

354

CONSEJO FEDERAL  
DE INVERSIONES

UNITED NATIONS  
DEVELOPMENT PROGRAMME

PLAN AGUA SUBTERRANEA

HIDROGEOQUIMICA EN LOS VALLES  
DE TULUM Y ULLUM - ZONDA  
PROVINCIA DE SAN JUAN

■ estudio de la salinidad  
del agua subterránea  
y superficial.-

por **pedro lohn**

— SAN JUAN —  
REPUBLICA ARGENTINA

71534

## FE DE ERRATAS

354

PAGINA 13, párrafo 4, donde dice: "y con el superior e inferior...", debe decir: "y en parte con el superior e inferior..."

párrafo 10, donde dice: "es posible conocer...", debe decir: "fue posible conocer..."

PAGINA 17, párrafo 24, donde dice: "dindica...", debe decir: "indica..."

PAGINA 18, párrafo 2, donde dice: "S", debe decir: " $\delta$ "

PAGINA 22, párrafo 8, donde dice: "en una alícuota la muestra...", debe decir: "en una alícuota de la muestra..."

PAGINA 25, párrafo 29, donde dice: "D.A 1959  $\pm$  1...", debe decir: "A.D. 1959  $\pm$  1..."

PAGINA 26, párrafo 2, donde dice: " $\delta_{18} = \pm - 15\%$ ...", debe decir: " $\delta_{18} = - 15 \%$ ..."

PAGINA 28, párrafo 22, donde dice " $\delta_{18} = \pm - 15,8 \%$ ...", debe decir: " $\delta_{18} = - 15,8 \%$ ..."

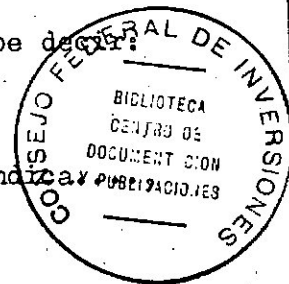
PAGINA 30, párrafo 2, donde dice: "pero su condición...", debe decir: "pero por su condición..."

PAGINA 34, párrafo 3, donde dice: "o bien estaría en...", debe decir: "o bien se estaría en..."

PAGINA 35, párrafo 7, donde dice: "tal vez que, a medida...", debe decir: "que tal vez, a medida..."

PAGINA 36, párrafo 23, donde dice: " $\delta_{18} = \pm - 8,7 \%$ ...", debe decir: " $\delta_{18} = - 8,7 \%$ ..."

PAGINA 36, párrafo 24, donde dice: "(alrededor de  $\pm - 15 \%$ )", debe decir: "(alrededor de  $- 15 \%$ )"



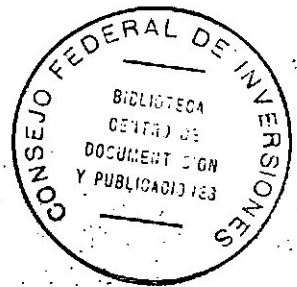
PAGINA 42, párrafo 4, donde dice: "El contenido de  $^{18}\text{O}$ ...", debe decir:  
"El valor de  $\delta_{18} (^{18}\text{O})$ ..."

párrafo 7, donde dice: "y un contenido de  $^{18}\text{O}$  menor...", debe decir: "y un contenido de  $\delta_{18} (^{18}\text{O})$  mayor,..."

CATALUNYA

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS  
PARA EL DESARROLLO



PLAN AGUA SUBTERRANEA

HIDROGEOQUIMICA DEL AGUA SUBTERRANEA Y SUPERFICIAL  
DE LOS VALLES DE TULUM Y ULLUM-ZONDA  
PROVINCIA DE SAN JUAN  
ESTUDIO DE LA SALINIDAD

por

QUIMICO 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 el tanto no representa necesariamente los puntos de vista de estas organizaciones.

MAYO 1970

SAN JUAN

REPUBLICA ARGENTINA

## INDICE

	<u>PAG.</u>
A. RESUMEN. . . . .	1
B. OBJETIVOS. . . . .	2
C. AREAS QUE COMPRENDE EL ESTUDIO . . . . .	3
D. ORIGEN DE LA INFORMACION. ANALISIS QUIMICOS. . . . .	4
E. COLABORACION . . . . .	5
F. TRABAJOS PREVIVOS . . . . .	5
G. CUENCA VALLE DE TULUM. CONDICIONES GENERALES . . . . .	5
H. EL RIO SAN JUAN Y SU COMPOSICION QUIMICA . . . . .	8
I. CANALES. . . . .	10
J. DESAGUES . . . . .	10
K. DESCRIPCION DE LAS FORMACIONES ACUIFERAS,BAJO EL ASPECTO QUIMICO . . . . .	10
1. Sección acuífera I ó área de recarga . . . . .	11
2. Sección acuífera II ó Sección acuífera superficial . . . . .	12
3. Sección acuífera III ó Sección acuífera superior-inferior. . . . .	12
4. Sección acuífera IV ó Sección acuífera inferior. . . . .	13
L. MUESTRAS DE AGUA PARA SU ANALISIS QUIMICO. PROGRAMAS DE MUESTREO. . . . .	13
1. Agua Subterránea . . . . .	13
2. Agua Superficial . . . . .	15
3. Para análisis isotópico. . . . .	15
M. GENERALIDADES. . . . .	15
N. EL AGUA SUBTERRANEA Y SU COMPOSICION QUIMICA . . . . .	19
O. PLANOS HIDROGEOQUIMICOS. . . . .	21
P. SALINIDAD DEL AGUA. SOLIDOS DISUELTOS. . . . .	22
Q. PLANO DE SOLIDOS DISUELTOS . . . . .	23
1. Descripción. . . . .	23

- (a) Area de recarga. Sólidos disueltos entre 350 y algo más de 1.000 mg/l. . . . . 24
- (b) Area hidrogeoquímica central. Sólidos disueltos menores a 750 mg/l. . . . . 26
- (c) Area hidrogeoquímica periférica . . . . . 29
  - i. Subárea occidental norte . . . . . 30
  - ii. Subárea occidental sur . . . . . 31
  - iii. Subárea oriental . . . . . 33
  - iv. Subárea noreste . . . . . 35;
  - v. Subárea sur. . . . . 35
- R. SUBCUENCA ULLUM-ZONDA . . . . . 37
  - 1. Condiciones generales . . . . . 37
  - 2. Programa de muestreo. . . . . 38
  - 3. Plano de sólidos disueltos. Descripción . . . . . 39
- S. CONCLUSIONES. . . . . 41
  - 1. Valle de Tulum. . . . . 41
    - (a) Area de recarga y sección acuífera superior-inferior III. . 41
    - (b) Río San Juan. . . . . 42
  - 2. Valle de Ullum-Zonda. . . . . 42
- T. RECOMENDACIONES . . . . . 44
  - 1. Muestreo. . . . . 44
    - (a) Agua subterránea. . . . . 44
    - (b) Agua superficial. . . . . 44
    - (c) Indicaciones generales. . . . . 45
  - 2. Análisis químicos . . . . . 45
  - 3. Generales . . . . . 45
  - 4. Legales . . . . . 46

U. BIBLIOGRAFIA. . . . .	47
--------------------------	----

## FIGURAS

1. AREAS EN ESTUDIO POR EL PLAN AGUA SUBTERRANEA
2. SECCIONES ACUIFERAS BAJO EL ASPECTO QUIMICO
- 3.1. FRECUENCIA DE MUESTREO POR DEPARTAMENTOS DE LOS VALLES DE TULUM Y ULLUM-ZONDA
- 3.2. DISTRIBUCION DE MUESTRAS SEGUN EL CONTENIDO SALINO TOTAL
4. MUESTREO DE AGUAS SUPERFICIALES

## GRAFICOS

1. VARIACION DEL CONTENIDO IONICO Y DE LA SALINIDAD TOTAL DEL AGUA SUBTERRANEA DE LA CUENCA TULUM
2. DIAGRAMA DE MEZCLAS

## PLANOS

1. COMPOSICION QUIMICA REPRESENTATIVA DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS
2. CURVAS DE SOLIDOS DISUELTOS

## TABLAS

- 1, 2, 3, 4. COMPOSICION QUIMICA DE AGUAS SUPERFICIALES DE LA PROVINCIA DE SAN JUAN
5. COMPOSICION QUIMICA DEL AGUA SUBTERRANEA DE LAS CUENCAS TULUM Y ULLUM-ZONDA

HIDROGEOQUIMICA DEL AGUA SUBTERRANEA Y SUPERFICIAL  
DE LOS VALLES DE TULUM Y ULLUM-ZONDA  
PROVINCIA DE SAN JUAN. ESTUDIO DE LA SALINIDAD

A. RESUMEN

De las diferentes áreas seleccionadas para su estudio, se ha iniciado la interpretación hidrogeoquímica en las cuencas de agua subterránea, de los Valles de Tulum y Ullum-Zonda.

Se han analizado en forma completa, en el moderno laboratorio montado por el Plan Agua Subterránea, muestras de agua subterránea y superficial. Los datos obtenidos, han permitido efectuar trabajos de correlación, para determinar el origen, evolución y contaminación del agua contenida en las cuencas estudiadas. También, ha sido posible establecer algunas de las bases necesarias para fundamentar las normas técnico-legales, que ineludiblemente deberá preparar la provincia, para una adecuada administración y preservación de este costoso recurso.

Se ha introducido el análisis isotópico como un método moderno complementario, para conocer o confirmar algunas de las características hidrogeológicas o hidrogeoquímicas del agua. Las muestras han sido acondicionadas en el laboratorio del Plan Agua Subterránea, y enviadas a Holanda y Suiza para su procesamiento.

En el Valle de Tulum se han diferenciado por su salinidad, diversos comportamientos químicos del agua subterránea, cuya composición está estrechamente vinculada con el agua del río San Juan, ya sea directa o indirectamente.

La interpretación hidrogeoquímica revela la existencia de dos áreas principales: una central, de baja salinidad, menor a 750 mg/l, con una zona de sólidos disueltos inferior a 300 mg/l y una segunda, periférica, con salinidades variables, superiores a 750 mg/l. Esta última está muy relacionada con el área de recarga y el borde de cuenca, y contiene agua con marcadas variaciones en su composición y mineralización total. Este hecho, ha permitido subdividirla para su

mejor descripción.

Algunas zonas en particular, como las comprendidas en los departamentos de Pocito, Albardón, Angaco, Caucete y 25 de Mayo, merecen una atención especial por la salinidad de sus aguas, y en ellas, deben tomarse inmediatas medidas para evitar el avance de la contaminación de acuíferos.

En la actualidad se está perforando tarjetas IBM, para la computación electrónica de datos químicos, y en el futuro se darán a conocer los resultados.

La subcuenca Ullum-Zonda, presenta características químicas semejantes a las vistas para la de Tulum, aunque en forma general; la composición es más uniforme.

También aquí el río San Juan ejerce una importante influencia, aunque el agua para riego, constituiría la principal recarga.

Las salinidades varían, entre menos de 300 mg/l a más de 1.000 mg/l. Los bordes de cuenca, el agua proveniente de Matagusanos y Maradona, y la evapotranspiración, son los factores que afectan en una mayor medida al agua subterránea.

Se han tomado también aquí muestras para su análisis isotópico, a fin de determinar el origen y evolución de la misma.

## B. OBJETIVOS

Los trabajos hidrogeoquímicos del Plan Agua Subterránea, estudian la composición química del agua superficial y subterránea, de las diferentes áreas seleccionadas, y en función de ella, determina las posibilidades de su aplicación, en especial al riego, de gran importancia económica para estas zonas áridas y semiáridas del país.

La aplicación de diagramas de Schoeller, Piper, Durov, Stiff, triangulares, de mezclas y otros, el uso de relaciones iónicas y la confección de mapas hidrogeoquímicos, ha permitido correlacionar los datos obtenidos a partir de los análisis químicos, de muestras de agua especialmente seleccionadas, y de esta

forma, explicar el origen de su contenido mineral y las causas de sus variaciones.

Debido a la carencia de datos químicos apropiados y seguros (que correspondieran a varios períodos hidrológicos), y a la limitada duración del Proyecto, no ha sido posible establecer en un mayor grado las modificaciones de la composición del agua subterránea, en función del tiempo, de la explotación, y de las distintas condiciones de recarga de la cuenca. Pero a pesar de ello, se han determinado sus características químicas básicas, las que servirán para proseguir con la ineludible investigación futura, exigida por la dinámica del agua.

Los resultados obtenidos también serán útiles para programar el mejoramiento de la calidad del agua, ya sea por medio de una recarga artificial de los acuíferos, o por la aplicación de otros métodos convenientes.

Las conclusiones generales que se darán, permitirán fijar o adecuar las normas técnico-legales para el control y la administración del agua subterránea, las que deberán impedir la salinización de zonas acuíferas actualmente aptas para diversos usos, prevenir el avance de aguas salinas, y/o evitar la intercomunicación de acuíferos, con aguas de calidades inadecuadas.

#### C. AREAS QUE COMPRENDE EL ESTUDIO

El Plan Agua Subterránea, hasta su finalización en diciembre de 1970, continuará realizando su investigación hidrogeoquímica en cinco áreas seleccionadas; tres, en la provincia de San Juan, en los valles de Tulum - Ullum-Zonda, Valle Fértil y del Bermejo, y dos, en la provincia de Mendoza, en las zonas del río Mendoza y del río Tunuyán, las que hacen un total de 20.000 kilómetros cuadrados, aproximadamente (1). Figura 1.

Los estudios se iniciaron primeramente en la provincia de San Juan, para los Valles de Tulum y Ullum-Zonda, en dos cuencas de agua subterránea prácticamente independientes: la denominada Valle de Tulum, con una superficie de unos 3.700 kilómetros cuadrados, y la subcuenca Ullum-Zonda, con una superficie de unos 124 kilómetros cuadrados.



#### D. ORIGEN DE LA INFORMACION. ANALISIS QUIMICOS

Los elementos fundamentales para obtener una correcta interpretación hidrogeoquímica, lo constituyen los análisis químicos de muestras de agua convenientemente seleccionadas, complementados con datos hidrogeológicos básicos.

Los análisis deben ser completos y exactos, para que la interpretación que se logre, sea un fiel reflejo de las características químicas de las aguas en estudio (4).

En el año 1966, se dió comienzo a la recopilación de los datos químicos, de una gran parte de las perforaciones existentes en el Valle de Tulum, pero la mayoría sólo contaba con análisis incompletos, inapropiados para su uso en los trabajos de correlación.

Esta situación obligó a la instalación de un moderno laboratorio, que inició su labor en 1967, y desde entonces, se ha contado con una información de óptima calidad, es decir, con análisis completos y exactos.

Con la determinación de la totalidad de los iones principales, incluyendo algunos elementos menores, se pudo efectuar un permanente control analítico, logrando los datos requeridos para las tareas programadas, y para su computación electrónica.

El estudio y control previo, de unos 2.500 análisis químicos oficiales, ha permitido comprobar que un gran porcentaje de ellos, no contaba con datos básicos tales como condiciones de extracción y origen de las muestras; y en algunos casos, se verificaron errores en la información analítica. Estas causas obligaron lamentablemente a desechar la mayoría, ya que no daban más que una idea aproximada, e insegura, de las características de las muestras estudiadas, y del comportamiento del agua subterránea.

Por tal motivo, en estos trabajos de interpretación, se han utilizado únicamente aquéllos ejecutados por el laboratorio del Plan Agua Subterránea.

#### E. COLABORACION

Muy importante ha sido la colaboración del Departamento de Hidráulica, que facilitó los análisis químicos de los legajos técnicos de las perforaciones.

De igual manera ha sido muy útil la cooperación del Instituto de Investigaciones Tecnológicas de la Provincia, facilitando los análisis de agua que realiza.

Cabe destacar, el valioso apoyo prestado por los propietarios de las perforaciones, quienes permitieron en todo momento, cumplir con el muestreo.

Muy meritoria ha sido la labor desempeñada por todo el personal de la sección Hidrogeoquímica del Plan Agua Subterránea, tanto en la toma de muestras, como en la ejecución de los análisis químicos, planilleo, cálculos, dibujo y dactilografía.

#### F. TRABAJOS PREVIOS

No se tiene conocimiento de otros trabajos hidrogeoquímicos, relacionados con la zona en estudio. Algunas publicaciones sólo hacen mención a la calidad del agua para determinadas aplicaciones, y en su mayoría, se refieren en especial, al agua superficial.

#### G. CUENCA VALLE DE TULUM. CONDICIONES GENERALES

El planteo geológico previo, delimitó con alguna precisión, las cuencas de agua subterránea de las áreas seleccionadas (2). Los límites de las mismas han sido definidos teniendo en cuenta la distribución de las formaciones acuíferas y no acuíferas, como también datos hidrológicos e hidrogeoquímicos complementarios.

La cuenca Valle de Tulum, está limitada al este, por la sierra Pié de Palo; al oeste, por la sierra Chica de Zonda y de Villicum; al norte, por la divisoria de agua superficial con el Valle del Bermejo; y al sur, arbitrariamente