

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 ta-
bla 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-

re 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