

109423
09422

CATALOGADO

N/313

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

PROGRAMA DE NACIONES UNIDAS
PARA EL DESARROLLO

P L A N A G U A S U B T E R R A N E A
R E P U B L I C A A R G E N T I N A



CALIDAD PARA RIEGO DEL AGUA SUBTERRANEA
DE LOS VALLES DE TULUM, ULLUN Y ZONDA
(PROVINCIA DE SAN JUAN)

por

Químico PEDRO LOHN

Hidrogeoquímico

Este informe se eleva al Consejo Federal de Inversiones previo a su aprobación por las Naciones Unidas o por el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo y por lo tanto no representa necesariamente los puntos de vista de estas organizaciones.

San Juan

AGOSTO 1969

Impreso en Argentina - Printed in Argentine

Hecho el depósito que marca la ley 11.723

(c) 1970 CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

Alsina 1401 Buenos Aires República Argentina

FE DE ERRATAS

- PAGINA 1, párrafo 7, donde dice: "denominados APTITUD DE AGUA..." debe decir: "denominados APTITUD DEL AGUA..."
- PAGINA 2, párrafo 12, donde dice: "permanentemente los cultivos,.. " debe decir: "permanentemente a los cultivos,..."
- PAGINA 6, párrafo 9, donde dice: "carbonatos,..." debe decir: "bicarbonatos..."
- PAGINA 7, párrafos 6/7, donde dice: "un exceso sobre los alcalino térreos..." debe decir: "un exceso sobre los alcalinos-térreos..."
- PAGINA 11, párrafo 11, donde dice: "excepcionales de suelos..." debe decir: / "excepcionales en suelos..."
- PAGINA 20, párrafo 9, donde dice: "(ver tabla 5)" debe decir "(ver tabla 3)".
- PAGINA 27, párrafo 12, donde dice: "En la tabla 4...", debe decir: "En la tabla 3..."

I N D I C E

CALIDAD PARA RIEGO DEL AGUA SUBTERRANEA DE LOS VALLES DE TULUM, ULLUN Y ZONDA PROVINCIA DE SAN JUAN

	<u>PAG.</u>
A. RESUMEN	1
B. OBJETIVOS	2
C. AREAS QUE COMPRENDE EL ESTUDIO	2
D. ORIGEN DE LA INFORMACION	3
E. TRABAJOS PREVIOS	3
F. PERSONAL COLABORADOR	3
G. MUESTREO	4
H. EL AGUA PARA RIEGO. GENERALIDADES.	4
I. SISTEMA DE CLASIFICACION	7
J. MAPAS DE CALIDAD	13
K. EL AGUA SUBTERRANEA APLICADA AL RIEGO EN EL VALLE DE TULUM	13
1. CONDICIONES GENERALES	13
2. CALIDAD DEL AGUA SUBTERRANEA PARA RIEGO	15
(a) DESCRIPCION DE LOS MAPAS SOBRE APTITUD DEL AGUA SUBTERRANEA PARA USO AGRICOLA. ZONAS DE IGUAL CLASE	15
(i) RIO SAN JUAN	15
(ii) ZONAS DE CLASE II.	16
(iii) ZONAS DE CLASE III	17
(iiii) ZONAS DE CLASE IV Y V.	20
a. ZONAS DE CLASE IV	20
b. ZONAS DE CLASE V.	25
c. ZONAS DE CLASE IV Y V	26
(iiiii) ZONAS DE IGUAL CLASE EN LOS DEPARTAMENTOS DE CAUCETE Y 25 DE MAYO.	26

L. EL AGUA SUBTERRANEA APLICADA AL RIEGO EN LOS VALLES DE ULLUN Y ZONDA SUBCUENCA ULLUN-ZONDA.	28
1. ZONAS DE IGUAL CLASE.	28
(a) ZONAS DE CLASE II	28
(b) ZONAS DE CLASE III.	28
M. CONCLUSIONES	29
1. VALLE DE TULUM.	29
2. VALLE DE ULLUN-ZONDA.	29
3. GENERALES	30
N. BIBLIOGRAFIA	31

TABLAS:

1. APTITUD DEL AGUA PARA RIEGO.	10
2. VALORES MAXIMOS, MINIMOS Y PROMEDIOS DE LAS CARACTERISTICAS QUIMICAS DEL AGUA SUBTERRANEA EN LOS VALLES DE TULUM-ULLUN-ZONDA. RIO SAN JUAN	21
3. VALORES MAXIMOS, MINIMOS Y PROMEDIOS DE LAS CARACTERISTICAS QUIMICAS SEGUN CLASES DE AGUA, DETERMINANTES DE LA APTITUD PARA RIEGO	22
4. LIMITES DE LA CONDUCTIVIDAD DEL AGUA PARA RIEGO EN FUNCION DE LA TO LERANCIA DEL CULTIVO Y TEXTURA DEL SUELO	23
5. TOLERANCIA DE LAS PLANTAS A LA SALINIDAD	24

GRAFICO:

1. SISTEMA DE CLASIFICACION DE AGUA PARA RIEGO.

PLANOS:

1. APTITUD DEL AGUA SUBTERRANEA PARA USO AGRICOLA. ZONAS DE IGUAL CLASE
PARA PLANTAS SENSIBLES AL BORO.
2. APTITUD DEL AGUA SUBTERRANEA PARA USO AGRICOLA. ZONAS DE IGUAL CLASE
PARA PLANTAS SEMITOLERANTES Y TOLERANTES AL BORO.

CALIDAD PARA RIEGO DEL AGUA SUBTERRANEA
DE LOS VALLES DE TULUM, ULLUN Y ZONDA
PROVINCIA DE SAN JUAN

Por Químico PEDRO LOHN

A. RESUMEN:

Mediante un sistema de clasificación de aguas en cinco clases de calidad para riego, en el que intervienen conjuntamente la salinidad, el contenido de sodio respecto de la concentración de calcio y magnesio (R.A.S.), el / carbonato de sodio residual (C.S.R.) y el tenor de boro en función de la tolerancia específica de las plantas, se han clasificado unos 450 análisis de agua subterránea del Valle de Tulum y 39 del Valle de Ullun y Zonda. Esto ha / permitido preparar dos mapas denominados APTITUD DE AGUA SUBTERRANEA PARA USO AGRICOLA. ZONAS DE IGUAL CLASE, diferenciados entre sí por la sensibilidad de los cultivos al boro.

Se han determinado dos zonas importantes con agua de clase II y III, aptas en general para todos los cultivos. La calidad de clase III tiene mayores limitaciones que la II, aunque la experiencia indica que aquellas aguas / alejadas de los límites superiores determinantes de la clase, son aplicables con menores restricciones. Las restantes clases de agua IV y V han sido encontradas en general en los bordes de cuenca y en una mayor proporción en los departamentos de Caucete y 25 de Mayo. En estos departamentos la calidad del agua subterránea es variable, y por ello merece un estudio más detallado.

Se ha tratado de incluir normas muy generales sobre el uso del agua, debido a que es limitado el conocimiento que se tiene sobre las condiciones del suelo en el valle, técnicas de riego aplicadas, sistemas de drenaje y otras particularidades. Se dan además algunos pocos consejos en cuanto a la aplicación del agua según la clase a que pertenezca, a fin de obtener rendimientos económicos de los cultivos.

B. OBJETIVOS:

Los estudios hidrogeoquímicos que lleva a cabo el Plan Agua Subterránea están divididos según diferentes objetivos, Uno de los principales es conocer la calidad del agua para riego, en particular la del agua subterránea cuya utilización se ha visto bastante incrementada en estos últimos años. Este trabajo pretende ser de utilidad cuando se quiera planear su extracción en donde los dos factores de mayor importancia a considerar serán la CANTIDAD Y CALIDAD. A veces se comete el error de conceder un valor primario al caudal extractivo, no dando importancia a la calidad del agua, la que sólo es valorada cuando produce inconvenientes en las áreas regadas, los que a veces no se llegan a apreciar hasta que las consecuencias son irreparables o sólo subsanables a un alto costo. Una mala calidad no sólo puede dañar temporaria o permanentemente los cultivos, sino que también puede producir una salinización de los suelos, tal como se ha observado en algunas zonas de esta Provincia.

Un estudio integral de la calidad del agua subterránea destinada al riego es también de importancia, dentro de las limitaciones del sistema de clasificación adoptado y del criterio de interpretación utilizado, para aconsejar en lo relativo a la explotación tanto presente como futura. También / permite prevenir o tratar los problemas relacionados con la composición química del agua empleada. Este trabajo a nivel de cuenca facilitará además al profesional sacar conclusiones con fines agrícolas respecto al agua del subsuelo en todas las zonas que abarca.

C. AREAS QUE COMPRENDE EL ESTUDIO:

Se ha estudiado la calidad del agua subterránea en la denominada por el Plan Agua Subterránea, Zona I, que comprende a los valles de Tulum, Ullun y Zonda en la provincia de San Juan, con una superficie de unos 4.500 Km². Incluye a las cuencas subterráneas denominadas Tulum y Ullun-Zonda.

Las condiciones hidrogeológicas generales de estas cuencas pueden consultarse en detalle en los trabajos de Hansen, W.R. (1); Rocca, J.A. (2) y bajo el aspecto químico en el de Lohn, P. (3).

D. ORIGEN DE LA INFORMACION:

En el presente trabajo se han utilizado como base únicamente los análisis químicos ejecutados en el laboratorio analítico del Plan Agua Subterránea. Este ha sido montado especialmente para estas funciones con instrumental moderno y dotado de personal entrenado en las técnicas más adecuadas. Se ha incluido sólo la información obtenida hasta el mes de junio del año 1969 (4).

Por diversas razones, como origen dudoso de las muestras, carencia de información básica sobre las condiciones de extracción, falta de determinaciones químicas y/o eventuales errores en la información analítica, no han podido utilizarse los análisis ejecutados en los laboratorios oficiales de la Provincia, los que han servido sólo de guía complementaria en la programación / del muestreo.

E. TRABAJOS PREVIOS:

No se tiene conocimiento de otros estudios integrales en lo que se refiere a la calidad para riego del agua subterránea de las cuencas de los valles de Tulum, Ullun y Zonda.

Se conoce sólo la interpretación parcial que acompaña a los análisis que se hacen en los laboratorios oficiales, en los que no se incluyen ciertos parámetros muy importantes bajo el aspecto agrícola, y más aún, no se consideran todas aquellas condiciones que son necesarias para definir la calidad del agua.

F. PERSONAL COLABORADOR:

Ha sido muy amplia la colaboración prestada por todo el personal de la sección hidrogeoquímica del Plan, tanto en la extracción de muestras, análisis químicos, cálculos, dibujos y planilleo.

Se debe agradecer también la colaboración prestada por el Instituto de Investigaciones Tecnológicas quien ha proporcionado los análisis realizados en sus laboratorios.

Se desea agradecer también la ayuda prestada por el geoquímico Miloslav Joukl de las Naciones Unidas, en la crítica de este trabajo.

G. MUESTREO,

La extracción de muestras ha sido programada de acuerdo al conjunto de tareas de interpretación hidrogeoquímica que realiza el Plan.

Se han tomado muestras cada 3 a 5 Km referidas a una misma sección acuífera. Para el Valle de Tulum, en donde se encuentran condiciones acuíferas libres y confinantes para el agua subterránea ha sido considerada la sección I-III. Este acuífero es el más explotado y por ello tiene un inmediato interés técnico-económico.

Para la subcuenca Ullun-Zonda, en donde se encuentra el agua en su mayor parte libre, se ha elegido una profundidad media en donde la composición no experimenta mayores variaciones con la profundidad.

Hasta fines del año 1970 se continuará con la toma de muestras para ajustar en el futuro las conclusiones de este estudio.

Para un mejor conocimiento del programa de muestreo puede consultarse el informe de Lohn, P. (3).

H. EL AGUA PARA RIEGO. GENERALIDADES,

El riego de un área cultivada tiene como principal objetivo compensar la cantidad de agua necesaria para reponer la humedad al suelo. Las raíces de las plantas encuentran de este modo las condiciones óptimas para lograr una / cantidad vital como también se facilita la disolución de los elementos nutritivos provistos por los suelos y/o abonos. Cuando no se riega con técnicas adecuadas se producen problemas de salinización debido a una acumulación excesiva de sales en el suelo, siendo necesario entonces una mayor cantidad de agua para provocar su lavado. De este modo no se aumentan los beneficios económicos por la necesidad de contar con una cuota mayor de agua.

Quando un suelo es irrigado, una parte del agua se infiltra y otra co-

rre sobre la superficie. La parte infiltrada es sometida a procesos de evapotranspiración, los que incluyen la transpiración de las plantas como la evaporación a través del suelo. Estos procesos se refieren principalmente a las necesidades de riego y determinan la cantidad de agua necesaria para reponer su déficit en el suelo y responder así óptimamente a los requerimientos de las plantas. La parte del agua infiltrada que no es retenida en la zona radicular y que no es consumida consuntivamente puede contribuir a la recarga de los acuíferos más profundos.

En la zona de las raíces el agua se concentra y produce la denominada solución del suelo, muy importante para la actividad biológica de las plantas. Del valor de su concentración depende que las plantas absorban o no la necesaria para su nutrición. Debido a los procesos de evapotranspiración, a medida que se riega más y el agua se deja acumular en la zona radicular, la solución del suelo se vuelve más concentrada. Cuando alcanza valores mayores a los aceptables biológicamente, puede producirse el envenenamiento de los cultivos.

Se considera que la conductividad específica de la solución del suelo es 2 a 10 veces mayor que la conductividad del agua aplicada. Por lo tanto, para evitar niveles tóxicos para los cultivos y no formar suelos salinos es muy importante conocer el contenido mineral total del agua.

Las consecuencias descritas ocurren más frecuentemente en las regiones áridas o semiáridas, como las nuestras. Así se transforman en improductivas áreas antes aprovechadas económicamente.

Para evaluar los efectos del agua sobre las plantas, deben considerarse varios factores tales como la mineralización total, los elementos químicos individuales, las condiciones del suelo, el drenaje, las técnicas de manejo, el clima y la tolerancia específica de las plantas.

En general los problemas de salinidad pueden ser disminuidos por una lixiviación con agua menos mineralizada. Un buen drenaje de suelo constituye un factor de gran importancia para los cultivos, el que a veces es más impor-

tante que las mismas sales que contiene el agua. Aguas salinas pueden ser aplicadas en ciertas condiciones a un suelo con un drenaje óptimo, mientras que un terreno mal drenado imposibilitará su riego hasta con aguas de buena calidad.

En general la salinidad del agua subterránea utilizada para la irrigación de las áreas bajo estudio y para determinados niveles extractivos, no es tan elevada como para constituir un peligro inmediato para las plantas, siempre que el agua sea utilizada racionalmente.

Los iones que se han encontrado en mayor abundancia en el agua de esta zona están formados principalmente por sulfatos, carbonatos, calcio y sodio, en menor cantidad por cloruros, magnesio y potasio. Cuando el agua se evapora forma una costra blanca en la superficie de la tierra, denominada "álcali blanco" síntoma de suelos salinos.

Un elemento de gran importancia a tener en cuenta es el sodio. Un alto contenido en el agua para riego puede producir reacciones de intercambio con el suelo, y elevar en él su contenido de sodio intercambiable cambiando por consiguiente sus características físico-químicas. Así se forman los denominados suelos sódicos, cuyos principales inconvenientes son la baja permeabilidad y la elevada alcalinidad. Estas características se deben a que las partículas coloidales de arcilla se dispersan, se separan en terrones y se hinchan impidiendo una aireación adecuada. El pH se hace fuertemente alcalino debido al hidróxido de sodio producido por la hidrólisis del sodio intercambiable. La materia orgánica destruida por el mismo se deposita en el suelo en forma de una costra oscura que se conoce con el nombre de "álcali negro", indicio de la presencia de este tipo de suelos.

La situación es más complicada cuando se forman los denominados suelos sódicos-salinos, con características comunes a los anteriormente descritos. Cuando estos suelos son regados con una cantidad de agua mayor que la necesaria o son lavados, se elimina parte de las sales que mantienen la permeabilidad en un nivel adecuado, produciéndose además un aumento del pH a un valor superior a 8,5. De esta forma se originan suelos que hacen difícil la agricultura llegando en algunos casos a ambientes inadecuados para cualquier tipo de cul-



tivo.

Los suelos sódicos pueden ser mejorados con correctores (siendo el más común el yeso: $\text{SO}_4 \text{ Ca. } 2\text{H}_2\text{O}$), que sustituyen al sodio intercambiable por calcio. De esta forma se mejoran las condiciones del terreno, en especial su textura.

Los bicarbonatos también deben ser tenidos en cuenta, pues un exceso sobre los alcalino térreos aumenta el peligro sódico. Esto se debe a que un agua que contiene una alta concentración de bicarbonatos, a medida que se concentra la solución del suelo tiende a precipitar el calcio como carbonato, aumentando la proporción relativa de sodio.

El boro que, en bajas cantidades, es necesario para el crecimiento de las plantas puede resultar tóxico en concentraciones mayores. El boro suele fijarse a los suelos, en especial en las zonas áridas en donde no existe una eliminación natural por lavado. La tolerancia del boro depende de las especies de plantas cultivadas, la que debe tomarse en cuenta al considerar la calidad del agua. El tipo de suelo, drenaje, clima y técnicas de riego pueden modificar los límites para el boro, aunque de todas formas debe tenerse cuidado de aplicar aguas con un contenido más elevado que el aconsejable.

Los efectos tóxicos del boro sobre las plantas pueden distinguirse por un crecimiento débil y disminuido de los brotes, por la aparición de un color amarillento en el borde foliar de las hojas, por su plegamiento acucharado y por una caída prematura de las mismas. Los síntomas tóxicos en las plantas pueden no aparecer hasta un tiempo muy avanzado, en general después de 3-4 años / de vida.

No se conocen aún métodos económicos de eliminación del boro del agua, siendo por ello conveniente adecuar los cultivos a la calidad disponible.

I. SISTEMA DE CLASIFICACION:

La composición del agua es muy importante para determinar su aptitud para riego de las distintas zonas bajo cultivo. Debe tenerse en cuenta cuando

se hagan los programas de riego. En algunas zonas donde la calidad es regular o mala, aún cuando sea obtenible con buenos caudales, no será aplicable directamente en condiciones normales.

De acuerdo a la amplia bibliografía especializada y en forma general a lo señalado en el trabajo de Lohn, P. (5), no pueden establecerse límites muy estrictos para los valores de los diversos factores que intervienen en la determinación de la calidad del agua. Hay que tener en cuenta una serie de elementos que son función tanto de la composición química como de las características de los suelos, clima, técnicas de riego y de la tolerancia específica de las plantas. En algunas áreas de nuestra provincia, aguas consideradas poco aptas por algunos autores se han aplicado durante muchos años sin mayores problemas y con buenos rendimientos.

En general, aguas con una salinidad menor a 700-1.000 mg/l (1.000 - 1.600 micromhos/cm de conductividad) en terrenos limo-arenosos (buena permeabilidad) pueden utilizarse convenientemente.

Una Relación de adsorción de Sodio (R.A.S.) menor a 10 permite que el agua sea utilizada en cualquier tipo de suelo y con cualquier clase de cultivos, aunque a medida que aumenta la salinidad, el valor del R.A.S. permisible será menor (ver gráfico 1).

Aguas con un R.A.S. mayor a 10 presentan un verdadero peligro de sodificación en los suelos de baja permeabilidad y con una alta capacidad de entrar en reacciones de intercambio catiónico, más aún, con una alta salinidad. Se considera también que el Porcentaje Sodio Soluble (P.S.S.) no debe exceder de un 50-60%.

Conviene que los valores para el carbonato de sodio residual (C.S.R.) estén por debajo de 1,25 me/l para evitar incrementos en la proporción relativa del sodio.

En cuanto al boro se sugiere que no exceda los 0,5 mg/l en aguas que son aplicadas continuamente, pero como la tolerancia de las plantas cambia se-

Los anteriores factores son los más importantes que deben ser considerados en los estudios de calidad, aunque no deben descuidarse las concentraciones de cloruros y sulfatos quienes pueden producir un envenenamiento de las plantas cuando se encuentran en cantidades excesivas. En muchos casos se han observado en nuestras áreas cultivadas plantas con síntomas de intoxicación por estos elementos.

Para el presente trabajo sobre calidad de las aguas para riego se ha adoptado la clasificación de R. Flannery, modificada por P. Lohn de acuerdo a lo propuesto en su trabajo (5) en donde pueden consultarse los pormenores del sistema.

El sistema presenta la ventaja de que resume en una sola clasificación los distintos factores que influyen sobre la aptitud del agua para riego, teniendo en cuenta además la tolerancia de las plantas al boro. Es evidente que aún deben considerarse varios otros elementos para completar la clasificación, pero evidentemente éstos son imposibles de agrupar bajo límites fijos. Por ello el sistema ha sido establecido para condiciones medias de la textura del suelo, velocidad de infiltración, drenaje, clima y respuestas de las plantas a las distintas características que definen al agua.

El sistema presenta algunos inconvenientes, así en las clases más desfavorables se ubican a veces aguas que bajo ciertas condiciones pueden ser utilizadas convenientemente. De todos modos es imposible lograr un mayor ajuste en particular cuando se considera la calidad del agua en cuencas hídricas tan extensas como las que se estudian. Como en los suelos pueden producirse variaciones importantes de un punto a otro, es de suponer que la aproximación lograda está bastante cerca de la realidad. De todos modos debe ajustarse más adecuadamente la interpretación para casos particulares.

Un resumen de la clasificación adoptada puede verse en el gráfico 1, siendo descriptas las limitaciones de cada clase en la tabla 1.

T A B L A 1

APTITUD DEL AGUA PARA RIEGO

Clase I - EXCELENTE: El agua puede aplicarse a la mayoría de los cultivos y suelos sin que existan posibilidades de que se desarrollen condiciones de salinidad ni de que aumente el nivel de sodio intercambiable. En suelos muy poco permeables será necesaria cierta práctica de lixiviación para mantener los niveles salinos bajos. En general no se desarrollarán niveles tóxicos de boro, los límites deberán ser considerados según los tipos de plantas a cultivar. En las muy sensibles pueden presentarse leves problemas. No se presentan comunmente problemas con el carbonato de sodio residual.

Clase II - BUENA: El agua puede aplicarse en general a todos los cultivos con excepción de los muy sensibles a la salinidad. En suelos poco permeables deberá efectuarse algún lavado. Con drenaje restringido y suelos de textura fina pueden presentarse algunos problemas de sodificación (el yeso en el suelo puede disminuir este peligro). El agua puede usarse sin mayores inconvenientes en suelos de textura gruesa y en suelos orgánicos con buena permeabilidad. El boro deberá considerarse en función de la tolerancia de los cultivos teniendo alguna precaución con los sensibles. La cantidad de bicarbonatos es tal que en general no producirá aumento de los niveles sódicos.

Clase III - BUENA A REGULAR: El agua es aplicable a cultivos de moderada a buena tolerancia a las sales. Para prevenir acumulaciones es necesario realizar lavajes periódicos. Según el contenido de sodio pueden provocarse niveles de sodio intercambiable perjudiciales para casi todos los suelos, los que deberán tener un drenaje adecuado y materia orgánica suficiente. Son necesarios a veces correctores (como el yeso) para reemplazar al sodio intercambiable. El agua no debe utilizarse en suelos poco permeables. Las plantas a cultivar deben elegirse según la tolerancia al boro según los límites de cada clase. Pueden producirse problemas en plantas sensibles. Deben tenerse presentes los valores de los bicarbonatos que pueden dar origen a elevados valores para el C.S.R. El agua produce mayores inconvenientes a medida que los valores de las

características químicas se acercan al límite superior.

Clase IV - REGULAR A MALA: El agua debe usarse en suelos de muy buena permeabilidad y en donde se puedan practicar regularmente técnicas de lixiviación para evitar acumulaciones salinas. Los cultivos deben ser muy tolerantes a las sales. En general pueden esperarse altos niveles sódicos salvo en el caso de suelos con gran cantidad de calcio soluble. El agregado de correctores es casi siempre necesario. Debe evitarse el cultivo de especies de plantas sensibles al boro, salvo que las concentraciones sean bajas. Pueden producirse valores elevados del C.S.R.

Clase V - INUTIL: El agua es en general inapropiada para el riego. Puede aplicarse en casos excepcionales de suelos extremadamente permeables y con cultivos muy resistentes a las sales. El tenor del boro en general es inapropiado bajo la mayoría de las condiciones. El C.S.R. puede provocar algunos inconvenientes según los valores correspondientes a esta clase.

La aplicación del sistema es muy sencillo, si se tiene en cuenta que establece que "LA CARACTERISTICA MAS DESFAVORABLE DETERMINA LA CLASE DE AGUA. PARA TENER EN CUENTA LOS LIMITES DEL BORO DEBEN CONSIDERARSE LOS TIPOS DE CULTIVOS A LOS CUALES SE APLICARA, ES DECIR, DEBE TENERSE EN CUENTA SU TOLERANCIA"

La determinación de la peligrosidad sódica y salina se efectúa según el diagrama del Laboratorio de Salinidad de Riverside (gráfico 1), el que proporciona el grupo Ci - Si a que pertenece el agua mediante la consideración de los valores de la conductividad específica del agua y de la Relación de Adsorción de Sodio. Este valor Ci - Si debe combinarse con los datos del carbonato de sodio residual y el boro, para determinar en conjunto y en función de la peor característica la clase definitiva.

A continuación se darán algunos ejemplos de aplicación:

Un agua con una conductividad específica de 240 micromhos/cm a 25° C, un R.A.S. de 6, un contenido de boro de 0,90 mg/l y un valor de 0,50 me/l para el C.S.R. tendrá la siguiente clase:

según el diagrama I corresponde al tipo $C_1 - S_1$. Los otros valores y según los límites establecidos por el sistema dará las siguientes clases:

III - $C_1 - S_1$ (S)

II - $C_1 - S_1$ (ST)

I - $C_1 - S_1$ (T)

Las letras se refieren a la diferente sensibilidad de las plantas al boro, de acuerdo a la siguiente nomenclatura:

S: Plantas sensibles al boro

ST: " semitolerantes al boro

T: " tolerantes al boro

Según la diferente tolerancia al boro de los cultivos considerados, esta misma agua tendrá tres clases diferentes y por lo tanto, posibilidades de aplicación distintas. Por los valores salinos, sódicos y el C.S.R. el agua es siempre de clase I, cambiando a otras clases sólo por el tenor de boro.

Cuando la característica más desfavorable no sea el boro, la clase es tará determinada por el límite de las otras variables. En este caso no se indicará con letras el tipo de cultivo de acuerdo a su sensibilidad.

Un agua con una C.E. de 650 micromhos/cm a 25° C, un R.A.S. de 12, un C.S.R. de 0 me/l y un contenido de boro de 0,25 mg/l será de clase II $C_2 S_2$ para plantas S, ST y T, y por lo tanto tal condición no será indicada.

En cambio un agua con una C.E. de 650 micromhos/cm a 25° C, un R.A.S. de 12, C.S.R. de 0 me/l y boro de 0,70 mg/l será de clase:

III $C_2 - S_2$ (S)

II $C_2 - S_2$ (para plantas semitolerantes
y tolerantes al boro)

J. MAPAS DE CALIDAD;

El sistema para clasificar la calidad del agua para riego permite preparar planos sencillos que generalizan su aptitud para las diferentes áreas investigadas. Estos mapas de calidad se han ejecutado de igual forma como aquellos otros que representan a distintas características del agua subterránea.

A cada pozo con muestra de agua le corresponde una determinada clase, las que se han representado en el mapa para trazar las curvas que delimitan las zonas de igual clase de agua subterránea. La clasificación y por ende la separación en clases representa condiciones medias y sólo pretende indicar en extensión que ocurre, que puede encontrarse y que problemas pueden esperarse debido a la calidad del agua para cada zona en particular. Está claro que para un trabajo en detalle de casos determinados, deberán tenerse en cuenta los tipos de cultivos, suelo, técnicas de riego y otras características a fin de poder ajustar la interpretación.

En aquellos casos en donde la clasificación ha permitido una diferenciación según la tolerancia de las plantas al boro, se ha confeccionado un mapa para cada uno de los tipos de cultivos aptos para la clase de agua.

K. EL AGUA SUBTERRANEA APLICADA AL RIEGO EN EL VALLE DE TULUM;

1. CONDICIONES GENERALES;

El valle de Tulum, dentro de los límites considerados en nuestros estudios abarca una superficie de 3.696 Km², estando limitado al oeste por las sierras Chica de Zonda y Villicum, al este por la sierra Pie de Palo, al norte por la divisoria de agua superficial con el valle del Bermejo y al sur por el límite político con la provincia de Mendoza e incluye a la cuenca principal denominada Tulum.

De la superficie total de 370.000 Ha sólo están cultivadas actualmente unas 70.000 Ha según datos estadísticos y unas 95.800 Ha calculadas en base a la interpretación de las fotografías aéreas tomadas en la zona.

En las 70.000 Ha los cultivos están distribuidos en la siguiente forma: 54.891 Ha para viñedos y 15.109 Ha para otros tipos de cultivos como olivos, frutales, hortalizas, etc. Esto significa que el 78,42% corresponde a los viñedos y el 21,58% a las restantes plantaciones. Por lo tanto, de acuerdo a datos consignados en este Plan, sólo un 19% del área total considerada está cultivada.

Gran parte de la irrigación de estas zonas se produce mediante la distribución del agua del río San Juan a través de una extensa red de canales, 160 kilómetros de canales principales en su mayor parte impermeabilizados, unos 815 kilómetros de canales secundarios en general de tierra, y una amplia red de desagües cuya agua es a veces utilizada para regar las tierras bajas (7).

En general no se cubre con el agua superficial las necesidades de las áreas cultivadas, siendo cubierto este déficit con agua subterránea. La extracción del subsuelo se ha estimado en el orden de unos 200 Hm³ anuales (7), valor calculado en base al caudal aportado por los canales y el volumen total de agua requerida para el riego, el que de acuerdo a las necesidades promedio de los cultivos, se ha evaluado en 15.000 m³ por año y por hectárea.

Surge así de inmediato la importancia de conocer la calidad del agua subterránea con que se riega, ya que no sólo es necesario poder obtener fácilmente este caudal deficitario, sino que también es esencial que el agua pueda ser aplicada convenientemente de acuerdo a sus características físico-químicas. De nada servirá lograr extraer un buen caudal de agua subterránea si es de mala calidad, que no sería utilizable en condiciones normales y económicas.

Es por ello que el conocimiento anticipado de la calidad del agua subterránea permitirá no sólo resolver los problemas presentes sino también futuros. Una posible incrementación en 30.000 Ha de tierras cultivables necesitarían un volumen aproximado de 317 Hm³ anuales para cubrir sus necesidades de riego (7), volumen que en las condiciones actuales deberá ser aportado exclusivamente por el subsuelo. Esto significa que de acuerdo a las distintas zonificaciones determinadas en la calidad, deberá adecuarse esta posible extensión de los cultivos.

En las tablas 2 y 3 pueden consultarse los valores máximos, mínimos y promedio de las características químicas determinantes de la aptitud para riego del agua subterránea y del río San Juan.

Por razones de orden práctico se ha tratado de separar los valores por departamentos.

2. CALIDAD DEL AGUA SUBTERRANEA PARA RIEGO:

Mediante la ubicación sobre mapas de los resultados obtenidos al clasificar unos 450 análisis realizados por el laboratorio del Plan Agua Subterránea (4), han podido determinarse zonas de igual clase de aguas. Ver planos 1 y 2. Los dos mapas surgen de la diferenciación que permite la clasificación según las diferentes sensibilidades de las plantas al boro. En aquellas zonas en donde son otros los parámetros que definen las clases de aguas tal como lo es principalmente la salinidad, existe una coincidencia en ambos planos.

(a) DESCRIPCION DE LOS MAPAS SOBRE LA APTITUD DEL AGUA SUBTERRANEA PARA USO AGRICOLA. ZONAS DE IGUAL CLASE:

Se describirán a continuación cada una de las diferentes zonas de igual clase determinadas en la cuenca subterránea del valle de Tulum (ver planos 1 y 2). El agua es de calidad inferior a la II no conociéndose hasta ahora para los lugares y profundidades muestreadas, agua de clase I. Esto significa que el agua tendrá siempre una conductividad específica superior a los / 250 micromhos/cm a 25° C. (consultar tablas 2 y 3).

(i) RIO SAN JUAN:

La calidad del río San Juan, principal factor de recarga de esta cuenca, es de clase II. La salinidad total promedio es de 366 mg/l (ó 574 micromhos/cm). El agua de este río es el que abastece la amplia red de riego, y por lo tanto, salvo problemas locales, la calidad del agua de los canales será también II, buena.

Es importante tener en cuenta que el agua del río San Juan, poco salina, es apta para mejorar la calidad del agua subterránea de algunas / zonas, mediante su mezcla. Puede ser utilizada también para lavar suelos salinos.

(ii) ZONAS DE CLASE II,

En los planos 1 y 2 se observa que existen tres zonas con agua de clase II; una primera central, una segunda norte y una tercera bajo la influencia del río San Juan.

La zona central de clase II, que es la mayor de aptitud BUENA, es la más importante bajo el aspecto agrícola. Representa la mejor calidad determinada hasta ahora, y por consiguiente es merecedora de una atención especial en su explotación a fin de evitar posibles contaminaciones.

Abarca de norte a sur los siguientes departamentos; la parte meridional de Angaco, la totalidad de San Martín, la mayor parte de Rawson, 9 de Julio, una muy pequeña parte, la occidental de Caucete y por último la parte centro oriental de Pocito.

La segunda zona de clase II, ubicada al norte de la central abarca la parte oriental del departamento de Albardón y la occidental de Angaco. Es de superficie pequeña y no está bien determinada debido a los escasos pozos muestreados, situación que es señalada mediante la línea de trazos que la separa de las zonas restantes.

En la zona del río San Juan que va desde el dique José Ignacio de la Roza hasta el puente que cruza la Ruta Nacional N° 40 hacia Albardón se observa una franja con agua de clase II, encontrada sólo en los pozos muestreados en la margen derecha del río, ya que los de la izquierda proporcionan agua de calidad inferior.

La zona de clase II de la subcuenca denominada de la Loma de Las Tapias está determinada con muy pocas muestras y por consiguiente estará sujeta a probables cambios.

El agua de clase II es del tipo $C_2 S_1$ con una conductividad promedio de 529 micromhos/cm a $25^\circ C$ y un R.A.S. inferior a 3,5. El C.S.R. en general es igual a cero, lo que significa que la concentración de los alcalinos térreos supera a la de los bicarbonatos, y así no existen condiciones para incrementar la concentración de sodio por la precipitación de $Ca CO_3$.

La concentración promedio de boro es de 0,28 mg/1 lo que hace que el agua sea aplicable a todo tipo de plantas, tanto sensibles como semitolerantes o tolerantes. La cantidad máxima determinada para esta clase es de 1,00 mg/1 por lo que deben tenerse algunas precauciones con cultivos muy sensibles.

En definitiva esta agua de clase II puede ser utilizada para casi todos los cultivos. Algunos escasos problemas de salinidad pueden ocurrir en suelos con muy baja permeabilidad, de textura muy fina como suelos arcillosos, en donde según la tabla 4 el límite superior establecido para la conductividad específica del agua para riego es de 400 micromhos/cm (con una irrigación normal y para plantas sensibles a la salinidad).

En general las técnicas comunes de riego pueden ser suficientes para proveer una adecuada lixiviación de las sales que pudieran acumularse, siendo necesario sólo en casos muy especiales, efectuar algún lavado de los suelos.

Debido a los bajos valores del R.A.S. encontrados en esta zona no es de esperar problemas de sodio, salvo en casos muy particulares en donde pueda elevarse el nivel del sodio intercambiable debido a cierto tipo de suelos.

Debido a que no existen variaciones en la concentración de boro, la extensión de esta zona coincide en ambos planos.

(iii) ZONAS DE CLASE III:

La zona central antes descripta está rodeada por una zona con agua de clase III, siendo ésta la que ocupa la mayor extensión, tal como se

observa en los planos 1 y 2.

Abarca de norte a sur los siguientes departamentos; el noroeste, este y la parte sur que llega hasta la margen izquierda del río San Juan, de Albardón; la mayor parte de Angaco con excepción de la parte oriental y noroeste; la casi totalidad de Rivadavia y Santa Lucía; todo Capital y la parte noroeste de Rawson. La mayor parte de Pocito excepto la zona ubicada en una franja que va desde algunos kilómetros al norte de la localidad La Rinconada hasta el cerro Valdivia. Una pequeña parte del sur de 9 de Julio. Todo Sarmiento, salvo aquellas áreas no determinadas e indicadas por los espacios en blanco en los mapas. Finalmente, ocupa la parte occidental de Caucete y la zona oeste y sur de 25 de Mayo, la que se tratará en forma separada.

La clase III cuya aptitud es de BUENA a REGULAR tiene mayores limitaciones que la II. Se han presentado aquí algunos problemas al clasificar las aguas que se encuentran en los límites del sistema, debido a que aguas buenas pueden estar ubicadas en esta clase.

En general la mayor parte del agua de clase III es del tipo $C_3 S_1$ y en menor proporción $C_3 S_2$ (éste último se encuentra al sur de los departamentos de Sarmiento y 25 de Mayo).

Estos dos tipos de agua corresponden a una salinidad medida en base a la conductividad promedio de 1.280 micromhos/cm a 25° C. La clase de sodio varía de S_1 a S_2 . La relación de adsorción de sodio promedio es de 2,9, llegando en algunos casos a un máximo de 15,4.

Para plantas sensibles a las sales, el límite superior de la conductividad específica del agua para riego en suelos de textura limo-arenosa es de 1.600 micromhos/cm (tabla 4). Esto significa que aquí pueden presentarse algunos problemas con el agua de clase III. En cambio en suelos de buena a mediana permeabilidad y para plantas semitolerantes y tolerantes a las sales pueden usarse sin mayores inconvenientes aguas con valores de hasta 4.000 a // 6.500 micromhos/cm respectivamente. Por lo tanto en estas condiciones se mejoran las posibilidades del uso de esta agua. Dentro del grupo de plantas semi y

tolerantes a la salinidad, se encuentran las que predominan en nuestras áreas bajo estudio, tal como la vid, los melones, olivos, cebollas, papas, lechuga, tomates, maíz, etc. Ver tabla 5.

Teniendo en cuenta las clases de peligrosidad sódica que corresponden a esta zona, para la S_1 valen las mismas consideraciones hechas para la clase II. En cambio la S_2 representa una mediana peligrosidad sódica, la que varía de acuerdo con la salinidad del agua según el gráfico 1. Pueden producirse algunos síntomas de sodificación en suelos de textura fina, en donde las condiciones de drenaje están restringidas, casos en los que es conveniente la presencia de algunos mejoradores (como el yeso). Las aguas con clase S_2 pueden utilizarse sin mayores inconvenientes en suelos de textura gruesa y orgánicos.

La mayor parte de las aguas tienen un C.S.R. igual a cero.

El boro excepto en la zona de Cauçete y 25 de Mayo (que se verá posteriormente) tiene una concentración promedio de 0,43 mg/l, por consiguiente el agua puede ser utilizada sin inconvenientes para el riego de plantas semitolerantes y tolerantes. Algunos efectos nocivos pueden producirse sobre las muy sensibles, debido a las cantidades máximas determinadas de hasta 1,6 mg/l.

En forma general puede decirse que la clase III puede utilizarse sin mayores inconvenientes, dependiendo su uso en particular de algunas condiciones, entre otras, de las características del suelo, drenaje, técnicas de riego, tipos de cultivos, etc. Conocidos estos datos se podrá ajustar en definitiva la aptitud del agua de esta clase.

Mayores limitaciones de uso se deberán establecer a medida que los valores de los parámetros clasificados se acerquen a los límites superiores de esta clase.

Las zonas de clase III concuerdan en ambos planos, lo que significa que la cantidad de boro no influye en la determinación de las clases.

(iiii) ZONAS DE CLASE IV Y V;

En general, en los bordes de cuenca se observa una peor calidad de agua subterránea, por lo que deben tomarse en estas áreas algunas precauciones. Se han determinado también mayores diferencias debidas al tenor de boro.

a. ZONAS DE CLASE IV;

La zona con agua de clase IV, cuya aptitud es de REGULAR a MALA se encuentra al noroeste y este del dpto. de Angaco. Las aguas son de tipo $C_2 S_2$; $C_3 S_2$ y $C_3 S_3$ (ver tabla 5), es decir con una clase de salinidad y de sodio no superior a 3. El contenido de boro está alrededor de 1 mg/l de // promedio, lo que hace que sea la misma clase tanto para las plantas sensibles, semitolerantes y tolerantes. Los valores de C.S.R. superiores a 2,00 me/l son la causa de que el agua pase de clase III a IV. Esto significa que pueden producirse incrementos en el sodio intercambiable por precipitación de $Ca CO_3$ en la solución del suelo. Este problema se ve agravado por el elevado contenido de sodio que en algunos casos alcanza valores superiores al 90% (expresado como sodio soluble).

Para esta clase IV los límites de salinidad están dados por valores de la conductividad entre los 750 y 2.250 micromhos/cm a 25° C, siendo el R.A.S. menor a 10. Estas aguas deben ser aplicadas en suelos con buena / permeabilidad, adecuando los cultivos a los valores salinos mediante el empleo de plantas semi o tolerantes a las sales.

La peligrosidad sódica varía de mediana a alta, pudiendo provocar en conjunto con el alto valor del C.S.R. niveles altos en el sodio intercambiable de los suelos, en especial de aquéllos de textura fina y con drenaje restringido. Es conveniente por lo tanto usar estas aguas en suelos de buena textura, provocando un drenaje adecuado y emplear correctores que puedan mejorar las condiciones adversas.

Las restantes zonas de clase IV se encuentran distribuidas como sigue;

Una dentro del departamento de Albardón y parte de la sub

T A B L A 2

VALORES MAXIMOS, MINIMOS Y PROMEDIO DE LAS CARACTERISTICAS QUIMICAS DEFINITIVAS DE LA APTITUD DEL AGUA PARA RIEGO, VALLE DE TULUM-ULLUN Y ZONDA

DEPARTAMENTO	Nº DE MUESTRAS	C.E.			R.A.S.			C.S.R.		B.			P.S.S.		
		Máx.	Mín.	Prom.	Máx.	Mín.	Prom.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Prom.	Máx.	Mín.	Prom.
Capital		1.110	-	-	0,9			0,00		0,35			15,9		
Rivadavia	8	1.320	615	938	3,6	0,7	1,5	0,00	0,00	0,70	0,13	0,39	49,6	14,2	27,2
Santa Lucía	5	1.570	600	1.020	1,3	0,5	0,8	0,00	0,00	0,51	0,09	0,27	19,8	9,3	16,7
Lawson	40	1.690	395	621	5,2	0,8	1,6	0,00	0,00	0,49	0,09	0,26	65,1	19,1	34,6
Pocito	62	3.710	497	1.280	7,3	0,6	2,1	0,00	0,00	1,96	0,06	0,47	81,9	9,2	30,6
Zonda	28	1.920	435	878	4,8	0,6	1,4	0,00	0,00	0,72	0,12	0,31	57,9	14,6	25,1
Ullun	11	1.790	426	917	5,1	0,5	2,9	0,60	0,00	1,0	0,20	0,48	75,4	15,7	44,3
Chimbas	14	1.190	470	834	1,4	0,7	1,0	0,00	0,00	1,6	0,02	0,33	34,8	15,7	20,4
de Julio	18	1.400	402	582	4,8	0,2	2,1	0,00	0,00	1,4	0,13	0,39	63,5	6,9	43,6
Albardón	37	3.230	560	1.780	9,3	1,0	3,2	1,71	0,00	1,9	0,11	0,69	67,1	19,4	45,4
Angaco	23	1.510	471	1.590	15,4	1,2	2,2 ^a	2,40	0,00	1,0	0,16	0,42	93,4	26,1	54,8
San Martín	15	633	453	504	3,0	0,8	1,7	0,00	0,00	0,34	0,13	0,25	60,1	22,6	40,3
Caucete	39	5.570	499	2.030	11,4	2,0	3,9 ^b	2,12	0,00	3,9	0,11	0,99	82,5	24,8	47,0
5 de Mayo	60	9.160	602	1.870	18,4	2,6	4,9 ^c	0,00	0,00	7,8	0,09	1,1	73,5	40,5	56,2
Sarmiento	33	2.200	986	1.460	9,1	2,8	5,4	0,97	0,00	1,1	0,21	0,50	77,4	41,4	60,0
San Juan	20	707	528	574	1,5	0,7	1,0	0,00	0,00	0,44	0,10	0,24	28,7	19,2	25,1

a: se excluyen del promedio 3 valores: 14,0; 15,4; 10,7

b: " " " " 2 " : 11,4; 10,0

c: " " " " 2 " : 18,4; 14,6

T A B L A 3

VALORES MÁXIMOS, MÍNIMOS Y PROMEDIO SEGUN CLASES DE AGUA DE LAS CARACTERISTICAS QUIMICAS DETERMINANTES DE LA APTITUD PARA RIEGO

DEPARTAMENTOS	CLASE	Nº DE MUESTRAS	CONDUCTIVIDAD			R.A.S.			C.S.R.		BORO			P.S.S.			TIPOS PRINCIPALES
			Máx.	Mín.	Prom.	Máx.	Mín.	Prom.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Prom.	Máx.	Mín.	Prom.	
co, San Martín to, Albardón, on, 9 de Julio	II	100	720	395	529	3,5	0,2	1,6	0,28	0,00	1,00	0,02	0,28	62,1	6,9	37,4	C2 S1
rdón, Angaco, Ri via, S. Lucía, Capi Pocito, Rawson, 9 ulio, Sarmiento	III	134	2.210	730	1.280	15,4	0,5	2,9	1,72	0,00	1,6	0,6	0,43	81,9	9,2	36,8	C3 S1 - C3 S2
co, Albardón to, 9 de Julio	IV	22	3.710	730	2.440	10,7	1,4	4,9	2,40	0,00	2,0	0,16	1,01	91,1	24,6	51,0	C4 S2
rdón, Pocito de Julio	V(S)	12	3.710	1.070	2.600	9,3	2,2	5,1	0,00	0,00	2,0	1,3	1,6	67,1	17,2	48,5	
ete	II	6	611	499	555	3,3	2,1	2,4	0,00	0,00	0,41	0,11	0,30	61,2	48,5	52,1	C2 S1
	III	16	2.240	867	1.500	7,7	2,0	4,2	2,12	0,00	2,3	1,4	0,77	82,5	24,8	48,5	C3 S1
	IV	16	4.900	2.270	2.900	10,0	3,2	4,9	0,00	0,00	7,9	2,6	1,3	63,4	26,1	43,4	C4 S2
	V	1	5.570	-	-	7,7	-	-	0,00	-	3,9	-	-	47,6	-	-	
	V(S)	9	4.900	1.380	2.810	10,0	2,6	5,8	0,00	0,00	2,6	1,3	1,6	63,4	42,1	51,1	
de Mayo	II	1	602	-	-	2,8	-	-	0,00	-	0,90	-	-	54,8	-	-	
	III	48	2.240	782	1.490	7,1	2,6	4,7	0,00	0,00	1,9	0,26	0,77	73,5	40,5	56,2	C3 S1 - C3 S2
	IV	9	3.790	2.250	2.670	8,7	4,0	6,2	0,00	0,00	2,4	0,66	1,4	69,2	42,7	54,1	C4 S2
	V	2	9.160	6.950	8.060	18,4	14,6	16,5	0,00	0,00	7,8	6,0	6,9	67,3	64,3	65,8	
	V(S)	10	3.790	1.500	2.290	8,7	4,3	6,34	0,00	0,00	2,4	1,4	1,7	69,2	48,4	57,8	
la	II	15	702	435	567	1,1	0,6	0,8	0,00	0,00	0,32	0,12	0,22	24,1	17,6	20,9	C2 S1
	III	13	1.920	780	1.240	4,8	0,7	2,1	0,00	0,00	0,72	0,16	0,40	57,9	14,6	29,8	C3 S1
m	II	4	575	426	481	4,3	0,5	2,0	0,63	0,00	0,36	0,20	0,25	75,4	15,7	42,7	C2 S1
	III	7	1.790	856	1.170	5,3	1,1	3,2	0,00	0,00	1,0	0,23	0,61	65,7	22,0	45,0	C3 S1

T A B L A 4

LIMITES DE LA CONDUCTIVIDAD DEL AGUA PARA RIEGO EN FUNCION DE LA TOLERANCIA DEL CULTIVO Y TEXTURA DEL SUELO

Textura	I		II		III		
	Plantas poco tolerantes a la salinidad CE _s menos de 4.000 micromhos/cm a 25° C	Plantas semi-tolerantes a la salinidad CE _s de 4.000-10.000 micromhos/cm a 25° C	Plantas tolerantes a la salinidad CE _s más de 10.000 micromhos/cm a 25° C	Palmeras	Hortalizas	Forrajes	Cultivo Exter.
LIMITE SUPERIOR DE CONDUCTIVIDAD ESPECIFICA DEL AGUA PARA RIEGO -(micromhos/cm a 25° C)							
Arenosa	2.500	6.500	15.500-20.000	8.000	12.000	10.000	
Limo-arenosa	1.600	4.000	6.000-10.000	4.500	7.000	6.000	
Limosa	1.000	3.000	8.000	3.500	5.000	4.500	
Arcillosa (irrigación continua)	800	2.000	---	---	---	---	
Limo-arcillosa	800	2.000	6.000	2.400	---	3.500	
Arcillosa (irrigación normal)	400	1.000	3.000	1.800	1.800	1.600	

CE_s = Conductividad específica de la solución del suelo.

TABLA 5

TOLERANCIA DE LAS PLANTAS A LA SALINIDAD

FRUTALES		
Muy tolerantes	Medianamente Tolerantes	Poco tolerantes
$CE_s \times 10^6 = 12.000$ Palma datilera $CE_s \times 10^6 = 10.000$	$CE_s \times 10^6 = 10.000$ Granada Higuera Olivo Vid Melón $CE_s \times 10^6 = 4.000$	$CE_s \times 10^6 = 4.000$ Peral Manzana Naranja Toronja Ciruelos Almendro Chabacano Durazno Fresa Limonero Aguacato
HORTALIZAS		
$CE_s \times 10^6 = 12.000$ Betabel Bretón o col rosada Espárragos Espinacas $CE_s \times 10^6 = 10.000$	$CE_s \times 10^6 = 10.000$ Jitomate Brócoli Col Chile dulce Coliflor Lechuga Maíz dulce Papas Zanahorias Cebollas Chicharos Calabazas Pepinos $CE_s \times 10^6 = 4.000$	$CE_s \times 10^6 = 4.000$ Rábano Apio Ejotes Ejotes $CE_s \times 10^6 = 3.000$
CULTIVOS COMUNES		
$CE_s \times 10^6 = 16.000$ Cebada (grano) Remolacha azucarera Colza Algodón $CE_s \times 10^6 = 10.000$	$CE_s \times 10^6 = 10.000$ Centeno (grano) Trigo (grano) Avena (grano) Sorgo (grano) Maíz Linaza Girasol Higuierillas $CE_s \times 10^6 = 6.000$	$CE_s \times 10^6 = 4.000$ Alubias

cuenca denominada del Villicum, otra en el departamento de Pocito en la franja occidental que va en forma interrumpida desde el norte de la localidad de La Rinconada hasta el Cerro Valdivia y una tercera al sur de 9 de Julio y oeste de 25 de Mayo. Finalmente las zonas de clase IV que corresponden a Caucete y 25 de Mayo.

En algunas de estas zonas se produce un desmejoramiento en la calidad del agua debido a su alto tenor de boro, y es así que para las plantas sensibles la clase pasa a la V.

En general el agua es de tipo $C_4 S_1$, $C_4 S_2$ y $C_4 S_3$. La conductividad es menor de 3.710 micromhos/cm con un promedio de 2.440. Los valores de R.A.S. promedian los 4,9.

Estas aguas deben ser usadas en suelos de textura adecuada con muy buena permeabilidad y con cultivos con una alta tolerancia a las sales. Ver tabla 4. Deberán aplicarse técnicas de riego especiales para provocar la lixiviación de las posibles acumulaciones salinas.

En cuanto al peligro sódico valen las consideraciones hechas anteriormente. Los niveles de sodio intercambiable de los suelos no se incrementan mayormente debido a los bajos valores del C.S.R. Estos son en general cero, llegando a un máximo de 2,4 me/l para algunas aguas.

b. ZONAS DE CLASE V:

La zona con agua subterránea de clase V, considerada de acuerdo al sistema de clasificación INUTIL, se encuentra en parte del departamento de Albardón y en el departamento de Pocito, donde comprende la franja occidental que va desde unos kilómetros al norte de la localidad de La Rinconada hasta el límite con el cerro Valdivia. También se ha localizado en la parte suroriental de 9 de Julio y en los departamentos de Caucete y 25 de Mayo.

El boro es el principal factor determinante de esta clase. La concentración mínima de 1,3 mg/l supera el límite de 1,25 me/l para las plantas sensibles. Esto hace que difiera la calidad del agua en las

respectivas áreas (comparar los planos 1 y 2 en las zonas señaladas con esta / clase V). Los demás factores no sobrepasan los límites de la clase IV. Consecuentemente la determinación de la aptitud del agua depende de su aplicación.

c. ZONAS DE CLASE IV Y V;

En algunos lugares en donde no fue posible definir perfectamente las zonas de igual clase, éstas han sido agrupadas en una sola. Tal es el caso de las clases de agua IV y V de los departamentos de Albar-dón, Cauce y 25 de Mayo, determinadas por el contenido de boro. En los mapas se han indicado estas zonas por un rayado cuadrículado oblicuo, el que indica que la aptitud del agua es de MALA a INUTIL. Las limitaciones de uso deben considerarse de acuerdo a la clase individual a que pertenezca el agua.

(iiii) ZONAS DE IGUAL CLASE EN LOS DEPARTAMENTOS DE CAUCE-
TE Y 25 DE MAYO:

Tal como se señaló anteriormente, se trata en forma separada la calidad del agua subterránea de estos departamentos debido a la complejidad que existe para poder delimitar las zonas (ver tablas 2 y 3).

En estos departamentos se encuentra agua de clase II, III, IV, V y IV-V para un mismo horizonte de extracción. Las variaciones pueden comprenderse más fácilmente mediante las consideraciones hechas por Lohn, P. al tratar el estudio de los sólidos disueltos. (3).

Existen también mayores diferencias de clase debido al contenido de boro de las aguas. Ver la diferenciación en ambos mapas para las áreas analizadas.

Para el grupo de plantas semitolerantes y tolerantes al boro se observa que la zona de clase IV es menor que la para plantas sensibles, y por consiguiente en este caso la zona de clase III es mayor. En cambio para las plantas sensibles no sólo aumenta la zona de calidad inferior sino que en ciertos lugares pasa de clase IV a V. A esto último se debe que no se pueda efectuar una separación clara entre estas clases, las que por consiguiente se

han unificado (ver el mapa 1).

El agua de clase III en el departamento de Cauce es principalmente del tipo $C_3 S_1$. La conductividad varía entre 867 y 2.240 micromhos/cm con un promedio de 1.500. El R.A.S. se mantiene alrededor de 4,2. El tenor de boro es alto, con un promedio de 0,77 y un máximo de 2,3 mg/l.

La clase IV en este departamento corresponde al tipo $C_4 S_2$ con los siguientes promedios: conductividad 2.900 micromhos/cm, R.A.S. 4,9 y boro 1,3 mg/l.

En el departamento de 25 de Mayo se han encontrado aguas de diversas clases. La clase III es la que se ha determinado en la mayor cantidad de pozos muestreados.

En la tabla 4 pueden consultarse las variaciones de las características químicas del agua. En general existen los tipos $C_3 S_1$, $C_3 S_2$, $C_4 S_2$. La conductividad promedio para la clase III es de 1.490 micromhos/cm y para la IV de 2.670. Los valores promedios del R.A.S. varían de 4,7 a 6,2 respectivamente. El C.S.R. es siempre cero. Los tenores de boro son en general elevados. El promedio de la clase III es de 0,77 mg/l y para la IV de 1,4. En una sola agua de clase V se ha alcanzado el valor de 6,9 mg/l.

Todas estas consideraciones hacen que evidentemente esta zona deba ser estudiada con mucho detalle para cada caso particular. Aquí sólo se pretende dar una idea de las posibles calidades que podrán encontrarse para el agua subterránea aplicada al riego, y mostrar a la vez su variabilidad en estos departamentos.

Como la variación de la calidad es muy grande, los límites entre las distintas zonas de igual clase se han indicado con líneas de trazo. Esto indica que los límites no son fijos sino dinámicos y por lo tanto, sujetos a posibles cambios, los que deberán ser controlados permanentemente con el tiempo.

El agua debe ser utilizada con las limitaciones ya

aconsejadas y ser objeto de estudios especiales cuando se conozcan los suelos, cultivos, técnicas de manejo y condiciones de drenaje.

L. EL AGUA SUBTERRANEA APLICADA AL RIEGO EN LOS VALLES DE ULLUN Y ZONDA.

SUBCUENCA ULLUN-ZONDA:

1. ZONAS DE IGUAL CLASE:

Las calidades de agua subterránea encontradas en la subcuenca Ullun-Zonda son más uniformes que las de la cuenca Tulum, en cuanto se refiere al uso agrícola. Es así que sólo se han obtenido zonas de clase II y III. Por carecer de importancia el boro, estas zonas son idénticas en los mapas 1 y 2, lo que significa que el agua es aplicable tanto a plantas sensibles, semitolerantes como tolerantes al boro. Los valores de las características químicas pueden consultarse en las tablas 2 y 3.

(a) ZONA DE CLASE II:

En el valle de Ullun la zona de clase II comprende el área sur y oriental, mientras que en valle de Zonda abarca la parte norte y oriental (ver mapas 1 y 2).

El agua es en general del tipo $C_2 S_1$, con una conductividad específica promedio de 430 micromhos/cm a 25° C, con valores de R.A.S. no superiores a 5.

La concentración de boro está alrededor del promedio 0,25 mg/l y el C.S.R. es en general igual a cero.

El agua, de acuerdo a la clasificación, es buena y sus limitaciones son las mismas que las establecidas para esta clase en el valle de Tulum.

(b) ZONA DE CLASE III:

Abarca la parte occidental y centro de Ullun, y el occidente y sur de Zonda.

El tipo de agua es $C_3 S_1$ con excepción de una pequeña área ubicada al noroeste de Ullun, en donde es $C_3 S_2$. El R.A.S. se mantiene alrededor de 5 (3,2 de promedio). El C.S.R. es en general cero, y el boro tiene una concentración por debajo de 1,00 mg/l, con un valor medio de 0,61 mg/l.

El agua es considerada según la clasificación como BUENA A REGULAR, sin embargo de acuerdo a los lós límites de las características químicas el agua es BUENA. Es aplicable en las condiciones ya señaladas para esta clase para el agua subterránea de Tulum.

M. CONCLUSIONES:

1. VALLE DE TULUM:

1. Existen sólo clases de agua para riego de calidad inferior a la clase I, la que no ha sido encontrada para los niveles muestreados.
2. En el centro del valle, abarcando un área importante se encuentra el agua subterránea de mejor calidad, clase II, BUENA.
3. Rodeando a este núcleo se tiene una mayor área de clase III. BUENA a REGULAR.
4. En los bordes de cuenca se encuentran aguas con elevada salinidad, tal como en los departamentos de Pocito, Albardón, Angaco y sur de 9 de Julio. Además en Caucete y 25 de Mayo se presentan mayores concentraciones de boro. Las clases determinadas son IV, V y IV-V. REGULAR a MALAS e INUTILES.
5. Algunas zonas de los departamentos de Caucete y 25 de Mayo merecen una especial atención en cuanto se refiero a la aplicación del agua subterránea.
6. La explotación de las cuencas debe adecuarse racionalmente para evitar el avance de aguas de mala calidad.

2. VALLES DE ULLUN Y ZONDA:

1. Existe una uniformidad mayor que en el Valle de Tulum.

2. Sólo se encuentran dos clases de agua, II y III.

3. El boro y el carbonato de sodio residual no alcanzan límites perjudiciales.

4. Las clases varían en su mayor parte por un incremento de la salinidad, y en pocos casos por la relación de adsorción de sodio.

3. GENERALES:

1. El sistema de clasificación adoptado se acerca bastante a la realidad, indicando con buena objetividad zonas con diferentes calidades de agua.

2. La interpretación final debe ser ajustada en función de las condiciones particulares del caso, dado que la clasificación ha sido establecida para condiciones medias tanto del suelo, sensibilidad de las plantas, sistemas de riego, clima, etc.

3. Los mapas de calidad no deben ser interpretados sin conocer la fundamentación y los niveles acuíferos que presentan las aguas muestreadas, los que constan en el texto que los acompaña.

4. Debe evitarse en lo posible la contaminación de las zonas con agua de clase apta para el riego. Es de fundamental importancia tratar de mejorar la calidad de las zonas malas, ya sea mediante una extracción dirigida, recarga artificial u otros medios a determinar que esté al alcance de las posibilidades de la Provincia.

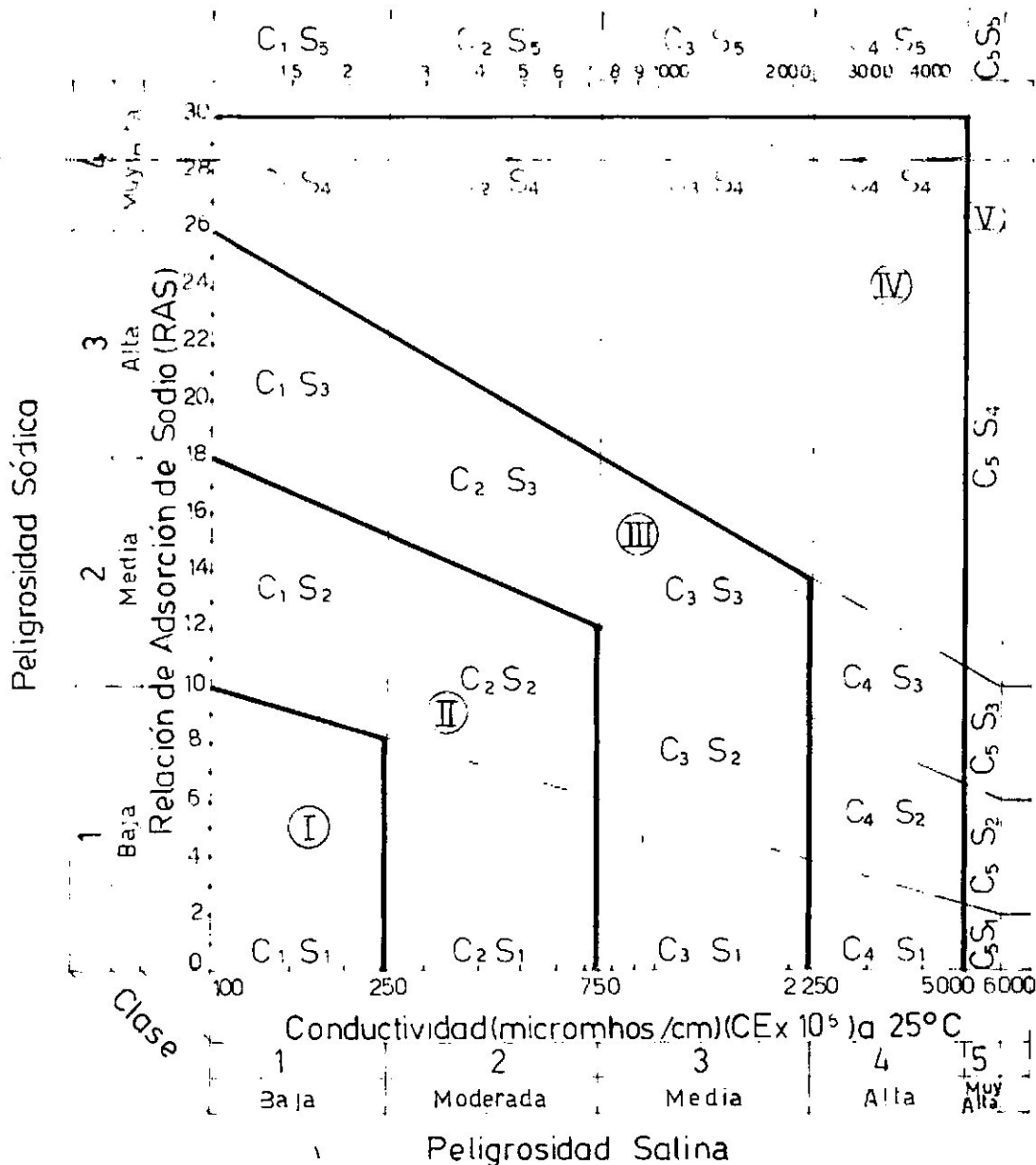
5. SERIA MUY CONVENIENTE QUE LA DISTRIBUCION DEL AGUA SUPERFICIAL PARA RIEGO SE REALICE TAMBIEN EN MIRAS DE SOLUCIONAR ESTOS PROBLEMAS. PODRIA DARSE PREFERENCIA EN LA DOTACION DE AGUA DEL CANAL (BUENA) A AQUELLAS ZONAS EN DONDE EL AGUA SUBTERRANEA ES MALA, DE TAL FORMA QUE PERMITA A LOS AGRICULTORES SU MEZCLA O EFECTUAR LAVADOS DE LOS SUELOS, SEGUN LO ACONSEJEN ESTUDIOS PREVIOS DE SALINIZACION DE SUS TIERRAS.

BIBLIOGRAFIA

- (1) HANSEN, W.R. -Informe Final del Hidrólogo Experto ARG-108-SB para el Período Completo. Plan Agua Subterránea (SAN JUAN-ARGENTINA) Inédito (1968).
- (2) ROCCA, J.A. -Mapa-base de los Valles Tulum, Ullun y Zonda. Informe Geología N° 2 - Plan Agua Subterránea (SAN JUAN-ARGENTINA) Inédito. (1969).
- (3) LOHN, P. -Hidrogeoquímica del Agua Subterránea de las Cuencas de los Valles de Tulum, Ullun y Zonda. Estudio de Sólidos Disueltos. Informe Hidrogeoquímica N° 1. Plan Agua Subterránea (SAN JUAN-ARGENTINA) Inédito (1969).
- (4) LOHN, P. -Análisis Químicos del Agua Subterránea de los Valles de Tulum, Ullun y Zonda. Informe Hidrogeoquímica N° 4 Plan Agua Subterránea (SAN JUAN-ARGENTINA) Inédito. (1969).
- (5) LOHN, P. -Calidad Química del Agua en Relación con su Uso. Calidad del Agua para Riego. Clasificación. Informe Hidrogeoquímica N° 3. Plan Agua Subterránea (SAN JUAN-ARGENTINA) Inédito (1969).
- (6) BANCO DE SAN JUAN -Series Estadísticas de la Provincia de San Juan (1969).
- (7) HSU, H.H. -Interim Report on the Hydrology of Tulum Valley. Informe Hidrología N° 1. Plan Agua Subterránea (SAN JUAN-ARGENTINA) Inédito (1969).

Diagrama del Laboratorio de Salinidad de Riverside modificado por Thorne y Peterson

Referencia: Manual de agricultura Nº 60 Dpto. de Agricultura de E.E.U.U.



Clasificación de R. Flannery (1967), modificada por P. Lohn (1969)

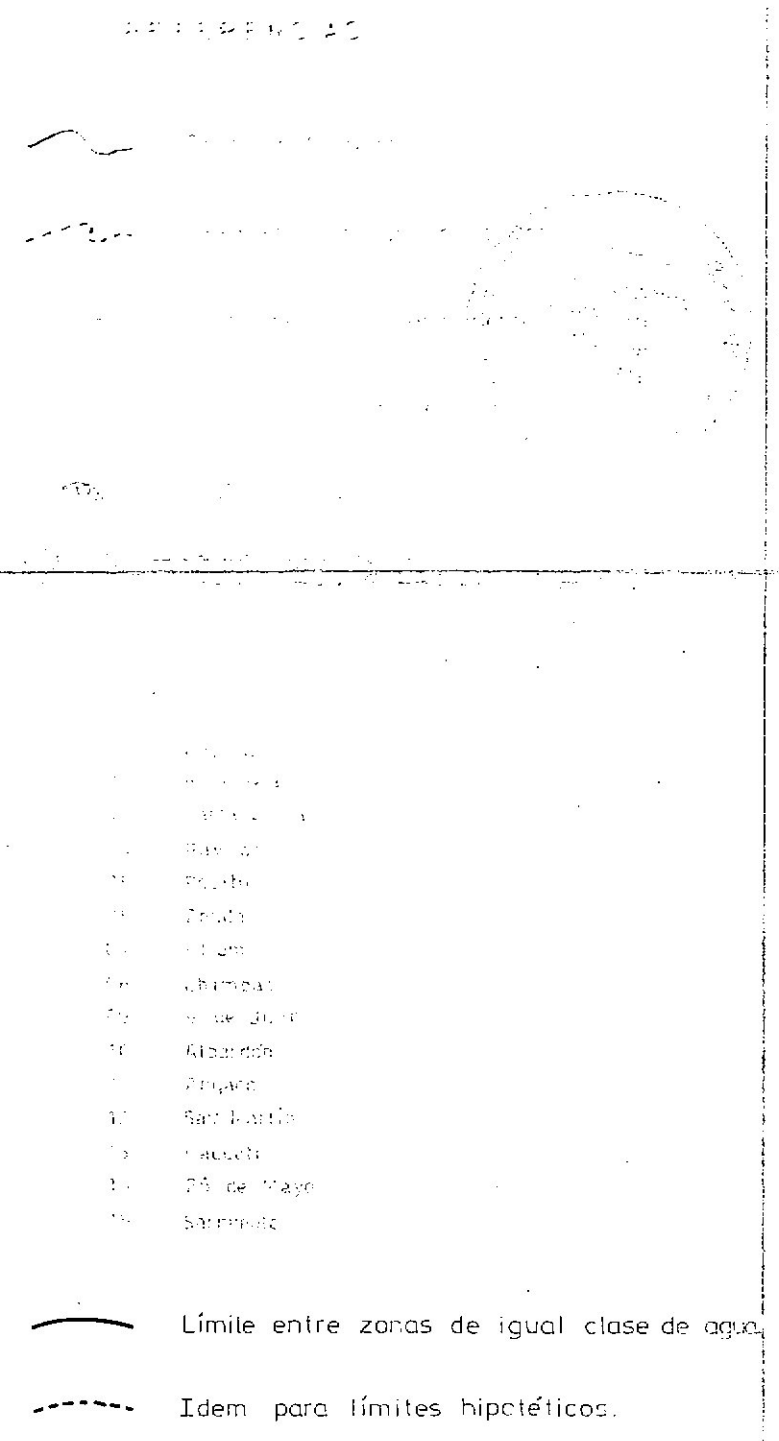
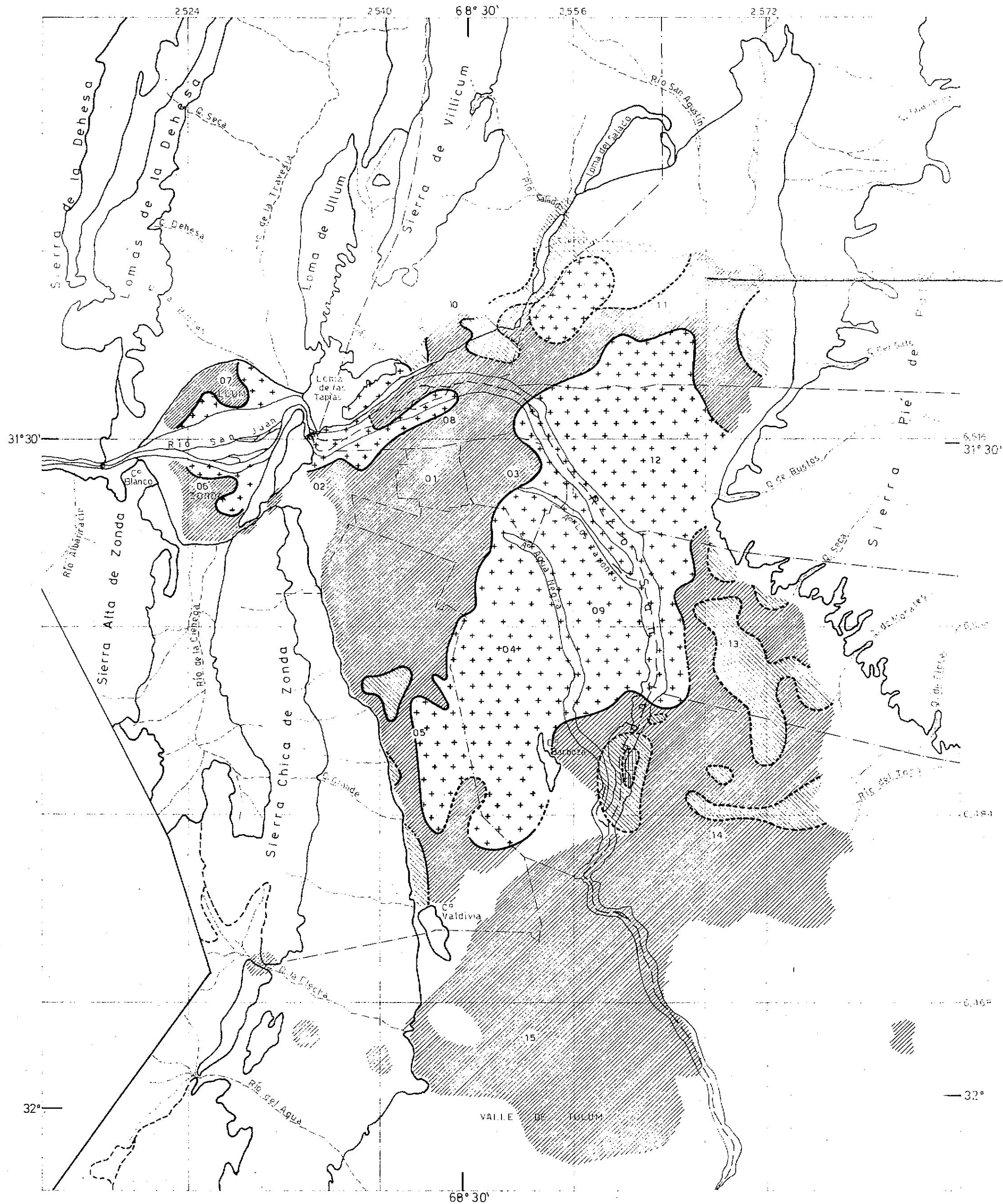
Clase	Aptitud	Peligrosidad salina - Peligrosidad sódica C _i - S _j	C S R. (me/l)	Boro (mg/l) Plantas		
				S	ST	T
I	Excelente	C ₁ -S ₁	menos de 0.63	menos de 0.33	menos de 0.67	menos de 1.00
II	Buena	C ₁ -S ₂ , C ₂ -S ₁ , C ₂ -S ₂	0.63 - 1.25	0.33 - 0.67	0.67 - 1.33	1.00 - 2.00
III	Buena a regular	C ₁ -S ₃ , C ₂ -S ₃ , C ₃ -S ₁ , C ₃ -S ₂ , C ₃ -S ₃	1.25 - 1.88	0.67 - 1.00	1.33 - 2.00	2.00 - 3.00
IV	Regular a mala	C ₁ -S ₄ , C ₂ -S ₄ , C ₃ -S ₄ , C ₄ -S ₁ , C ₄ -S ₂ , C ₄ -S ₃ , C ₄ -S ₄	1.88 - 2.50	1.00 - 1.25	2.00 - 2.50	3.00 - 3.75
V	Inútil	CE > 5000 micromhos/cm RAS > 30 SD > 3650 mg/l	mas de 2.50	más de 1.25	más de 2.50	más de 3.75

La característica más desfavorable determina la clase. Para tener en cuenta los límites de concentración para el boro hay que considerar la tolerancia de las plantas.

Límites sugeridos para clasificar un agua para riego.

- C = Clase de conductividad (CE)
- S_i = Clase de adsorción de sodio (RAS)
- CE = Conductividad Específica
- SD = Sólidos Disueltos
- RAS = Relación de Adsorción de Sodio
- C.S.R. = Carbonato de Sodio Residual
- Sensibilidad de las plantas al Boro
- S = Sensibles
- ST = Semitolerantes
- T = Tolerantes

CFI	UNDP
PLAN AGUA SUBTERRANEA	
Provincia de San Juan - República Argentina	
SISTEMA PROPUESTO PARA LA CLASIFICACION DE AGUAS PARA RIEGO	
Fecha: Agosto 1969	Gráfico: 1



CLASIFICACION PARA RIEGO

CLASE	APTITUD
	I Excelente
	II Buena
	III Buena a regular
	IV Regular a mala
	V Inútil

PLAN AGUA SUBTERRANEA			
PROVINCIA DE SAN JUAN - REPUBLICA ARGENTINA			
VALLES DE TULUM Y ULLUM - ZONDA			
APTITUD DEL AGUA SUBTERRANEA PARA USO AGRICOLA			
ZONAS DE IGUAL CLASE			
Para plantas tolerantes y semitolerantes al boro.			
Preparó	Dibujo	Revisó	Nº 1
Pedro Lohn Hidrogeológico	U.E. Guevara	Pedro Lohn Hidrogeológico	Fecha: 8-1969

