

28311



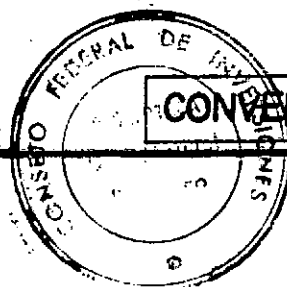
CATALOGADO

EXPLORACION HIDROGEOLOGICA EN EL SECTOR ORIENTAL DE LA PLANICIE SANRAFAELINA

PROVINCIA DE MENDOZA

CAPITULO VII Y VIII

O
X. 12
C. 150
XIV



CONVENIO CFI-CRAS

El presente informe corresponde a las actividades de exploración hidrogeológica acordadas por el C.R.A.S. y el C.F.I. a través de un convenio celebrado con fecha 18 de setiembre de 1981.

Autoridades

Ing. BRUNO VICTORIO FERRARI BONO	Subsecretario de Recursos Hídricos de la Nación
Cnel. CARLOS BENITO PAJARINO	Secretario General del Consejo Federal de Inversiones
Ing. NESTOR EDUARDO SILVA	Miembro Titular del Comité Técnico. Consejo Federal de Inversiones
Ing. DANIEL OSCAR CORIA JOFRE	Director General del Centro Regional de Agua Subterránea

La autoría corresponde a los siguientes profesionales del C.R.A.S.:

CAPITULO VII: Caracterización hidroquímica de los recursos superficiales y subterráneos.

Qco. Pedro LOHN

Colaboradores

Lic. Ernesto GARCIA	Ing. Carlos FERRES
Qco. Hugo LOUSTAUNAU	Ing. Juan VIVAS
Qco. Alberto HERRERA	

Técnicos: Sres. Osvaldo GUEVARA, Juan SIRI y Julio DELGADO
Análisis químicos ejecutados en el Departamento Laboratorio Químico del CRAS

CAPITULO VIII: Resumen, Conclusiones y Recomendaciones

Lic. Alejandro VACA
Ing. Juan A. VICTORIA
Qco. Pedro LOHN

Coordinación y revisión:

Lic. Alejandro VACA

INDICE

	Pág.
CAPITULO VII	
1. INTRODUCCION.	1
2. MUESTREO - DETERMINACIONES ANALITICAS IN-SITU Y LABORATORIO. .	1
3. CARACTERISTICAS HIDROQUIMICAS GENERALES.	3
3.1. Agua superficial.	3
3.1.1. Río Diamante: Egreso del Dique Nivelador Galileo Vitale.	4
3.1.2. Variaciones químicas del río Diamante a lo largo de su lecho a partir del Dique Galileo Vitale. ...	9
3.1.3. Desagues que descargan en el río Diamante.	12
3.1.3.1. Desague General del Norte.	12
3.1.3.2. Desague Colonia Española-Resolana.	22
3.1.4. Desagues que no descargan al río Diamante.	22
3.1.4.1. Desague Monte Comán	23
3.1.4.2. Desague Rama Centro-Puesto Nieto.	23
3.1.5. Río Atuel. Generalidades.	23
3.1.6. Río Atuel. Egreso del Dique Valle Grande.	24
3.1.7. Variaciones del río Atuel a lo largo de su curso a partir del Dique Valle Grande.	24
3.1.8. Canales derivados del río Atuel.	35
3.1.9. Desagues que descargan en el río Atuel.	37
3.1.10. Contenido de Arsénico en algunas aguas superficiales.	37
3.2. Agua subterránea.	40
3.2.1. Generalidades.	40
3.2.1.1. Acuífero Superior.	42
3.2.1.2. Acuífero Principal.	42
3.2.2. Características Hidroquímicas del Acuífero Superior.	42
3.2.2.1. Características hidroquímicas generales de la Zona I.	43
3.2.2.1.1. Subzona Norte.	44
3.2.2.1.2. Subzona Centro.	48

	Pág.
3.2.2.1.3. Subzona Sur.	49
3.2.2.1.4. Variación de la salinidad en el tiempo en la Zona I.	52
3.2.2.2. Características hidroquímicas generales de la Zona II.	52
3.2.2.3. Salinidad del agua subterránea explotada entre 10 y 60 m de profundidad.	59
3.2.2.4. Contenido de Arsénico (As) en el Acuífero Superior (Zona I).	62
3.2.3. Características Hidroquímicas del Acuífero Princi- pal.	65
3.2.3.1. Características hidroquímicas generales del Acuífero Principal Superior (Area par- cial).	66
3.2.3.1.1. Explotación entre 60 y 100 m de profundidad.	67
3.2.3.1.2. Explotación entre 100 y 165 m de profundidad.	70
3.2.3.2. Características hidroquímicas generales / del Acuífero Principal Inferior.	77
3.2.3.2.1. Areas situadas al norte del río Diamante.	77
3.2.3.2.2. Areas situadas al sur del río / Diamante.	81
3.2.3.2.3. Elementos menores en el agua / subterránea del acuífero princi- pal inferior.	83
3.2.4. Otras características químicas generales del agua / subterránea de la cuenca de San Rafael.	84
4. CALIDAD DEL AGUA SUBTERRANEA PARA RIEGO.	84
4.1. Aguas superficiales. Ríos Diamante y Atuel.	93
4.2. Agua subterránea.	93
4.2.1. Acuífero Superior - Zonas I y II.	93
4.2.2. Acuífero Principal Superior (Area parcial).	95

	Pág.
4.2.3. Acuífero Principal Inferior.	95
5. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.	96

TABLAS

1. Valores máximos y mínimos de propiedades físico-químicas y de algunos elementos disueltos en el agua de los ríos Diamante (en Dique G. Vitale) y Atuel (en Dique Valle Grande).	7
2. Composición química del río Diamante aguas abajo del Dique G. Vitale-Variación a lo largo de su recorrido para diferentes períodos de muestreo.	13 a 16
3. Valores máximos y mínimos de propiedades físico-químicas y de algunos elementos disueltos en el agua de desagües de la cuenca de San Rafael.	20 y 21
4. Composición química del río Atuel aguas abajo del Dique Valle Grande-Variación a lo largo de su recorrido para diferentes / períodos de muestreo.	25 a 28
5. Valores máximos y mínimos de propiedades físico-químicas y de algunos elementos disueltos en el agua del Arroyo Las Aguaditas.	38 y 39
6. Variación de la conductividad eléctrica del Acuífero Superior Zona I. (Profundidad de explotación: 0-30 m).	53 a 55
7. Variación de la conductividad eléctrica del Acuífero Superior Zona II. (Profundidad de explotación: 30-60 m).	61
8. Variación de la conductividad eléctrica del Acuífero Superior Aguas mezcla (Profundidad de la explotación: 10 y 60 m).	63
9. Variación de la conductividad eléctrica del Acuífero Principal Superior (Profundidad de explotación: 60-165 m).	74 y 75
10. Valores máximos y mínimos de algunas propiedades físico-químicas y elementos disueltos en el agua subterránea. Cuenca / San Rafael Acuífero Principal Superior.	85 y 86
11. Valores máximos y mínimos de algunas propiedades físico-químicas y elementos disueltos en el agua subterránea. Cuenca / San Rafael Acuífero Principal Superior.	87 y 88
12. Valores máximos y mínimos de algunas propiedades físico-químicas y elementos disueltos en el agua subterránea. Cuenca / San Rafael Acuífero Principal Superior.	89 y 90

FIGURAS

1. Características químicas del río Diamante-Egreso del Dique Galileo Vitale.	5
2. Relación entre el contenido de los iones Calcio, Sodio, Sulfato y Cloruro con la salinidad del río Diamante en la Estación de Muestreo Dique Galileo Vitale.	8
3. Variación de la salinidad (sólidos disueltos) y del contenido de Boro del río Diamante a partir de la estación de muestreo / Dique Galileo Vitale.	11
4. Variación de la composición química absoluta a lo largo del // río Diamante a partir del Dique Galileo Vitale.	17
5. Variación de la composición química absoluta a lo largo del // río Diamante a partir del Dique Galileo Vitale.	18
6. Variación de la composición química absoluta a lo largo del // río Diamante a partir del Dique Galileo Vitale.	19
7. Características químicas del río Atuel-Egreso del Dique Valle Grande.	29
8. Variación de la composición química absoluta a lo largo del // río Atuel a partir del Dique Valle Grande.	30
9. Variación de la composición química absoluta a lo largo del // río Atuel a partir del Dique Valle Grande.	31
10. Variación de la composición química absoluta a lo largo del // río Atuel a partir del puente El Escorial.	32
11. Variación de la salinidad (sólidos disueltos) y del contenido de Boro del río Atuel a lo largo de su recorrido a partir del Dique Valle Grande.	34
12. Características químicas-canales y desagües-Río Atuel.	36
13. Variación relativa de perforaciones muestreadas por profundidad de explotación.	41
14. Características químicas - Zona I (0,30 m) - Subzona Norte y Centro.	45
15. Variación de la dureza y contenido de boro en relación con la salinidad del agua subterránea de la Zona I.	47

	Pág.
16. Características químicas - Zona I (0-30 m) - Subzona Sur.	50
17. Características químicas Zona II (30-60 m).	58
18. Variación de la dureza y contenido de boro en relación con la salinidad del agua subterránea de la Zona II.	60
19. Curvas de isoconductividad eléctrica Acuífero Superior (agua mezcla)- Explotación 10-60 m.	64
20. Curvas de isoconductividad eléctrica Acuífero Principal Superior. Profundidad de explotación entre 60 y 100 m.	68
21. Características químicas - agua subterránea - Acuífero Principal Superior.	69
22. Variación de la dureza y contenido de boro en relación con la salinidad del agua subterránea del acuífero Principal Su- perior.	71
23. Curvas de isoconductividad eléctrica-Acuífero Principal Su- perior-Profundidad de Explotación entre 100 y 165 m.	72
24. Características químicas-agua subterránea-Acuífero Principal Superior.	79
25. Variación de la dureza y contenido de boro en relación con la salinidad del agua subterránea en la zona.	80
26. Variación de la salinidad del agua subterránea de la cuenca San Rafael.	91
27. Diagrama de clasificación de las aguas según su contenido sali- no y sódico.	94
28. Calidad de agua subterránea para riego-Acuífero Principal Infe- rior-Profundidad de explotación entre 60 y 100 m.	96
29. Calidad de agua subterránea para riego - Acuífero Principal Su- perior - Profundidad de explotación entre 100 y 165 m.	97

LAMINAS

1. Estaciones de muestreo de agua superficial.	2
2. Curvas de isoconductividad eléctrica Acuífero Superior.	
3. Relación iónica $r Na^+ + K^+/Ca^{++}$ - Acuífero Superior.	
4. Relación iónica $r SO_4^{=}/Cl$ - Acuífero Superior.	

5. Contenido de Arsénico Acuífero Superior-Zona I (0 y 30 m)
6. Curvas de isoconductividad eléctrica y temperatura del agua subterránea. Acuífero Principal Inferior.
7. Relación iónica $rNa^+ + K^+/Ca^{++}$ -Acuífero Principal Inferior
8. Calidad del agua subterránea para riego-Acuífero Superior

CAPITULO VIII

1. RESUMEN GENERAL DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.....	101
1.1. Caracterización climática.....	101
1.2. El marco geológico.....	101 a 103
1.3. Fisiografía.....	103
1.4. Geomorfología.....	103 a 106
1.5. Esquema hidrogeológico general.....	107 a 110
1.6. Caracterización hidroquímica.....	110 y 111
1.6.1. Acuífero Superior(Profundidades entre 0-60 m).....	111
1.6.1.1. Zona I(Profundidad entre 0 y 30 m).....	111
1.6.1.2. Zona II(Profundidad entre 30 y 60 m).....	111 y 112
1.6.1.3. Intervalo de explotación de 10 a 60 m de profundidad.....	112
1.6.2. Acuífero Principal.....	112
1.6.2.1. Acuífero Principal Superior.....	112
1.6.2.1.1. Intervalo de explotación entre 60 y 100 m.....	112 y 113
1.6.2.1.2. Intervalo de explotación entre 100 y 165 m.....	113
1.6.2.2. Acuífero Principal Inferior(Por debajo a 165 m.....	113 y 114
2. CONCLUSIONES.....	114
3. RECOMENDACIONES.....	115 a 116

CAPITULO VII: Caracterización Hidroquímica de los Recursos Superficiales y Subterráneos.

1. INTRODUCCION

En este capítulo se exponen los resultados de los estudios / hidroquímicos ejecutados en el marco del convenio con el Consejo Federal de Inversiones. En el mismo se definen las características químicas principales del agua subterránea y su relación con las fuentes de recarga más importantes. A este fin se analizaron las condiciones químicas y físico-químicas de los río Atuel y Diamante, así como de aquellos sectores de los sistemas de riego y desagüe vinculados al área de estudio.

En el caso de los recursos hídricos subterráneos la información obtenida permitió analizar separadamente las condiciones hidroquímicas tanto del Acuífero Superior, en dos niveles de explotación, cuanto las del Acuífero Principal, en tres horizontes acuíferos, a fin de plantear en forma preliminar las perspectivas de su aprovechamiento futuro.

En la preparación del presente informe se utilizó información ya presentada bajo la forma de informes parciales o de avance, cuyo detalle se incluye en la lista bibliográfica anexa (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, y 8)

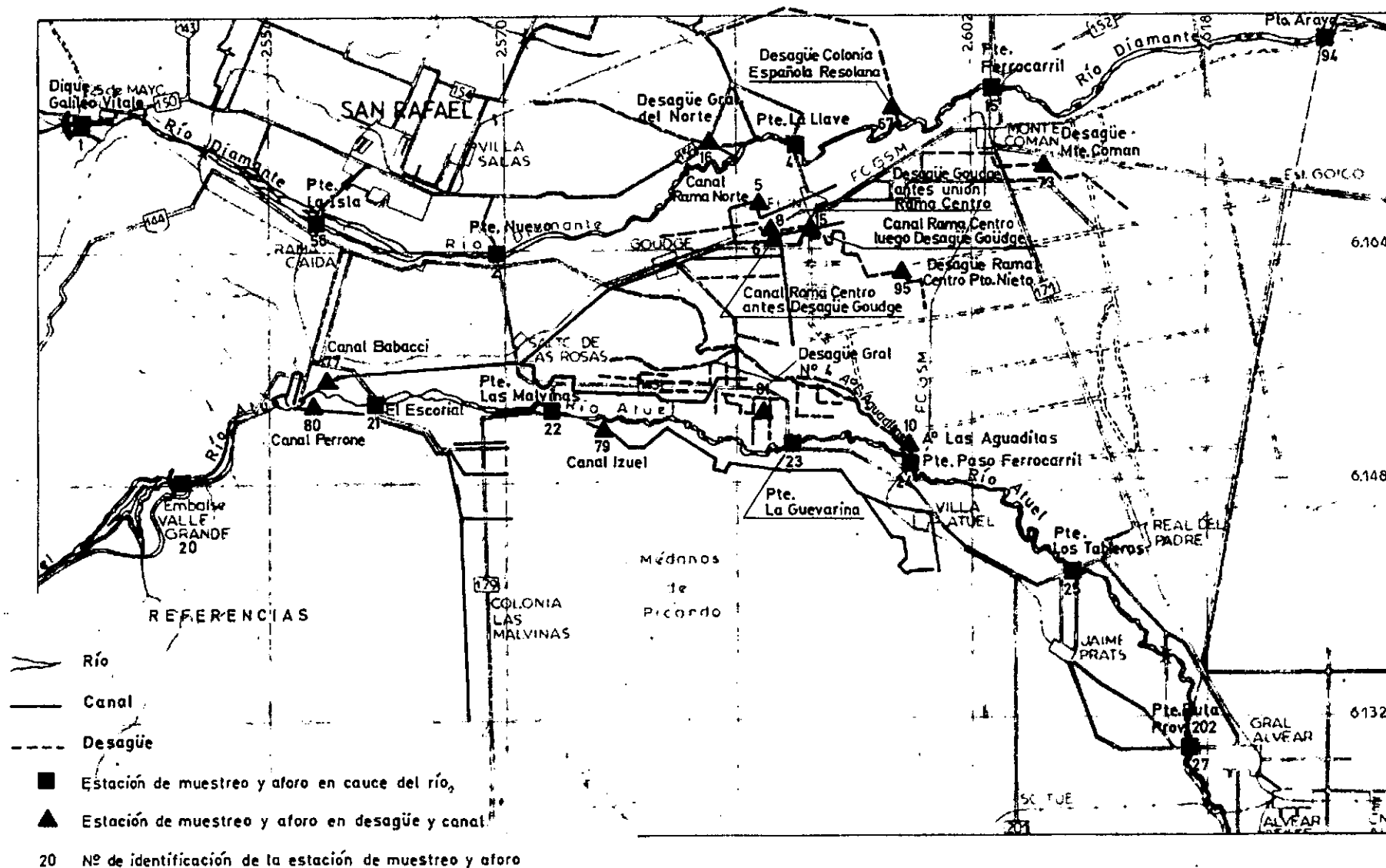
2. MUESTREO - DETERMINACIONES ANALITICAS IN SITU Y LABORATORIO

La iniciación de los muestreos sistemáticos se remonta a abril de 1979. El total de muestras de agua logrado es de 324 en el caso de agua subterránea y 361 de agua superficial.

La ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial se ilustra en la Lámina N° 1. Las fuentes muestreadas sistemáticamente son los río Diamante y Atuel, así como algunos canales y desagües relacionados, tal como se observa en la mencionada ilustración.

En las láminas N° 2, 6 y figuras N° 20, 23 a su vez, se ilustra la ubicación de los pozos muestreados. Del total de muestras de agua subterránea se extrajeron, en la zona denominada "sur" (ubicada entre Monte Comán y Real del Padre) 125 muestras, de las cuales 51 corresponden a 37 perforaciones localizadas en el sector oeste de la zona, con profundidades superiores a los 60 m, mientras que el resto corresponde a 32 pozos excavados y cuya profundidad no supera los 30 m.

ESTACIONES DE MUESTREO DE AGUA SUPERFICIAL



En la zona individualizada en el proyecto como norte (norte de Monte Comán) la casi totalidad de los pozos muestreados son excavados, con molino. El número de pozos muestreados es de 57, sumando un total de 199 muestras con análisis químico.

En la zona se perforaron 7 pozos de exploración, los que / fueron sometidos a ensayos hidráulicos e hidroquímicos, a fin de observar / su comportamiento con el bombeo y el tiempo de explotación, extrayéndose un total de 75 muestras para análisis químico.

Todas las muestras fueron tratadas durante su extracción, para su preservación y conservación, de acuerdo a normas del Laboratorio del CRAS(9).

Durante la recolección de muestras, tanto de agua superficial como de agua subterránea, se realizó un análisis "in situ", con determinaciones de conductividad eléctrica, pH potenciométrico y temperatura del agua y ambiente. En algunos casos se determinaron también contenidos / de nitratos, nitritos y fosfatos.

Los análisis químicos fueron ejecutados en el Departamento Laboratorio Químico del CRAS, utilizando las técnicas analíticas más modernas, en su mayoría las recomendadas por el Standard Methods, 15 edición (10). Para la determinación de los metales disueltos se utilizó la técnica de absorción atómica.

3. CARACTERISTICAS HIDROQUIMICAS GENERALES

3.1. Agua Superficial

En el área bajo estudio existen diferentes fuentes de agua superficial, aunque no todas tienen un efecto hidroquímico comprobado sobre el agua subterránea de la cuenca de los ríos Diamante y Atuel. Las principales fuentes existentes la constituyen los ríos Diamante y Atuel (de carácter permanente), el río Seco de las Peñas, el arroyo La Hedionda (cursos temporarios), los canales de riego y los desagües.

El río Diamante tiene un importante efecto caracterizador de las aguas del subsuelo, tanto en forma directa, a través de su lecho, como indirectamente por los canales y los excedentes de riego.

El río Atuel no tendría influencia directa sobre la cuenca en el área bajo estudio, excepto a través de las pérdidas en los canales que integran su sistema de irrigación.

3.1.1. Río Diamante: Egreso del dique nivelador Galileo Vitale

El río Diamante ha sido muestreado en diferentes puntos aguas abajo del dique Galileo Vitale. En la Lámina N° 1 se pueden consultar las estaciones de muestreo y aforo seleccionadas.

El río Diamante sufre durante su escurrimiento desde la cuenca imbrífera, dos almacenamientos importantes, uno en el dique Agua de Toro, y el otro en el dique Los Reyunos. Desde éste embalse se entrega agua al dique derivador Galileo Vitale, 3 km aguas abajo, de donde se distribuye tanto a los canales como al lecho del río.

Este manejo del río hace que, bajo el aspecto hidroquímico se produzcan cambios en la composición química de sus aguas, lo que depende de las características de las aguas que ingresan y de sus caudales. Los cambios que se producen se deben a que los embalses se convierten en sistemas modificadores y almacenadores de aguas con composición variable, en especial debido a las características climáticas como las que se encuentran en ésta zona, hecho comprobado en estudios de sistemas asimilables (11).

En general, para una vía de agua superficial (río), sin alteraciones en su curso, existe una estrecha relación entre la salinidad total y su caudal (12), la que responde a una función exponencial negativa. Para el muestreo realizado en este punto con posterioridad a la puesta en funcionamiento de los diques, queda demostrado que no existe ésta correlación salinidad-caudal, ya que el agua ha debido sufrir alteraciones sucesivas como consecuencia del manejo antes mencionado.

Para el período anterior es muy posible que la correlación existiera; sin embargo, no se ha podido determinar la misma con claridad, ya que es sumamente escasa la información histórica anterior a 1978.

En el diagrama multivariable de interpretación Lohn-Joukl, Figura N° 1, se ha graficado la relación conductividad eléctrica-caudal

DIAGRAMA DE LOHN,P y JOUKL,M.(1969)

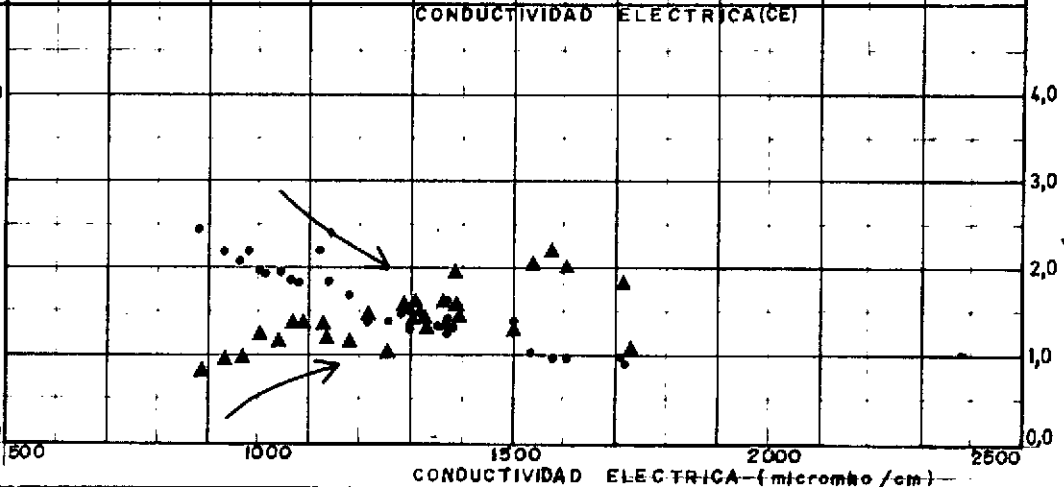
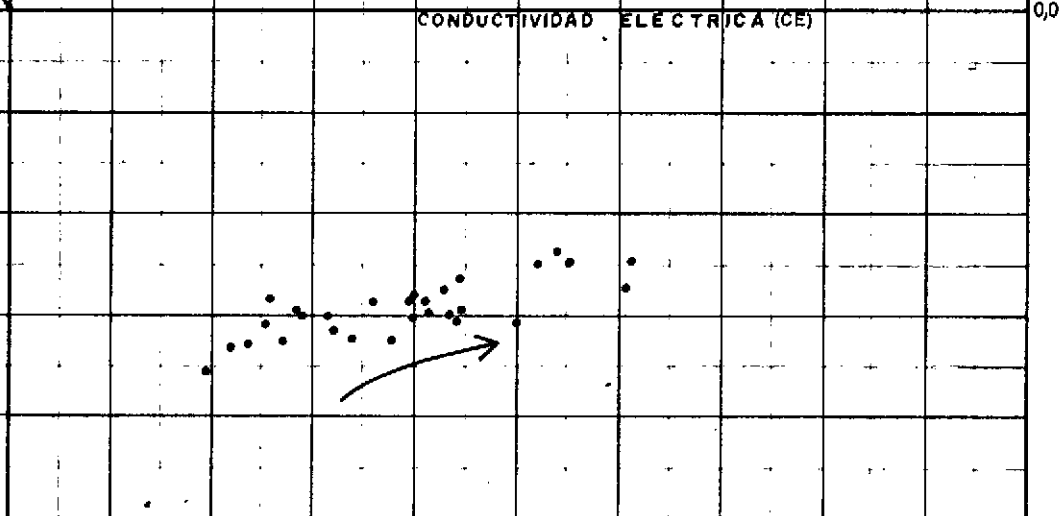
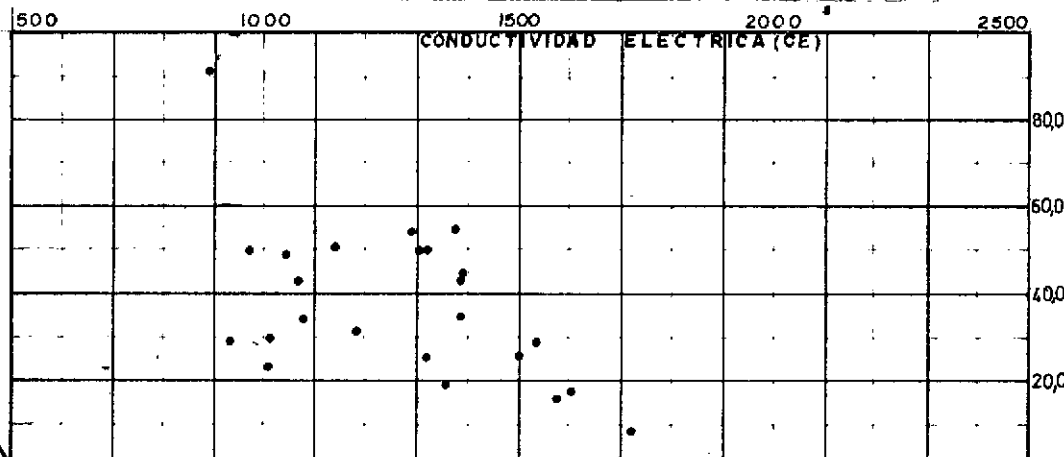
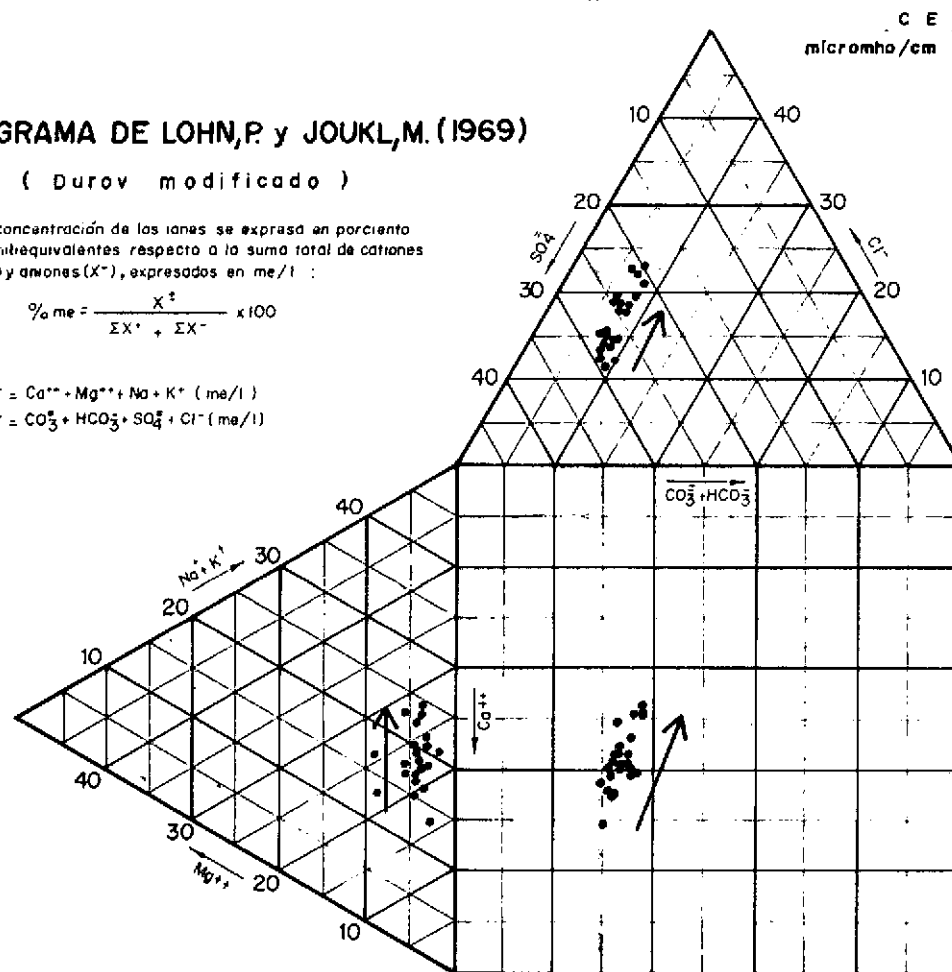
(Durov modificado)

La concentración de los iones se expresa en porcentaje de miliequivalentes respecto a la suma total de cationes (X⁺) y aniones (X⁻), expresados en me/l :

$$\% me = \frac{X^+}{\Sigma X^+ + \Sigma X^-} \times 100$$

$$\Sigma X^+ = Ca^{++} + Mg^{++} + Na + K^+ \text{ (me/l)}$$

$$\Sigma X^- = CO_3^{--} + HCO_3^- + SO_4^{--} + Cl^- \text{ (me/l)}$$



REFERENCIAS

Periodo de muestreo:
2-2-1973 al 28-4-1982

→ Sentido de las variaciones con
aumento de salinidad

CENTRO REGIONAL DE AGUA SUBTERRANEA			
Provincia MENDOZA		Area SAN RAFAEL-CFI	
CARACTERISTICAS QUIMICAS DEL RIO DIAMANTE-EGRESO DEL DIQUE GALILEO VITALE			
Elaboro: Ing. C. Ferrás - Qca. P. Lohn		REVISION	
Unidad Area Hidroquímica			FIGURA 1
Fecha 12-1982 Código:			

(campo rectangular superior) en donde queda demostrado lo expresado.

De la interpretación global del diagrama se puede concluir que existe una importante variación de la composición química de estas aguas tanto en forma relativa (campos triangulares), como absoluta (campos rectangulares central e inferior).

La máxima variación en el campo de los aniones se observa para los iones cloruro y sulfato, la que queda comprendida entre 11 y 22,8 %me para el primero, y entre 19,8 y 29,7 %me para el segundo. La concentración de los iones bicarbonato experimenta una mínima alteración en su contenido relativo, del 5,9 al 10 %me.

En cuanto a los principales cationes disueltos, también se observan cambios importantes. La concentración relativa de calcio varía de 21,8 a 33,8 %me y la de sodio + potasio de 12,8 a 24,8 %me. El contenido de ion magnesio se mantiene para la mayoría de las muestras entre el 3,2 y 5,3 %me; sólo en unas pocas muestras se han determinado valores inferiores a 3 y mayores de 8%me.

La salinidad del agua del río Diamante que egresa del dique Galileo Vitale varía para el período muestreado, entre 820 y 1720 micromho/cm, lo que equivale a un contenido de sólidos disueltos de 570 y 1060 mg/l respectivamente. El pH del agua cambia de 7,0 a 8,0 unidades y la dureza total de 320 a 504 mg/l de CaCO_3 . Los valores máximos y mínimos determinados para diferentes propiedades y elementos disueltos en el agua pueden consultarse en la Tabla 1.

El carácter hidroquímico de las aguas del río Diamante en el dique Galileo Vitale cambia, según las condiciones imperantes para el momento del muestreo desde sulfatada-cálcica (predominante) a sódica-cálcica-clorurada-sulfatada.

Este cambio en el carácter hidroquímico puede comprenderse fácilmente si se analiza el campo rectangular inferior del diagrama de Lohm-Joukl (Figura 1) en donde se ha graficado la relación entre la conductividad eléctrica y las relaciones iónicas Na/Ca y SO_4/Cl . Asimismo estos cambios pueden comprenderse en base a los gráficos de la Figura 2.

En el diagrama se observa una clara dependencia entre

TABLA N° 1

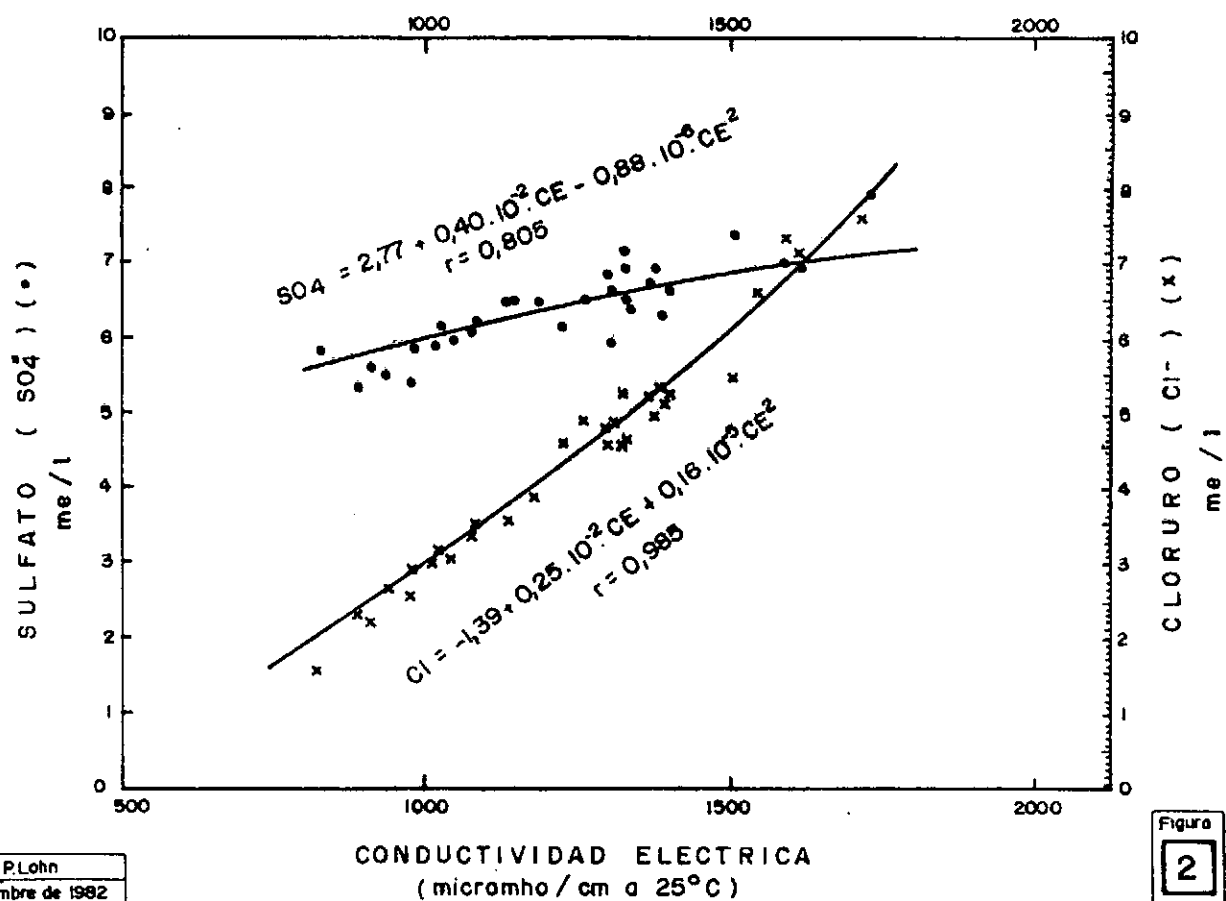
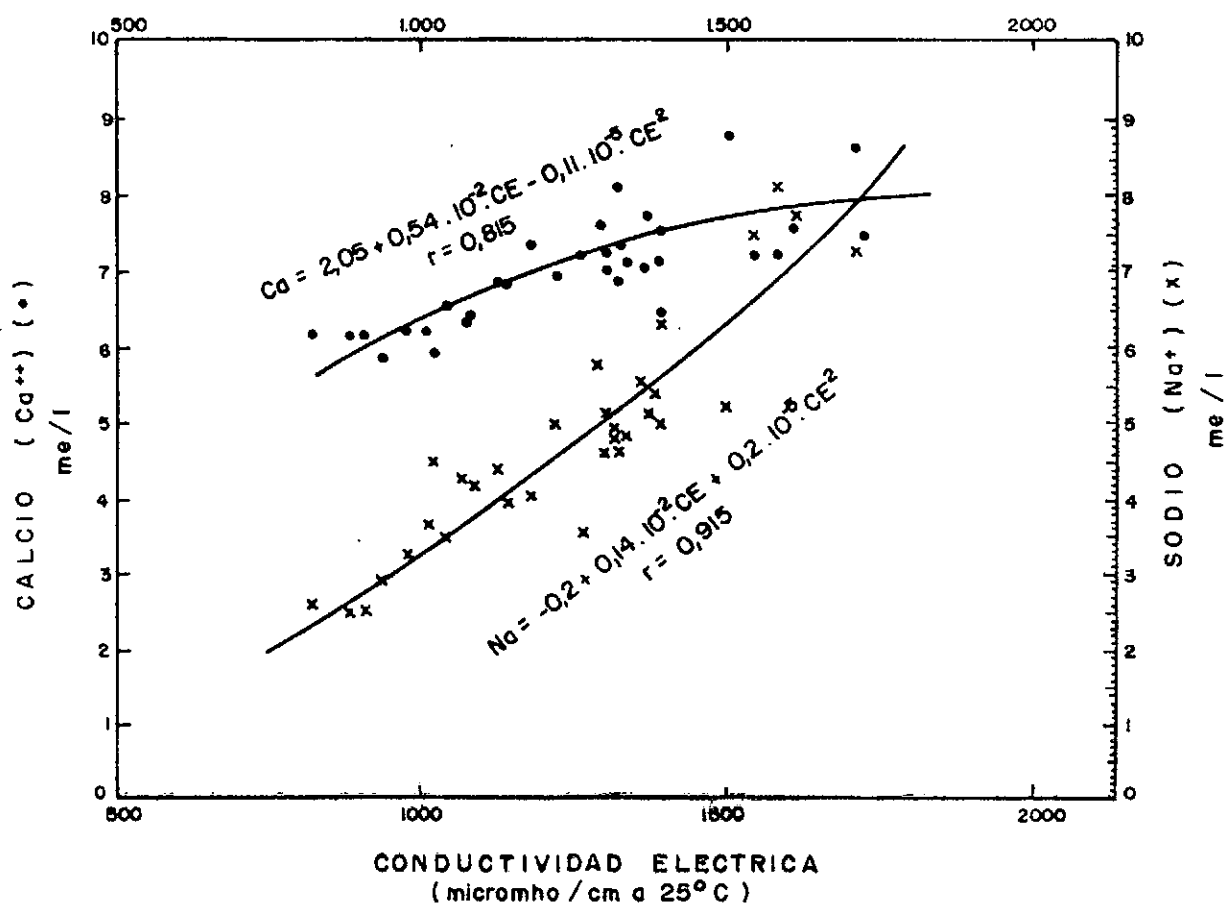
Valores máximos y mínimos de propiedades físico-químicas y de algunos elementos disueltos en el agua de los ríos Diamante (en Dique Galileo Vitale) y Atuel (en Dique Valle Grande)

agua de los ríos Diamante (en Dique Galileo Vitale) y Atuel (en Dique Valle Grande)																	
IDENTIFICACION DE LA FUENTE	CAUDAL (Q)	TEMPERATURA (°C) AGUA	pH	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (CE)	SOLIDOS DISUELTOS CALCULADOS (SDC)	DUREZA TOTAL (DT)	DUREZA DE NO CARBONATO (DNC)	ALCALINIDAD TOTAL (AT)	CALCIO (Ca ⁺⁺)	MAGNESIO (Mg ⁺⁺)	SODIO (Na ⁺)	POTASIO (K ⁺)	CARBONATO (CO ₃ ⁼)	BICARBONATO (HCO ₃ ⁼)	SULFATO (SO ₄ ⁼)	CLORURO (Cl ⁻)	
	m ³ /seg.	°C		µmhos/cm a 25°C	mg/l	mg/l de Ca CO ₃			mg/l								
Río Diamante - Dique Galileo Vitale	máximo	91,0	23,0	8,0	1720	1060	504	392	127	176,0	27,0	182,0	7,3	0,0	155,0	361,0	278,0
	mínimo	8,15	4,0	7,0	820	570	321	235	72	116,0	3,8	24,0	2,0	0,0	87,0	257,0	52,0
Río Atuel - Dique Valle Grande	máximo	55,0	21,0	8,2	1910	1256	648	574	95	221,0	35,0	206,0	11,0	0,0	116,0	548,0	281,0
	mínimo	0,035	6,0	6,7	1080	690	407	352	31	144,0	4,1	60,0	4,2	0,0	38,0	338,0	95,0

IDENTIFICACION DE LA FUENTE	SILICE (SiO ₂)	BORO (B)	FLUORURO (F ⁻)	NITRATO (NO ₃)	NITRITO (NO ₂)	AMONIO (NH ₄ ⁺)	POSFATO (PO ₄)	OBSERVACIONES
	mg/l							
Río Diamante - Dique Galileo Vitale								
máximo	23,0	0,59	1,2	7,3	-	-	-	Período de muestreo: 02-02-73 al 28-04-82
mínimo	8,3	0,07	0,1	0,0	-	-	-	
Río Atuel - Dique Valle Grande								
máximo	11,0	0,37	0,9	5,6	-	-	-	Período de muestreo: 06-11-75 al 22-12-81
mínimo	2,9	0,05	0,1	0,0	-	-	-	

RELACION ENTRE EL CONTENIDO DE LOS IONES CALCIO, SODIO, SULFATO Y CLORURO CON LA SALINIDAD DEL RIO DIAMANTE EN LA ESTACION DE MUESTREO DIQUE GALILEO VITALE.

Período de muestreo 2/2/73 al 28/4/82



las relaciones Na/Ca y SO_4/Cl respecto de la conductividad eléctrica, es decir, de la salinidad del agua. A medida que se incrementa la salinidad disminuye la relación SO_4/Cl y aumenta la relación Na/Ca (Fig.1). En la Figura 2 se pueden ver las funciones que correlacionan la variación de las concentraciones de estos iones, quedando demostrado que a medida que aumentan los sólidos disueltos, aumentan más rápidamente los contenidos de los iones sodio y cloruro que los de calcio y sulfato, respectivamente.

Este comportamiento permite afirmar que los cambios en las relaciones se deben a un ingreso diferente proveniente de las cargas de estos iones que aporta el río en función de su caudal.

A medida que el río trae mayor caudal, la relación Na/Ca disminuye, mientras que la relación SO_4/Cl aumenta, lo que significa que las aguas en estas condiciones traen un mayor contenido relativo de iones sulfato y calcio, respecto de los cloruros y el sodio. Esto se debería a que los mayores caudales provocan la disolución de una mayor cantidad de yeso, respecto al de cloruro de sodio, proveniente de la formación Auquingo (Yeso Principal, Jurásico medio a superior) y la formación Huitrin (Yeso de Transición, Cretácico medio), las que se encuentran en su curso superior en Cordillera Principal (8).

En la Figura 1 se observa que ambas relaciones tienden al valor 1 para las máximas salinidades determinadas. En la Figura 2 se visualiza claramente que las concentraciones iónicas (Ca y Na; SO_4 y Cl) tienden a igualarse para una salinidad del orden de los 1740 y 1630 micromho/cm respectivamente, a partir de donde se invertirían netamente sus relaciones.

Los cambios comprobados en el agua del río, y por ende en la recarga, hacen que deba esperarse una diferente influencia hidroquímica sobre el agua del subsuelo, y una diferente evolución en el medio poroso.

3.1.2. Variaciones Químicas del Río Diamante a lo largo de su lecho a partir del Dique Galileo Vitale

A partir del dique Galileo Vitale el río Diamante se ha muestreado en cinco estaciones de muestreo, denominadas Puente La Isla (punto N° 56), Puente Nuevo (punto N° 2), Puente La Llave (punto N° 4), Puente Ferrocarril (punto N° 15) y Puesto Araya (punto N° 94), (Lámina 1).

El agua del río Diamante que se deriva a partir del dique Galileo Vitale sufre a lo largo de su recorrido, cambios importantes en su composición. En la Figura 3 se ha graficado la variación de la salinidad en términos de su contenido de sólidos disueltos y de boro, para diferentes / fechas de muestreo.

Se observan dos situaciones bien diferenciadas para estos períodos:

a. La salinidad del agua varía levemente desde el dique hasta la estación denominada Puente Nuevo. La variación determinada está comprendida entre el 15,9 % (muestreo del 19 al 22 de agosto de 1980) y el 32,8% (24 al 27 de abril de 1981).

A partir de este punto la salinidad se incrementa sustancialmente hasta llegar a la estación de muestreo Puente Ferrocarril (N° 15). Las variaciones se encuentran comprendidas entre el 80,5% (muestreo del 10 al 12 de febrero de 1982) y 160% (24 al 27 de abril de 1981) respecto a los valores en Galileo Vitale.

Este incremento se debe al ingreso de aguas más mineralizadas provenientes de los desagües que descargan en el lecho del río. En la Figura 3 se han incluido los datos de los desagües denominados General del Norte y Colonia Española-Resolana, mostrando claramente su efecto salinizador.

Desde el punto Puente Ferrocarril hasta Puesto Araya (Lámina 1), la salinidad tiende a decrecer levemente. Hasta la fecha no se han podido muestrear los ingresos que originan esa disminución.

En resumen, la salinización de las aguas del río Diamante desde Galileo Vitale hasta puesto Araya varía desde 152% (fecha de muestreo 19 al 22 de agosto de 1980) a 161% (24 al 27 de abril de 1981).

En cuanto a las variaciones del contenido de boro, puede observarse en el gráfico de la Figura 3 que las mismas siguen en líneas generales los cambios de salinidad. Las máximas variaciones determinadas corresponden al período de muestreo del 19 al 22 de agosto de 1980, con un incremento del 322% en Puesto Araya, respecto de Galileo Vitale (desde 0,09 mg/l a 0,53 mg/l en Puente Ferrocarril y 0,38 mg/l en Puesto Araya).

CRAS

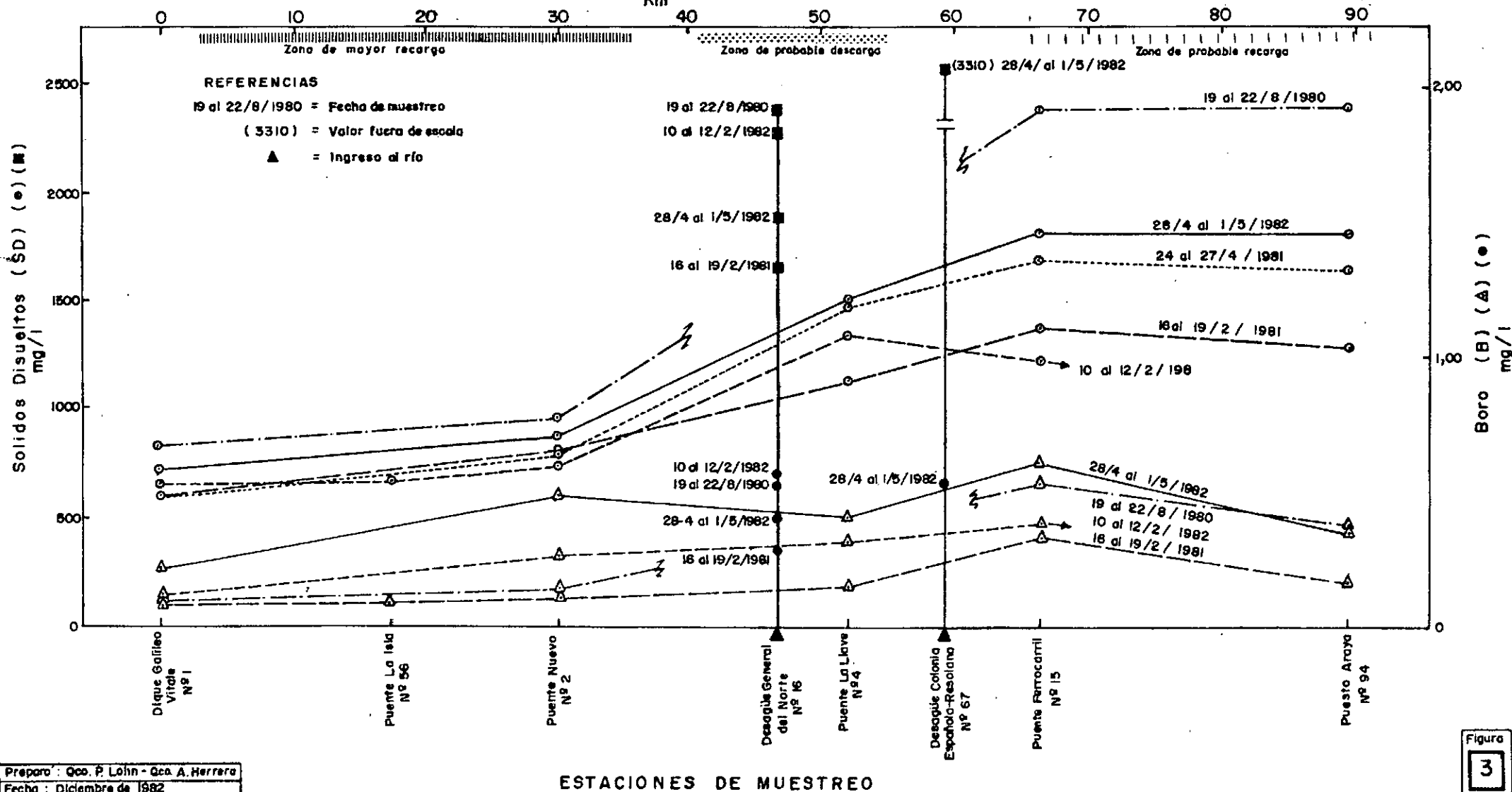
Area Hidroquímica

CENTRO REGIONAL DE AGUA SUBTERRANEA
San Juan, República ArgentinaVARIACION DE LA SALINIDAD (SOLIDOS DISUELTOS) Y DEL CONTENIDO DE BORO DEL
RIO DIAMANTE A PARTIR DE LA ESTACION DE MUESTREO DIQUE GALILEO VITALE

Período de muestreo : 19/8/1980 al 1/5/1982

DISTANCIA RELATIVA

Km

Preparó: Gco. P. Lohm - Gco. A. Herrera
Fecha: Diciembre de 1982Figura
3

b. De acuerdo a la época de muestreo, tanto la salinidad, como el contenido de los elementos disueltos, sufren también cambios importantes en su concentración. Estas variaciones, según algunas fechas de muestreo y para diferentes puntos puede consultarse en la Tabla 2. Igual comportamiento se observa en la Figura 3.

En las Figuras 4, 5 y 6 se ha graficado mediante la representación en diagramas columnares, para tres períodos de muestreo diferentes, los cambios de composición iónica absoluta (Ca, Mg, Na + K, HCO₃, SO₄ y Cl) que ocurren a lo largo del recorrido del río Diamante hasta el Puesto Araya. En las Figuras 4 y 6 se incluyen las variaciones del contenido de ion fluoruro y de boro, como así también los valores determinados de caudal y dureza total. Esta representación permite, para los períodos considerados, confirmar las conclusiones mencionadas anteriormente.

3.1.3. Desagues que descargan en el río Diamante

Son diversos los desagues que descargan sus aguas al río Diamante, aguas abajo del dique Galileo Vitale. El efecto hidroquímico que ellos producen sobre la composición química de las aguas del río es importante, tal como ya se vió en el punto anterior (Figura 3).

Es de esperar que estas aguas, en lugares hidrogeológicamente apropiados, incidan también sobre la calidad del agua del subsuelo.

A la fecha no se han podido muestrear todos los desagues existentes. En la Tabla 3 se indican los valores máximos y mínimos determinados para algunas propiedades y elementos disueltos en los desagues: General del Norte (punto de muestreo N° 16) y Colonia Española-Resolana (N° 67). (Lámina 1).

De acuerdo a la composición química conocida podría asumirse que éstas aguas tienen su origen principalmente en el retorno de los excedentes de riego antes que en aguas de drenaje.

3.1.3.1. Desague General del Norte

Este desague colecta el agua superficial de reuso de los distritos Colonia Española, Tabanera y Cuadro Benegas. Constituye un importante ingreso al río Diamante por el caudal que aporta, produciéndose su ingreso a 20 km aproximadamente aguas abajo del punto de muestreo, en Puente

TABLA N° 2

Composición química del Río Diamante aguas abajo del Dique Galileo Vitale - Variación a lo largo de su recorrido para diferentes períodos de muestreo

lo largo de su recorrido para diferentes periodos de muestreo																
IDENTIFICACION DE LA FUENTE	CAUDAL (Q)	TEMPERATURA AGUA	PH	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (CE)	SOLIDOS DISUELTOS CALCULADOS (SDC)	DUREZA TOTAL (DT)	DUREZA DE NO CARBONATO (DNC)	ALCALINIDAD TOTAL (AT)	CALCIO (Ca ⁺⁺)	MAGNESIO (Mg ⁺⁺)	SODIO (Na ⁺)	POTASIO (K ⁺)	CARBONATO (CO ₃ ²⁻)	BICARBONATO (HCO ₃ ⁻)	SULFATO (SO ₄ ²⁻)	CLORURO (Cl ⁻)
	m ³ /seg.	°C		µmhos/cm ² /°C	mg/l	mg/l de CaCO ₃			mg/l							
Río Diamante - Dique Galileo Vitale (N° Punto 1)	24,895	7,0	7,5	1320	821	100	411	311	146,0	11,0	111,0	-	0,0	122,0	309,0	160,0
	50,000	12,0	7,9	1320	866	448	366	82	136,0	27,0	110,0	-	0,0	100,0	329,0	184,0
	55,500	17,0	7,5	908	601	352	267	85	121,0	12,0	54,0	2,8	0,0	104,0	268,0	76,0
	29,900	14,0	7,7	934	594	334	250	84	116,0	11,0	63,0	2,8	0,0	103,0	261,0	90,0
	2,800	9,5	7,5	1130	730	379	261	118	135,0	10,0	96,0	3,9	0,0	144,0	310,0	104,0
	51,800	17,5	7,6	1290	868	405	299	106	152,0	6,4	128,0	4,5	0,0	129,0	325,0	169,0
	50,000	22,0	7,5	975	643	343	268	75	124,0	8,3	68,0	7,3	0,0	92,0	280,0	100,0
	29,800	16,0	7,5	1020	708	328	235	93	117,0	8,6	98,0	3,3	0,0	113,0	293,0	111,0
Río Diamante - Puente la Isla (N° Punto 56)	11,000	18,0	7,8	1350	865	480	368	112	159,0	20,0	100,0	-	0,0	137,0	326,0	171,0
	0,431	9,0	7,8	1360	853	441	315	125	162,0	8,9	112,0	5,4	0,0	153,0	354,0	135,0
	-	21,5	7,7	1000	671	347	270	77	135,0	2,6	78,0	3,6	0,0	94,0	290,0	103,0
Río Diamante - Puente Nuevo (N° Punto 2)	1,253	17,0	7,7	1530	969	504	404	100	168,0	20,0	121,0	-	0,0	122,0	390,0	180,0
	2,760	23,0	7,6	1410	913	507	384	124	164,0	24,0	106,0	-	0,0	151,0	346,0	177,0
	4,730	20,5	7,7	1140	815	448	322	126	147,0	20,0	97,0	3,9	0,0	154,0	319,0	136,0
	3,390	-	7,6	1240	793	426	293	132	145,0	15,0	100,0	4,1	0,0	161,0	308,0	142,0
	0,431	15,0	7,7	1460	905	474	341	133	168,0	13,0	118,0	6,0	0,0	162,0	371,0	149,0
	3,550	27,0	7,8	1410	930	485	354	131	169,0	15,0	120,0	5,4	0,0	160,0	351,0	174,0
	-	24,0	7,7	1150	759	393	295	99	149,0	5,4	92,0	4,4	0,0	120,0	320,0	114,0
	3,090	20,0	7,6	1250	868	399	263	136	142,0	11,0	125,0	6,0	0,0	166,0	328,0	147,0
Río Diamante - Puente La Llave (N° Punto 4)	5,970	22,0	7,5	2150	1534	816	661	155	245,0	50,0	189,0	-	0,0	189,0	631,0	291,0
	32,200	20,0	7,8	1640	1150	602	465	137	202,0	24,0	140,0	5,7	0,0	167,0	482,0	188,0
	10,000	-	7,6	2110	1490	758	593	165	235,0	41,0	203,0	7,5	0,0	201,0	629,0	280,0
	9,070	10,0	7,7	2530	1740	915	714	201	326,0	25,0	215,0	9,6	0,0	245,0	738,0	301,0

TABLA N° 2 (Cont.)

[illegible]

CRAS

Area Hidroquímica
Dpto. Laboratorio Químico

CENTRO REGIONAL DE AGUA SUBTERRANEA
San Juan - República Argentina

TABLA N° 2 (Cont.)

IDENTIFICACION DE LA FUENTE	CAUDAL (Q)	TEMPERATURA AGUA	pH	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (GE)	SOLIDOS DISUELTOS CALCULADOS (SDC)	DUREZA TOTAL (DT)	DUREZA DE NO CARBONATO (DNC)	ALCALINIDAD TOTAL (AT)	CALCIO (Ca++)	MAGNESIO (Mg++)	SODIO (Na+)	POTASIO (K+)	CARBONATO (CO ₃)	BICARBONATO (HCO ₃)	SULFATO (SO ₄)	CLORURO (Cl ⁻)
	m ³ /seg.	°C		mg/l	mg/l	mg/l de Ca CO ₃			mg/l							
Río Diamante - Puente Ferroca- rril (N° Punto 15)	5,400	28,5	7,8	2640	1920	904	747	158	301,0	37,0	260,0	17,0	0,0	192,0	831,0	346,0
	-	17,5	7,8	1920	1360	675	555	120	240,0	19,0	170,0	6,9	0,0	146,0	591,0	236,0
	11,000	15,0	7,6	2190	1510	696	531	164	234,0	27,0	223,0	8,3	0,0	200,0	593,0	301,0
	1,280	12,0	7,7	3330	2403	1120	1000	114	380,0	41,0	348,0	-	0,0	140,0	1060,0	459,0
	2,230	30,0	7,4	2350	1696	924	792	132	264,0	64,0	200,0	-	0,0	161,0	751,0	309,0
	11,400	27,0	7,9	1980	1390	666	559	137	206,0	37,0	190,0	7,2	0,0	167,0	598,0	235,0
	8,440	16,5	7,7	2430	1710	800	640	160	259,0	37,0	253,0	8,3	0,0	195,0	740,0	320,0
	8,380	10,0	7,7	2790	1890	939	775	164	326,0	30,0	260,0	11,0	0,0	200,0	830,0	332,0
	2,920	34,0	7,7	2910	2150	964	826	138	317,0	42,0	320,0	13,0	0,0	168,0	948,0	395,0
	-	24,0	7,9	1760	1240	579	481	98	209,0	14,0	170,0	7,1	0,0	120,0	545,0	217,0
9,520	20,0	7,6	2630	1930	891	700	190	269,0	53,0	290,0	11,0	0,0	232,0	780,0	367,0	
Río Diamante - Puesto Araya (N° Punto 94)	0,083	8,0	7,7	3320	2419	1150	1040	112	366,0	57,0	341,0	-	0,0	136,0	1080,0	459,0
	-	29,0	7,8	2720	1963	963	866	97	308,0	47,0	265,0	-	0,0	119,0	868,0	375,0
	11,000	25,5	7,6	1830	1300	661	528	133	210,0	33,0	168,0	6,9	0,0	162,0	550,0	221,0
	7,720	16,0	7,8	2440	1660	798	654	144	254,0	40,0	250,0	8,3	0,0	176,0	692,0	330,0
	1,090	28,0	7,7	3200	2360	983	878	105	328,0	40,0	380,0	14,0	0,0	128,0	1020,0	480,0
	9,520	15,5	7,7	2590	1830	767	624	143	256,0	31,0	290,0	9,8	0,0	174,0	811,0	309,0

TABLA N° 2 (Cont.)

IDENTIFICACION DE LA FUENTE	SILICE (SiO ₂)	BORO (B)	FLUORURO (F ⁻)	NITRATO (NO ₃ ⁻)	NITRITO (NO ₂ ⁻)	AMONIO (NH ₄ ⁺)	FOSFATO (PO ₄ ⁻)	OBSERVACIONES	
	mg/l								
Río Diamante - Puente Ferroca- rril (N° Punto 15)	31,0	0,60	0,8	-	-	-	-	16-12-81	
	23,0	0,33	0,6	-	-	-	-	11-02-82	
	20,0	0,41	0,7	-	-	-	-	30-04-82	
	36,0	0,53	0,8	9,5	-	-	-	20-08-80	
	21,0	0,39	0,8	6,6	-	-	-	27-11-80	
	25,0	0,34	0,7	5,2	-	-	-	17-02-81	
	-	-	-	-	-	-	-	27-04-81	
	-	-	-	-	-	-	-	23-06-81	
	31,0	0,87	0,8	-	-	-	-	15-12-81	
	19,0	0,39	0,5	-	-	-	-	11-02-82	
	41,0	0,61	0,7	-	-	-	-	30-04-82	
	Río Diamante - Puesto Araya (N° Punto 94)	40,0	0,38	0,6	9,0	-	-	-	20-08-80
		34,0	0,48	0,7	6,9	-	-	-	27-11-80
21,0		0,18	0,6	4,9	-	-	-	16-02-81	
-		-	-	-	-	-	-	27-04-81	
32,0		0,51	0,6	-	-	-	-	17-12-81	
37,0		0,36	0,7	-	-	-	-	01-05-82	
-		-	-	-	-	-	-	-	

CRAS

Area Hidroquímica

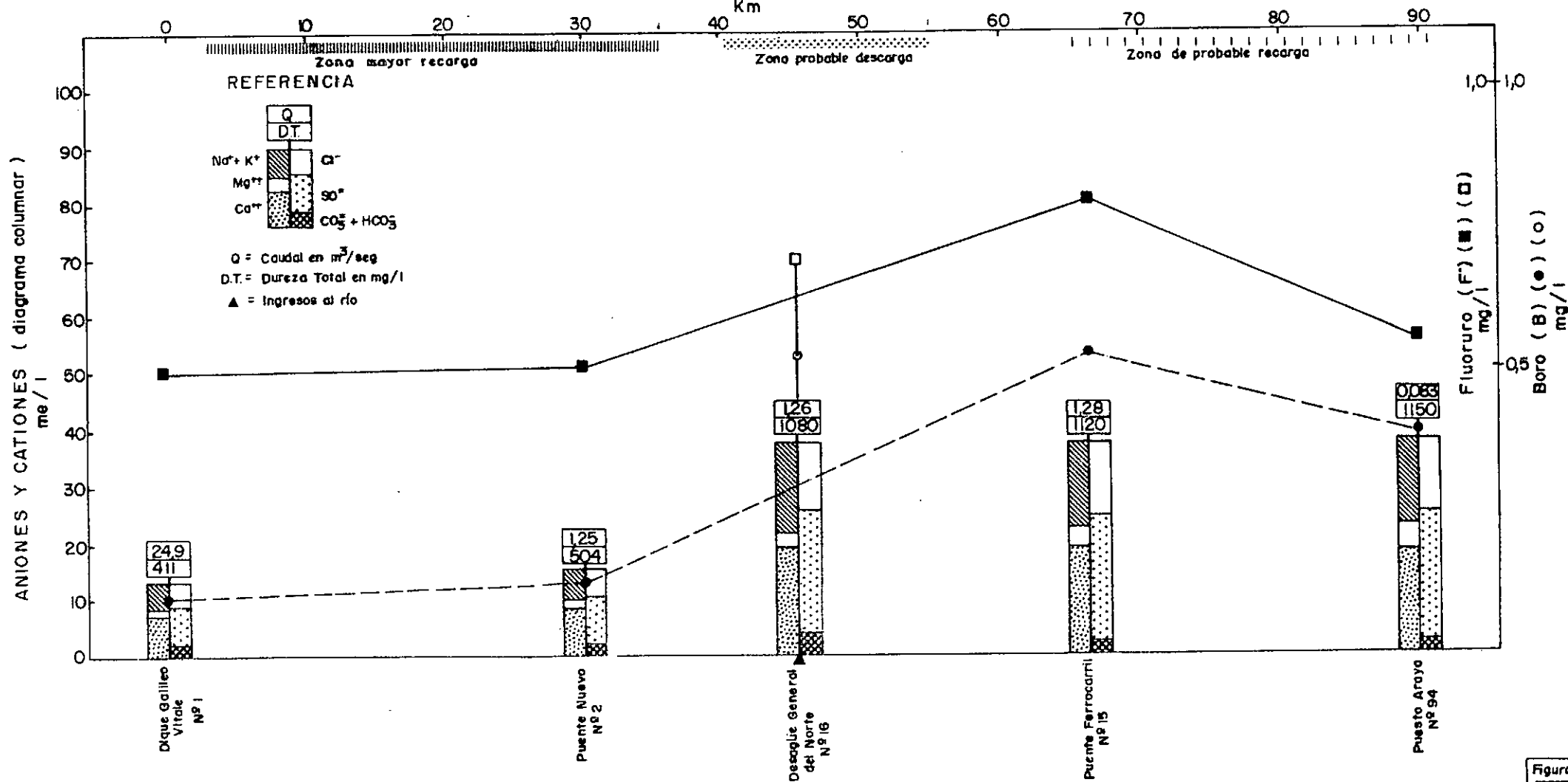
CENTRO REGIONAL DE AGUA SUBTERRANEA
San Juan, República Argentina

VARIACION DE LA COMPOSICION QUIMICA ABSOLUTA A LO LARGO DEL RIO DIAMANTE A PARTIR DEL DIQUE GALILEO VITALE

Período de muestreo : 19/8 al 22/8/1980

DISTANCIA RELATIVA

Km



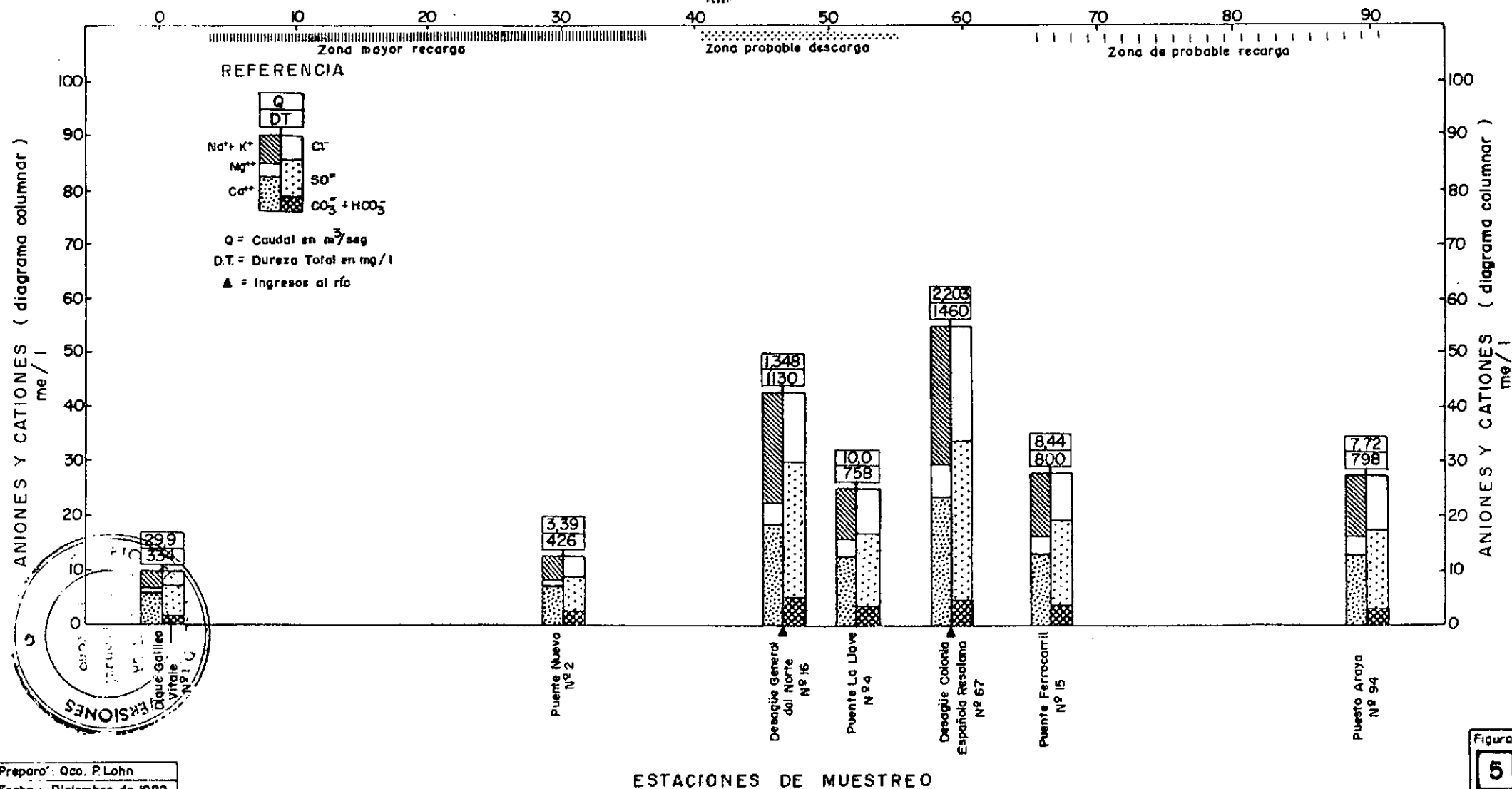
ESTACIONES DE MUESTREO

Preparó: Gco. P.Lahn, Gco. A.Herrera
Fecha: Diciembre de 1982

Figura
4

VARIACION DE LA COMPOSICION QUIMICA ABSOLUTA A LO LARGO DEL
RIO DIAMANTE A PARTIR DEL DIQUE GALILEO VITALE

Período de muestreo : 24/4 al 27/4/1981

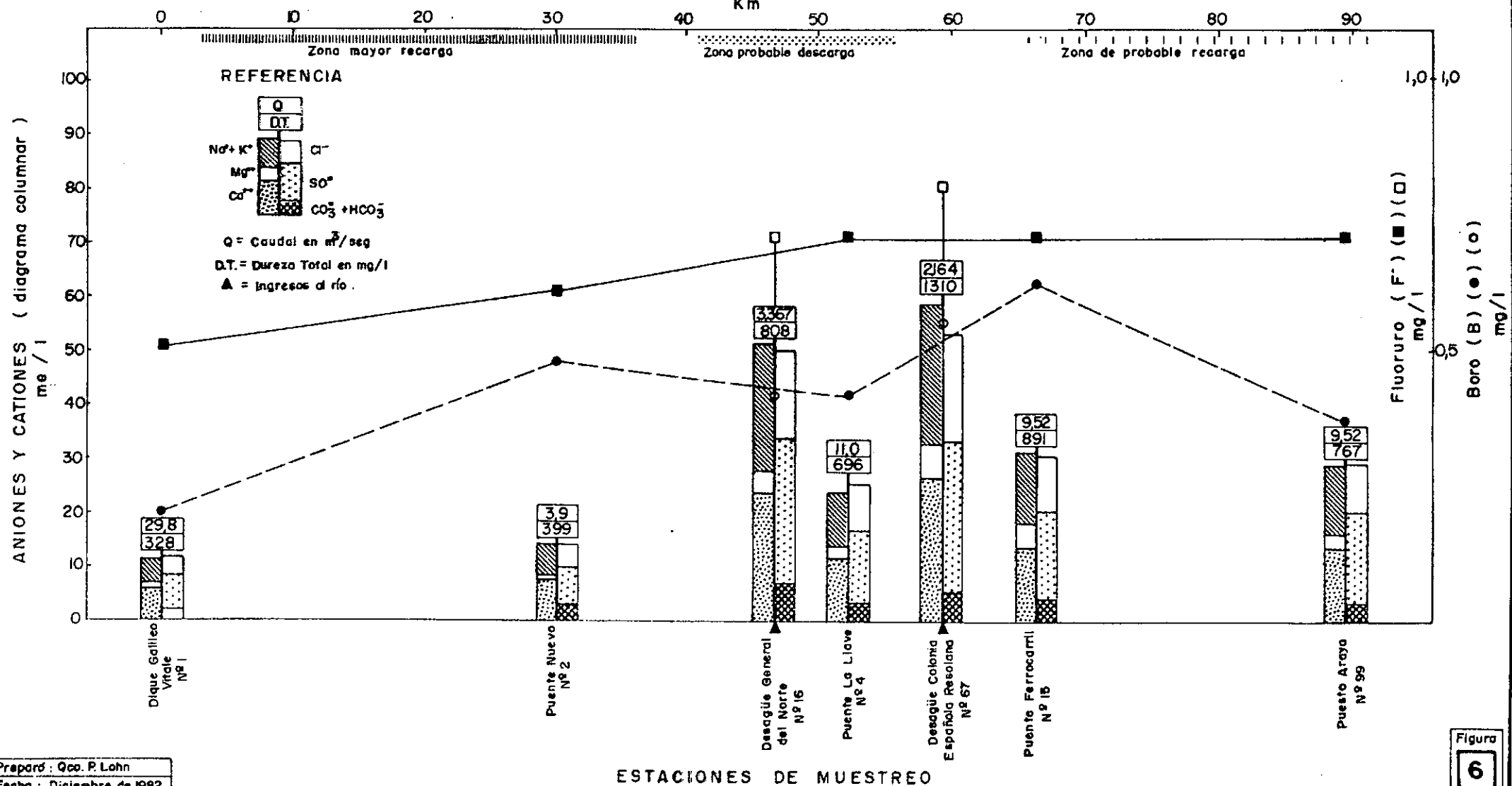
DISTANCIA RELATIVA
KmPreparó: Qco. P. Lohn
Fecha: Diciembre de 1982

VARIACION DE LA COMPOSICION QUIMICA ABSOLUTA A LO LARGO DEL RIO DIAMANTE A PARTIR DEL DIQUE GALILEO VITALE

Período de muestreo : 28/4 al 1/5 / 1982

DISTANCIA RELATIVA

Km



Preparó : Geo. P. Lohn
Fecha : Diciembre de 1982

CRAS

Area Hidroquímica
Dpto. Laboratorio Químico

TABLA N° 3

CENTRO REGIONAL DE AGUA SUBTERRANEA
San Juan - Republica Argentina

Valores máximos y mínimos de propiedades físico-químicas y de algunos elementos disueltos en el agua de desagues de la cuenca de San Rafael

IDENTIFICACION DE LA FUENTE	CAUDAL (Q)	TEMPERATURA AGUA	PH	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (CE)	SOLIDOS DISUELTOS CALCULADOS (SDC)	DUREZA TOTAL (DT)	DUREZA DE NO CARBONATO (DNC)	ALCALINIDAD TOTAL (AT)	CALCIO (Ca ⁺⁺)	MAGNESIO (Mg ⁺⁺)	SODIO (Na ⁺)	POTASIO (K ⁺)	CARBONATO (CO ₃ ²⁻)	BICARBONATO (HCO ₃ ⁻)	SULFATO (SO ₄ ²⁻)	CLORURO (Cl ⁻)	
	m ³ /seg.	°C		µmhos/cm ² /C°	mg/l	mg/l de Ca CO ₃			mg/l								
Desague General del Norte (N° Punto 16)						DESAGUES QUE DESCARGAN AL RIO DIAMANTE											
	máximo	4,769	26,0	8,2	3820	2930	1250	1060	218	429,0	74,0	498,0	18,0	0,0	266,0	1320,0	559,0
	mínimo	0,214	11,0	7,4	1610	1020	436	325	82	152,0	5,5	168,0	5,7	0,0	101,0	335,0	254,0
Desague Colonia Española Resolana (N° Punto 67)																	
	máximo	2,203	32,0	8,0	5350	4090	1710	1560	236	537,0	101,0	723,0	21,0	0,0	287,0	1740,0	893,0
	mínimo	0,173	7,0	7,5	4320	2880	1180	990	143	413,0	18,0	480,0	17,0	0,0	174,0	1120,0	644,0
Desague Monte Comán N° Punto 73)						DESAGUES QUE NO DESCARGAN AL RIO DIAMANTE											
	máximo	0,080	18,0	7,8	5040	3750	1760	1540	220	612,0	70,0	550,0	19,0	0,0	268,0	1650,0	730,0
	mínimo	0,047	7,0	7,7	4660	3310	1490	1360	135	483,0	56,0	504,0	-	0,0	165,0	1540,0	601,0
Desague Rama Centro - Pte. Nieto (N° Punto 95)																	
	máximo	0,746	28,0	8,0	5010	3940	1780	1620	188	588,0	79,0	789,0	22,0	0,0	229,0	1740,0	789,0
	mínimo	0,142	14,0	7,8	3720	2970	752	603	138	239,0	38,0	405,0	14,0	0,0	169,0	1340,0	520,0

IDENTIFICACION DE LA FUENTE	SILICE (SiO ₂)	BORO (B)	FLUORURO (F ⁻)	NITRATO (NO ₃)	NITRITO (NO ₂)	AMONIO (NH ₄)	FOSFATO (PO ₄)	OBSERVACIONES
	mg/l							
Desague General del Norte (N° Punto 16)								DESAGUES QUE DESCARGAN AL RIO DIAMANTE
	máximo	43,0	0,88	1,2	17,0	-	-	Periodo de muestreo: 05/11/74 al
	mínimo	23,0	0,10	0,5	0,0	-	-	al 28-04-82
Desague Colonia Española Resolana (N° Punto 67)								
	máximo	47,0	1,20	1,6	12,0	-	-	Periodo de muestreo: 27/09/76
	mínimo	4,9	0,54	0,7	0,0	-	-	al 28/04/82
Desague Monte Comán (N° Punto 73)								DESAGUES QUE NO DESCARGAN AL RIO DIAMANTE
	máximo	32,0	0,68	0,9	-	-	-	Periodo de muestreo: 20/11/79
	mínimo	-	-	-	0,0	-	-	al 25/06/81
Desague Rama Centro - Pto. Nieto (N° Punto 95)								
	máximo	38,0	2,30	3,6	11,0	-	-	Periodo de muestreo: 24/09/80
	mínimo	17,0	0,63	1,1	6,9	-	-	al 10/02/82

Nuevo. Los muestreos realizados están comprendidos en el período desde el 5 de noviembre de 1974 hasta el 28 de abril de 1982.

La concentración salina expresada en términos de su conductividad eléctrica, varía entre 1610 y 3820 micromho/cm. El máximo caudal instantáneo aforado fue de 4,8 m³/seg en junio de 1980 (conductividad eléctrica de 2839 micromho/cm).

En estas aguas predominan los iones sulfato (máximo de 1320 mg/l), calcio (máximo de 429 mg/l) y sodio (máximo de 498 mg/l).

En las Figuras 4, 5 y 6 se ha incluido la representación de la composición absoluta de los iones principales para diferentes períodos de muestreo.

3.1.3.2. Desague Colonia Española-Resolana

Este desague vierte sus aguas al lecho del río Diamante a una distancia de 14 km aguas abajo del puente La Llave.

Se trata de aguas con elevada salinidad y su contenido salino, expresado en términos de conductividad eléctrica, arroja un valor máximo de 5350 micromho/cm para un caudal de muestreo de 0,17 m³/seg, con un mínimo de 4320 micromho/cm para un caudal de 0,24 m³/seg (Tabla 3).

Los caudales que aporta éste cauce al río Diamante son menores que los del Desague General del Norte, aunque su influencia mineralizante puede llegar a ser más significativa.

En todas las muestras analizadas los iones predominantes son el sulfato (máximo de 1740 mg/l), el sodio (máximo de 723 mg/l) y el calcio (máximo de 537 mg/l).

En las Figuras 3, 4, 5 y 6 se puede observar gráficamente su composición variable con el tiempo de muestreo, y el efecto que produce para éstas fechas sobre el río Diamante.

3.1.4. Desagues que no descargan al río Diamante

De los diferentes desagues que no descargan sus aguas al río Diamante, sólo se han muestreado los desagues Monte Comán (punto de muestreo N° 73) y Rama Centro-Puesto Nieto (N° 95) (Lámina N° 1).

3.1.4.1. Desague Monte Comán

El desague descarga en el área inculta ubicada al sur de la localidad de Monte Comán. De acuerdo a los datos existentes (Tabla 3) las aguas son de elevada salinidad, con un mínimo determinado de 4460 micromho/cm (sólidos disueltos 3310 mg/l). Los iones predominantes son los sulfatos y cloruros, el calcio y el sodio. Los tenores de boro y nitratos son bajos.

Los caudales medidos durante la extracción de las muestras fueron de 0,08 m³/seg (noviembre de 1979) y 0,05 m³/seg (junio de 1981).

3.1.4.2. Desague Rama Centro-Puesto Nieto

El desague deriva sus aguas al área inculta ubicada al sureste de la Colonia R. Iselín. En la Tabla 3, se han incluido los datos correspondientes a valores máximos y mínimos determinados para algunas propiedades físico-químicas y elementos disueltos en las aguas analizadas. La salinidad de estos desagües, para los muestreos realizados, alcanza un máximo de 5010 micromho/cm (28/11/80) y un mínimo de 3720 micromho/cm (10/02/82).

Los caudales de muestreo variaron entre 0,14 m³/seg (24/09/80) y 0,75 m³/seg (15/12/81).

En estas aguas predominan los iones sulfato, cloruro, sodio y calcio.

3.1.5. Río Atuel. Generalidades

El río Atuel en su recorrido margina por el sur a la zona de estudio entre las localidades de Villa Atuel y Real del Padre.

Este río, de acuerdo a los estudios hidrológicos realizados, no parece tener una acción hidroquímica directa sobre la cuenca de agua subterránea en estudio. No obstante, esta influencia podría ejercerse a través de la red de canales que distribuye sus aguas en su margen izquierda.

El muestreo planificado para conocer sus características químicas abarcó siete estaciones: egreso del Dique Valle Grande (punto N° 20), puente El Escorial (N° 21), puente Las Malvinas (N° 22), puente La Guevarina (N° 23), puente paso ferrocarril (N° 24), puente Los Tableros (N° 25) y

el puente de la ruta provincial 202 (N° 27) (Lámina N° 1).

En la Tabla 4 se incluyen los datos analíticos para los diferentes puntos de muestreo en distintas fechas de extracción. Se observa que para cada punto existen, en el tiempo, importantes variaciones tanto en la composición química como en la salinidad, aunque en general la variabilidad es menor que la observada en el caso del río Diamante.

3.1.6. Río Atuel. Egreso del Dique Valle Grande

La composición química del agua del Atuel en este punto es variable, tal como puede observarse en el diagrama de Lohn-Joukl (Figura N° 7). Además del mencionado dique Valle Grande, el agua del Atuel es embalsada aguas arriba de este punto, en el complejo El Nihuil. Al igual que en el caso del río Diamante, los embalses actúan como un sistema químicamente modificador, razón por la cual tampoco se cumple para el río Atuel, en el punto de muestreo, la relación caudal-salinidad (campo rectangular superior, Figura N° 7). Las variaciones de la composición iónica relativa son menos pronunciadas en el campo de los aniones (triángulo superior) que en el de los cationes (triángulo lateral, Figura N° 7).

La variabilidad del contenido relativo de los iones sulfato, cloruro y bicarbonato es de 7,86 %me, 7,80 %me y 3,97 %me respectivamente. En el campo de los cationes las variaciones máximas corresponden a los iones calcio, 9,96 %me y sodio más potasio, 11,13 %me. El magnesio varía sólo en 6,93 %me. Estas variaciones son substancialmente menores a las que se han determinado para el río Diamante en Galileo Vitale. Esto demostraría una mayor uniformidad química del sistema del río Atuel.

La salinidad en cambio varía entre un mínimo de 1080 y un máximo de 1910 micromho/cm, lo que representa una variación del 76,9 % para el período muestreado (6 de noviembre de 1975 a 22 de diciembre de 1981).

En la Tabla 1 pueden consultarse las variaciones registradas para otros parámetros analizados, considerando concentraciones absolutas.

3.1.7. Variaciones del Río Atuel a lo largo de su curso a partir del Dique Valle Grande

En las Figuras 8, 9 y 10 se pueden observar, para muestreos de los años 1980, 1981 y 1982, las variaciones que sufre la composición quí

Composición química del Río Atuel aguas abajo del Dique Valle Grande - Variación a lo largo de su recorrido para diferentes períodos de muestreo

IDENTIFICACION DE LA FUENTE	CAUDAL (Q)	TEMPERATURA DEL AGUA	PH	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (CE)	SOLIDOS DISUELTOS CALCULADOS (SDC)	DUREZA TOTAL (DT)	DUREZA DE NO CARBONATO (DNC)	ALCALINIDAD TOTAL (AT)	CALCIO (Ca ⁺⁺)	MAGNESIO (Mg ⁺⁺)	SODIO (Na ⁺)	POTASIO (K ⁺)	CARBONATO (CO ₃ ²⁻)	BICARBONATO (HCO ₃ ⁻)	SULFATO (SO ₄ ²⁻)	CLORURO (Cl ⁻)
	m3/seg.	°C		µmhos/cm ²	mg/l	mg/l de Ca CO ₃			mg/l							
Río Atuel - Embalse Valle Grande (N° Punto 20)	-	12,0	7,4	1570	1046	555	482	73	194,0	17,0	124,0	-	0,0	89,0	472,0	181,0
	30,000	14,5	7,4	1170	769	431	361	70	160,0	8,0	74,0	4,2	0,0	85,0	367,0	114,0
	0,500	11,0	7,6	1260	825	447	395	52	158,0	13,0	91,0	5,7	0,0	64,0	405,0	121,0
	22,800	9,5	7,2	1230	790	450	400	50	165,0	9,3	77,0	4,9	0,0	61,0	394,0	110,0
	45,000	17,0	7,7	1460	995	502	425	76	186,0	9,2	122,0	7,3	0,0	93,0	450,0	171,0
Río Atuel - Puente El Escorial (N° Punto 21)	-	16,0	7,7	1620	1128	658	587	71	213,0	31,0	109,0	-	0,0	87,0	509,0	205,0
	-	19,0	7,6	1120	774	428	373	55	167,0	2,6	74,0	5,2	0,0	66,0	383,0	104,0
Río Atuel - Puente Las Malvinas (N° Punto 22)	-	19,0	7,5	1230	1050	471	403	67	178,0	6,4	90,0	5,5	0,0	82,0	418,0	115,0
Río Atuel - Puente La Guevarina (N° Punto 23)	39,900	20,0	7,9	1760	1188	766	678	88	221,0	52,0	85,0	-	0,0	107,0	145,0	206,0
	27,700	9,0	7,4	1410	957	536	458	79	193,0	13,0	96,0	6,5	0,0	96,0	468,0	133,0
	16,000	17,0	7,5	1580	1070	567	489	78	211,0	10,0	125,0	7,4	0,0	96,0	489,0	179,0
	-	17,0	7,6	1320	936	509	432	77	186,0	11,0	96,0	6,3	0,0	94,0	453,0	128,0
Río Atuel - Puente Ferrocarril (N° Punto 24)	32,300	12,0	7,3	1510	1038	559	483	77	209,0	8,8	115,0	-	0,0	93,0	493,0	152,0
	7,082	10,0	7,6	2810	2057	1030	864	170	357,0	34,0	268,0	-	0,0	208,0	929,0	332,0
Río Atuel - Puente Los Table-ros (N° Punto 25)	30,8	20,5	8,0	2030	1417	835	734	101	268,0	40,0	134,0	-	0,0	123,0	613,0	270,0
	14,4	16,5	7,6	1990	1430	758	645	113	248,0	34,0	170,0	8,8	0,0	138,0	655,0	245,0
	12,1	9,0	7,7	2870	2100	1140	967	169	368,0	52,0	250,0	11,0	0,0	206,0	914,0	400,0
	31,2	10,0	7,6	1860	1260	656	559	98	239,0	15,0	150,0	8,0	0,0	119,0	597,0	194,0
	23,9	19,0	7,8	1800	1240	629	533	96	223,0	18,0	146,0	9,1	0,0	117,0	552,0	217,0
	-	18,0	7,6	1540	1090	587	503	83	220,0	9,2	120,0	7,4	0,0	102,0	509,0	164,0

TABLA N° 4 (Cont.)

IDENTIFICACION DE LA FUENTE	CAUDAL (Q)	TEMPERATURA (T) AGUA	pH	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (CE)	SOLIDOS DISUELTOS CALCULADOS (SDC)	DUREZA TOTAL (DT)	DUREZA DE NO CARBONATO (DNC)	ALCALINIDAD TOTAL (AT)	CALCIO (Ca ⁺⁺)	MAGNESIO (Mg ⁺⁺)	SODIO (Na ⁺)	POTASIO (K ⁺)	CARBONATO (CO ₃ ²⁻)	BICARBONATO (HCO ₃ ⁻)	SULFATO (SO ₄ ²⁻)	CLORURO (Cl ⁻)
	m ³ /seg.	°C		µmhos/cm ² a 25°C	mg/l	mg/l de CaCO ₃			mg/l							
Río Atuel - Puente Ruta Provin- cial 202 (N° Punto 27)	-	21,5	7,9	2170	1511	904	796	109	264,0	59,0	145,0	-	0,0	133,0	679,0	280,0
	30,3	9,0	7,7	1960	1400	743	631	112	263,0	21,0	165,0	8,8	0,0	136,0	655,0	224,0
	-	22,0	7,7	1970	1410	738	644	94	250,0	27,0	175,0	10,0	0,0	114,0	641,0	244,0

TABLA N° 4 (Cont.)

IDENTIFICACION DE LA FUENTE	SILICE (SiO ₂)	BORO (B)	FLUORURO (F ⁻)	NITRATO (NO ₃)	NITRITO (NO ₂)	AMONIO (NH ₄)	FOSFATO (PO ₄)	OBSERVACIONES
	mg/l							
Río Atuel - Embalse Valle Grande (N° Punto 20)								Fecha de Muestreo
	9,4	0,17	0,8	3,5	-	-	-	04-11-80
	-	-	-	-	-	-	-	04-05-81
	-	-	-	-	-	-	-	08-06-81
	-	-	-	-	-	-	-	26-06-81
Río Atuel - Puente El Escorial (N° Punto 21)	3,3	-	0,6	-	-	-	-	22-12-81
	12,0	0,44	0,4	5,3	-	-	-	11-80
	5,2	0,15	0,4	-	-	-	-	15-02-82
	6,8	0,20	0,4	-	-	-	-	15-02-82
	20,0	0,37	0,5	4,9	-	-	-	11-80
Río Atuel - Puente Las Malvinas (N° Punto 22)	-	-	-	-	-	-	-	30-06-81
	4,3	0,20	0,7	-	-	-	-	23-12-81
	8,0	0,40	0,5	-	-	-	-	16-02-82
	11,0	0,20	0,6	2,6	-	-	-	23-05-80
	27,0	0,17	0,7	7,1	-	-	-	18-06-80
Río Atuel - Puente La Guevarina (N° Punto 23)	26,0	0,48	0,5	4,6	-	-	-	11-80
	-	-	-	-	-	-	-	04-05-81
	-	-	-	-	-	-	-	02-06-81
	-	-	-	-	-	-	-	30-06-81
	12,0	0,57	0,6	-	-	-	-	23-12-81
Río Atuel - Puente Ferrocarril (N° Punto 24)	10,0	0,33	0,5	-	-	-	-	16-02-82
	26,0	0,48	0,5	4,6	-	-	-	11-80
	-	-	-	-	-	-	-	04-05-81
	-	-	-	-	-	-	-	02-06-81
	-	-	-	-	-	-	-	30-06-81
Río Atuel - Puente Los Tableros (N° Punto 25)	12,0	0,57	0,6	-	-	-	-	23-12-81
	10,0	0,33	0,5	-	-	-	-	16-02-82

TABLA N° 4 (Cont.)

IDENTIFICACION DE LA FUENTE	SILICE (SiO ₂)	BORO (B)	FLUORURO (F ⁻)	NITRATO (NO ₃)	NITRITO (NO ₂)	AMONIO (NH ₄)	FOSFATO (PO ₄)	OBSERVACIONES
	mg/l							
Río Atuel - Puente Ruta Provin- cial 202 (N° Punto 27)	12,0	0,8	0,5	5,2	-	-	-	11-80
	-	-	-	-	-	-	-	01-07-81
	8,4	0,52	0,8	-	-	-	-	24-12-81

DIAGRAMA DE LOHN, P y JOUKL, M. (1969)

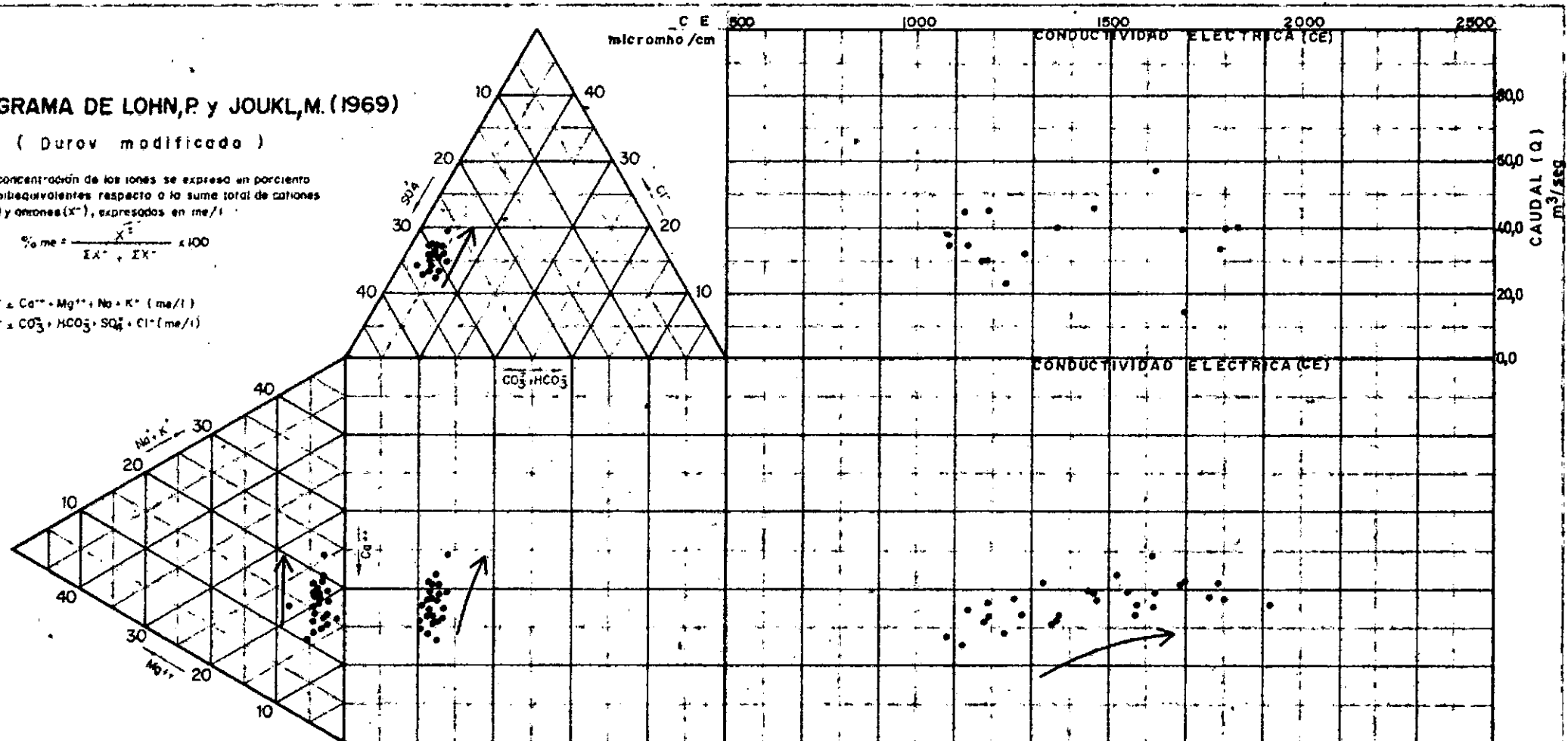
(Durov modificado)

La concentración de los iones se expresa en porcentaje de miliequivalentes respecto a la suma total de cationes (X⁺) y aniones (X⁻), expresados en me/l.

$$\% \text{ me} = \frac{X^+}{\Sigma X^+ + \Sigma X^-} \times 100$$

$\Sigma X^+ = \text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} + \text{Na} + \text{K}^+ \text{ (me/l)}$

$\Sigma X^- = \text{CO}_3^{--} + \text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{--} + \text{Cl}^- \text{ (me/l)}$

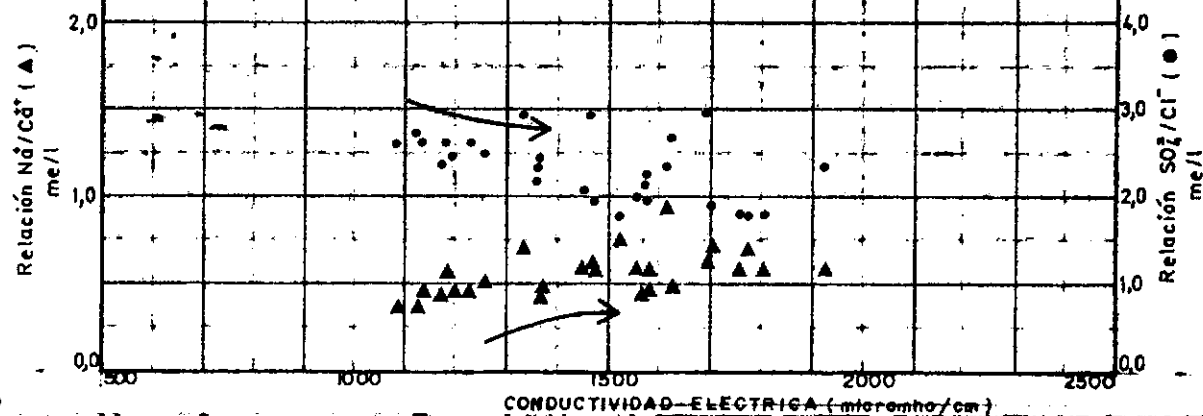


REFERENCIAS

Período de muestreo:
6-11-75 al 22-12-1982

→ Dirección de los cambios iónicos
según el aumento de salinidad

CENTRO REGIONAL DE AGUA SUBTERRANEA			
Provincia: MENDOZA		Area: SAN RAFAEL - CFI	
CARACTERISTICAS QUIMICAS DEL RIO ATUEL - EGRESO DEL DIQUE VALLE GRANDE			
Elaboro: Ing. C. Ferrer - Geo. P. Lohn		REVISION	
Unidad: Area Hidraulica		FIGURA	
Fecha: 12-1982		7	

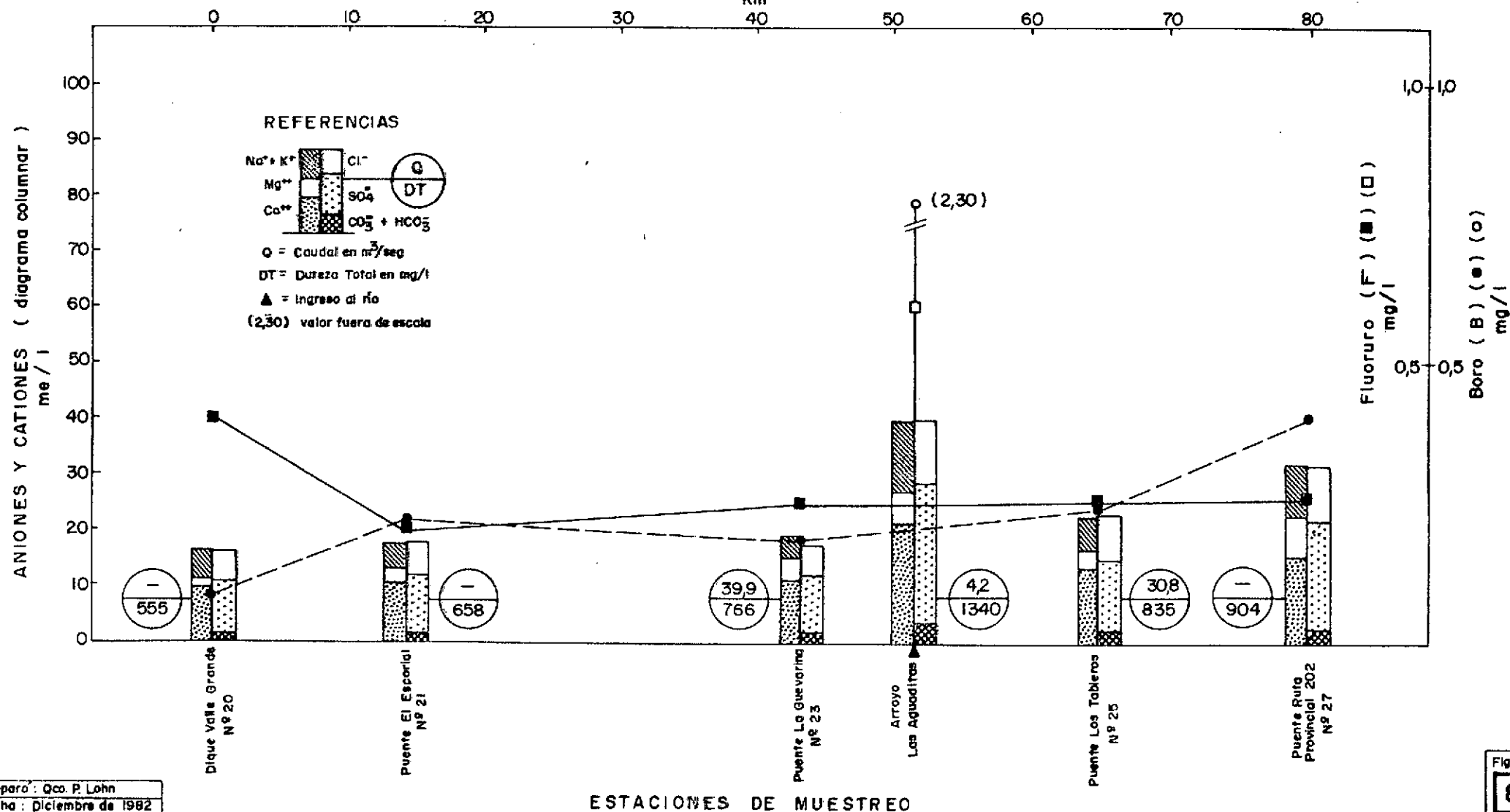


VARIACION DE LA COMPOSICION QUIMICA ABSOLUTA A LO LARGO DEL RIO ATUEL A PARTIR DEL DIQUE VALLE GRANDE

Período de muestreo : noviembre de 1980

DISTANCIA RELATIVA

Km



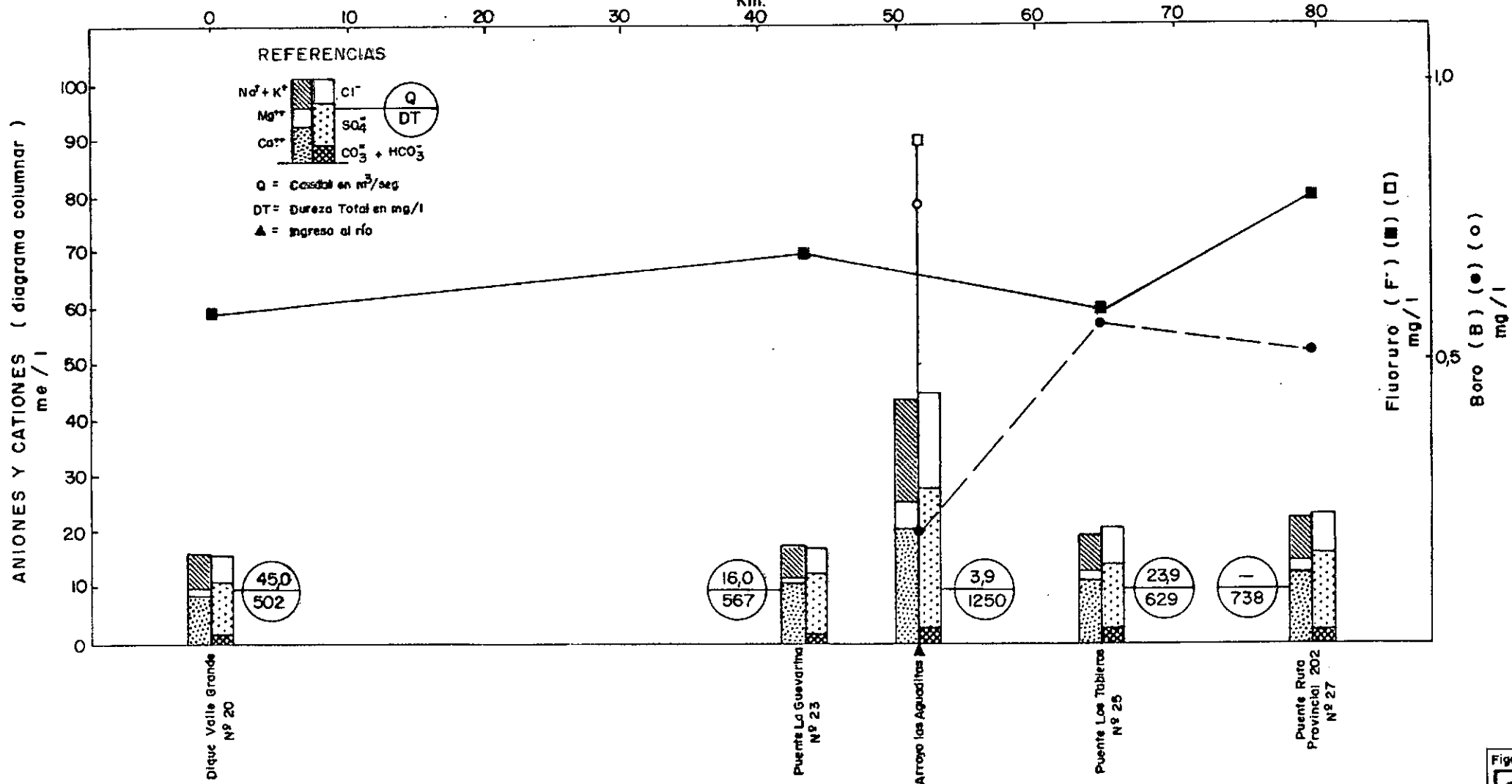
Preparó: Oco. P. Lohn
Fecha: Diciembre de 1982

VARIACION DE LA COMPOSICION QUIMICA ABSOLUTA A LO LARGO DEL
RIO ATUEL A PARTIR DEL DIQUE VALLE GRANDE

Período de muestreo : 22 al 24 / 12 / 1981

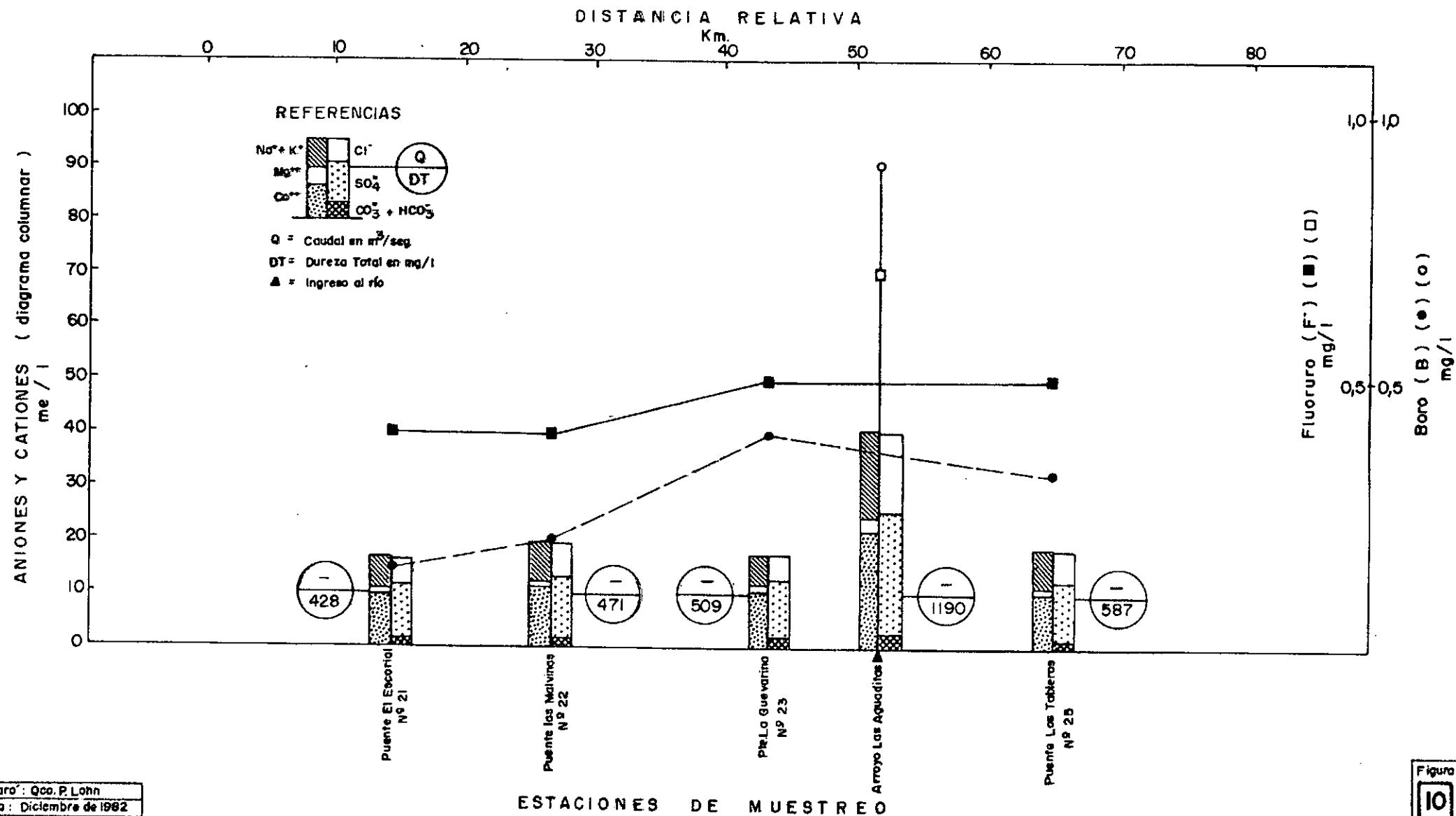
DISTANCIA RELATIVA

Km.

Preparó: Qco. P. Lohn
Fecha: Diciembre de 1982

VARIACION DE LA COMPOSICION QUIMICA ABSOLUTA A LO LARGO DEL RIO ATUEL A PARTIR DEL PUENTE EL ESCORIAL

Período de muestreo : 15 al 16 / 2 / 1982



mica de las aguas del río Atuel derivadas a su lecho, aguas abajo del dique Valle Grande.

Se ha representado la composición absoluta mediante diagramas columnares, los que muestran los cambios sufridos. Se ha incluido, a los efectos de mostrar su acción mineralizante, la composición química del arroyo Las Aguaditas, a su ingreso al río entre los puentes La Guevarina y Los Tableros.

El arroyo Las Aguaditas actúa como desagüe natural de buena parte de la zona irrigada por la red de riego Diamante-Atuel.

De las observaciones de estos gráficos se concluye que el grado de salinización del río, hasta llegar a la estación de muestreo Puente Ruta Provincial N° 202 (punto de muestreo N° 27), no es pronunciada, / llegando para el año 1980 al 38% y al 35% en 1981. Para el muestreo de / 1982 sólo se poseen datos del incremento producido entre las estaciones El Escorial (N° 21) y puente Los Tableros (N° 25), el que es del orden del 38%

De la comparación de estos gráficos con los equivalentes para el río Diamante (Figuras 4, 5 y 6), se deduce el comportamiento salinizante diferencial que ocurre durante el movimiento del agua en ambos ríos, aguas abajo de los diques Galileo Vitale y Valle Grande respectivamente (observable por las diferencias en las alturas de los diagramas columnares).

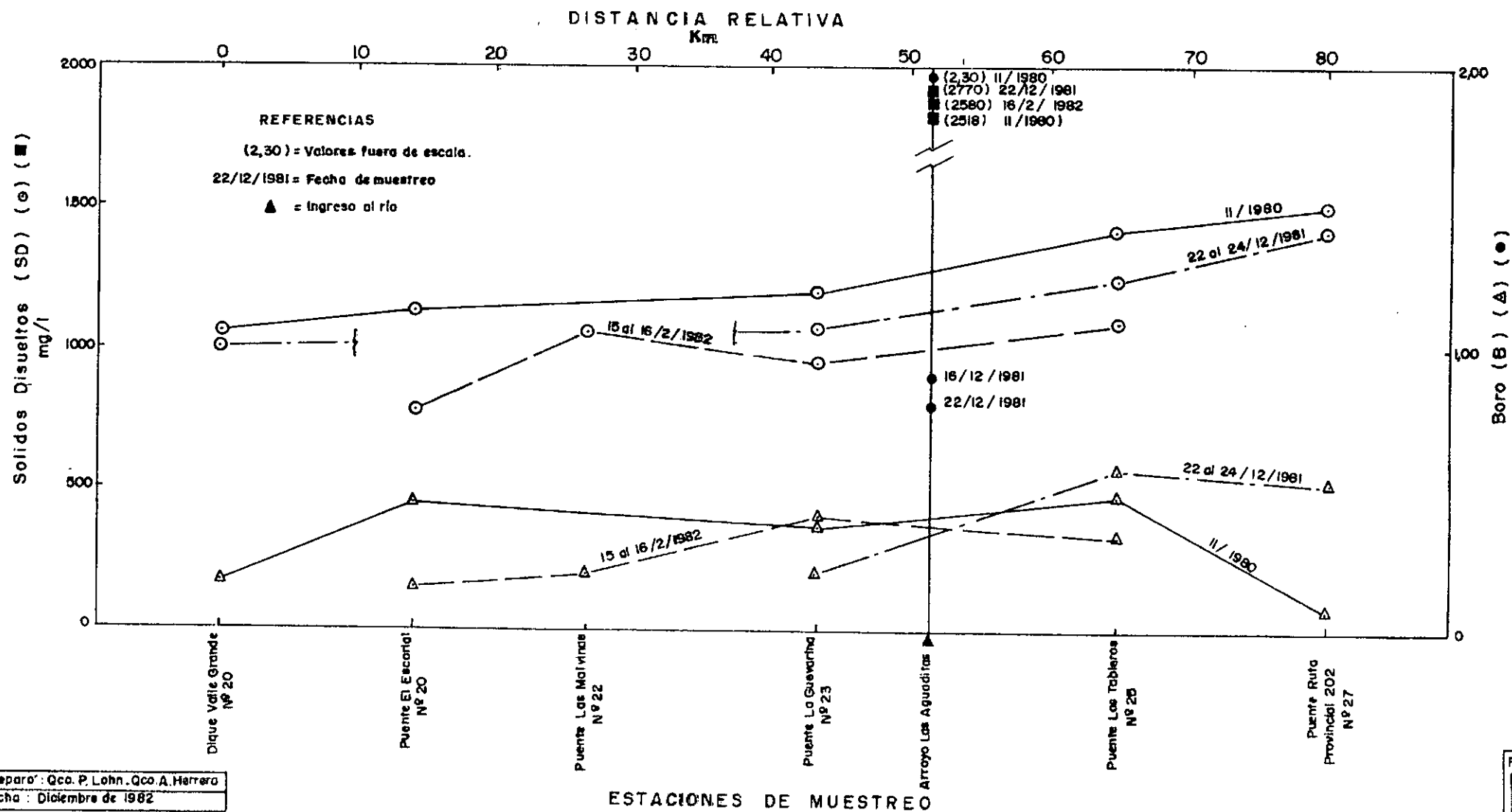
Las aguas del río Atuel aumentan su contenido de calcio y magnesio según su escurrimiento y por consiguiente se produce un incremento de la dureza total, la que aumenta para el muestreo de 1980, en el 63%, para 1981 en el 47% y 1982 (en el tramo antes definido) en el 37%.

Si se consideran los muestreos antes mencionados y los incrementos porcentuales indicados, se observa que en la salinidad las variaciones son prácticamente constantes (38% para 1980, 35% para 1981 y 38% para 1982), en cambio para la dureza los incrementos disminuyen desde 1980 (63%) a 1982 (37%).

En la Figura 11 se han trazado los perfiles de variación para la salinidad (sólidos disueltos) y el contenido de boro, desde la estación de muestreo Dique Valle Grande, a la denominada Puente sobre Ruta Provincial N° 202. Las variaciones que se muestran corresponden a los peño-

VARIACION DE LA SALINIDAD (SOLIDOS DISUELTOS) Y DEL CONTENIDO DE BORO DEL RIO ATUEL A LO LARGO DE SU RECORRIDO A PARTIR DEL DIQUE VALLE GRANDE.

Período de muestreo 11/1980 al 16/2/1982



Preparó: Gco. P. Lohn, Gco. A. Herrera

Fecha: Diciembre de 1982

dos de muestreo noviembre de 1980, diciembre de 1981 y febrero de 1982.

Al igual que para el río Diamante, se observan las variaciones producidas en el tiempo. Se ve claramente la disminución producida de 1980 a 1982 (considerando los períodos analizados). Este comportamiento no se observa en la variación del contenido de boro.

En estas aguas predominan los iones sulfato, cloruro, calcio y sodio.

3.1.8. Canales derivados del Río Atuel

Se han muestreado diferentes canales que distribuyen agua del río Atuel para irrigación de las propiedades agrícolas bajo su dominio.

El canal Rama Centro forma parte de la principal red de riego. Sus características químicas, en la estación de muestreo N° 6, antes de su unión con el desagüe Goudge (punto de muestreo N° 8), son similares a las del río Atuel; con una salinidad algo superior a la determinada en Valle Grande. La conductividad eléctrica determinada varía entre 1400 y 2230 micromho/cm, para el período 22 de septiembre de 1979 al 29 de abril de 1982.

Después de su unión con el desagüe Goudge, en el punto de muestreo N° 15, las aguas del canal se salinizan llegando a valores comprendidos entre 2170 y 2770 micromho/cm, determinándose un leve cambio en el contenido relativo de los cationes, debido a un incremento en la concentración de sodio + potasio.

En el diagrama de la Figura 12, se han graficado los datos químicos de otros canales muestreados: el Babacci (punto de muestreo N° 77), Izuel (N° 78), Perrone (N° 80) y Rama Norte (N° 5).

Se observa que las características químicas de las aguas de estos canales son similares entre sí, no acusando grandes variaciones, tanto en la composición iónica relativa (campos triangulares, Figura 12), como en su salinidad total (campo rectangular central, Figura 12). En cuanto a la relación del contenido de los cationes y aniones principales, los cambios no son significativos. La relación Na / Ca varía entre 0,43 y 0,77, mientras que la de SO_4 / Cl varía entre 1,76 y 2,34 (campo rectangular inferior, Figura 12), expresadas las concentraciones en me/l.

DIAGRAMA DE LOHN, P y JOUKL, M. (1969)

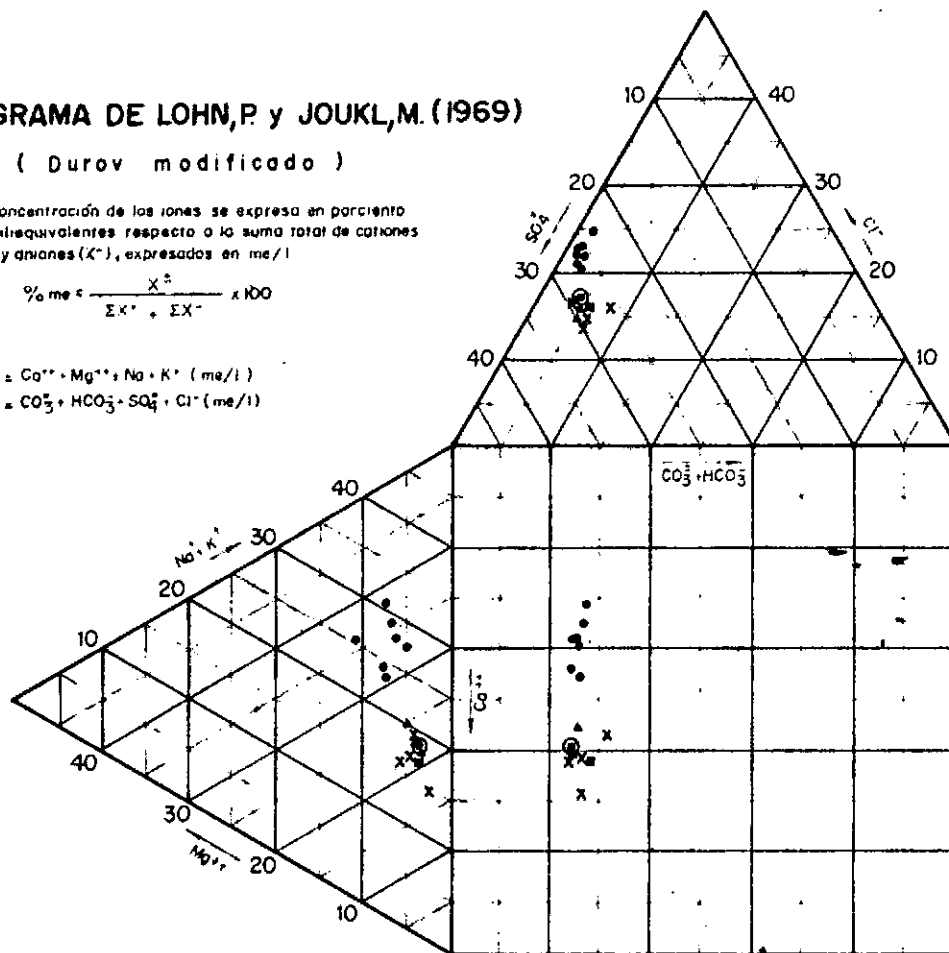
(Durov modificado)

La concentración de los iones se expresa en porcentaje de miliequivalentes respecto a la suma total de cationes (X⁺) y aniones (X⁻), expresados en me/l

$$\% me = \frac{X^+}{\Sigma X^+ + \Sigma X^-} \times 100$$

$\Sigma X^+ = Ca^{++} + Mg^{++} + Na + K^+ \text{ (me/l)}$

$\Sigma X^- = CO_3^{--} + HCO_3^- + SO_4^{--} + Cl^- \text{ (me/l)}$

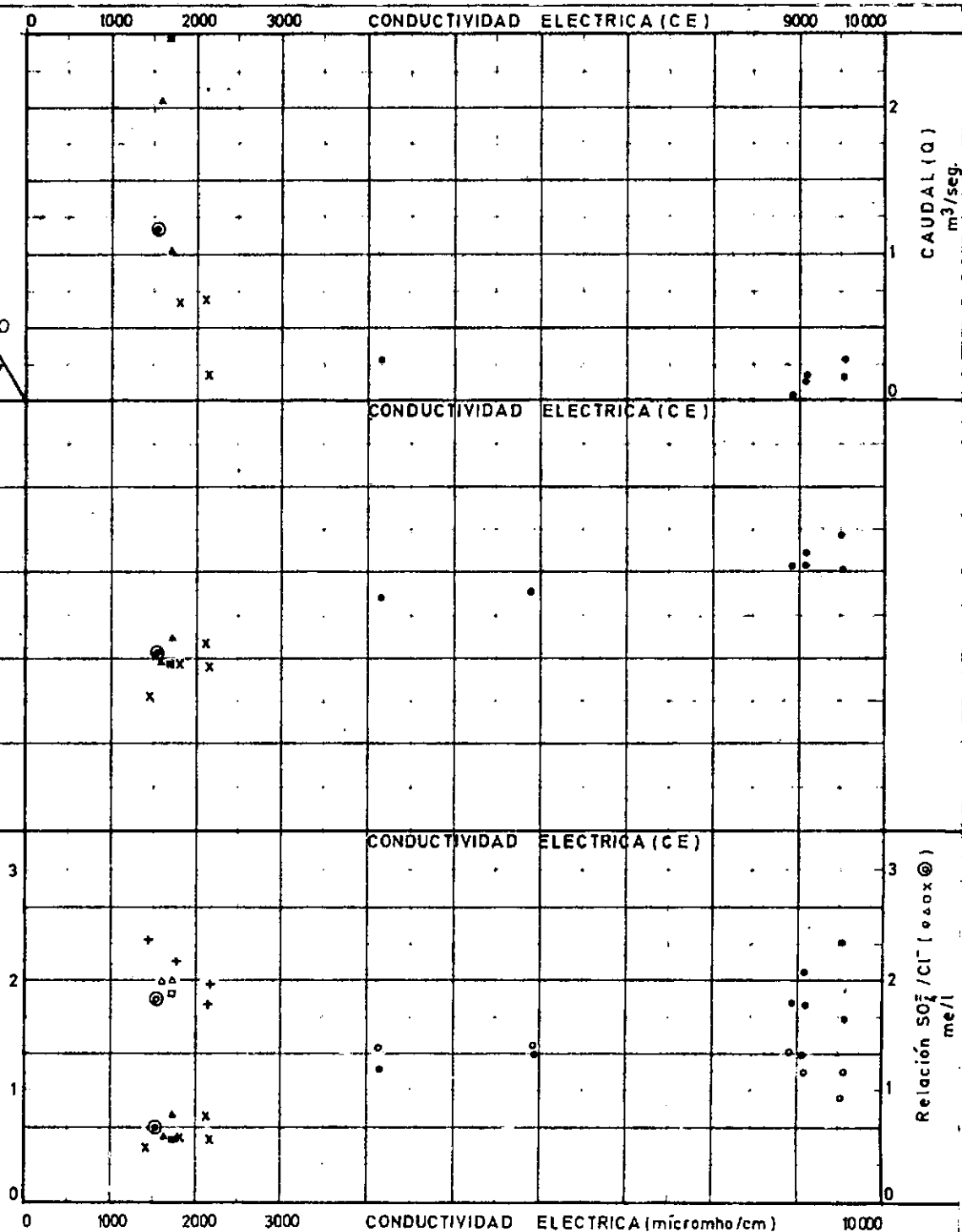


REFERENCIAS

- ▲ Canal Izuel
- ⊙ Canal Perrone
- x Canal Rama Norte
- Canal Babaccl
- Desagüe general N° 4

CENTRO REGIONAL DE AGUA SUBTERRANEA	
Provincia Mendoza	Area San Rafael - CFI
CARACTERISTICAS QUIMICAS	
CANALES Y DESAGUES	
RIO ATUEL	
Elaboro Ing. C. Ferrás	REVISION
Lugar Area Hidroquímica	FIGURA
Fecha 30-12-1983	12

Relación Na⁺/Ca⁺⁺ (●●●●●)



3.1.9. Desagues que descargan en el Río Atuel

En la Figura 12 se ha graficado la composición química del agua del desague denominado General N° 4, cuya ubicación puede consultarse en la Lámina N° 1.

Se observa una clara diferencia entre su composición y salinidad con la de los canales, como así también con la que le corresponde al río Atuel. Estas diferencias se visualizan en todos los campos del diagrama (Figura 12). La salinidad determinada supera en general los 4160 micromho/cm.

El arroyo Las Aguaditas se comporta como otro importante colector de aguas, las que descargan a su vez en río Atuel. Debido a estos aportes con características químicas variables (ver Tabla 5), su consideración tiene importancia hidroquímica, en razón de ejercer un efecto modificador sobre la composición de las aguas de éste río (Figuras 8, 9, 10 y 11).

De acuerdo a los antecedentes químicos existentes, las aguas del arroyo tienen una salinidad que varía entre 2990 micromho/cm (17/06/75) y 4750 micromho/cm (21/11/79) (2330 mg/l y 3440 mg/l, respectivamente).

Es de interés destacar la variación que experimenta la concentración de los iones calcio y magnesio y por consiguiente la dureza total. Las variaciones se encuentran comprendidas entre 511 y 328 mg/l; 137 y 23 mg/l; y 1740 y 1090 mg/l respectivamente.

Aguas con estas características que ingresan al río Atuel aguas abajo del dique Valle Grande, justificarían los incrementos en la concentración de los iones calcio y magnesio y de la dureza total experimentados en aquél, tal como ya fuera mencionado en párrafos anteriores.

3.1.10. Contenido de Arsénico en algunas aguas superficiales

A fin de establecer el nivel del contenido de arsénico y su posible influencia en el agua del subsuelo -en la que se han detectado algunos valores importantes-, se han muestreado algunas fuentes de agua superficial. Las determinaciones de arsénico realizadas se refieren a las siguientes Estaciones de muestreo: Dique Galileo Vitale (Punto N° 1); Puente Nuevo (N° 2); Puente La Llave (N° 4) y Puente F.C.O.B.M. en Mento Comán

TABLA N° 5

Valores máximos y mínimos de propiedades físico-químicas y de algunos elementos disueltos en el agua del Arroyo Las Aguaditas

[illegible]

TABLA N° 5 (Cont.)

[illegible]

(N° 15), todas sobre el río Diamante. A lo largo del río Atuel se muestrearon: Dique Valle Grande (N° 20); Puente La Guevarina (N° 23) y Puente Los Tableros (N° 25). Se tomaron muestras, asimismo, de los desagües General del Norte (N° 16) y arroyo Las Aguaditas (N° 10). Los puntos se ubican en Lámina N° 1.

En todos los casos mencionados el contenido de arsénico determinado es de 0,00 mg/l.

3.2. Agua Subterránea

3.2.1. Generalidades

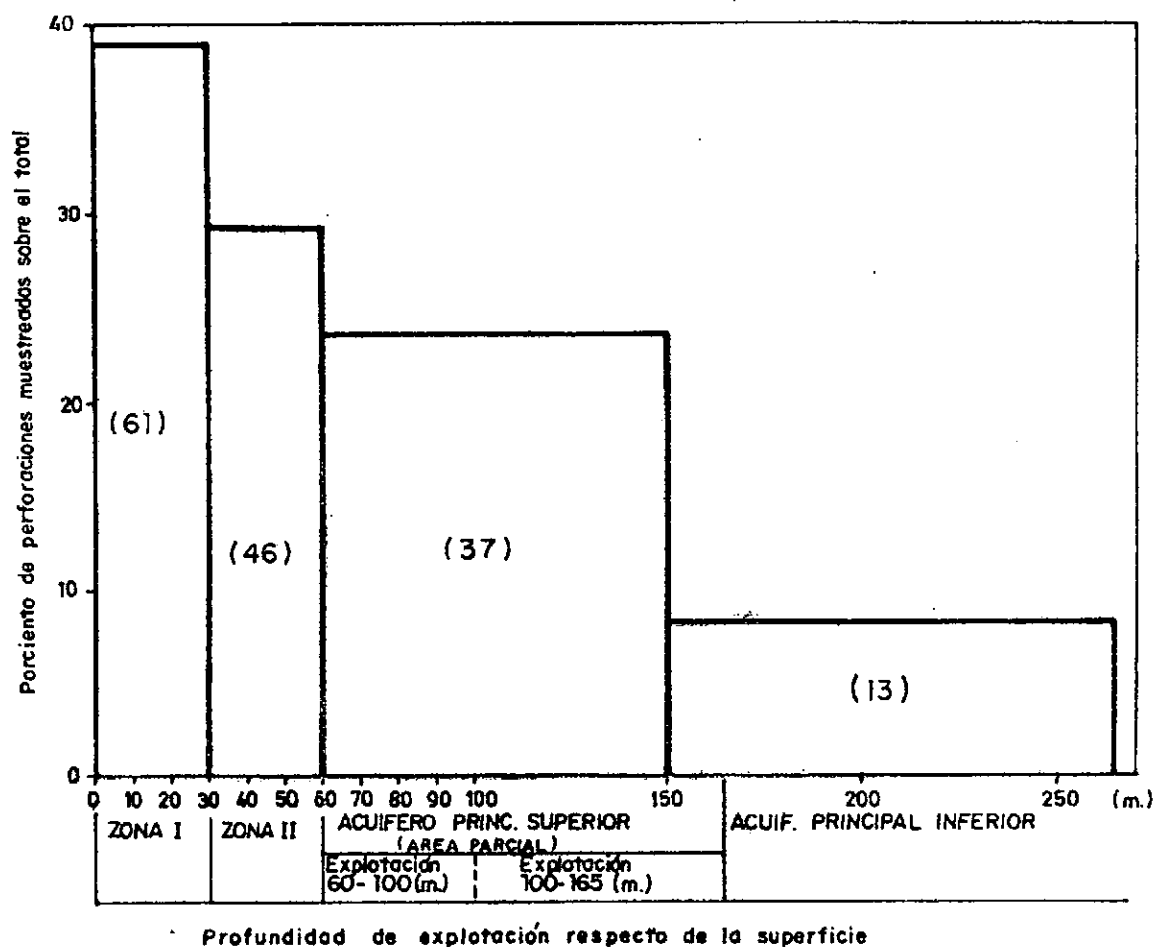
En la Figura 13 se puede observar la distribución de las perforaciones muestreadas en relación con su profundidad respecto de la superficie del terreno. La distribución elegida se corresponde con la existencia de pozos particulares, de manera que no ha sido posible establecer una red de muestreo uniforme para cada horizonte acuífero considerado. Tampoco existe una distribución adecuada en el sentido regional, o sea que fue imposible seguir cada nivel acuífero definido en toda su extensión areal.

Del total de 157 pozos muestreados, 107 explotan el Acuífero Superior. De éstos, a su vez, 61 pozos toman agua de los niveles freáticos, con profundidades no superiores a los 30 metros. En el Acuífero Principal, infrayacente al anterior, se encuentran 37 perforaciones en su nivel superior y sólo 13 en su parte inferior. Estos últimos incluyen a las 7 perforaciones de exploración ejecutadas durante la presente investigación. Esta distribución necesariamente condiciona el grado de precisión con que se ha interpretado regionalmente la información hidroquímica.

De acuerdo a los resultados de la exploración del subsuelo (expuestos en el Capítulo III del presente informe), se han distinguido a grandes rasgos dos horizontes acuíferos y uno no acuífero: el Acuífero Superior, el Acuífero Principal y el Horizonte Conductor Profundo, de arriba hacia abajo. A los fines de la interpretación hidroquímica se respetará / esta división, ya que la misma se ajusta en principio a los comportamientos hidroquímicos diferenciales detectados hasta la fecha por medio del muestreo de las perforaciones ubicadas en los dos primeros horizontes mencionados. Bajo el punto de vista hidroquímico a su vez se los ha subdividido en otros, con características químicas propias.

VARIACION RELATIVA DE PERFORACIONES MUESTREADAS POR PROFUNDIDAD DE EXPLOTACION

PERIODO DE MUESTREO : AÑO 1980



REFERENCIAS

157 Total de perforaciones

(13) No. de perforaciones por profundidad de explotación.

3.2.1.1. Acuífero Superior

El acuífero Superior se caracteriza por contener materiales relativamente gruesos y permeables, simultáneamente con una baja resistividad eléctrica. Se piensa que este hecho está relacionado más bien con las elevadas salinidades y características iónicas del agua, que con la composición litológica del paquete aludido. Según las conclusiones hidroquímicas que se exponen en el presente capítulo será necesario definir mejor los niveles permeables, que en forma continua o no, separan físicamente el Acuífero Superior del infrayacente. En consecuencia resulta importante considerar el carácter químico del agua en el nivel superior (en particular con las características de la zona I), ya que éste podría, en el tiempo, alterar las condiciones existentes a mayor profundidad, fundamentalmente si no se delimitan adecuadamente los horizontes a explotar.

El espesor de este manto acuífero varía entre los 50 metros, en el sector occidental, hasta unos 110 metros en dirección al este.

3.2.1.2. Acuífero Principal

El denominado Acuífero Principal tiene un espesor aproximado de 200 metros y está integrado por sedimentos medianos a finos. Las resistividades eléctricas registradas son en general mayores que las del nivel superior. También en este caso se estima que este hecho está íntimamente relacionado con las menores salinidades determinadas para el agua / subterránea perteneciente a este nivel.

El comportamiento geofísico ha permitido subdividir a priori al Acuífero Principal en dos capas: Superior e Inferior. El primero se encuentra comprendido entre profundidades promedio de 60 a 165 metros, mientras que el Acuífero Principal Inferior se reconoce por debajo de estas profundidades. A su vez el acuífero inferior ha sido subdividido entre 60-100 y 100-165 m, teniendo en cuenta su comportamiento químico.

3.2.2. Características Hidroquímicas del Acuífero Superior

En el acuífero superior, se han muestreado pozos en los años 1979, 1980 y 1981 (ver Anexo II). El muestreo no ha sido uniforme en todos éstos años, por lo que se considerará para su análisis, el periodo base correspondiente a 1980.

Para el período considerado puede dividirse el área en dos partes (Lámina N° 2):

a. Zona I, ubicada al este de la línea del F.C.G.S.M., Estación Nacuñan-Real del Padre, en donde se ubican únicamente pozos muestreados con profundidades entre 0 y 30 m.

b. Zona II, ubicada al oeste de la línea del ferrocarril antes mencionado. Se ubican en ella los pozos con filtros por debajo de los 30 m y con profundidades aproximadas a 60 m.

Esta división en dos zonas, no sólo se ha efectuado en base a la profundidad de explotación, sino que también responde a un esquema del comportamiento hidroquímico particular determinado para cada una de ellas.

No se ha podido efectuar un análisis de las características químicas para profundidades entre 30 y 60 m para la zona I, ni entre 0 y 30 m para la zona II, debido a que no existen pozos muestreables. Esto ha impedido dar continuidad a las curvas trazadas a ambos lados de la línea / divisoria de zonas (Láminas 2, 3 y 4) y por lo tanto, extraer conclusiones del comportamiento hidroquímico general y regional para toda la cuenca a estas profundidades.

3.2.2.1. Características Hidroquímicas Generales de la Zona I

Las condiciones hidroquímicas de la Zona I, que corresponden a los niveles freáticos, se han interpretado mediante la consideración de / diferentes procedimientos de evaluación. Se presentan en este informe planos de isosalinidad (curvas de igual conductividad eléctrica) (Lámina N° 2), igual relación de Na + K/Ca (Lámina N° 3), igual relación de SO_4/Cl (Lámina N° 4) e igual contenido de arsénico (Lámina N° 5).

Asimismo se incluyen los diagramas multivariantes de Lohn-Joukl (Figuras 14 y 15).

En la figura 15 se han graficado las relaciones salinidad-dureza y salinidad-contenido de boro.

El agua subterránea de esta zona, debido a su proximidad a la superficie del terreno, está sometida a efectos hidroquímicos modificadores, reguladores de su composición química. Los procesos dominantes detectados corresponden a disolución (de sales de sulfato y cloruros de sodio y calcio) e intercambio iónico (Calcio-Sodio). Los efectos de concentración son menos frecuentes.

En general, el contenido salino de las aguas del subsuelo / es moderado a elevado.

La salinidad supera los 2000 micromho/cm, con algunas excepciones, presentando una progresiva mineralización en dirección del flujo subterráneo, es decir, en sentido este, noreste y sureste (Lámina N° 2).

El frente más salino alcanzado, que en partes sólo ha podido ser inferido, llega a conductividades eléctricas superiores a 7000 micromho/cm.

Para el año base considerado, 1980, las variaciones generales para la salinidad están comprendidas entre un mínimo de 1750 y un máximo de 8370 micromho/cm, con una salinidad promedio de 4480 micromho/cm y / una desviación estándar (a modo indicativo y no estrictamente estadístico) de 1460 micromho/cm.

Se observa para esta zona una curva general de 4000 micromho/cm, de dirección norte-sur, que delimita un área con salinidades menores hacia el oeste. Como excepción se presenta un sector salinizado que alcanza valores superiores a los 5000 micromho/cm (5330 micromho/cm para el pozo N° 44), como lo ilustran las curvas que encierran a la Estación Guadalupe, que quedan abiertas hacia la zona II (Lámina 2). Este hecho indicaría que este grado de mineralización también podría alcanzarse para profundidades de explotación no superiores a los 30 m, en la zona precedentemente mencionada. La falta de información química ha impedido comprobar esta situación.

A fin de facilitar la comprensión de la interpretación más detallada que se ha efectuado, la zona I se ha subdividido en tres subzonas, las que presentan características hidroquímicas diferenciadas.

3.2.2.1.1. Subzona Norte

Se ubica en el extremo norte de la zona I y está limitada / al sur por una línea aproximada que une la estancia Huaicopalo y la Estación A. Villanueva (Lámina 2).

La subzona se caracteriza químicamente por una composición definida, la que se identifica como grupo I en el diagrama de la Figura 14, diferenciándose significativamente de las restantes subzonas.

En la lámina 2 la subzona se define por la cuña salina representada por las curvas de 2000 y 3000 micromho/cm, que corresponde a aguas del subsuelo con moderada salinidad (mínimo 1750 micromho/cm para el

DIAGRAMA DE LOHN, P. y JOUKL, M. (1969)

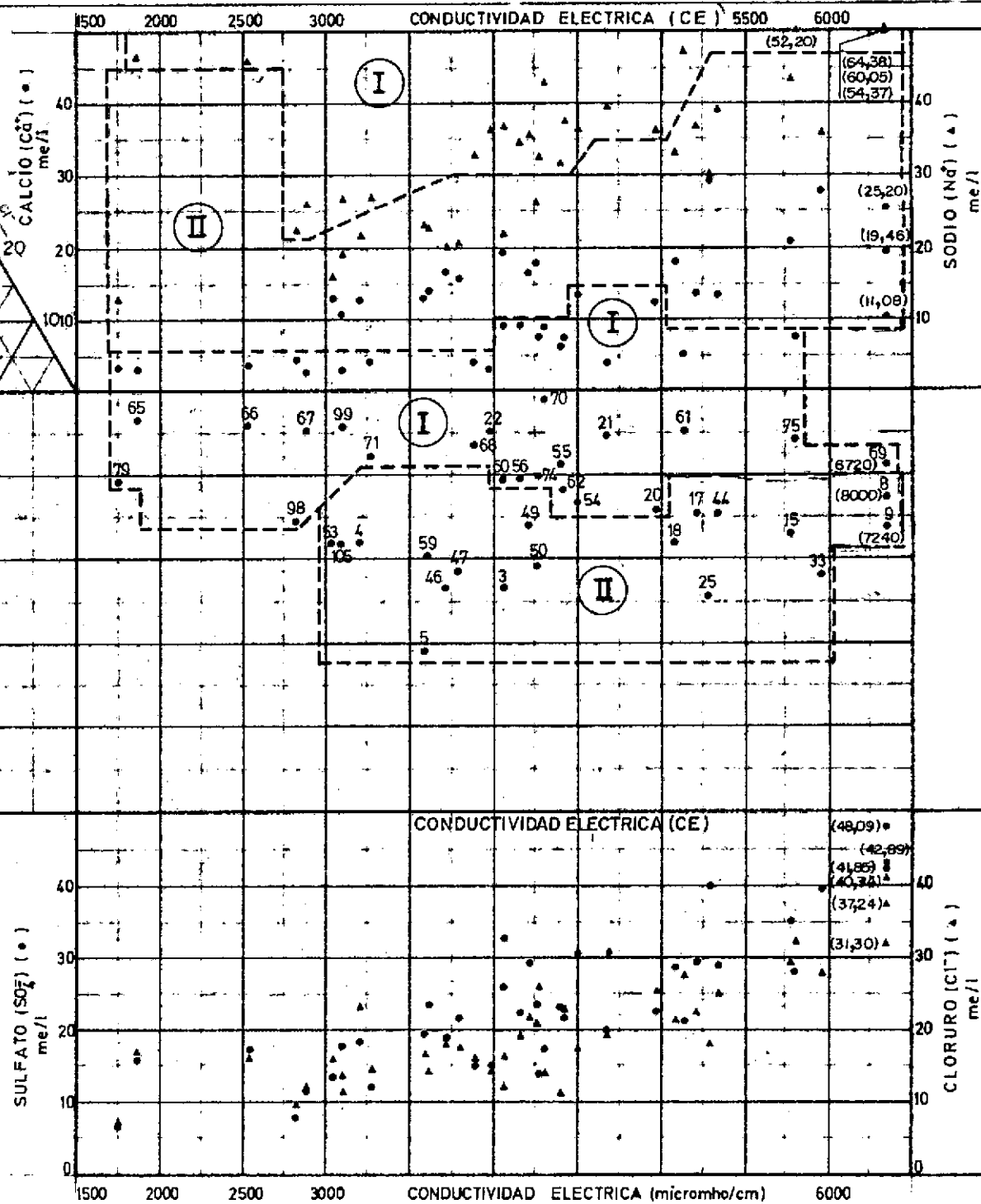
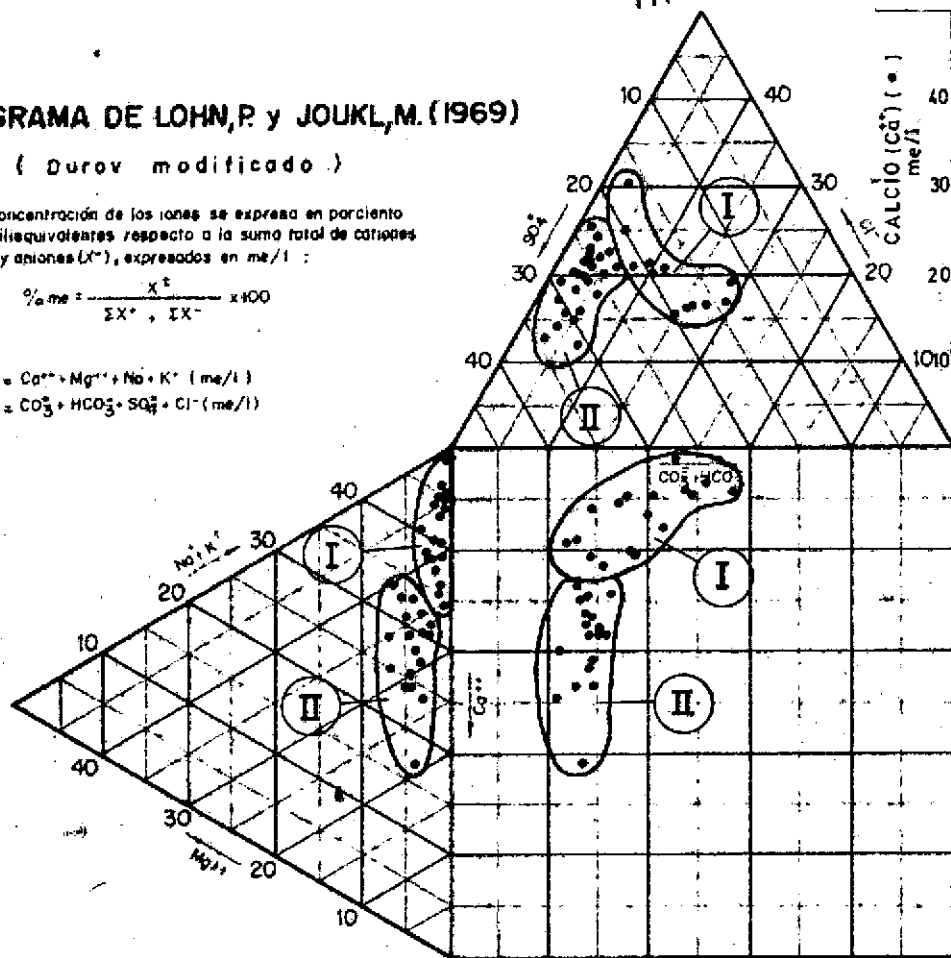
(Durov modificado)

La concentración de los iones se expresa en porcentaje de miliequivalentes respecto a la suma total de cationes (ΣX^+) y aniones (ΣX^-), expresados en me/l :

$$\% me = \frac{X^+}{\Sigma X^+ + \Sigma X^-} \times 100$$

$\Sigma X^+ = Ca^{++} + Mg^{++} + Na + K^+ \text{ (me/l)}$

$\Sigma X^- = CO_3^{--} + HCO_3^- + SO_4^{--} + Cl^- \text{ (me/l)}$



REFERENCIAS

Periodo de muestreo: Año 1980

67 Número de pozo

○ Límite de zona

○ Identificación de la zona

(8000) Valor de CE fuera de escala

CENTRO REGIONAL DE AGUA SUBTERRANEA

Provincia Mendoza Area San Rafael - CFI

CARACTERISTICAS QUIMICAS

ZONA I (0 - 30 m)

SUBZONA NORTE Y CENTRO

Elaboró Geo. P. Lohn REVISION

Unidad Area Hidroquímica

Fecha 1-1-1983

FIGURA

14

pozo N° 79).

Hacia el este y noreste se incrementa la salinidad del agua hasta alcanzar un valor máximo detectado de 5470 micromho/cm, para el pozo N° 75.

El grupo I (Figura 14), característico de estas aguas, se / corresponde con un elevado contenido relativo de sodio + potasio, superior al 33%me y la menor concentración relativa de magnesio (inferior al 4%me) y de calcio (no superior al 16 %me) (campos triangular lateral y rectangular superior, Figura 14).

En cuanto a los aniones, este grupo se define por su mayor contenido de iones bicarbonato (variable entre el 3 y el 19 %me). Los cloruros varían entre 15 y 31 %me, alcanzando el máximo contenido relativo de la zona I. Para los iones sulfato la variación es menor (entre el 17 y 21 %me) (campos triangular superior y rectangular inferior, Figura 14).

Las conclusiones deducidas en base a la consideración de los planos con curvas de igual relación $Na + K/Ca$ y SO_4/Cl (Láminas N° 3 y 4), también permiten delimitar como diferente a la subzona Norte entes descripta.

En efecto, la misma se caracteriza por contener aguas con / elevadas concentraciones absolutas de sodio, determinadas por una relación $Na + K/Ca$ superior a 5. En la cuña de menor salinidad antes descripta, se tienen los valores más altos, superiores a 10.

Considerando la relación SO_4/Cl la situación se presenta al go diferente, dado que las relaciones toman valores superiores e inferiores a 1,0. Las relaciones más bajas, menores a 0,97, se encuentran dentro las dos curvas de relación 1,0 (Lámina 4), lo que indica la presencia en ella de aguas cloruradas. Rodeando a éstas la relación es superior a 1,0 y delimitan hacia el norte, sur y sureste la presencia de aguas sulfatadas.

En la figura 15, se observa la variación de la dureza total con la salinidad. El agua de la subzona Norte se caracteriza por tener, respecto de las restantes subzonas, la menor dureza, no obstante ser aguas que deben clasificarse como muy duras a pesar de su elevado contenido de sodio.

Para salinidades inferiores a los 4000 micromho/cm, la dureza varía de 52 a 319 mg/l de $CaCO_3$. Para una mayor conductividad eléctrica, el máximo encontrado es de 745 mg/l de $CaCO_3$.

En la subzona Norte se encuentran los mayores valores de bo ro, con un máximo de 3,5 mg/l para los pozos N° 75 y 78. El contenido de

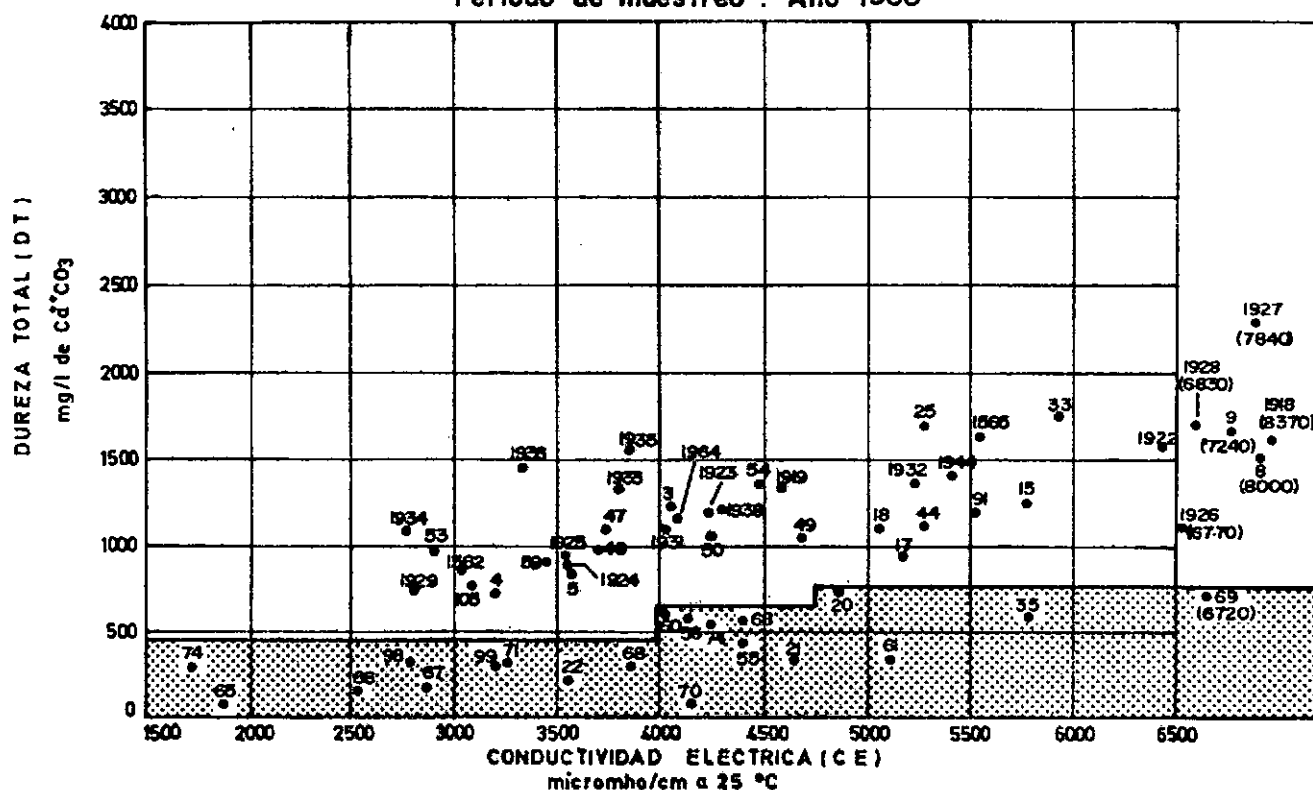
CRAS

Area Hidroquímica

CENTRO REGIONAL DE AGUA SUBTERRANEA
San Juan, República Argentina

VARIACION DE LA DUREZA Y CONTENIDO DE BORO EN RELACION CON LA SALINIDAD DEL AGUA SUBTERRANEA DE LA ZONA I

Período de muestreo : Año 1980



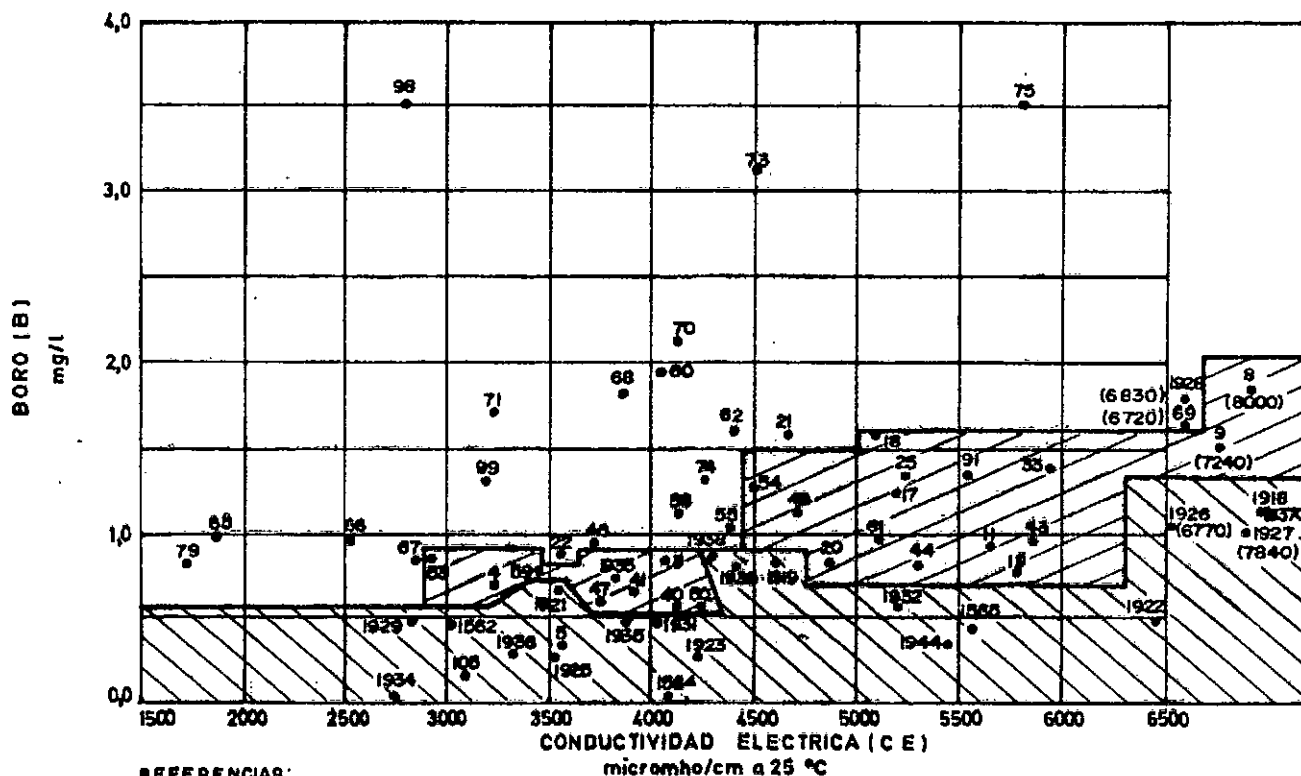
REFERENCIAS:



Subzona Norte

1929 Número de pozo

(8370) Valor de CE fuera de escala



REFERENCIAS:



Subzona Norte



Subzona Centro



Subzona Sur

1927 Número de pozo

(7840) Valor de CE fuera de escala

Preparó: Oco.A. Herrera

Fecha: 4 - 1 - 1983

Figura

15

boro supera en general los 0,8 mg/l, mostrando una tendencia a crecer con el aumento de la salinidad.

Las características químicas del agua subterránea de esta / subzona podrían estar relacionadas con aportes provenientes del norte, no roeste y directamente del oeste en relación con una recarga a través del río Seco de Las Peñas. Esta hipótesis se sustenta en la tendencia que mues tran las curvas trazadas y descriptas anteriormente en le caracter quími- co de sus aguas como así también del análisis de los datos de algunos po- zos con muestras anteriores al año 1980 (pozos N° 81, 86 y 87, con conduc- tividades eléctricas de 1980, 1840 y 1950 micromho/cm, respectivamente, pa- ra el año 1979).

No debe descartarse la posibilidad que la composición de es tas aguas se relacione también con la presencia de la cubierta eólica espe- sa existente en el lugar (Lámina N° 1, Capítulo I).

3.2.2.1.2. Subzona Centro

Esta subzona queda comprendida entre el límite sur definido para la anterior y el río Diamante.

Las características químicas generales están representadas en el gráfico de la Figura 14, por los puntos pertenecientes al denomina- do grupo II.

Respecto del grupo I, el agua subterránea de esta subzona / se caracteriza por un mayor contenido relativo de ión magnesio, superando en general el 4 %me, una mayor concentración de iones calcio y un menor contenido de sodio (triángulo lateral, Figura 14).

En cuanto al contenido relativo de aniones, la diferencia / fundamental radica en la más baja concentración de ion bicarbonato, menor de 6 %me, y en una mayor proporción de iones sulfato, el que alcanza un máximo de 34 %me (triángulo superior, Figura 14).

En el campo rectangular central, representativo de la varia- ción de la salinidad, se observa que estas aguas son algo más mineraliz- das que las del grupo I, El mínimo corresponde a un valor de 2930 (pozo N° 53) y el máximo a 8000 micromho/cm (pozos N° 8).

Tanto la salinidad (curvas de isoconductividad, Lámina N° 2) como las características químicas generales del agua subterránea de la sub- zona, ~~excepto~~ las anomalías descriptas (área Estación Guadales), responden

a un proceso evolutivo general de mineralización según la dirección del flujo, con disolución principal de sales de sulfato y sodio y, en menor proporción relativa, de cloruros y calcio.

Este proceso se observa claramente en la graficación realizada en el diagrama de la Figura 14 (rectángulos superior e inferior), en donde se relaciona la variación de la conductividad eléctrica con el contenido de iones $\text{Na} + \text{K}$, Ca , SO_4 y Cl expresados en me/l.

A igual conclusión se arriba analizando las curvas de igual relación: $\text{Na} + \text{K}/\text{Ca}$ y SO_4/Cl (Láminas 3 y 4). En sentido noreste se incrementa la relación $\text{Na} + \text{K}/\text{Ca}$, superando valores de 2,0, mostrando que en este sentido es mayor la incorporación de Na al agua durante su movimiento.

Al sur de la subzona, a la margen izquierda del río Diamante las características químicas del agua del subsuelo se relacionan con las de este río. Lo dicho surge de la interpretación conjunta de los diagramas de las figuras 1 y 14, como de los valores que toman las relaciones iónicas / descriptas.

Debido a las características diferenciales de la composición de las aguas del subsuelo, al norte y sur de la subzona, ésta se caracteriza como una zona de mezcla.

En la Figura 15 se observa que las aguas de la subzona centro se individualiza por tener una elevada dureza, superior a 500 mg/l CaCO_3 , alcanzando un máximo de 1730 mg/l.

En cuanto al contenido de boro este se incrementa con el aumento de la salinidad, desde 0,56 mg/l hasta un máximo de 1,80 mg/l (Figura 15).

3.2.2.1.3. Subzona Sur

Esta subzona se ubica entre los ríos Diamante y Atuel.

El agua del subsuelo muestra una neta mineralización en sentido sureste desde la localidad de Monte Comán (Lámina N° 2).

La salinidad varía desde menos de 3.000 micromho/cm a más de 8.000 micromho/cm. Los valores más bajos (2.770 micromho/cm, pozo N° 1934) se encuentran cerca del lecho del río Diamante. Esta subzona se encuentra cubierta por una capa eólica de espesor medio (Lámina 1, Capítulo I), la que por sus características podría incidir en la mineralización del agua. Asimismo tendrían algún efecto similar las pérdidas de canales y desagües que se ubican en esta zona.

En el diagrama de la Figura 16 se pueden observar las carac-

DIAGRAMA DE LOHN, P. y JOUKL, M. (1969)

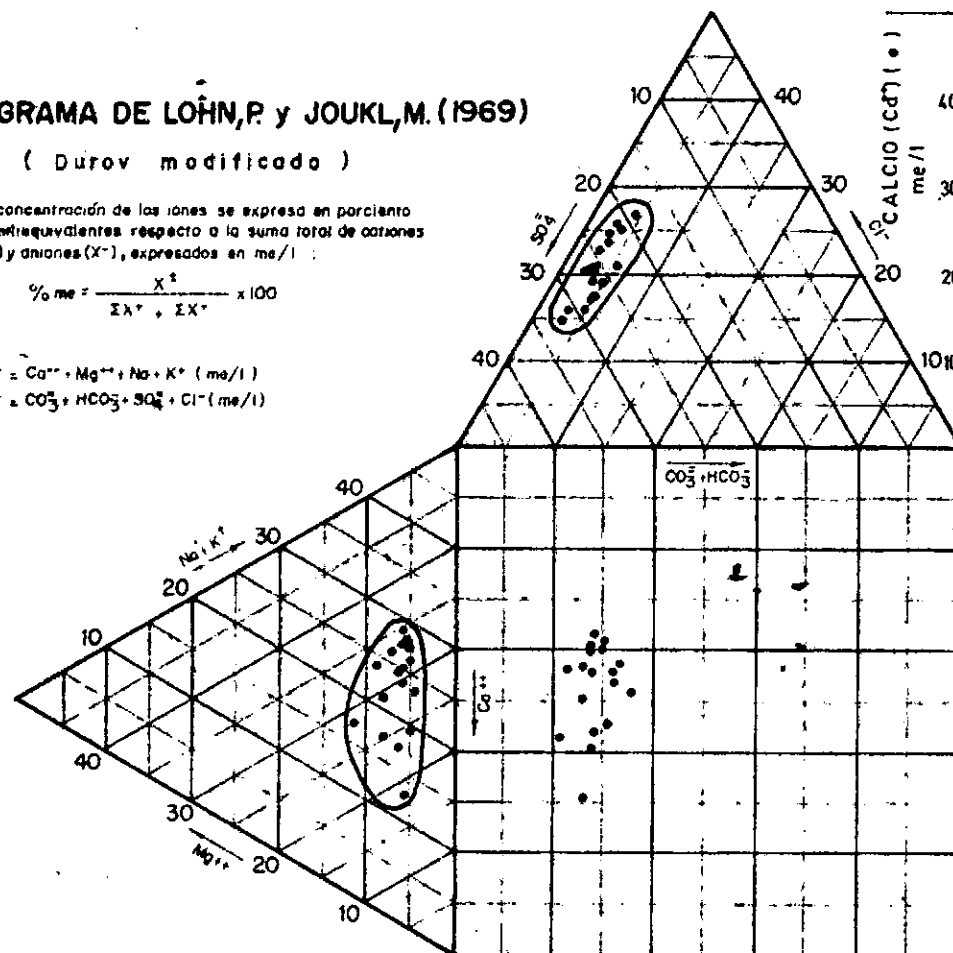
(Durov modificado)

La concentración de los iones se expresa en porcentaje de me/quivalentes respecto a la suma total de cationes (ΣX^+) y aniones (ΣX^-), expresados en me/l :

$$\% me = \frac{X^{\pm}}{\Sigma X^+ + \Sigma X^-} \times 100$$

$$\Sigma X^+ = Ca^{++} + Mg^{++} + Na + K^+ \text{ (me/l)}$$

$$\Sigma X^- = CO_3^{--} + HCO_3^- + SO_4^{--} + Cl^- \text{ (me/l)}$$



REFERENCIAS

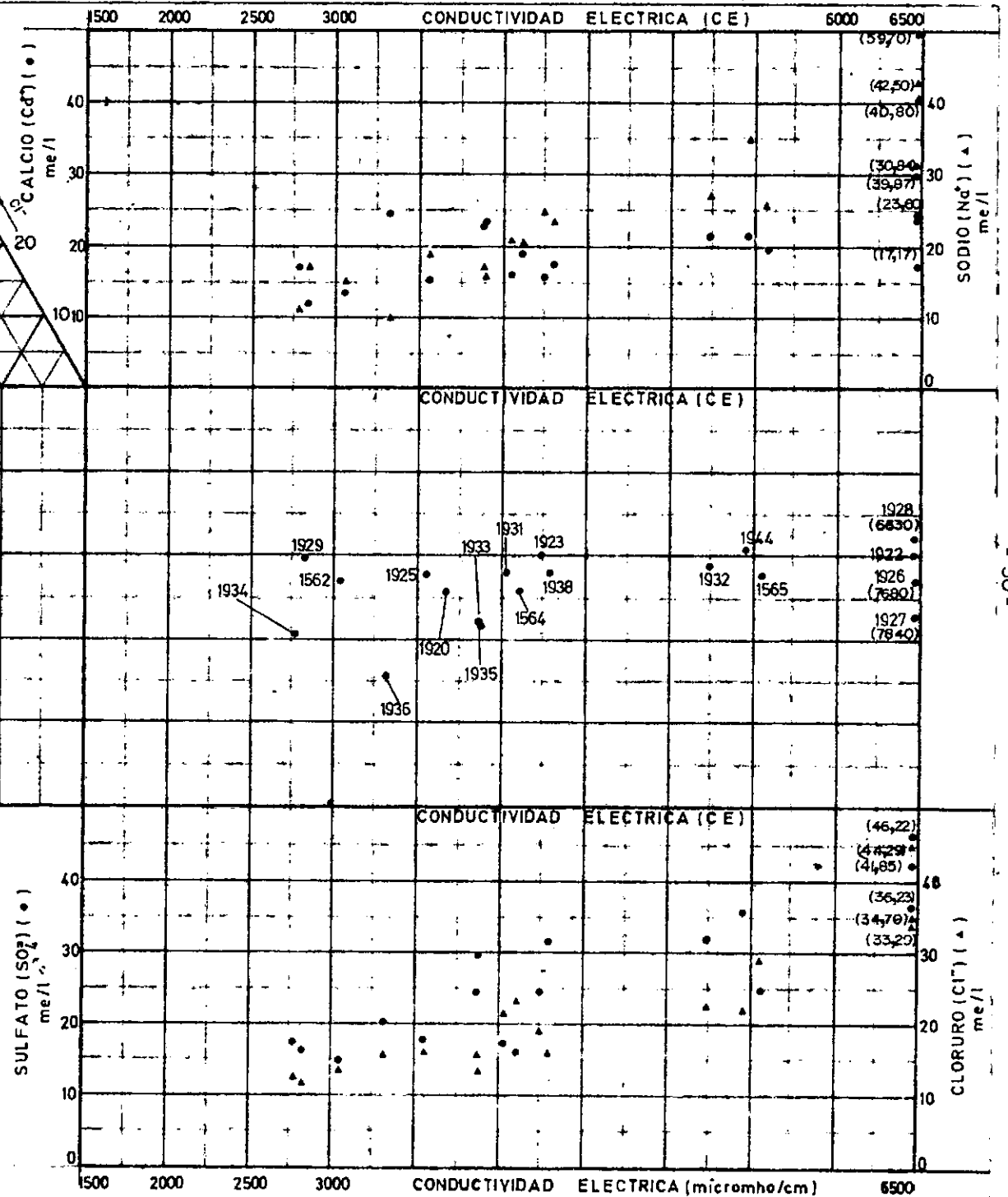
Periodo de muestreo: Año 1980

1929 Número de pozo

○ Límite de zona

(7680) Valor de CE fuera de escala

CENTRO REGIONAL DE AGUA SUBTERRANEA			
Provincia: Mendoza		Area: San Rafael - CFI	
CARACTERISTICAS QUIMICAS			
ZONA I* (0 - 30m)			
SUBZONA SUR			
Elaboró: Ing. C. Ferrás		REVISION	
Unidad: Area Hidroquímica		FIGURA	
Fecha: 10-1-1983 edigo		16	



terísticas químicas variables del agua subterránea estudiada. Estas aguas tienen en general un mayor contenido relativo de calcio que el visto para el grupo II en la subzona anterior (Figura 14). La variación del porcentaje de miliequivalentes de calcio respecto del total de iones disueltos, es tá comprendido entre el 16 y el 32 %me. El sodio + potasio varía entre el 13 y 29 %me, mientras que el magnesio se mantiene prácticamente por encima del 5 %me, entre el 4 y 11 %me (campo triangular lateral, Figura 16).

En cuanto a los aniones, el cloruro se incrementa en forma relativa respecto a los sulfatos, según aumenta la salinidad. Varía del 14 %me al 27 %me, para el primero y del 19% me hasta el 32 %me para el segundo. Los iones bicarbonato permanecen por debajo del 5 %me (campo triangular superior, Figura 16). Este comportamiento diferencial puede comprendese del análisis de los campos rectangulares superior e inferior del gráfico de la Figura 16. En ellos se ha graficado la variación absoluta del contenido de los iones Ca, Na + K, SO_4 y Cl en relación con la conductividad eléctrica.

Para los iones calcio se observa un leve crecimiento con la salinidad (entre 12 y 23 me/l), mientras que el ion Na + K aumenta más pronunciadamente, en particular a partir de 3700 micromho/cm, variando su concentración absoluta desde 10 a 59,3 me/l. Para los iones sulfato y cloruro existe una menor diferencia en su gradiente de disolución. Sin embargo, el ion sulfato aumenta más rápidamente que el ion cloruro con el aumento de la salinidad.

La caracterización de esta subzona se observa también en base al comportamiento evolutivo de las curvas de igual relación Na + K/Ca / (Lámina N° 3). La evolución se dirige netamente en sentido del flujo, es decir hacia el sureste. Las curvas varían desde 1,0 a más de 3,0.

La curva que encierra valores inferiores a 1,0, próxima a / Monte Comán, está relacionada en forma directa con aguas del río Diamante y a su zona de recarga (comparar los diagramas Lohn-Jouki respectivos, Figuras 1 y 16). Igual efecto se denota considerando la curva SO_4/Cl de 1,5 (Lámina 4) que encierra valores superiores a 2,0, semejantes a los de este río.

De la consideración de la Figura 15, puede señalarse que las aguas de esta subzona también tienen una elevada dureza, variable entre 707 mg/l de $CaCO_3$ y 2290 mg/l. Por consiguiente, en líneas generales puede afir-

marse que esta subzona tiene aguas más duras que las restantes de esta Zona I.

En cuanto al contenido de boro en el agua subterránea de esta subzona (Figura 15), la concentración es la más baja para la zona I, no superando en general los 0,6 mg/l, excepto para las aguas con salinidades superiores a los 6000 micromho/cm. En estas aguas tiene concentraciones mayores a 1,0 mg/l, con una máximo determinado de 1,72 mg/l (pozo N° 1928).

3.2.2.1.4. Variación de la salinidad en el tiempo en la Zona I

En la Tabla 6 se han volcado datos de la conductividad eléctrica de todos los pozos ubicados en el acuífero superior, correspondientes a la Zona I y muestreados entre los años 1979, 1980 y 1981.

De su análisis surge que no se han producido, en general, variaciones en la salinidad del agua subterránea. Los cambios observados entre 1979 y 1980 se ubican por debajo del 10 %. Pozos con problemas locales (cinco) superan el incremento porcentual indicado.

Para el periodo 1979 a 1981, y teniendo en cuenta que en este último año el muestreo ha sido parcial, tampoco las variaciones de salinidad superan el 10 %.

Lo mencionado indicaría una relativa estabilidad de este acuífero, o bien una disminución o baja explotación del mismo.

3.2.2.2. Características Hidroquímicas Generales de la Zona II

En la lámina 2 se han trazado las curvas de isosalinidad / que corresponden a la Zona II, definida por una profundidad de explotación (ubicación de filtros) entre 30 y 60 con respecto de la superficie del terreno. No fue posible analizar separadamente la composición del agua para el paquete de 0-30 m de profundidad por cuanto la información es insuficiente.

De la interpretación realizada puede establecerse que a esta profundidad el agua subterránea es menos mineralizada que la explotada en la Zona I. Se exceptúa de este comportamiento el sector que se encuentra al sureste de las localidades de Goudge y R. Is lín, donde se evidencia una rápida salinización (curvas de 3000 a 5000 micromho/cm).

TABLA 6

CRAS

Area Hidroquímica

VARIACION DE LA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA DEL ACUIFERO SUPERIOR-ZONA I
Profundidad de explotación: 0-30 m

CENTRO REGIONAL DE AGUA SUBTERRANEA
San Juan - República Argentina

N°de POZO	PROFUNDIDAD TOTAL (m)	FILTROS (m)		CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (micromho / cm a 25°C)								
				PERIODO DE MUESTREO (AÑO)								
				1979	1980	Diferencia Período		1981	Diferencia Período		Diferencia Período	
						1980 - 1979			1981 - 1980		1981 - 1979	
Desde	Hasta	Absoluta	%	Absoluta	%	Absoluta	%					
3	7			3160	4060	900	28,48					
4	-			3220	3220	0	0	3330	110	3,42	110	3,42
5	9			-	3580	-	-					
8	-			7500	8000	500	6,66					
9	-			6820	7240	420	6,15	6990	250	3,45	170	2,49
11	14			5550	5670	120	2,16					
15	-			5700	5790	90	1,57					
17	18			4830	5210	380	7,89					
18	21			5170	5090	80	1,55					
20	14	10	14	4960	4870	90	1,81	5180	310	6,36	220	4,43
21	11	7	11	4260	4670	410	9,62					
22	10			3680	3550	130	3,53	3860	310	8,73	180	4,89
25	-			5120	5290	170	3,32	5050	240	4,68	70	1,37
33	-			5840	5960	120	2,05					
44	16			5310	5330	20	0,38	5260	70	1,31	50	0,94
46	12			3910	3720	190	4,86					
47	26			-	3780							
49	-			4880	4720	160	3,27					
50	-			4360	4260	100	2,29	4140	120	2,81	220	5,04
53	20			3600	2930	670	18,6	3030	100	3,41	570	15,83
54	19			4310	4500	190	4,40	4780	280	6,22	470	10,90
55	13			2920	4400	1480	50,68					
56	17			4190	4150	40	0,95					
59	16			3790	3480	310	8,17					
60	15			4350	4050	300	6,89	3630	400	9,87	700	16,09

TABLA 6 (cont.)

CRAS

Area Hidroquímica

VARIACION DE LA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA DEL ACUIFERO SUPERIOR-ZONA I
Profundidad de explotación: 0-30 m

CENTRO REGIONAL DE AGUA SUBTERRANEA
San Juan - República Argentina

N°de POZO	PROFUNDIDAD TOTAL (m)	FILTROS (m)		CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (micromho / cm a 25°C)								
				PERIODO DE MUESTREO (AÑO)								
				1979	1980	Diferencia Período 1980 - 1979		1981	Diferencia Período 1981 - 1980		Diferencia Período 1981 - 1979	
						Absoluta	%		Absoluta	%	Absoluta	%
61	16			5160	5130	30	0,58					
62	16			4740	4420	320	6,75	4700	280	6,33	40	0,84
65	21			1980	1870	110	5,55					
66	11			2550	2530	20	0,78					
67	9			2780	2870	90	3,23	2850	20	0,69	70	2,51
68	11			3850	3880	30	0,77					
69	15			7090	6720	370	5,21	6830	110	1,37	260	3,66
70	11			4220	4150	70	1,66					
71	15			3370	3260	110	3,26					
74	26			4240	4270	30	0,70					
75	15			5800	5470	330	5,69					
79	29			1800	1750	50	2,77					
98	17				2810							
99	17				3210							
105	-				3100							
1562	9			2980	3040	60	2,01	2920	120	3,94	60	2,01
1564	8			3790	4100	310	8,17	4170	70	1,70	380	10,02
1565	13			5430	5540	110	2,02					
1918	9			8020	8370	350	4,36					
1919	2			5030	4600	430	8,54	4600	0	0	430	8,54
1921	10			3840	3560	280	7,28	3670	110	3,90	170	4,42
1922	8			7360	6490	870	11,82					
1923	7			4540	4250	290	6,38	4510	260	6,11	30	0,66
1925	7				3540							
1926	9			6580	6770	190	2,88	7680	910	13,44	1100	16,70

TABLA 6 (cont.)

CRAS

Area Hidroquímica

VARIACION DE LA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA DEL ACUIFERO SUPERIOR-ZONA I
Profundidad de explotación: 0-30 m

CENTRO REGIONAL DE AGUA SUBTERRANEA
San Juan - República Argentina

[illegible]

El área de menor salinidad es la situada al norte, próxima a los Médanos de La Cruz (curva de 1500 micromho/cm, Lámina N° 2).

El promedio general de conductividad eléctrica para la Zona II es de 2610 micromho/cm, muy inferior al que le corresponde a la zona I (4480 micromho/cm). La dispersión, en términos de la desviación standard es de 1060 micromho/cm, lo que indica también una menor variabilidad respecto del horizonte superficial.

El comportamiento hidroquímico del agua subterránea en esta zona permite diferenciar a grandes rasgos las tres subzonas siguientes: a) norte del Río Seco de Las Peñas; b) entre éste y el río Diamante, y c) al sur de éste último. Esta subdivisión se deduce también a partir del análisis de las curvas de isorelaciones $\text{Na} + \text{K}/\text{Ca}$ y SO_4/Cl (Láminas 3 y 4).

Para la subzona situada al norte del Río Seco de Las Peñas, la relación $\text{Na} + \text{K}/\text{Ca}$ es superior a 3 (aguas muy sódicas). La relación SO_4/Cl muestra comportamientos diferentes, lo que podría indicar influencias diversas: la del Río de Las Peñas (pozo N° 90, SO_4/Cl mayor de 3, agua sulfatada), y algún ingreso desde el norte o noroeste (pozo N° 91), SO_4/Cl menor de 1, agua más cloruradas).

Al sur del Río Seco de Las Peñas pueden esperarse efectos hidroquímicos diferentes, según se trate de la influencia de este río (con crecientes temporarias) o del Río Diamante. En el primer caso, la curva de 1500 micromho/cm delimita probablemente aguas originadas en los aportes derivados del río Las Peñas. Aunque no hay datos químicos de este arroyo temporal, se sospecha una circulación subálvea permanente con cierta acción de recarga. El agua subterránea, de cualquier manera, se distingue por su baja salinidad y por un contenido absoluto predominante en iones sódico ($\text{Na} + \text{K}/\text{Ca}$ mayor que 2) y sulfato (SO_4/Cl mayor que 2,8), como se ilustra en las Láminas 3 y 4.

En dirección al sureste, la composición parece responder a una zona de mezcla relacionada con los aportes derivados de la infiltración en el río Diamante. No debería descartarse en esta zona de mezcla la participación de otros aportes quizás provenientes directamente del oeste, pero no hay información suficiente para dilucidar claramente este problema.

En resumen, el agua subterránea correspondiente a las dos subzonas tratadas precedentemente (al norte y sur del río Las Peñas) se a-

grupan en el diagrama de la Figura 17 bajo la denominación de Grupo I. Las características principales son las siguientes: un elevado contenido relativo de iones sodio, superior al 29 %me; bajo contenido de magnesio, menor de 5 %me y una moderada concentración del ión calcio, variable entre 6 y 18 %me.

En cuanto a los aniones, pueden reconocerse dos subgrupos, dentro del grupo I: uno con un contenido del ion bicarbonato entre 8 y 14 %me (corresponde a los pozos situados al norte del río Las Peñas), y otro con bicarbonatos entre 4 y 7 %me. Este último subgrupo se define al sur de dicho río. Los cloruros que delimitan al grupo I están en su mayoría por encima del 15 %me.

Ya en la margen izquierda del Diamante, el agua subterránea presenta una salinidad algo mayor, superior a los 2000 micromho/cm (Lámina 2). La mineralización se incrementa en el sentido del flujo subterráneo, es decir, noreste, hasta alcanzar un valor máximo de 2700 micromho/cm.

En el gráfico de la Figura 17 los resultados del análisis de estas aguas integran, diferenciándose de los anteriores, el Grupo II, caracterizado por un mayor contenido relativo del ión magnesio. Las leves variaciones en bicarbonatos respecto de los análisis del río Diamante (Figuras 1 y 17) se pueden asociar a las modificaciones que sufre el agua del río durante su movimiento de recarga, así como a la mezcla con aguas de otros orígenes (vinculados posiblemente al Arroyo La Hedionda).

Los datos permiten establecer una correlación entre el agua subterránea de la margen izquierda del río (hasta la línea del F.C.S.M. que llega a Estación Guadales) y el río mismo, no sólo en cuanto a la salinidad sino también por el estudio de las relaciones $Na + K/Ca$ (menores que 1) y SO_4/Cl (mayores que 1,5). A este resultado se llega comparando las curvas de las láminas 3 y 4 con la información de la Figura 1.

Finalmente, la subzona situada al sur del río Diamante y hasta el Atuel, se distingue por un mayor grado de mineralización del agua / subterránea. Como se aprecia en la Lámina 2, se llega a superar los 5000 micromho/cm en sentido sureste, en la dirección del flujo subterráneo.

El origen del agua aparece relacionado con el río Diamante, lo que se deduce del análisis de las curvas de relaciones (Lámina 3 y 4). Es así que la relación de $Na + K/Ca$ tiene valores inferiores a 1 y la de SO_4/Cl superiores a 1,5 e inferiores a 2,5 (ver gráfico de la Figura 1 pa-

DIAGRAMA DE LOHN, P. y JOUKL, M. (1969)

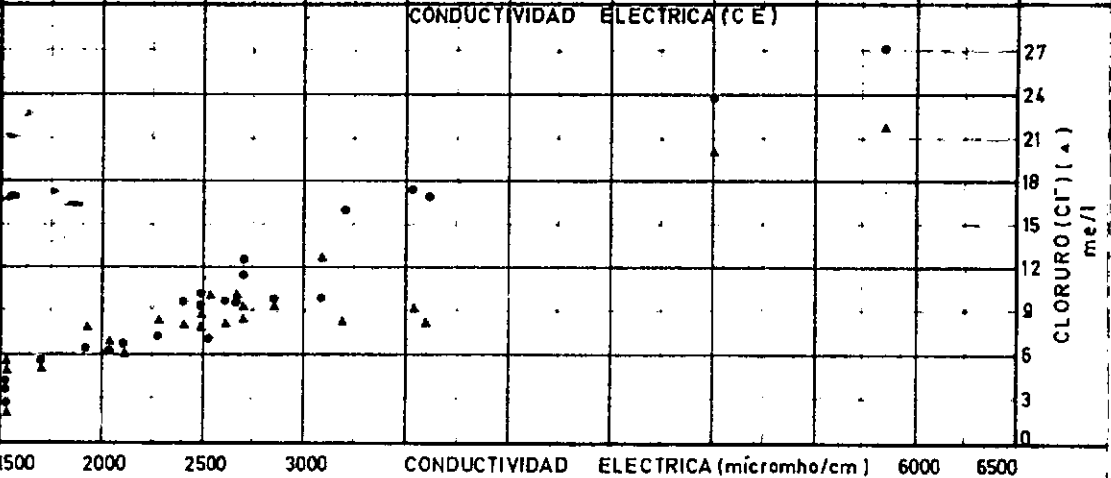
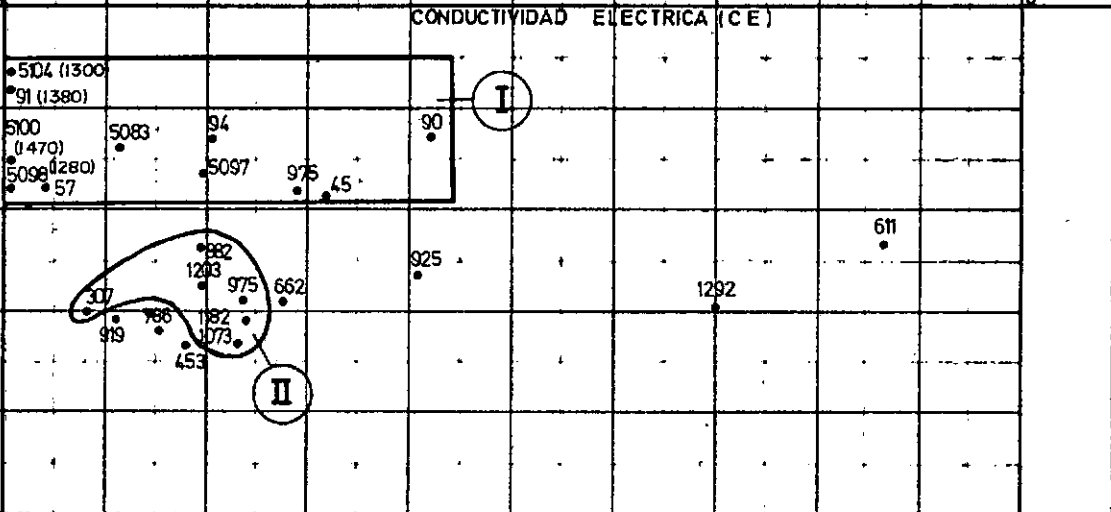
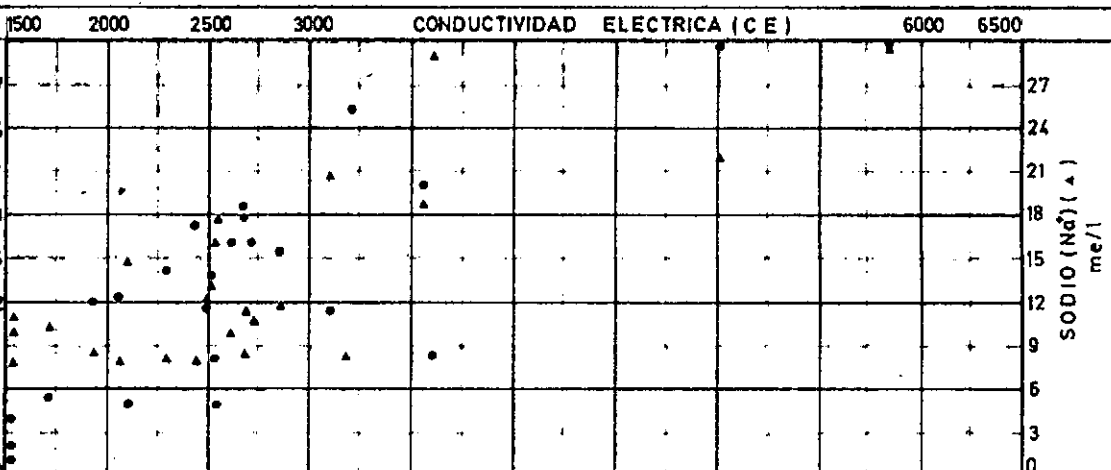
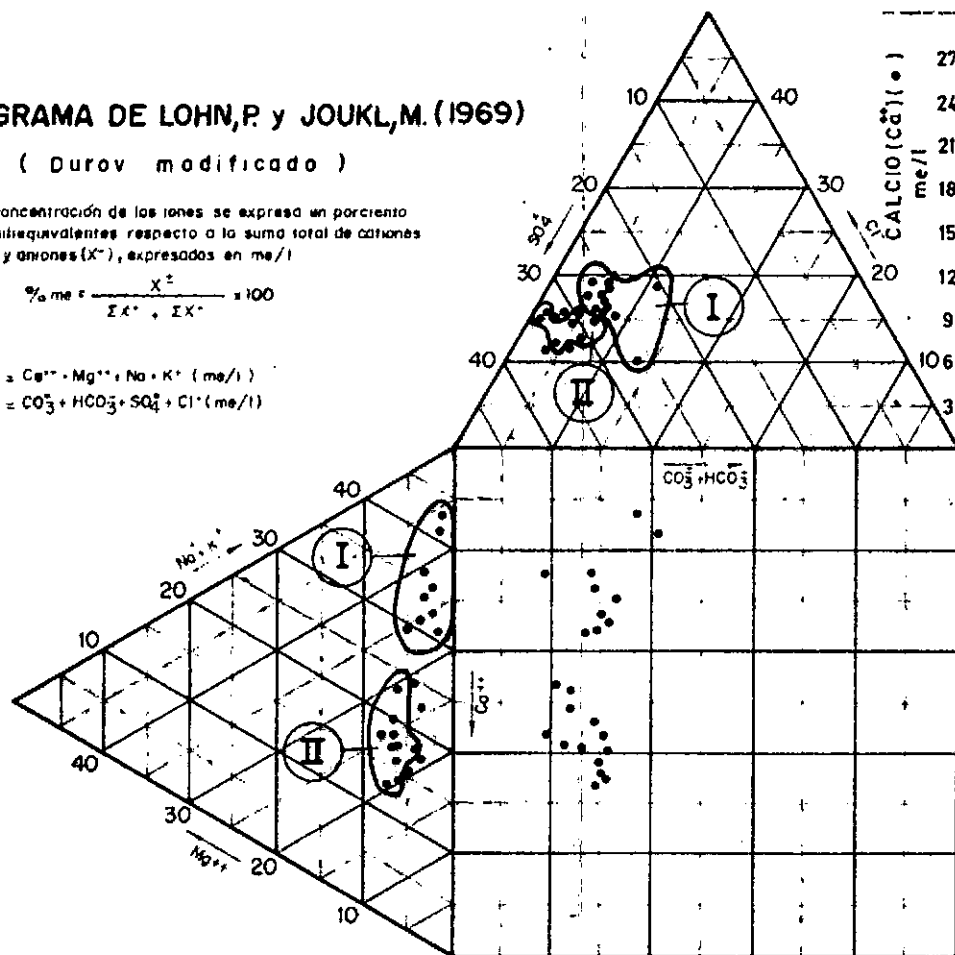
(Durov modificado)

La concentración de los iones se expresa en porcentaje de miliequivalentes respecto a la suma total de cationes (X^+) y aniones (X^-), expresados en me/l

$$\% me = \frac{X^+}{\Sigma X^+ + \Sigma X^-} \times 100$$

$$\Sigma X^+ = Ca^{++} + Mg^{++} + Na + K^+ \text{ (me/l)}$$

$$\Sigma X^- = CO_3^{--} + HCO_3^- + SO_4^{--} + Cl^- \text{ (me/l)}$$



REFERENCIAS

Periodo de muestreo : Año 1980

5083 Número de pozo

□ Límite de zona

⊙ Identificación de la zona

CENTRO REGIONAL DE AGUA SUBTERRANEA

Provincia Mendoza

Area San Rafael - CFI

CARACTERISTICAS QUIMICAS
ZONA II (30-60m)

Elabora Lic. E. García-Oca, P. Lohn

REVISION

FIGURA

Unidad Area Hidroquímica

Fecha 7-1-1983

17

ra el río Diamante). En esta área, las zonas de mayor salinidad estarían relacionadas con el arroyo Las Aguaditas, colector de aguas que descargan al río Atuel, y de elevada salinidad (mayor de 2990 micromho/cm, Tabla 5).

Para salinidades superiores a 4000 micromho/cm las relaciones $\text{Na} + \text{K}/\text{Ca}$ superan el valor de 1,0 (1,13 pozo N° 611) y 2,0 para la de SO_4/Cl , con un máximo de 3,9 (pozo N° 925).

Para el río Diamante no se han registrado valores superiores a 2,5, para esta última relación, con valores normales por debajo de 2,0. En cambio para el río Atuel esta relación supera siempre el valor 2 (Figuras 1 y 7).

En el gráfico de la Figura N° 17 se han volcado los datos correspondientes a los pozos muestreados en esta última subzona. Estos se caracterizan por estar ubicados -los puntos representativos de su composición relativa- fuera de los grupos I y II, en el campo de cationes / (triángulo lateral). En el campo de los aniones los puntos no se distinguen de los otros grupos.

En la figura 18 se incluye la variación de la dureza total con la salinidad del agua del subsuelo en la Zona II.

La dureza total (DT) en general es elevada, mayor de 231 mg/l de CO_3Ca , excepto para los pozos de la zona norte, N° 91 y 5104, cuyos valores determinados son 117 y 80 mg/l de CaCO_3 , respectivamente. La / DT alcanza un valor máximo de 2020 mg/l para el pozo N° 1292, ubicado al sur del río Diamante, concordante con la zona de máxima salinidad.

En cuanto a la relación entre el contenido de boro y la salinidad, para esta zona (Figura 18), se observa que aquel es bajo, no superando el valor de 1,3 mg/l.

En la Tabla 7 se incluyen, para los pozos muestreados, las variaciones observadas en la salinidad del agua del subsuelo de la Zona II. Estas variaciones no superan, al igual que para la zona I, el 10%, / con valores en general inferiores al 5 % considerando los años 1979, 1980 y 1981.

3.2.2.3. Salinidad del Agua Subterránea Explotada entre 10 y 60 m de profundidad.

Dentro del ámbito de la zona II, y más exactamente al sur del Arroyo La Hedionda, existen pozos que explotan el Acuífero Superior entre los 10 y

VARIACION DE LA DUREZA Y CONTENIDO DE BORO EN RELACION CON LA SALINIDAD DEL AGUA SUBTERRANEA DE LA ZONA II

Período de muestreo : Año 1980

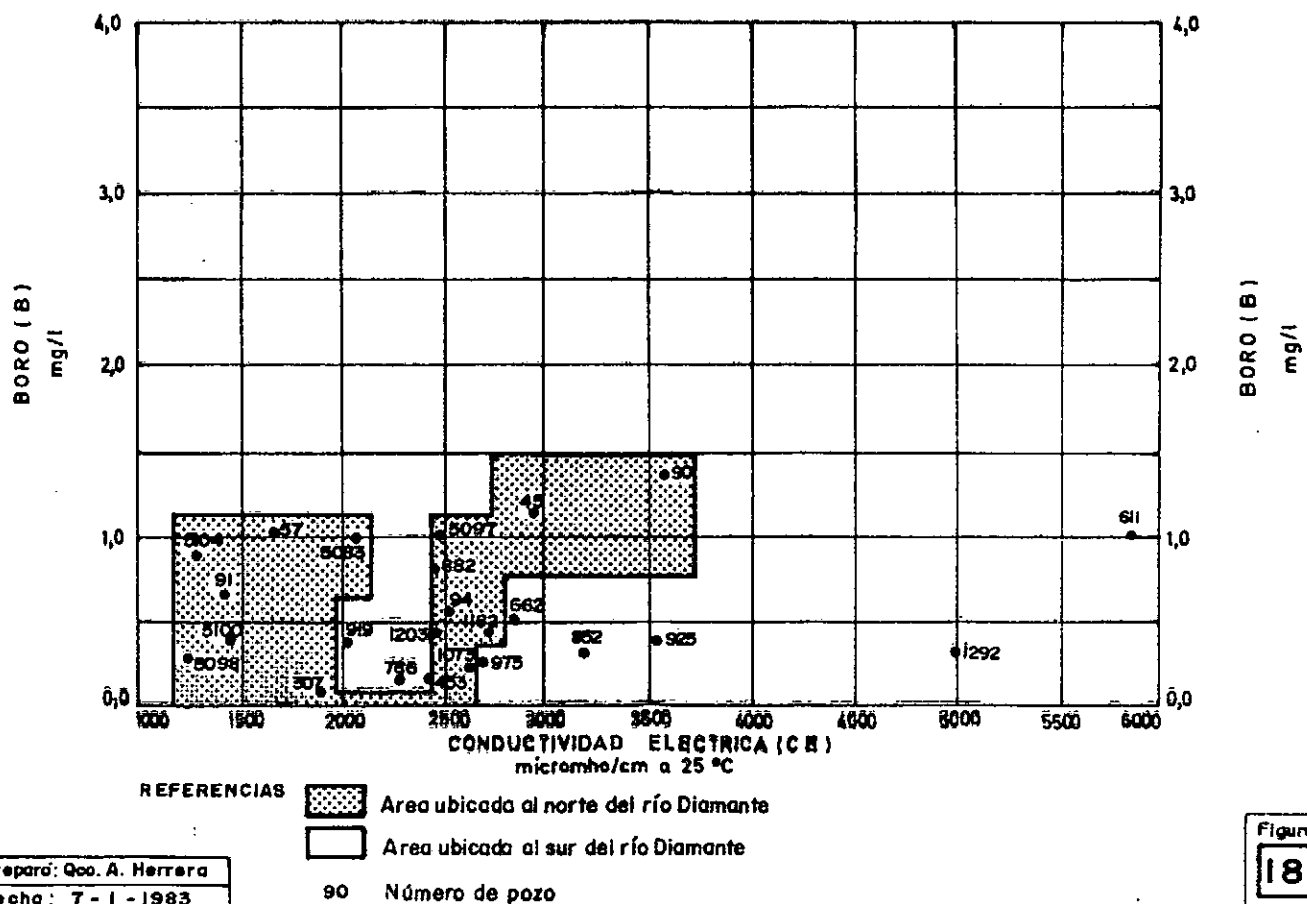
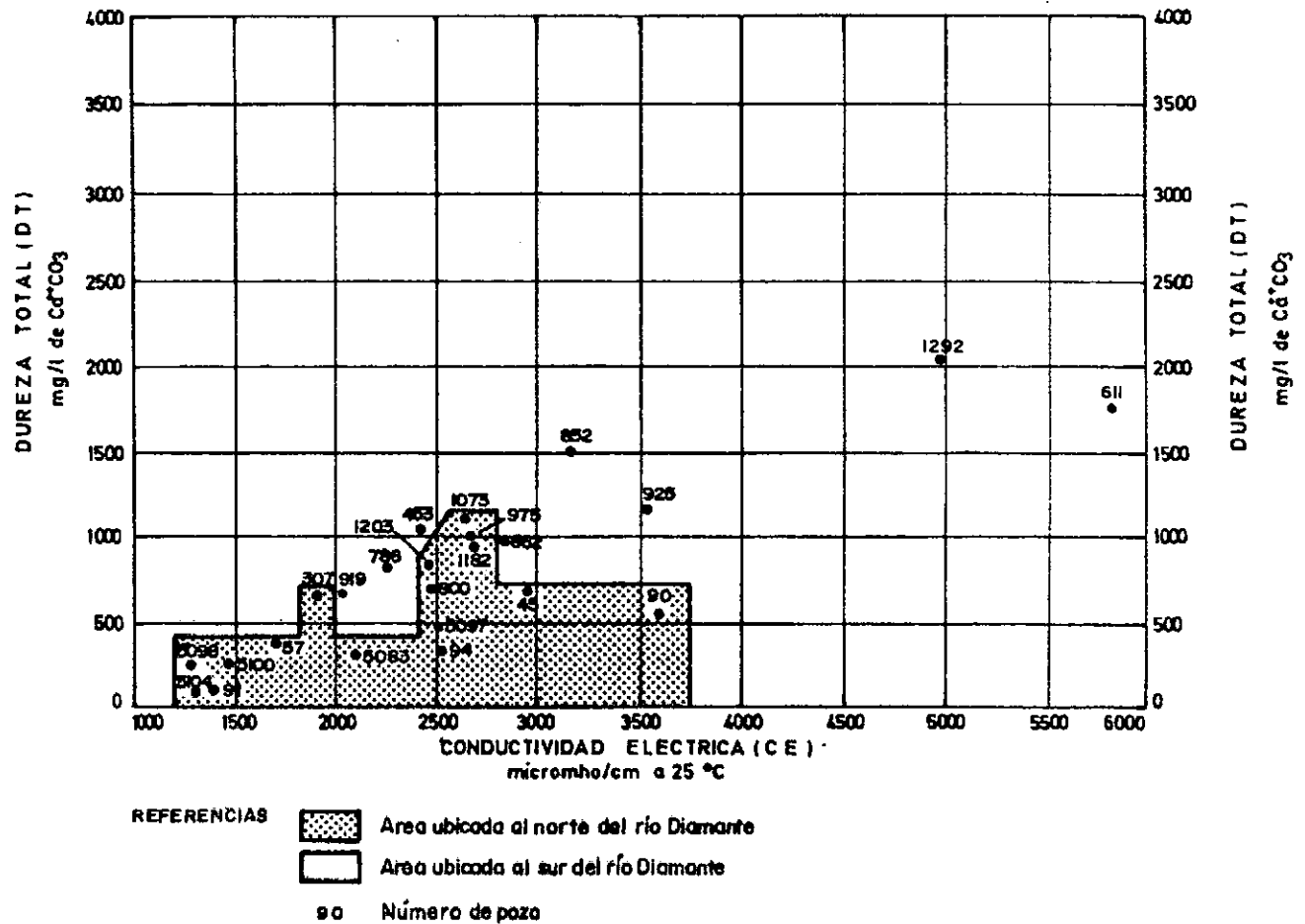


TABLA 7

CRAS
Área Hidroquímica

VARIACION DE LA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA DEL ACUIFERO SUPERIOR-ZONA II
Profundidad de explotación: 30-60 m

CENTRO REGIONAL DE AGUA SUBTERRANEA
San Juan - República Argentina

N°de POZO	PROFUNDIDAD TOTAL (m)	FILTROS (m)		CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (micromho / cm a 25°C)								
				PERIODO DE MUESTREO (AÑO)								
				1979	1980	Diferencia Período 1980 - 1979		1981	Diferencia Período 1981 - 1980		Diferencia Período 1981 - 1979	
						Absoluta	%		Absoluta	%	Absoluta	%
45	24			2950	2950	0	0	3020	70	2,37	70	2,37
57	36			1650	1700	50	3,03	1700	0	0	50	3,03
90	42				3610							
91	44				1380							
94	35			2570	2520	50	1,94					
307	44	20	44	1820	1890	70	3,85					
453	60	36	60	2400								
611	66	40	66	5830	5840	10	0,17					
662	65	40	65	2710	2840	130	4,78					
786	41	21	41	2270	2260	10	0,44					
852	65	34	65	2980	3170	190	6,37					
882	65	40	65	2530	2480	50	1,97					
919	40	20	40	2230	2020	210	9,41					
925	41	21	41	3420	3530	110	3,22					
975	65				2680							
1073	60	35	60	2670	2650	20	0,75					
1182	66	41	66	2760	2700	60	2,17					
1203	65	40	65	2480	2480	0	0					
1292	71	48	71		5000							
5083	77							2081				
5097	42							2500				
5098	45							1280				
5100	43							1470				
5104	65							1300				

60 m de profundidad, mediante filtros que captan por encima y por debajo del nivel de -30 m. Las características químicas del agua extraída de estos pozos difiere de aquella explotada del nivel que define estrictamente a la Zona II (30-60 m).

En la Tabla N° 8 se puede consultar los datos relativos a las profundidades de explotación, los valores de la conductividad eléctrica y las variaciones producidas fundamentalmente entre los períodos 1979 y 1980.

En la Figura 19 se han trazado las curvas de igual conductividad eléctrica.

Para estas condiciones de explotación, el agua extraída se caracteriza por tener una salinidad intermedia a la que tiene el agua subterránea de las zonas I y II.

Los valores límites determinados están comprendidos entre 1280 micromho/cm (pozo N° 704) y 5300 micromho/cm (pozo N° 900).

La salinidad media determinada es de 3380 micromho/cm (4480 para la Zona I y 2610 para la Zona II), con una desviación standard de 1040 micromho/cm.

Por comparación de las curvas trazadas en la Figura 19 con las correspondientes a la Zona II (Lámina 2), se comprueba que la curva de 3000 micromho/cm se ha desplazado hacia el nordeste, atravesando el curso / del río Diamante.

Es decir, que esta intercomunicación mediante esta forma de ubicar los filtros, produce la mezcla de agua con composición diferente, / provocando la salinización del horizonte menos mineralizado del Acuífero Superior, ubicado entre los 30 y 60 m de profundidad.

Por esta razón puede esperarse que para esta última profundidad se presentan situaciones no tan definidas como la que muestran las curvas de la Lámina 2, para la Zona II.

3.2.2.4. Contenido de Arsénico (As) en el Acuífero Superior (Zona I)

En la Zona I (0-30m) se han muestreado pozos para determinar el contenido de arsénico en el agua subterránea.

En la Lámina N° 5 se han trazado las curvas de igual contenido de As, expresada la concentración en mg/l. Se observa que esta / /

TABLA 8

CRAS

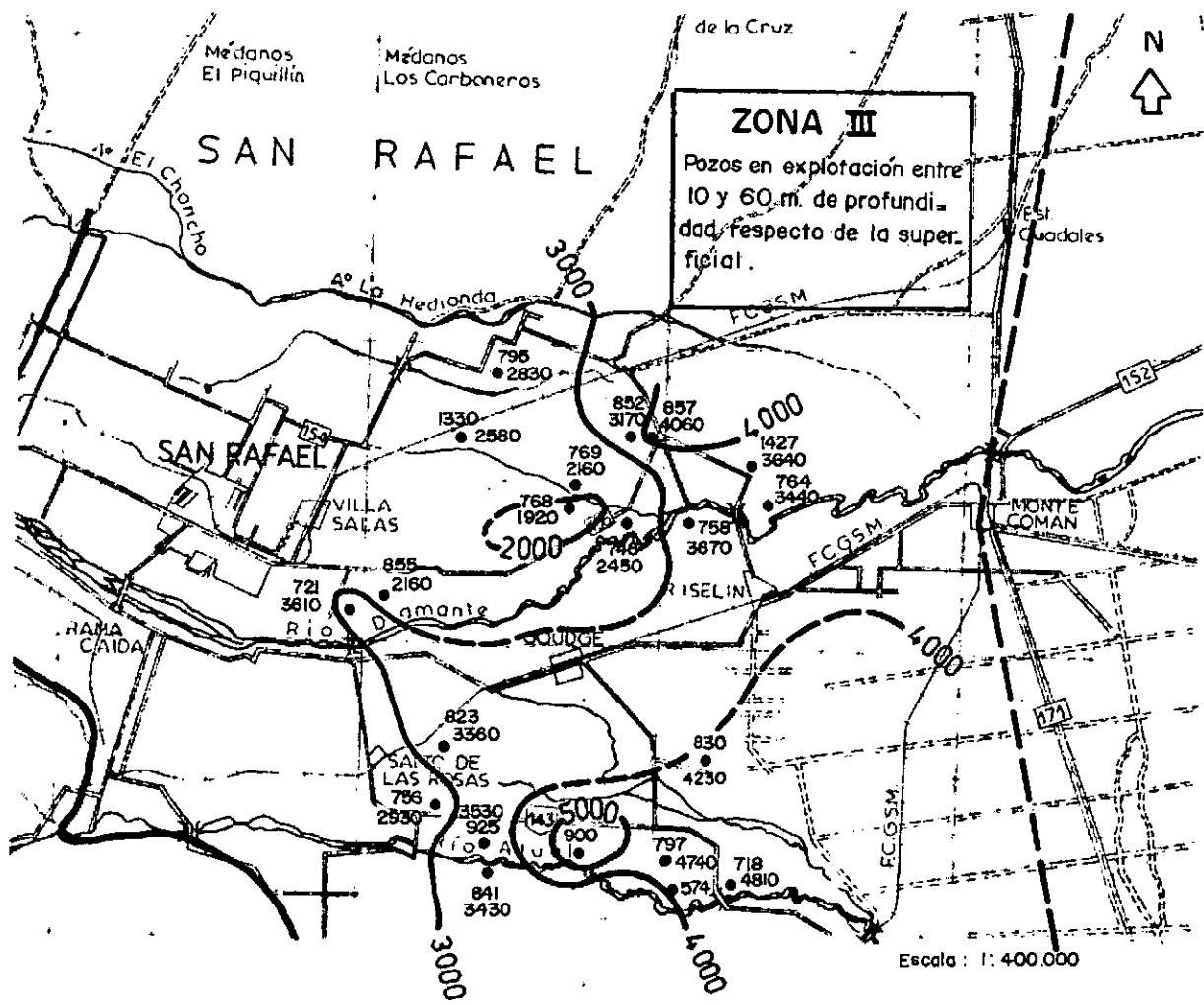
Area Hidroquímica

VARIACION DE LA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA DEL ACUIFERO SUPERIOR (Aguas mezcla)
Profundidad de la explotación: 10 y 60 m

CENTRO REGIONAL DE AGUA SUBTERRANEA
San Juan - República Argentina

[illegible]

CURVAS DE ISOCONDUCTIVIDAD ELECTRICA
ACUIFERO SUPERIOR - (Agua Mezcla)
(Explotación 10-60m.)
Período de muestreo : Año 1980



REFERENCIAS

- 823 Número de pozo.
- Pozo muestreado con datos químicos
- 3360 Valor de Conductividad eléctrica en micramho/cm a 25°C
- Curva de igual conductividad eléctrica.
- - - Idem - Curva inferida ó dudosa
- | Límite entre diferentes zonas con diferentes profundidades de explotación

varía entre 0,00 y 0,11 mg/l (pozo N° 58).

Los mayores contenidos de As se encuentran al norte de la zona (norte del río Diamante), a partir de la curva de 0,05 mg/l.

Al sur del río Diamante los valores máximos alcanzan a // 0,06 mg/l para los pozos N° 1921 y 1925, próximos a la Estación Coico.

El origen del contenido de As no está bien definido hasta la fecha, lo que resta por investigar.

En las aguas superficiales analizadas (río Diamante y algunos canales y desagües), no se ha detectado la presencia de arsénico, por lo que habría que pensar que éste no se aporta a través de las recargas principales como que tampoco evoluciona en sentido del flujo.

Más bien habría que esperar que el arsénico esté relacionado con los médanos ubicados en zonas coincidentes con las máximas concentraciones encontradas, como la cubierta eólica al oeste de la estancia / Huaicopalo y al oeste de la estación Coico.

Al norte de la zona no debe descartarse el posible ingreso de arsénico debido a los aportes del noroeste sugeridos en párrafos anteriores.

Asimismo deberán estudiarse las condiciones estructurales de la región en consideración, en relación con un posible hidrotermalismo, teniendo en cuenta las temperaturas anormales medidas en las Zonas I y II al norte del río Diamante (Lámina 6).

Es posible que, debido al avance de aguas provenientes de la recarga principal carente de As, se diluyan los tenores contenidos en el agua del subsuelo en la zona de mezcla.

El tenor de arsénico determinado supera los límites aconsejables y aceptables fijados por O.S.N., a partir de la curva de 0,01 mg/l. Sin embargo, las normas de este Organismo establecen como límite tolerable un tenor de 0,10 mg/l. Por consiguiente en esta zona es aconsejable efectuar un estudio en detalle a los fines de utilizar estas aguas para / consumo humano o animal.

3.2.3. Características hidroquímicas del acuífero principal

El acuífero principal tiene un espesor aproximado de 200 m y está integrado por sedimentos medianos a finos. En este acuífero, se /

han muestreado pozos con ubicación de filtros a diferentes profundidades. La distribución regional de los mismos, producto de la explotación privada existente y de la escasa exploración realizada, no ha permitido diagramar una red hidroquímica adecuada para conocer las características químicas del agua subterránea en toda la extensión de la cuenca para este paquete acuífero.

De la misma manera, no todos los niveles dentro de este paquete cuaternario son objeto de explotación, por lo que la interpretación realizada necesariamente deberá ser ajustada en el futuro. No obstante / puede utilizarse como orientativa hacia una mayor explotación para el desarrollo de esta región.

Del análisis preliminar de los datos químicos existentes y de acuerdo con los resultados de la interpretación geológica, este acuífero principal puede dividirse, en principio, en dos capas hidroquímicamente diferenciables: a) acuífero principal superior, con explotación entre los 60-65 y 165 m, y b) acuífero principal inferior, con muy escasa explotación o exploración entre los 150-165 y 260 metros de profundidad.

La interpretación hidroquímica se realizó teniendo en cuenta esta subdivisión. Para el acuífero principal inferior sólo se contó con los datos del muestreo químico del agua de 13 perforaciones distribuidas algo aleatoriamente. No obstante, dado su interés en relación a la calidad química del agua detectada, los mismos serán utilizados para establecer un modelo de comportamiento hidroquímico muy preliminar.

3.2.3.1. Características hidroquímicas generales del acuífero principal superior (Area parcial)

Este acuífero se ha delimitado en profundidad para una explotación entre 60-65 m a 165 m.

Debido a la carencia de perforaciones distribuidas en toda la cuenca, ha sido muestreado sólo en una pequeña área entre los ríos Diamante y Atuel y entre las localidades de Monte Comán y Salto de las Rosas.

Esta zona abarca a las localidades de Goudge y R. Iselín / (figuras 20 y 23).

Del análisis de los pozos seleccionados y de la información relativa a su calidad, se ha efectuado una subdivisión del Acuífero Princi

pal Superior en dos profundidades de explotación: a) 60 a 100 m y b) entre 100 y 150-165 m. En las figuras 20 y 23 puede consultarse la ubicación de las perforaciones consideradas.

El periodo base para la interpretación corresponde al año 1980.

3.2.3.1.1. Explotación entre 60 y 100 m de profundidad

En la figura N° 20 se han trazado las curvas de salinidad, en términos de la conductividad eléctrica (en micromho/cm a 25 °C).

La salinidad de este horizonte acuífero es algo superior al más profundo, y varía entre un mínimo de 2530 micromho/cm a un máximo de 6220 micromho/cm. La media es de 3550 micromho/cm, con una desviación de 910 micromho/cm.

Se nota que la mayor salinidad, cuña de 4000 micromho/cm, / se encuentra al sur de la localidad de R. Iselín, en donde se encuentra el pozo N°1010 con la máxima conductividad eléctrica (6220 micromho/cm).

Algo más hacia el este, próximo a la localidad de Monte Comán, existen situaciones locales, con salinidades también mayores definidas por una curva de 4000 micromho/cm.

Encerrando a la localidad de R. Iselín, se ubica la zona de menor salinidad detectada para ésta profundidad (curva de 3000 micromho/cm, figura 20).

Tanto a la margen derecha del río Diamante como del Atuel / se han determinado conductividades eléctricas no muy superiores a 3.000 micromho/cm.

De la consideración del diagrama de la figura 21, interpretado para estas profundidades se puede establecer que el agua subterránea se caracteriza por lo siguiente:

a. Pertenecer al grupo I del gráfico multivariable (Figura 21). Este se define fundamentalmente por su composición relativa diferencial en el campo de los aniones (triángulo superior). El contenido del ión sulfato está comprendido entre el 28 y 38 %me, y de cloruros entre el 8 y 20 %me. Los bicarbonatos entre el 3 y 6 %me, y son los que experimentan una menor variación.

b. Corresponderle una relación iónica de SO_4/Cl comprendi-

CRAS

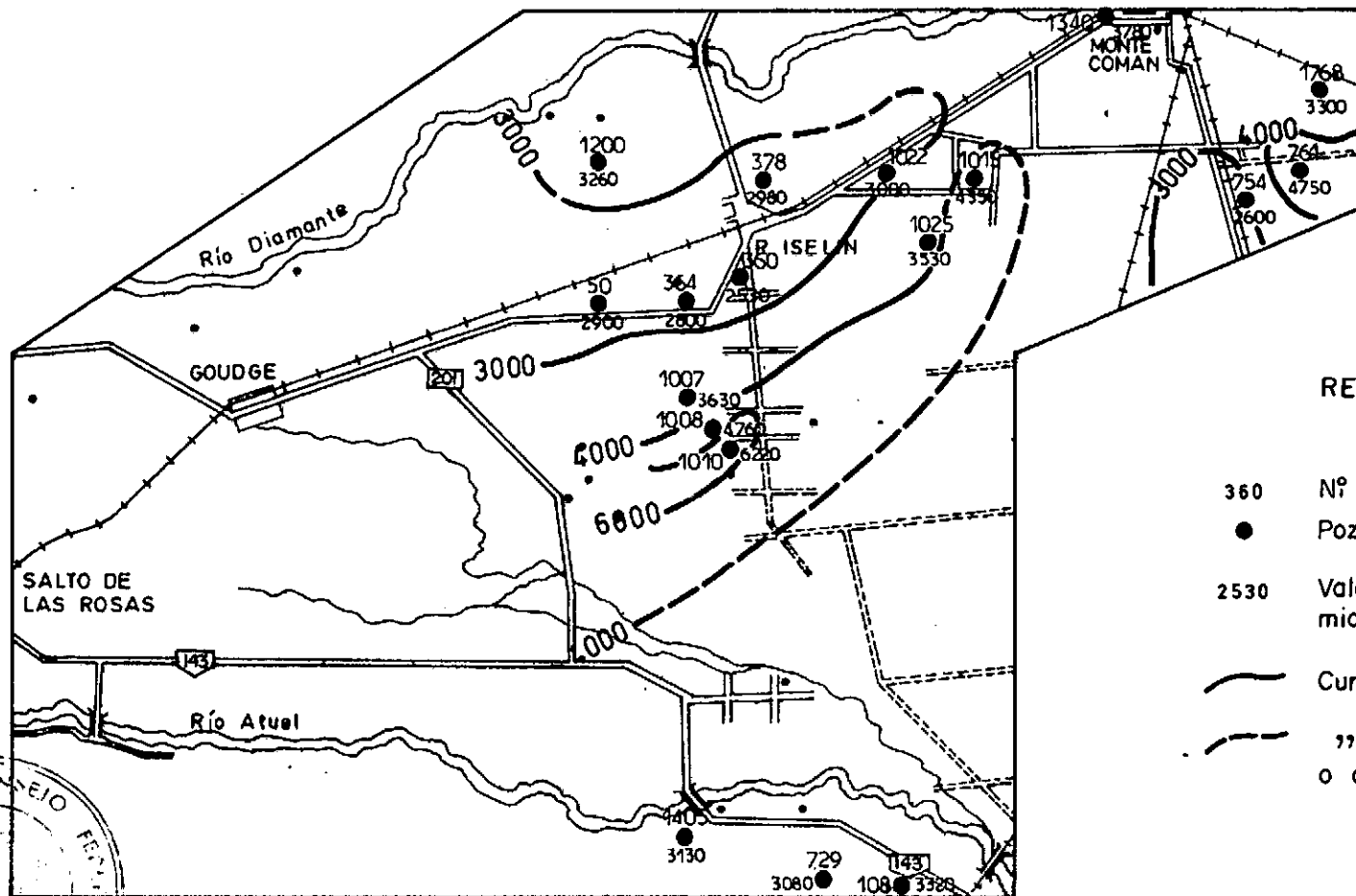
Área Hidroquímica

CENTRO REGIONAL DE AGUA SUBTERRANEA
San Juan, República Argentina

CURVAS DE ISOCONDUCTIVIDAD ELECTRICA ACUIFERO PRINCIPAL SUPERIOR

Profundidad de explotación entre 60 y 100 m.

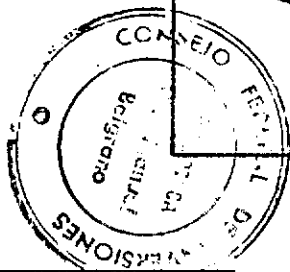
PERIODO DE MUESTREO: AÑO 1980



REFERENCIAS

- 360 N° de pozo
- Pozo muestreado con datos químicos
- 2530 Valor de conductividad eléctrica en micromho/cm a 25°C
- Curva de isoconductividad eléctrica
- - - " " " " inferida o dudosa.

ESCALA 1:200.000



Preparado por: Gco. P. Lahn
Fecha: 10 de Enero de 1983

Figura

20

DIAGRAMA DE LOHN, P. y JOUKL, M. (1969)

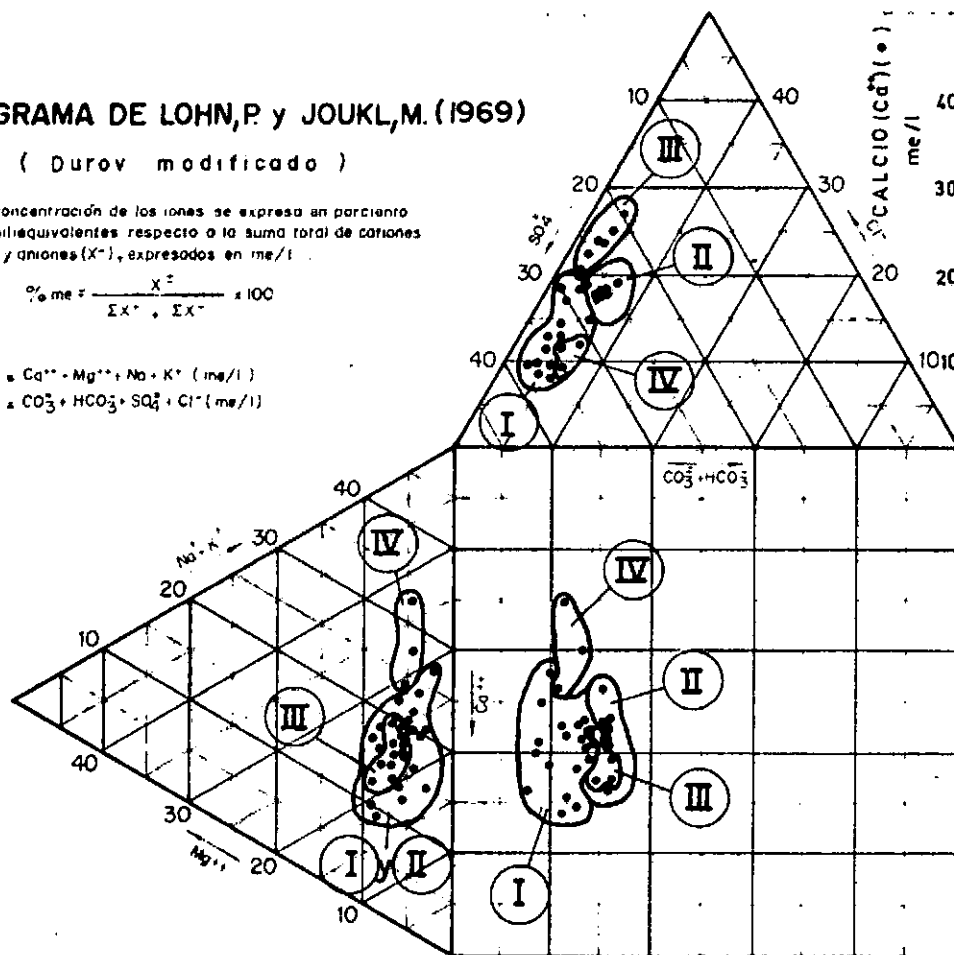
(Durov modificado)

La concentración de los iones se expresa en porcentaje de miliequivalentes respecto a la suma total de cationes (ΣX^+) y aniones (ΣX^-), expresados en me/l.

$$\% \text{ me} = \frac{X^{\pm}}{\Sigma X^+ + \Sigma X^-} \times 100$$

$\Sigma X^+ = \text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} + \text{Na} + \text{K}^+ \text{ (me/l)}$

$\Sigma X^- = \text{CO}_3^{--} + \text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{--} + \text{Cl}^- \text{ (me/l)}$



REFERENCIAS

Periodo de muestreo : Año 1980

1003 Número de pozo

○ Límite de zona

I Identificación de la zona

(6220) Valor de CE fuera de escala

CENTRO REGIONAL DE AGUA SUBTERRANEA

Provincia Mendoza

Area San Rafael - CFI

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

AGUA SUBTERRANEA

ACUÍFERO PRINCIPAL SUPERIOR

Elaboró: Gca. P. Lohn - Ing. C. Ferrés

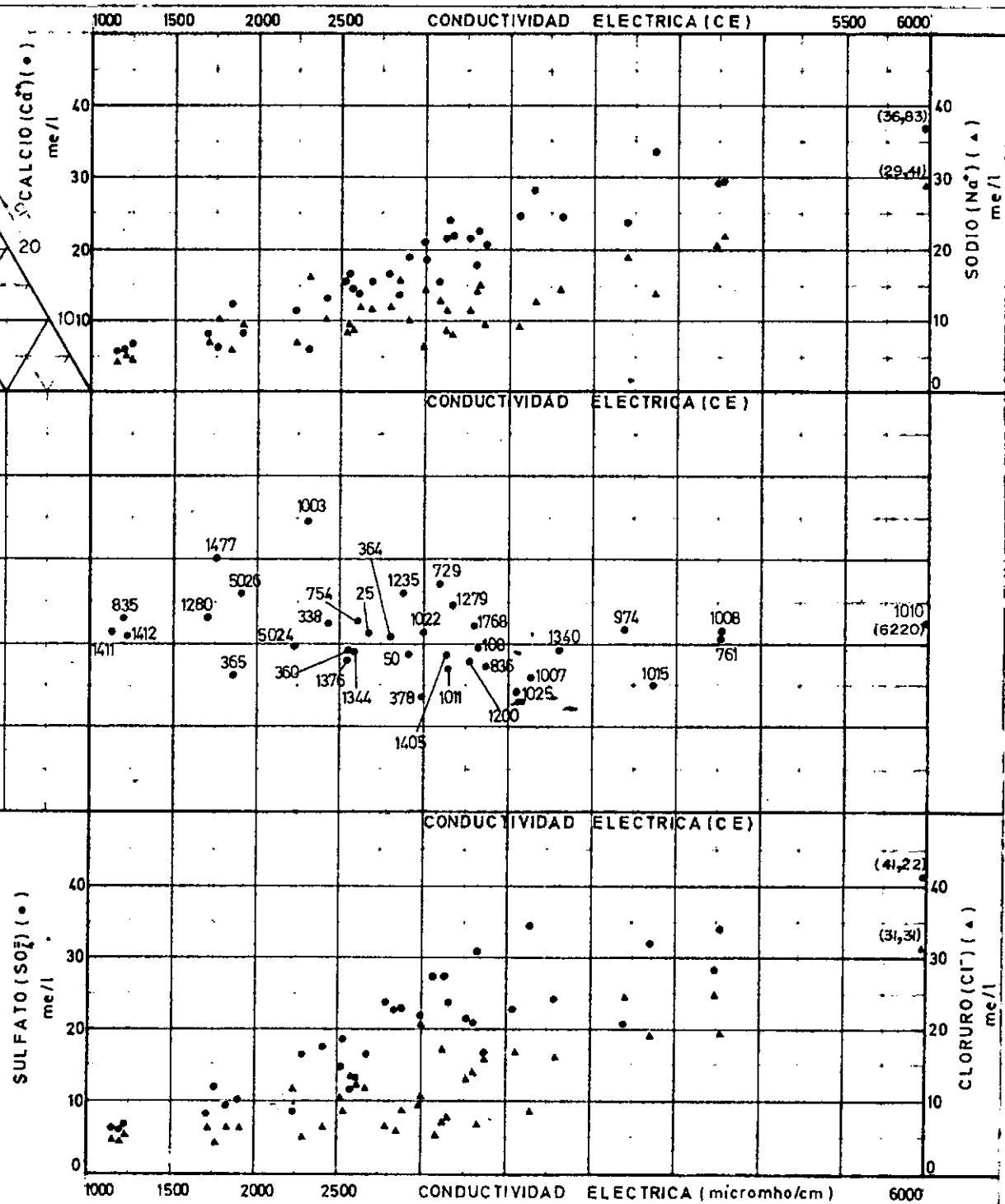
REVISIÓN

FIGURA

Unidad: Area Hidroquímica

Fecha: 10-1-1983, edigo

21



da entre 1,34 y 4,92. En consecuencia las aguas son las más sulfatadas y en general las menos cloruradas, del acuífero principal superior, para la profundidad de explotación considerada (60-100 m).

c. Tener un carácter cálcico (relación Na + K/Ca entre 0,31 y 0,80).

d. Poseer una dureza total elevada, entre 854 y 2390 mg/l de CaCO_3 . En la figura N° 22 se observa una importante correlación con la salinidad.

e. Contener un muy bajo contenido de boro, el que no supera los 0,67 mg/l.

El agua del subsuelo en esta zona puede originarse, tanto en la evolución de aguas del río Diamante, como por el ingreso de aguas subsuperficiales con características de las determinadas para la zona I (explotación entre 0-30 m) y II (explotación entre 30 y 60 m). Estas por mezcla podrían generar aguas con una composición semejante a la que le / corresponde al grupo I aquí considerado. Este ingreso estaría asociado (a esta profundidad), a la explotación localizada e importante que se lleva a cabo en el área en consideración.

De la comparación de la curva de isocconductividad trazadas en la lámina 2 (Zona II) y las de la figura 20, se observa una correlación entre estas últimas y las zonas más mineralizadas.

3.2.3.1.2. Explotación entre 100 y 165 m de profundidad

En la figura N° 23 se han trazado las curvas de isosalinidad para la parte más profunda explotada en el acuífero principal superior, con antecedentes químicos seleccionados.

La conductividad del agua subterránea varía entre un mínimo de 1160 micromho/cm y un máximo de 3360 micromho/cm con un promedio de / 2180 micromho/cm (desviación standard 655 micromho/cm).

El núcleo de mayor salinidad, curvas de 3000 micromho/cm (ubicada al sur de R. Iselín) se encuentra desplazada hacia el norte en relación a el correspondiente para la zona de explotación más superficial vista anteriormente (comparar figuras 20 y 23).

Hacia el oeste el agua tiene la menor salinidad, inferior a los 2000 micromho/cm, individualizada principalmente por los pozos perforados cerca del lecho del río Diamante (N° 1411, 1412 y 835).

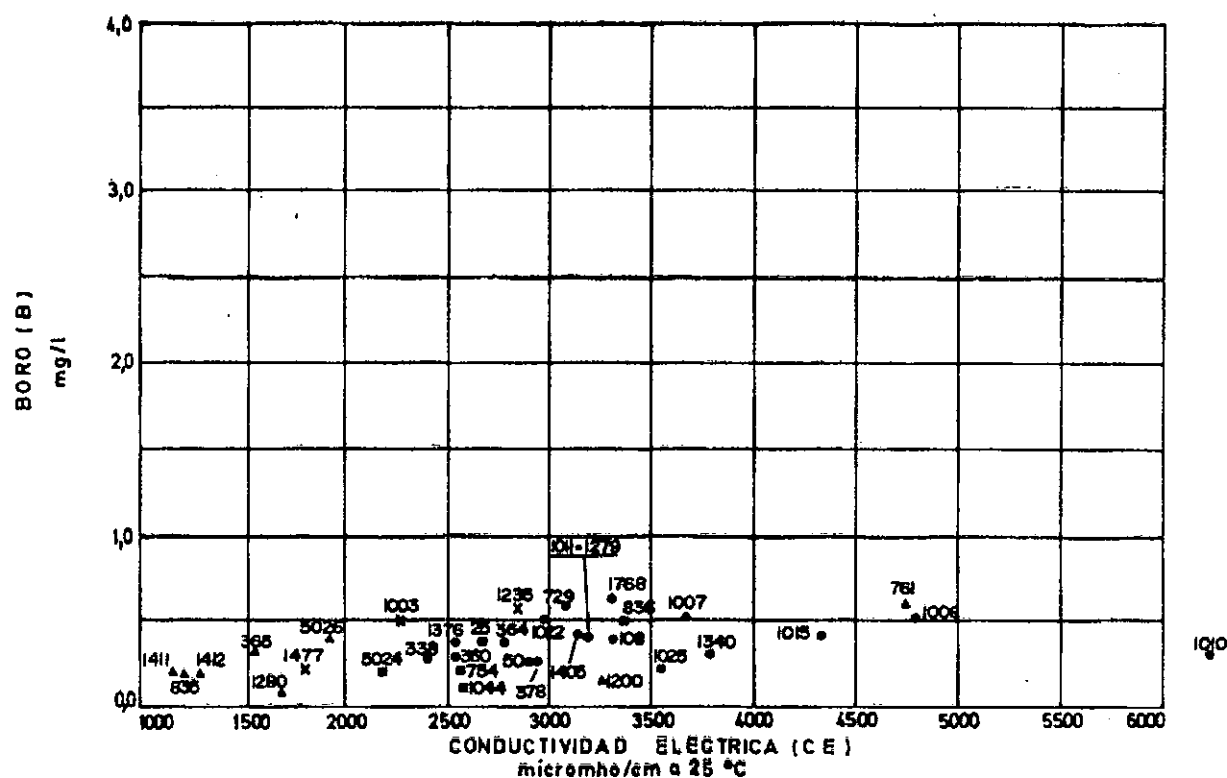
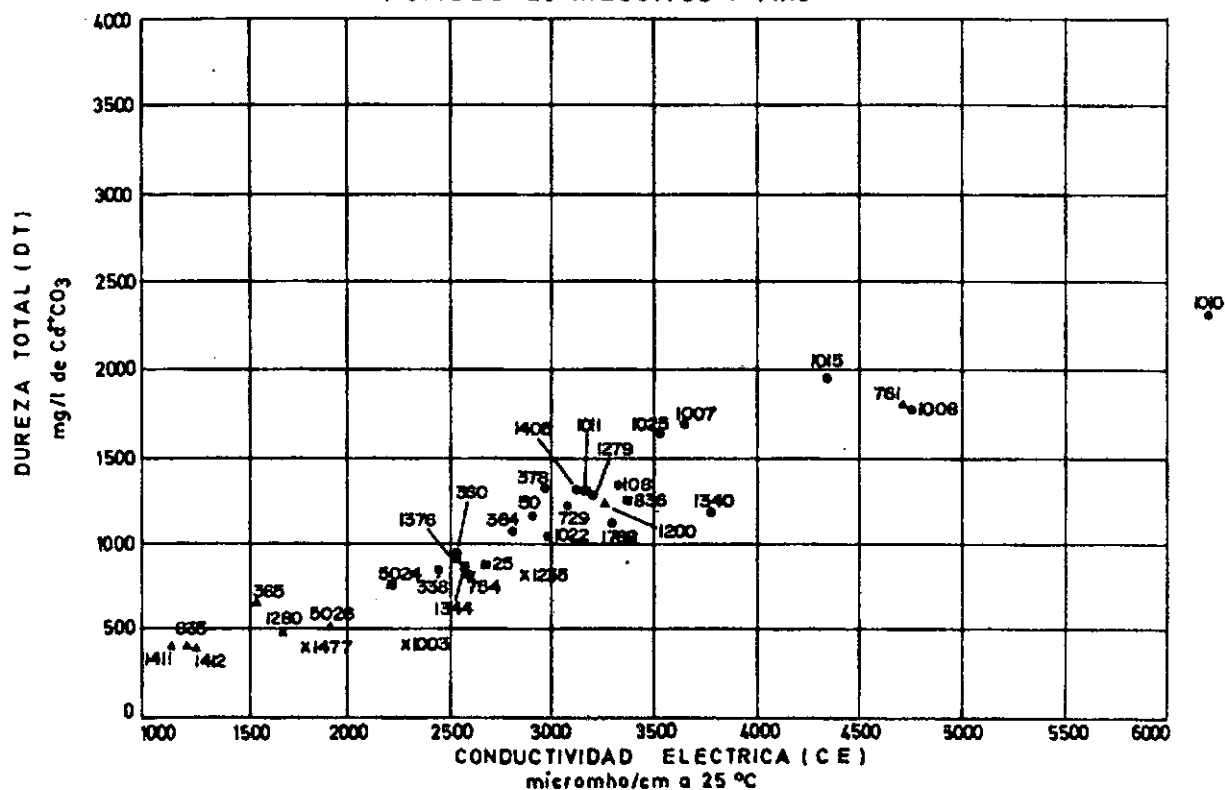
CRAS

Area Hidroquímica

CENTRO REGIONAL DE AGUA SUBTERRANEA
San Juan - República Argentina

VARIACION DE LA DUREZA Y CONTENIDO DE BORO EN RELACION CON LA SALINIDAD DEL AGUA SUBTERRANEA DEL ACUIFERO PRINCIPAL SUPERIOR.

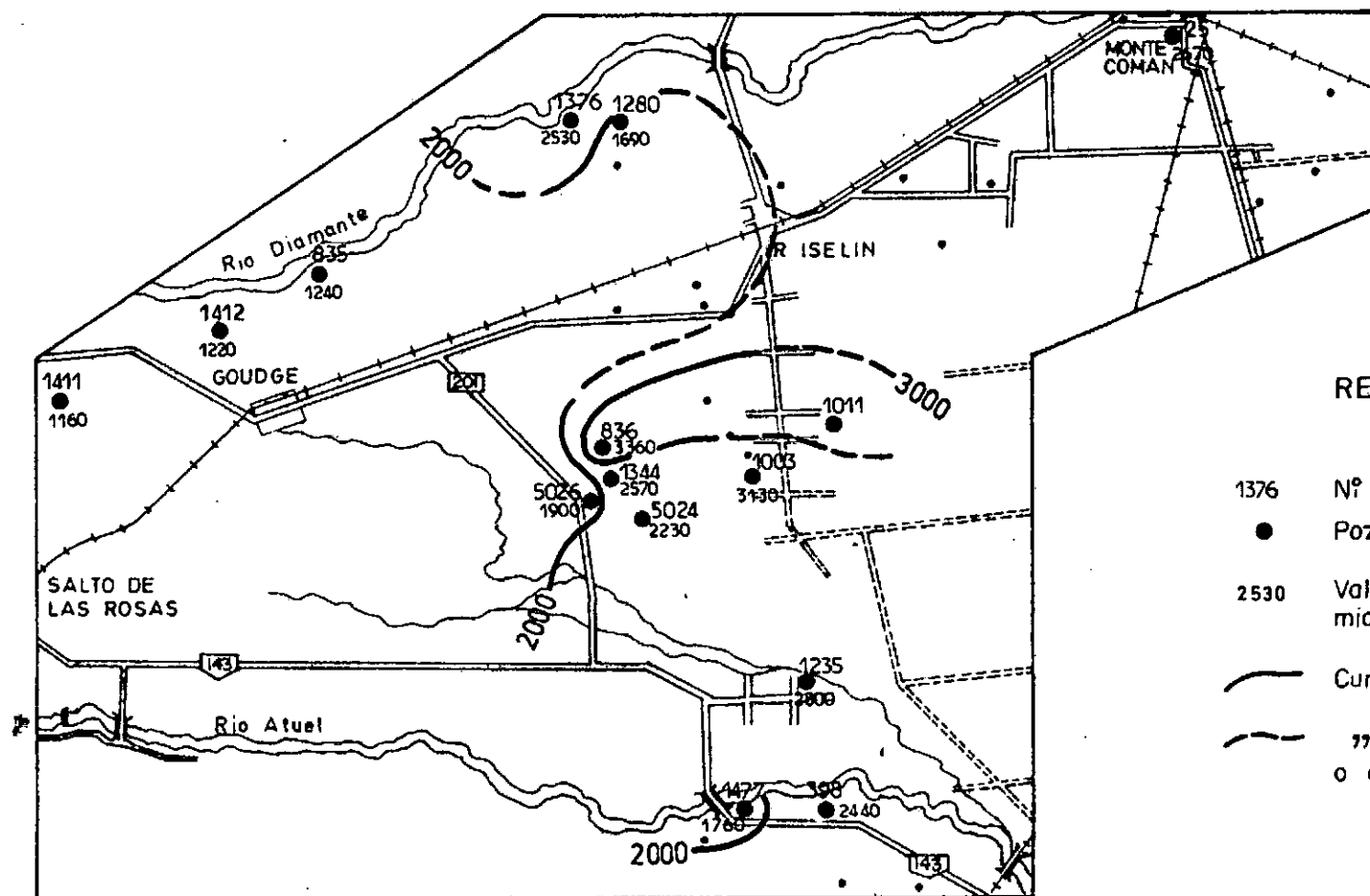
Período de muestreo : Año 1980



REFERENCIAS :
 • Grupo I
 ▲ Grupo II
 ■ Grupo III
 x Grupo IV
 761 Número de pozo

CURVAS DE ISOCONDUCTIVIDAD ELECTRICA ACUIFERO PRINCIPAL SUPERIOR

Profundidad de explotación entre 100 y 165 m.
PERIODO DE MUESTREO : AÑO 1980



REFERENCIAS

- 1376 N° de pozo
- Pozo muestreado con datos químicos
- 2530 Valor de conductividad eléctrica en micromho/cm a 25°C
- Curva de Isoconductividad eléctrica.
- - - " " " " inferida o dudosa

ESCALA 1: 200.000

Las características químicas se han definido también mediante la utilización del gráfico de la figura 21.

Las mismas se han caracterizado por agruparse en tres grupos diferentes en el campo de los aniones (triángulo superior, figura 21).

En base a esta interpretación surge que el agua subterránea para esta profundidad (100-150, m) se caracteriza por:

a. Poseer la menor salinidad en comparación con las evaluadas para profundidades entre 60 y 100 m. Las medias de las conductividades eléctricas para el agua explotada a estas dos profundidades caracterizan / estas diferencias.

Es así que para la menor profundidad (60-100 m) le corresponde un promedio de 3550 micromho/cm, mientras que para la mayor profundidad, el valor promedio determinado es de 2180 micromho/cm. Los valores diferentes de la desviación standard de 910 y 655 micromho/cm respectivamente, indicarían también una menor variabilidad de la salinidad en el nivel más profundo.

b. Pertenecer a los siguientes grupos, caracterizados a igual que antes, más por sus concentraciones relativas aniónicas que cationicas.

1. Grupo II, definido por un contenido relativo de iones bicarbonato, comprendido entre el 6 y 9 %me (superior al que le corresponde al grupo I), de sulfatos entre el 24 y 28 %me (inferior al del Grupo I) y de cloruros entre 17 y 20 %me (menos variable) (triángulo superior, figura 21).

Las relaciones absolutas en me/l de Na + K/Ca varían entre 0,46 y 0,89 y de SO_4/Cl entre 1.31 y 1.62. Estos últimos valores indican que las aguas, si bien son sulfatadas son más cloruradas que las explotadas a menor profundidad.

Las aguas que caracterizan a este grupo se encuentra en el área muy próxima a la margen derecha del río Diamante.

La dureza total también es menor que la determinada para el Grupo I, siendo inferior a 648 mg/l de CaCO_3 (figura 22).

2. Grupo III, caracterizado por tener la menor concentración de iones bicarbonato (inferior a 4 %me) y sulfatos (entre 19 y 26 %me) y la mayor concentración de iones cloruros, superiores al 20 %me (figura 21).

La relación SO_4/Cl toma ahora valores inferiores a 1, entre 0,75 y 0,99, con excepción del pozo 25 (1,41) ubicado en Monte Comán.

TABLA 9

CRAS

Area Hidroquímica

VARIACION DE LA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA DEL ACUIFERO PRINCIPAL SUPERIOR.
Profundidad de explotación : 60 a 165 m.

CENTRO REGIONAL DE AGUA SUBTERRANEA
San Juan - República Argentina

N° de POZO	PROFUNDIDAD TOTAL (m)	FILTROS (m)		CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (micromho / cm a 25°C)									
				PERIODO DE MUESTREO (AÑO)									
				1979	1980	Diferencia Período 1980 - 1979		1981	Diferencia Período 1981 - 1980		Diferencia Período 1981 - 1979		
						Absoluta	%		Absoluta	%	Absoluta	%	
25	166	150	166	2780	2670	110	3,95						
50	105	80	105	3020	2900	120	3,97						
108	100	69	78	3390	3320	70	2,06						
		81	94										
338	130			2310	2440	130	5,63						
360	104	80	100	2560	2530	30	1,17						
364	78	64	78		2800								
365	143	130	143					1820					
378	98	80	98		2980								
729	109	89	109	2560	3080	520	20,3						
754	101	81	101		2600								
761	117	100	117	4610	4750	140	3,03						
835	142	113	142	1240	1240	0,0	0,0						
836	150	125	150	2960	3360	400	13,51						
1003	149	120	149	2270	2300	30	1,32						
1007	90	62	90		3630								
1008	92	60	92	4770	4760	10	0,21						
1010	108	83	108	6370	6220	150	2,35	6040	180	2,89	330 5,18		
1011	125	105	125					3130					
1015	93	64	93	4400	4350	50	1,14						
1022	85	58	85	3010	3000	10	0,33	3030	30	1,00	20 0,66		
1025	85	60	85	3540	3530	10	0,28						
1200	117	87	117	3110	3260	150	4,82						
1235	137	105	137		2880								

TABLE 9 (cont.)

CRAS

Area Hidroquímica

VARIACION DE LA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA DEL ACUIFERO PRINCIPAL SUPERIOR
Profundidad de explotación : 60 a 165 m.

CENTRO REGIONAL DE AGUA SUBTERRANEA

San Juan - República Argentina

[illegible]

Las aguas que se caracterizan por una composición definida por este grupo III se ubican en la zona de la Colonia Elena Colomer, próximas a la cuña más salina de 3.000 micromho/cm (figura 23).

3. Grupo IV. Este grupo se define fundamentalmente por sus concentraciones catiónicas relativas (gráfico de la figura 21). Si bien el contenido de magnesio se mantiene en el 5 % me aproximadamente, el grupo tiene el menor contenido de calcio y el mayor de sodio más potasio de todas las aguas analizadas para el acuífero principal superior.

En este caso la relación $Na + K/Ca$ alcanza valores superiores a 1 (entre 1,16 y 2,69). La relación SO_4/Cl también toma valores elevados entre 2,77 y 3,80. Las aguas que caracterizan a este grupo se encuentran ubicadas a la margen izquierda del río Atuel, hasta aproximadamente al sur de la Colonia Elena Colomer.

La composición química del agua subterránea a esta profundidad de explotación, en relación al horizonte suprayacente antes evaluado, estaría menos influenciado por las aguas más mineralizadas y de composición química diferente de las zonas I y II.

En la tabla N° 9 se incluyen las variaciones determinadas para la salinidad en el acuífero principal superior, en base a diferentes periodos de muestreo. Se deduce que la variación no supera el 10%, comparado los años 1979-1980.

La temperatura del agua subterránea en este acuífero es normal, entre 15 y 21 °C. Tal como ya se indicó al tratar las consecuencias en la zona II, de una explotación con pozos con filtros ubicados en dos horizontes de características hidroquímicas diferentes, también se produce en esta área la mezcla de aguas. Estas aguas tienen en general salinidades más elevadas que las descriptas para la mayor profundidad de la explotación.

Este hecho se comprueba al considerar los análisis de algunos pocos pozos antecedentes con estas características constructivas.

Esta situación puede tener un elevado grado de influencia sobre las conclusiones que se muestran con el modelo de curvas de isosalinidad presentadas en las figuras 20 y 23.

Es importante evitar una explotación que intercomunique ambos horizontes (entre 60 y 100 m y 100-165 m), a fin de evitar que se con

tinúe con la mineralización del acuífero principal superior. Lo dicho / vale para el área estudiada.

3.2.3.2. Características hidroquímicas generales del Acuífero Principal Inferior

Para la interpretación de esta formación acuífera se han utilizado datos provenientes de 13 perforaciones, incluyendo 6 de las ejecutados para el presente proyecto.

En la lámina N° 6 se puede consultar la ubicación de los pozos con datos químicos. En este caso el período de base lo conforma el muestreo del año 1982.

En la mencionada ilustración se han trazado las isolíneas representativas de la distribución salina del agua subterránea. El esquema que se presenta tiende a mostrar, en función de lo expresado anteriormente, un modelo preliminar de su comportamiento hidroquímico.

La salinidad, expresada como conductividad eléctrica específica, varía entre un mínimo de 856 micromho/cm hasta un máximo de 2990 micromho/cm. La salinidad media para los 13 pozos considerados resulta de 1750 micromho/cm, con una desviación estándar de 524 micromho/cm. Estas características ya indican las buenas perspectivas que presenta este paquete acuífero respecto de todos los anteriormente analizados.

3.2.3.2.1. Áreas situadas al norte del río Diamante.

Se observa en la lámina N° 6 que la menor salinidad (curva de 1000 micromho/cm) se corresponde con las perforaciones próximas al río Seco de Las Peñas. Analizada esta zona mediante la consideración de las curvas de igual relación $\text{Na} + \text{K}/\text{Ca}$ (lámina N° 7) y SO_4/Cl (Lámina N° 8), así como de la interpretación de la figura 24), puede establecerse que el agua se caracteriza por lo siguiente:

- a. Tener el máximo valor para la relación $\text{Na} + \text{K}/\text{Ca}$, superior a 3,8. Ello indica el elevado contenido de sodio en estas aguas;
- b. Corresponderle asimismo el máximo valor de la relación SO_4/Cl , superior a 2,9 (agua sulfatada);
- c. Pertenecer al Grupo I del diagrama de la figura 24. Dentro de este grupo, a su vez, se distingue por el menor contenido relativo del ión magnesio (inferior al 3 % me), el máximo de $\text{Na} + \text{K}$ (39 % me) y el

mínimo de Ca (9,6 %me).

En cuanto a los aniones, presenta el mayor contenido relativo de bicarbonatos (12 a 14 % me) y el menor en cloruros (inferiores al 10 % me).

d. Poseer la menor dureza total, de las aguas que definen el acuífero analizado (figura 25). La dureza total alcanza valores entre 95 y 119 mg/l de CaCO_3 .

e. Presentar un contenido de boro no muy elevado, inferior a 0,70 mg/l. (Figura N° 25).

f. Poseer las temperaturas del agua más elevadas de todas las determinadas (pozo 5103: 36 °C, pozo 5102: 30 °C), lámina N° 6.

El comportamiento descrito, similar al ya observado para la zona II del Acuífero Superior (Grupo I, figura 17) parece entonces plantearse como característico de aguas circulantes desde el oeste, quizá vinculadas a una infiltración en el río de Las Peñas u a otros orígenes relacionados con la vertiente oriental de la Sierra Pintada. Esta composición química nada tiene que ver con el agua del río Diamante (ver diferencias por comparación de los diagramas de las figuras 17 y 24).

Hacia el este de la zona descrita se encuentra otra región de baja salinidad, definida por la curva de 1700 micromho/cm, que incluye el área de Estación Guadales. Continuando con el análisis efectuado, este sector presenta los siguientes rasgos:

a. Relación Na + K/Ca superior a 1 (Lámina N° 7), que se distingue a su vez de la determinada más al este con valor inferior a 1. Estas son aguas más cálcicas que las consideradas en los párrafos anteriores.

b. Relación SO_4/Cl superior a 1,5, lo que indica la presencia de aguas menos sulfatadas.

c. Correspondencia con el Grupo I de la figura n° 24. Debido a su composición relativa se diferencian dentro del grupo por un mayor contenido de calcio (19 a 21 % me) y menor concentración relativa de sodio (28 % me). En cuanto a los aniones, estas aguas tienen menor concentración de bicarbonatos (inferior al 4 %me) y más iones cloruros (17 a 19 %me)

d. Temperaturas cercanas o algo superiores a 30 °C (Lámina N° 6). Se observa una tendencia de la temperatura a disminuir con el incremento de la salinidad, en la posible dirección del flujo, desde el área de

DIAGRAMA DE LOHN, P. y JOUKL, M. (1969)

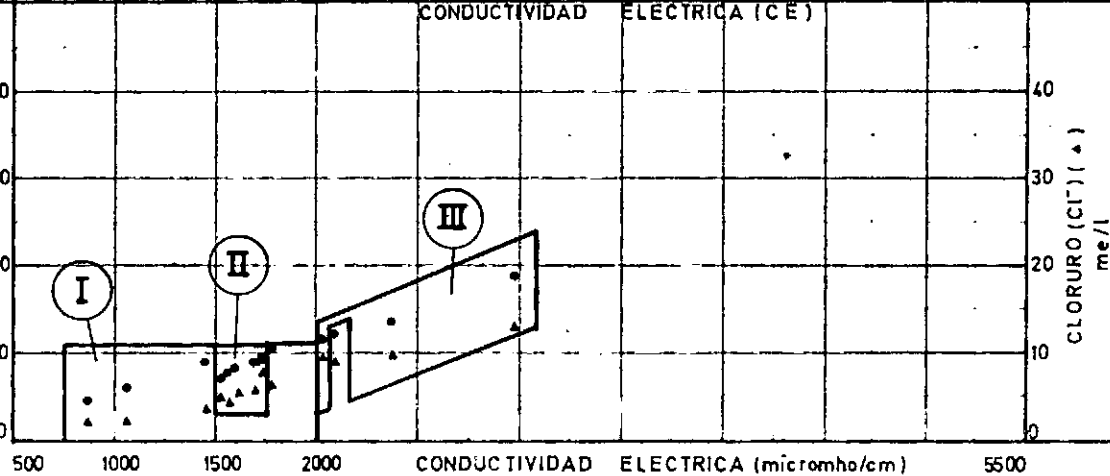
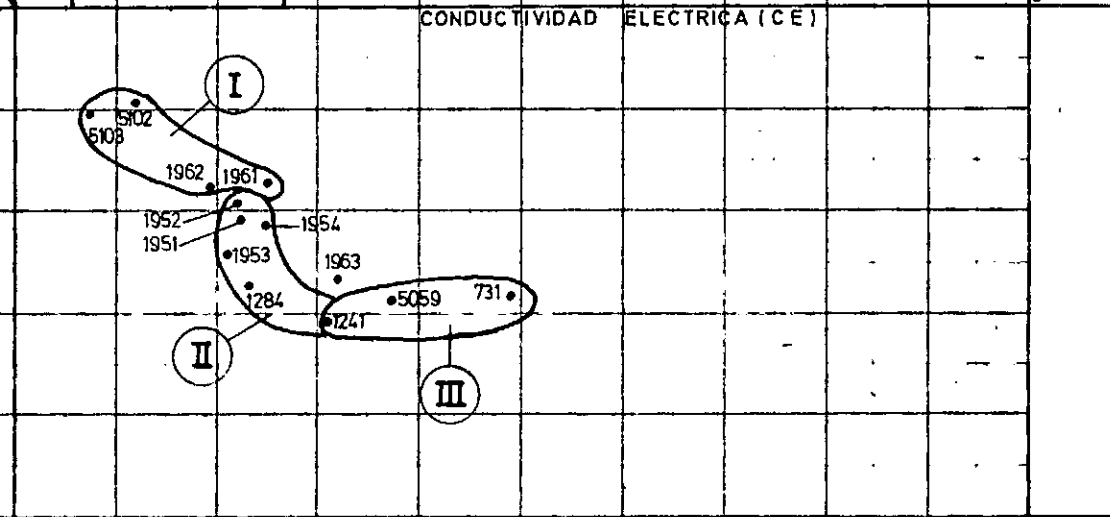
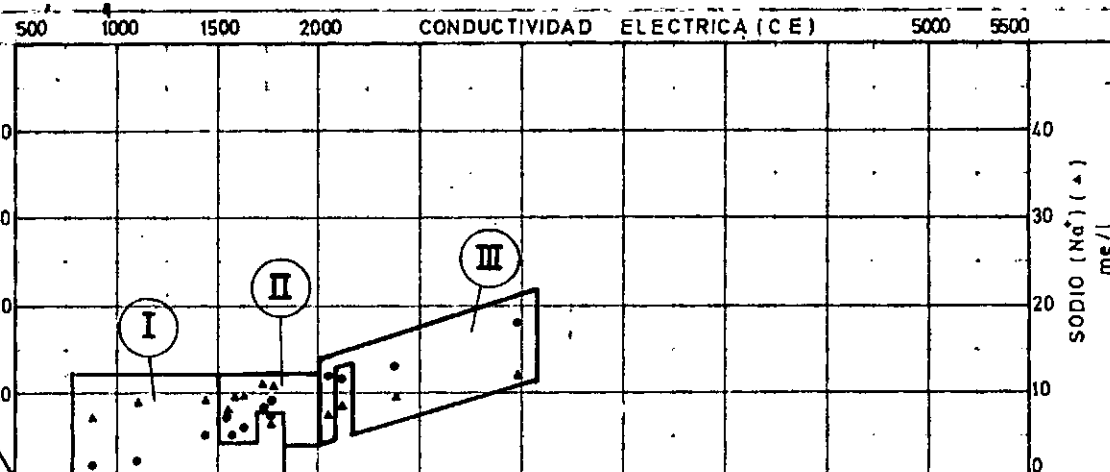
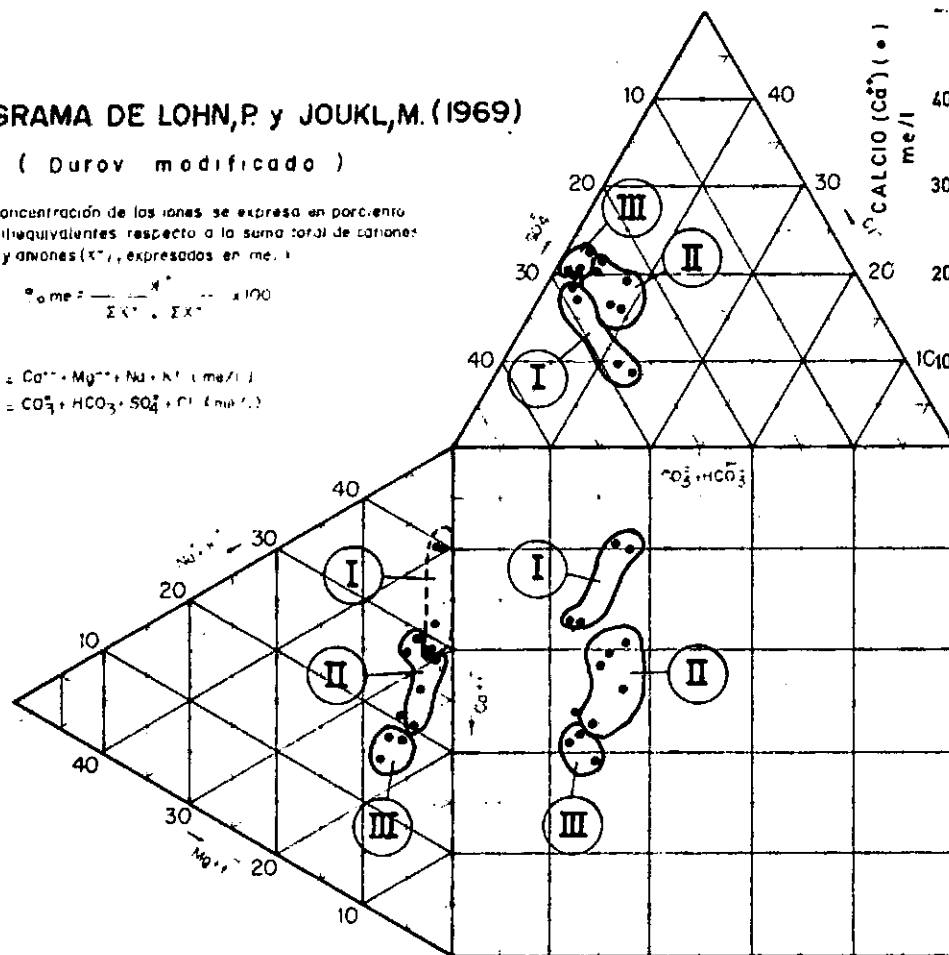
(Durov modificado)

La concentración de los iones se expresa en porcentaje de miliequivalentes respecto a la suma total de cationes (X⁺) y aniones (X⁻), expresados en me/l.

$$\% \text{ me} = \frac{\text{X}^+}{\Sigma \text{X}^+ + \Sigma \text{X}^-} \times 100$$

$$\Sigma \text{X}^+ = \text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} + \text{Na} + \text{K} \text{ (me/l)}$$

$$\Sigma \text{X}^- = \text{CO}_3^{--} + \text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{--} + \text{Cl}^- \text{ (me/l)}$$



REFERENCIAS

Periodo de muestreo: Año 1981

1962 Número de pozo

--- Límite de zona

I Identificación de la zona

CENTRO REGIONAL DE AGUA SUBTERRANEA

Provincia Mendoza Area San Rafael - CFI

CARACTERISTICAS QUIMICAS

AGUA SUBTERRANEA

ACUIFERO PRINCIPAL INFERIOR

Elaborado por: Qca. P. Lohn - Lic. E. Garcia

REVISIÓN

Área Hidroquímica

7-1-1983

24

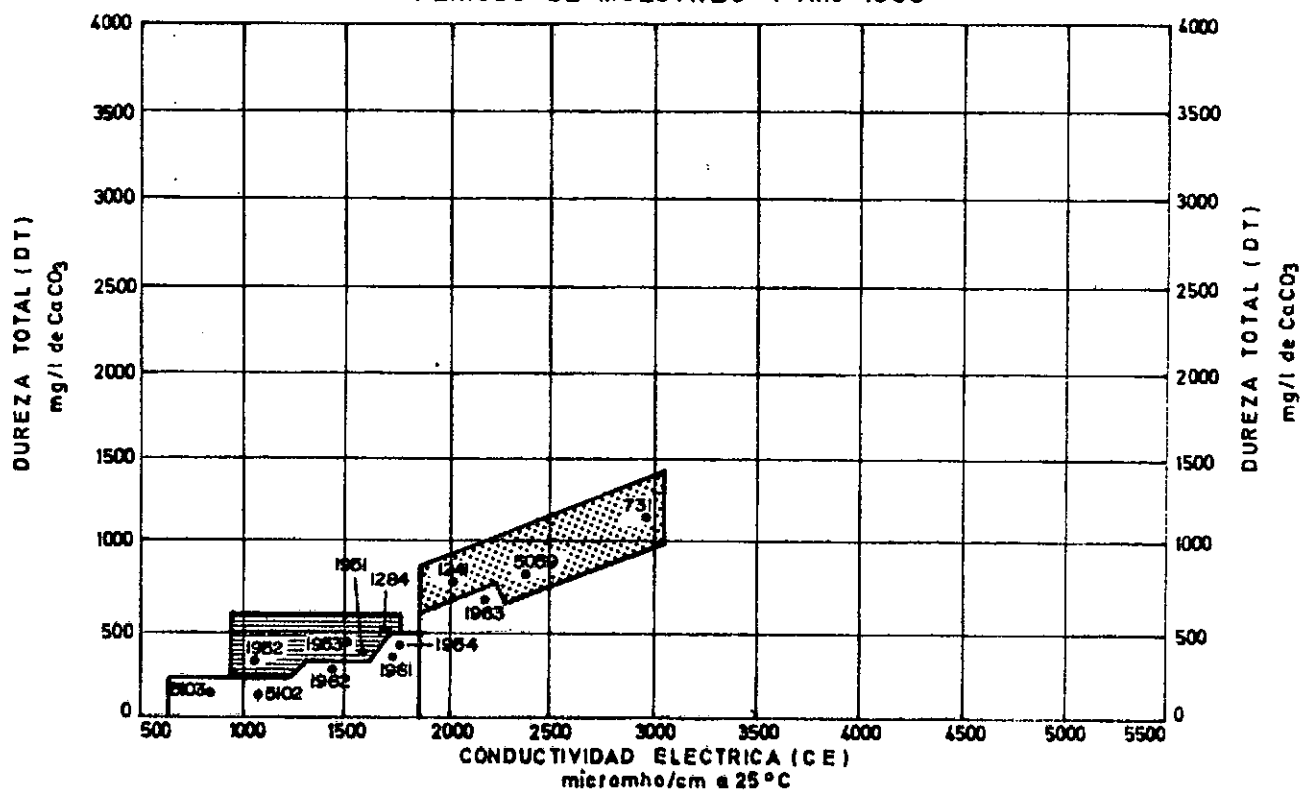
CRAS

Area Hidroquímica

CENTRO REGIONAL DE AGUA SUBTERRANEA
San Juan - República Argentina

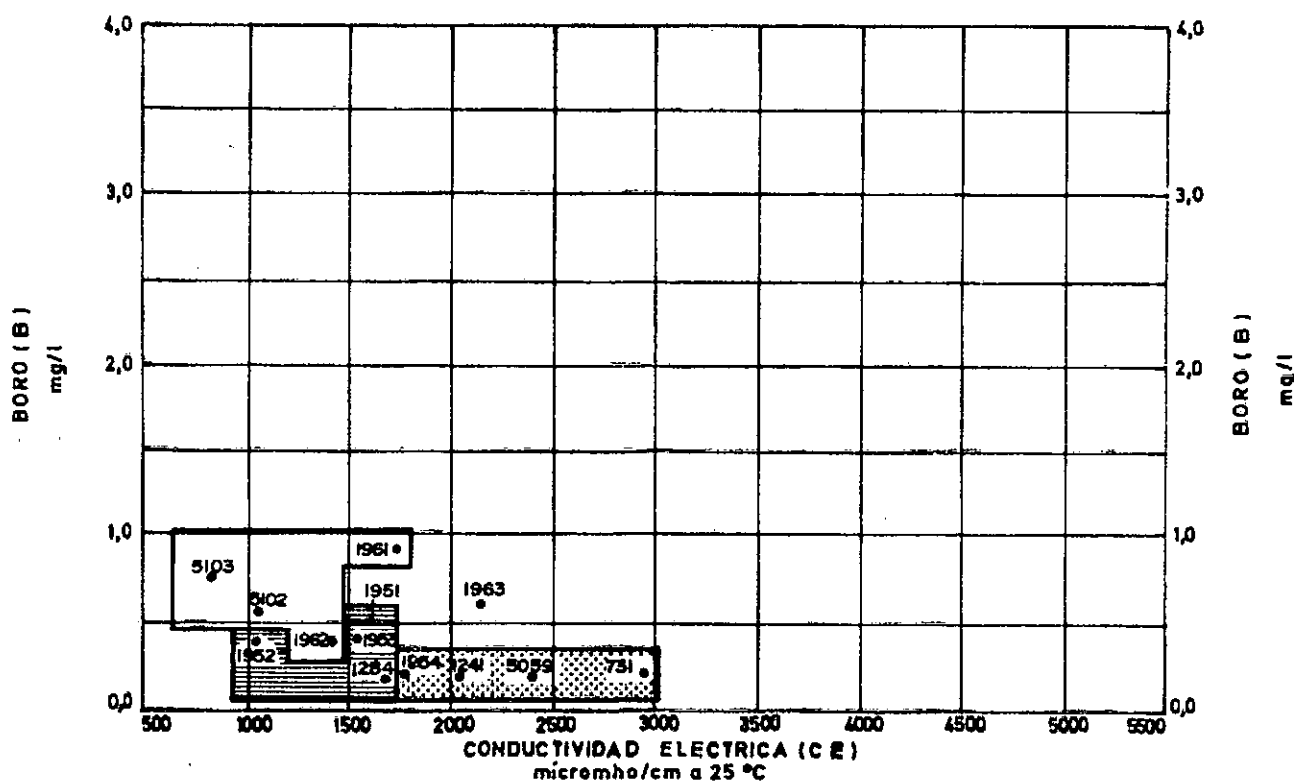
VARIACION DE LA DUREZA Y CONTENIDO DE BORO EN RELACION CON LA SALINIDAD DEL AGUA SUBTERRANEA DE LA ZONA

PERIODO DE MUESTREO : Año 1980



REFERENCIAS

- Grupo I
- Grupo II
- Grupo III
- 1241 Número de pozo



REFERENCIAS

- Grupo I
- Grupo II
- Grupo III
- 1241 Número de pozo

los Médanos de la Cruz hacia el este (pozo 1963 o SR-8).

El agua subterránea en esta zona de moderada salinidad podría, en resumen, originarse tanto del oeste y noroeste como de la recarga del río Diamante. Por esta razón este acuífero puede contener aguas mezcla. No existen datos de pozos profundos cercanos al río Diamante en su margen izquierda, que permitan analizar con mayor precisión esta / hipótesis .

Más al este se encuentra el pozo N° 1963 (SR-8), que también eroga agua de no muy alta salinidad: 2100 micromho/cm. Sus características no permiten incluirla dentro de los grupos definidos en el diagrama de la figura N° 24. Esto ocurre por presentar este pozo mayor contenido relativo de magnesio, aún cuando la composición aniónica es relativamente similar a la de los pozos N° 1961 y 1962.

Sin embargo, el pozo 1963 podría definir otra zona de mezcla de aguas, ya que su relación $Na + K/Ca$ (0,82) difiere notablemente del resto. Este carácter cálcico podría deberse fundamentalmente a su vinculación con la recarga originada en el río Diamante, el que, como ya se expresó, se individualiza por su relación $Na + K/Ca$ menor que 1.

En cuanto a la temperatura del agua en el pozo considerado, cabe destacar que, al igual que en las zonas ya analizadas, la misma alcanza un valor superior a los considerados normales (20-22 °C), superando los 27 °C (lámina N° 6).

Todas las consideraciones enunciadas hasta aquí permiten, en función de los datos disponibles, establecer importantes diferencias químicas entre el agua subterránea al norte y al sur del río Diamante. Las temperaturas elevadas que se han mencionado establecen de por sí una diferencia notable para determinar sus probables orígenes.

3.2.3.2.2. Areas situadas al sur del río Diamante

El agua del subsuelo correspondiente al acuífero principal inferior, alumbrada en los pozos que se encuentran al sur del río Diamante, presenta igualmente rasgos hidroquímicos diferenciales. Ello se deduce claramente al considerar los grupos II y III en el diagrama de la Fig. 24.

La salinidad en general resulta más elevada que la definida al norte del río. La misma varía entre 1520 y 2990 micromho/cm.

La zona de mayor salinidad se corresponde con el grupo III del diagrama, y se localiza entre el río Atuel y el A° Las Aguaditas.

El contenido de magnesio está entre el 5 y 8% me; el de calcio entre 25 y 28% me y el de sodio + potasio entre 15 y 19% me. Queda así definida como predominantemente cálcica.

Los aniones varían en forma relativa de la siguiente manera: bicarbonatos, 2 a 5 % me; sulfatos, 26 a 28 % y los cloruros tienen una concentración relativa del 20 al 23 %me (figura 24).

En los campos rectangulares superior e inferior de esta figura se puede seguir el crecimiento de los iones Na-Ca y Cl-SO₄, respectivamente, en relación con la salinidad total.

Esta zona se caracteriza también por los mayores valores de dureza total, la que aumenta con la salinidad (figura 25). La DT supera los 766 mg/l de CaCO₃, con un valor máximo de 1120 mg/l en el pozo / N° 731.

En cuanto al contenido de boro (figura 25) este grupo presenta las menores concentraciones (inferior a 0,43 mg/l).

La temperatura del agua varía entre los 20 y 22 °C, valores normales para este nivel acuífero en el área al sur del Diamante.

El agua del subsuelo en el acuífero principal inferior, en el área comprendida entre los ríos Atuel y Diamante, excluida la zona anteriormente descrita tiene una composición química que la integra al grupo II del diagrama de la figura 24.

Las salinidades están comprendidas entre 1520 y 1780 micromho/cm. El carácter del agua es de tipo sódico predominante. Este hecho lo indican los puntos en el diagrama mencionado y las curvas de relación Na + K/Ca (lámina N° 7) con valores superiores a 1, excepto en el caso del pozo más austral (N° 1284, en Real del Padre).

Las aguas son en general sulfatadas, con valores de la relación SO₄/Cl superior a 1 y comprendidos entre 1,22 y 1,71 (lámina 8).

El origen de estas aguas de tipo sódico es aún difícil de explicar por carencia de información, teniendo en cuenta que el río Diamante parece constituir la principal fuente de recarga para toda la cuenca, y en especial al sur de su curso.

De acuerdo a los datos disponibles el agua del río es predominantemente cálcica.

Una antigua recarga del río Diamante, sin alteraciones modernas sería la responsable de la presencia de estas aguas. De lo visto al tratar las características químicas de este río con relación a su caudal, podría pensarse que en algunas condiciones sus aguas fueran más sódicas que cálcicas.

La composición litológica-mineralógica del acuífero podría tener también una acción en este sentido, existe en esta zona una problemática compleja a investigar. Por otro lado es difícil admitir que las aguas sódicas del norte y noroeste pudieran tener efecto en esta zona. Tampoco se observan, para los datos evaluados, efectos de intercambio iónico producidos durante el movimiento del agua en el subsuelo.

3.2.3.2.3. Elementos menores en el agua subterránea del acuífero principal inferior

En algunos pozos perforados durante los trabajos de exploración se ha determinado la presencia de elementos trazas en el agua subterránea.

Se han efectuado determinaciones de aluminio, bario, bismuto, zinc, cobre, cromo hexavalente, litio, mercurio, plomo y vanadio. Para la mayor parte de estos elementos las concentraciones detectadas se encuentran por debajo del límite de detección (MLD) por la técnica de adsorsión atómica, con excepción de los elementos que a continuación se detallan:

N° Pozo	Al	Zn	Li
	mg/l		
1961-SR6	0,50	0,53	MLD
1954-SR5	0,50	0,02	0,08
1953-SR4	MLD	0,03	0,08
1952-SR3	MLD	0,03	0,09
1951-SR2	MLD	0,03	0,08

Los datos suministrados son orientativos y deberán interpretarse cuando se obtenga una mayor información de este acuífero.

3.2.4. Otras características químicas generales del agua subterránea de la cuenca de San Rafael

En las tablas 10, 11 y 12 se incluyen para cada zona y cada horizonte acuífero delineados en este trabajo, los valores máximos y mínimos correspondientes a las propiedades físico-químicas y a los contenidos de elementos disueltos determinados en el agua subterránea.

La observación de estas tablas permite deducir rápidamente los rasgos diferenciales entre las diversas unidades, resumiendo en cierto modo las descripciones efectuadas al interpretar cada una de ellas desde / el punto de vista hidroquímico.

También a modo de resumen se ha preparado la figura N° 26, en la que se ilustra la variación de la salinidad del agua subterránea, en términos de los valores máximos como mínimos y promedios determinados, en función de la profundidad de explotación.

Se observa claramente la estratificación vertical existente y el hecho que las condiciones mejoran a medida que se explotan los horizontes más profundos. No debe olvidarse, sin embargo, que existe dentro de / cada uno de ellos una variabilidad química horizontal que, en algunos casos tiende hacia valores algo elevados de la salinidad. Esta característica de be tenerse en cuenta al considerar los esquemas presentados.

Estos valores más altos deben interpretarse zonal y regionalmente, tal como se ha descrito en los distintos apartados anteriores.

4. CALIDAD DEL AGUA SUBTERRANEA PARA RIEGO

La consideración de la calidad del agua para riego se hará en base a las divisiones en horizontes acuíferos acorde a las conclusiones obtenidas de la interpretación hidroquímica.

La clasificación de los elementos que tienen incidencia sobre la calidad del agua para uso agrícola, se hará en base a la clase única determinada por el sistema de clasificación del C.R.A.S. de Flannery-Lohn (13) la que se muestra en la Tabla 13.

El sistema consiste en la definición de una clase de calidad, mediante la consideración combinada de los siguientes parámetros químicos: a) salinidad del agua expresada en términos de la conductividad eléctrica en micromho/cm (CE), b) el nivel de sodicidad, expresado en térmi

VALORES MAXIMOS Y MINIMOS DE ALGUNAS PROPIEDADES
 FISICO QUIMICAS Y ELEMENTOS DISUELTOS EN EL AGUA SUBTERRANEA
 CUENCA SAN RAFAEL
 ACUIFERO PRINCIPAL SUPERIOR

TABLA N°10

IDENTIFICACION DE LA FUENTE	CAUDAL (Q)	TEMPERATURA DEL AGUA	PH	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (CE)	EN 1000 PARTES POR MILLON DE CALGUA (BPC)	DUREZA TOTAL (DT)	DUREZA DE NO CARBONATO (DNC)	ALCALINIDAD TOTAL (AT)	CALCIO (Ca ⁺⁺)	MAGNESIO (Mg ⁺⁺)	SODIO (Na ⁺)	POTASIO (K ⁺)	CARBONATO (CO ₃ ²⁻)	BICARBONATO (HCO ₃ ⁻)	SULFATO (SO ₄ ²⁻)	CLORURO (Cl ⁻)
	L /seg	°C		µmhos/cm	mg/l	mg/l de Ca CO ₃			mg/l							
ZONA I (10 - 30 m.)																
Max.	S/D	24°	8,5	8370	6054	2490	2790	646	799,0	243,0	1480,0	54,0	17,0	788,0	2380,0	1950,0
Min.	S/D	13°	6,7	1750	1092	52	0	0	18,0	1,9	226,0	7,0	0,0	106,0	305,0	248,0
ZONA II (30 - 60 m.)																
Max.	112,0	25,5	8,1	5840	4499	2310	2150	225	668,0	86,0	778,0	15,0	0,0	248,0	2160,0	750,0
Min.	40,3	16°	7,3	1280	782	80	0	46	26,0	1,9	174,0	7,8	0,0	56,0	296,0	76,0
ZONA III																
EXPLOTACION																
MEZCLA (10 - 60 m.)																
Max.	101,4	18°	8,0	5300	4085	2070	1900	225	644,0	137,0	587	9,7	0,0	258,0	1950,0	726,0
Min.	36,7	16°	7,5	1280	814	422	562	107	130,0	11,0	100,0	3,7	0,0	130,0	305,0	112,0

VALORES MAXIMOS Y MINIMOS DE ALGUNAS PROPIEDADES
 FISICO QUIMICAS Y ELEMENTOS DISUELTOS EN EL AGUA SUBTERRANEA
 CUENCA SAN RAFAEL
 ACUIFERO PRINCIPAL SUPERIOR

TABLA N°10 continuación

IDENTIFICACION DE LA FUENTE	SILICE (SiO ₂)	BORO (B)	FLUORURO (F ⁻)	NITRATO (NO ₃)	NITRITO (NO ₂)	AMONIO (NH ₄)	FOSFATO (PO ₄)	ARSENICO (As ⁺⁺⁺)	PERIODO DE MUESTREO	OBSERVACIONES
	mg/l									
ZONA I (10 - 30 m.)									1.980	
MAXIMO	99,8	3,50	10,0	160,0			n.d.	0,08		
MINIMO	1,0	0,07	0,7	0,0			n.d.	0,00		
ZONA II (30 - 60 m.)									1.980	Unico valor.
MAXIMO	76,0	1,70	6,6	100,0			n.d.	0,01		
MINIMO	20,0	0,14	0,3	0,0			n.d.			
ZONA II EXPLOACION MEZCLA / (10 - 60 m.)									1.980	
MAXIMO	50,0	0,93	5,4	26,0			n.d.			
MINIMO	17,0	0,15	0,4	1,1			n.d.			

-98-

VALORES MAXIMOS Y MINIMOS DE ALGUNAS PROPIEDADES
 FISICO QUIMICAS Y ELEMENTOS DISUELTOS EN EL AGUA SUBTERRANEA
 CUENCA SAN RAFAEL

TABLA N°11

ACUIFERO PRINCIPAL SUPERIOR

IDENTIFICACION DE LA FUENTE	CAUDAL (Q)	TEMPERATURA DEL AGUA (°C)	PH	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (CE)	COLORES DE LA AGUA CALCULADOS (DCC)	DUREZA TOTAL (DT)	DUREZA DE NO CARBONATO (DNC)	ALCALINIDAD TOTAL (AT)	CALCIO (Ca++)	MAGNESIO (Mg++)	SODIO + POTASIO (Na ⁺ + K ⁺)		CARBONATO (CO ₃ ²⁻)	BICARBONATO (HCO ₃ ⁻)	SULFATO (SO ₄ ²⁻)	CLORURO (Cl ⁻)
	L / seg	°C		µmhos/cm	U/I	mg/l de CaCO ₃			mg/l							
EXPLOTACION ENTRE 60-100m.																
MAXIMOS		20,0	8,0	6220	3651	2330	2170	215	754	119	676		0	262	1980	1110
MINIMOS		15,0	7,5	2530	1738	804	719	82	313	41	118		0	100	622	195
EXPLOTACION ENTRE 100-165m.																
MAXIMOS		20,5	7,9	3360	2180	1320	1220	122	415	72	368		0	235	1080	623
MINIMOS		15,5	7,1	1160	753	391	274	65	118	17	92		0	94	300	144

VALORES MAXIMOS Y MINIMOS DE ALGUNAS PROPIEDADES
 FISICO QUIMICAS Y ELEMENTOS DISUELTOS EN EL AGUA SUBTERRANEA
 CUENCA SAN RAFAEL
 ACUIFERO PRINCIPAL SUPERIOR

TABLA N°11 continuaci

IDENTIFICACION DE LA FUENTE	SILICE (SiO ₂)	BORO (B)	FLUORURO (F ⁻)	NITRATO (NO ₃)	NITRITO (NO ₂)	AMONIO (NH ₄)	FOSFATO (PO ₄)	ARSENICO (As ⁺⁺⁺)	PERIODO DE MUESTREO	OBSERVACIONES
	mg/l									
EXPLOTACION 60 - 100 m.										
MAXIMO	55,0	0,67	1,9	22,0	S/D	S/D	S/D	S/D	1.980	
MINIMO	27,0	0,17	0,3	3,4	S/D	S/D	S/D	S/D		
EXPLOTACION 100 -165 m.										
MAXIMO	62,0	0,58	1,6	11,0	S/D	S/D	S/D	S/D	1.980	Unico valor.
MINIMO	22,0	0,10	0,3	0,2	S/D	S/D	S/D	0,02		

VALORES MAXIMOS Y MINIMOS DE ALGUNAS PROPIEDADES
FISICO QUIMICAS Y ELEMENTOS DISUELTOS EN EL AGUA SUBTERRANEA

CUENCA SAN RAFAEL

ACUIFERO PRINCIPAL SUPERIOR

TABLA N°12

IDENTIFICACION DE LA FUENTE	CAUDAL (Q)	TEMPERATURA AGUA	PH	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (CE)	CO ₂ DISUELTOS CALCULADOS (PPM)	DUREZA TOTAL (DT)	DUREZA DE NO CARBONATO (DNC)	ALCALINIDAD TOTAL (AT)	CALCIO (Ca++)	MAGNESIO (Mg++)	SODIO (Na+)	POTASIO (K+)	CARBONATO (CO ₃ ²⁻)	BICARBONATO (HCO ₃ ⁻)	SULFATO (SO ₄ ²⁻)	CLORURO (Cl ⁻)
	L/m ²	°C		µmhos/cm	mg/l	mg/l de CaCO ₃			mg/l							
MAXIMO	75,3	36,0	8,0	2990	2147	1120	1040	122	255,0	55,0	261,0	18,0	0,0	150,0	915	462,0
MINIMO	1,3	19,5	7,1	856	605	94	0	54,0	33,0	2,7	145,0	8,7	0,0	86,0	224,0	45,0

VALORES MAXIMOS Y MINIMOS DE ALGUNAS PROPIEDADES
 FISICO QUIMICAS Y ELEMENTOS DISUELTOS EN EL AGUA SUBTERRANEA
 CUENCA SAN RAFAEL
 ACUIFERO PRINCIPAL SUPERIOR

TABLA N°12 continuación.

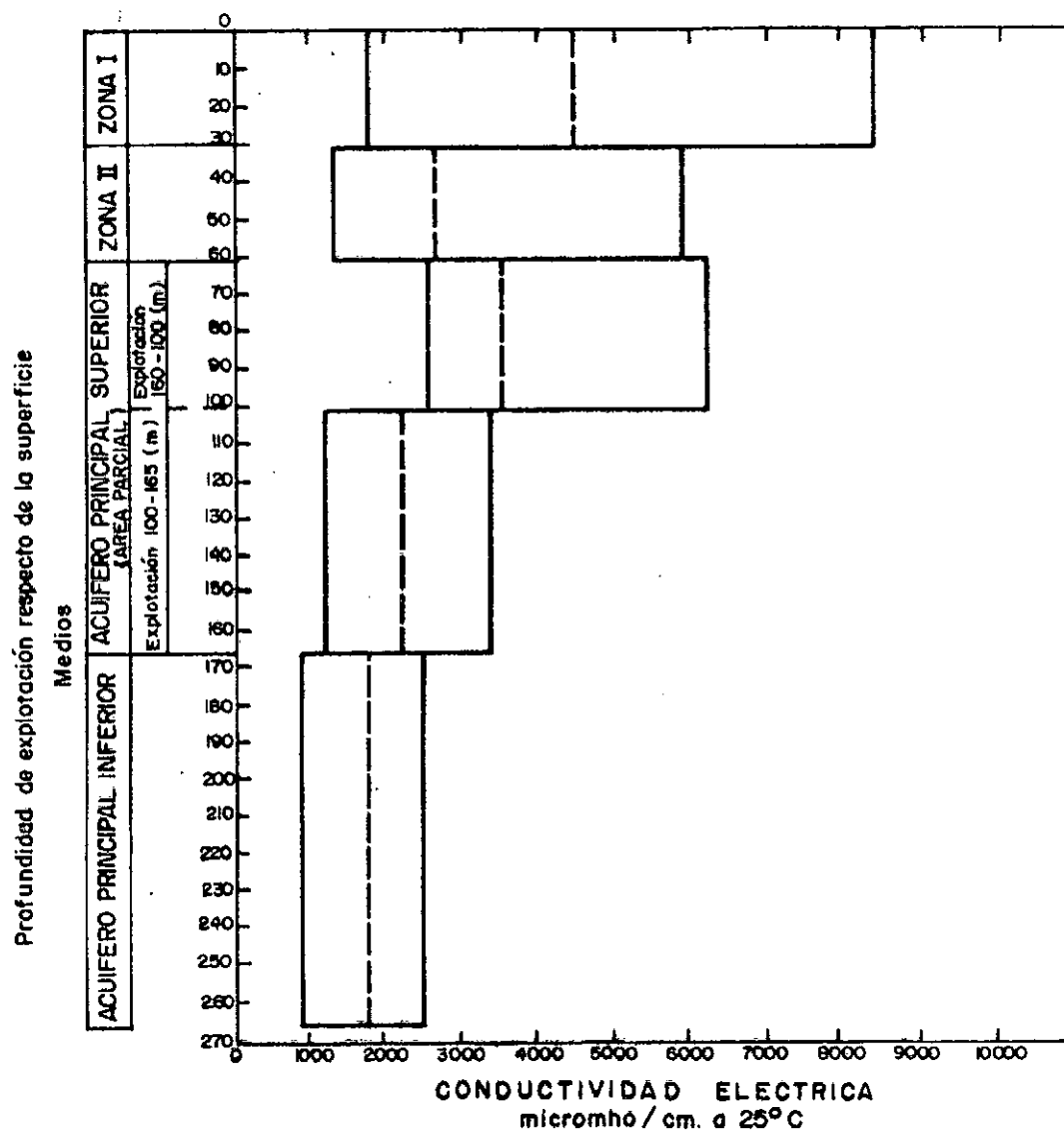
IDENTIFICACION DE LA FUENTE	SILICE (SiO ₂)	BORO (B)	FLUORURO (F ⁻)	NITRATO (NO ₃)	NITRITO (NO ₂)	AMONIO (NH ₃)	FOSFATO (PO ₄)	ARSENICO (As ⁺⁺⁺)	PERIODO DE MUESTREO	OBSERVACIONES
	mg/l									
MAXIMO	86,1	0,86	4,1	8,0			0,33	0,00	1.981	
MINIMO	32,0	0,17	0,2	3,4			0,03	0,00		

CONSEJO

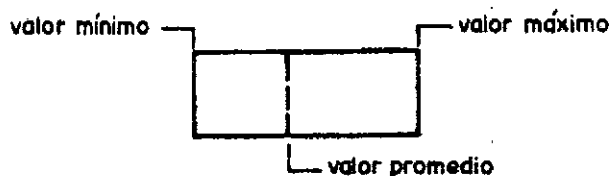
-06-

VARIACION DE LA SALINIDAD DEL AGUA SUBTERRANEA DE LA CUENCA SAN RAFAEL

Período de muestreo , año 1980 - 1982



REFERENCIAS :



CENTRO REGIONAL DE AGUA SUBTERRANEA - C.R.A.S
AREA HIDROQUIMICA
CALIDAD QUIMICA DEL AGUA PARA RIEGO
SISTEMA DE CLASIFICACION

R. FLANNERY - P. LOHN (1969)

Resumen

Clase final	Aptitud	LIMITES DE PARAMETROS QUIMICOS				
		Poligrisidad salina - Poligrisidad sódica C - S. Determinado según el diagrama (#)	C S R (me/l)	Boro (mg/l)		
				Plantas		
				Sensibles	Semitolerautes	Tolerautes
I	Excelente	C_1-S_1	$< 0,63$	$< 0,33$	$< 0,67$	$< 1,00$
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	Inapropiada	CE > 5000 micromho/cm RAS > 30 S.D. > 3,650 mg/l	$> 2,50$	$> 1,25$	$> 2,50$	$> 3,75$

El parámetro mas desfavorable determina la clase

Un agua cuya clase es determinada por mas de un parámetro químico, sera de clase inferior a aquella definida por un número menor de características determinantes.

La clase en función del tenor de boro debe definirse individualmente según la tolerancia de las plantas a este elemento

Condiciones de validez: condiciones medias en la textura del suelo, velocidad de infiltración, drenaje, clima, tipos de cultivos, técnicas de riego convencionales, sin mezcla de agua, etc

REFERENCIAS: C_i = Clase de conductividad específica (C.E.), S_i = Clase de adsorción de sodio (R.A.S.), C.E. = Conductividad específica (micromho/cm), S.D. = Sólidos disueltos (mg/l); R.A.S. = Relación de adsorción del sodio; C.S.R. = Carbonato de sodio residual (me/l)

LIMITACIONES EN EL USO DE LAS AGUAS PARA RIEGO SEGUN CLASES DE CALIDAD

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 se aumente el nivel de sodio intercambiable. En suelos de muy poca permeabilidad sera necesario provocar cierta lixiviación a fin de no elevar los niveles salinos. El tenor de boro no sera perjudicial, lo que dependerá del tipo de plantas que se cultive. El carbonato de sodio residual no producirá reacciones secundarias.

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 en suelos de textura fina podra producirse alguna sodificación, la aplicación de mejoradores en el suelo disminuirá este peligro. Estos inconvenientes no se presentarán en suelos de textura gruesa y suelos orgánicos con buena permeabilidad. El efecto del boro estará en función de la tolerancia de los cultivos. La cantidad de bicarbonatos es tal que en condiciones adecuadas no producirá un aumento de los niveles sódicos.

Clase III - BUENA A REGULAR: El agua es aplicable a cultivos con moderada a buena tolerancia a las sales. Para prevenir acumulaciones salinas serán necesarios lavados periódicos y el agua de esta clase no deberá utilizarse en suelos poco permeables.

De acuerdo a las concentraciones de sodio podrán aumentar los valores del sodio intercambiable en casi todos los suelos, siendo a veces necesario aplicar correctores para reemplazar al mismo. Los suelos deberán tener un buen drenaje y ser manejados adecuadamente.

Los cultivos deben adecuarse a las concentraciones de boro del agua, pudiendo producirse algunos perjuicios en plantas sensibles.

La cantidad de bicarbonato puede aumentar en algunos casos la cantidad relativa de sodio.

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 a fin de evitar acumulaciones salinas. Los cultivos deberán ser en general muy tolerantes a las sales.

Deben esperarse altos niveles sódicos salvo en el caso particular de suelos con un contenido importante de calcio, o donde sean empleados correctores adecuados.

Deberá tenerse presente el contenido de boro a fin de evitar intoxicaciones de las plantas.

Cuando el carbonato de sodio residual sea alto resultará perjudicial debido a que producirá un aumento relativo del sodio.

Clase V - INAPROPIADA: El agua es en general inapropiada para el riego. Puede aplicarse mediante técnicas especiales de riego, para casos excepcionales de suelos extremadamente permeables y con cultivos muy resistentes a las sales. El boro y el carbonato de sodio residual son en general perjudiciales en condiciones normales.

La utilidad de esta clase de agua dependerá de varios factores independientes de sus características químicas.

* Para la clasificación de la peligrosidad salina y peligrosidad sódica se efectuó en base al diagrama de clasificación del Libbertine de Salinidad de Riverside modificada, figura anexa.

nos relativos respecto del contenido de calcio y magnesio. Esta característica se mide en el sistema mediante la Relación de Adsorción de Sodio (RAS):

$$\text{RAS} = \text{Na}^+ / (\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} / 2)^{1/2} \quad (\text{me/l})$$

c. La capacidad de precipitar carbonatos durante el riego. Este factor se mide en términos del Carbonato de Sodio Residual (CSR):

$$\text{CSR} = (\text{CO}_3^{++} + \text{HCO}_3^-) - (\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}) \quad (\text{me/l})$$

d. El contenido de boro, como posible elemento tóxico para los cultivos. La concentración del boro (B) debe evaluarse, en el sistema mencionado, en función de la sensibilidad de los cultivos a este elemento. Por consiguiente este parámetro conjuntamente con los restantes, debe analizarse individualmente para las especies sensibles, semitolerantes o tolerantes al boro. En muchos casos la clasificación de un agua es la misma para los tres tipos de cultivos, y por consiguiente puede surgir una clase única.

El sistema establece que el parámetro (CE, RAS, CSR, B) más desfavorable determina la clase de calidad del agua evaluada. Cuando un agua es calificada por más de un parámetro, aunque tenga la misma clase debe considerarse de calidad inferior a la que se define por uno sólo de ellos.

La validez de la clasificación, que tiende a dar una interpretación regional, está relacionada a condiciones medias para la textura del suelo, velocidad de infiltración, drenaje, clima, tipo de cultivo, técnicas de riego empleadas y mezcla de aguas, entre las principales.

La calificación efectuada, podrá ajustarse a nivel de finca mediante la consideración de otros sistemas de clasificación de las aguas para riego. Se ha utilizado en estudios de esta zona la propuesta / por N. Nijhenson (15).

A nivel regional no se producen diferencias sustanciales entre ambas clasificaciones, en particular por las características de las aguas en consideración (16).

A efectos de individualizar el parámetro determinante de la clase de calidad (de I a V, ver tabla 13), al número romano que identifica la clase final, se le ha agregado un subíndice que representa al pará-

metro determinante de la misma, de acuerdo a la siguiente notación:

- Subclase (1): Conductividad eléctrica (CE)
- Subclase (2): Relación de Adsorción de Sodio (RAS)
- Subclase (3): Carbonato de Sodio Residual (CSR)
- Subclase (4): Boro (B)

Para determinar las subclases de salinidad y de peligrosidad sódica se emplea el diagrama del Laboratorio de Salinidad de Riverside (Figura 27) (17).

4.1. Aguas superficiales. Ríos Diamante y Atuel

La calidad del agua, bajo el punto de vista agrícola, de los ríos Diamante (en Galileo Vitale) y Atuel (en Valle Grande) es de clase III⁽¹⁾ es decir, determinada fundamentalmente por la salinidad de sus aguas.

Las características de las aguas del río Diamante, en las condiciones indicadas, se corresponden con aguas que pueden calificarse en general como buenas dentro de su clase. Cuando la salinidad aumenta / (según lo explicado al tratar la química de estos ríos) la calidad desmejora situándose en el extremo de regular. Las aguas del río Atuel se comportan casi de la misma forma, aunque situándose algo más hacia el extremo de regulares (Figura 27) cuando tienen una salinidad superior a los / 1700 micromho/cm.

4.2. Agua subterránea

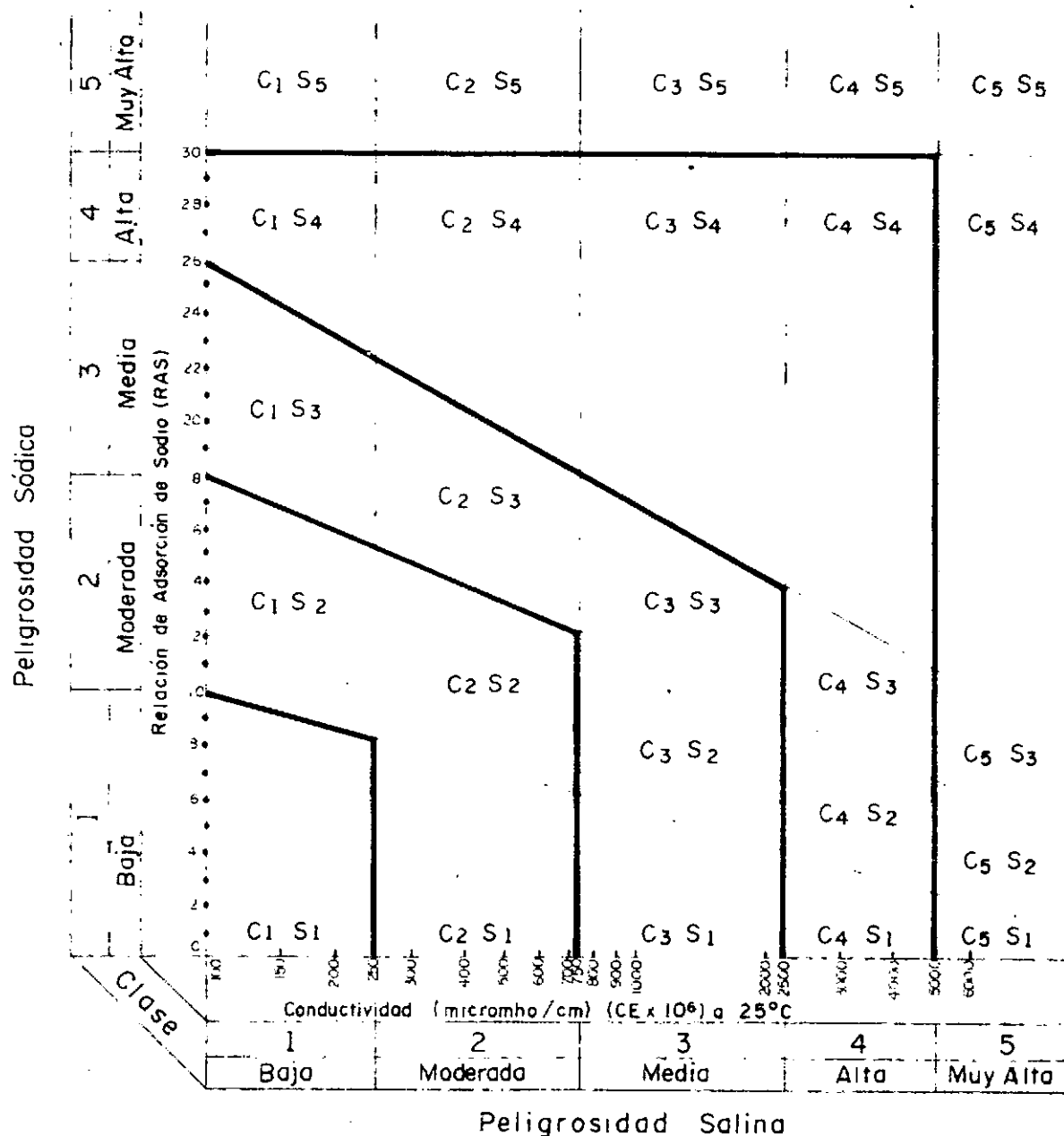
4.2.1. Acuífero Superior - Zonas I y II

Para el acuífero superior, en la zona I con explotación entre 0 y 30 m, la calidad del agua para riego es variable según su composición química.

En la lámina N° 9 se han trazado las zonas de igual clase. Se observa claramente que las aguas del subsuelo en esta zona corresponden a las clases IV y V.

La clase IV en este caso se define por la salinidad de sus aguas (superior a 1750 micromho/cm) y su aptitud varía de regular a mala (ver lámina N° 2). Abarca una franja norte-sur importante del área estudiada. Al este del límite entre clases, el agua adquiere la clase V, la

DIAGRAMA DE CLASIFICACION DE LAS AGUAS SEGUN SU CONTENIDO
SALINO Y SODICO



REFERENCIAS: C= Clase de conductividad (CE), S= Clase de adsorción de sodio (RAS), CE= Conductividad Específica

DIAGRAMA DEL LABORATORIO DE SALINIDAD DE RIVERSIDE MODIFICADO
POR THORNE Y PETERSON

Referencia: Manual de agricultura N° 60 Dpto. de Agricultura de E. E. U. U.

que se subdivide a su vez en las subclases $V_{(4)}$, $V_{(3)}$ y $V_{(1)}$ (4) (pozo N° 22). Es decir que en esta parte del acuífero la calidad del agua es en general inapropiada para su uso en la agricultura, tanto por su elevada salinidad como por su contenido de boro.

Para la zona II (explotación entre 30-60 m) la situación mejora, dado que el agua del subsuelo tiene en general clase $III_{(1)}$ y $IV_{(1)}$. En algunas áreas ubicadas al norte y sur el agua tiene clase $V_{(4)}$ y $V_{(1)}$ respectivamente. Para la ubicación de las zonas de igual clase, ver lámina N° 9.

4.2.2. Acuífero Principal Superior (Area Parcial)

En las figuras 28 y 29 se pueden observar las zonas de calidad para las profundidades de explotación entre 60 y 100 m y entre 100 y 165 m.

Para el primer horizonte acuífero la clase dominante es $IV_{(1)}$, definida por su elevada salinidad, mientras que el segundo, la zona se divide en dos partes, una occidental de clase $III_{(1)}$ (buena a regular) y una oriental (al este de R. Iselín) de clase $IV_{(1)}$ (regular a mala). Ambas definidas por la salinidad de sus aguas. Como puede observarse la calidad mejora con la profundidad de explotación.

4.2.3. Acuífero Principal Inferior

Para la parte más profunda del acuífero principal la calidad mejora y las aguas tienen todas clase $III_{(1)}$. Se exceptúa de ellas la clase determinada para los pozos N° 5059 y 731, ubicados al sur, a la margen izquierda del río Atuel, entre éste y el A° Las Aguaditas.

El agua de este acuífero, inferido por la escasez de datos permite suponer que se pueden explotar aguas de buena calidad.

CRAS

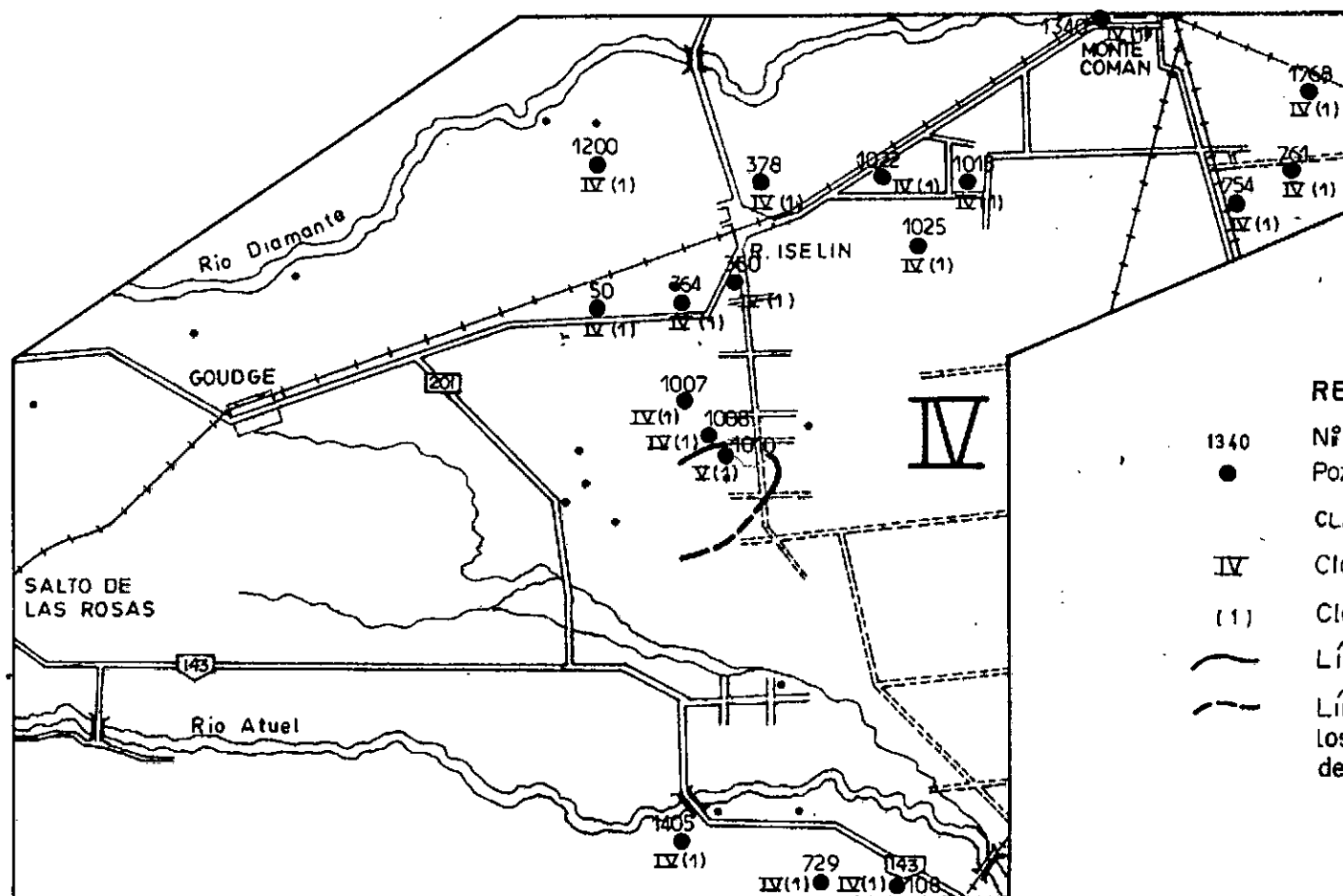
Área hidroquímica

CENTRO REGIONAL DE AGUA SUBTERRANEA
San Juan, República Argentina

CALIDAD DE AGUA SUBTERRANEA PARA RIEGO ACUIFERO PRINCIPAL INFERIOR

Profundidad de explotación entre 60 y 100 m.

PERIODO DE MUESTREO : AÑO 1980



REFERENCIAS

1340

Nº de pozo



Pozo muestreado con datos químicos

CLASIFICACION PARA RIEGO FLANNERY-LOHN

IV

Clase única

(1)

Clase determinada por la conductividad eléctrica



Límite entre diferentes clases únicas de calidad.



Límite que diferencia en una misma clase los parámetros mas desfavorables que definen la clase

ESCALA 1:200.000

Figura

28

Preparó Ing. C. Ferrés

Fecha 10 de Enero de 1983

CRAS

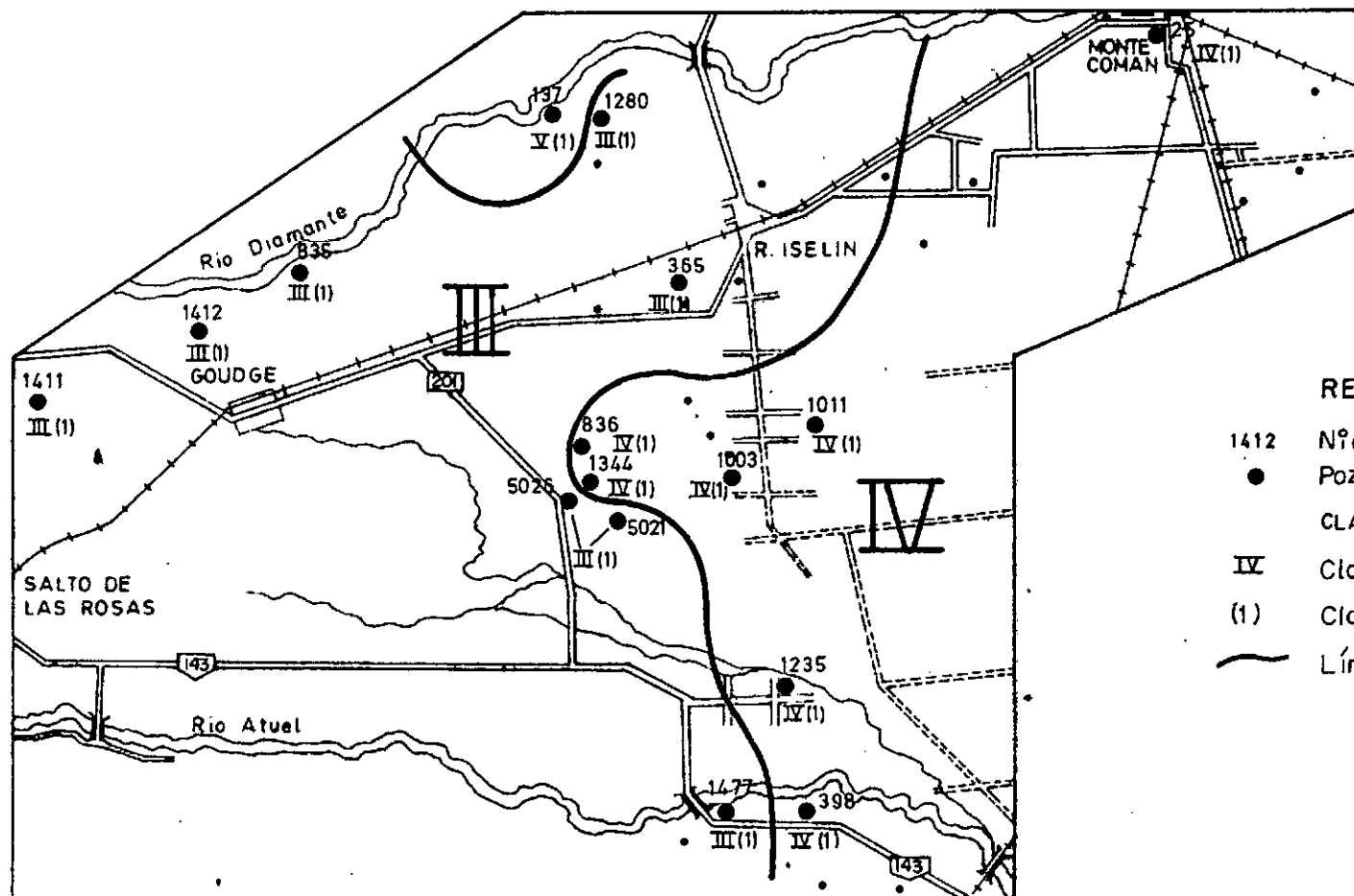
Área hidroquímica

CENTRO REGIONAL DE AGUA SUBTERRANEA
San Juan, República Argentina

CALIDAD DE AGUA SUBTERRANEA PARA RIEGO ACUIFERO PRINCIPAL SUPERIOR

Profundidad de explotación entre 100 y 165 m

PERIODO DE MUESTREO: AÑO 1980



REFERENCIAS

1412 N° de pozo

● Pozo muestreado con datos químicos

CLASIFICACION PARA RIEGO FLANNERY-LOHN

IV Clase única

(I) Clase determinada por la conductividad eléctrica.

— Límite entre diferentes clases únicas de calidad.

ESCALA 1: 200.000

Ing. C. Ferrés

10 de Enero de 1983

Figure

29

5.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

1. ALONSO ANTON, A. 1977. Estudio de la cuenca hidrográfi
y MARTINIS, N. ca alta y media del río Atuel,
San Rafael, Mendoza. CRAS, infor
me interno P-160.
2. ALVAREZ, A. 1978. Evaluación hidroquímica del agua
superficial de la cuenca Diaman
te-Atuel y subterránea en el á
rea de acuífero libre. Clasifi
cación del agua para uso agríco
la. San Rafael Mendoza. CRAS, /
informe interno P-170.
3. ALVAREZ, A. 1978. Interpretación hidroquímica de
la cuenca Diamante-Atuel Oeste.
Calidad del agua para riego. San
Rafael, Mendoza. CRAS, informe
interno P-216
4. VIVAS, J.A. Conocimiento hidroquímico de la
cuenca Diamante-Atuel. Relación
entre agua superficial y subte
rránea. San Rafael. Mendoza. CRAS,
informe interno
5. C.R.A.S. 1980. Inventario y evaluación de las
disponibilidades hídricas en San
Rafael, Mendoza. Convenio CRAS-CFI
Informe de resultados Año I-Doc.
N° 13.
6. C.R.A.S. 1982. Inventario y evaluación de las /
disponibilidades hídricas en San
Rafael, Mendoza. Convenio CRAS-
CFI. Informe de resultados. Año
II- Doc. N° 35.
7. FERRES, C. 1982. Características químicas de aguas
superficiales y subterráneas de

- la cuenca San Rafael. CRAS- Informe Interno.
8. LOUSTAUNAU, H. 1982. Agua superficial del río Diamante, canales y desagües CRAS-Informe / Interno.
9. LOHN S.A. de 1981. Normas para la toma y preservación de muestras en campaña y laboratorio.
Manual de Hidroquímica. Curso Internacional de Hidrología General con énfasis en Hidrología / Subterránea. CRAS.San Juan.
10. APHA-AWWA-WPCF 1980. Standard Methods-For the Examination of water and wastewater. / 15 th Edition. American Water / Works Association. Washington / D.C.
11. LOHN, P. 1982. Estado hidroquímico Actual del Embalse de Ullum - Provincia de San Juan - Proyecto "Estudios / Geológicos, Hidrogeológicos e Hidroquímicos en el área Turística AT 1, Embalse de Ullum, provincia de San Juan". Publicación / P-252- Serie Técnica - CRAS- San Juan.
12. LOHN, P. 1978. Estudio Hidroquímico de la cuenca hidrográfica del río San Juan Su relación con el caudal. Publicación P-198 - Serie Técnica. Informe especial de investigación. Centro Regional de Agua Subterránea CRAS-San Juan.

13. LOHN, P. 1969. Calidad del agua para riego. Su /
clasificación. Centro Regional de
Agua Subterránea (CRAS) San Juan.
14. VICTORIA, J. 1982. Interpretación de las curvas equi
potenciales para la cuenca San Ra
fael. CRAS- Informe Interno.
15. NIJHENSON, N. 1961. Calidad de las aguas para riego-
Capítulo IV - Riego y Drenaje INTA
16. GARCIA, E. 1981. Análisis comparativo entre la cla
sificación de calidad para riego
de N. Nijhenson y Flannery-Lohn.
Listados de Computación. CRAS
Informe Interno.
17. UNITED STATES DE 1954. Diagnosis and Improvement and Al-
PARTMENT OF AGRI
CULTURE, SALINITY kali soils. Agricultural Hand Book
LABORATORY STAFF N° 60.

CAPITULO VIII: Resumen, Conclusiones y Recomendaciones

1. RESUMEN GENERAL DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Este capítulo final está dedicado a reseñar los resultados logrados durante la exploración hidrogeológica del sector oriental de la / planicie sanrafaelina. El resumen se refiere a los principales aspectos / del trabajo, realizado por convenio con el Consejo Federal de Inversiones en zonas seleccionadas por el gobierno de la provincia de Mendoza.

En los casos en que la cantidad y calidad de la información disponible así lo permitió, se plantearon esquemas regionales, con el objeto de lograr una visión global de los rasgos hidrogeológicos de la cuenca de agua subterránea de San Rafael. Estos esquemas tienden a facilitar la comprensión de las relaciones entre las zonas seleccionadas para el estudio y el comportamiento de la cuenca.

1.1. Caracterización Climática

La información meteorológica recopilada, sumada a los datos reunidos durante el desarrollo del proyecto, permitió efectuar una rápida caracterización climática mediante la aplicación de diversos índices (Capítulo IV). De acuerdo a ello, la región de San Rafael se caracteriza por un clima continental, semiárido y mesotermal, con vegetación monte desértica, régimen de escurrimientos aluvionales estivales, cultivos limitados a las disponibilidades de agua de riego y suelos muy secos. La continentalidad del clima se manifiesta en la elevada radiación solar, escasa nubosidad y gran transparencia atmosférica, y por la importante amplitud / térmica anual y diurna-nocturna.

1.2. El marco geológico

La región se puede caracterizar rápidamente por la presencia, al oeste, de rocas consolidadas antiguas (paleozoicas a mesozoicas) integrantes del Bloque de San Rafael o Sierra Pintada (Capítulo I). Estas rocas son en su mayor parte sedimentarias, ígneas y piroclásticas, que en su conjunto deben asignarse al borde de cuenca de agua subterránea, según los rasgos aludidos. Hacia el este de la Sierra Pintada se desarrollan los terrenos cuaternarios correspondientes a las unidades geomórficas de la bajada pedemontana, el abanico aluvial y la llanura aluvial, así como los ma

res de arena que cubren los sectores medios y distales de la cuenca. En los sedimentos cuaternarios se alojan los principales acuíferos explotables que conforman la cuenca de agua subterránea de San Rafael-General Alvear.

A lo largo del borde de sierra afloran en algunos puntos las sedimentitas terciarias interpuestas entre las rocas antiguas (preterciarias) que integran la sierra y las acumulaciones fluviales del cuaternario, que las suprayacen en discordancia.

Es de destacar también la amplia distribución de rocas efusivas principalmente basálticas y andesíticas de edad terciaria superior-cuaternaria inferior, ubicadas en el borde oriental de la Sierra Pintada.

Desde el punto de vista estructural, la Sierra Pintada puede considerarse como un bloque (Bloque de San Rafael) ascendido por fallas de flanco. En la lámina N° 1 (Capítulo I) se propone un esquema estructural simplificado, compuesto por bloques delimitados por probables fallas, muchas de ellas expresadas superficialmente como lineamientos.

Interesa destacar los lineamientos del río Diamante y del río Atuel, ya que su presencia puede dar razón de la orientación actual de los respectivos cursos.

Con respecto a la probable configuración de la cuenca de agua subterránea, se plantea tentativamente un esquema de bloques limitados por sistemas posiblemente conjugados de fallas de alto ángulo. En general se demuestra que las estructuras principales son preterciarias y que algunas de ellas han sufrido reactivaciones recientes que, por un lado, permitieron la efusividad ya comentada y, por el otro, controlaron los procesos de sedimentación operantes en la región.

Quedan muchos problemas por dilucidar pero, de momento, se puede pensar que al norte del arroyo La Hedionda existe un borde de cuenca representado por un alto estructural sepulto. El relleno correspondiente al ángulo noroeste del mapa de la lámina 1 (Capítulo I) podría estar constituyendo un acuífero independiente instalado en terrenos pliocenos (areniscas araucanenses), que se conectaría hacia el sureste con los depósitos cuaternarios debidos a la acción del río Diamante.

La evolución subsidente del bloque central (San Rafael-Monte Comán) permitió la instalación de la cuenca de agua subterránea bajo es

tudio que, hacia el este se abre tanto al norte como al sur, más allá de los límites estudiados. Subsiste la indefinición respecto al límite sur de esta cuenca, aunque su probable existencia está indicada por la traza del curso del río Atuel, la presencia del probable alto estructural de los Médanos de Picardo y por el trazado de las curvas equipotenciales de la superficie piezométrica.

1.3. Fisiografía

La región de San Rafael presenta cinco grandes unidades fisiográficas (Lámina N° 2, Capítulo II): 1) la montaña, al oeste, representada por la Sierra Pintada; 2) la llanura pedemontana correspondiente al flanco oriental de dicha unidad montañosa; 3) el cono aluvial del río Diamante, cuyo ápice se sitúa en la zona de la Villa 25 de Mayo (al pie de la Sierra Pintada) y se desarrolla hacia el este, noreste y sureste de ese punto. Sus límites están dados: al sur, por el río Atuel, al norte por el Arroyo La Hedionda y al este por la llanura aluvial; 4) la llanura aluvial, desarrollada al oriente del cono antedicho a manera de amplio interfluvio entre los ríos Atuel y Diamante y que al este del meridiano de Monte Comán desaparece bajo la unidad; 5) la llanura medanosa, de amplio desarrollo en todo el sector oriental del área, así como en los sectores al norte del Arroyo La Hedionda y al sur y oeste del río Atuel.

1.4. Geomorfología

El relieve actual de la región de San Rafael se debe principalmente a tres factores: la presencia del bloque montañoso de la Sierra / Pintada; la acción del río Diamante como agente de sedimentación (y secundariamente la del río Atuel, hacia el sureste) y la acción eólica.

El ascenso del bloque montañoso generó la construcción de la bajada pedemontana oriental, cuya reducida importancia se debe a la escasa altura relativa de la montaña (altitudes máximas del orden de los 1800 m). Además, parte del drenaje interno de la sierra se canaliza a través de los cursos del Atuel y del Diamante. (Lámina 3, Capítulo II).

El predominio del río Diamante sobre el Atuel en cuanto a su papel en la construcción de la llanura Sanrafaelina se pone en evidencia a partir de las grandes dimensiones areales del cono actual del río Diamante. Resulta de interés destacar que ambos ríos nacen en alta cordillera y luego cortan transversalmente al bloque de la Sierra Pintada. En otras pala

bras, ambos ríos circulan prácticamente por las mismas formaciones geológicas y en consecuencia aportan a la cuenca sanrafaelina el mismo tipo de sedimentos. Esto hace que no sea posible diferenciar los aportes como provenientes de la acción de uno u otro de dichos cursos de agua. Este problema, sin embargo, se presenta sólo en subsuelo, ya que superficialmente se evidencia una clara primacía de la acción más vigorosa del Diamante, como lo demuestra la gran extensión de su cono aluvial. Estas condiciones / prevalecen frente a la capacidad de erosión y transporte del río Atuel, produciendo su "arrinconamiento" o desplazamiento obligado hacia el borde sur de la llanura, de manera que sus depósitos actuales se hallan restringidos a una angosta faja paralela a su curso.

Según Rousseau (1969)* existen datos históricos que permiten afirmar que el río Diamante era afluente del Atuel desde comienzos del siglo XIX y que el cauce del Arroyo Las Aguaditas constituía la vía de conexión entre ambos. También menciona que hacia 1880 "las violentas crecidas estivales del Diamante tendían a forzar su curso hacia el Este". Según dicho autor, en esa época se ejecutaron ciertas obras con el objeto de desviar el curso de las aguas hacia su cauce actual.

Este planteo merece algunos comentarios, salvando el hecho que no se ha tenido acceso a la información histórica aludida. En primer lugar se entiende que el cauce del Arroyo Las Aguaditas constituye un desagüe natural que tiene sus nacientes en la zona de descarga de agua subterránea, la que en este trabajo se denomina "Bajos Anegables" (Capítulo II). Parece claro que esta zona se origina en el límite oriental del cono actual del río Diamante, es decir, que su existencia está vinculada al cambio de pendiente representado por dicho límite. A su vez, como se sugiere en el mapa geológico de la Lámina N° 1 (Capítulo I), dicho rasgo morfológico podría estar vinculado a un rasgo estructural no confirmado alineado con el borde occidental del área de Médanos de Picardo.

Con respecto a la evolución del cauce del río Diamante, se han detectado cauces abandonados de importancia, orientados NO-SE, situados al oeste del área de descarga. Ya se ha mencionado, por otra parte, la aparente evolución hacia el norte del curso principal del Diamante (Lámina N° 3, Capítulo II) hacia su situación actual. Además, la existencia misma del abanico aluvial elaborado por el río establece como muy probable la /

* Carlos Rousseau, 1969. Características hidrogeológicas de la cuenca del río Diamante, San Rafael, Mendoza. IV Jornadas Geológicas Argentinas, p. 279-319. Buenos Aires.

hipótesis de la confluencia de ambos ríos en tiempos geológicos.

Lo que no resulta claro es si realmente fue posible hacia / 1880 desviar el curso del río. Más factible parece ser que aquellas "violentas crecidas estivales" hayan desbordado ocasionalmente el cauce principal, encauzando parte del escurrimiento por el curso de Las Aguaditas. En tal caso, la ejecución de pequeñas obras de rectificación pudieron haber / permitido evitar posteriormente este fenómeno.

En resumen, se considera que el curso actual del Diamante es el de un río bien establecido desde tiempos geológicos y no históricos, tal como lo admite el mismo autor comentado (op. cit., p. 283).

El abanico aluvial del río Diamante presenta tres niveles / principales claramente diferenciables: 1) un nivel más antiguo y sobreelevado, llamado Primer Cono, cuyos relictos afloran sobre ambas márgenes del río en la zona de Villa 25 de Mayo. Este nivel se eleva entre 20 y 30 metros sobre el 2) Segundo Cono, desarrollado inmediatamente al este del anterior, y que a su vez presenta un desnivel aproximado a los 6-8 metros sobre el 3) Cono Actual o Tercer Cono, extendido hacia el este.

El límite oriental del abanico actual está dado por una disminución de la pendiente regional hacia la zona de los "Bajos Anegables", que abarca la franja norte-sur que va desde el Arroyo La Hedionda hasta las cercanías del río Atuel, donde limita con la llanura de derrame de este / río.

Otro rasgo geomórfico característico es el constituido / por los cauces antiguos o cauces abandonados, cuyos relictos parecen indicar en principio tres fases evolutivas de los ríos Diamante y Atuel: 1) al sureste de la ciudad de San Rafael, la orientación de los cauces relictos podría indicar una antigua conexión, con descarga probable del Diamante hacia el Atuel; 2) al este de la zona de Bajos Anegables, los cauces identificados se pueden dividir en dos grupos: uno perteneciente al sistema del Atuel y el otro al sistema del Diamante. Sus respectivas orientaciones parecen indicar un desplazamiento del río Diamante hacia el norte y otro del río Atuel hacia el sur. En el estado actual del conocimiento no es posible establecer el orden o cronología de estos eventos.

La cubierta eólica que se superpone a los sedimentos aluvia

les se puede subdividir en médanos altos y médanos bajos a medios. Los primeros se desarrollan principalmente en tres sectores: en el extremo noreste de la zona estudiada; al norte del Arroyo La Hedionda y en el sector centro-austral del área (médanos de Picardo). Estos últimos son los que alcanzan mayores alturas relativas (30-50 metros). En general se trata de formaciones medanosas fijas, con cubierta de vegetación natural.

La zona de médanos bajos a medios se extiende por una parte al norte del río Diamante y por la otra al sur de éste y hasta las inmediaciones del Atuel. Su altura media se estima en 3 a 5 metros, con sectores de mayor desarrollo, que puede llegar a 15-20 metros.

El mapa geológico (Lámina N° 1, Capítulo I) muestra la distribución regional de los terrenos de origen eólico, en un área mayor que la cubierta por la interpretación geomorfológica de las fotografías aéreas. Aunque en ningún caso se ha establecido con certeza la causa de la fija- / ción de las acumulaciones eólicas, se estima como muy probable su vinculación a la pre-existencia de altos estructurales, como ocurre en otras áreas de la región-centro occidental argentina.

1.5. Esquema hidrogeológico general

La cuenca de San Rafael presenta una zona de acuífero libre y otra con horizontes más o menos confinados. El primero está contenido en sedimentos del relleno aluvial moderno y reciente, de granometría gruesa (gravas y arenas), desarrollándose en una extensa área (unos 900 Km²) en el sector occidental de la cuenca. Estos terrenos están estrechamente relacionados con la acción y el trazado de los cursos del río Diamante, / principalmente, y del río Atuel.

Hacia el este, se pasa transicionalmente a condiciones de / semiconfinamiento-confinamiento, a la altura de una franja norte-sur que pasa por las localidades de Colonia R. Iselín y Colonia Atuel Norte. A / mitad de distancia entre éstas, la franja de transición se extiende hacia el oeste hasta la zona de Goudge.

El espesor del relleno aluvial acuífero aumenta rápidamente de oeste a este, desde valores de 120-160 m en la zona de la ciudad de / San Rafael hasta los 240-300 m en los sectores distales. En estos últimos están situadas las áreas estudiadas (Lámina 15, Capítulo III).

El comportamiento de los ríos Atuel y Diamante respecto del agua subterránea en la cuenca es marcadamente diferentes (Lám. 5. Capítulo VI). El río Atuel actúa en general como efluente, y la recarga que puede provenir del mismo parece circunscribirse a un corto tramo inmediato a su desembocadura en la cuenca.

En la zona de acuífero libre, en la parte alta de la cuenca, el agua subterránea está directamente relacionada con el río Diamante. Su nivel energético predomina fuertemente en el sistema, al punto que produce un franco movimiento del agua subterránea en dirección al río Atuel. La zona principal de recarga la constituye entonces el tramo del río Diamante que va desde la Villa 25 de Mayo hasta el Puente Nuevo, o quizás hasta Goudge, aproximadamente. Luego el río parece actuar como colector de agua subterránea en el tramo Goudge-Monte Comán. Aguas abajo de Monte Comán y hasta Puesto Araya, es probable que el río recargue horizontes freáticos poco profundos. De todas maneras, el comportamiento detallado del río en / su recorrido desde Goudge hasta Puesto Araya no es bien conocido, y no puede destacarse que en algunos sectores ocurra lo contrario a lo expresado.

El movimiento general del agua subterránea en la cuenca (Lámina N° 5, Capítulo VI) se produce de oeste a este desde sus cabeceras / hasta la altura de Monte Comán-Villa Atuel, donde el flujo diverge tanto hacia el norte como hacia el sur.

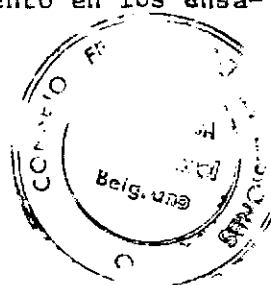
Al oeste de las localidades mencionadas, la marcada disposición norte-sur de las curvas equipotenciales sugiere la presencia de bordes de cuenca que, aunque insinuados también por los estudios geológicos, no han podido ser confirmados con la información obtenida hasta el momento.

En la zona específica del estudio, la información directa / del subsuelo prácticamente se reduce a la obtenida mediante la ejecución, en el marco del presente proyecto exploratorio, de una cantidad limitada de perforaciones profundas. Ello no obstante la correlación de los datos obtenidos de estos 7 pozos, efectuada mediante la utilización intensa del método geoelectrico, más la medición de niveles y muestreo químico periódicos de las explotaciones particulares existentes, han permitido arribar a un grado aceptable de conocimiento hidrogeológico de la zona. Esto es así si se considera al trabajo cumplido como una primera etapa de exploración de los recursos hídricos subterráneos.

Los estudios geofísicos llevan a establecer un basamento hidrogeológico para la cuenca, dado por un definido horizonte conductor (Lámina 16, Capítulo III) que podría consistir, en principio, en el techo de sedimentitas semi-consolidadas de edad terciaria. Dentro del relleno aluvial (con participación eólica) que constituye el reservorio de agua subterránea la información geofísica permite una subdivisión en dos grandes mantos acuíferos: a) la capa inferior, denominada Acuífero Principal, fue el principal objeto de la exploración, y b) el Acuífero Superior, supuesto al anterior, incluye a los niveles freáticos.

Desde el punto de vista hidráulico, el Acuífero Superior se conoce únicamente en las zonas cultivadas de Colonia R. Iselín, Goudge y Colonia Atuel Norte, en la franja occidental del área de estudio.

Los resultados de algunos ensayos hidráulicos efectuados en estos sectores, para profundidades no mayores de 70 metros, indican en / términos generales que las transmisividades varían de 1400 a 4400 m²/día y que los valores promedio del coeficiente de almacenamiento en los ensa-



yos oscilan entre $3,8 \times 10^{-4}$ y $7,8 \times 10^{-3}$. Estos datos son meramente indicativos, puesto que los bombeos efectuados fueron de muy corta duracion. No obstante, algunos pozos rinden excelentes caudales con bajas depresiones ($41,6 \text{ m}^3/\text{h.m.}$ para 575.000 l/h, hasta $51,8 \text{ m}^3/\text{l}$ para 350.000 l/h), lo que da una clara idea de las aptitudes del acuífero. Sin embargo, como se expondrá más adelante, se plantean serios problemas de salinización que requieren la mayor atencion.

El manto acuífero infrayacente, denominado Acuífero Pirncipal, puede diferenciarse hidráulicamente al menos en dos niveles, de acuerdo a los datos disponibles. Esta subdivisión coincide genéricamente con / la interpretación hidroquímica. También se la ha reconocido, aunque con menor claridad, en el estudio litológico de las perforaciones y en algunos casos confirmado a través de los cambios de resistividad detectados ya sea en los perfilajes eléctricos o en los sondeos eléctricos verticales.

Los datos relativos al Acuífero Principal Superior corresponden al nivel de 100 a 140 metros de profundidad y provienen de pozos situados en las zonas cultivadas ya mencionadas, con el agregado de algunos de la localidad de Real del Padre. Las transmissividades (T) promedio varían entre 900 y $1600 \text{ m}^2/\text{día}$ y el coeficiente de almacenamiento (S) oscila alrededor de 5×10^{-4} . Un único caudal característico obtenido en Colonia R. Iselín indica $28,8 \text{ m}^3/\text{h.m}$ para un caudal de bombeo del orden de 375.000 l/hora.

Con respecto al Acuífero Principal Inferior, se cuenta con informacion de ensayos de corta duracion en Colonia Atuel Norte, para un nivel de explotacion ubicado entre 180 y 200 m de profundidad. En uno de los pozos se obtuvo un rendimiento de $27,4 \text{ m}^3/\text{h.m}$ para 290.000 l/h. Las T y S son de similar orden de magnitud que las indicadas más arriba.

Todos estos valores adolecen de las mismas limitaciones comentadas para el caso del Acuífero Superior. Los restantes datos relativos al Acuífero Principal Inferior son los correspondientes a los 7 pozos exploratorios ejecutados durante el estudio. Estos a su vez sufren una seria limitacion debida a la carencia de pozos de observacion (ver Capítulo V del presente informe). Los niveles ensayados en estos pozos corresponden a profundidades que van de los 170 a los 220 metros. Las T calculadas

varían entre 270 y 680 m²/día. Los resultados más consistentes se obtuvieron en el pozo SR-8, el que arrojó un rendimiento específico de 20,83 m³/h.m para 114.000 l/h.

Resumiendo los resultados obtenidos, puede decirse que el comportamiento de los acuíferos ensayados es asimilable al tipo "con recarga vertical", es decir que los acuíferos de la zona reciben, durante el bombeo, recarga de horizontes superiores y/o inferiores, de manera que se descarta que los mismos puedan ser totalmente confinados (acuíferos de Theis). Ello concuerda con la información geofísica-geológica disponible (Capítulos III y V).

1.6. Caracterización hidroquímica

Del análisis del total de la información hidroquímica existente en la zona de estudio, surge la conveniencia de subdividir el paquete acuífero en "estratos" químicos por profundidad de explotación. Estos estratos tienen en general características químicas propias, que en algunos casos han podido ser relacionadas con fuentes de recarga conocidas, particularmente con el río Diamante.

Se ha determinado químicamente que el río Diamante tiene un importante efecto caracterizador sobre el agua del subsuelo a causa de la infiltración en su lecho, y secundariamente a través de la infiltración en canales derivados de él y de los excedentes de riego en su zona de influencia. La composición química y la salinidad del agua de recarga son variables, a causa de las variaciones químicas del río Diamante a lo largo de su recorrido, determinadas por los embalsamientos temporarios, las fluctuaciones del caudal y los aportes de desagües.

El río Atuel, cuyo comportamiento es bastante similar al del Diamante, no parece ejercer, de acuerdo a los estudios hidrológicos realizados una acción hidroquímica directa sobre los recursos subterráneos en el área de estudio. Sí puede presuponerse una influencia indirecta menor a través de canales sin impermeabilizar y otros efectos conexos en el área / de regadío correspondiente (Lámina 1, Capítulo VII).

Aunque no se poseen antecedentes químicos relativos a los derrames temporarios del río seco de Las Peñas, las perforaciones muestreadas en las cercanías de su probable área de influencia indican la presencia de a-

agua subterránea químicamente distinta de la de los ríos Atuel y Diamante. Esto lleva a pensar en aportes relacionados directamente con aquél o también en otros aportes no reconocidos y probablemente originados en la vertiente oriental de la Sierra Pintada. Esta hipótesis resulta compatible con las consideraciones geológicas e hidrológicas desarrolladas en los capítulos I y VI de este informe.

1.6.1. Acuífero Superior (Profundidades entre 0-60 m)

1.6.1.1. Zona I (Profundidades entre 0 y 30 m) ubicada al este de la línea del F.C.G.S.M. Estación Nacuñán-Real del Padre (Lámina 2, Capítulo VII)

Las características químicas del agua subterránea del sector norte de esta zona parecen estar vinculadas a recarga proveniente del norte, noroeste y directamente del oeste, originada por infiltración a través del río Seco de Las Peñas y por otros aportes. No debe descartarse la posibilidad que la mineralización de estas aguas esté vinculada a la cubierta eólica espesa existente en el lugar.

Hacia el río Diamante las aguas son algo más salinizadas y responden a un proceso evolutivo general de mineralización según la dirección del flujo. En las inmediaciones de las márgenes del río las características químicas del agua del subsuelo se relacionan con las de aquél.

Entre los ríos Diamante y Atuel, el agua proveniente de la parte alta de la cuenca sufre un neto incremento de la mineralización hacia el sureste, paralelamente a la dirección del flujo de agua subterránea. Este sector también se encuentra cubierto por una capa eólica continua, la que por sus características podría incidir en la mineralización del agua. Un efecto similar tendrían las pérdidas de canales y desagües que se ubican en esta zona.

En general las variaciones de salinidad en el tiempo (período considerado: 1979-1981) no superan el 10%, lo cual indica una relativa estabilidad de la misma.

1.6.1.2. Zona II (Profundidades entre 30 y 60 m) ubicada al oeste de la anterior (Lámina 2, Capítulo VII).

El agua es menos mineralizada que la explotada en la zona I

Las características químicas del agua al norte del río seco de Las Peñas indican influencias diversas, como serían las de este propio río y algún ingreso desde el norte o noroeste.

Al sur del río seco de Las Peñas pueden esperarse efectos hidroquímicos diferentes, según se produzcan por la influencia de este / río, o del río Diamante. En dirección sureste la composición parece responder a una zona de mezcla relacionada con los aportes derivados de la / infiltración del río Diamante y otros aportes quizás provenientes del / oeste.

En el sector situado entre los ríos Diamante y Atuel el agua subterránea aparece relacionada directamente con el primero, mientras que las zonas de mayor salinidad al sur estarían estrechamente vinculadas al arroyo Las Aguaditas.

1.6.1.3. Intervalo de explotación de 10 a 60 m de profundidad

En el área ocupada por la zona II (Lámina 2, Capítulo VII) existen pozos cuyos filtros abarcan distintos espesores dentro del intervalo de 10 a 60 m de profundidad. Estos pozos que en parte explotan niveles más altos que los de dicha Zona II (30-60 m) se han analizado aparte, puesto que presentan características químicas diferentes.

Para estas condiciones de explotación el agua extraída / presenta salinidades mayores que las correspondientes estrictamente al intervalo de 30-60 m (Zona II).

Si consideramos que dichas salinidades son a su vez mayores que las detectadas para la zona I, puede suponerse que el intervalo acuífero sobrepuesto a la zona II constituye la prolongación occidental de / la primera en sentido hidroquímico. En otras palabras, se verificaría la hipótesis de la estratificación química vertical, con mejoramiento de las condiciones en profundidad.

1.6.2. Acuífero Principal

1.6.2.1. Acuífero Principal Superior

1.6.2.1.1. Intervalo de explotación entre 60 y 100 m

Las aguas de este nivel acuífero están indudablemente ligadas a dos orígenes distintos: a) agua proveniente de la normal recarga del

río Diamante, evolucionada químicamente según la dirección del flujo y /
b) agua proveniente de una recarga vertical, más mineralizada, con origen en el nivel acuífero suprayacente (Zona II del Acuífero Superior). La mezcla de ambos ingresos da lugar a las características químicas del nivel en consideración.

1.6.2.1.2. Intervalo de explotación entre 100 y 165 m.

La composición química del agua subterránea a esta profundidad de explotación, en relación con el horizonte superior anteriormente analizado, aparece menos influida por las aguas más mineralizadas y de composición química diferente de los niveles superiores.

Es evidentemente el Acuífero Principal Superior, un caso particular de sobreexplotación localizada dentro de las características químicas generales del Acuífero Principal.

Interesa poner de relieve que la estratificación química descrita sólo se conoce con cierta precisión en el área bajo cultivo / que rodea a las localidades de Monte Comán, Colonia Iselín, Goudge y Actual Norte (Arroyo Las Aguaditas). Es en base a los diferentes niveles explotados por la actividad privada en la zona, que se ha podido establecer la subdivisión en estratos.

En el caso del Acuífero Principal Inferior, que se trata a continuación, la información proviene de los pozos exploratorios (SR-2 a SR-8) y de algunos otros profundos preexistentes.

1.6.2.2. Acuífero Principal Inferior (Por debajo a 165 m)

Las características químicas de este paquete acuífero indican las buenas perspectivas que presenta respecto a todos los anteriormente señalados.

Al norte del río Diamante, en el sector ubicado al oeste de la zona de estudio, el comportamiento del agua subterránea está ligado a la circulación desde el oeste, quizás vinculada a una infiltración en el río seco de Las Peñas u otros relacionados con la vertiente oriental de la sierra Pintada. Evidentemente es descartable para este sector cualquier origen relacionado con el río Diamante.

Hacia el este, ya en la zona de estudio, el agua subterránea de moderada salinidad podría originarse tanto en los aportes prove-

nientes del oeste y noroeste como de la recarga del río Diamante.

Al sur del río Diamante, el origen de las aguas es bastante difícil de explicar, aunque no se descarta que una antigua recarga del mencionado río, sin alteraciones modernas, podría ser la responsable de la presencia de estas aguas. Es difícil admitir que las aguas sódicas del norte y noroeste pudieran tener efecto alguno en esta zona

2. CONCLUSIONES

La zona de trabajo definida en el Convenio CFI-CRAS cubre una buena parte del importante reservorio subterráneo constituido por la cuenca Sanrafaelina. Los trabajos allí realizados mostraron buenas posibilidades de explotación del recurso hídrico subterráneo.

Si se considera el panorama general, se observa que la / cuenca de agua subterránea de San Rafael es extensa y potente, con una importante zona de recarga en el río Diamante, por la cual pueden infiltrarse volúmenes considerables, y con un acuífero libre cuyas dimensiones permiten estimar un rendimiento global del orden de los 100 Hm^3/m . Una estimación conservadora similar para la zona de semiconfinamiento, incluyendo las áreas específicas del estudio, permite evaluar en unos 50 Hm^3/m el probable rendimiento de estos terrenos acuíferos.

Los niveles del agua subterránea están cercanos a la superficie del terreno en la mayor parte de la cuenca (Lámina 8, Capítulo VI), hecho que favorece técnica y económicamente su explotación mediante bombeo. Si a esto se agrega que la región de San Rafael cuenta con importantes recursos de agua superficial, bien regulados a través de obras hidráulicas de envergadura y distribuidos por una extensa red de conducción, queda definido un sistema de aprovechamiento conjunto de los recursos hídricos con amplias posibilidades de manejo eficiente.

En la zona específica del estudio los resultados de los ensayos de bombeo realizados, permiten adelantar que la explotación se verá favorecida por el tipo de acuífero predominante, ya que la recarga vertical detectada no sólo contribuirá a que las depresiones en los pozos sean menores sino por que después de prolongados períodos de extracción el paquete sedimentario tenderá a comportarse como acuífero libre, con coeficiente de almacenamiento de magnitud acorde.

Debe llamarse la atención; no obstante lo dicho, sobre los riesgos derivados de una sobreexplotación, por cuanto la potencialidad con taminante de los horizontes superiores fuertemente salinizados, aumenta / considerablemente con tal comportamiento de los sedimentos.

De acuerdo con lo conocido hasta ahora, el rendimiento de los acuíferos decrece con la profundidad, conforme a la disminución de la granometría de los sedimentos. Esto plantearía, en principio, la con veniencia de explotar niveles relativamente poco profundos, tales como los correspondientes al manto superior del Acuífero Principal (60 a 160 m), y aún menores.

Sin embargo, los resultados de la interpretación hidroquímica impiden recomendar esta solución, ya que las características químicas y la calidad para riego del agua subterránea desmejoran notablemente en dirección inversa a la profundidad, es decir hacia arriba.,

3. RECOMENDACIONES

No obstante las buenas perspectivas de explotación del recurso hídrico subterráneo en la zona de estudio, su desarrollo debe hacerse por etapas, explorando e investigando a la vez. Esto es así por cuanto si bien se ha adelantado en el conocimiento de este sector de la cuenca, no se ha alcanzado aún un grado de detalle y seguridad que impida cometer errores conceptuales desde el punto de vista del manejo global de los recursos.

Por ello se piensa que todo plan que involucre la explotación de los recursos hídricos subterráneos en la zona debe concebirse asimismo como proyecto de exploración e investigación de dichos recursos.

De esta manera se podrá ir perfeccionando en el tiempo el esquema de manejo conjunto del agua, incorporando métodos como la instala ción de baterías de pozos en zonas especialmente aptas, ejecución de obras para recarga artificial de los acuíferos, etc. .

Debe tenerse muy especialmente en cuanto al panorama hidroquímico, sobre todo en lo que se refiere a la estratificación de los ni veles conocidos, al comprobarse que, las condiciones químicas de cada estrato se hacen cada vez mejores con la profundidad. Desde este punto de

vista y en función del uso a que puede destinarse el agua subterránea, los intervalos recomendables se escalonan de abajo hacia arriba. El recurso químicamente más apto para riego se encuentra en el Acuífero Principal Inferior, entre los 170 y los 220 m de profundidad, según las zonas. Para uso ganadero, los niveles superficiales actualmente en explotación pueden considerarse suficientemente aptos en general.

Es importante efectuar algunas recomendaciones específicas para continuar los estudios, no solo en los sectores de la cuenca involucrados en el presente trabajo, sino principalmente en el sentido de la integración total del conocimiento de la cuenca de San Rafael.

- Planteo del balance hídrico global de la cuenca como herramienta para conocer su comportamiento y planificar la utilización de los recursos. Este análisis dará una idea clara de aquellos aspectos en que será necesario intensificar los trabajos para ajustar la información.

- Entre estos aspectos, ya se puede mencionar el estudio / pormenorizado del comportamiento de los ríos Atuel y Diamante respecto del reservorio subterráneo; el análisis de la distribución temporal y espacial de las precipitaciones pluviales; la infiltración en las redes de riego y desagüe, etc.

- Intensificar el estudio geofísico-geológico del subsuelo a fin de delimitar la cuenca con precisión, particularmente en sus flancos norte y sur.

- Investigar el subsuelo en el sector comprendido entre los ríos Diamante y seco de Las Peñas a efectos de evaluar su potencial y determinar el origen y magnitud de los aportes detectados durante el desarrollo del presente estudio.

Por último, se considera que los futuros trabajos que aquí se proponen debe incorporarse al análisis la zona de General Alvear, como sector distal integrante de la cuenca.



LA PAZ

ZONA II
Pozos en explotación
entre 30 y 60m. de
profundidad respecto
de la superficie

ZONA I
Pozos en explotación
entre 0 y 30m. de
profundidad respecto
de la superficie

Período de muestreo
Año 1980

REFERENCIAS

- Ruta Nacional
- Ruta Provincial
- Huella
- Curso de agua permanente
- Curso de agua temporario
- Límite departamental
- Límite inferido de cuenca sub-
- Pozo y número

- Pozo muestreado y valor de conductividad eléctrica en micro mho/cm a 25° C.
- Curva de igual conductividad eléctrica - Zona I
- Idem - curva inferida - Zona I
- Curva de igual conductividad eléctrica - Zona II
- Idem - curva inferida - Zona II
- Límite entre zonas con diferentes profundidades de explotación
- Zona de máxima infiltración
- Zona de probable descarga
- Zona de probable recarga

ESCALA 1:400.000

0 5 10 15 Km

CENTRO REGIONAL DE AGUA SUBTERRANEA

Provincia: MENDOZA Área: ZONA SUR

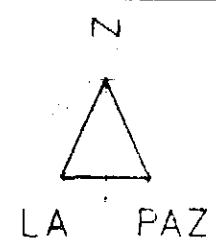
CURVAS DE ISOCONDUCTIVIDAD ELECTRICA
ACUIFERO SUPERIOR

Elab. Lic. E. GARCIA

Unidad: HIDROQUIMICA

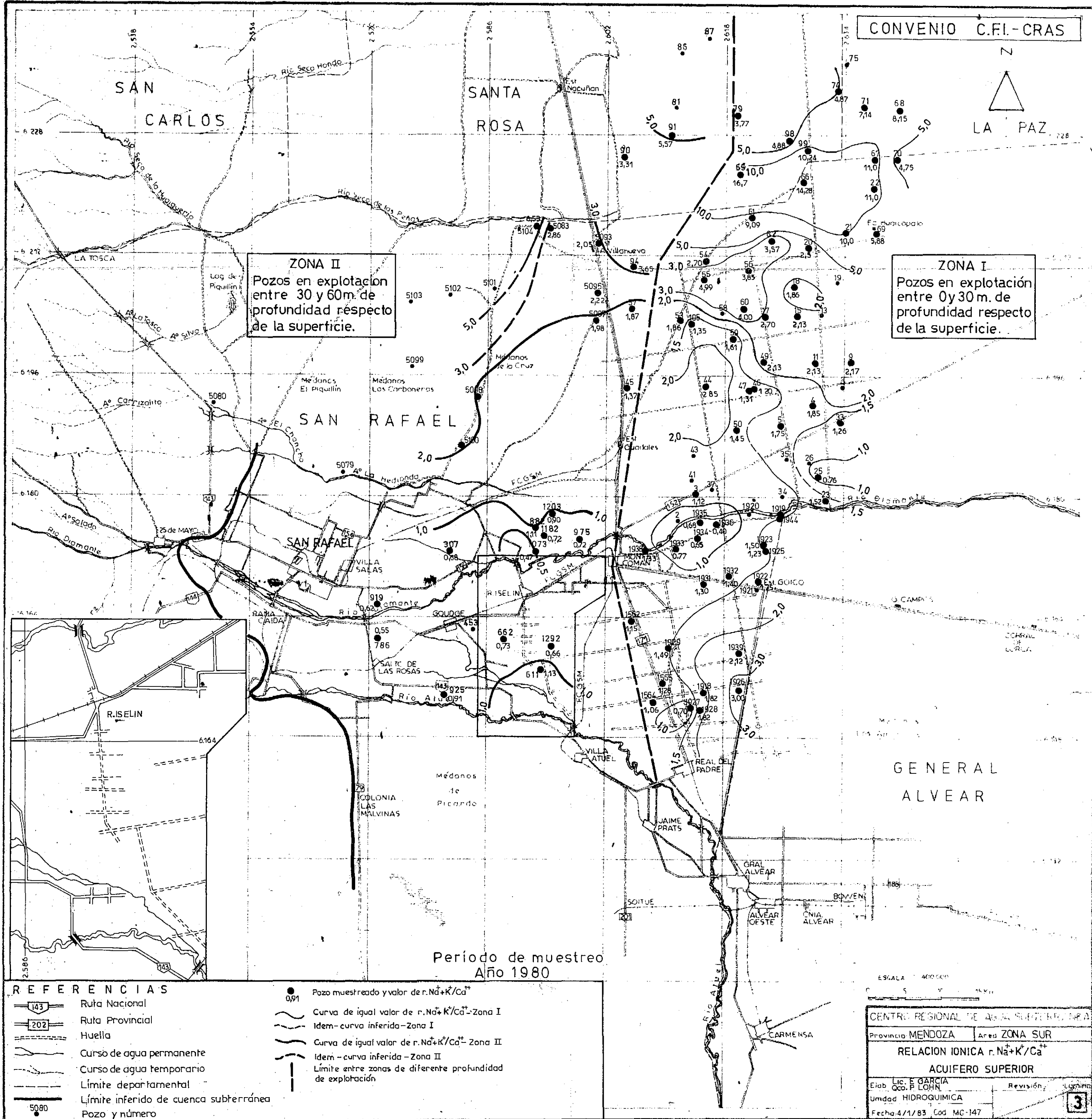
Fecha 3/1/83 Cod. MC-147

2



ZONA II
Pozos en explotación
entre 30 y 60m de
profundidad respecto
de la superficie.

ZONA I
Pozos en explotación
entre 0 y 30m de
profundidad respecto
de la superficie.



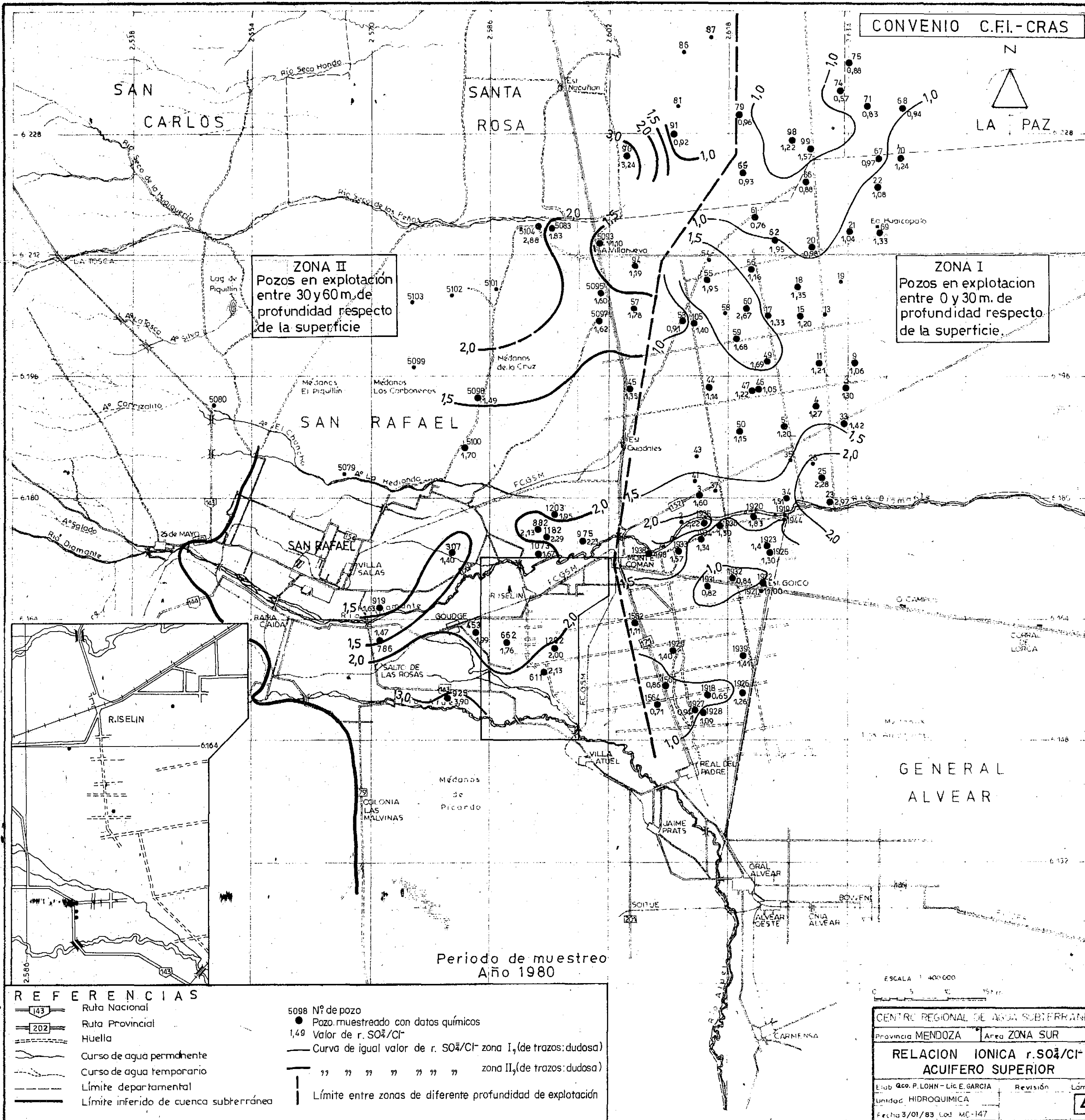
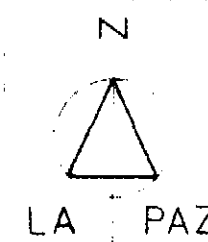
REFERENCIAS

- Ruta Nacional
- Ruta Provincial
- Huella
- Curso de agua permanente
- Curso de agua temporario
- Límite departamental
- Límite inferido de cuenca subterránea
- Pozo y número

- Pozo muestreado y valor de $r.Na+K+/Ca++$
- Curva de igual valor de $r.Na+K+/Ca++$ -Zona I
- Idem-curva inferida-Zona I
- Curva de igual valor de $r.Na+K+/Ca++$ -Zona II
- Idem-curva inferida-Zona II
- Límite entre zonas de diferente profundidad de explotación

ESCALA 1:400,000

CENTRO REGIONAL DE AGUA SUBTERRÁNEA	
Provincia MENDOZA	Área ZONA SUR
RELACION IONICA $r.Na+K+/Ca++$	
ACUÍFERO SUPERIOR	
Elab. Lic. E. GARCIA	Revisión
Oco. P. LOHN	
Unidad HIDROQUÍMICA	
Fecha 4/1/83 Cod MC-147	



Periodo de muestreo
Año 1980

REFERENCIAS

- 143 Ruta Nacional
- 202 Ruta Provincial
- Huella
- Curso de agua permanente
- Curso de agua temporario
- Límite departamental
- Límite inferido de cuenca subterránea

- 5098 N° de pozo
- Pozo muestreado con datos químicos
- 1,49 Valor de $r. SO_4^{2-}/Cl^-$
- Curva de igual valor de $r. SO_4^{2-}/Cl^-$ zona I, (de trazos: dudosa)
- — — — — zona II, (de trazos: dudosa)
- | Límite entre zonas de diferente profundidad de explotación

ESCALA 1:400,000

CENTRO REGIONAL DE AGUA SUBTERRÁNEA

Provincia MENDOZA Area ZONA SUR

RELACION IONICA $r. SO_4^{2-}/Cl^-$
ACUIFERO SUPERIOR

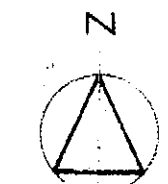
Elab. Geo. P. LOHN - Lic. E. GARCIA

Revisión Lámmina

Unidad: HIDROQUIMICA

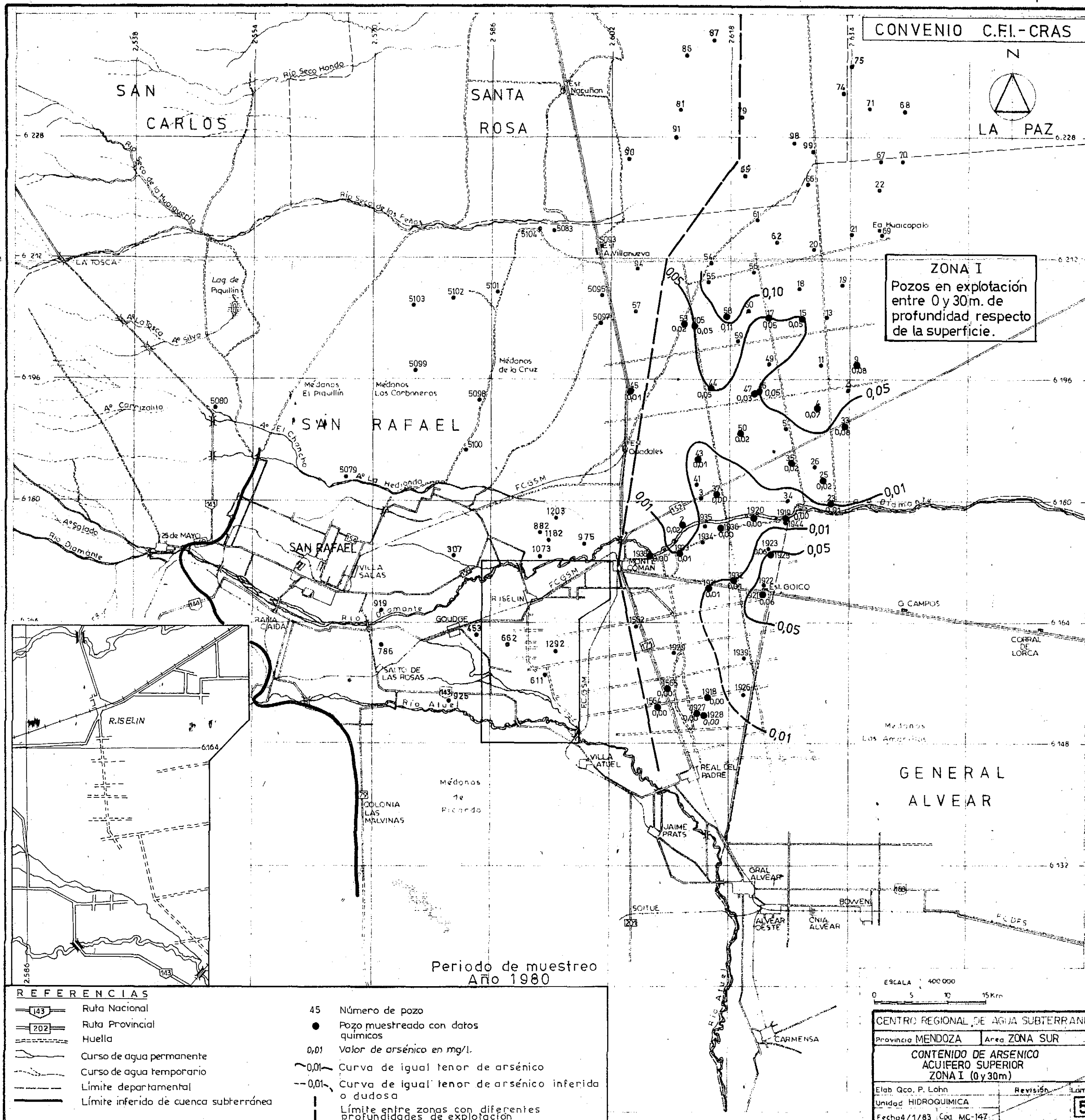
Fecha 3/01/83 Cod. MC-147

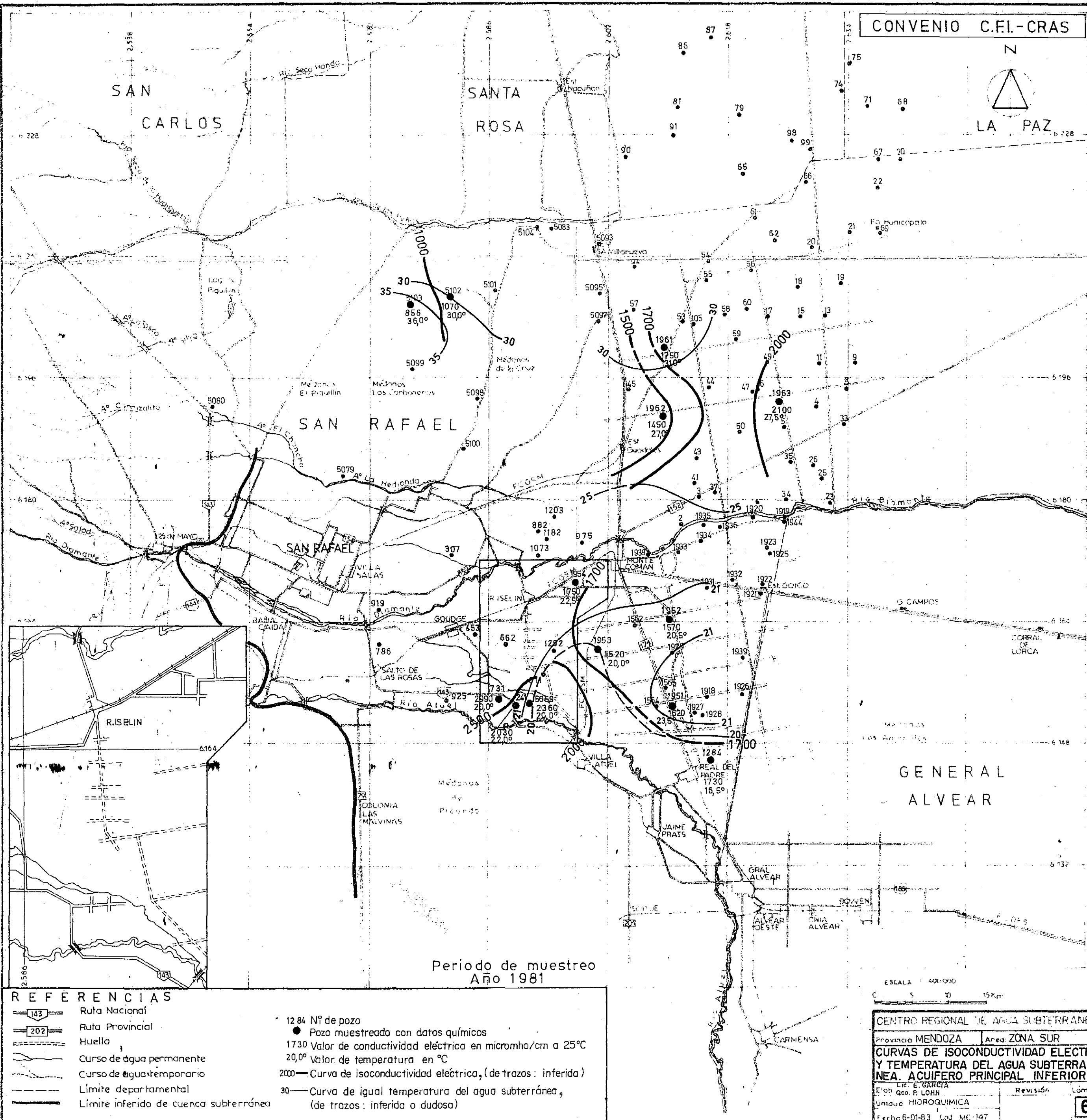
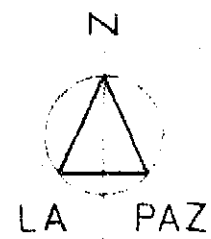
4

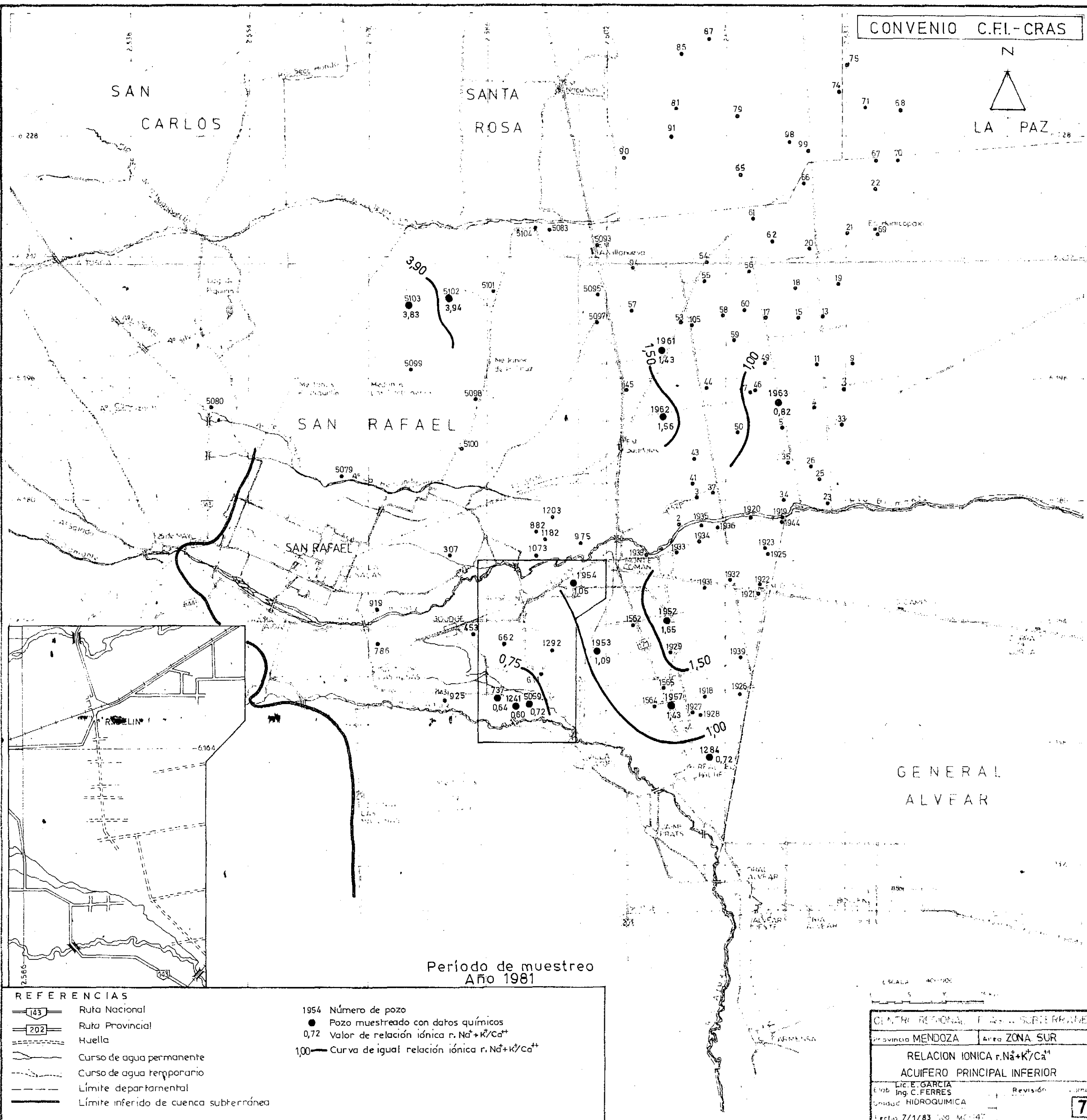


LA PAZ

ZONA I
Pozos en explotación
entre 0 y 30 m. de
profundidad respecto
de la superficie.







Período de muestreo
Año 1981

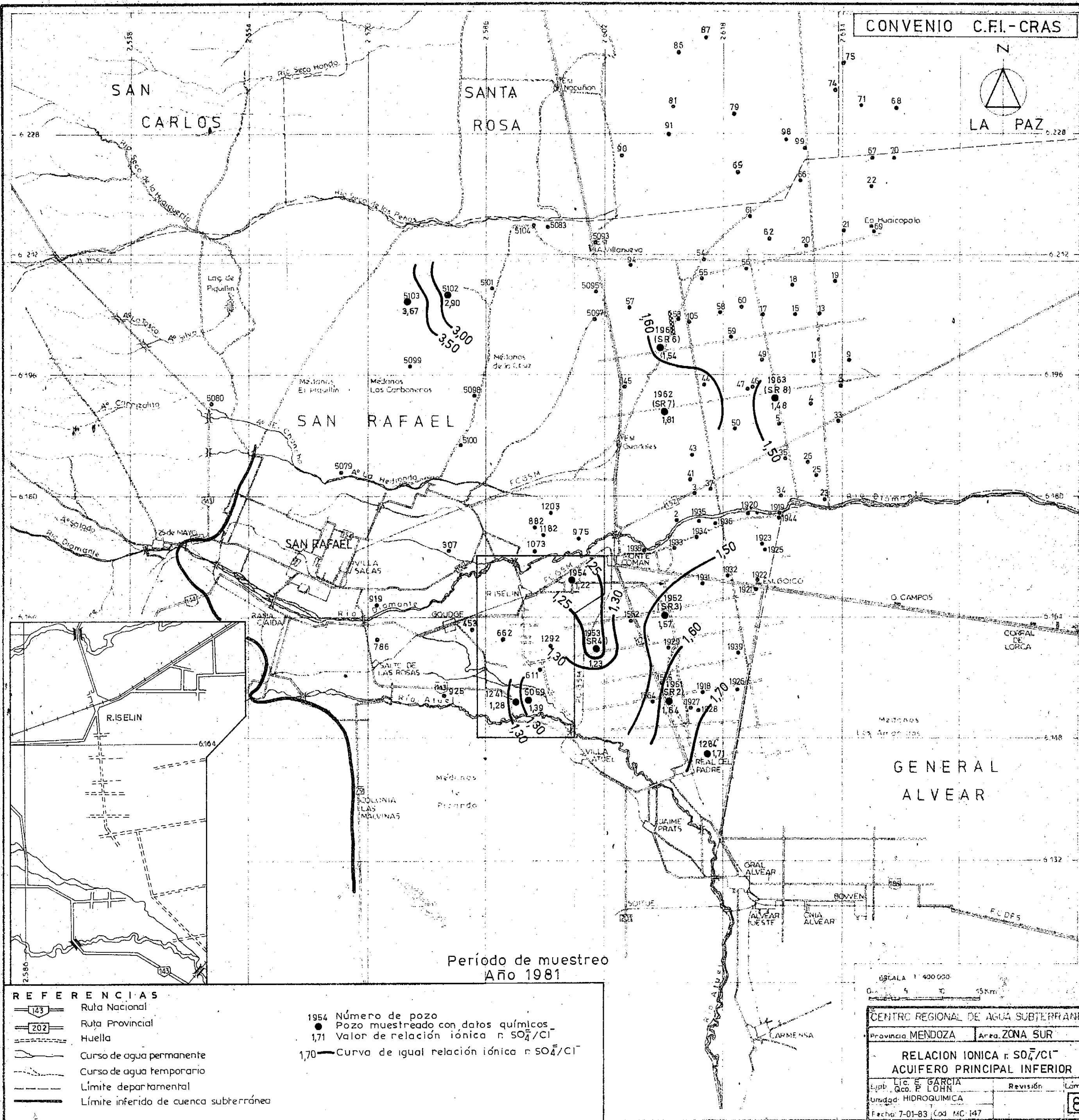
REFERENCIAS

- 143 Ruta Nacional
- 202 Ruta Provincial
- Huella
- Curso de agua permanente
- Curso de agua temporario
- Límite departamental
- Límite inferido de cuenca subterránea

- 1954 Número de pozo
- Pozo muestreado con datos químicos
- 0,72 Valor de relación iónica $\text{r. Na}^+ + \text{K}^+ / \text{Ca}^{++}$
- 1,00 Curva de igual relación iónica $\text{r. Na}^+ + \text{K}^+ / \text{Ca}^{++}$

ESCALA 1:40,000

CENTRO REGIONAL DE INVESTIGACIONES SUBTERRÁNEAS	
Provincia MENDOZA	Area ZONA SUR
RELACION IONICA $\text{r. Na}^+ + \text{K}^+ / \text{Ca}^{++}$	
ACUIFERO PRINCIPAL INFERIOR	
Lic. E. GARCIA	
Ing. C. FERRES	
Unidad HIDROQUIMICA	
Fecha 7/1/83 100 MC-147	
Revisión	
7	



Período de muestreo
Año 1981

REFERENCIAS

- 143 Ruta Nacional
- 202 Ruta Provincial
- Huella
- Curso de agua permanente
- Curso de agua temporario
- Límite departamental
- Límite inferido de cuenca subterránea

- 1954 Número de pozo
- Pozo muestreado con datos químicos
- 1,71 Valor de relación iónica $n SO_4/Cl$
- 1,70 — Curva de igual relación iónica $n SO_4/Cl$

ESCALA 1:400.000

0 5 10 15 Km

CENTRO REGIONAL DE AGUA SUBTERRÁNEA

Provincia MENDOZA Área ZONA SUR

RELACION IONICA $n SO_4/Cl$
ACUIFERO PRINCIPAL INFERIOR

Exp. Lic. E. GARCIA
Geo. P. LOHN
Unidad: HIDROQUIMICA
Fecha: 7-01-83 Cod. MC-147

