

**VERSION PRELIMINAR
SUJETA A CORRECCION**

29324

ESTRATIGRAFIA E HIDROGEOQUIMICA

Area: COLONIA SANTA ROSA

(Provincia de Salta)

1185

PROYECTO NOA HIDRICO

SEGUNDA FASE

Realizado por: Carlos Taballione
Lic. en Ciencias Geológicas

X 12
H 1112
Salta

Asesoramiento Técnico y
Revisión Crítica:

Dr. Zeev L. Shifan
Hidrogeólogo

AÑO: 1980

I N D I C E

1.	Resumen	2
2.	Introducción	4
3.	Geología	5
3.1	Geología de superficie	5
3.2	Aspectos geomorfológicos	6
3.3	Geología del subsuelo	7
4.	Calidad del agua y consideraciones hidrogeoquímicas.	13
4.1	Datos disponibles	13
4.2	Objetivos del estudio	15
4.3	Salinidad total Toma B y Arroyo Maravillas	15
4.4	Salinidad total pozos cavados y frentímetros	18
4.4.1	Criterios de interpretación	18
4.4.2	Distribución areal de la salinidad	20
4.4.3	Cambios en la salinidad del agua subterránea	22
4.5	Relaciones iónicas y características geoquímicas del agua	31
4.6	Balance salino	54
5.	Conclusiones	56
6.	Documentación y bibliografía consultada	60

INDICE DE CUADROS

CUADRO N° 1	-	Distribución de acuíferos de pozos perforados profundos	12
CUADRO N° 2	-	Muestreo de agua en la Colonia Santa Rosa. Años 1979 - 1980	16
CUADRO N° 3	-	Concentración de sales disueltas en las aguas de La Toma B y el Arroyo Maravillas. Años 1979 - 1980 .	17
CUADRO N° 4	-	Colonia Santa Rosa - Balance hídrico y salino preliminar. Mayo 1979-Abril 1980	55

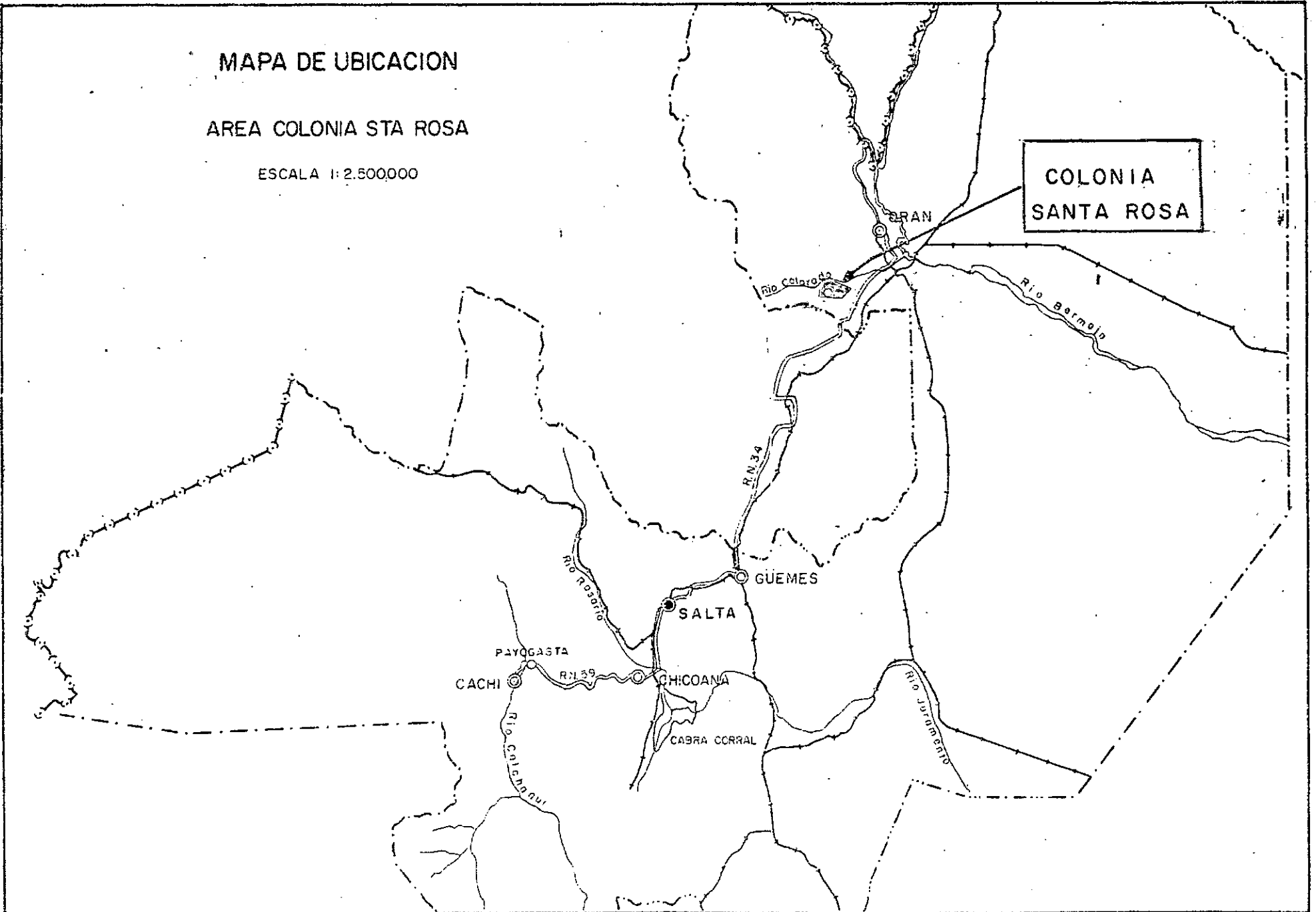
INDICE DE ANEXOS

- ANEKO I - Perfiles 1-1 ; 2-2; 3-3; 4-4; 5-5; 6-6 y 7-7
- ANEKO II - Block diagrama sector norte.
- ANEKO III - Mapa de valores de residuo seco en:
Toma B - Aguas freáticas - Arroyo Maravillas (Mapa N° 1)

MAPA DE UBICACION

AREA COLONIA STA ROSA

ESCALA 1:2.500.000



1. Resumen

En el presente informe se analizan dos aspectos, con los cuales se pretende contribuir a la evaluación global de la situación freaticométrica que actualmente realiza el Proyecto NOA HIDRICO. El primero de ellos está orientado a determinar la posible relación entre las características geológicas y el nivel freático. El segundo aspecto, tiende a evaluar las características geoquímicas de las aguas superficiales y subterráneas, confeccionándose un balance salino preliminar.

La actual área de cultivos, está emplazada en el cono aluvial de Santa Rosa, depositado por el Río Colorado. Existen depósitos más modernos de origen eólico

De la evaluación global de los datos disponibles, se puede apreciar que el Río Colorado contribuye a la recarga del nivel freático, principalmente en el sector comprendido entre la Toma B y la finca de José Ortiz, favorecido por la clovada permeabilidad de los sedimentos allí existentes y la topografía. Aguas abajo se observa una correspondencia entre el río y el nivel freático y según los perfiles 3-3 a 6-6 también contribuye en la recarga pero en menor proporción.

El Río Colorado se encuentra recostado sobre la margen izquierda del cono. El cauce actual es inestable y transitorio, las sierras de Santa María actúan como el contrafuerte norte impidiendo el avance del río hacia ese sector. Sobre la margen derecha, las litologías friables (fácilmente erosionables) y la topografía, facilitan la tarea de erosión lateral hacia el sur, factor de suma peligrosidad para un vasto sector del área de cultivos y pueblo de la Colonia Santa Rosa.

Antes de desarrollarse el área como zona de cultivos, hace aproximadamente 40 años (expresiones vertidas por agricultores del lugar), no existían manifestaciones de ascenso de la freática, razón por la cual es factible pensar que las fuentes naturales de recarga (río y lluvias) guar-

daban cierto equilibrio con el drenaje natural de los terrenos (de baja permeabilidad). Al iniciarse el riego se produjo el desequilibrio, provocando el ascenso del nivel freático por deficiencias de drenaje y que, paulatinamente va en aumento, afectando en la actualidad, con distintos grados de severidad, una superficie algo superior a las 3.000 Ha.

Las aguas del Río Colorado, derivadas en la Toma B, que sirven de aguas de riego en la Colonia, son de tipo calcio-bicarbonáticas y contienen sulfatos en mucho mayor proporción que cloruros. El sodio constituye en general 10 a 20% de los cationes. La concentración del agua fluctúa entre 140 y 220 ppm. a través del año (1979-1980).

Las aguas del Arroyo Maravillas, arteria principal del drenaje de los terrenos de la Colonia, son de tipo calcio-magnesio-bicarbonáticas-sódicas-cloruradas. La composición iónica es variable. El sodio constituye en general 20 a 50% de los cationes; la concentración varía entre 330 y más de 700 ppm. Las mayores concentraciones corresponden a la estación lluviosa.

Las aguas subterráneas de la capa freática son variables, tanto en su concentración (400 a 7.000 ppm.) como en su composición iónica. Aún el agua subterránea clasificada como de baja salinidad es de mayor concentración que el agua de riego.

Las aguas freáticas de relativamente elevada salinidad resultan de una filtración de aguas de riego, o de lluvia, que contienen sales anteriormente precipitadas en la superficie del terreno o en la capa superior del suelo. Estas sales son cloruros y sulfatos y aún bicarbonato de sodio (soda).

Un primer balance salino de los terrenos, preparado en base de los datos disponibles para la Toma B y el Arroyo Maravillas, indica una acumulación de sales en los terrenos durante la estación seca y un lavado de sales durante la estación lluviosa.

Para el año examinado (Mayo 1979 - Abril 1980) el balance de sales es negativo, en el sentido que por el Arroyo Maravillas salió una cantidad mayor de sales de la aportada por las aguas de riego; sin embargo, esto se debe a las lluvias fuertes de los meses Marzo y Abril del año 1980. Sin ellas es posible que el balance salino hubiera sido positivo.

2. Introducción

Las investigaciones que realiza el Proyecto NOA HIDRICO en el área Colonia Santa Rosa, tienen por finalidad evaluar el problema generado por la paulatina elevación de la capa freática, que afecta con distintos grados de severidad un vasto sector productivo y luego proponer las soluciones tendientes al control de la misma a niveles no perjudiciales y a la actividad agrícola.

Se pretende con el presente trabajo, contribuir a la evaluación global de la situación freaticométrica que realiza el Proyecto NOA HIDRICO conjuntamente y mediante convenio con la Jefatura de Estudios y Proyectos de Riego y Drenaje de Santiago del Estero (Agua y Energía Eléctrica de la Nación).

Este informe resume las características geomorfológicas, por una parte y litoestratigráficas del subsuelo, por otra, mediante la integración de perfiles según distintas direcciones, con los cuales es posible visualizar las tendencias de predominio de distintas litologías dentro del área de estudio.

Por último, se analizan las características geoquímicas de las aguas superficiales y subterráneas.

Entre los trabajos consultados y elaborados por el Proyecto NOA HIDRICO se ha contado con información referente a:

- Seis perfiles hidrogeológicos de pozos profundos (1) que permiten visualizar: caudales disponibles, litologías atravesadas, niveles estáticos, profundidad y caudales específicos. Su ubicación debió ser consta-

(1) Bibliografía

tada en el terreno, debido a la carencia de mapas de ubicación de los mismos. Las profundidades varían entre 61 y 171 m. Existen además en el área, otros 6 pozos perforados de los cuales no se obtuvo datos hidrogeológicos.

- Datos litológicos de 32 pozos perforados con pala barreno. Consisten en determinaciones megascópicas de campaña, alcanzándose profundidades variables entre 1 y 4,7 m.
- Análisis granulométricos de 73 pozos perforados con máquina rotativa helicoidal y pala barreno con profundidades variables entre 4 y 24 m.
- Fotografías aéreas escala aproximada 1: 10.000 (4).
- Análisis químicos de aguas superficiales (Toma B y Arroyo Maravillas).
- Análisis químicos de aguas freáticas.

3. Geología

3.1 Geología de Superficie.

En el informe "Relevamiento Geológico Expeditivo en el Río Colorado y Colonia Santa Rosa" (8) elaborado anteriormente por el Proyecto NOA HIDRICO, se muestra expeditivamente los aspectos geológicos, con cuyos datos, consultas y observaciones posteriores de campaña, el cuadro geológico del área puede resumirse de la siguiente manera:

- Terciario: Está constituido por areniscas estratificadas de color rosado claro, que en el área conforman una estructura homoclinal de rumbo aproximado NNE y buzamiento cercano a los 60° al SSE y que a su vez pertenecen al flanco oriental de una estructura anticlinal cuyo eje se encuentra al oeste del área. Estas rocas afloran en las Serranías de Santa María (margen izquierda del Río Colorado) y Santa Rosa (oeste del área estudiada).

- Cuartáríco: Dos tipos de depósitos de esta edad se diferencian como sigue:

Cuartáríco antiguo: consiste en sedimentos del cono aluvial de la Colonia Santa Rosa, que fueron depositados por el Río Colorado a partir de la zona de la actual Toma B y aprovechando la depresión existente entre las sierras de Santa María y Santa Rosa. La litología varía desde bloques hasta arcillas y asociaciones intermedias y los colores predominantes son rosados pardos y rojizos.

Cuartáríco moderno: Sobre los materiales del cono, el INTA (5) menciona depósitos de origen eólico diferenciándose dos tipos de relieve: loessoide y arenoso, este último transgresivo y posterior al primero.

La delimitación en superficie de los distintos tipos de depósitos edáficos puede consultarse en trabajos específicos de suelos confeccionados por la Comisión Nacional del Río Bermejo (3) y por el INTA (5).

3.2 Aspectos Geomorfológicos.

En la depresión existente entre las sierras de Santa María y Santa Rosa y a partir aproximadamente de la Toma B, el Río Colorado al pasar de la zona montañosa a la de llanura, al perder capacidad de carga depositó los sedimentos que hoy conforman el cono aluvial de Santa Rosa.

El Río Colorado se encuentra actualmente recostado sobre la margen izquierda (norte) del cono, presentando un cauce definido hasta unos 5 Km. aguas abajo de la Toma B (Finca de José Ortiz, catastro 2508) donde pierde pendiente notoriamente formando meandros y razgos geomorfológicos que a las claras muestran un estadio de ensanchamiento de la llanura aluvial, hasta aproximadamente unos 10 Km. aguas abajo (Finca de Miguel Gómez, catastro 4911). A partir de este sector,

la densa vegetación existente ejerce un efecto de retardo en el proceso de erosión lateral del río. En el primer tramo mencionado, la pendiente del río es del orden del 9 al 10% y a partir de la finca de J. Ortiz ésta disminuye a valores cercanos del 4 al 5% (Mapa N° 1).

Por observaciones desde el aire, de fotografías aéreas y en el terreno, es posible deducir que el cauce actual del río es inestable y transitorio, las Sierras de Santa María actúan como el contrafuerte norte del cono, impidiendo el avance del río hacia ese sector, no ocurre lo mismo sobre la margen derecha en donde la topografía y las litologías friables facilitan la tarea de erosión lateral hacia el sur, fenómeno de suma peligrosidad para un vasto sector del área de cultivos y Pueblo de la Colonia Santa Rosa.

El punto de mayor debilidad observado, y que permitiría el ingreso del río hacia la zona de cultivos, es el sector del emplazamiento de la Toma A, donde en el último ciclo de lluvias (1979-1980) el río ha provocado una erosión lateral, del orden de los 50 m. al este de la mencionada toma, que por otra parte se encuentra ubicada frente a una curva, donde el río en épocas de crecidas tiende a tomar un curso rectilíneo, provocando una erosión progresiva sobre la margen derecha.

Cabe destacar que ya existe un antecedente del ingreso del río por la Toma A, de construcción precaria.

Por las razones expuestas anteriormente cabe destacar la conveniencia de realizar el análisis exhaustivo de esta situación y la toma de medidas precautorias contra el avance del río, no solo en el sector de la Toma A sino también en los sitios donde se visualicen estos problemas.

3.3 Geología del Subsuelo.

Antes de entrar en el análisis del comportamiento geológico del subsuelo, se hace necesario tener en cuenta algunas consideraciones

con las cuales es posible evaluar con mayor justeza los datos litológicos con que se cuenta.

Con los datos litológicos de pozos de hasta 24 metros perforados por el Proyecto NOA HIDRICO y perfiles hidrogeológicos de 6 pozos profundos existentes en el área (1), se confeccionaron perfiles según distintas direcciones, con el objeto de establecer correlaciones entre los horizontes litológicos atravesados.

Los depósitos de cono suelen desarrollarse en forma de lentes y lenguas, entrelazadas y frecuentemente truncadas, resultando así cambios bruscos en la textura de los sedimentos a cortas distancias. Sumándose a este fenómeno, la distancia entre los pozos, del orden de 500 a 1000 m, impide intentar correlaciones entre ellos en el sentido estricto de la palabra.

Por las razones expuestas, más que una identificación de unidades estratigráficas de larga extensión, los perfiles elaborados muestran tendencias de predominio de unas litologías sobre otras en los distintos sectores de la colonia.

Para la integración de perfiles, se ha seleccionado líneas orientadas aproximadamente en el sentido de crecimiento longitudinal del cono (Perfiles 1-1 y 2-2) y transversales al mismo, orientados de norte a sur, (perfiles: 3-3, 4-4, 5-5 y 6-6). El Perfil 7-7 abarca un sector en abanico que se orienta en forma aproximadamente transversal al sentido del escurrimiento subterráneo del nivel freático (ANEXO I).

Estos perfiles se confeccionaron rebatiendo los registros litológicos y freaticométricos de los pozos a una línea, pues, salvo algunas excepciones (Perfil 5-5), los mismos no están orientados rectilíneamente en el terreno. Su ubicación se detalla en el Mapa N° 1 (ANEXO III).

El Perfil 1-1, muestra desde el río hacia el este una predominan-

cia de horizontes superficiales arenosos, salvo los pozos 41 y 132 donde se encontraron capas de poco espesor de materiales de textura más fina. Estos bancos arenosos reposan sobre un horizonte de gravas y rodados a una profundidad aproximada de 6 m. en los pozos 5 y 42. Hacia el este (pozo A.S. 62) el techo de estas gravas es detectado a los 12 m.

Las gravas y rodados detectados en los pozos 5, 42 y A.S. 62, pueden ser un mismo banco dadas las características geomorfológicas del sector que abarca el Perfil 1-1.

Los bancos arcillosos atravesados son de muy poco espesor y varían de algunos cm. hasta 1 m. En el pozo A.S. 62 se atravesó un nivel de arcillas de 6 m. de potencia cuya continuidad lateral no se observa en los pozos adyacentes por lo que se interpreta, puede tratarse de un lente aislado. La carencia de datos a mayor profundidad en los pozos 46 y 20 impide realizar apreciaciones más ajustadas.

Los datos litológicos (texturales) obtenidos en los pozos que abarca el perfil 2-2, no permiten realizar prácticamente ningún tipo de correlación. Sólo se está en condiciones de apreciar que desde el pozo 103 hasta el 14 (Pueblo de la Colonia) existe un pasaje de una textura franco - francoarenosa hasta arcillosa en el pueblo. Esta variación tiene una correspondencia directa con los aspectos geomorfológicos mencionados anteriormente.

A partir del pozo 14 hacia el oeste (Perfil 2-2) la variabilidad lateral de los depósitos atravesados en los distintos pozos permite deducir la presencia de lentes de arenas hasta arcillas y fracciones intermedias sin evidenciarse una tendencia definida.

El Perfil 3-3, permite apreciar una variación granulométrica de gruesos a finos hacia el pueblo de la Colonia Santa Rosa, como así también una cierta continuidad lateral. En el pozo A.S.P. 1036 se observa un horizonte de 5 m. de arcillas, que en el sector de la co-

lonia alcanza algo más de 10 m. de potencia. (Pozos 14, 30 y A.S. 47). En el Pozo A.S.P. 1050 (sur del perfil) se detecta un nivel de 14 m. de arcillas, en los pozos 111 y 112, en cambio, la columna atravesada corresponde a una textura franco limosa.

Los perfiles 4-4 y 5-5 muestran cierta tendencia de continuidad lateral de materiales arenosos. Los horizontes de textura más fina aparentemente se distribuyen en forma de lentes, en algunos casos, aislados. Hacia el sur del perfil 4-4 es posible apreciar un "banco" que se acuña hacia el norte, de textura franco limosa a limo arcillosa, disminuyendo apreciablemente el porcentaje de arenas.

En el perfil 6-6, en cambio, se observa un predominio de fracciones limosas y arcillosas, salvo en los pozos 118 y 22 donde un banco arenoso se acuña hacia el sur. Del análisis global de los perfiles, se denota una tendencia de variación de materiales gruesos a finos a medida que se avanza hacia el este.

El perfil 7-7, confeccionado en forma de abanico muestra un predominio de materiales finos a lo largo de todo el perfil, siendo muy escasa la ocurrencia de niveles arenosos, de espesores de hasta un metro. El pozo 2 es el único con predominio de arenas, las cuales no tienen continuidad lateral en ningún sentido (Perfil 2-2).

En lo que respecta al nivel freático, durante el mes de Setiembre de 1980 se realizó la vinculación altimétrica del pelo de agua del Río Colorado, en varios puntos, con los freatómetros; paralelamente se realizó una recorrida de medición del nivel freático. Estos valores se volcaron en los perfiles 1-1 a 7-7 con los cuales fué posible visualizar los aspectos que se detallan a continuación:

- Los perfiles 1-1 y 2-2 muestran un flujo del agua freática desde el oeste hacia el este.
- En el perfil 1-1 se visualiza que el río sería influente al nivel

freático en este sector, (no se investigó detalladamente el sentido del flujo en sus márgenes) la topografía y los sedimentos permeables favorecen la recarga.

- Los perfiles 3-3, 4-4, 5-5 y 6-6 muestran una correspondencia de niveles entre el pelo de agua y el nivel freático medido en los pozos aledaños y desde allí una influencia hacia las zonas topográficamente deprimidas, fenómeno que se verifica en los mapas de curvas iso-freáticas. (2) (7)

Con los datos disponibles, se confeccionó un Block Diagrama (ANEXO II), donde se muestra el comportamiento litológico del sector norte del área estudiada.

3.4 Posibilidad de Aporte desde Acuíferos Profundos.

Los datos disponibles de algunos pozos perforados pueden servir, con ciertas precauciones, para definir eventuales componentes verticales del flujo subterráneo o, por lo menos, diferencias del potencial del agua subterránea en capas a varias profundidades. Existen en el área 12 pozos profundos (perforados) sólo se dispone de información de seis de ellos. Los niveles estáticos registrados están resumidos en el Cuadro N° 1.

Los pozos fueron construídos en los años 1953-1957 y no es posible, hoy en día, comprobar la veracidad de los datos, por lo que se considera necesario adoptar ciertas reservas en las apreciaciones, pues algunas de las capas enfrentadas a filtros rindieron caudales extremadamente bajos y se agotaron rápidamente de modo que no se tiene la seguridad de que los niveles estáticos registrados representen las presiones del agua en los diversos acuíferos.

Del análisis del nivel estático de los pozos profundos es posible apreciar:

- En los pozos 47 y A.S. 62, el nivel estático de cada horizonte acuí-

CUADRO N° 1

DISTRIBUCION DE ACUIFEROS DE POZOS PERFORADOS PROFUNDOS.

Pozo	Prof. Total (m)	Capa	Prof. (m)	Nivel Estático	Observaciones
AS - 47	93.00	1	13 - 14	2.50	Se agota 16,900 l/h - 3 m depresión
		2	25 - 27	?	
		3	51 - 56,50	6,00	
		4	91 - 93	14,00	
AS - 62	130,00	1	12 - 24	5.20	"Capas muy pobres", se agotan rapidamente.
		2	38- 44	9,00	
		3	113 - 116	25.00	
ASP - 1050	171.00	1	25 - 27	25,0	} Se agotan } 30-40 l/h, 60-70 m. depresión
		2	62 - 65	25,0	
		3	99 -103	24,50	
		4	110 -115	23,0	
		5	167 -171	22,0	
AS - 49	120 m	1	50 - 54	39,0	Se agota 1-100 l/h 1-50 m. depresión
		2	56 - 64	37,50	
ASP - 1036	61	1	5.20-8.60	4,80	Pozo en uso. 14,800 l/h
		2	13.70-16.00	7.80	
		3	23.80-25.70	13.00	
		4	44.60-47.20	10.00	
		5	54.00-58.00	6.80	
ASP - 1040	73.00	1	5.70- 8.90	4,20	4.000 l/h, 3 m.depresión
		2	13.70-16.00	8.00	
		3	28.00-32.20	11.90	
		4	36.70-38.80	9.10	
		5	48.20-51.26	6.50	
		6	58.00-60.20	6.00	
		7	63.60-66.00	6.00	

- fero, siempre es inferior al nivel alcanzado por las capas superiores.
- Los pozos ASP 1050 y AS 49 muestran un comportamiento a la inversa, o sea que a medida que se avanza en profundidad, los niveles estáticos de las capas más profundas ascienden a valores más cercanos a la superficie.
 - Un tercer caso se observa en los pozos ASP 1040 y ASP 1036, en donde los tres primeros acuíferos se comportan como en el primer caso, los acuíferos más profundos se comportan como en el segundo caso. En ningún caso los niveles estáticos de los acuíferos profundos alcanzan el nivel del horizonte freático.

Esta última situación se interpreta pues, como un acuífero "colgado" superior, y un complejo acuífero más profundo, de permeabilidad baja, con características de confinamiento que podría corresponder a rocas del Terciario. Esta imagen se identifica al concepto de la existencia de un "hidroapoyo" bajo el acuífero superior.

No debe suponerse en base de los datos disponibles, una contribución significativa al acuífero superior a partir de algún acuífero confinado profundo.

4. Calidad del Agua y Consideraciones Hidro-Geoquímicas. - Por: Zeev L. Shifftan

4.1 Datos Disponibles.

Recorridos de muestreos de agua se realizaron en las siguientes fechas: Marzo, Julio, Agosto, Noviembre y Diciembre de 1979; como así también en Enero, Febrero, Marzo y Abril de 1980.

Se analizaron en total 598 muestras de agua de un total de 148 fuentes, durante un período de 14 meses, entre Marzo de 1979 y Abril de 1980. Las fuentes de agua muestreadas son: (Cuadro II° 2).

1) La toma B (origen del canal principal).

2) El canal de desagüe Arroyo Maravillas (en el puente carretero so-

MUESTREO DE AGUAS EN LA COLONIA SANTA ROSA AÑOS 1979-1980

FUENTE DE MUESTREO	MUESTREO								FUENTE DE MUESTREO	MUESTREO								OBSERVACIONES				
	1979				1980					1979				1980								
	3/79	7/79	8/79	10/79	11/79	12/79	1/80	2/80		3/80	4/80	3/79	7/79	8/79	10/79	11/79	12/79		1/80	2/80	3/80	4/80
Toma "B"	X	X	X	X	-	-	X	X	X	X	F. 48	-	X	X	X	-	X	X	X	X	X	En el mes de Diciembre del año 1979, se rectificó la red de Freatímetros, anulando las observaciones en los Pozos Cavados y colocando en su reemplazo un caño (Freatímetro) en su área de influencia. Se anularon también los siguientes pozos N° 9-10-18-33 y 35.-
Desague Gral.	X	X	X	X	X	-	X	X	X	X	F. 60	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	
F. 1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	F. 61	X	-	X	X	X	-	X	X	X	X	
P.C. 2	-	X	X	X	-	X	X	X	X	X	F. 62	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	
F. 3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	F. 65	X	-	X	X	X	-	X	X	X	X	
P.C. 4	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	F. 67	X	-	X	X	-	X	X	X	X	X	
P.C. 5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	F. 68	X	-	X	X	X	-	X	X	X	X	
P.C. 6	-	X	X	X	X	-	X	X	X	X	F. 106	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	
P.C. 7	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	F. 108	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	
F. 8	-	X	X	-	X	X	X	X	X	X	F. 109	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	
P.C. 9	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	F. 110	-	-	-	-	X	-	X	X	X	X	
P.C. 10	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	F. 111	-	-	-	-	X	-	X	X	X	X	
P.C. 11	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	F. 112	-	-	-	-	X	-	X	X	X	X	
P.C. 12	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	F. 114	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	
P.C. 13	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	F. 115	-	-	-	-	X	-	X	X	X	X	
F. 14	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	F. 116	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	
P.C. 15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	F. 117	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	
P.C. 16	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	F. 118	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	
P.C. 17	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	F. 119	-	-	-	-	X	-	X	X	X	X	
P.C. 18	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	F. 120	-	-	-	-	X	-	X	X	X	X	
P.C. 19	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	F. 121	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	
P.C. 20	X	X	X	X	-	X	X	X	X	X	F. 122	-	-	-	-	X	-	X	X	X	X	
F. 21	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	F. 123	-	-	-	-	X	-	X	X	X	X	
P.C. 22	X	X	X	X	-	X	X	X	X	X	F. 124	-	-	-	-	X	-	X	X	X	X	
P.C. 23	X	X	X	X	-	X	X	X	X	X	F. 125	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	
P.C. 24	X	X	X	X	-	-	X	X	X	X	F. 126	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	
P.C. 25	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	F. 127	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	
F. 26	X	X	-	X	-	X	-	-	-	-	F. 128	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	
P.C. 27	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	F. 129	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	
P.C. 28	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	F. 130	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	
F. 29	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	F. 131	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	
F. 30	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	F. 132	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	
P.C. 31	X	X	X	X	X	-	X	X	X	X	F. 134	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	
F. 32	X	X	X	X	-	X	X	X	X	X	F. 135	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	
P.C. 33	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	F. 136	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	
P.C. 36	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	F. 138	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	
F. 37	-	X	-	-	-	X	X	X	X	X	F. 140	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	
P.C. 38	X	X	X	X	X	X	-	X	X	X	F. 144	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	
P.C. 39	X	X	X	X	X	-	X	X	X	X	F. 145	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	
F. 40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	F. 146	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	
P.C. 41	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												
P.C. 42	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												
F. 43	X	X	X	X	X	-	X	X	X	X												
F. 44	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												
F. 46	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												
F. 47	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												

REFERENCIAS: F. = Freatímetro P.C. = Pozo Cavado X = Toma de Muestra -- = Sin muestra.-

bre Ruta 34).

3) Freatímetros.

4) Pozos cavados.

4.2 Objetivos del Estudio

En la Colonia Santa Rosa no tiene utilización el agua subterránea como una fuente de agua para el riego, y sirve, como fuente auxiliar de provisión de agua potable cuando el Río Colorado lleva material en suspensión en épocas de crecidas.

Por consiguiente, una evaluación de la calidad del agua subterránea sirve principalmente como un elemento más en el conocimiento de los procesos que afectan al conjunto suelo-agua en los terrenos de la Colonia.

La calidad del agua derivada para riego en la toma B y la del Arroyo Maravillas, que sirve como arteria principal de drenaje, tiene también gran interés en todo lo que afecta a la salinización de los terrenos.

Una imagen de los resultados globales de los procesos hidrológicos e hidrogeoquímicos que actúan en los terrenos de la Colonia, se logrará a través de un balance hídrico y salino aproximativo y preliminar.

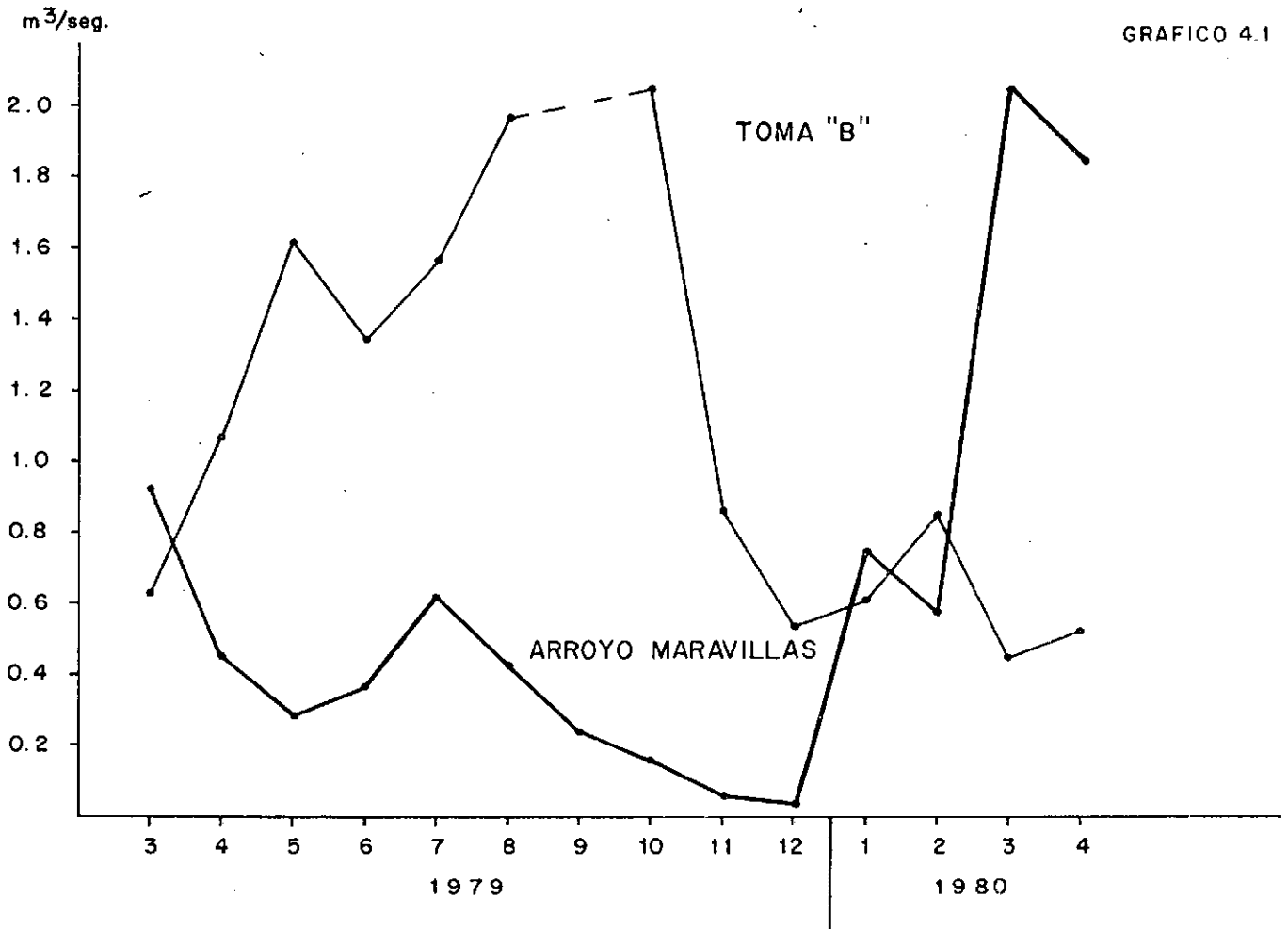
4.3 Salinidad Total (Residuo Seco) en la Toma B y en el Arroyo Maravillas.

La concentración de sales en las aguas que pasaron por las estaciones de aforo principales - la Toma B y el Arroyo Maravillas - entre Marzo de 1979 y Abril de 1980 - se presentan en el Cuadro N° 3.

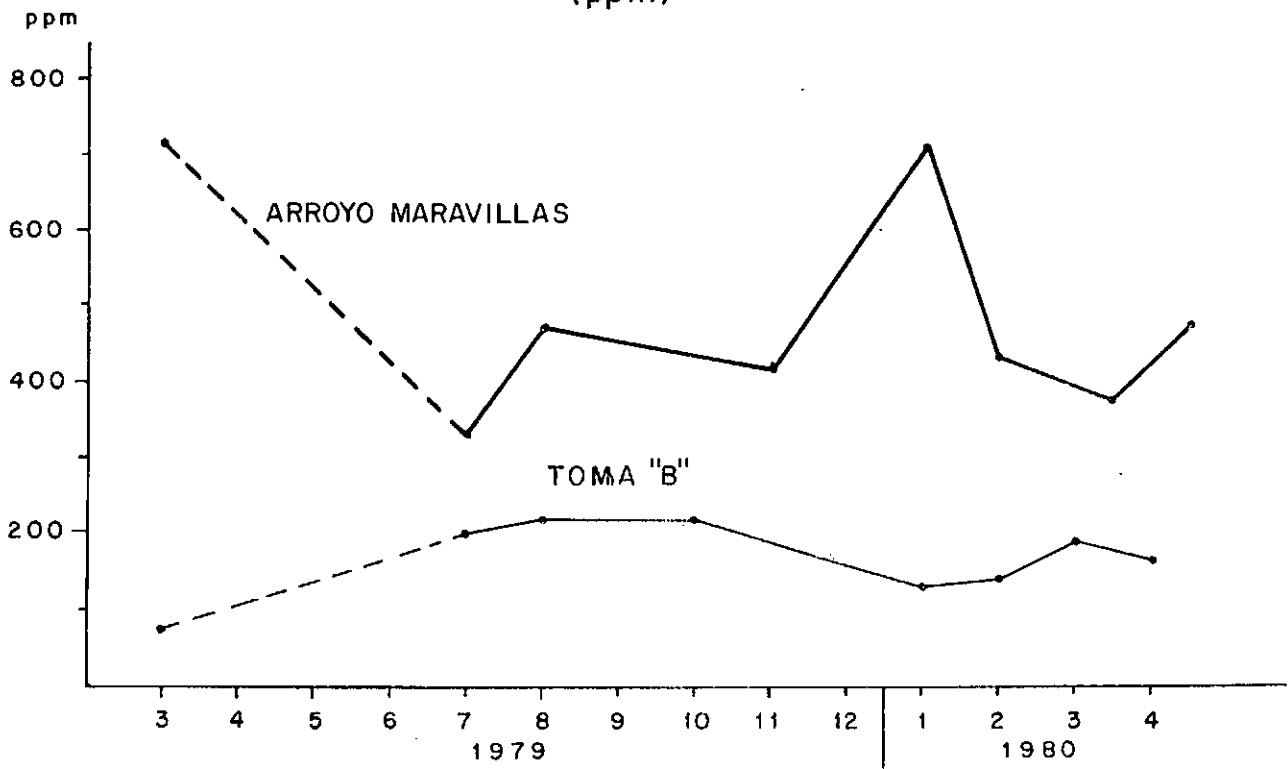
Una comparación gráfica con los caudales medios mensuales correspondientes, se presenta en el Gráfico N° 4.1 .

CAUDALES MEDIOS MENSUALES EN LAS ESTACIONES DE AFORO TOMA "B" Y ARROYO MARAVILLAS MARZO 1979 - ABRIL 1980 -16-

GRAFICO 4.1



CURSO ANUAL DE LA CONCENTRACION DE SOLIDOS DISUELTOS (ppm)



CUADRO N° 3CONCENTRACION DE SALES DISUELTAS EN LAS AGUAS DE LA TOMA B Y EL ARROYO MARAVILLAS, 1979 - 1980.

Fecha de Muestreo	3/79	7/79	8/79	11/79	1/80	2/80	3/80	4/80
Toma B	137	200	217	-	134	143	247	221
A° Maravillas	715	334	461	410	712	443	357	477

La salinidad total de las aguas derivadas para el riego fluctuó en el período de muestreo entre un máximo de 247 ppm. y un mínimo de 134 ppm. Se tiene la impresión de que la concentración se mantiene algo por encima de los 200 ppm. durante la estación de estiaje, y se reduce a 130-150 ppm. en la estación lluviosa.

La falta de datos químicos en la Toma B y Arroyo Maravillas, en algunos meses, puede dar lugar a errores interpretativos, pues aparentemente la salinidad del agua del Arroyo Maravillas varía en la estación lluviosa, entre márgenes de 400 a 700 ppm., por lo que en el futuro sería recomendable la medición de conductividad eléctrica durante el período lluvioso con mediciones más frecuentes, simultáneamente con las lecturas de la escala hidrométrica. El gráfico de la concentración sugiere que los valores de alrededor de 400 ppm. son típicos para el flujo base del Arroyo Maravillas, mientras que en tiempo de lluvias se producen fluctuaciones con máximas de hasta 700 ppm. Se tiene la impresión de que el agua que escurre por el Arroyo durante la estación seca es agua subterránea y excedentes superficiales de riego, mientras que las lluvias por escorrentía superficial, disuelven y remueven sales de la superficie del terreno y de la capa superior del suelo, aumentando así su salinidad.

4.4 Salinidad Total en los Pozos Cavados y los Freatímetros (Residuo Seco)

4.4.1 Criterios de Interpretación

Los resultados de los análisis químicos en cuanto a la concentración total de los sólidos disueltos se presentan en el Mapa N° 1.

Una interpretación de los datos presentados en este mapa debe considerar los siguientes factores que puedan influir en alguna manera en la salinidad total de las muestras obtenidas de los pozos cavados y de los freatímetros.

4.4.1.1 Condiciones del Muestreo

Durante el período de muestreo, en muchos casos no se tomaron muestras de agua en los mismos puntos debido al cambio en el sistema de observaciones freatimétricas introducido en Diciembre de 1979. Las observaciones que se venían realizando en muchos pozos cavados se sustituyeron por observaciones en nuevos freatímetros.

Las muestras se sacaron sin bombeo anterior del pozo o freatímetro, así que es posible una situación producida por un prolongado proceso de difusión de sales a partir de concentraciones locales, o por entrada local de agua de lluvia.

No se tomaron en cuenta circunstancias locales así como riego reciente, aplicación de fertilizantes, quema de paja, etc.

4.4.1.2 Condiciones Geológicas.

Se debe considerar también condiciones diferentes del drenaje natural determinadas por la distribución bastante irregular de materiales de diversa permeabi-

lidad, como es natural, en terrenos de conos aluviales. Diversos pozos y freosímetros se encuentran en terrenos de distintas litologías que condicionan el drenaje natural, externo e interno.

4.4.1.3 Precipitaciones y Riego.

Las precipitaciones y el riego producen variaciones estacionales del nivel freático, y es posible que éste influya en la salinidad total. Es posible que en tiempos de lluvias fuertes o de riego excesivo, se disuelvan sales acumuladas en la superficie y en la capa superior del suelo y se trasladen con el agua filtrante al agua subterránea, salinizando la capa freática. Es también posible que las sales acumuladas en la superficie y en los suelos de terrenos salinizados se disuelvan directamente en el agua subterránea cuando el nivel se acerca a la superficie topográfica y el margen capilar se extiende adentro de la capa salinizada del suelo. Este proceso, sin embargo, es posible solamente en terrenos con un nivel freático a poca profundidad debajo de la superficie.

Finalmente, es posible que agua de riego y/o de lluvia se infiltre directamente del terreno o de cauces y canales, produciendo así un efecto de dilución del agua subterránea y un descenso en la salinidad de la capa freática. Este proceso parece posible sobre todo en terrenos muy permeables, o en las cercanías de drenes y canales.

Teniendo presente la multitud de factores que determinan la salinidad de las muestras no debe esperarse una explicación satisfactoria de todos los fenómenos ana-

lizados y se intentará la elaboración de una imagen general dejando de lado algunos fenómenos anómalos, que por los aspectos mencionados anteriormente eran de esperar.

4.4.2 Distribución Areal de la Salinidad.

En términos generales, la conclusión presentada en el informe de Junio de 1980 (p. 23) (7) de que las aguas freáticas de mejor calidad detectadas ocupan el sector oeste y nornoreste de la Colonia permanece válida. Sin embargo, esta conclusión puede ser más detallada en base de los datos adicionales ahora disponibles.

El mapa de isoconductividad (Marzo de 1980)(7) demuestra el patrón general de la distribución de aguas de diferente contenido en sales sobre los terrenos de la Colonia. Este mapa se basa en tres recorridos de muestreo (Marzo, Julio y Agosto de 1979), durante las cuales se notaron pocas variaciones de la salinidad total. Dicho mapa muestra dos centros de elevada salinidad: el uno en las cercanías del pueblo y el otro a unos 4 Km. al sureste del mismo, al sur de la carretera. Zonas de mínima salinidad se ubican en los alrededores de la Laguna Cantero y en la mayoría de los terrenos ubicados en la margen derecha del Río Colorado.

A propósito de una zonificación de la salinidad basada en datos de 8 recorridos durante 14 meses se adopta una clasificación de las aguas subterráneas en la Colonia según las siguientes clases (Mapa N° 1):

0 - 1000 ppm. - salinidad baja (B)

1000 - 2000 ppm. - salinidad media (M)

> 2000 ppm. - salinidad alta (A)

Aplicando esta clasificación, se reconocen las siguientes clases de zonas:

- a) Zonas con relativamente baja salinidad, que en general varían dentro de márgenes bastante estrechos.

La mayor zona de baja salinidad constituye una franja continua al sur del Río Colorado, ocupando toda la parte norte de la Colonia. (Pozos 5, 38, 37, 42, 41, 32, 4, 132, 67, 24, 6, 68, 39, 126, 16, 118, 18, 125, 36, 127, 19, 22, 23). Esta zona coincide aproximadamente con la de una elevación máxima del nivel freático de 3-1,50 m. de la superficie del terreno.

- b) Otra zona con aguas subterráneas de baja salinidad se extiende al este de la Colonia (pozos 9, 60, 10, 145, 33, 129, 65, 117, 114, 136, 11, 12, 13, 27, 29). Dentro de esta zona se encuentran manchas con aguas salinas o muy salinas (pozos 110, 138, 13, 44, 144).

- c) Otras zonas de baja salinidad, de menor extensión, son:

- Una franja al sur de la Laguna Cantero (pozos 123, 119; -el pozo 124, sin embargo, ya tiene salinidad media).
- Los terrenos elevados en el suroeste de la Colonia (pozos 2, 31, 131, 111).

- d) Manchas y zonas de alta salinidad constante, o variable, -desde mediana o alta-, se encuentran en los alrededores del Pueblo (pozos 14, 30, 40, 8, 122, 110) y en algunos terrenos en el extremo sureste de la Colonia (pozo 44). La salinidad del agua subterránea en estas manchas es en general muy variable.

Ahora bien, en este esquema general se sobreponen ciertos casos irregulares, así como un pozo con alta salinidad en los terrenos altos al oeste del pueblo (pozo 108).

Los valores extremos de la salinidad del agua subterránea de

la primera capa varían entre límites muy amplios, siendo el valor mínimo observado de menos de 200 ppm. y el máximo de más de 7.000 ppm. Sin embargo, estos valores son excepcionales, y la salinidad en la mayoría de los puntos de observación varía entre 400 ppm. como mínimo y 2.000 ppm. como máximo.

Considerando la situación hidrológica o hidrogeológica general de los terrenos de la Colonia, se cree factible que un agua subterránea de relativamente baja salinidad (300-800 ppm.) de distribución areal se salinizó en ciertas partes por influencia de sales precipitadas en la capa del suelo y en la superficie.

Este concepto se comprueba por un estudio de la correlación entre las fluctuaciones del nivel freático y las variaciones de la salinidad del agua de la primera lámina freática.

4.4.3 Cambios en la Salinidad del Agua Subterránea.

Contrastando con la impresión presentada en Mayo de 1980 - de que la salinidad de las aguas subterráneas varía poco en el transcurso del tiempo (basándonos en análisis de la temporada Marzo-Agosto de 1979), se notan variaciones significativas en un gran número de pozos cuando se consideran también los análisis de las muestras de la estación lluviosa 1979/80 (Setiembre 1979 - Abril 1980). Se destacan, sobre todo, notables cambios de la salinidad, en sentido de ascenso, y también descenso, a partir de Diciembre de 1979.

A fin de evaluar estos cambios se preparó el mapa de valores de salinidad del agua subterránea adjunto que demuestra los cambios ocurridos en los diversos pozos y freatómetros a través del período de observaciones (Mapa N° 1).

Un examen de este mapa, conduce a las siguientes conclusiones:

En varios pozos y freáticos se observó un ascenso abrupto de la salinidad en el transcurso de la estación lluviosa 1979/80. Como ejemplos sirven los pozos 13, 62, 61 y 60 situados al este del pueblo, y los pozos 17, 18, 48, 125, 127, 3 y 6 al norte y nordeste del mismo. Otros pozos que sufrieron un ascenso abrupto de la salinidad son los pozos 7, 144, 27, 47, 21, 41, 43, 46, 124, 118 y 20.

Comparando estos cambios de la salinidad con la fluctuación del nivel freático, se nota una correlación entre el ascenso de la concentración de sales con el ascenso fuerte del nivel freático, provocado por las intensas lluvias del verano 1979/80, especialmente en los meses de noviembre y marzo. (Pozos 13, 62 y 21 - Gráficos 4.2, 4.3 y 4.4)

Un ascenso de la salinidad se nota no solamente cuando el nivel freático se acerca notablemente a la superficie del terreno, sino también cuando asciende sin entrar en la capa superior en el rango de un metro de la superficie (por ejemplo pozos 16, 17, 118, 126 en las cercanías del Río Colorado, y 67, 68). En estos casos, el ascenso de la salinidad se debe probablemente a la infiltración de aguas de lluvia que disolvieron sales desde la superficie y la capa superior del suelo. Sólo pozos ubicados muy cercanos al río (N° 38 y 39) no demuestran ascensos marcados de la salinidad como consecuencia de las lluvias.

En algunos pozos se nota una correlación completamente opuesta a la antes descrita, o sea un descenso abrupto de la salinidad a consecuencia de las lluvias y el ascenso del nivel freático (pozos 120, 44, 5, 144, 48, 4, 21) (Gráficos 4.5 y 4.6).

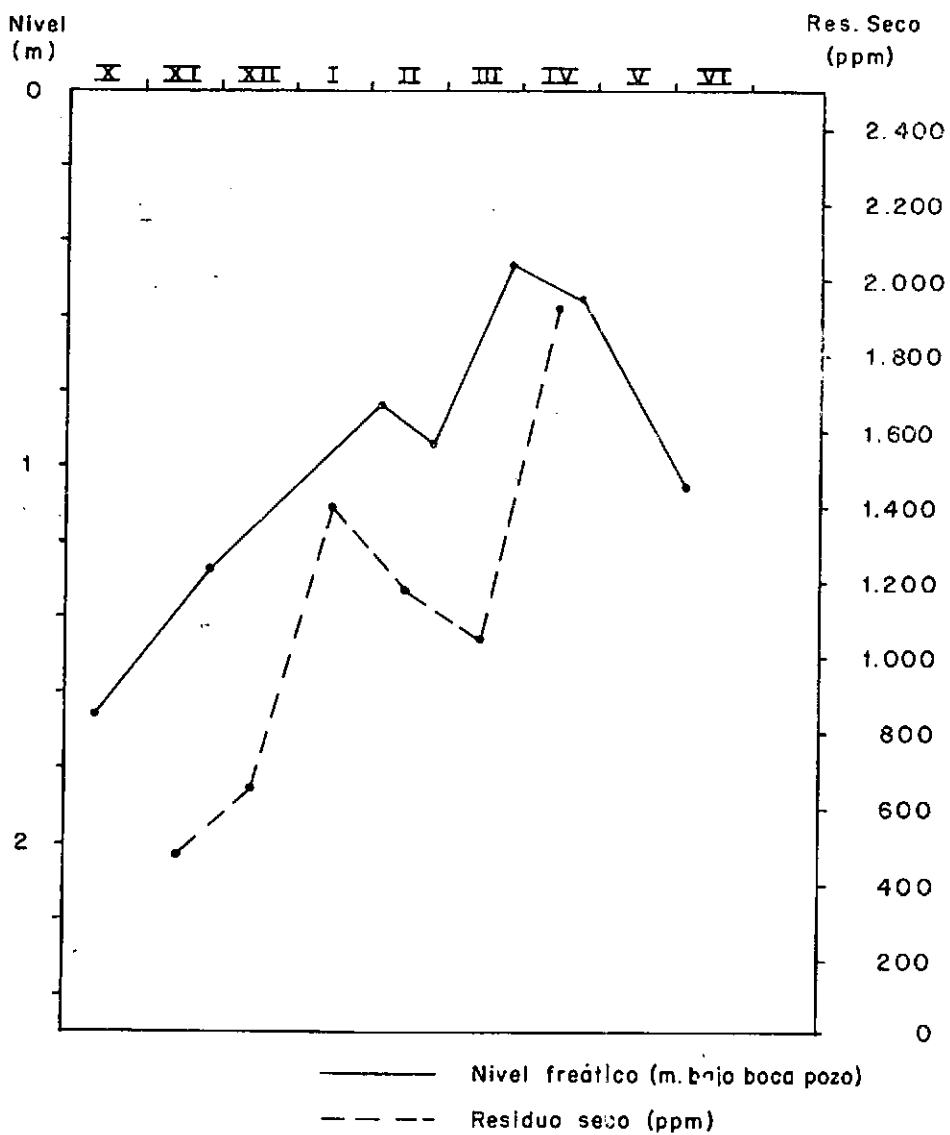
Como explicación de estas relaciones se pueden considerar los siguientes procesos:

i) El nivel freático, como consecuencia de lluvias fuertes (Mar-

RELACION NIVEL FREÁTICO / RESIDUO SECO

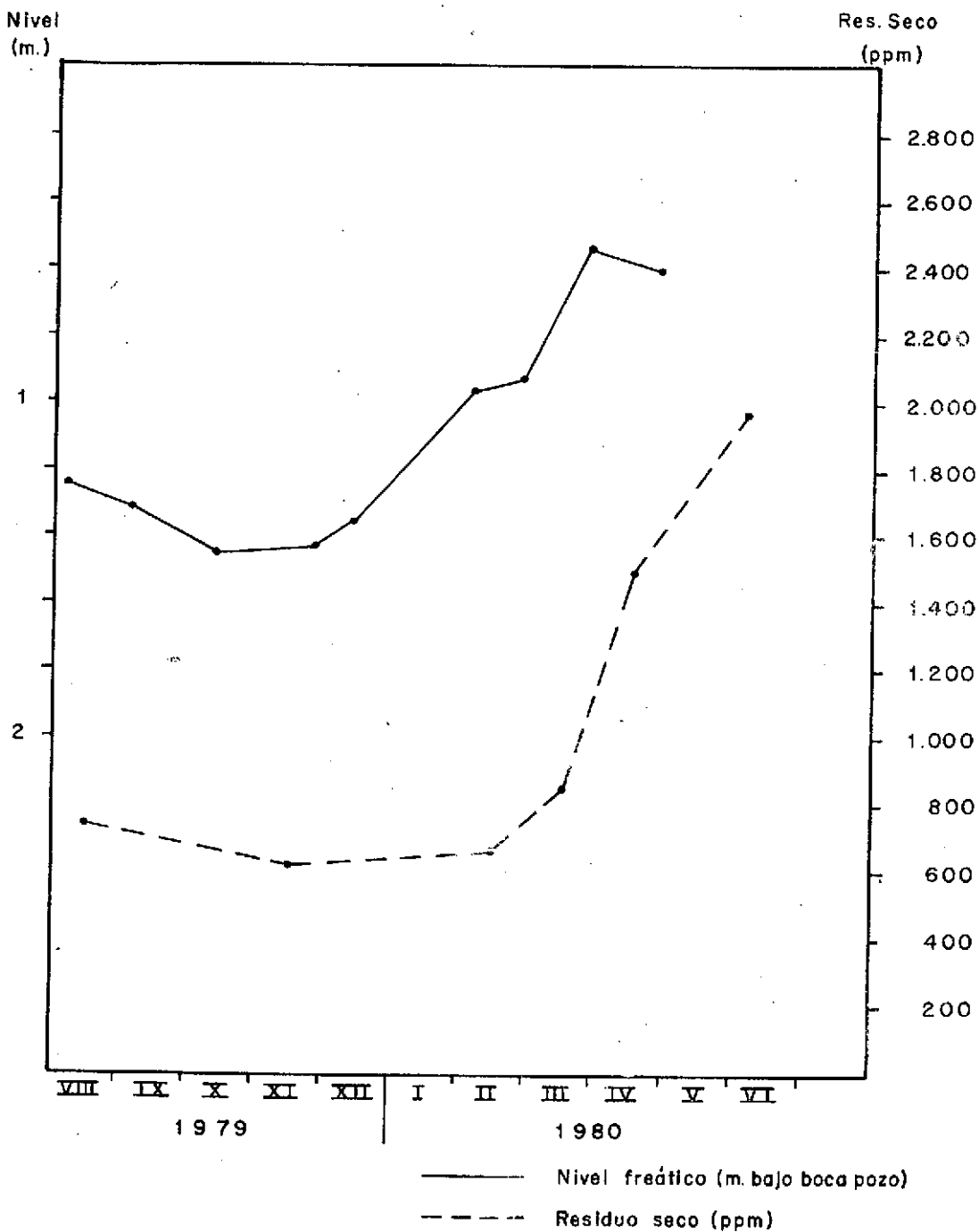
POZO Nº 13

GRAFICO 4.2



RELACION NIVEL FREATICO / RESIDUO SECO

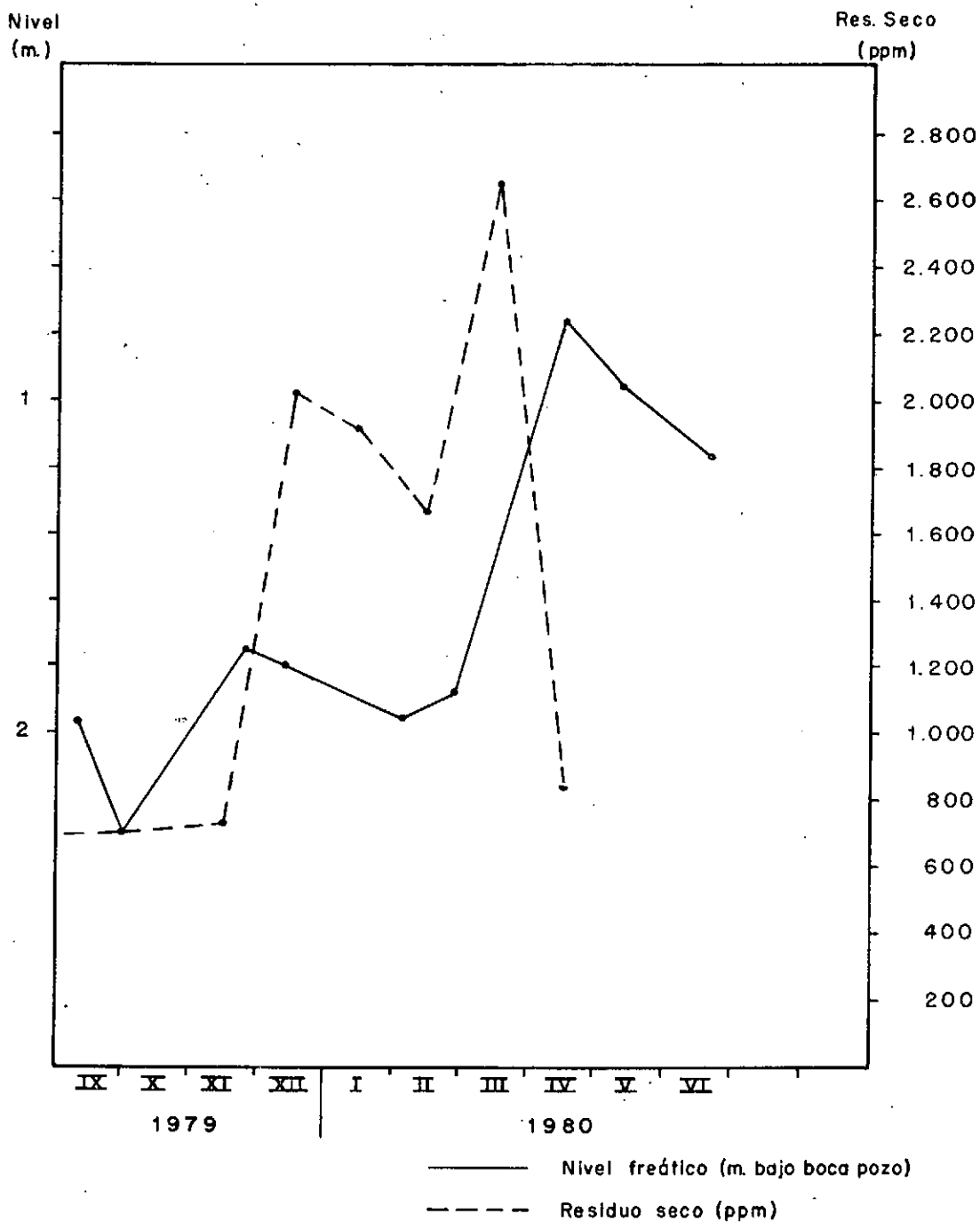
POZO N° 62
GRAFICO 4.3



RELACION NIVEL FREATICO / RESIDUO SECO

POZO Nº 21

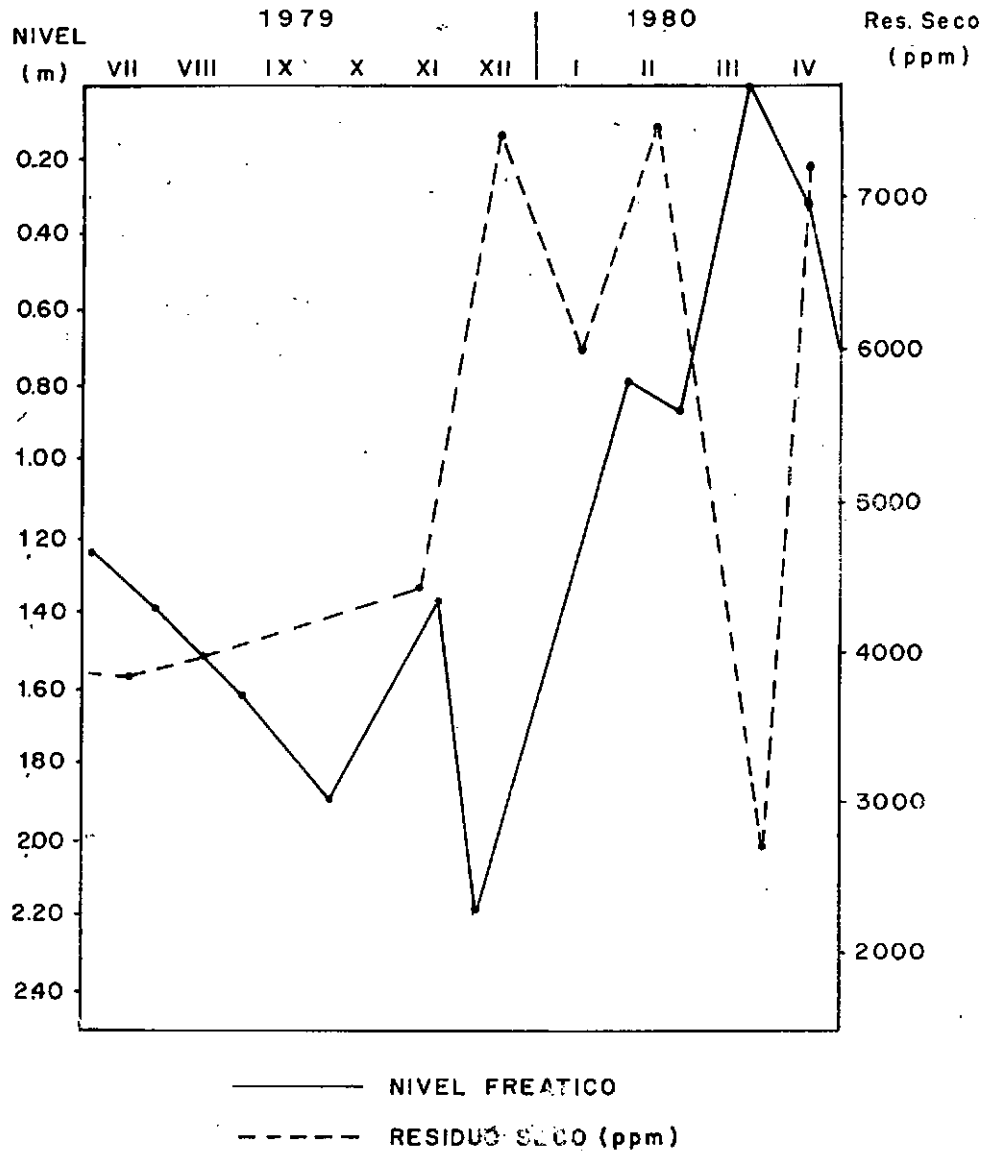
GRAFICO 4.4



RELACION NIVEL FREATICO / RESIDUO SECO

POZO N° 44

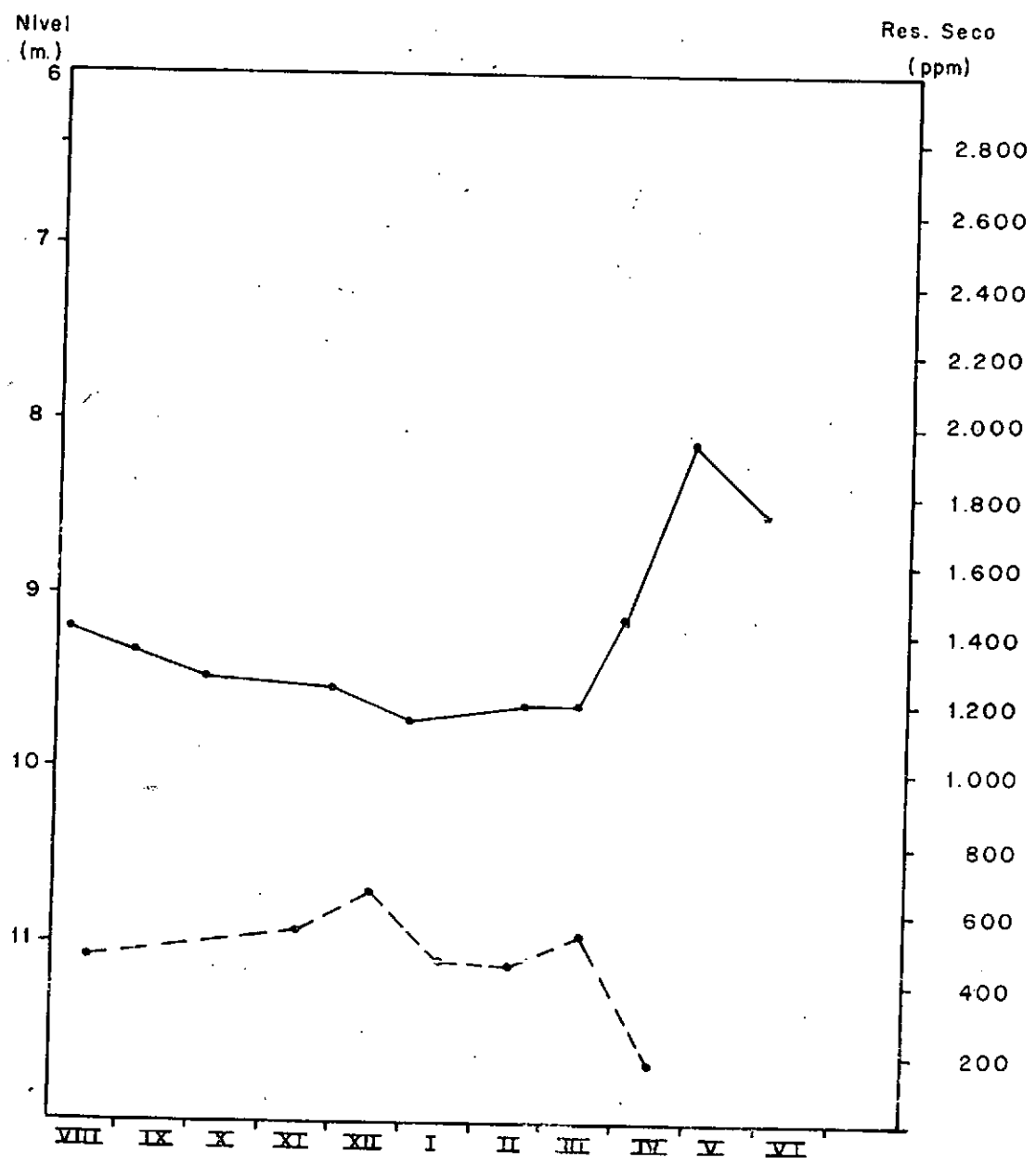
GRAFICO N° 4.5



RELACION NIVEL FREATICO / RESIDUO SECO

POZO N° 5

GRAFICO 4.6



— Nivel freático (m. bajo boca pozo)
- - - Residuo seco (ppm)

zo -Abril de 1980), puede llegar hasta la capa superior del suelo, o cerca de la misma. Si el suelo contiene sales, éstas se disolverán en las aguas de la zona saturada o del margen capilar, y resultará un ascenso de la salinidad del agua. Este proceso se puede producir en las zonas en las que el nivel freático se encuentra en una profundidad relativamente baja, de 0 a 1,50 m.

- ii) Una disolución de sales de la capa de suelos por agua de lluvia (o riego por inundación) y su transferencia con las aguas que se filtran a la zona saturada.

Este proceso puede actuar tanto en zonas con niveles freáticos relativamente profundos (8 metros, pozo 108, gráfico 4.7), como en zonas con niveles relativamente altos. En estos últimos, este proceso puede actuar junto con el anteriormente mencionado. Sin embargo, es el único que puede explicar un ascenso abrupto de la salinidad en terrenos con profundo nivel freático.

Un descenso abrupto de la salinidad del agua subterránea en los freatómetros y en los pozos cavados puede resultar de un ingreso de agua de lluvia o de riego, a través de capas de suelo no-salinas, o directamente. En el último caso, la muestra no representa la salinidad del agua subterránea.

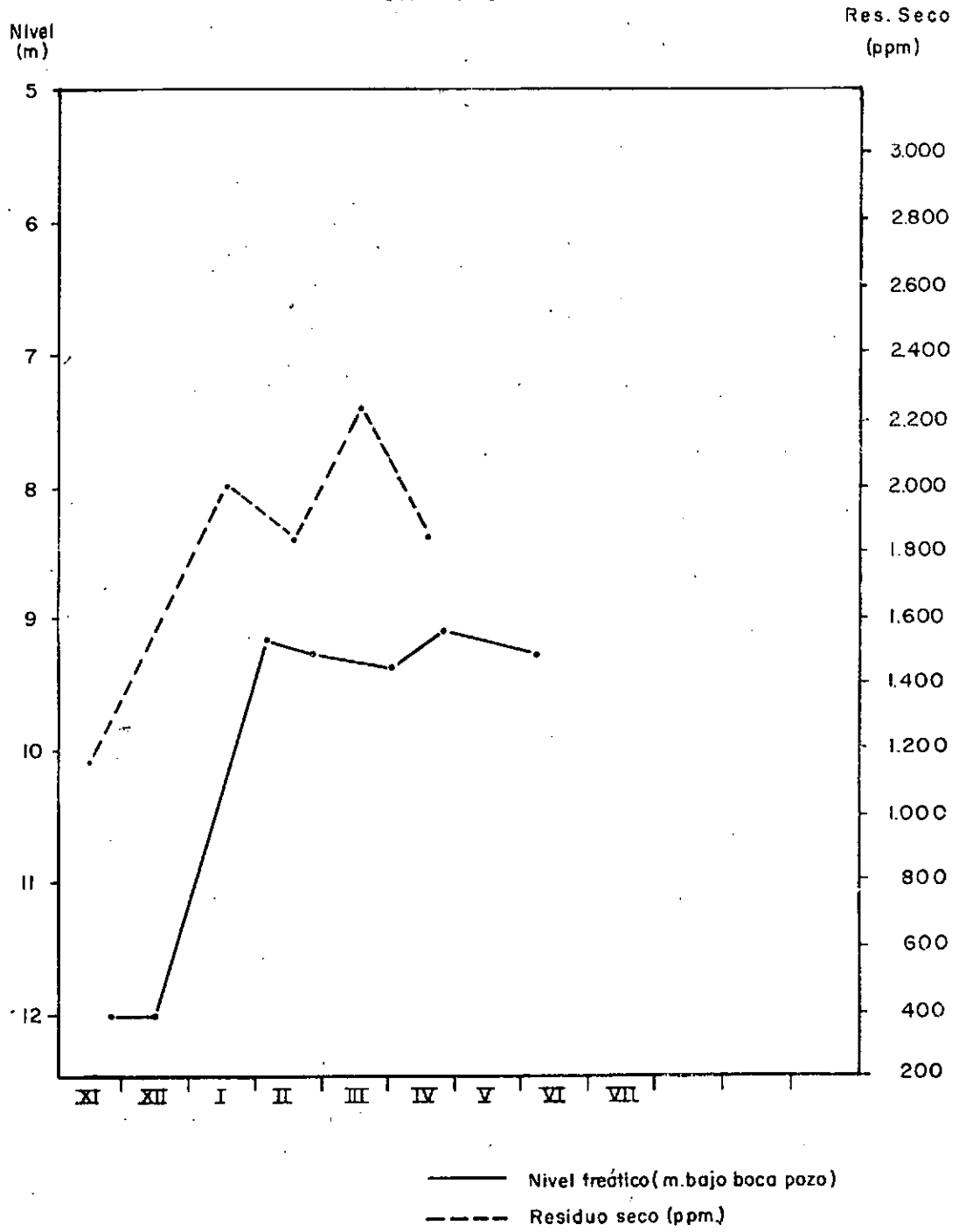
Una comprobación del tipo de proceso que provoca los cambios de la salinidad en cada pozo y freatómetro exige una consideración de una multitud de factores, así como la distribución y la densidad de las precipitaciones, la aplicación de agua de riego, la naturaleza del suelo y de las capas del subsuelo, las prácticas agrotécnicas aplicadas, los cultivos, la aplicación de abonos y fertilizantes y al final, el estado técnico de cada pozo y freatómetro.

Teniendo a la vista que la calidad del agua subterránea no se considera como fuente de agua para el riego, todos los procesos que

RELACION NIVEL FREATICO / RESIDUO SECO

POZO N° 108

GRAFICO 4.7



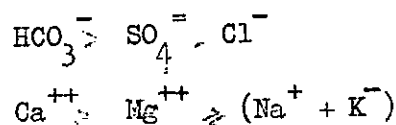
afectan la calidad del agua subterránea son principalmente de interés diagnóstico en relación con los procesos que afectan la salinidad de los suelos. Por esto presentamos sólo un análisis muy general de los fenómenos anteriormente enumerados.

Debido a las fuertes fluctuaciones estacionales de la salinidad, no pueden las observaciones de un solo año indicar tendencias de cambio en la salinidad del agua subterránea a más largo plazo.

4.5 Relaciones Iónicas y Características Geoquímicas del Agua.

1. Toma B y Arroyo Maravillas.

Las relaciones iónicas de las aguas que entran por la Toma B y que salen por el Arroyo Maravillas se presentan en los diagramas semilogarítmicos y columnares (Gráficos 4.8 y 4.9). Las aguas del Río Colorado derivadas en la Toma B son de carácter:



La relación $\text{SO}_4^{=} > \text{Cl}^-$ es característica en la mayoría de las aguas naturales del Noroeste Argentino, proviene del alto contenido en yeso en varias formaciones geológicas (principalmente Terciarias) y constituye una característica regional. El carácter geoquímico de las aguas del Río Colorado no varía apreciablemente con las fluctuaciones de la salinidad total.

Las aguas de los cuatro análisis presentados en el gráfico Nº 4.8 son todas de tipo calcio bicarbonáticas. Sin embargo, se notan dos tipos: uno con menor concentración de sales (muestras 2 y 3), de alrededor de 140 ppm, y otro de una concentración algo mayor, alrededor de 235 ppm. (muestras 1 y 4). Los dos tipos se distinguen principalmente por su contenido relativo en sodio y cloruro, que es mayor en las aguas más concentradas. Entre ocho

GRAFICO 4.8

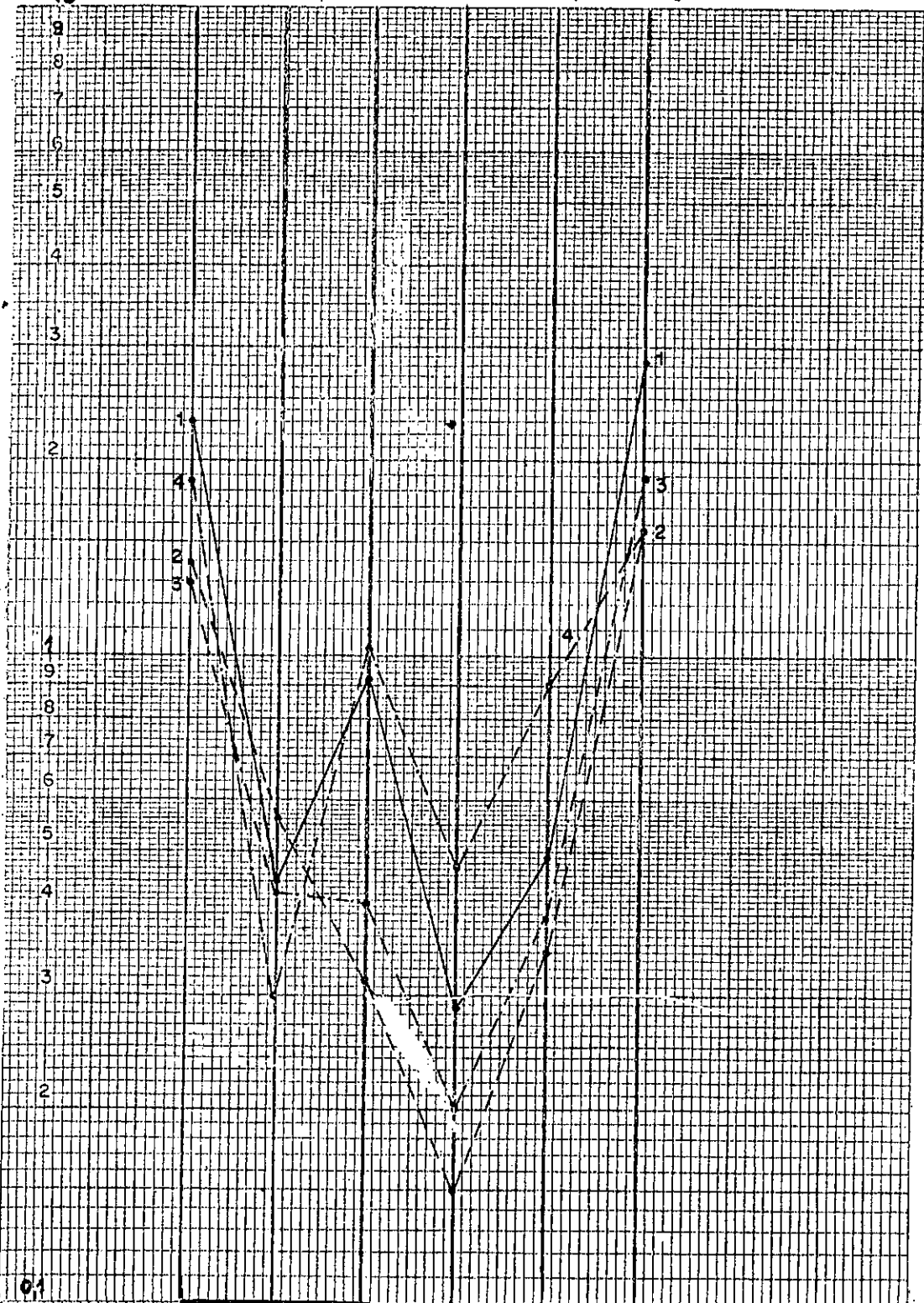
SEMI LOGARITMICO
m. eq.

Ca⁺⁺ Mg⁺⁺ Na+K⁺ Cl⁻ SO₄⁼ HCO₃⁻

10

TOMA "B"

Nº	Res. Seco	Fecha
1	247	03/80
2	137	03/79
3	143	02/80
4	217	08/79



③ m. eq.
2/80

HCO ₃	Ca	2
		1
SO ₄	Mg	
Cl	Na	

④ m. eq.
8/79

HCO ₃	Ca	3
		2
SO ₄	Mg	1
Cl	Na	