

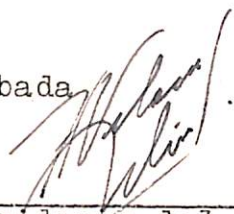
CARACTERIZACION DE LAS AGUAS DE RIEGO
DE LA REGION AGRICOLA DE NAVIDAD, N.L.

Por

JOSE ANTONIO LABORDE CANCINO

Tesis
que somete a la consideración del H. Jurado Examinador
como requisito parcial para obtener el Título de
Ingeniero Agrónomo.

Aprobada


El Presidente del Jurado


El Director de la Escuela

UNIVERSIDAD DE COAHUILA

ESCUELA SUPERIOR DE AGRICULTURA "ANTONIO NARRO"

Buenavista, Coah., Diciembre de 1960

BIOGRAFIA

El autor nació en la ciudad de México el día 22 de marzo de 1938, siendo sus padres el Sr. Salvador Laborde (Q.E.P.D) y la Sra. María Elena Cancino de Laborde.

Hizo sus estudios de primaria y secundaria en el Colegio "México", de México, D.F., de 1945 a 1953, y la Preparatoria en el Centro Universitario "México" en la misma ciudad, en los años de 1954 y 1955.

En 1956 ingresó a la Escuela Superior de Agricultura "Antonio Narro", de Saltillo, Coah., para seguir los estudios correspondientes a la carrera de Ingeniero Agrónomo, recibiendo su certificado de Pasante en diciembre de 1960.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi agradecimiento al Ing. Hugo A. Velasco Molina, Jefe del Departamento de Suelos, por su inapreciable ayuda y dirección técnica, y al Ing. Luis Ríos Schroeder por sus indicaciones en algunos aspectos químicos.

Hago especial mención de gratitud a la Asociación de Productores de Papa de Navidad, N. L., cuya ayuda económica permitió realizar este estudio.

Agradezco también su colaboración al Dr. Roberto Rodríguez D., para la mejor presentación de este trabajo.

DEDICATORIA

A MI MADRE,
CON TODO CARIÑO.

CONTENIDO DE TABLAS Y FIGURAS.

	Página
Tabla 1. Determinación del pH en los dos muestreos	25
Tabla 2. Determinación de la conductividad eléctrica en los dos muestreos. Micromhos/cm	25
Tabla 3. Determinación de calcio y magnesio	26
Tabla 4. Determinación del sodio en los dos muestreos	27
Tabla 5. Determinación de sulfatos en los dos muestreos	27
Tabla 6. Determinación de bicarbonatos en los dos muestreos	28
Tabla 7. Determinación de cloruros en los dos muestreos	29
Tabla 8. Determinación de fluoruros en los dos muestreos	29
Tabla 9. Determinación de nitratos en los dos muestreos	30
Tabla 10. Determinación de sólidos disueltos en los dos muestreos	30
Tabla 11. P. S. A, conductividad eléctrica y caracterización de las muestras de agua	31
Fig. 1. Curva estandar para nitratos	36
Fig. 2. Diagrama para la clasificación de aguas de irrigación	37
Fig. 3. Plano de las regiones agrícolas de Navidad y Zacatal, N. L., indicando las diferentes caracterizaciones de las aguas y clasificaciones para su uso	38

INDICE

	Página
BIOGRAFIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
CONTENIDO DE TABLAS Y FIGURAS	iv
INTRODUCCION	1
REVISION DE LITERATURA	2
MATERIALES Y METODOS	14
pH	15
Conductividad	15
Calcio y Magnesio	16
Sodio	17
Boro	18
Sulfatos	19
Carbonatos y Bicarbonatos	20
Cloruros	21
Nitratos	22
Fluoruros	22
Sólidos Disueltos	23
RESULTADOS	25
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	32
Conclusiones	32
Recomendaciones	33
BIBLIOGRAFIA	35

INTRODUCCION

Es obvia la importancia que tiene el agua en la agricultura, y a pesar de esto es difícil, aún en la actualidad, encontrar agricultores que manden analizar el agua para riego con que cuentan; y no porque no sea un dato útil sino porque no se le ha concedido la debida importancia a este problema, el cual consiste en que, cuando esta agua contiene alta proporción de sales o exceso de iones de sodio, ocasiona alteraciones más o menos graves de carácter salino o alcalino en los suelos, resultando que el agua con estas condiciones es inadecuada o insegura para usarla para el riego. Asimismo, cuando abunda en bicarbonatos o contiene iones tóxicos de boro, puede ser problemático su empleo.

En todos estos casos el agua para riego afecta particularmente a los suelos de naturaleza salina o alcalina o bien a aquéllos que debido a deficiencias en el drenaje, favorecen la acumulación de sales insolubles en las zonas radicales de las plantas, lo cual les causa daños que varían desde una clorosis ligera hasta la total prevención de su desarrollo.

Debido a que en la región agrícola de Navidad, Nuevo León, se encuentran suelos con altas concentraciones de sales, se hizo el presente trabajo con el fin de ver si el agua destinada a usos agrícolas tiene o no la capacidad de aumentar la salinidad de dichos suelos, así como apreciar el peligro que la mencionada agua pueda presentar con respecto al sodio ya que este problema puede ser tan grave que llegue a impedir la agricultura en dicha región, debido al exceso de sodio intercambiable.

Así pues, este estudio se hizo con el único fin de caracterizar las aguas de riego de la región, y señalar, con bases firmes, si el agua está perjudicando a los suelos; y de ser así, cuáles deben ser los pasos a seguir para evitar dicho fenómeno, ya que con la aplicación de enmendantes químicos en el suelo o en el agua, o a base de riegos pesados y prolongados, para obtener el lixiviado de las sales en exceso, se podría continuar explotando los terrenos con cultivos agrícolas.

Para completar este estudio se consultaron los análisis de los terrenos que se riegan con estas aguas, ya que es necesario conocerlos, para establecer así una recomendación adecuada.

REVISION DE LITERATURA

Las aguas para riego procedentes de corrientes superficiales o bombeadas de pozos, pueden contener en solución sustancias químicas originadas de los suelos o rocas con que han tenido contacto. Si el agua es de buena calidad pueden mejorarse los suelos a los cuales se aplica, a causa de cationes tales -- como el calcio y al efecto benéfico derivado del lixiviado de cualquier exceso de sales en el suelo. Pero si la calidad del agua no es satisfactoria puede deteriorarse el suelo y determinar en consecuencia una baja considerable en la producción (2).

Los análisis químicos de las aguas para riego permiten -- identificar a las sustancias más importantes que estén presentes en ellas e indican su concentración. Gracias a estos análisis es posible clasificar las aguas en términos de su utilidad para riego (7b) y anticipar, con bastante seguridad, el -- efecto del agua sobre los suelos y los cultivos.

Cuatro son las características principales que se usan en la determinación de la calidad del agua para riego: la concentración total de sales solubles, la concentración de sodio y -- su proporción respecto al calcio y magnesio (PSA), la concentración del bicarbonato, y la presencia de elementos menores -- tales como el boro, en cantidades que sean tóxicas.

La concentración total de sales solubles es un aspecto de gran importancia en las aguas para riego. Según Hayward (3) -- una lámina de estas aguas, de una hectárea de sección y 10 cm. de profundidad, contendría por término medio de 70 a 3500 kilogramos de sales, en peso, o sea 70 a 3500 ppm.

En los ríos se ha encontrado una variación de 70 a 2380 ppm. En un mismo río se pueden encontrar diferentes concentraciones de sales, influyendo mucho el lecho del río y la concentración que presenten sus afluentes. Se tiene un ejemplo en -- el río Grande (río Bravo) en el que dicha concentración aumenta desde 180 ppm en el puente Otowi (Nuevo México) a 780 ppm en --

Ciudad Juárez, Chih., y a 1770 ppm en el Fuerte Quitman, Texas (Cedillos, Chih.) Sin embargo, en el Bajo Río Bravo la concentración disminuye debido a la baja concentración de sus afluentes, encontrándose que en Ciudad Camargo, Tam., a más de 1350 kilómetros del Fuerte Quitman, el total de sales solubles es únicamente de 525 ppm.

Generalmente el agua bombeada del subsuelo puede tener mayor concentración de sales que la de la superficie. En el caso de pozos de bombeo aunque dos de ellos estén relativamente cercanos, pueden tener diferente composición y concentración de sales las aguas de ellos extraídas. Otro factor que puede influir es la profundidad de bombeo. Por ejemplo, en el valle de Coachella, California, dos pozos distantes entre sí media milla, estaban bombeando uno a 65 y el otro a 180 pies, siendo la concentración de sales, respectivamente, de 400 y 8500 ppm. (2).

La evaporación superficial del suelo no se lleva consigo las sales del suelo, y muy pocas de éstas son absorbidas por las raíces de las plantas. En consecuencia, al usar aguas salinas en el riego, éstas producirán en el suelo una acumulación de sales solubles, a menos que ésta se prevenga con lixiviados siempre y cuando exista un buen drenaje. Si el agua salina se emplea para riego en cantidad tal que no haya agua de drenaje, podrá presentarse un incremento en la salinidad del suelo. Debido al problema del potencial de salinidad de las aguas para riego, deberá proveerse a los suelos en que se aplique de drenaje y lixiviado, para lograr la remoción de las sales disueltas, pues de otra manera éstas se acumularían en la zona radicular o en el subsuelo inmediatamente subyacente.

Scofield (2) denominó "equilibrio de sal del área" a la relación entre la cantidad de sales disueltas, depositadas en una área dada por el agua de riego, y la cantidad de ellas removida en esa área por el agua de drenaje. Si se obtiene un equilibrio favorable de sal, la cantidad de ésta que sale será

más o menos igual a la que entra. Cuando el equilibrio de sales es adverso, la cantidad de sales que entra excederá a la cantidad que sale.

La salinización del suelo afecta el crecimiento de las -- plantas en varias formas. Una de ellas es la reducción en la cantidad de agua absorbida por las raíces. Esto ocurre cuando se riega continuamente con agua salina en ausencia de un equilibrio favorable de sal, lo que produce un aumento gradual y progresivo en la presión osmótica de la solución del suelo. La presión osmótica es una medida de las sales solubles en solu--ción y proporciona un método de expresar la concentración de la solución del suelo sobre una base de energía (2).

El retraso en el crecimiento es directamente proporcional al aumento de la presión osmótica de la solución del suelo, y es totalmente independiente de la clase de sales existentes; pudiendo llegar a tal extremo la salinidad de un suelo que no -- permita ni aún el crecimiento de plantas halófitas.

El efecto de una cantidad dada de sales solubles en la solución del suelo se intensifica a medida que disminuye la humedad del suelo entre los riegos, como está indicado por el in--cremento de la presión osmótica de la solución del suelo, el cual se acompaña de secamiento exterior. Además, a medida que se va secando el suelo gradualmente, después de regado, aumenta la atracción del suelo para el agua, a lo cual se conoce como "tensión de la humedad del suelo". Dicha fuerza de atracción del suelo para el agua viene siendo la presión osmótica de la solución del suelo más la tensión de humedad del suelo. Algunos autores, como Wadleigh y colaboradores (2), demostraron experimentalmente que si otros factores no limitan el crecimiento vegetativo de las plantas, está entonces este crecimiento estre--chamente relacionado con el promedio de la tensión de la humedad del suelo.

También se ha demostrado que la absorción del agua del --

suelo por las raíces de las plantas depende de la tensión de la humedad del suelo; resultando de ello que uno de los principales efectos de la salinidad de los suelos es la limitación del abastecimiento del agua en la planta. Esto induce modificaciones en el crecimiento, las que generalmente se asocian con deficiencia de agua en el tejido vegetal.

En el agua de riego pueden existir variaciones muy amplias en lo que respecta a la clase de sales presentes, así como también la calidad de las mismas. En la clasificación de las aguas, la conductividad eléctrica es la medida de la posible salinidad involucrada en el uso del agua de riego (5), y se le usa comúnmente para indicar la concentración total de los constituyentes ionizados de un agua natural; y se relaciona estrechamente con la suma de los iones determinados por el análisis químico, y se correlaciona también con el valor obtenido para los sólidos disueltos.

El término "conductividad eléctrica" es sinónimo de "conductividad eléctrica específica". La unidad estandar para conductividad, mho/cm, es tan grande que la mayoría de las aguas naturales tienen un valor mucho menor que la unidad. Para fines de conveniencia en el registro, o para expresar resultados, se multiplica el valor mho/cm, por 10^6 (corriendo el punto decimal seis lugares a la derecha), y se reporta como micromhos/cm o como C.E x 10^6 a 25° C.

Al clasificar las aguas para riego se asume que el agua se va a usar bajo condiciones medias con respecto a textura de los suelos, proporción de infiltración, drenaje, cantidad de agua usada, clima y tolerancia del cultivo a la sal (7b). Una diferencia grande respecto a estas condiciones medias puede hacer inseguro el uso del agua. Asimismo, bajo algunas circunstancias inusitadas, puede ser posible usar una agua que en las condiciones medias se consideraría insegura.

Existe una íntima correlación entre la conductividad de -

una agua de riego y la del extracto de saturación de un suelo. El crecimiento de las plantas puede ser inhibido o impedido -- por concentraciones altas de este extracto, y en cambio, no es afectado por las concentraciones bajas. Por consiguiente, la conductividad eléctrica viene a constituir una medida satisfactoria del peligro de salinidad involucrado en el uso de las -- aguas para riego.

Estas aguas se dividen en cuatro grupos en lo que respecta a conductividad: C_1 , C_2 , C_3 y C_4 . Los puntos divisorios entre estas clases son 250, 750 y 2250 micromhos/cm y fueron seleccionados de acuerdo con la correlación entre la conductividad eléctrica de las aguas para riego y la de los extractos de saturación.

Si el agua de riego se aplica tan parsimoniosamente que -- la lixiviación resulta ineficaz, o si el drenaje es inadecuado, entonces el suelo se volverá salino y no podrán producirse adecuadamente los cultivos, inhibiéndose del todo su crecimiento.

El lixiviado necesario para mantener un equilibrio favorable de las sales puede realizarse en varias formas, siempre y cuando sea satisfactorio el drenaje del suelo. El agua puede aplicarse en exceso en cada riego, o a intervalos, en riegos muy pesados.

En muchas áreas la precipitación pluvial es suficiente -- para efectuar algo de lixiviado. Si la salinidad es alta al principio, la recuperación puede requerir un lixiviado en tal forma que amerite la aplicación constante de láminas de agua -- por períodos predeterminados. Wilcox (7b) define el requerimiento de lixiviado como el por ciento de agua de riego aplicada que debe atravesar más allá de la zona radicular, a un valor específico. Por otra parte, el nivel admisible de salinidad -- en el agua de drenaje se relaciona esencialmente con la tolerancia a la sal de los cultivos que se vayan a establecer.

Las sales disueltas en el agua, disociadas en cantidades de equivalentes químicos de partículas llamadas iones, están cargadas positiva o negativamente. Los iones positivos son cationes, los negativos son aniones; de los primeros los principales, en las aguas de riego, son el calcio, el magnesio y el sodio; de los segundos, bicarbonatos, sulfatos y cloruros. En algunos casos también pueden encontrarse iones de potasio, carbonatos, nitratos, fluoruros, sílice y fierro y boro, presentándose normalmente en concentraciones bajas.

Las sales de sodio están presentes, generalmente, en las aguas de riego, y si la proporción de sodio es alta éste puede ser adsorbido en las partículas del suelo, de lo que resulta una condición física desfavorable. Tales suelos, cuando están secos, tienden a volverse compactos e impiden el movimiento -- del agua y del aire, lo cual es, en síntesis, la defloculación de los mismos. Cuando se secan forman terrones, siendo más -- acentuado este fenómeno en terrenos arcillosos. Es por esto que las aguas con alto porcentaje de sodio requieren prácticas especiales de manejo. Cuando se evapora en el suelo una agua que contiene carbonato de sodio residual, el calcio y magnesio precipitan en forma de carbonatos, aumentando así el porcentaje de sodio en la solución del suelo. Entonces el sodio reemplaza al calcio en las partículas del suelo, aumenta el porcentaje de sodio intercambiable en el coloide del mismo, y tiende a empeorarse la condición física del suelo, especialmente la permeabilidad. Además, el pH puede aumentar y la materia orgánica puede disolverse, produciendo así el típico color obscuro de los suelos no salinos-álcali (2).

Además de los efectos indirectos del sodio en el crecimiento de las plantas, resultado de las modificaciones adversas de la propiedad física del suelo, existe alguna evidencia de esta toxicidad específica. Así, si hay alto contenido de sodio en el suelo, los almendros pueden presentar "punta quemada", y los aguacates "quemadura de la hoja".

El valor del sodio obtenido en los análisis, se usa en diferentes igualdades, siendo el "porcentaje de sodio soluble" o simplemente el "por ciento de sodio", un valor calculado que se representa con la siguiente ecuación, en la cual las concentraciones se expresan en me/lt.

$$\text{P.S.S.} = \frac{\text{concentración de sodio soluble}}{\text{concentración total de cationes}} \times 100$$

Un valor alto indica agua suave mientras un valor bajo indica agua dura. La anterior ecuación representa, en porcentaje, la cantidad que ocupa el sodio en el agua bajo estudio.

Otra expresión, considerada más satisfactoria, es la proporción de sodio adsorbido, valor calculado que se representa así:

$$\text{P.S.A} = \frac{\text{Na}}{\sqrt{\frac{\text{Ca} + \text{Mg}}{2}}}$$

En este caso, la concentración también está en me/lt., y según Wilcox (4) existe una íntima correlación entre la proporción arriba mencionada (P.S.A) del agua para riego y el porcentaje de sodio intercambiable (P.S.I) del suelo regado con el agua que corresponde a esta relación. De igual manera, el valor P.S.A de la solución de un suelo está simplemente relacionada con la adsorción de sodio por ese suelo. Scofield y Headley (5), resumieron los resultados de una serie de experimentos de aplicación de enmendantes en suelos sódicos, expresaron lo siguiente: "aguas duras hacen tierras suaves y aguas suaves hacen tierras duras". Los suelos álcali están formados por -- acumulación de sodio intercambiable, y a menudo se les diagnostica como suelos difíciles de cultivar y con un bajo potencial de fertilidad.

Eaton (1950) propuso utilizar el término de "carbonato de sodio residual", y se define así: $\text{C.S.R} = (\text{CO}_3 + \text{HCO}_3) - (\text{Ca} + \text{Mg})$, representándose las concentraciones en me./lt., lo cual viene a ser el exceso de bicarbonato sobre el calcio + magnesio.

El peligro del sodio o el álcali, implicado en el uso del

agua para riego es determinado por las concentraciones absoluta y relativa de los cationes. Si la proporción de sodio es alta, será alto el peligro del álcali, pero éste es bajo si predominan el calcio y magnesio.

Los suelos álcali se forman por acumulaciones de sodio intercambiable y a menudo se caracterizan por baja permeabilidad y malas condiciones para la labranza. La proporción de sodio adsorbido (P.S.A) proporciona una estimación del peligro del sodio o álcali, y se le considera factor fundamental para la clasificación de las aguas de riego.

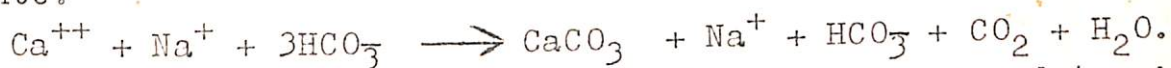
El establecimiento de las clases de calidad del agua desde el punto de vista del peligro del sodio es mucho más complicado que el del peligro de la salinidad. Este problema puede enfocarse desde el punto de vista de la probable extensión a la que el suelo adsorba el sodio contenido en el agua y la proporción a la cual ocurra tal adsorción al ser aplicada el agua.

Considerando un caso simple de un suelo normal continuamente lixiviado con agua para riego, de alto contenido de sodio y un incremento en la concentración de las sales de una solución por ausencia de evaporación superficial. Bajo estas condiciones el porcentaje de sodio intercambiable que eventualmente pueda alcanzar el suelo cuando éste y el agua estén en equilibrio, se podrá predecir con mucha aproximación, conociendo la proporción de sodio adsorbido del agua. La proporción en la cual se alcanzará el equilibrio dependerá de la concentración catiónica total o de la conductividad eléctrica del agua. Entonces, para tal caso, la aplicación de aguas que tengan las mismas proporciones de asorción del sodio, pero distinta conductividad eléctrica, resultarían al final casi los mismos porcentajes de sodio intercambiable; pero las cantidades de agua requeridas para que el suelo alcance este porcentaje final, --variarán inversamente con la conductividad eléctrica.

A veces el agua de riego puede disolver suficiente calcio procedente de los suelos calcáreos, reduciendo así apreciable-

mente el peligro del sodio. El sodio en el agua tiende a fijarse o adsorberse en el suelo en forma intercambiable. A medida que aumenta el valor de P.S.I (álcali), se incrementan las acciones físicas y químicas adversas en el suelo hasta llegar al límite admisible o a impedir el crecimiento de las plantas. La recuperación indica el reemplazamiento del sodio intercambiable por calcio o magnesio, y la eliminación del sodio por percolación. A menudo es posible prevenir la formación de niveles nocivos de sodio intercambiable mediante la adición de calcio, usualmente en la forma de yeso, al agua o al suelo (7b).

Ocasionalmente las aguas pueden tener un alto contenido de bicarbonatos y con menor frecuencia de nitratos. En aguas de baja concentración total de sales, los bicarbonatos frecuentemente exceden el contenido de sulfatos y cloruros, pero en ríos con alto contenido de sales, como el Bravo, las sales predominantes son sulfatos o cloruros. El uso de agua con contenido bajo de sales pero alto en bicarbonatos, aumenta el problema del sodio. Thorne (4) lo representa con la ecuación siguiente:



Eaton sugirió el uso de la siguiente fórmula para determinar el por ciento posible de sodio:

$$\text{Por ciento posible de sodio} = \frac{100 (\text{Na}^+)}{(\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} + \text{Na}^+) - (\text{CO}_3^{--} + \text{HCO}_3^-)}$$

siempre que $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{--}$ no excedan a $(\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++})$. Esta reacción es de gran importancia cuando hay presencia de "carbonato residual", que se define como $\text{CO}_3^{--} + \text{HCO}_3^- - (\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++})$. Los carbonatos residuales representan el exceso de los carbonatos sobre los elementos alcalinos; estando representadas las concentraciones en ambos casos en equivalente por millón (e.p.m). Las aguas con total relativamente bajo de sales y con porcentaje de sodio dentro de límites no perjudiciales - podrían objetarse para usarlas en riegos si la cantidad de bi-

carbonato excede considerablemente al calcio y magnesio presentes. Las aguas con carbonatos son fuertemente alcalinas (pH 8 o más), pero lo son menos las que contienen bicarbonatos. Por lo demás, la cantidad total y proporciones relativas de unos y otros determinan, en gran parte, la alcalinidad y el pH de una agua.

En las aguas con concentraciones altas de estos iones, se observa cierta tendencia del Ca y Mg a precipitarse como carbonatos cuando el agua se concentra por transpiración y evaporación. Con la remoción del calcio y magnesio de la solución del suelo se incrementa la proporción relativa de sodio, y, en consecuencia, aumenta el peligro de la alcalinidad. El carbonato de sodio residual (CSR), ya definido, es una medida del peligro relacionado con el uso del agua rica en bicarbonatos.

Se tiene poca información sobre las cantidades total y relativa de bicarbonato que sean admisibles en aguas aplicadas bajo diferentes condiciones del suelo y drenaje. Wilcox y colaboradores (7a) encontraron que el agua con más de 2.5 me./lt de bicarbonato de sodio residual ($\text{CO}_3 + \text{HCO}_3$) - (Ca + Mg), no era apropiada para riego por un período largo sin el uso de enmendantes; y que el agua que contenía menos de 1.25 me/lt podía usarse para riego sin ningún peligro.

El boro, elemento característico de compuestos tan comunes como el bórax y el ácido bórico, se encuentra prácticamente en todas las aguas naturales, variando su concentración desde huellas a varias ppm. Es esencial para el crecimiento de las plantas, pero excesivamente tóxico para éstas con sólo que su concentración exceda ligeramente el valor óptimo. Habitualmente las plantas no presentan signos de deficiencia de boro si son regadas con agua que contenga por lo menos 0.1 ppm. Las aguas deberán analizarse para boro si se sospecha que está presente en niveles tóxicos, teniendo en cuenta que puede desarrollarse toxicidad en plantas sensitivas aún con una concentra--

ción de apenas 1 ppm. Para la mayoría de los cultivos puede usarse agua con 1-2 ppm de boro, y hasta de 3 ppm en los cultivos tolerantes; si el contenido excede de esta cantidad es impracticable usar tal agua para riego.

Algunas sales o iones que son inofensivos estando en baja concentración pueden acumularse en la solución del suelo en su suficiente cantidad para causar reacciones tóxicas en las plantas, encontrándose en este caso, principalmente, iones tales como el sodio, cloruros, bicarbonatos y sulfatos. Con menor frecuencia pueden producir reacciones tóxicas en los cultivos, los cationes que estén en los suelos en cantidades excesivas de calcio y magnesio.

El selenio y el litio raramente se encuentran en aguas o suelos aunque pueden acumularse en los tejidos vegetales. Ordinariamente el selenio y los fluoruros no afectan el crecimiento de las plantas pero pueden producir serios efectos en la vida animal. Otros cationes específicos afectan a determinados cultivos. Tal es el caso del guayule que crece raquíticamente en presencia de pequeñas o moderadas cantidades de magnesio soluble (2).

La acumulación de iones de cloro, en los tejidos vegetales produce generalmente síntomas tóxicos, siendo especialmente sensibles al cloro el durazno y otras drupáceas, algunas variedades de cítricos, el aguacate y algunas vides. Una sensibilidad específica para concentraciones altas de iones de sulfatos es la que ocurre, según se ha reportado, en el tomate, algodón, lino y pomáceas. Los bicarbonatos son tóxicos porque su acumulación en la solución del suelo afecta la nutrición mineral, y tiende a reducir el aprovechamiento del fierro en muchas plantas. Cuando se incrementa la concentración de bicarbonato resulta más pronunciada en el frijol la reducción del crecimiento, acompañándose esta condición por clorosis.

El calcio, magnesio, sodio y potasio son los constituyentes básicos ordinariamente presentes en concentraciones significativas en las aguas para riego. Estos cationes, exceptuado el sodio, son alimentos esenciales de las plantas. El sodio es tomado libremente por muchas plantas pero probablemente no es esencial, al menos en el mismo sentido que los otros nutrientes, e incluso puede ser tóxico para algunas plantas.

Las concentraciones de los cationes y aniones se expresan en "partes por millón" (p.p.m) o en miliequivalentes (miligramos equivalentes) por litro (me/lt.), prefiriéndose esta última unidad ya que tiene algunas ventajas que no tiene la unidad ppm pues un me. de cualquier ion es equivalente a un me. de cualquier otro ion.

MATERIALES Y METODOS

Las muestras de agua se tomaron de los pozos de los lotes siguientes de la región agrícola de Navidad, N. L. Para hallar los análisis correspondientes véanse los cálculos, con el número de la izquierda.

No. de orden	Propietario	Fraccionamiento	No. de lote
1	Rául Ramos	Navidad	2
2	Lic. Miguel Cárdenas Stille	Navidad	3
3	Leonardo Arzuaga García	Navidad	4
4	Ing. Flavio Treviño	Navidad	5
5	Felipe López	Navidad	6
6	Lic. Miguel Cárdenas Stille	Navidad	12
7	Lic. Miguel Cárdenas Stille	Navidad	13
8	Ricardo Villarreal	Navidad	14
9	Ing. Flavio Treviño	Navidad	19
10	Alberto Montenbruck	Navidad	20
11	Casa Sánchez	Navidad	S.n.
12	Leonardo Arzuaga M.	Navidad Sta. Teresita	
13	Roberto López	Zacatal	2
14	Sotero Sánchez	Zacatal	4
15	Roberto López	Zacatal	9
16	Roberto López	Zacatal	10
17	Lorenzo González	Zacatal	15
18	Vicente Barreda	Zacatal	16
19	Lic. Miguel Cárdenas Stille	Zacatal	6
20	Mario Garza	Zacatal	21
21	Jesús Barreda	Zacatal	25
22	Godofredo de la Peña	Zacatal	26
23	Escuela S. de Agricultura "Antonio Narro" (ESA "AN")	Buenavista, Coah.	

Para efectuar correctamente el muestreo se consideró como requisito indispensable que el pozo hubiera estado trabajando continuamente cuando menos 12 horas antes de tomar la muestra. Esto se hizo con el fin de evitar una concentración de sales, debida a los períodos durante los cuales la bomba no trabaja, lo cual puede suceder con frecuencia; y de esta manera se evadió el riesgo de reportar resultados erróneos. Las muestras se tomaron de la boca de la bomba, en frascos de vidrio de un galón, y se tuvo especial cuidado de tomar una muestra representativa de cada pozo.

Con carácter únicamente informativo se analizó una muestra del agua de la Escuela Superior de Agricultura "A. Narro". Las muestras se transfirieron al laboratorio y se analizaron lo más pronto posible, después de la recolección, ya que de no hacerlo así pueden variar algunos datos, como pH, carbonatos y bicarbonatos. De cada bomba se tomaron dos muestras, en distintas fechas, como a continuación se indica.

1960

Primer muestreo

Abril 30	Muestras 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 12 y 13
Mayo 14	" 3, 10, 11 y 14.
Julio 23	" 4, 15, 16, 18, 19, 20 y 22.

Segundo muestreo

Julio 23	Muestras 1, 2, 3, 6, 7 y 14.
Julio 30	" 5, 9, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22
Agosto 6	" 4, 8, 10, 11, 17, 20, 23.

Todas las determinaciones se hicieron por duplicado, Para los análisis se tomó como base el Manual 60 del U.S.D.A., aunque en algunas de las determinaciones se hicieron ciertos cambios. Los reactivos, procedimientos y cálculos se indican a continuación.

pH

1. Aparato. Potenciómetro Bechman.
2. Procedimiento. Estandarizar el aparato con las indicaciones del mismo. Tomar una cantidad suficiente de muestra, para cubrir los dos electrodos.
3. Hacer la lectura.

Conductividad

1. Aparato. Puente de conductividad "Industrial Instruments" modelo RC 16.
2. Procedimiento. Tomar suficiente cantidad de muestra para cubrir totalmente la celda de inmersión teniendo cuidado de que ésta no toque las paredes ni el fondo del recipiente en el que está la muestra.

Hacer doble lectura; la primera con el multiplicador en 1 y 15; la segunda con el multiplicador en 10. Tomar la temperatura exacta de la muestra.

3. Cálculos. La conductividad eléctrica (C E) deberá reportarse en micromhos/cm a 25° C; k = constante del aparato:

$$C.E = \frac{k}{\text{resistencia}} = \text{mhos}$$

La conductividad así obtenida se multiplica por el factor de corrección para temperatura, procedente de la Tabla 15 del Manual 60 del U.S.D.A., obteniéndose la conductividad eléctrica a 25° C.

Ejemplo. Lectura 542 x 1 = 542
 54.2 x 10 = 542
 Temperatura observada 25°C

$$\frac{1.002378}{542} \times 1 = .0018494 \text{ mhos/cm a } 25^\circ \text{ C.}$$

Calcio y Magnesio

1. Reactivos.

a. Solución buffer de cloruro e hidróxido de amonio.-- Disolver 67.5 gramos de cloruro de amonio en 570 ml de hidróxido de amonio concentrado y aforar a un litro.

b. Hidróxido de sodio, aproximadamente 4N. Disolver 40 gramos de hidróxido de sodio en 250 ml de agua.

c. Solución estandar de cloruro de calcio 0.02N. Disolver 1000 gramos de carbonato de calcio puro en 20 ml de ácido clorhídrico aproximadamente 3N y aforar exactamente a 1000 ml.

d. Eritrocromo negro T. Disolver 0.5 gramos de eritrocromo negro T (F 241) y 4.5 gramos de hidroccloruro de hidroxilamina en 100 ml de estanol de 95°. O bien, disolver 0.5 gramos de eritrocromo negro T en 100 ml de dietanolamina. Es más estable que la solución alcohólica.

e. Indicador. Purpurato de amonio (murexide). Mezclar perfectamente 0.5 gramos de purpurato de amonio con 100 mg de sulfato de potasio en polvo.

f. Solución de etilendiaminotetracetato (versenato) 0.02N. Disolver 3.723 gramos de etilendiaminotetracetato disódico dihidratado en agua y diluir a un volumen de 1000 ml. Estandarizar la solución con (c), usando el procedimiento que se indica abajo.

g. Solución de dietilditiocarbamato de sodio. Disolver 1 gramo en 100 ml de agua destilada. Se le usa como inhibidor para la interferencia de trazas de elementos y hace fácilmente distinguible el punto final.

h. Cal Ver. II. Indicador producido por Heach Chemical Company, Ames, Iowa.

2. Procedimiento. Para esta determinación se sigue el procedimiento que a continuación se describe.

Se toman 10 ml de muestra en un vaso de precipitado, y se añaden 5 gotas de (g), 1 gota de (b) por cada 5 ml de alícuota y 15-20 mg de (c). Después de cada adición mezclar bien, para lo cual se puede usar un agitador magnético. Titular con (f). El color cambia de rosa a lavanda. Cuando el punto final esté cercano se añade (f), lentamente: una gota cada 5-10 segundos. Para distinguir el punto final basta agregar a un testigo, que tenga (a), (e) y (g) una o dos gotas de (f). Si la muestra se titula con (f) puede uno regresarse con (c).

Un método alternado para determinar calcio usando (h) es el siguiente:

Magnesio. A la muestra titulada para calcio se agregan 3 o 4 gotas de HCl concentrado, y se agita hasta que el murexide esté destruido. Se añade 1 ml de (a), 1 o 2 gotas de (d) y se titula con (f). El punto final será azul claro sin yinte rojo.

Calcio más magnesio. Tomar 10 ml de la muestra, añadir 5 gotas de (g), 1 ml de (a) y 1-2 gotas de (d) (aproximadamente 10 gotas de la solución alcohólica es lo requerido). Titular con (f). El color cambia de rojo vivo a azul.

Cálculos.

Nota. Se necesita determinar por separado la normalidad del - versenato para calcio (1) y para calcio + magnesio (2).

$$\text{Calcio: me/lt. Ca} = \frac{\text{cc gastados x norm.versenato(1) x 1000}}{\text{ml de la alícuota}}$$

$$\text{Ca + Mg: me/lt. Ca + Mg} = \frac{\text{cc.gastados x norm.versenato(2)x 1000}}{\text{ml de la alícuota}}$$

$$\text{Mg} = (\text{Ca + Mg}) - \text{Ca}$$

$$1. \text{ Ca} = \frac{6.58 \times .2008 \times 1000}{10} = 132.1264 \text{ me/lt.}$$

$$\text{Ca + Mg} = \frac{10.19 \times .1988 \times 1000}{10} = 202.5773 \text{ me/lt.}$$

$$\text{Mg} = 202.58 - 132.13 = 70.45 \text{ me/lt.}$$

Sodio

La determinación de este elemento se llevó a cabo por medio de una estimación expresada en la siguiente ecuación: (Manual 60 U.S.D.A, p. 79).

$$\text{Na}^+ \text{ me/lt.} = (\text{C.E} \times 10^6/100) - \text{Ca}^{++} \text{ me/lt} + \text{Mg}^{++} \text{ me/lt.})$$

La igualdad arriba citada requiere conocer la conductividad eléctrica, expresada en micromhos a 25° C y la cantidad de Ca + Mg en me/lt obtenida de la determinación de estos elementos por el método del versenato.

Boro

1. Reactivos.

- a. Bromotimol azul, 1 gr en 100 cc de alcohol etílico
- b. Acido sulfúrico N (aproximadamente).
- c. Acido sulfúrico 0.02N (aproximadamente) libre de carbonatos.
- d. Hidróxido de sodio 0.5N, libre de carbonatos.
- e. Hidróxido de sodio 0.0231 N, libre de carbonatos (un ml equivale a 0.25 mg de boro).
- f. Solución de H_3BO_3 . Disolver 0.5716 gramos de H_3BO_3 - seco en agua destilada y completar a 1 litro. Se deseca en el desecador con CaCl_2 : 1 cc contiene 0.1 mg. de boro. Esta solución se usa en la estandarización del reactivo.
- g. Manitol neutro. Es preferible el sintético al natural. La titulación en blanco, 5 gramos de manitol, no ha de exceder de 0.1 ml del reactivo (e).

2. Procedimiento. Poner agua destilada (450 a 500 ml) en un vaso de precipitado de 600 ml y añadir 2 gotas de (a). Tomar - un vaso de precipitado de 400 cc y añadir 250 cc de la muestra del agua y 2 gotas de (a). Después de haber añadido el indicador al agua destilada y a la muestra de agua se agregan aproximadamente 6 gotas de H_2SO_4 N para acidificar las aguas. Si inmediatamente después de añadir el indicador la muestra se pone azul, se principia a añadir la solución normal de H_2SO_4 , hasta que desaparezca el color, y 5 o 6 gotas más después de que suceda esto. (Estas gotas representan exceso de ácido). Si no aparece coloración azul sólo se añaden 5-6 gotas de H_2SO_4 normal. Se ponen a hervir el agua destilada y la muestra de agua; se agitan y se colocan en una palangana de agua, para enfriar, y luego, con la pipeta, se toma una alícuota de la solución estandar de ácido bórico, equivalente a 1 mg de boro, y se coloca en un vaso de precipitado de 400 cc al que se añaden aproximadamente 250 cc del agua destilada hervida.

Se ajusta el potenciómetro a 7, con la solución buffer, y luego se insertan los electrodos en el ácido bórico previamente preparado, y usando los reactivos (c) y (d) se ajusta la muestra a pH 7. En seguida se añaden 5 gramos de manitol a la muestra y se titula con el reactivo (e) hasta obtener el pH que tenía antes de añadir el manitol. En otras palabras, se neutraliza la muestra a un pH de 7 ± 0.1 . Se añade manitol y se lleva la muestra al mismo pH usando la solución estandar de NaOH - (reactivo e). Se toma una muestra de agua destilada y se corre a través del mismo procedimiento, substrayendo el resultado de la lectura de la muestra.

3. Cálculos para determinar el boro.

Titulación de la solución de H_3BO_3 .

5.06 ml de NaOH 0.0231 N (que neutralizan a 10 ml de ácido bórico = 1.0 mg)

- 0.04 ml de NaOH 0.0231 N (utilizados para el cambio de coloración del agua destilada)

5.02 ml NaOH = 1.0 mg B

1.00 ml NaOH = 0.199 mg B

Muestra de agua 0.40 ml NaOH 0.0231 N

Testigo - 0.04 ml NaOH 0.0231 N

= 0.36 ml NaOH 0.0231 N

ppm. de B = $\frac{0.36 \times 0.199 \times 1000}{250}$ = 0.29 ppm. B.

Sulfatos

1. Reactivos.

- Acido clorhídrico concentrado
- Cloruro de bario, solución al 10%. Disolver 100 gramos de cloruro de bario en 1 litro de agua y filtrar.
- Anaranjado de metilo 0.1% en agua.

2. Procedimiento.

Se toman 100 cc de muestra; añadir unas cuantas gotas de (c) y 1 ml de (a). Calentar a ebullición y añadir 5 ml de (b) gota a gota, con agitación constante. Dejar en baño maría hasta que el volumen se reduzca a 50 ml. (Se puede poner en la -

estufa a 110°C). Enfriar y filtrar el precipitado de sulfato de bario en papel filtro (libre de cenizas) y lavar con agua - hasta que esté libre de cloruros. El papel filtro se dobla cuidadosamente y se coloca en crisol de porcelana, previamente pesado, y se pone en la mufla por media hora a 600°C . Se dejan enfriar los crisoles en la campana de desecación y se vuelven a pesar.

3. Cálculos.

me/lt de SO_4^{--} = gr. de BaSO_4 x 8568.2/ml. de alícuota.

Ejemplo $\text{SO}_4 = \frac{.2019 \times 8568.2}{100} = 17.2991 \text{ me/lt.}$

Carbonatos y Bicarbonatos

1. Reactivos.

- Solución de fenolftaleína 0.25% en 50% alcohol etílico
- Acido sulfúrico 0.050 N
- Anaranjado de metilo 0.1% en agua.

2. Procedimiento. Tomar una alícuota de la muestra que no -- tenga más de 1 me. de carbonato + bicarbonato, y diluirla a 50 ml si se tomó menos de este volumen. Añadir unas cuantas gotas del reactivo (a); si se produce color rosa titular con (b) añadiendo una gota cada 2-3 segundos hasta que desaparezca ese color. A la solución decolorada de esta titulación, o a la solución original (si no se produjo ninguna coloración con la -- fenolftaleína), se añaden una o dos gotas de (c) y se continúa la titulación (sin volver a llenar la bureta) hasta el punto -- final del anaranjado de metilo y se anota la lectura total. La solución se guarda para determinar cloruros.

Se debe correr una determinación con agua destilada libre de bióxido de carbono y se hacen las correcciones necesarias.--

3. Cálculos.

Ion buscado; en me/lt de cualquiera de los siguientes radicales: OH^- , CO_3^{--} o HCO_3^- = $1000 \times \text{normalidad del ácido} \times (\text{valor de la titulación (ver tabla) en ml de ácido - testigo/ml de la alícuota})$

Tabla

Resultado de la titulación	Valor de la titulación para cada ion		
	OH	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻
P ⁺ = 0	0	0	0
P 1/T	0	2P	T-2P
P = 1/2T	0	2P	0
P 1/2T	2P-T	2(T-P)	0
P = T ⁺⁺	T	0	

P⁺ = punto final con fenolftaleína

T⁺⁺ = punto final con anaranjado de metilo

Ejemplo. HCO₃⁻ = $\frac{1000 \times 0.0508 (2.82 - .08)}{50} = 2.7838 \text{ me/lt}$

Cloruros

1. Reactivos.

- Cromato de potasio. Disolver 5 gramos de cromato de potasio en agua, añadir solución saturada de nitrato de plata hasta que aparezca leve precipitado permanente de color rojo. Filtrar y diluir a 100 ml.
- Solución estandar de nitrato de plata 0.05 N. Disolver 8.4944 gramos de nitrato de plata en agua y diluir a 1 litro. Checar por titulación con cloruro de sodio puro.

2. Procedimiento.

A la solución que quedó después de determinar carbonatos y bicarbonatos añadir 1 ml de (a) y titular con (b). Si el volumen de la alícuota apropiada para la titulación de carbonatos y bicarbonatos es demasiado grande para determinar cloruros, se debe tomar una alícuota menor y se neutraliza con anaranjado de metilo. La alícuota no debe contener más de 2 me. de cloruro.

3. Cálculos.

$$\text{me/lt de Cl}^- = 1000 \times \text{normalidad de AgNO}_3 \times (\text{ml AgNO}_3 - \text{testigo/ml en la alícuota}).$$

Ejemplo. Cl = $\frac{1000 \times 0.0493 (1.72 - .05)}{50} = 1.6466 \text{ me/lt.}$

Nitratos

1. Reactivos.

- a. Acido fenildisulfónico. Disolver 25 gramos de fenol en 150 ml de ácido sulfúrico concentrado; añadir 75 - ml de ácido sulfúrico fumante (13-15% SO_3) y calentar a 100°C por dos horas.
- b. NaOH 4N con 10% E.D.T.A

2. Aparato. Fotocolorímetro Klett Summerson No. 9701 115V.

3. Procedimiento.

- a. Tomar una alícuota de 10 ml de la muestra y evaporarla a sequedad.
- b. Añadir 1 ml de ácido fenildisulfónico y agitar constantemente.
- c. Mezclar y enfriar, después de haber añadido, a los 10 minutos, 10 ml. de agua destilada.
- d. Añadir 10 ml. de NaOH 4N, conteniendo 1% de E. D. T. A.
- e. Leer en el colorímetro (.405 m) utilizando un filtro violeta.

Para hacer la curva se miden exactamente .1, .2, .3, .4, .5, .6, .7, .8, .9, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0 y 8.0 cc de una solución N/100 de KNO_3 . Se sigue el procedimiento ya - descrito y se anotan las lecturas. Es conveniente checar la - curva en cada determinación. Se checa con los extremos y dos puntos medios. Al obtener un valor, se lleva a la curva previamente trazada, y se busca el valor correspondiente en me. de - NO_3 . Suponiendo que la lectura de la muestra de agua indique una concentración de 0.1 me. de NO_3^- , nuestra concentración en me/lt. será, de acuerdo con el siguiente cálculo:

$$\text{me/lt NO}_3 = \frac{0.1 \times 1000}{\text{alícuota (10 ml)}} = 10.$$

Fluoruros

1. Reactivos.

a. Acido zirconium alizarín. Disolver 0.3 gramos de oxi cloruro de zirconium ($\text{ZrOCl}_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$) en 50 ml de agua destilada, contenida en frasco de 1000 ml con tapón de vidrio. Disolver 0.07 gramos de monosulfonato de sodio alizarín en 50 ml de agua destilada y verter lentamente en la solución de oxicloruro de zirconium, en tanto se agita el frasco. La solución se aclara al estar en reposo unos minutos.

Preparar una mezcla de ácidos como sigue: Diluir 112 ml - de HCl concentrado, y aforar a 500 ml con agua destilada. En

seguida, diluír 37 ml de H_2SO_4 concentrado en 500 ml de agua destilada. Se deja enfriar y luego se mezclan los dos ácidos. A la solución de zirconium alizarín que está en el frasco de 1 litro, se agrega la mezcla de ácidos hasta la marca y se agita. El reactivo cambia de color, de rojo a amarillo, en poco menos de una hora y queda listo para usarlo. Si se almacena en refrigerador se podrá usar hasta por dos o tres meses.

b. Solución estandar de fluoruro de sodio. Disolver .221 gramos de fluoruro de sodio en agua destilada. Aforar a 1 litro con agua destilada. Diluír 100 ml de la solución de reserva de fluoruro de sodio y aforar a un litro.

2. Procedimiento.

Tomar 100 ml de muestra y ponerlos en un tubo de Nessler. Anteriormente se deben haber preparado soluciones estandar, en 10 tubos de Nessler, que contengan 0.0, 0.02, 0.04, 0.06, 0.08, 0.10, 0.12, 0.14, 0.16 y 0.18 mg de F. Se afora a 100 ml.

Tanto la muestra como las soluciones estandar deben estar a 1° o 2° C cuando mucho de diferencia de temperatura ya que el alizarín cambia de coloración según la temperatura. Cuando están más o menos a la misma temperatura se añaden a la muestra y soluciones estandar 5 ml (lo más exactamente posible) -- del ácido zirconium alizarín, y se dejan reposar por una hora, procediendo luego a comparar la coloración de la muestra con la de las soluciones estandar.

3. Cálculos. ppm. de F = 1000/ml de alícuota.

$$\text{ppm. de F} = \frac{.15 \times 1000}{100} = 1.5 \text{ ppm}$$

Sólidos Disueltos

1. Procedimiento.

Filtrar la muestra para obtener un líquido perfectamente claro.

Evaporar a sequedad una alícuota que contenga menos de 1 gramo de residuos en un vaso de precipitado, previamente pesado. Secar a peso constante a 105° C. Enfriar en el desecador y pesar.

Guardarlo para la determinación de sílice.

2. Cálculos.

$$\text{ppm. de sólidos disueltos} = \frac{\text{gramos de residuos} \times 1\,000\,000}{\text{ml de alícuota}}$$

$$\text{ppm. de sólidos disueltos} = \frac{.1541 \times 1\,000\,000}{100} = 1541 \text{ ppm.}$$

RESULTADOS

En las siguientes tablas se presentan los resultados de las determinaciones de las 23 muestras de agua analizadas.

Tabla 1. Determinación del pH en los dos muestreos

No.	pH	No.	pH	No.	pH	No.	pH
Primer muestreo				Segundo muestreo			
1	7.5	12	7.6	1	7.9	12	7.45
2	7.75	13	7.75	2	7.8	13	7.6
3	7.9	14	7.9	3	7.9	14	7.95
4	7.9	15	7.85	4	7.6	15	7.9
5	7.75	16	7.75	5	7.6	16	7.7
6	7.65	17	7.45	6	7.9	17	7.6
7	7.4	18	7.9	7	7.95	18	7.65
8	7.7	19	7.85	8	7.5	19	7.7
9	7.7	20	7.95	9	7.45	20	7.7
10	7.9	21	7.25	10	7.7	21	7.4
11	7.8	22	7.85	11	7.55	22	7.65
						23	7.7

Tabla 2. Determinación de la conductividad eléctrica en los dos muestreos. Micromhos/cm.

No.	No.	No.	No.
Primer muestreo		Segundo muestreo	
1	1849.4	12	598.4
2	1268.8	13	1591.0
3	715.9	14	562.5
4	731.6	15	1318.9
5	668.2	16	1839.2
6	771.0	17	676.7
7	668.2	18	650.8
8	620.6	19	626.4
9	705.9	20	759.3
10	1077.8	21	676.7
11	648.7	22	668.2
		1	1965.4
		2	1310.2
		3	821.6
		4	700.8
		5	654.1
		6	730.5
		7	642.5
		8	605.7
		9	700.8
		10	1153.0
		11	834.2
		12	603.8
		13	1635.5
		14	660.7
		15	1304.9
		16	1810.5
		17	693.4
		18	649.8
		19	632.2
		20	743.3
		21	674.4
		22	665.2
		23	527.5

Tabla 3. Determinación de calcio y magnesio.

No.	Calcio		Ca + Mg me/lt	$\frac{1}{2} \sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}$	Magnesio	
	me/lt	kg/lámina ⁺			me/lt	kg/lámina ⁺
Primer muestreo						
1	15.10016	302.00	16.91788	.3440	1.81772	21.9
2	9.09624	180.00	13.25996	.3892	4.16372	50.33
3	4.45776	89.00	8.25020	.4939	3.79244	45.85
4	3.21280	64.20	7.33572	.5234	4.12292	49.85
5	3.29312	65.80	6.48088	.5547	3.18776	38.47
6	3.93568	78.60	7.01764	.5345	3.08206	37.26
7	4.31720	86.10	6.79896	.5423	2.48176	30.00
8	3.75496	75.00	6.24232	.5680	2.48736	30.00
9	4.29712	85.80	7.03752	.5345	2.74040	33.15
10	5.30112	106.00	9.62192	.4564	4.32080	52.27
11	3.65456	73.00	6.10316	.5726	2.44860	29.52
12	3.89552	77.80	6.08328	.5773	2.18776	26.37
13	12.24880	244.80	17.81248	.3352	5.56368	67.27
14	3.67464	73.40	6.02364	.5773	2.34900	28.31
15	9.61832	192.20	14.23408	.3753	4.61576	55.78
16	16.34512	326.80	21.39088	.3057	5.04576	60.98
17	3.13248	62.60	6.30196	.5634	3.16948	38.23
18	3.77504	75.40	6.14292	.5726	2.36788	28.55
19	3.89552	77.80	5.86460	.5822	1.96908	23.71
20	3.57424	71.40	7.83272	.5064	4.25848	51.42
21	4.53808	90.60	6.67968	.5464	2.14160	25.89
22	4.31720	86.20	6.38148	.5590	2.06428	24.92
Segundo muestreo						
1	12.96264	259.20	18.00772	.3333	5.04508	60.98
2	10.40144	208.00	14.05516	.3780	3.65372	44.16
3	4.57824	91.40	8.15080	.5000	3.57256	43.19
4	3.25296	65.00	7.49476	.5164	4.24180	51.30
5	3.81552	76.20	6.67968	.5464	2.78416	33.63
6	3.85536	77.00	6.93812	.5384	3.08276	37.26
7	3.61440	73.20	6.52064	.5547	2.90624	35.09
8	3.81520	76.20	6.16280	.5680	2.34760	28.31
9	3.29312	65.80	6.91824	.5384	3.62512	43.80
10	5.52200	110.40	9.86048	.4495	4.33898	52.39
11	3.61440	72.20	6.10316	.5726	2.48876	30.00
12	3.05216	61.00	6.08328	.5726	3.03112	36.76
13	12.81104	256.20	18.68720	.3270	5.87616	71.02
14	3.41360	68.20	6.06340	.5773	2.64980	31.94
15	9.59824	191.80	14.19432	.3753	4.59609	55.53
16	16.66640	333.20	21.78848	.3029	5.12200	61.95
17	4.13648	82.60	6.28208	.5634	2.14560	25.89
18	4.61840	92.20	12.16656	.4049	7.54816	91.23
19	3.67464	73.40	5.86460	.5822	2.18996	26.37

⁺ Lámina = capa de agua de 1 hectárea de superficie (continúa)
x 10 cm de altura = 1000 m³.

Tabla 3. Continuación

20	3.65456	73.0	6.56040	.5505	2.90584	35.09
21	4.45776	89.0	6.38148	.5590	1.92372	23.23
22	3.77504	75.4	6.54052	.5547	2.76548	33.39
23	3.45376	69.0	5.52664	.6030	2.07288	25.09

Tabla 4. Apreciación del sodio en los dos muestreos

No.	miliequivalentes/litro		No.	miliequivalentes/litro	
	1º	2º		1º	2º
1	1.58	1.65	11	0.38	2.24
2	0.60	trazas	12	trazas	trazas
3	trazas	0.11	13	trazas	trazas
4	trazas	trazas	14	trazas	0.54
5	0.20	trazas	15	trazas	trazas
6	0.70	0.40	16	trazas	trazas
7	trazas	trazas	17	0.40	0.70
8	trazas	trazas	18	0.40	trazas
9	0.02	0.10	19	0.40	0.50
10	1.17	1.67	20	0.24	0.87
			21	0.09	0.36
			22	0.30	0.11
			23	----	trazas

Los análisis de las muestras para boro y carbonatos indicaron que no contienen estos elementos.

Tabla 5. Determinación de sulfatos en los dos muestreos

No.	Primer muestreo		Segundo muestreo	
	me/lt	kg/lámina	me/lt	kg/lámina
1	17.2991	829.92	19.3298	927.36
2	9.0051	432.00	10.2218	490.56
3	2.4333	116.64	2.4505	117.60
4	0.8396	39.84	1.2509	60.00
5	0.4969	23.52	0.6683	31.68
6	2.3990	114.72	1.7136	32.08
7	0.8225	39.36	0.7711	36.96
8	0.5912	28.32	0.2998	13.92
9	1.5165	72.48	1.3966	66.72
10	3.0074	144.00	2.7589	132.00

(continúa)

Continuación de la tabla 5.

No.	primer muestreo		Segundo muestreo	
	me/lt	kg/lámina	me/lt	kg/lámina
11	0.8054	38.40	0.6254	29.76
12	0.5826	27.84	0.4712	22.56
13	13.9661	670.08	14.6786	704.16
14	0.6940	33.12	0.6940	33.12
15	9.7763	468.96	9.6306	462.24
16	17.0592	818.40	17.5905	844.32
17	0.5912	28.32	0.5226	24.96
18	0.6426	30.72	0.6511	31.20
19	0.4369	20.64	0.4027	19.20
20	1.2252	58.56	1.1481	54.72
21	0.4712	22.56	0.3427	16.32
22	0.5740	27.36	0.5226	24.96
23	-----	-----	1.3623	65.28

Tabla 6. Determinación de bicarbonatos en los dos muestreos

No.	Primer muestreo		Segundo muestreo	
	me/lt	kg/lámina	me/lt	kg/lámina
1	2.7838	169.58	2.6409	161.04
2	4.1757	254.37	4.0017	244.00
3	4.4907	273.89	5.1609	314.76
4	5.8115	354.41	5.9169	360.51
5	5.6489	344.04	5.3121	323.91
6	4.1656	253.76	4.4251	269.62
7	5.8115	354.41	5.1105	311.71
8	5.4051	329.40	5.0803	309.88
9	5.3035	323.30	5.0299	306.22
10	3.1394	190.93	3.6489	222.04
11	4.5720	278.77	4.7577	289.75
12	5.4254	330.62	5.0803	309.88
13	3.7287	226.92	3.3667	204.96
14	4.1046	250.10	4.1731	254.37
15	3.6779	223.87	4.1328	251.93
16	4.3586	265.35	3.7497	227.00
17	4.3243	263.52	4.3243	263.52
18	4.5415	276.94	4.5259	275.72
19	4.8158	293.41	4.7577	289.75
20	4.3078	262.30	4.3243	263.52
21	4.7073	286.70	4.7073	286.70
22	4.3586	265.35	4.6771	284.87
23	-----	-----	4.7073	286.70

Tabla 7. Determinación de cloruros en los dos muestreos

No.	Primer muestreo		Segundo muestreo	
	me/lt	kg/lámina	me/lt	kg/lámina
1	1.6466	58.22	1.4494	51.12
2	0.8578	30.17	0.7592	26.62
3	0.7099	24.85	0.7592	26.62
4	0.0493	1.42	0.0493	1.42
5	0.5521	19.52	0.6704	23.78
6	1.3804	48.99	1.0550	37.27
7	0.3451	12.07	0.5127	18.10
8	0.6014	21.30	0.5916	20.44
9	0.7395	25.91	0.7395	25.91
10	1.2522	44.37	1.1043	39.05
11	0.6113	21.65	0.3155	11.00
12	0.4930	17.39	0.4930	17.39
13	1.3508	47.92	1.0550	37.27
14	1.1043	39.05	1.1339	40.11
15	1.0846	38.34	1.1043	39.05
16	0.8381	29.46	0.1479	4.97
17	1.3508	47.92	1.5283	53.96
18	0.9860	34.79	1.0451	36.92
19	0.7888	27.69	0.8381	29.46
20	1.3015	46.15	1.2522	44.37
21	0.9860	34.79	0.9564	33.72
22	1.1043	39.05	1.0057	35.50
23	-----	-----	0.2169	7.45

Tabla 8. Determinación de fluoruros en los dos muestreos

No.	ppm*	ppm	No.	ppm	ppm
	1º	2º		1º	2º
1	1.5	1.5	12	0.2	0.45
2	1.5	1.5	13	1.1	1.4
3	0.7	1.1	14	0.6	0.9
4	1.2	1.5	15	1.1	1.4
5	0.75	0.8	16	1.7	1.7
6	0.7	1.1	17	0.7	0.6
7	1.0	1.1	18	0.55	0.5
8	0.3	0.6	19	0.5	0.5
9	1.1	1.4	20	0.75	0.8
10	0.55	0.7	21	0.45	0.4
11	0.4	0.7	22	0.5	0.6
			23	---	0.5

* ppm = kg/lámina

Tabla 9. Determinación de nitratos en los dos muestreos

No.	Primer muestreo		Segundo muestreo	
	me/lt	kg/lámina	me/lt	kg/lámina
1	.00008	4.96	.00006	3.72
2	.00006	3.72	.00006	3.72
3	.00186	113.32	.00006	3.72
4	.00006	3.72	.00004	2.48
5	.00090	55.80	.00056	34.72
6	.00020	12.40	.00006	3.72
7	.00010	6.20	.00002	1.24
8	.00122	75.64	.00105	65.10
9	.00007	4.34	.00005	3.72
10	.00007	4.34	.00140	86.80
11	.00128	79.36	.00116	71.92
12	.00053	32.86	.00042	26.04
13	.00014	8.68	.00003	1.86
14	.00166	102.92	.00100	62.00
15	.00018	11.16	.00016	9.92
16	.00006	3.72	.00006	3.72
17	.00210	130.20	.00114	70.68
18	.00125	77.55	.00096	59.52
19	.00066	40.92	.00086	56.32
20	.00042	26.04	.00078	50.78
21	.00110	68.20	.00174	107.88
22	.00084	52.08	.00117	72.54
23	-----	-----	.00050	3.10

Tabla 10. Determinación de sólidos disueltos, en los dos muestreos

No.	ppm*	ppm	No.	ppm	ppm
	1º	2º		1º	2º
1	1541	1676	12	338	354
2	404	1026	13	1282	1407
3	483	459	14	343	374
4	446	385	15	1041	1050
5	248	402	16	1584	1613
6	489	438	17	402	409
7	406	396	18	352	373
8	341	369	19	323	380
9	437	448	20	475	521
10	729	743	21	386	390
11	367	384	22	386	388
			23	---	292

* ppm = kg/lámina

Tabla 11. P.S.A., conductividad eléctrica (en micro-mhos) y caracterización de las muestras de agua

No.	P.S.A.	C.E.	Caracterización	No.	P.S.A.	C.E.	Caracterización
Primer muestreo				Segundo muestreo			
1	4.493	1849.4	C ₃ S ₁	1	4.950	1965.4	C ₃ S ₁
2	1.541	1268.8	C ₃ S ₁	2	-----*	1310.2	C ₃ S ₁
3	-----*	715.9	C ₂ S ₁	3	0.220	821.6	C ₃ S ₁
4	-----	731.6	C ₂ S ₁	4	-----	700.8	C ₂ S ₁
5	0.360	668.2	C ₂ S ₁	5	-----	654.1	C ₂ S ₁
6	1.309	771.0	C ₃ S ₁	6	0.7429	730.5	C ₂ S ₁
7	-----	668.2	C ₂ S ₁	7	-----	642.5	C ₂ S ₁
8	-----	620.6	C ₂ S ₁	8	-----	605.7	C ₂ S ₁
9	0.037	705.9	C ₂ S ₁	9	0.185	700.8	C ₂ S ₁
10	2.563	1077.8	C ₃ S ₁	10	3.715	1153.0	C ₃ S ₁
11	0.663	648.7	C ₂ S ₁	11	3.911	834.2	C ₃ S ₁
12	-----	598.4	C ₂ S ₁	12	-----	603.8	C ₂ S ₁
13	-----	1591.0	C ₃ S ₁	13	-----	1635.5	C ₃ S ₁
14	-----	562.5	C ₂ S ₁	14	-----	660.7	C ₂ S ₁
15	-----	1318.9	C ₃ S ₁	15	-----	1304.9	C ₃ S ₁
16	-----	1839.2	C ₃ S ₁	16	-----	1810.5	C ₃ S ₁
17	0.709	676.7	C ₂ S ₁	17	1.242	693.4	C ₂ S ₁
18	0.698	650.8	C ₂ S ₁	18	-----	649.8	C ₂ S ₁
19	0.687	626.4	C ₂ S ₁	19	0.858	632.2	C ₂ S ₁
20	0.473	759.3	C ₂ S ₁	20	1.580	743.3	C ₂ S ₁
21	0.164	676.7	C ₂ S ₁	21	0.644	674.4	C ₂ S ₁
22	0.536	668.2	C ₂ S ₁	22	0.198	665.2	C ₂ S ₁

* Las muestras con líneas punteadas en la columna de P.S.A indican que sólo se encontraron trazas de sodio (cantidades no cuantificables), por cuya razón no procede el cálculo correspondiente.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Las conclusiones a que se puede llegar en este trabajo de reconocimiento de las aguas de la región agrícola de Navidad, Nuevo León, como una fuente probable de los problemas de salinidad que dicha región presenta, se resumen en seguida, tomando como base los cuatro puntos siguientes, como lo indica el Manual No. 60 del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

1. Conductividad Eléctrica. De las 45 muestras que se analizaron, 30 tuvieron una conductividad que varió de 500 a 750 micromhos, cayendo, por lo mismo, dentro de la categoría C₂ por lo cual estas aguas pueden ser usadas para riego, siempre y cuando ocurra una moderada cantidad de lixiviación. Se pueden cultivar plantas que posean moderada resistencia salina, en la mayoría de los casos sin recurrir a prácticas especiales de control de salinidad.

La conductividad eléctrica de las 15 muestras restantes varió entre 750 y 2000 micromhos, por lo que se les caracterizó como C₃. Estas aguas no pueden usarse para riego en suelos con drenaje restringido; y aún cuando el drenaje sea adecuado, pueden requerirse prácticas especiales para el control de la salinidad, y deben seleccionarse cultivos con buena tolerancia salina.

2. Sodio. Las cantidades obtenidas de este elemento en solución no podrían, en forma absoluta, indicar seguridad o peligro, por lo que concierne a las concentraciones de este elemento; en cambio, su concentración relativa, obtenida de la relación P.S.A sí dictamina los límites dentro de los cuales se pueden caracterizar estas aguas. En forma general se puede decir que las aguas para riego que tengan un P.S.A menor de 8 están a salvo. Los valores de 12 a 15 son marginales, y el uso continuo de aguas con un valor mayor de 20 casi seguramente -- acarrearán serios problemas sódicos.

Considerando las especificaciones concernientes a sodio - antes mencionadas, y las proporciones de sodio adsorbido que se obtuvieron en la totalidad de las muestras, se concluye lo siguiente: El mayor valor obtenido de P. S. A fué de 4.95, -- por lo que se dictamina que ninguna de las aguas de esta región presentará problemas de acumulación de sodio, por lo que res-- pecta al contenido de este elemento en las aguas para riego.

Por lo tanto, la caracterización de estas aguas será de - S₁, en todos los casos, y sus especificaciones son como sigue: Pueden usarse para riego en casi todos los suelos, con poco -- peligro de originar problemas de sodio. Sin embargo, cultivos sensibles al sodio, como árboles frutales de semilla dura, a-- guacate y otros, pueden acumular cantidades perjudiciales en las hojas.

3. Bicarbonatos. En ninguno de los 45 análisis efectua-- dos excedió la substracción de ($\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$) de ($\text{CO}_3^{--} + \text{HCO}_3^{--}$) a 1.25 me/lt. Por tal razón, puede considerarse a estas aguas - exentas del problema del carbonato de sodio residual.

4. Boro. En todas las muestras analizadas se encontraron concentraciones de boro menores de 0.33 ppm., lo cual caracte-- riza a estas aguas como excelentes por lo que a este elemento se refiere.

Recomendaciones

Para indicar el uso correcto que se deba hacer de estas - aguas fué necesario consultar los análisis de los terrenos que son regados con ellas (1), ya que sería inútil intentarlo sin conocer la composición química de los mismos. Las aguas, en - sí, tienen una salinidad que varía de media a alta, pero gra-- cias al buen drenaje que posee el suelo de la región no produ-- cen un problema tan grave como se podría esperar.

Los lotes que presentan problema más grave de salinidad - son los correspondientes a las muestras 15 y 16, y por ello es aconsejable tener cuidado especial en los riegos, pues si no -

son aplicados en cantidad suficiente podrían aumentar aún más el problema ya existente. En los demás lotes no se debe menospreciar la salinización que puede producir el agua, pero puede evitarse tal peligro usando cantidades de agua no estrictamente limitadas a las necesidades de los cultivos, ya que los suelos muestran un drenaje interno favorable.

BIBLIOGRAFIA

1. De la Garza, J. L. 1960. Tesis profesional. Escuela S. de Agricultura "A. Narro".
2. Fireman, M., and H. E. Hayward. 1955. Irrigation water and saline and alcali soils. Yearbook of Agriculture "Water", pp. 321-327.
3. Hayward, H. E. 1956. The salinity factor in the reuse of waste waters. The American Association for the Advancement of Science, Washington, D. C.
4. Thorne, D. W., and H. B. Peterson. 1954. Irrigation Soils. 2d ed. The Blakiston Co., Inc., p. 112.
5. United States Salinity Laboratory Staff. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. U.S.D.A. Handbook No. 60.
6. Velasco Molina, H. A. 1960. Fertilidad del Suelo. Escuela S. de Agricultura "A. Narro".
- 7a Wilcox, L. V., C. Y. Blair, and C. A. Bever. 1954. Effect of bicarbonate on suitability of water for irrigation Soil Sci. 77-4.
- 7b Wilcox, L. V. 1955. Classification and use of irrigation waters. U.S.D.A., Cir. 969.
- 7c Wilcox, L. V. 1958. Water quality from the standpoint of irrigation. Jour. Amer. Water Work. Ass. 50-5.
- 7d Wilcox, L. V. 1958. Determining the quality of irrigation water. Agricultural Information, U.S.D.A., Bull. 197.

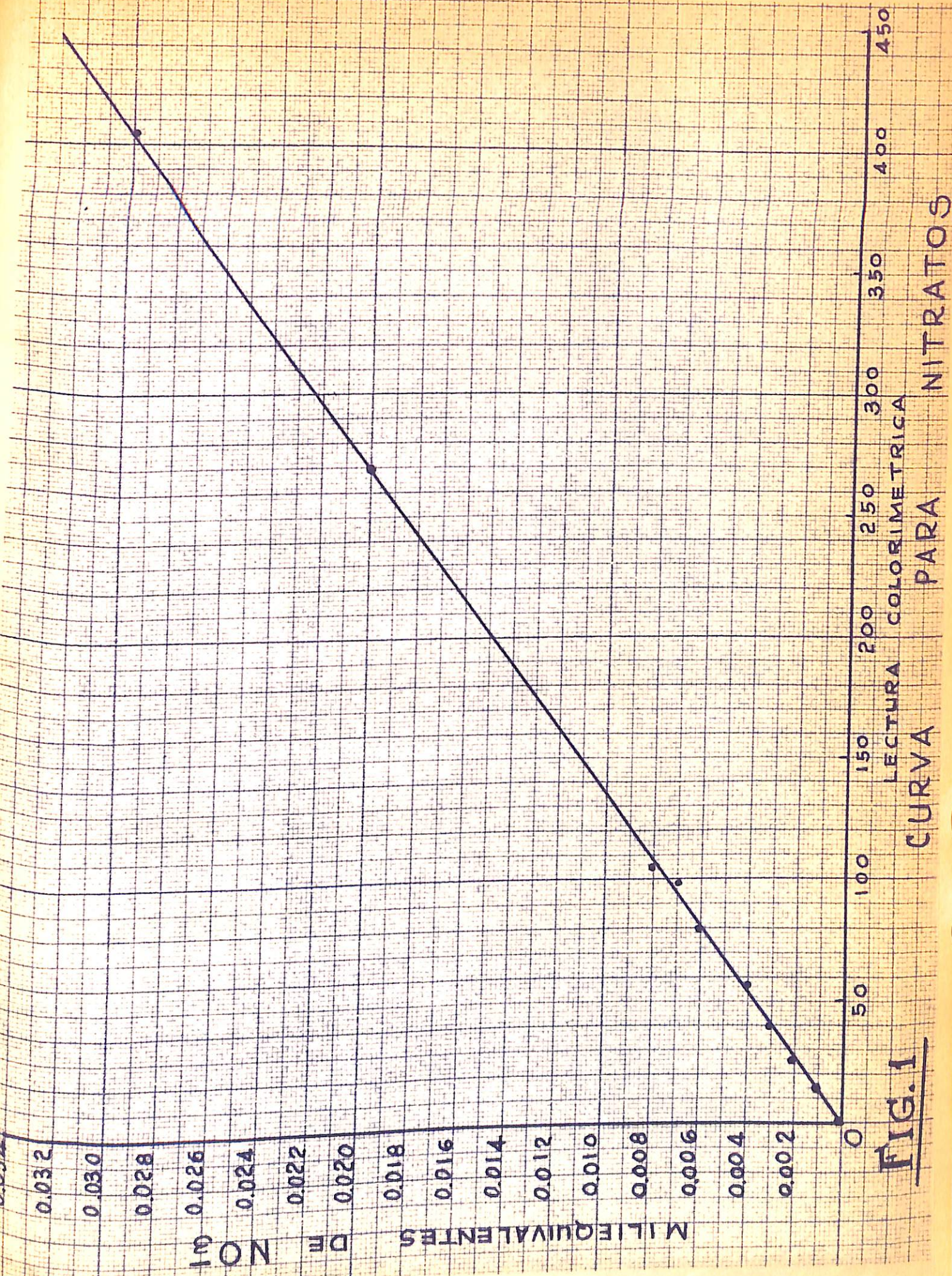


FIG. 1

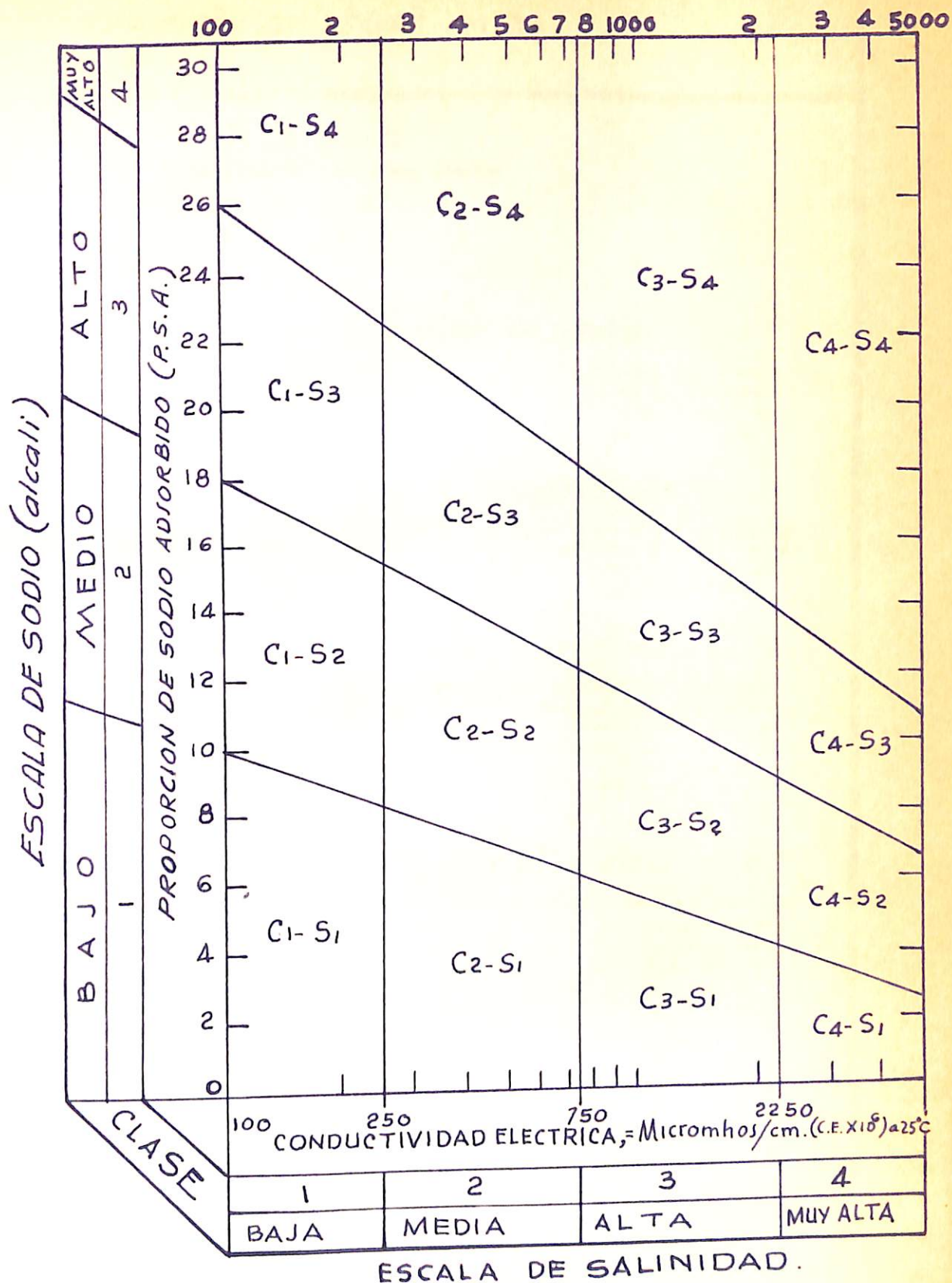


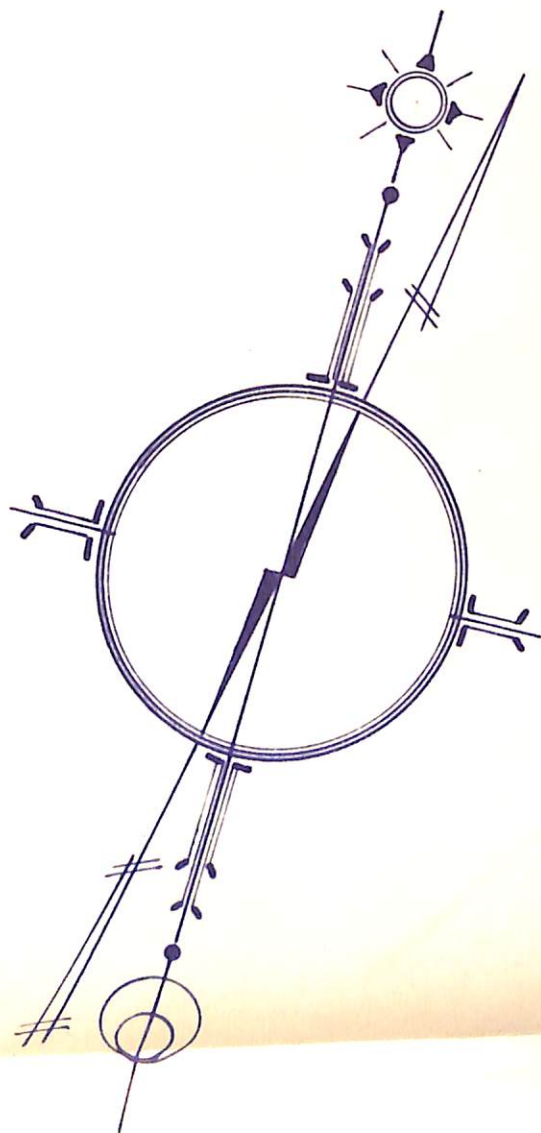
FIG.2.- Diagrama para la Clasificación de Aguas de Irrigación.

PLANO EN CONJUNTO

DE LOS FRACCIONAMIENTOS
"NAVIDAD," "EL ZACATAL," "EL PRADO,"
"LA CASITA," Y "VALLE DEL PARAISO,"
UBICADOS EN EL MPIO. DE GALEANA,
— ESTADO DE NUEVO LEON. —

ESC. = 1:40,000

Saltillo, Coah., 1960



86.0
L.P./S.

D

C

V.P.

INTERPRETACION DE LA CARACTERIZACION DE AGUAS PARA IRRIGACION RESPECTO A:

SALINIDAD

Conductividad eléctrica (Micromhos/cm. a 25°C)

C₁. Aguas de Baja Salinidad.

Pueden ser usadas para la irrigación de la mayoría de los cultivos en la mayoría de los suelos, con un peligro mínimo de originar problema de salinidad. Se requiere algo de lixiviado pero esto ocurre con la irrigación normal, excepto en los suelos de permeabilidad extremadamente baja.

C₂. Aguas de Salinidad Media.

Se pueden usar si ocurre moderada cantidad de lixiviado. Las plantas con moderada resistencia salina pueden ser cultivadas en la mayoría de los casos, sin prácticas especiales de control de salinidad.

C₃. Aguas de Alta Salinidad.

No se pueden usar en suelos con drenaje restringido. Con drenaje interior adecuado deberán usarse prácticas y manejos especiales para el control de la salinidad. Las plantas con buena tolerancia salina deberán ser seleccionadas para el uso de estas aguas.

C₄. Aguas de Muy Alta Salinidad.

Bajo condiciones ordinarias no son propicias para la irrigación pero pueden ser usadas ocasionalmente bajo circunstancias muy especiales. Los suelos deben ser permeables, el drenaje interior debe ser adecuado, el agua de irrigación debe aplicarse en exceso para proveer al suelo de una considerable cantidad de lixiviado. Deberán seleccionarse cultivos de muy alta resistencia salina.

SODIO

$$P.S.A = \frac{Na}{\sqrt{\frac{(Ca + Mg)}{2}}}$$

S₁. Aguas de Contenido Bajo de Sodio.

Pueden usarse para irrigación en casi todos los suelos, con poco peligro de originar problemas de sodio. Sin embargo, cultivos sensibles al sodio como árboles frutales de semilla, durazno, aguacate, pueden acumular cantidades perjudiciales de sodio en las hojas.

S₂. Aguas de Contenido Medio de Sodio.

Pueden presentar un problema moderado de sodio en suelos de textura pesada (arcillosa), a menos que las tierras contengan yeso. Estas aguas pueden usarse en suelos de textura ligera (arenosa) o bien en suelos orgánicos, con buena permeabilidad.

S₃. Aguas de Contenido Alto de Sodio.

Pueden ocasionar situaciones verdaderamente problemáticas en la mayoría de los suelos, requiriendo un manejo especial, buen drenaje, lixiviados fuertes y adiciones de materia orgánica. En el caso de existir suficientes cantidades de yeso en el suelo no aparecerá un problema serio sino hasta después de un tiempo. Si no hay yeso en el suelo o algún material similar, tendrá que agregarse.

S₄. Aguas de Contenido Muy Alto de Sodio.

Estas aguas generalmente no son satisfactorias para la irrigación, excepto en un nivel de salinidad bajo o medio, donde el uso de yeso o algunos otros enmendantes haga posible el uso de las aguas que caen dentro de esta categoría.

Nota: Profundidad de penetración de agua en pies.

SR. LIC. NEFTALI DAVILA.

EJIDO "EL PRADO"

HDA. "EL CUIJE"

EJ. PROVIDENCIA

EJ. NAVIDAD

"SAN MANUEL"

"LOS RANCHOS"

"HDA. GUADALUPE"

FRACCIONAMIENTO "HDA. GUADALUPE"

