	3.84	1.24	362	2.90	3.0	C ₂ S ₁
12-15	Carmen Julia Salido	7.5	0.650	2.92	3.58	3.82	0.97	418	2.80	2.8	C ₂ S ₁
13-01	Grupo Valenzuela	7.7	0.540	2.66	2.74	3.44	1.83	345	2.10	1.7	C ₂ S ₁
13-02	Jesús Salazar	7.5	0.58	3.05	2.75	3.05	1.98	394	2.20	1.8	C ₂ S ₁
19-09	Lauro Rivera Soto	7.4	1.00	5.78	4.22	3.61	4.96	626	2.40	2.1	C ₃ S ₁
20-03	Amos Ruiz Girón	7.5	1.07	7.32	3.39	3.84	6.53	688	1.70	1.1	C ₃ S ₁
20-04	Humberto V. Soto	7.6	1.12	6.38	4.82	3.62	4.54	674	2.70	2.6	C ₃ S ₁
20-05	Luis G. Soto D.	7.4	0.85	5.73	2.77	3.95	1.86	542	1.60	1.0	C ₃ S ₁
20-06	Ignacio Soto Jr.	7.5	0.72	3.59	3.61	2.93	1.86	450	2.70	2.8	C ₂ S ₁

No. de Registro de Pozo	Nombre del Campo o de su propietario.	pH	C.E. mmhos cm. a 2°C	Ca-Mg Meq. lt	Na meq. lt	HCO ₃ meq. lt	Cl meq. lt	Sales Solub. p.p.m.	R.A.S.	PSI Estimado	Clasificación
20-07	Soc. Agrícola Magda	7.4	0.95	6.10	3.46	4.18	3.59	608	2.00	1.6	C ₃ S ₁
20-08	Santa Patricia	7.5	5.30	14.10	35.00	11.33	39.80	3392	13.40	15.7	C ₄ S ₂
20-09	César Pavlovich	7.5	0.57	3.27	2.43	3.39	1.86	354	1.80	1.2	C ₂ S ₁
21-02	Patricio Estevez	7.5	0.32	3.90	2.30	2.39	1.80	394	1.60	1.0	C ₂ S ₁
21-03	Miguel Almada López	7.6	0.60	4.14	1.86	3.22	1.39	386	1.30	0.70	C ₂ S ₁
21-07	Eugenio de la Puente	7.4	0.72	5.38	1.90	3.62	3.85	456	0.80	0.2	C ₂ S ₁
21-08	Gabriel Urrutia	7.4	0.79	5.85	2.05	2.80	1.86	519	1.20	0.5	C ₃ S ₁
21-12	Patricio Estevez	7.7	0.57	4.21	1.49	2.82	1.33	382	0.90	0.3	C ₂ S ₁
28-01	Federico Valenzuela	7.3	0.78	4.77	3.03	3.62	3.85	456	0.80	0.2	C ₃ S ₁
28-02	Federico Valenzuela	7.6	0.65	6.21	0.34	4.80	1.59	420	0.20	--	C ₂ S ₁
28-04	Enrique Mazón	7.4	0.53	3.90	1.40	3.33	1.69	346	1.00	0.3	C ₂ S ₁
28-06	Rosa Ma. de Moreno	7.4	1.09	7.02	3.38	3.09	6.65	698	2.00	1.6	C ₃ S ₁
28-10	Gerardo Dyk	7.2	1.53	11.46	3.84	2.91	3.85	980	1.60	1.0	C ₃ S ₁
29-01	Alfonso de la Puente	7.6	0.59	3.30	2.60	2.69	1.18	377	1.90	1.4	C ₂ S ₁
29-02	Eloy Martinez	7.8	0.48	2.92	1.87	2.70	1.80	308	1.50	0.9	C ₂ S ₁
29-03	Leonardo Sau	7.6	0.60	4.14	1.86	3.22	1.39	386	1.30	0.7	C ₂ S ₁

No. de Registro de Pozo	Nombre del Campo ó de su propietario	C.E.		Ca Mg meq. lt	Na meq/lt	HCO ₃ meq/lt	Cl Meq/lt	Sales Solub. p.p.m.	R.A.S.	PSI Estimado	Clasificación
		pH	mmhos. ca. a 25°C								
29-13	Rogelio y Humberto Obregón	7.4	0.53	3.62	1.68	3.54	1.59	340	1.30	0.7	C ₂ S ₁
29-17	José Ma. Licona	7.6	0.79	5.40	2.50	3.50	2.39	506	1.50	0.9	C ₃ S ₁
29-21	Aurelia de Licona	7.8	0.56	4.88	0.72	2.28	1.39	360	0.40	--	C ₂ S ₁
29-22	Leonardo y Nicolás Sau	7.4	0.52	3.90	1.81	3.91	1.59	324	1.40	0.8	C ₂ S ₁
29-27	Julían de la Puente	7.6	0.696	3.82	3.14	2.69	1.94	392	2.30	2.00	C ₂ S ₁
30-14	Antonio Haro	7.9	0.56	3.70	1.90	3.95	1.24	380	1.40	0.80	C ₂ S ₁
35-08	Soc. Ignacio Soto	7.5	0.53	3.17	2.13	3.50	2.10	344	1.70	1.1	C ₂ S ₁
35-09	Soc. Bella Vista	7.5	0.416	2.44	1.72	2.39	1.39	254	1.50	1.9	C ₂ S ₁
35-10	Soc. San Ignacio	7.4	0.46	2.68	1.92	3.12	1.39	294	1.50	0.9	C ₂ S ₁
35-13	Alfonso Aguayo C.	7.6	0.49	3.05	1.85	3.12	1.39	312	1.50	0.9	C ₂ S ₁
36-03	Rogelio Larrinaga	7.4	0.62	6.00	0.20	3.22	2.31	376	0.20	--	C ₂ S ₁
36-05	Ramón Clericci y Hnos	7.5	0.57	2.90	2.80	2.60	0.54	332	2.30	2.00	C ₂ S ₁
36-07	Ramón Clericci y Hnos	7.7	0.57	3.66	2.04	3.22	0.99	365	1.50	0.9	C ₂ S ₁
36-13	Rogelio Larrinaga	7.4	0.52	3.29	1.91	3.01	1.86	332	1.40	0.8	C ₂ S ₁
36-16	Ramón Clericci y Hnos	7.6	0.57	4.07	1.61	2.27	2.66	361	1.00	0.3	C ₂ S ₁

No. de Registro de Pozo	Nombre del Campo ó de su propietario	pH	C. E. mmhos/cm. a 25°C	Ca ⁺⁺ meq/lt	Na meq/lt	HCO ₃ meq/lt	Cl meq/lt	Sales Solub. p.p.m.	R.A.S.	PSI Estimado	Clasificación.
36-18	Antonio E. Astiazarán	7.4	0.47	3.05	1.65	3.20	1.25	300	1.30	0.7	C ₂ S ₁
36-21	Soc. Cuauhtémoc	7.5	0.48	2.43	2.37	2.32	1.48	308	2.00	1.6	C ₂ S ₁
36-25	Ignacio P. García	7.8	0.62	4.56	1.68	2.73	1.99	442	0.90	0.3	C ₂ S ₁
37-03	Rogelio Larrinaga	7.6	0.51	3.05	2.08	0.97	0.97	318	1.70	1.1	C ₂ S ₁
37-27	Fco. Antonio Astiazarán	7.8	0.50	3.17	1.83	3.22	1.37	324	1.50	0.9	C ₂ S ₁
42-01	Soc. Colonos del Nte.	7.5	0.38	2.16	1.64	2.08	0.83	270	1.50	0.0	C ₂ S ₁
43-03	Bangrícola "Valparaiso"	7.5	0.47	2.80	1.90	3.53	0.69	300	1.60	1.0	C ₂ S ₁
43-05	Guadalupe Bustamante	7.6	0.47	2.40	2.30	2.88	1.86	306	2.0	1.6	C ₂ S ₁
43-06	Guadalupe Bustamante	7.5	0.51	3.24	1.86	3.09	1.72	336	1.40	0.8	C ₂ S ₁
43-13	Soc. Benito Juárez	7.6	0.50	3.05	1.95	3.01	1.39	342	1.50	0.9	C ₂ S ₁
43-19	Soc. Francisco Solís	8.0	0.45	2.44	2.06	2.70	0.69	290	1.80	1.2	C ₂ S ₁
43-21	Soc. Costa Rica	7.8	0.48	3.66	0.12	3.01	1.66	310	0.10	--	C ₂ S ₁
44-02	Luis Peigneaux	7.4	0.52	3.17	2.03	3.64	1.52	334	1.50	0.0	C ₂ S ₁
44-10	Soc. 7 de Noviembre	7.7	0.49	3.17	1.73	3.32	1.39	310	1.30	0.7	C ₂ S ₁
44-11	Soc. 7 de Noviembre	7.7	0.50	3.97	1.03	2.45	2.66	334	0.70	--	C ₂ S ₁

No. de Registro de Pozo	Nombre del Campo 6 de su propietario	pH	C.E. mmhos/cm. a 25°C	Ca ⁺⁺ g meq/lt	Na Meq/lt	HCO ₃ meq/lt	Cl meq/lt	Sales Solub. h. A.S. p.p.m.	PSI Estimado	Clasificación
48-01	Soc. Maximiliano R. López	8.0	0.49	2.61	2.63	2.71	0.86	320	2.0	1.6 C ₂ S ₁
48-02	Soc. Manuel Altamirano	7.6	0.73	3.81	3.49	2.82	1.73	432	2.50	2.20 C ₂ S ₁
49-01	Soc. Carlos Zapata V.	7.7	0.53	3.17	2.13	3.50	1.86	354	1.70	1.1 C ₂ S ₁
49-05	Soc. Plan de Ayala	7.5	0.47	3.05	1.65	2.39	1.39	278	1.30	0.7 C ₂ S ₁
49-11	Soc. Emiliano Zapata	7.8	0.51	3.05	2.05	2.29	2.08	296	1.60	1.0 C ₂ S ₁
49-12	Héctor Porras y Soc.	7.5	0.44	3.66	1.63	2.80	1.11	286	1.20	0.6 C ₂ S ₁
49-13	Soc. Manuel Lerdo de Tejada	7.4	2.18	15.49	6.31	3.39	13.00	1398	2.30	2.0 C ₂ S ₁
49-14	Soc. 20 de Noviembre	7.6	1.06	5.61	4.99	2.91	3.75	644	2.90	3.0 C ₂ S ₁
50-11	Ignacio Mendivil T.	7.5	0.42	2.62	1.64	2.64	1.39	270	1.30	0.7 C ₂ S ₁
50-15	Soc. Niños Héroes	7.4	0.47	2.92	1.78	2.49	2.08	300	1.40	0.8 C ₂ S ₁
50-16	Soc. Francisco Haro	7.4	0.44	3.29	1.18	2.54	0.97	292	0.90	0.3 C ₂ S ₁
50-18	Rafael Juárez Esperón	7.5	0.47	2.68	2.10	2.74	2.08	304	1.90	1.5 C ₂ S ₁
50-19	Julia de Caballero	7.5	0.45	3.17	1.40	2.84	0.97	286	1.20	0.6 C ₂ S ₁
50-20	Soc. Cruz Gálvez	7.7	0.42	2.62	1.64	2.54	0.55	276	1.30	0.7 C ₂ S ₁
51-07	Mario Aguirre Romo	7.7	0.41	2.56	1.60	2.91	0.91	268	1.30	0.7 C ₂ S ₁

No. de Registro de Pozo	Nombre del Campo de su propietario	6	pH	C. E. mmhos/cm.a 25°C	Ca.Mg meq/lit	Na meq/lit	HCO ₃ meq/lit	Cl meq/lit	Sales solub. p.p.m.	R. A. S.	PSI Estimado	Clasificación
51-08	Santiago Aguirre	G.	7.7	0.41	2.56	1.60	2.70	1.39	268	1.30	0.7	C ₂ S ₁
51-17	Santiago Aguirre y S.		7.6	0.42	2.92	1.34	2.70	1.52	268	1.00	0.3	C ₂ S ₁
51-18	Rafael Haro		7.6	0.44	3.66	0.81	2.14	2.26	280	0.50	--	C ₂ S ₁
51-19	Ana Gloria de Aguirre		8.1	0.41	2.40	1.76	2.37	1.72	224	1.40	0.8	C ₂ S ₁
52-02	Carlos Baranzini		7.7	0.77	3.12	4.58	2.78	2.12	478	3.50	3.8	C ₃ S ₁
56-04	Juan Laurens		8.0	0.41	2.44	1.72	2.18	0.83	260	1.40	0.8	C ₂ S ₁
56-08	Elena P. de Salido		7.8	0.45	3.05	1.45	2.70	1.80	368	1.30	0.7	C ₂ S ₁
57-03	Rebeca Guerra y Hnos.		7.4	0.63	4.56	1.78	1.91	3.32	402	1.00	0.3	C ₂ S ₁
57-09	Ramón Armendariz	T.	7.6	0.69	3.51	3.45	3.18	3.32	386	2.60	2.4	C ₂ S ₁