

150
09849

CATALOGADO

N
333

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS
PARA EL DESARROLLO

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

REPUBLICA ARGENTINA



GEOQUIMICA DEL AGUA SUBTERRANEA Y SUPERFICIAL EN
EL VALLE DE ULLUM - ZONDA. PROVINCIA DE SAN JUAN

por

Miloslav Joukl
(Naciones Unidas)

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

JUNIO 1970

I N D I C E

	Página
A. INTRODUCCION	1
B. AGUAS SUPERFICIALES DE LA CUENCA DEL RIO SAN JUAN.	2
1. Generalidades y Muestreo.	2
2. Río de Los Patos, Río Castaño y sus Afluentes	5
3. Río San Juan y sus Afluentes.	6
C. VALLE DE ULLUM-ZONDA. AGUAS SUBTERRANEAS	8
1. Resumen Geográfico e Hidrogeológico	8
2. Area A - Ullum	9
(a). Grupo 1	10
i . Posibilidad de Aportes Subterráneos	11
(b). Grupo 2	13
i . Posibilidad de Aportes Subterráneos	14
3. Area B - Zonda	15
(a). Posibilidad de Aportes Subterráneos	17
D. CONCLUSIONES	18
E. RECOMENDACIONES	19
F. APENDICE. CONSTRUCCION DEL DIAGRAMA DE DUROV MODIFICADO	20
G. BIBLIOGRAFIA	22
H. TABLAS	
1. Muestreo de los Río y Vertientes de la Cuenca del Río San Juan.	3
2. Composición Promedio del Río San Juan. Puente Ullum, entre 28-6-68 y 28-2-69	6
3. Relación de la Composición del Agua del Río San Juan y del Caudal	7

4. Composición Química de Aguas de los Pozos N° 7-48,17,34 y 2	10
5. Salinidad Total y Relación rCl/rSO_4 en el Agua del Pozo N°7-55	14

I. DIAGRAMAS

- I. Caudal Mensual Promedio de los Ríos durante el Período de Muestreo.
Composición de Aguas en forma de Diagramas de Durov-Modificados.
- II. Río de Los Patos, Río Castaño y sus Afluentes.
- III. Río San Juan y sus Afluentes
- IV. Valle de Ullum-Zonda. Area A-Ullum.
- V. Valle de Ullum-Zonda. Area B-Zonda.
- VI. Construcción del Diagrama de Durov-Modificado.

K. PLANOS

- 1. Cuenca del Río San Juan.
- 2. Valle de Ullum-Zonda. Ubicación de Pozos.

ESTUDIO GEOQUIMICO DEL AGUA SUBTERRANEA Y SUPERFICIAL

A. INTRODUCCION

Este estudio comprende en primer lugar, el estudio geoquímico de aguas subterráneas en el valle de Ulum-Zonda.

La mayor influencia sobre la composición de estas aguas -igual que de las aguas subterráneas en el valle de Tulum- la ejerce el río San Juan. Por esta razón, el respectivo capítulo fue eliminado del informe sobre valle de Tulum (1), sustancialmente ampliado y puesto como la primera parte del informe presente. Están aquí tratados todos los análisis de los ríos, ejecutados hasta marzo de 1970.

En todo el trabajo, la concentración de iones se expresa en miliequivalentes por litro o en porcentos de miliequivalentes. Los análisis originales, igual que el mapa de sólidos disueltos, son parte de los informes de P. Lohn (2, 3, 4) y aquí no se tratan.

La numeración de los pozos se realiza utilizando dos números, por ejemplo 7-2, en donde el primero es el número del departamento y el segundo del pozo. Para un grupo de pozos pertenecientes a un mismo departamento, el número de éste se pone sólo una vez. Ejemplo: 7-12, 17, 34.

Por sólidos disueltos (igual salinidad total) se entienden los cálculos en base a la composición química, que en general no difiere del residuo de evaporación y desecación a 180° C.

Para la descripción de la composición química de aguas, fueron utilizados otra vez los diagramas de Durov modificados con una ampliación para anotar los sólidos disueltos y el contenido de nitratos en relación con sólidos disueltos. Además, las partes triangulares de este diagrama fueron aprovechadas para demostrar la relación entre iones (r_{Cl}/r_{SO_4}).-

B. AGUAS SUPERFICIALES DE LA CUENCA DEL RIO SAN JUAN

1. GENERALIDADES Y MUESTREO

Los acuíferos en los valles Ullum-Zonda y Tulum están recargados / casi exclusivamente por el río San Juan. La composición de su agua ejerce así la mayor influencia sobre la composición de aguas subterráneas.

Para conocer el origen de su salinidad, varios análisis de aguas / superficiales fueron ejecutados por el Plan Agua Subterránea (P.A.S.) y se / van a interpretar en adelante.

El río San Juan lleva su nombre desde la confluencia del río de // Los Patos con el río Castaño. Su cuenca (ver plano 1) se extiende en el depar tamento Calingasta en la provincia de San Juan y cubre una superficie de // 26.000 kilómetros cuadrados, de los cuales 14.600 kilómetros cuadrados perte necen a la subcuenca del río de Los Patos, 6.400 kilómetros cuadrados al río Castaño y el resto al propio río San Juan (5).

Los ríos se alimentan de la nieve que cae durante el invierno en / la cordillera y son permanentes. Sus caudales en verano suben por el aumento de la temperatura. En verano también caen escasas lluvias, a veces torrencia les, con crecientes que escurren rápidamente y así ejercen poca influencia a la recarga de aguas subterráneas.-

Una parte del caudal de verano del río de Los Patos se almacena en el valle de Calingasta (5) y entra en el río en los meses de invierno. Este / efecto es posible observarlo en el diagrama I, donde son anotados los cauda-- les promedios mensuales de los tres ríos principales para el período de mues treo.-

En las últimas décadas el caudal del río San Juan disminuyó sustancialmente. Su promedio anual en el dique Ignacio de la Roza fue de 81 metros cúbicos por segundo, para la década 1919-28 y bajó a 42 metros cúbicos por segundo en la década 1958-68. En los dos últimos años (1967-68; 1968-69), cuando empezó el muestreo del Plan Agua Subterránea, el caudal promedio anual fué mínimo: 28 y 17 metros cúbicos por segundo respectivamente.-

Al caudal del río San Juan, el río de Los Patos contribuye con 80% y río Castaño con 20%. Los caudales de los río Saso y Uruguay no se midieron y se supone que son poco importantes. Los demás afluentes del propio río San Juan son temporarios (5).-

Con excepción del río San Juan en el puente de Ullum, los ríos fueron muestreados sólo oportunamente por el Plan Agua Subterránea y además las tomas de muestras cayeron en el período seco. Los análisis están anotados en los diagramas II y III donde los respectivos números indican los puntos de // muestreo según la ubicación en el plano 1. Las fechas de la toma de muestras comprende la siguiente tabla 1.-

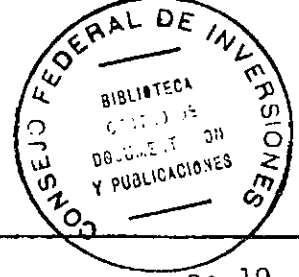
TABLA 1

MUESTREO DE LOS RIOS Y VERTIENTES

DE LA CUENCA DEL RIO SAN JUAN

Nº EN EL PLANO 1		FECHA DE MUESTREO
1	Río de los Teatinos	31-12-69
2	Río Mercedario antes de unirse con el río de los Teatinos	31-12-69
3	Río Mercedario, antes de unirse al río de Los Patos	5- 1-70

4	Río Volcán	5- 1-70
5	Río Los Patillos	5- 1-70
6	Río Los Patos - Las Hornillas	28- 1-69
7	Río de Los Patos	17- 1-67
8	Río Blanco	28- 1-69
9	Río de Los Patos - La Plateada	a: 28- 1-69 b: 17- 1-67
10	Arroyo La Cabecera	27- 5-69
11	Vertiente Ciénaga del Medio	26- 5-69
12	Vertiente Ciénaga de Las Cabeceras	27- 5-69
13	Río de Los Patos - Pasarela de Tamberías	18- 1-67
14	Río Calingasta	a: 28- 1-69 b: 18- 1-67
15	Río Atutía	19- 2-67
16	Río San Francisco	19- 2-67
17	Río Castaño - Estación aforo	19- 2-67
18	Río Castaño - Puente de Villanueva	18- 1-67
19	Río Castaño - Puchuzún	29- 1-67
20	Río San Juan - Las Juntas	29- 1-69
21	Río San Juan - Estación aforo Km.47	1-67
22	Río San Juan - Dique Embalse	a: 16-12-69 b: 2- 2-67
23	Río San Juan - Puente Ullum promedio de 19 análisis	desde: 28- 6-68 hasta: 28- 1-69
24	Río Uruguay	a: 19- 1-67 b: 21- 3-70



25	Río Saso	a: 19- 1-67 b: 21- 3-70
26	Río de la Ciénaga	a: 14- 3-70 b: 21- 3-70
27	Río de La Dehesa	16- 3-70
28	Río de La Travesía	16- 2-70
29	Vertiente - Puesto Córdoba	16- 8-67
30	Vertiente - Estancia Maradona	16- 8-67
31	Vertiente - Aguas de Pinto	16- 8-67

2. RIO DE LOS PATOS, RIO CASTAÑO Y SUS AFLUENTES

Según el diagrama II, la parte sustancial de la salinidad del río San Juan tiene su origen en el curso superior del río de Los Patos. Alto contenido de sulfatos y calcio y menor cantidad de bicarbonatos indican la disolución del yeso, que es un mineral abundante en esa región (6). Es probable / que al aumento de la salinidad contribuyan también algunos afluentes no muestreados.

El río de Los Patos en Las Hornillas (punto 6) arroja una salinidad mayor que todos los ríos mencionados, pero la muestra fue sacada en enero de 1969 cuando el caudal de los ríos fue muy bajo (ver diagrama I).

Los demás afluentes del río de Los Patos que fueron muestreados en su curso inferior -río Blanco, río Calingasta y arroyo La Cabecera- llevan / aguas menos salinas (100-250 mg/l) y más bicarbonatadas, y diluyen las aguas del curso superior. En este aspecto son parecidas también a las aguas que trae el río Castaño, donde la única diferencia consiste en el contenido de cloruros. Los tres tipos de aguas se distinguen en el diagrama II.-

3. RIO SAN JUAN Y SUS AFLUENTES

En el diagrama III están anotados los análisis del río San Juan y de sus afluentes. Los ríos Uruguay y Saso son permanentes, los demás son temporarios y llevan agua solamente durante las lluvias de verano.

La composición química del río San Juan fue registrada por el Plan Agua Subterránea desde el año 1967. Entre el 28 de junio de 1968 y el 28 de febrero de 1969, el agua ha sido analizada regularmente, con un total de 19 / veces. Las muestras fueron sacadas de un mismo lugar, cerca de la casilla hidráulica, debajo del puente de Ullum.

El valor promedio siguiente ha sido utilizado en los diagramas.

TABLA 2

COMPOSICION PROMEDIO DEL RIO SAN JUAN
PUENTE DE ULLUM ENTRE 28-6-68 Y 28-2-69

	me/l	% de me
Ca	3,58	30,7
Mg	0,74	6,3
Na + K	1,54	13,2
HCO ₃	2,18	18,7
SO ₄	2,82	29,2
Cl	0,81	6,9
Salinidad Total	360 mg/l	

Durante el período de muestreo, los caudales del río fueron mínimos, entre 13,1 y 22,5 metros cúbicos por segundo, y solamente una vez -el 4 de febrero de 1969- el caudal subió a 55 metros cúbicos por segundo. En / otra oportunidad (1 de febrero de 1967), el río fue muestreado cuando llevaba un caudal de 77 metros cúbicos por segundo. La comparación de estas aguas se encuentra en la siguiente tabla 3.-

TABLA 3 .

RELACION DE LA COMPOSICION DEL AGUA DEL RIO SAN JUAN Y DEL CAUDAL

Contenidos de iones en porcentos de miliequivalentes			
	Promedio entre 28-6-68 y 28-2-69	4-2-69	1-2-67
Ca	30,7	30,6	34,4
Mg	6,3	4,5	5,5
Na + K	13,2	15,1	10,3
HCO ₃	18,7	19,8	20,0
SO ₄	24,2	25,0	24,7
Cl	6,9	5,1	5,1
Caudal m ³ /seg	18,0	55	77
Salinidad total mg/l	360	439	366

En la composición relativa de las tres muestras igual que en la sa linidad total no se evidencian cambios que podrían relacionarse con los cam-- bios del caudal. De acuerdo con los aislados datos existentes y también según algunas conclusiones (ver el capítulo sobre el área 2 en el Valle de Tulum)(1),

es posible suponer que la composición relativa del río San Juan no sufrió variaciones durante largos períodos de tiempo y que sólo en los períodos húmedos podía disminuir algo la salinidad total.-

C. VALLE DE ULLUM-ZONDA. AGUAS SUBTERRANEAS

1. RESUMEN GEOGRAFICO E HIDROGEOLOGICO

El valle de Ullum-Zonda (superficie 125 kilómetros cuadrados) con sus prolongaciones al sur (valle de La Ciénaga) y al norte (valle de Matagusanos), está limitado por dos cordones paralelos de sierras y lomas de dirección norte-sur. En la parte oriental se extiende el cordón de la Sierra Chica de Zonda y del Cerro de Zonda, compuestos de calizas y dolomitas que continúan en la Loma de Las Tapias, de sedimentos limosos terciarios. El límite occidental está formado por la Sierra Alta de Zonda compuesta de esquistos paleozoicos, y al norte del río por la Loma de la Dehesa, compuesta de conglomerados polimícticos terciarios hasta cuaternarios (7).

Al sur y al norte la cuenca está abierta y sus límites fueron determinados en base a estudios hidrogeológicos. El drenaje superficial de los valles de la Ciénaga y de Matagusanos se efectúa en dirección al río San Juan.

El valle de Ullum-Zonda tiene una estructura de un bolsón hasta // 500 metros de profundidad y limitado por dos fallas principales que son paralelas con los cordones de las sierras (7). El relleno se compone de sedimentos gruesos acarreados principalmente por el río San Juan. La presencia de escasas calizas (7), indicaría los aportes de material procedente del valle de La Ciénaga.

Los sedimentos tienen grandes permeabilidades que aseguran altos caudales de los pozos (hasta 800 metros cúbicos por hora). El acuífero está libre y solamente en el noreste y sureste se supone un confinamiento parcial.

El valle de Ullum-Zonda comunica con el valle de Tulum mediante // dos quebradas; por la quebrada de Zonda situada al sur del Cerro Zonda que representa el antiguo cauce del río San Juan y por la quebrada de Ullum, un cañón de rocas sedimentarias terciarias que lleva las aguas del río actualmente. El último camino fue abierto por erosión, cuando por movimientos orogéneos se endicó el río en la quebrada de Zonda. El lago que se formó transitoriamente depositó sedimentos lacustres que todavía se pueden observar en algunos lugares.

La recarga del acuífero en el valle de Ullum-Zonda proviene del // río San Juan. Su curso separa el valle en dos parte -Ullum y Zonda- y forma también un límite natural de aguas subterráneas con características algo distintas.-

2. AREA A - ULLUM

La composición de aguas en los pozos muestreados (ver el plano 2), está representada por el diagrama IV. En la parte de los sólidos disueltos se distinguen dos grupos. Las aguas del primer grupo, con una salinidad menor // que 350 mg/l aparentemente no fueron sometidas a una concentración, mientras que las aguas del segundo grupo sí.-

(a). GRUPO 1

De acuerdo con el diagrama IV, a este grupo pertenecen las // aguas de los siguientes pozos: 7-48, 17, 34 y 2. Para el agua de cada uno de estos pozos existen por lo menos dos análisis de distintas fechas con una diferencia de 2-3 años. El mayor cambio en el contenido salino se nota solamente en el agua del pozo N° 7-17, mientras que las aguas de los demás pozos mantienen su composición anterior.

La composición de aguas en los 4 pozos mencionados está indicada en la siguiente tabla:

TABLA 4

COMPOSICION QUIMICA DE AGUAS DE LOS POZOS N° 7-48, 17, 34 Y 2

	FECHA DE MUESTREO	me/l						mg/l	
		Ca	Mg	Na+K	HCO ₃	SO ₄	Cl	NO ₃	SD
7-48 a	28-3-68	3,44	0,52	0,79	2,05	2,21	0,39	1,4	297
b	30-1-70	3,59	0,57	0,83	2,02	2,37	0,56	1,6	314
7-17 a	1-2-67	3,24	0,81	1,38	1,66	3,10	0,62	2,1	349
b	28-1-70	6,54	1,07	1,55	3,67	4,14	1,16	6,2	557
7-34 a	5-10-67	1,65	0,15	2,46	1,61	2,04	0,54	0,4	285
b	30-1-70	1,80	0,25	2,29	1,46	2,25	0,51	1,4	291
7- 2 a	27-3-68	0,90	0,09	3,08	1,59	1,98	0,51	0,8	280
b	1-3-68	0,85	0,20	2,92	1,54	1,92	0,51	0,5	268
c	27-1-70	1,00	0,07	2,97	1,48	1,98	0,51	1,2	273
d	1-6-67	0,85	0,04	3,09	1,59	1,83	0,54	0,8	268

El pozo N° 7-17 es poco profundo -solamente 25 metros-, y ahí se puede admitir la influencia ocasional de aguas superficiales (ver el contenido de nitratos, que es el mayor de todas estas aguas) y por lo tanto no se va a incluir en consideraciones hechas más adelante. El pozo 7-2, según su // perfil, tiene una capa confinada y los filtros ubicados en una profundidad de 53 a 73 metros. Para los pozos restantes (7-34 y 48) no existen antecedentes.

El pozo 7-48 se encuentra lejos del borde de la cuenca en un acuífero compuesto de sedimentos gruesos y la composición de su agua es parecida a la que arrojan los pozos ubicados al norte de la Bateria de Zonda. El agua representaría una recarga directa y sin alguna concentración o cambio en el contenido salino.

Los pozos 7-34 y 2 en comparación con el pozo 7-48 tienen // aguas con menores contenidos de calcio y magnesio, mientras que el contenido de sodio sube. Los cloruros y sulfatos se mantienen casi en el mismo nivel. El contenido de nitratos es bajo, alrededor de 1 mg/l. El origen más probable de las aguas en estos pozos es en el río San Juan y pertenecerían a la recarga vieja y directa que no fué expuesta a la concentración por evapotranspiración y no tiene mezcla de aguas alteradas en la superficie. El alto contenido de sodio fue originado por intercambio iónico $\text{Ca, Mg} \rightarrow \text{Na}$ en materiales limosos que en estos lugares -cerca del borde de la cuenca- podían sedimentar fácilmente.-

i . POSIBILIDAD DE APORTES SUBTERRANEOS

Los pozos 7-34 y 2 están ubicados no sólo cerca del borde de la cuenca, sino también cerca de los cauces de los ríos temporarios de La Dehesa y de La Travesía, que drenan el valle de Matagusanos. Por eso podrían suponerse también algunos aportes subterráneos. En los pozos mencionados son poco probables por las siguientes razones:

1. El contenido de cloruros de estas aguas es bajo, (0,51 - 0,54 me/l) y en el mismo nivel que arrojan también las aguas en el área Zonda que tienen sólidos disueltos menores que 300 mg/l. Aquellas // aguas pertenecen indudablemente a la recarga del río San Juan. La concentración de cloruros varía entre 0,51 y 0,62 me/l y el promedio es 0,55 me/l.

2. La relación de rCl/rSO_4 en estas aguas varía entre / 0,23 y 0,29 (el promedio es 0,26). Casi todas las demás aguas en el área Ullum (con excepción del pozo 7-55) arrojan valores cercanos y su valor promedio es también 0,26.-

3. El contenido de nitratos es bajo, cerca de 1 mg/l (ver tabla 4) y parecido a su contenido en el agua del río San Juan, que arroja los valores entre 0,0 y 1,8 mg/l con el promedio de 0,8 mg/l. Los demás pozos del área arrojan siempre los valores más altos con un promedio de 5,2 / mg/l. Este aumento sustancial tiene su origen en la agricultura y es característico para las áreas cultivadas.-

4. Los ríos temporarios de La Dehesa y de La Travesía // fueron muestreados después de las crecientes al principio del año 1970. El // río de La Dehesa arrojó la misma composición y los sólidos disueltos totales como el río San Juan. El río de La Travesía llevaba menores cantidades de sales (180 mg/l) con algo distinta composición relativa (alto contenido de bicarbonatos, relación $rCl/rSO_4 = 0,44$).

Según los dos análisis no es posible opinar categóricamente sobre la posibilidad de la recarga por el subálveo. Con respecto al / alto contenido salino del río de La Dehesa todavía en la superficie durante / las crecientes, y a la relación $rCl/rSO_4 = 0,44$ en el agua del río de La Travesía y tomando en cuenta la composición del agua en los dos pozos examinados, los aportes subterráneos en este lugar son poco probables.-

(b). GRUPO 2

En el grupo 2 están incluidas todas las demás aguas del área Ullum. Los pozos con aguas que arrojan siempre una salinidad mayor que el primer grupo están ubicados principalmente en el noroeste, donde el área cultivada se extiende cerca del borde de la cuenca y donde existe el acuífero libre. La composición relativa de las aguas es parecida al grupo anterior (ver diagrama IV).

Con excepción del agua del pozo N° 7-55, el contenido salino en las demás aguas es posible derivar del agua del río San Juan mediante concentración por evapotranspiración que se efectúa durante la infiltración y por intercambio iónico en minerales arcillosos. Su presencia se nota en varios lugares en la superficie.

El canal principal -Falda- conduce el agua en dirección norte del río y después cerca del borde de la cuenca. Con su red de canales secundarios, acequias y el riego, es en la actualidad un factor importante en la recarga de aguas subterráneas. Sin alguna influencia del hombre, casi todas las aguas subterráneas tendrían el nivel de la salinidad total parecido al nivel del primer grupo.

La teoría sobre la influencia de la agricultura en el origen de las aguas más concentradas de este grupo, la apoya también la presencia de elevados contenidos de nitratos, mayor al que podría encontrarse suponiendo una simple concentración por evaporación (ver el diagrama IV). El probable límite superior del contenido natural de nitratos en relación con el contenido salino total está indicado en el diagrama IV.

El agua del pozo N° 7-55 que fue muestreada tres veces, representa una excepción en su composición relativa, principalmente por el contenido elevado de cloruros. Por consiguiente, la relación r_{Cl}/r_{SO_4} es sustancialmente mayor (ver la siguiente tabla 5 y el diagrama IV).-

TABLA 5

SALINIDAD TOTAL Y RELACION rCl/rSO_4 EN EL AGUA DEL POZO N° 7-55

	FECHA DE MUESTREO	SALINIDAD TOTAL CALCUL. mg/l	RELACION rCl/rSO_4
1	30-1-67	664	0,57
2	1-3-68	733	0,49
3	27-1-70	735	0,46

La relación rCl/rSO_4 en las demás aguas del área Ullum osci la entre 0,21 y 0,32 con el promedio de 0,26.-

i . POSIBILIDAD DE APORTES SUBTERRANEOS

La composición del agua en el pozo 7-55 es difícil de derivar de la composición del agua del río San Juan. Las causas de esta anomalía podrían ser varias, por ejemplo, aportes locales del río temporario con / distinta mineralización o aportes de agua de riego que fue localmente concentrada por evapotranspiración hasta un grado, cuando empezaron a precipitarse los sulfatos.

En el pozo N° 7-55 no es posible excluir los aportes con seguridad, pero con respecto a la limitada extensión desde donde podrían llegar, tendrían poca importancia. En los demás pozos del grupo 2, los aportes / no se pueden comprobar según la composición de sus aguas.-



3. AREA B - ZONDA

El área de Zonda se extiende al sur del área de Ullum en la margen derecha del río San Juan y representa en realidad la parte más baja del valle de La Ciénega.-

El acuífero está libre, solamente en la parte suroriental se supone un confinamiento débil (7). Los pozos llegan a veces hasta los 40-50 metros, pero varios son perforables sólo a las profundidades menores. Su ubicación está marcada en el plano 2. La denominada Batería de Zonda, que se encuentra en el terreno no cultivado, presenta un conjunto de pozos que echan / agua en el canal Estero de Zonda, que la conduce por la quebrada de Zonda en el valle de Tulum.

La composición química de aguas subterráneas está descripta en el diagrama V. La mayoría de ellas son cálcicas con elevados contenidos de bicarbonatos y sulfatos. El contenido relativo de bicarbonatos y de calcio en el / agua de varios pozos es algo mayor que en el agua del río San Juan actualmente. Esta variación tiene, en aguas con la salinidad hasta 700 mg/l, las siguientes causas probables;

En las aguas con la salinidad baja (menor que 350 mg/l) el efecto se debería principalmente a las menores variaciones de la composición del // agua del río y al tipo de recarga, que tenía que ser directa, sin alguna concentración por evapotranspiración. Además, el mantenimiento del elevado contenido de calcio y bicarbonatos sería facilitado por la corta distancia de la zona de recarga, por la ausencia de una mayor cantidad de minerales arcillosos en las partes más alejadas del borde de la cuenca y consecuentemente por la alta permeabilidad de los sedimentos. En este caso, el intercambio iónico Ca, Mg---Na casi no podría efectuarse.

Las aguas de una composición relativa muy parecida, pero con la salinidad total mayor (350-700 mg/l), contienen ya una parte del agua concentrada por evapotranspiración. El origen de los mayores aportes de estas aguas es en la parte suroccidental del valle, donde se encuentra la principal área cultivada y donde fueron muestreados los pozos N° 6-29, 27, 24, 48, 58 y 4. El agua procedente de la infiltración por el riego y por la red de canales y concentrada a diferentes grados aumenta el contenido salino de las aguas en el acuífero o hasta las reemplaza. En la batería de pozos es posible seguir, hasta donde llega la influencia de aguas más concentradas.

En terrenos cercanos al borde de la cuenca en donde la deposición de materiales limosos en períodos de la sedimentación fue más factible, aumentan las posibilidades del intercambio iónico igual que de la concentración // del agua por evapotranspiración. Las aguas con una salinidad elevada (más que 800 mg/l) en los pozos N° 6-56, 57, 31, 11, 12, 40 y 115 arrojan ya menores / contenidos de calcio y mayores de sodio.-

En estas aguas, que ya fueron sometidas al intercambio iónico (Ca, Mg--->Na) y a la precipitación de carbonatos, disminuye solamente el contenido relativo de calcio. El contenido de magnesio no disminuye, sino más bien / aumenta en comparación con la composición promedio del agua del río y con /// aguas que arrojan altos contenidos de calcio. Esto es un efecto contrario a lo que ocurre en el área de Ullum (pozos N° 7-17, 34 y 2) y en el área 2 del valle de Tulum, en donde el contenido relativo de magnesio disminuye en la misma o mayor escala que el de calcio. Este efecto podría ser la consecuencia de la calcitificación (1) de calizas dolomíticas provenientes de la Sierra Chica de Zonda y acarreadas desde el valle de La Ciénaga.

El agua del pozo 6-40 representa una excepción en el contenido relativo de magnesio y arroja un valor de 3,1%, lo que es menos que la mitad en comparación con los pozos cercanos que tienen una salinidad semejante (N°6-11, 12, 31 con 8,0-7,6 y 7,2% de magnesio respectivamente). El probable origen de

esta diferencia podría ser la ausencia de calizas dolomíticas, que no podían ser acarreadas ahí por la alejada posición topográfica (ver plano 2). El pozo se encuentra en la parte pedemontana de la Sierra Chica de Zonda.

La composición del agua en el pozo 6-32 (no se conoce su perfil), difiere de todas las demás aguas por su contenido alto de sulfatos y bajo de cloruros con respecto a los sólidos disueltos. En el lugar donde se encuentra el pozo es difícil de suponer la presencia de sulfatos solubles y antes de hacer conclusiones es necesaria una inspección del pozo y un nuevo muestreo. De su análisis no se van a sacar conclusiones.-

(a). POSIBILIDAD DE APORTES SUBTERRANEOS

Los aportes subterráneos provenientes del valle de La Ciénaga parecen probables desde el punto de vista hidrogeológico (6), y además la cuenca del río de La Ciénaga es suficientemente extensa. Su presencia podría detectarse en los pozos N° 6-11, 12 y 31.

Según la composición, las aguas de estos pozos forman un grupo con elevados contenidos de sólidos disueltos, bajos contenidos de bicarbonatos y calcio y arrojan la misma relación rCl/rSO_4 como todas las demás // aguas en el área de Zonda (ver diagrama V).

Las aguas de los pozos N° 6-11 y 12 tienen elevados contenidos de nitratos (7, 8 y 18,0 mg/l respectivamente) que indican la contaminación con aguas superficiales originadas por la acción humana (ver el diagrama V).

La composición del agua en el pozo 6-40 que por su posición / topográfica está prácticamente fuera de la influencia de los supuestos apor-- tes subterráneos es casi igual a las demás aguas de este grupo con excepción del contenido de magnesio que fue tratado anteriormente (ver el diagrama V).

Estos factores apoyan la suposición de que el origen de las / aguas examinadas es el mismo como del agua en el pozo 6-40 y de todas las demás aguas en el área de Zonda, en el río San Juan. Los aportes subterráneos / provenientes desde el valle de La Ciénaga no se pueden comprobar. Aunque la / composición del agua del río de La Ciénaga es casi igual a la del río San Juan (ver el diagrama III, es poco probable que el agua, avanzando en un acuífero de una diferente composición mineralógica (en comparación con el área de Zon-- da) alcanzaría la misma composición química como aguas procedentes del río // San Juan.-

Además, estos supuestos aportes de aguas con elevada salini-- dad (mayor que 1000 mg/l habrían de existir desde el tiempo en que el río // San Juan penetró por la quebrada de Ullum y desaguó el lago. Durante este pe-- ríodo las aguas con elevada salinidad avanzarían más lejos dentro del valle.-

D. CONCLUSIONES

1. La composición de casi todas las aguas subterráneas en los pozos mues-- treados en el valle de Ullum-Zonda, se puede derivar del agua del río San Juan.
2. Los aportes laterales desde los valles de Matagusanos y de La Cié-- naga no es posible comprobar según la composición química y parece que no // existen.
3. Gran parte de la recarga debe efectuarse cerca del borde sur y nor-- occidental de la cuenca por la red de canales y por el riego.

4. Este tipo de la recarga tiene como consecuencia el aumento de la / salinidad por evapotranspiración y disolución de carbonatos en el suelo, entonces el origen de aguas con una salinidad elevada es en la agricultura (en el riego).

5. La disolución de sulfatos provenientes de los sedimentos terciarios no fue probada.

6. La rapidez del avance de aguas más salinas depende del equilibrio entre la extracción y el riego.

7. El aumento de la extracción bajo condiciones actuales (la recarga directa es limitada), podría tener en el futuro, como consecuencia, un aumento de la salinidad de aguas subterráneas.-

E. RECOMENDACIONES

1. Seguir regularmente con el muestreo de los pozos para controlar el avance de aguas más salinas dentro del valle y/o el aumento de la salinidad / en las áreas cultivadas.

2. Buscar una solución para aumentar la parte de la recarga directa / con el agua del río.

3. Determinar la edad del agua en algunos pozos claves que según las investigaciones presentes no tienen mezclas de aguas más jóvenes (los pozos 7-2; 6-70 ó 67). En el caso del pozo 7-2 decidir así sobre los aportes laterales.-

F. APENDICE

CONSTRUCCION DEL DIAGRAMA DE DUROV MODIFICADO

Este diagrama ha sido utilizado por la sencillez y claridad de la representación gráfica de una mayor cantidad de análisis químicos. Su construcción facilita la extensión para la demostración gráfica de la salinidad total (en relación con el contenido relativo de calcio y magnesio) y de otros elementos (por ejemplo nitratos) en relación con la salinidad total. En caso necesario es posible anotar otros valores.

Además las partes triangulares son apropiadas para demarcar con línea recta los puntos que representan análisis con la misma relación entre cationes o aniones. En este trabajo fue anotada así la relación rCl/rSO_4 .

La construcción de los puntos está aclarada en el diagrama VI, donde como ejemplo está anotado el siguiente análisis químico:

	me/l	% de me
Ca	7,34	38,4
Mg	1,48	7,7
Na+K	0,78	4,1
HCO ₃	4,54	23,8
SO ₄	3,89	20,4
Cl	1,07	5,6
	19,10	100,0

Sólidos Disueltos..... 568 mg/l

NO₃..... 4,2 mg/l

La construcción de la línea recta, que une todos los puntos que representan los análisis con la misma relación de cationes o aniones está basada / en la siguiente consideración. La relación entre miliequivalentes de iones es igual a la relación entre porcentos de estos miliequivalentes con respecto a la suma de cationes y aniones.

$$\frac{rCl}{rSO_4} = \frac{\% \text{ de me Cl}}{\% \text{ de me } SO_4}$$

Para el análisis de ejemplo:

$$\frac{1,07}{3,89} = \frac{5,6}{20,4} = 0,27$$

MJ/amb.-

G. BIBLIOGRAFIA

(Informes Internos del Plan Agua Subterránea San Juan)

- (1) JOUKL, M -Estudio Geoquímico del Agua Subterránea del Valle de Tulum (1969).
- (2) LOHN, P. -Análisis Químicos de Agua Subterránea de los Valles de Tulum, Ullum y Zonda hasta junio 1969.
- (3) LOHN, P. -Análisis Químicos de Agua Subterránea de los Valles de Tulum, Ullum y Zonda desde julio 1969 (en preparación).
- (4) LOHN, P. -Hidrogeoquímica del Agua Subterránea de las Cuencas de los Valles de Tulum, Ullum y Zonda. Estudios de Sólidos Disueltos (1969).
- (5) HSU, H. H. -Interim Report of the Hydrology of Tulum Valley (1969).
- (6) DEMARTINI, O. P. -Información Verbal.
- (7) ROCCA, J. A. -Geología de los Valles de Tulum y Ullum-Zonda. (1969).
- (8) SERRES, Y. F. -Informe Final del Experto en Geofísica (1968).

PLAN AGUA SUBTERRANEA
VALLE DE ULLUM—ZONDA
GEOQUIMICA

CAUDAL MENSUAL PROMEDIO DE LOS RIOS
DURANTE EL PERIODO DE MUESTREO

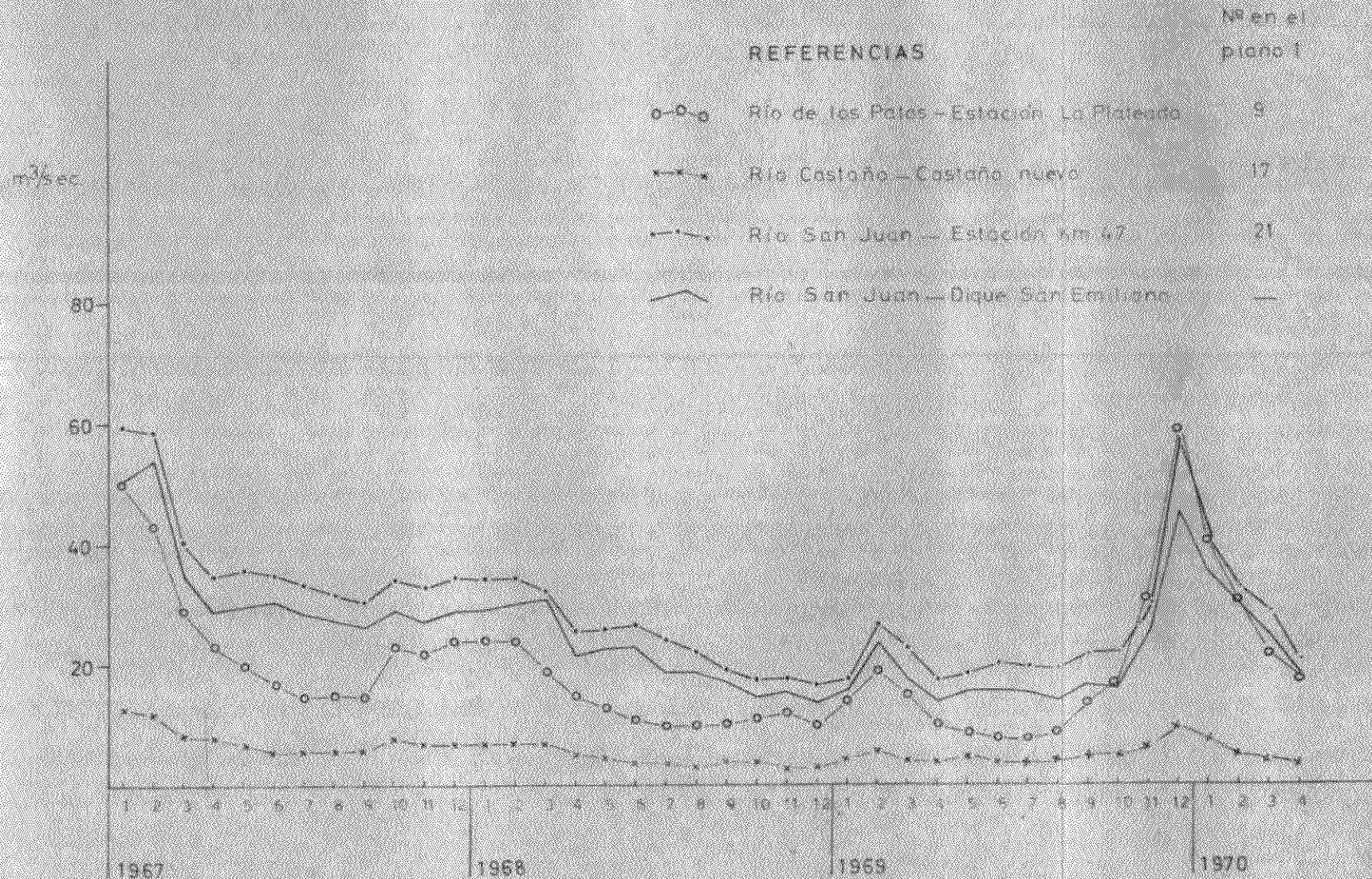
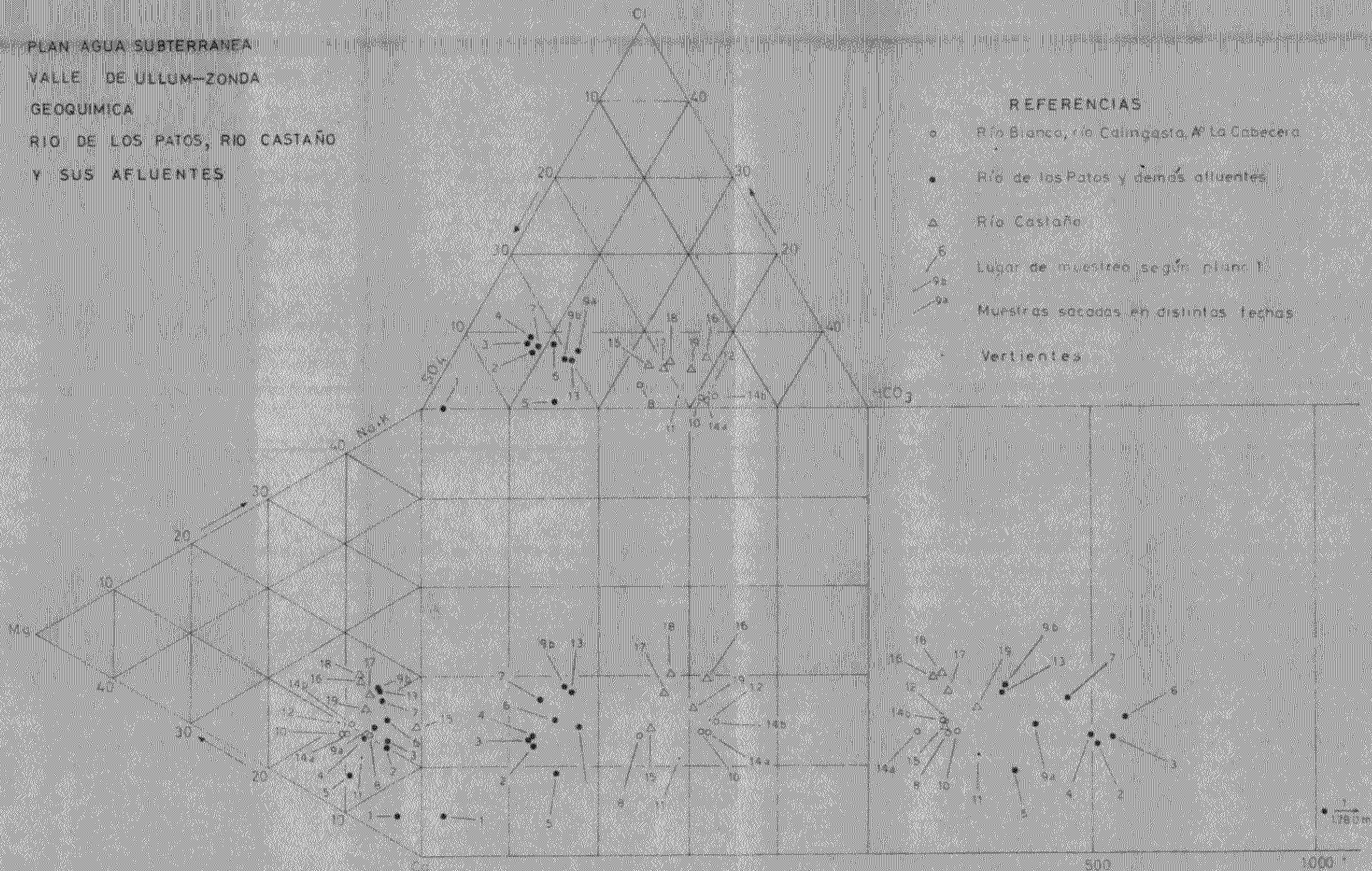


Diagrama I

PLAN AGUA SUBTERRANEA
 VALLE DE ULLUM-ZONDA
 GEOQUIMICA
 RIO DE LOS PATOS, RIO CASTAÑO
 Y SUS AFLUENTES

REFERENCIAS

- Río Blanco, río Calingasta, A La Cabeceira
- Río de los Patos y demás afluentes
- △ Río Castaño
- 6 Lugar de muestreo según plano I
- 9a, 9b Muestras sacadas en distintas fechas
- Vertientes



La concentración de los iones se expresa en porcentajes de m...
 respecto a la suma de cationes y aniones

Sólidos disueltos calculados en mg/l

Diagrama II