

24043

CATALOGADO

CONVENIO BAJOS SUBMERIDIONALES
CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES - PROVINCIA DE SANTA FE

COMITE DE GOBIERNO

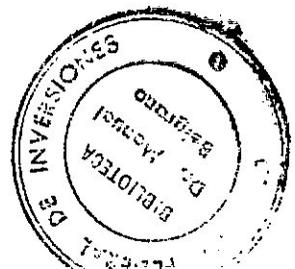
Gobernador de la Provincia de Santa Fe
Sr. Roberto Enrique CASIS

Secretario General del Consejo Federal de Inversiones
Cnl. (R) Carlos Benito PAJARINO

COMITE TECNICO

Representante del Consejo Federal de Inversiones
Ing° Pedro Ignacio GINER

Representante de la Provincia de Santa Fe
Ing° Agr° José Augusto WEBER



DETERMINACION DEL COMPORTAMIENTO DEL
SISTEMA NATURAL Y MODIFICADO CON OBRAS
EN TEMAS REFERENTES A CALIDAD DE AGUA

por

Lila O. B. de BIELSA
Ingeniera Química

Ricardo A. FRATTI
Ingeniero en Recursos Hídricos

1388

Diciembre 1981

Santa Fe

X. 12

H. 1112

Y. 310

I N D I C E

I.	Introducción	1
II.	Metodología	1
III.	Sistematización de la información	6
	- Tablas	13
	- Gráficos	25
IV.	Discusión de resultados	38
V.	Conclusiones y recomendaciones	41

I. INTRODUCCION.

Teniendo en cuenta que toda obra de saneamiento regional que se plan-// tee manejar el recurso hídrico, introducirá cambios y producirá efectos en// todo el sistema ecológico involucrado, se hace necesario la evaluación cua-// litativa de estos cambios para poder acotarlos a entornos compatibles al // principio de conservación del equilibrio natural. Este conocimiento es nece-// sario para ajustar el diseño definitivo del sistema de obras de forma tal / que mantenga los efectos dentro de los entornos establecidos.

En el documento "Alternativas de Manejo Interprovincial de Excedentes / Hídricos" para la zona de Bajos Submeridionales, se proponen distintos ti-// pos de obras como canales y embalses que deberán funcionar en forma interco-// nectada. Por otra parte, existe un conocimiento generalizado sobre los pro-// blemas que ha planteado la calidad del agua de la zona, agravados durante / las inundaciones con el traslado de volúmenes de escurrimiento que pueden / llegar a deteriorar las condiciones de las áreas que atraviesan.

Estos conceptos ampliamente aceptados por todos aquellos que de una u o-// tra forma tienen contacto con la zona, plantearon la necesidad de realizar / el presente estudio como sustentación básica del plan de obras.

El conocimiento de las características químicas de alta salinidad del a-// gua subterránea que afecta negativamente las condiciones del suelo y que // presumiblemente influye sobre el agua superficial en una interrelación diná-// mica agua-suelo-agua, marcó las líneas de desarrollo del estudio hidro-geo-// químico que contempla las situaciones típicas del sistema.

Por lo tanto, el trabajo se planteó como objetivo la evaluación de la / composición química de las aguas y su variación durante el transcurso de la / inundación.

II. METODOLOGIA.

1. Secciones de muestreo.

Para definir la manera más correcta de encarar los estudios se tuvie-// ron en cuenta distintos condicionamientos que presenta el área, como son:

- * Su gran extensión y largas distancias entre las distintas zonas de a-// porte a la depresión central o Bajos Submeridionales propiamente di-// chos. Sin embargo, era necesario plantear el muestreo de todas ellas, / porque se sabía que había variaciones en la composición química del a-// gua que aportan.
- * El funcionamiento hidrológico del área y las características mantiformes del escurrimiento, lo que da en épocas de excesos grandes frentes/ de avance del agua y extensas superficies inundadas eliminando la posi-// bilidad de realizar muestreos en todas las áreas de aporte.
- * Por las condiciones citadas la zona se torna inaccesible, y las fre-// cuencias del muestreo estarían restringidas repercutiendo negativamen-// te para desarrollar el trabajo en los tiempos prefijados.

Todos ellos incidieron para definir y encontrar las secciones de con-// trol. Estas deberían permitir evaluar las características del agua de // las distintas zonas de aporte sin realizar un excesivo número de mues-// treos y tendrían que estar ubicadas de manera tal que por su cantidad y /

posibilidades de acceso en épocas críticas permitieran muestrear con las / frecuencias necesarias.

Las secciones elegidas son:

- * Cañada Los Saladillos y Bajos de Chorotis: sobre F.F.C.C. Gral. Belgrano entre El Nochero (Santa Fe) y Chorotis (Chaco).

La Cañada de los Saladillos recibe los aportes de la zona de las lagunas Saladas de Santiago del Estero, dentro de la que se halla la Laguna Los Cachilos, la única que participa según lo constatado hasta el presente.

Los Bajos de Chorotis se desarrollan en la Provincia de Chaco y han aportado mayor volumen que la Cañada de los Saladillos. A la altura de / la sección de control ambos ingresos se juntan para formar la Cañada de Las Víboras.

- * Cañada de Las Víboras: sobre la Ruta Provincial N° 13 (Santa Fe).

Con esta sección se pretendió seguir la evolución de las concentraciones de los aportes ya mencionados. Esto no se pudo cumplir en su totalidad pues por condiciones de acceso se incorporó al muestreo en el mes / de Julio.

- * Area Agrícola Chaqueña: sobre la Ruta Nacional N° 95 entre Santa Sylvina y Villa Angela y sobre la Ruta Nacional N° 89 entre Villa Angela y Charadai (Chaco).

En esta sección se midieron los aportes de las áreas a sanear con el proyecto en la Provincia de Chaco. Las mediciones se hicieron en su mayoría sobre canales.

- * Estero Cocherek: sobre la Ruta Provincial N° 30 entre Los Amores y Monte La Viruela (Santa Fe).

Se midieron aquí los ingresos de la zona ganadera de Chaco hacia Santa Fe.

- * Cañada La Rica: sobre la Ruta Provincial N° 7 (Chaco).

- * Estero El Sábalo: sobre la Ruta Provincial N° 7 (Chaco).

Traen hacia Santa Fe los aportes de la zona ganadera de Chaco al Este del Estero Cocherek. Confluyen hacia el Arroyo Los Amores (Santa Fe), por el que egresan del área de estudio.

- * Arroyo Nogués: sobre terraplén La Forestal (Santa Fe).

Desagua los aportes de la Cañada La Rica y los Bajos de Charadai en / el Arroyo Los Amores.

- * Arroyo Los Amores: sobre el terraplén La Forestal (Santa Fe).

Es una sección aguas arriba del lugar de desembocadura del Arroyo Nogués. Recibe al Estero El Sábalo y la Cañada La Muñeca.

- * Arroyo Los Amores: sobre Ruta Provincial N° 100-S (Santa Fe).

Esta sección es el punto de cierre de todos los aportes que recibe el Arroyo Los Amores.

- * Laguna La Loca:

Se controló la variación de la concentración con el volumen de la laguna para ajustar el diseño definitivo del futuro embalse.

* Arroyo Malabrigo: sobre la Ruta Provincial N° 42, El Arazá.

El objeto de esta sección es evaluar las características del escurrimiento natural del arroyo, ya que será el colector del canal del embalse La Loca.

* Cañada Ombú: sobre la Ruta Provincial N° 3 entre la Cañada Ombú y Los Amores.

Se midió aquí uno de los dos únicos egresos del sistema, en un frente de varios kilómetros.

* Arroyo Golondrina : sobre la Ruta Provincial N° 42, Fortín Olmos.

Por esta sección escurren los volúmenes de salida de casi toda el área. De aquí hacia el Sur el escurrimiento comienza a ordenarse en el // Sistema Golondrina-Calchaquí. Es el lugar determinado como punto de cierre del sistema para controlar las condiciones de calidad de los egresos manejados por las obras.

* Arroyo Golondrina: sobre la Ruta Nacional N° 98, paraje El Bonete.

Esta sección tiene el mismo significado que la anterior, sólo que el área de aporte es mayor.

2. Selección de las determinaciones de mayor relevancia en la calidad de las aguas para este estudio.

Las determinaciones analíticas mínimas realizadas sobre todas las muestras de agua, se seleccionaron teniendo en cuenta los objetivos del trabajo y en base a dos criterios principales:

- a) Poseer valores o índices que permitan hacer un seguimiento del escurrimiento desde las áreas de aporte, su ingreso al área de estudio, su egreso y que pongan en evidencia con la mayor sensibilidad posible las / variaciones cuantitativas y cualitativas de la composición química de esas aguas y que permitan explicar y localizar las causas de esas alteraciones.

En cuanto a la cantidad global de elementos disueltos en las aguas / de escorrentía se sabe que depende tanto de la geología de la zona atravesada, tipo de suelos inundados en cuanto a contenido de sales solubles, textura y estructura y cubierta vegetal, como así también del régimen del curso de agua, es decir velocidad y caudal los que regulan el tiempo de contacto entre ambos medios, factor muy importante en la puesta en solución de elementos minerales.

Si bien el caudal no es el único factor condicionante, la variación de concentración con el tiempo es una función de aquél. A caudales de crecida, los tenores de la mayor parte de los elementos disueltos disminuye muy rápidamente para alcanzar un mínimo al final de la etapa o a muy poco tiempo después. A menudo se ha observado un retardo entre la / tasa de esta disminución de concentración y la tasa de la crecida, lo / que puede ser la causa de la no uniformidad de las curvas $C = f(Q)$, donde C es la concentración y Q el caudal. Este fenómeno es más pronunciado cuanto más pequeña es la cuenca y una de las formas que mejor se adapta a esta distribución es:

$$C = K \cdot q^n$$

donde:

- C: concentración en mg/l.
- q: caudal específico en el momento de toma de la muestra.
- K: representa la escala del fenómeno.
- n: da la rapidez de la dilución, o de la concentración. Molinier, M. (1976).

A pesar de la histéresis de las curvas $C = f(Q)$ debido a la dilución más o menos rápida según la violencia y amplitud de crecida, como / también el desajuste en el tiempo en la bajante, existe una correlación / bastante buena, generalmente negativa en la crecida para los aportes disueltos y positiva para los elementos sólidos en suspensión y el establecimiento de esa correlación es siempre un estudio que requiere muchos datos aclaratorios sobre las causas y consecuencias de las inundaciones.

Con el objeto de plantear esta correlación y aportar datos a futuros estudios, ya que esto exige seguimiento de valores, consideramos que la / evaluación del contenido de elementos disueltos totales puede ser medido de manera práctica, fácil y suficientemente sensible con la conductividad o conductancia específica, tanto en mediciones de campo como de laboratorio. Esta medida se practicó en todas las muestras.

El segundo aspecto de este seguimiento debe tratar de poner de manifiesto los cambios en la composición química, en la proporción relativa / y absoluta de aniones y cationes, y dar un medio para explicar y localizar las causas de esas alteraciones para que el futuro manejo del recurso hídrico en la zona trate de controlar y minimizar a aquellas que afectan negativamente el uso del agua o que trasladen los problemas derivados a otras áreas.

Considerando que:

- Las aguas de lluvia son de muy bajo contenido salino, pero contienen / en cambio importantes cantidades de dióxido de carbono y oxígeno disueltos, que aumentan el poder disolvente y atacante sobre los materiales con que se pone en contacto, permitiendo la presencia de sales disueltas como carbonatos ácidos (CO_3H^-) en las aguas de escorrentía de la zona de la precipitación, como componentes importantes.
- Del conocimiento de los suelos de la zona a través de los antecedentes ya citados y del estudio "Descripción de vegetación y de suelos del // Norte de la Provincia de Santa Fe. Convenio Bajos Submeridionales-Subsistema Santa Fe - Consejo Federal de Inversiones (1980)", al que tuvimos acceso, los suelos del área de nuestro estudio están comprendidos / en las categorías de sódicos-salinos y sódicos (Laboratorio Salinidad / E.U., 1954), lo que significa extracto acuoso de elevado contenido salino (más de 4 m.mho/cm.) y predominio de sodio en el complejo de intercambio (más del 15 %).
- De los antecedentes sobre composición química de aguas subterráneas de la región, Gollán y Lachaga (1939); Informe Franklin Consult (1978); / Censo de pozos realizados por este Convenio (1979 y 1980), existe una / composición típica casi constante: clorosulfatada, sódica-magnésica o cálcica, de muy elevada concentración total en dichas aguas.

- Del estudio teórico y práctico del dinamismo del movimiento de sales/ provenientes de acuíferos en suelos sometidos a evaporación superfi- / cial (época de sequía), son las sales neutras de sodio y magnesio (clo- / ruros, sulfatos, etc.) las que alcanzan fácilmente la superficie, // / mientras las sales hidrolizables de sodio (carbonatos) no sólo no a- / vanzan significativamente en este ascenso capilar, sino que al acumu- / larse en horizontes inferiores provocan la dispersión de coloides ori- / ginando estratos impermeables que retardan o impiden el movimiento de / percolación del agua en momentos de excesos. Szabolcs y Col. (1969). / Estos problemas han sido reconocidos en la zona y a ellos nos referi- / remos nuevamente.

Estas observaciones permiten individualizar los elementos que podrán ponerse en juego en la relación agua superficial-suelo-agua subterránea acusando cambios notables en la primera. Por todo ello consideramos de/ sumo interés determinar en todas las muestras:

Aniones: Cloruro (Cl^-); Sulfato (SO_4^{2-}); Carbonatos y Bicarbonatos/ (CO_3^{2-} , CO_3H^-).

Cationes: Sodio (Na^+), Potasio (K^+), Magnesio (Mg^{2+}), Calcio (Ca^{2+}).

En algunos análisis se determinaron sodio y potasio por separado, pe- / ro en otros por problemas de orden técnico debieron calcularse por dife- / rencia entre el total de cationes y la suma de calcio más magnesio y ex- / presarlo finalmente como sodio. Creemos que esto no introduce un error / muy importante en vista a la interpretación de los problemas plantea- / dos, dado que la proporción normal en la zona de potasio frente a sodio / es muy baja (menos de 3 %) y que en valor absoluto sodio es siempre muy / elevado.

En los casos en que fue posible se consideró de interés la determi- / nación de hierro total, basado en la observación de que las aguas prove- / nientes de la zona Sureste de Chaco (Estero Cocherek) habían demostrado / elevado tenor de ese elemento se pensó que podría dilucidar algunas hi- / pótesis sobre escurrimiento en el área.

- b) Otro criterio que guió la elección de los parámetros a determinar en el análisis químico es el de poder calificar la aptitud de las aguas super- / ficiales de escorrentía o de acumulaciones temporarias y permanentes pa- / ra usos agropecuarios compatibles con el desarrollo de la zona y con el / proyecto de obras. Por esto se entiende la actividad ganadera. De modo / que se usó el criterio de determinar parámetros que permitan calificar / el agua para ese uso, el que puede eventualmente extenderse para consumo / humano con los métodos de recarga mediante represas difundidos en la zo- / na.

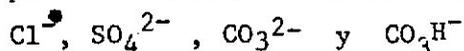
De la bibliografía nacional y extranjera que fija normas para aguas / de consumo de ganado, Ministerio de Agricultura y Ganadería de Santa Fe / (1972); Water Quality Criteria (1976), como así también de las consul- / tas a organismos encargados del establecimiento y difusión de normas, / surge que las siguientes determinaciones son básicas para esa califica- / ción: Contenido salino total, Sulfato, Magnesio, Arsénico. Por lo tan- / to, a las determinaciones ya justificadas anteriormente se agrega la de / arsénico, máxime teniendo en cuenta que la zona en estudio como las lin- / dantes de aportes hídricos de Chaco y Santiago del Estero, están recono-

cidas como de suelos ricos en ese elemento tóxico. Trelles, R. (1972); Ministerio de Agricultura y Ganadería de Santa Fe (1972); Bielsa, L. y Col. (1977); Borchichí y Col. (1975).

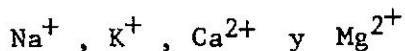
3. Representación de datos.

Se adopta la representación gráfica de Telkessy, Schoeller (1962), para la caracterización iónica básica de la composición química, la que destaca en forma precisa y simple los porcentajes relativos de los componentes.

Consiste en un círculo de 25 mm. de radio, dividido en 8 sectores; la superficie de cada uno representa el 25 % de cada anión o catión, / cuando se expresa la composición iónica total en los cuatro aniones:



y los cuatro cationes:



La poligonal estrellada obtenida resalta las características generales y reiteradas de las aguas de la región. Este gráfico, como todos los porcentuales no permiten comparar concentraciones totales, ni obtener relaciones iónicas, por lo cual se utilizó el diagrama de Schoeller Berkaloff.

III. SISTEMATIZACION DE LA INFORMACION.

Antecedentes.

Los estudios que se han venido realizando desde el inicio del Convenio Bajos Submeridionales han generado una serie de informaciones y conoci-// mientos sobre el comportamiento hidrológico general del área, parte de // los cuales, se han utilizado como punto de partida para planificar la ob- tención de información y las características específicas que ésta debería reunir a efectos de lograr su optimización.

Información obtenida.

En sucesivas campañas durante la evolución de la inundación de 1981, / se tomaron en las distintas secciones de control más de 100 muestras para análisis químico realizándose al mismo tiempo el aforo de los caudales co rrespondientes.

El número de muestreos no puede considerarse el óptimo, porque sigue/ las variaciones de volúmenes para rangos demasiado amplios, debido ésto a las dificultades ya enunciadas que se presentan en la zona para estas si- tuaciones. No obstante con los datos que se dispone se puede llevar a ca- bo un análisis cuali-cuantitativo según lo propuesto.

Todos los datos e informaciones obtenidos para esta inundación, po-// drán o no conservar estrictamente sus resultados relativos para otro even- to hidrológico. Esto dependerá del grado de variabilidad de cada situa-// ción respecto a la estudiada.

La información básica aquí publicada es una selección, encontrándose/ la totalidad disponible en el Convenio Bajos Submeridionales.

* Cañada Los Saladillos.

Según se consigna en la tabla N° 1 correspondiente, se efectuaron // cuatro muestreos y para cada uno de ellos las muestras tomadas no fueron siempre en igual número, variando desde ocho en la primera fecha a dos / en la última, justificándose esta disminución por haber comprobado en el análisis de los datos la homogeneidad de composición a lo largo de toda / la sección de aproximadamente 7 Km. Los datos que figuran en la tabla re / presentan el promedio de cada muestreo.

Desde el pico de la crecida, que podemos considerarlo de 13 m³/seg. / aforado el 20/3 hasta una disminución de más o menos del 100 % para el / 15/5 se observa un aumento de 22 % en conductividad, del 37 % en Cloruro, 38 % en Sulfato y 28 % en Sodio y Potasio.

Desde ese valor de caudal hasta el mínimo ingreso de 1 m³/seg. para / el 5/6 todos los porcentajes aumentan bruscamente en valores tales como: conductividad 46 %; cloruro 68 %, sulfato 88 %, sodio+potasio 81 %, calcio 67 % y bicarbonato solo 29 %.

A través de estos valores se deduce claramente que el descenso brusco de calidad se da para volúmenes poco significativos siendo de un or / den fácilmente manejable por las obras, más aún si tenemos en cuenta el / momento de ocurrencia.

Por lo que se conoce del funcionamiento hidrológico de la cañada, es / tos volúmenes de crecida, que son los del último tramo de la curva de re / cesión del hidrograma, se trasladan con un escaso tirante y velocidades / tan lentas que hacen muy baja la probabilidad de que salgan del área, lo / que puede producir acumulaciones de sales por evaporación en las zonas / deprimidas.

En cuanto a la secuencia iónica característica de la composición quí / mica de las aguas, ésta se mantiene como típicamente cloro-sulfatada, so / dica, como se pone en evidencia en la representación de Telkessy corres / pondiente a esta sección en el plano.

En el gráfico de Schoeller-Berkaloff N° 1 puede comprobarse el suce / sivo aumento de la concentración total, con constancia de las relaciones / iónicas.

El muestreo 3 presenta una ligera anomalía en contenidos de calcio, / magnesio y sulfato, y refuerza el criterio de utilizar al ión cloruro y / al sodio como mejores trazadores de la evolución de la concentración, // los que como se observa mantienen el paralelismo.

* Bajos de Chorotis.

La tabla N° 2 consigna los valores promedio del análisis químico co / rrespondiente a cinco muestreos en períodos coincidentes con los realiza / dos para la Cañada Los Saladillos. Esta sección se estudió a lo largo de / una línea Norte-Sur (F.C.G.B.) de aproximadamente 14 Km., tomándose me / nor número de muestras para cada fecha, con respecto a la Cañada Los Sala / dillos por haber comprobado desde el inicio del estudio, escasas diferen / cias a lo largo de la sección.

Los aumentos de concentraciones a lo largo del ciclo fueron importan / tes, del orden de 117 % para la conductividad, 170 % cloruro, 61 % para / sulfato, calcio 94 %, magnesio 148 % y 113 % para sodio+potasio, llegán / dose a los mismos niveles de concentración que para Los Saladillos, en /

la última etapa de la crecida, que en este caso es para el mes de Julio. / Sin embargo, resulta mucho más significativo en este ingreso porque los / volúmenes son cinco veces mayores para la máxima concentración medida. Es to significa que si queremos conocer los aportes para una conductividad 7 de alrededor de 4.000 micro S/cm. los Bajos de Chorotis participarían con cinco veces más que la Cañada Los Saladillos.

Hay que hacer notar que los valores correspondientes al 2/4 presentan una disminución de concentraciones aparentemente incongruentes con la observación anterior. Ello se explica, como consecuencia de una precipita- / ción de unos 30 mm. de promedio caída sobre el área de aporte, el mismo / día del muestreo. Estos datos no fueron incluidos en los promedios utili- / zados para la caracterización iónica, que en valores porcentuales demues- / tran una composición típicamente clorurada-sódica, como lo pone en eviden- / cia el gráfico correspondiente a esta sección en el plano.

Lo dicho se vuelve a poner en evidencia en el gráfico N° 2, donde se / observa un relativo paralelismo entre las poligonales que representan las distintas fechas, de orden creciente al igual que la concentración total, y un equilibrio en las relaciones iónicas dado precisamente por la tenden- / cia de los trazos entre iones. Lo acotado anteriormente para el muestreo 7 del 2/4 queda confirmado además de la disminución general de concentra- // ción, por el aumento notable de ión bicarbonato. También se puede notar u na disminución de cloruro de sodio en la poligonal correspondiente al 15 7/5 suponiéndose que se debe a un efecto de dilución por una precipitación de 45 mm. de promedio caída 48 horas antes sobre la cuenca.

* Cañada Las Víboras.

Por la ubicación de la sección aguas abajo de las mencionadas y por / ser el último control antes del futuro embalse Martín García, existían // fundadas razones para muestrear este lugar.

Lo que se planteaba era hacer muestreos "correspondientes", con las / secciones de Saladillo y Chorotis, es decir muestras que sean extraídas / en momento tal que, teniendo en cuenta el tiempo de propagación, sean las mismas ya muestreadas aguas arriba.

Esto no pudo cumplirse estrictamente, por las ya mencionadas condicio- / nes de aislamiento de la sección.

Dé los dos muestreos realizados cuyos resultados se consignan en la / tabla N° 3 como promedios de varias muestras, se observan pocas diferen- / cias significativas, lo que sumado a que no se pudieron aforar los cauda- / les para cada fecha, da poco margen para una interpretación.

Según se observa en el diagrama Telkessy en el plano se mantiene una muy semejante distribución iónica a las de los aportes de Saladillo y Cho- / rotis y una concentración total prácticamente igual a los máximos medidos para los menores caudales.

En el gráfico N° 3 se observa que ambos muestreos conservan un parale- / lismo notorio, especialmente para los iones típicos trazadores, correspon- / diendo la mayor concentración al muestreo del 24/8, fecha en que se sabe 7 el caudal es menor.

* Area Agrícola Chaqueña.

El objeto del estudio de esta sección era conocer las características del agua superficial en la zona chaqueña más importante a sanear por el / Proyecto.

Como existen algunos canales en funcionamiento se priorizaron éstos/ como puntos de muestreos. En la tabla N° 4 los valores que se volcaron / no son promedios, porque en este caso no se consideró conveniente, por / ser cursos bien definidos.

Para un mismo canal en distintas fechas no se obtuvieron diferencias significativas en los análisis en el orden de magnitud de los valores ab solutos.

Con respecto a los distintos canales muestreados se observa simili- / tud en la composición general y escasa variación en los valores.

Teniendo en cuenta el escurrimiento areal y según se demuestra en el diagrama de Telkessy del plano podemos clasificar a las aguas de este aporte como bicarbonatadas-cálcicas-magnésicas, características concordan / tes para aguas superficiales con marcada preponderancia de aguas de lluvia. La distribución catiónica es bastante equilibrada sin superar ningun / o el 50 % del total.

La presencia de elevados tenores de hierro en algunas muestras se // justifica por la característica bicarbonatada de estas aguas, como así / también la existencia de elementos provenientes de la materia orgánica de los suelos.

En el gráfico N° 4 se han representado los tres canales muestreados, a través de un análisis de la misma fecha. Dentro de un entorno reducido / de variación, se observan algunas diferencias de composición que se co- / rresponden con la diversidad de concentraciones observadas en el manto / freático de la zona y también a la influencia antrópica en las distintas subcuencas de cada canal.

* Estero Cocherek.

Se efectuaron dos muestreos en varios puntos a lo largo de esta exten / sa sección de entrada de los aportes chaqueños, y los valores consigna- / dos en la tabla N° 5 son promedios para cada fecha.

A pesar de que en este caso y debido a la funcionalidad del área, el segundo muestreo corresponde a un caudal mayor que el primero, no obstan / te se mantiene la propensión de $C = f(Q)$.

La relativa composición iónica mostrada por el diagrama de Telkessy, revela un predominio de bicarbonatos entre los aniones, y marcada supe- / rioridad de sodio entre los cationes, aún manteniéndose en valores bajos con respecto a su calificación.

El conocimiento de los suelos de la zona, de moderada salinidad, como así también del agua subterránea a través del censo de pozos realiza- / do por este Convenio en Noviembre de 1981, que demuestra valores de muy / buena calidad para el agua de distintas profundidades, explican claramen / te los resultados encontrados para las aguas superficiales de este aporte.

El gráfico N° 5 es congruente en un todo con las observaciones ante- / riores.

* Cañada La Rica, Estero El Sábalo, Arroyo Nogués, Cañada La Muñeca y Arro- / yo Los Amores.

Todos estos cursos fueron estudiados para cuantificar fehacientemen- / te las características químicas, por cuanto ya existía el conocimiento / de la diferencia de calidad que presentan respecto a las secciones del / centro Oeste de la región, antes analizadas.



En las tablas Nos. 6 y 7 fueron volcados los valores correspondientes a un análisis para cada muestreo, según el procedimiento utilizado para cursos definidos. Se confirman los valores esperados con la misma tendencia a cumplir la relación $C = f(Q)$.

Los diagramas de Telkessy dibujados en el plano para El Sábalo, Arroyo Nogués y Arroyo Los Amores (en La Forestal), muestran características de aguas bicarbonatadas, cloruradas-sódicas, con propensión al aumento de cloruro y disminución de bicarbonato.

En el gráfico N° 6 para el Estero El Sábalo se observan las relaciones constantes para sodio-cloruro con aumentos proporcionales para los muestreos sucesivos y ligeras perturbaciones en las relaciones de calcio-magnesio. Los muy bajos tenores de sulfatos no son representables en la escala correspondiente.

En los gráficos 7A y 7B correspondientes a Arroyo Los Amores y Arroyo Nogués, revelan evoluciones muy semejantes, con aumentos proporcionales y sucesivos de cloruro y sodio, notándose una disminución de bicarbonato. Corresponde la misma aclaración anterior respecto a la representación de sulfato.

* Laguna La Loca.

El comienzo del estudio se dio en un momento tal que permitió seguir el aumento de volumen en la laguna por los aportes de la inundación y su bajante por desague hacia las nacientes del Arroyo Golondrinas. No obstante, al momento de la finalización del muestreo para este informe, no se había alcanzado aún el nivel normal de la laguna.

Se hace esta referencia debido a que en el seguimiento del muestreo, y según se aprecia en la tabla N° 8, existe un aumento de la concentración con el aumento de volumen. Es de tener muy en cuenta que sobrepasada una cierta altura en la laguna, ésta desborda extensamente hacia el Oeste, que es precisamente de donde recibe los aportes más salinos.

La etapa de bajante cumple aparentemente la evolución comprobada para los otros cuerpos de agua, es decir $C = f(Q)$, con tendencia creciente. Sin embargo, el funcionamiento hidrológico de la laguna no está lo suficientemente ajustado como para poder determinar qué contribución le corresponde a la diferencia entre entradas y salidas y/o a la evaporación en este proceso de salinización.

En cuanto a la composición química, se mantiene una distribución iónica marcadamente bicarbonatada-clorurada-sódica, como se observa en el diagrama de Telkessy correspondiente.

En el gráfico N° 8 se observa claramente la disposición de aumento de concentraciones con el tiempo, que en este caso significa un aumento de volumen en los primeros muestreos para comenzar luego a disminuir, sobre todo en los iones cloruro y sodio que mantienen relaciones paralelas, pero con correspondencia no tan definida para los mismos elementos que hemos notado en el análisis de otras secciones.

* Arroyo Malabrigo.

Se efectuó un sólo muestreo con el arroyo en bajante, el 4/4 con un caudal de tan sólo $3,5 \text{ m}^3/\text{seg.}$, obteniéndose los siguientes valores:

Conductividad: 513 micro S/cm.
Cloruro: 93 mg/l.
Sulfato: 46 mg/l
Bicarbonato: 58 mg/l
Carbonato: Negativo

Calcio: 10 mg/l.
Magnesio: 2 mg/l.
Sodio+Potasio: 88 mg/l.

De este análisis podemos observar que resulta una calidad muy aceptable pese al bajo valor de volumen que escurre, con marcada tendencia clorurada-sódica.

Teniendo en cuenta que el canal del embalse La Loca, desaguará hacia este curso solamente para las máximas alturas del embalse por restricciones topográficas, y que según ya se ha visto en el análisis de la laguna, sus aguas son del mismo orden de calidad es de prever que no ocasionarán problemas de deterioro en ese arroyo.

No se muestreó para mayores caudales del Malabrigo debido a que recibía solamente aportes de su cuenca, pues para esta inundación el canal de la Laguna La Loca no funcionó.

* Cañada Ombú.

Se ha medido un importante volumen de salida del área a través de esta sección, notándose un leve incremento de salinidad respecto a los aportes que recibe a través de la sección Ruta Provincial N° 30, con particular aumento de cloruros y disminución de bicarbonatos.

La composición iónica está evidenciada en el diagrama del plano como clorurada-bicarbonatada-sódica y la variación de concentración se aprecia en el gráfico N° 9, siguiendo la tendencia general de aumento de concentración con la disminución de caudal manteniendo el paralelismo de las poligonales.

* Arroyo Golondrinas.

a) Fortín Olmos:

Esta sección es considerada como el lugar donde deberá hacerse el último control de la calidad del agua, ya que todas las obras propuestas se ubican al Norte de ella.

En la tabla N° 10 se puede observar el mismo fenómeno señalado en la Laguna La Loca, es decir, aumentos de concentración con aumento de caudal, aunque la tendencia no es ni tan uniforme ni de incrementos tan notables, sobre todo teniendo en cuenta el gran salto en el aumento de caudales.

Es de destacar el muestreo del 30/5, en el que se observa una marcada disminución en la salinidad total y en prácticamente todos los iones, salvo bicarbonato que se mantiene casi constante. Es posible atribuir esto a una precipitación de unos 40 mm. de promedio caída sobre toda el área de aporte cuatro días antes del muestreo. Este análisis no fue tenido en cuenta para obtener los promedios que se representan en el diagrama de Telkessy en el plano. Según éste se trata de aguas cloruradas, sulfatadas-sódicas.

En el gráfico N° 10 de Schoeller-Berkaloff se observa entre los elementos trazadores cloruro y sodio el paralelismo característico, pe

ro en los demás componentes se notan evidentes influencias que debido a la gran extensión del área que aporta a esta sección resultan muy / difícil de acotar.

b) Paraje El Bonete:

En la tabla N° 11 se detallan los valores obtenidos para dos (2)/ muestreos en los cuales se observa la misma propensión de aumentos de concentración con aumentos de caudal, en todos los iones, salvo en bi carbonato que se registra una leve disminución. Todo esto se comprue-
ba en el gráfico de Schoeller-Berkaloff N° 11 correspondiente.

La composición iónica característica se mantiene como en la sec-/
ción anterior en clorurada, sulfatada-sódica, aunque el tenor de sul-
fato no sobrepasa el 25 %, ya que es del 23 % y 24 % para los mues-//
treos realizados.

La sección El Bonete se estudió con el objeto de efectuar una com-
paración con la de Fortín Olmos y al comprobarse que la composición 7
química general se mantiene en los mismos niveles de variación y con-
siderando que Fortín Olmos es más representativa, pues geográficamen-
te es el punto de cierre del proyecto de obras, se continuó con el se
guimiento de control de calidad, sólo en esta última sección.

T A B L A S

COMPOSICION QUIMICA MEDIA DE AGUAS SUPERFICIALES,
CORRESPONDIENTES A DISTINTOS VALORES DE CAUDALES

CAÑADA "LOS SALADILLOS"

TABLA N° 1

Fecha		20-03-81	02-04-81	15-05-81	05-06-81	
		Caudal	13 m ³ /seg	10 m ³ /seg	6 m ³ /seg	1 m ³ /seg
Conductividad micro S/cm.		2.340	2.810	2.850	4.150	
Residuo seco mg/l		1.520	1.960	2.110	2.900	
Alcalinidad total mg/l CO ₃ Ca		136	165	168	230	
Dureza total mg/l CO ₃ Ca		238	255	350	460	
ANIONES	Carbonato CO ₃ ²⁻	mg/l	negativo	negativo	negativo	8
		me/l	negativo	negativo	negativo	0,3
	Bicarbonato CO ₃ H ⁻	mg/l	166	201	205	268
		me/l	2,7	3,3	3,4	4,4
	Cloruro Cl ⁻	mg/l	493	574	680	1.140
		me/l	14	16,2	19,2	32,2
Sulfato SO ₄ ²⁻	mg/l	290	408	400	740	
	me/l	6,0	8,5	8,3	15,6	
CATIONES	Calcio Ca ²⁺	mg/l	57	74,8	73,6	120
		me/l	2,8	3,7	3,6	6,0
	Magnesio Mg ²⁺	mg/l	20,3	26,4	40,3	39,0
		me/l	1,5	2,2	3,3	3,2
	Sodio Na ⁺	mg/l	-	-	550	1.000
		me/l	-	-	23,9	43,4
	Potasio K ⁺	mg/l	-	-	16,5	20
		me/l	-	-	0,4	0,5
	Sodio + Potasio Na ⁺ + K ⁺	mg/l	438	508	-	-
		me/l	19	22,1	-	-
Otras Determinaciones	As mg/l	negativo	-	0,1	negativo	
	Fe me/l	negativo	-	0,9	negativo	

COMPOSICION QUIMICA MEDIA DE AGUAS SUPERFICIALES,
CORRESPONDIENTES A DISTINTOS VALORES DE CAUDALES
CAÑADA "BAJOS DE CHOROTIS"

TABLA N° 2

Fecha		21-03-81	02-04-81	15-05-81	04-06-81	07-07-81	
		Caudal	76 m ³ /seg	57 m ³ /seg	20 m ³ /seg	10 m ³ /seg	5 m ³ /seg
Conductividad micro S/cm.		2.000	1.479	2.000	2.750	4.340	
Residuo seco mg/l		1.435	1.035	1.486	1.945	-	
Alcalinidad total mg/l CO ₃ Ca		145	189	204	192	291	
Dureza total mg/l CO ₃ Ca		284	218	390	365	610	
ANIONES	Carbonato CO ₃ ²⁻	mg/l	negativo	negativo	negativo	negativo	negativo
		me/l	negativo	negativo	negativo	negativo	negativo
	Bicarbonato CO ₃ H ⁻	mg/l	177	231	248	234	354
		me/l	2,9	3,8	4,0	3,8	5,8
	Cloruro Cl ⁻	mg/l	390	281	455	710	1.053
		me/l	11	7,9	12,8	20	29,7
Sulfato SO ₄ ²⁻	mg/l	293	162	225	385	472	
	me/l	6,1	3,4	4,6	8,0	9,8	
CATIONES	Calcio Ca ²⁺	mg/l	71,9	54,3	72,8	90,0	139,7
		me/l	3,6	2,7	3,6	4,5	7,0
	Magnesio Mg ²⁺	mg/l	25,4	20,0	50,5	34,0	63,1
		me/l	2,1	1,6	4,1	2,8	5,2
	Sodio Na ⁺	mg/l	-	-	335	525	-
		me/l	-	-	14,6	22,8	-
	Potasio K ⁺	mg/l	-	-	19,5	20,0	-
		me/l	-	-	0,5	0,5	-
	Sodio + Potasio Na ⁺ + K ⁺	mg/l	356	345	-	-	761
		me/l	15,5	14,6	-	-	33,1
Otras Determinaciones	As mg/l	0 a 0,3	0 a 0,3	negativo	negativo	-	
	Fe me/l	negativo	negativo	negativo	negativo	-	

COMPOSICION QUIMICA MEDIA DE AGUAS SUPERFICIALES,
CORRESPONDIENTES A DISTINTOS VALORES DE CAUDALES
CAÑADA "LAS VIBORAS"

TABLA N° 3

Fecha		08-07-81	24-08-81			
		Caudal	-	-		
Determinaciones						
Conductividad micro S/cm.		4.157	4.230			
Residuo seco mg/l		-	-			
Alcalinidad total mg/l CO ₃ Ca		390	332			
Dureza total mg/l CO ₃ Ca		386	500			
ANIONES	Carbonato CO ₃ ²⁻	mg/l	negativo	negativo		
		me/l	negativo	negativo		
	Bicarbonato CO ₃ H ⁻	mg/l	476	403		
		me/l	7,8	6,6		
	Cloruro Cl ⁻	mg/l	998	1.148		
		me/l	28	40,8		
Sulfato SO ₄ ²⁻	mg/l	500	380			
	me/l	10,4	7,9			
CATIONES	Calcio Ca ²⁺	mg/l	87,5	112		
		me/l	4,4	5,6		
	Magnesio Mg ²⁺	mg/l	41	53,4		
		me/l	3,4	4,4		
	Sodio Na ⁺	mg/l	-	-		
		me/l	-	-		
	Potasio K ⁺	mg/l	-	-		
		me/l	-	-		
	Sodio + Potasio Na ⁺ + K ⁺	mg/l	886	1.042		
		me/l	38,5	45,3		
Otras Determinaciones	As mg/l	-	-			
	Fe me/l	-	-			

COMPOSICION QUIMICA MEDIA DE AGUAS SUPERFICIALES,
CORRESPONDIENTES A DISTINTOS VALORES DE CAUDALES

AREA AGRICOLA CHAQUEÑA

TABLA N° 4

Curso		Canal Defensa Santa Sylvina		Canal Defensa Va. Angela Oeste		Canal Du Graty N.		
Fecha		31-03-81	14-04-81	31-03-81	14-04-81	31-03-81		
Caudal		0,5 m ³ /s	0,5 m ³ /s	1,2 m ³ /s	0,5 m ³ /s	3 m ³ /s.		
Conductividad micro S/cm.		360	366	225	273	476		
Residuo seco mg/l		276	258	169	215	366		
Alcalinidad total mg/l CO ₃ Ca		134	132	82	68	88		
Dureza total mg/l CO ₃ Ca		134	110	82	80	128		
ANIONES	Carbonato CO ₃ ²⁻	mg/l	negativo	negativo	negativo	negativo	negativo	
		me/l	negativo	negativo	negativo	negativo	negativo	
	Bicarbonato CO ₃ H ⁻	mg/l	163	161	99,9	83	107	
		me/l	2,7	2,6	1,6	1,4	1,8	
	Cloruro Cl ⁻	mg/l	22	36	22	32	66	
		me/l	0,6	1,0	0,6	0,9	1,9	
	Sulfato SO ₄ ²⁻	mg/l	14	2,5	8	16	37	
		me/l	0,3	0,05	0,2	0,3	0,8	
	CATIONES	Calcio Ca ²⁺	mg/l	32	27	21,6	23	39
			me/l	1,6	1,4	1,1	1,2	1,9
Magnesio Mg ²⁺		mg/l	13,1	10,2	1,8	5,3	7,3	
		me/l	1,1	0,8	0,6	0,4	0,6	
Sodio Na ⁺		mg/l	15,5	17	10	14,5	42	
		me/l	0,7	0,7	0,4	0,6	1,8	
Potasio K ⁺		mg/l	20	27	16	17,5	20	
		me/l	0,5	0,7	0,4	0,4	0,5	
Sodio + Potasio Na ⁺ + K ⁺		mg/l	-	-	-	-	-	
		me/l	-	-	-	-	-	
Otras Determinaciones		As mg/l	negativo	negativo	negativo	negativo	negativo	
		Fe me/l	negativo	negativo	negativo	negativo	negativo	

COMPOSICION QUIMICA MEDIA DE AGUAS SUPERFICIALES,
CORRESPONDIENTES A DISTINTOS VALORES DE CAUDALES

ESTERO COCHEREK-SOBRE R.P. N° 30

TABLA N° 5

Fecha		01-04-81	11-06-81				
		Caudal	19 m ³ /seg	29 m ³ /seg			
Conductividad micro S/cm.			408	352			
Residuo seco mg/l			-	262			
Alcalinidad total mg/l CO ₃ Ca			115	130			
Dureza total mg/l CO ₃ Ca			33	58			
ANIONES	Carbonato CO ₃ ²⁻	mg/l	negativo	negativo			
		me/l	negativo	negativo			
	Bicarbonato CO ₃ H ⁻	mg/l	140	158			
		me/l	2,3	2,6			
	Cloruro Cl ⁻	mg/l	75	41			
		me/l	2,1	1,2			
Sulfato SO ₄ ²⁻	mg/l	15	6,0				
	me/l	0,3	0,1				
CATIONES	Calcio Ca ²⁺	mg/l	8,7	17,2			
		me/l	0,4	0,9			
	Magnesio Mg ²⁺	mg/l	2,7	3,6			
		me/l	0,2	0,3			
	Sodio Na ⁺	mg/l	-	65,5			
		me/l	-	2,8			
	Potasio K ⁺	mg/l	-	12,8			
		me/l	-	0,3			
	Sodio + Potasio Na ⁺ + K ⁺	mg/l	94	-			
		me/l	4,1	-			
Otras Determinaciones	As mg/l	-	negativo				
	Fe me/l	-	3 a 8				

COMPOSICION QUIMICA MEDIA DE AGUAS SUPERFICIALES,
CORRESPONDIENTES A DISTINTOS VALORES DE CAUDALES

TABLA N° 6

Curso		Estero El Sabalo s/ R.P. N° 7		Cañada La Muñeca s/ R.P. N° 30		
Fecha		31-03-81	17-06-81	10-06-81	08-07-81	
Caudal		-	2,1 m ³ /s	14 m ³ /seg	8 m ³ /seg	
Conductividad micro S/cm.		130	154	182	280	
Residuo seco mg/l		100	131	-	-	
Alcalinidad total mg/l CO ₃ Ca		48	58	36	38,4	
Dureza total mg/l CO ₃ Ca		26	26	17,5	51	
ANIONES	Carbonato CO ₃ ²⁻	mg/l	negativo	negativo	negativo	negativo
		me/l	negativo	negativo	negativo	negativo
	Bicarbonato CO ₃ H ⁻	mg/l	58,5	70,7	44	32
		me/l	10	1,2	0,7	0,6
	Cloruro Cl ⁻	mg/l	14	26	35	97
		me/l	0,4	0,7	10	2,7
Sulfato SO ₄ ²⁻	mg/l	2	3	4	4	
	me/l	0,04	1	1	1	
CATIONES	Calcio Ca ²⁺	mg/l	7,2	8,8	3,6	11,4
		me/l	0,4	0,4	0,2	0,6
	Magnesio Mg ²⁺	mg/l	1,9	1	2,1	5,5
		me/l	0,2	0,1	0,2	0,4
	Sodio Na ⁺	mg/l	21	30	-	-
		me/l	0,9	1,3	-	-
	Potasio K ⁺	mg/l	5	5	-	-
		me/l	0,1	0,1	-	-
	Sodio + Potasio Na ⁺ + K ⁺	mg/l	-	-	33,1	55,7
		me/l	-	-	1,4	2,4
Otras Determinaciones	As mg/l	negativo	negativo	-	-	
	Fe me/l	0,2	0,8	-	-	

COMPOSICION QUIMICA MEDIA DE AGUAS SUPERFICIALES,
CORRESPONDIENTES A DISTINTOS VALORES DE CAUDALES

TABLA N° 7

Curso		A° Nogués s/terra- plén La Forestal		A° Los Amores s/te- rraplén La Forestal			
Fecha		11-06-81	08-07-81	10-06-81	08-07-81		
Caudal		28,5 m ³ /s	13 m ³ /s	36 m ³ /seg	13,6 m ³ /s		
Conductividad micro S/cm.		158	340	195	360		
Residuo seco mg/l		-	-	-	-		
Alcalinidad total mg/l CO ₃ Ca		54	49	61	38,4		
Dureza total mg/l CO ₃ Ca		17,5	33,5	10,5	34		
ANIONES	Carbonato CO ₃ ²⁻	mg/l	negativo	negativo	negativo	negativo	
		me/l	negativo	negativo	negativo	negativo	
	Bicarbonato CO ₃ H ⁻	mg/l	66	59,8	74	47	
		me/l	1,1	0,1	1,2	0,8	
	Cloruro Cl ⁻	mg/l	27	93,4	37	113	
		me/l	0,8	2,6	1	3,2	
	Sulfato SO ₄ ²⁻	mg/l	4	13	8	4	
		me/l	0,1	0,3	0,2	0,1	
	CATIONES	Calcio Ca ²⁺	mg/l	3,6	6,8	2,6	6,8
			me/l	0,2	0,3	0,1	0,3
Magnesio Mg ²⁺		mg/l	2,1	4,0	1,1	4,1	
		me/l	0,2	0,3	0,1	0,3	
Sodio Na ⁺		mg/l	-	-	-	-	
		me/l	-	-	-	-	
Potasio K ⁺		mg/l	-	-	-	-	
		me/l	-	-	-	-	
Sodio + Potasio Na ⁺ + K ⁺		mg/l	36,3	73,8	50,4	77	
		me/l	1,6	3,2	2,2	3,3	
Otras Determinaciones		As mg/l	-	-	-	-	
		Fe me/l	-	-	-	-	

COMPOSICION QUIMICA MEDIA DE AGUAS SUPERFICIALES,
CORRESPONDIENTES A DISTINTOS VALORES DE CAUDALES
LAGUNA "LA LOCA"

TABLA N° 8

Fecha		10-04-81	13-06-81	22-07-81	06-09-81	04-10-81		
Determinaciones	H	0,96 m.	1,39 m.	1,22 m.	0,97 m.	0,85 m.		
Conductividad micro S/cm.		476	557	831	980	1.600		
Residuo seco mg/l		343	-	580	685	1.100		
Alcalinidad total mg/l CO ₃ Ca		106	131	205	270	362		
Dureza total mg/l CO ₃ Ca		30,5	13	48	70	96		
ANIONES	Carbonato CO ₃ ²⁻	mg/l	negativo	negativo	negativo	negativo	negativo	
		me/l	negativo	negativo	negativo	negativo	negativo	
	Bicarbonato CO ₃ H ⁻	mg/l	129	160	250	329	441	
		me/l	2,1	2,6	4,1	5,4	7,2	
	Cloruro Cl ⁻	mg/l	97	94	120	145	232	
		me/l	2,7	2,6	3,4	4,1	6,5	
	Sulfato SO ₄ ²⁻	mg/l	6,0	6,0	37	14	19,2	
		me/l	0,1	0,1	0,8	0,3	0,4	
	CATIONES	Calcio Ca ²⁺	mg/l	7,0	2,6	13,2	18,0	9,0
			me/l	0,3	0,1	0,7	0,9	0,4
Magnesio Mg ²⁺		mg/l	3,2	1,6	3,6	6,1	18,0	
		me/l	0,3	0,1	0,3	0,5	1,5	
Sodio Na ⁺		mg/l	-	-	-	-	-	
		me/l	-	-	-	-	-	
Potasio K ⁺		mg/l	-	-	-	-	-	
		me/l	-	-	-	-	-	
Sodio + Potasio Na ⁺ + K ⁺		mg/l	101	122	168	193	293	
		me/l	4,4	5,3	7,3	8,4	12,2	
Otras Determinaciones	As mg/l	negativo	-	-	-	-		
	Fe me/l	1,8	-	-	-	-		

COMPOSICION QUIMICA MEDIA DE AGUAS SUPERFICIALES,
CORRESPONDIENTES A DISTINTOS VALORES DE CAUDALES
CAÑADA OMBU

TABLA N° 9

Fecha		12-06-81	09-07-81			
		Caudal	43,5 m ³ /s	27,5 m ³ /s		
Determinaciones						
Conductividad micro S/cm.		504	547			
Residuo seco mg/l		-	-			
Alcalinidad total mg/l CO ₃ Ca		105	86			
Dureza total mg/l CO ₃ Ca		20	62,5			
ANIONES	Carbonato CO ₃ ²⁻	mg/l	negativo	negativo		
		me/l	negativo	negativo		
	Bicarbonato CO ₃ H ⁻	mg/l	127	105		
		me/l	2,1	1,7		
	Cloruro Cl ⁻	mg/l	95,5	152		
		me/l	2,7	4,3		
Sulfato SO ₄ ²⁻	mg/l	negativo	negativo			
	me/l	negativo	negativo			
CATIONES	Calcio Ca ²⁺	mg/l	5,2	15,8		
		me/l	0,3	0,8		
	Magnesio Mg ²⁺	mg/l	1,7	5,6		
		me/l	0,1	0,5		
	Sodio Na ⁺	mg/l	-	-		
		me/l	-	-		
	Potasio K ⁺	mg/l	-	-		
		me/l	-	-		
	Sodio + Potasio Na ⁺ + K ⁺	mg/l	101	110		
		me/l	4,4	4,8		
Otras Determinaciones	As mg/l	-	-			
	Fe me/l	-	-			

COMPOSICION QUIMICA MEDIA DE AGUAS SUPERFICIALES,
CORRESPONDIENTES A DISTINTOS VALORES DE CAUDALES
ARROYO GOLONDRINA-FORTIN OLMOS

TABLA N° 10

Fecha		05-03-81	04-04-81	14-05-81	30-05-81	15-06-81	
		Caudal	9 m ³ /seg	11 m ³ /seg	122 m ³ /s	270 m ³ /s	305 m ³ /s
Conductividad micro S/cm.		2.524	2.137	2.933	2.776	2.900	
Residuo seco mg/l		1.800	-	1.052	-	-	
Alcalinidad total mg/l CO ₃ Ca		200	282	209	208	242	
Dureza total mg/l CO ₃ Ca		220	95,5	208,5	121,7	110	
ANIONES	Carbonato CO ₃ ²⁻	mg/l	negativo	negativo	negativo	negativo	negativo
		me/l	negativo	negativo	negativo	negativo	negativo
	Bicarbonato CO ₃ H ⁻	mg/l	244	343	255	253	295
		me/l	4,0	5,6	4,2	4,2	4,8
	Cloruro Cl ⁻	mg/l	547	448	604	350	546
		me/l	15,4	12,6	17,0	10,0	15,4
Sulfato SO ₄ ²⁻	mg/l	437	148	420	192	380	
	me/l	9,1	3,1	8,8	4,0	7,9	
CATIONES	Calcio Ca ²⁺	mg/l	52,0	17,4	47	26	26
		me/l	2,6	0,9	2,4	1,3	1,3
	Magnesio Mg ²⁺	mg/l	22	12,6	22,1	13,7	10,7
		me/l	1,8	1,0	1,8	1,1	0,9
	Sodio Na ⁺	mg/l	-	-	-	-	-
		me/l	-	-	-	-	-
	Potasio K ⁺	mg/l	-	-	-	-	-
		me/l	-	-	-	-	-
	Sodio + Potasio Na ⁺ + K ⁺	mg/l	554	448	588	-	577
		me/l	-	-	-	-	-
Otras Determinaciones	As mg/l	0,02	-	negativo	-	-	
	Fe me/l	negativo	-	3,6	-	-	

COMPOSICION QUIMICA MEDIA DE AGUAS SUPERFICIALES,
CORRESPONDIENTES A DISTINTOS VALORES DE CAUDALES

ARROYO GOLONDRINA-EL BONETE

TABLA N° 11

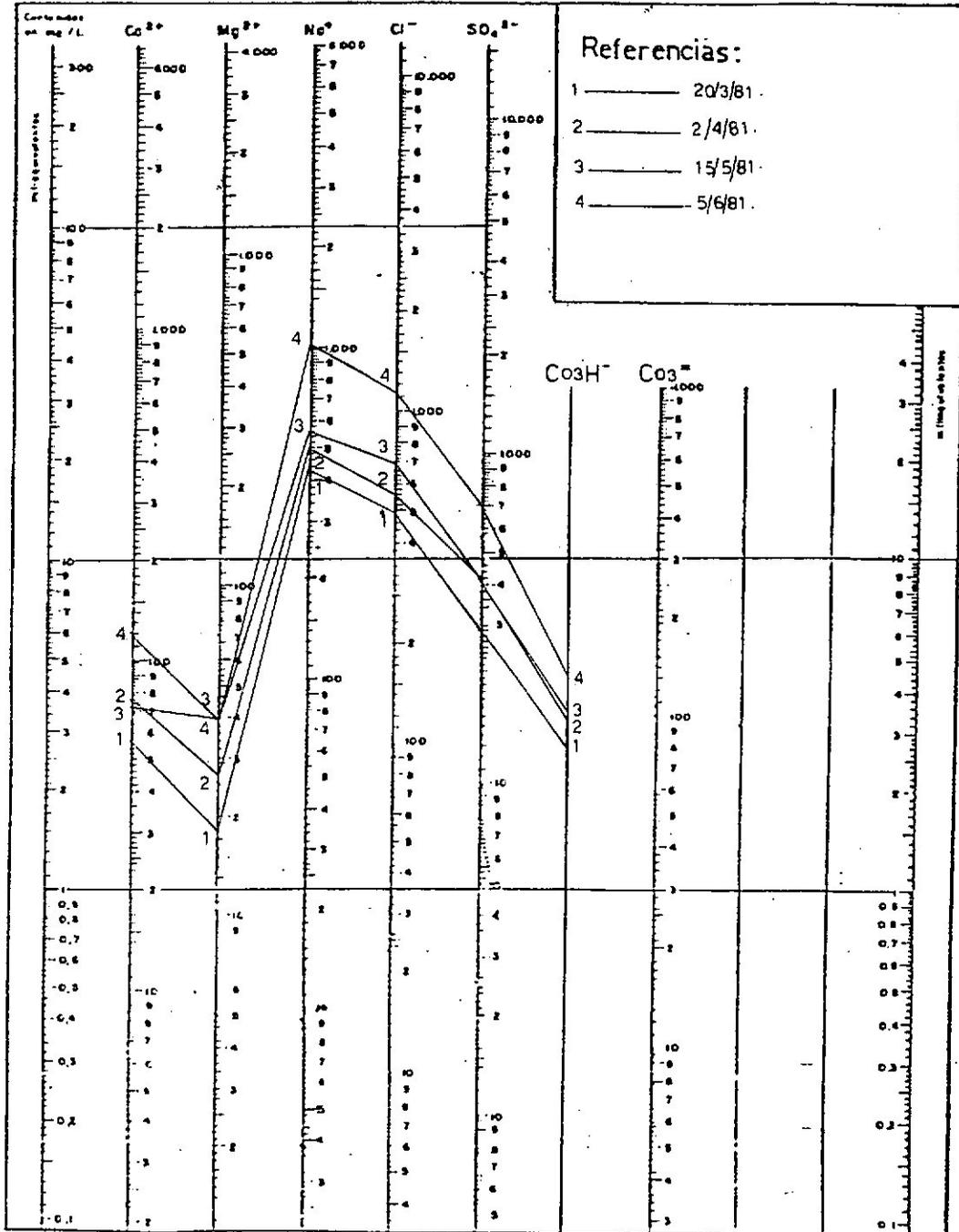
Fecha		15-05-81	29-05-81			
		Caudal	97 m ³ /seg	215 m ³ /s		
Determinaciones						
Conductividad micro S/cm.		1.843	2.182			
Residuo seco mg/l		1.285	-			
Alcalinidad total mg/l CO ₃ Ca		214,5	192			
Dureza total mg/l CO ₃ Ca		113	160,9			
ANIONES	Carbonato CO ₃ ²⁻	mg/l	negativo	negativo		
		me/l	negativo	negativo		
	Bicarbonato CO ₃ H ⁻	mg/l	262	234		
		me/l	4,3	3,8		
	Cloruro Cl ⁻	mg/l	366,5	448		
		me/l	9,8	12,6		
Sulfato SO ₄ ²⁻	mg/l	220	236			
	me/l	4,6	4,9			
CATIONES	Calcio Ca ²⁺	mg/l	27,0	38,2		
		me/l	1,3	1,9		
	Magnesio Mg ²⁺	mg/l	11,0	15,9		
		me/l	0,9	1,3		
	Sodio Na ⁺	mg/l	-	-		
		me/l	-	-		
	Potasio K ⁺	mg/l	-	-		
		me/l	-	-		
	Sodio + Potasio Na ⁺ + K ⁺	mg/l	392	417		
		me/l	17,0	18,1		
Otras Determinaciones	As mg/l	negativo	-			
	Fe me/l	1,7	-			

G R A F I C O S

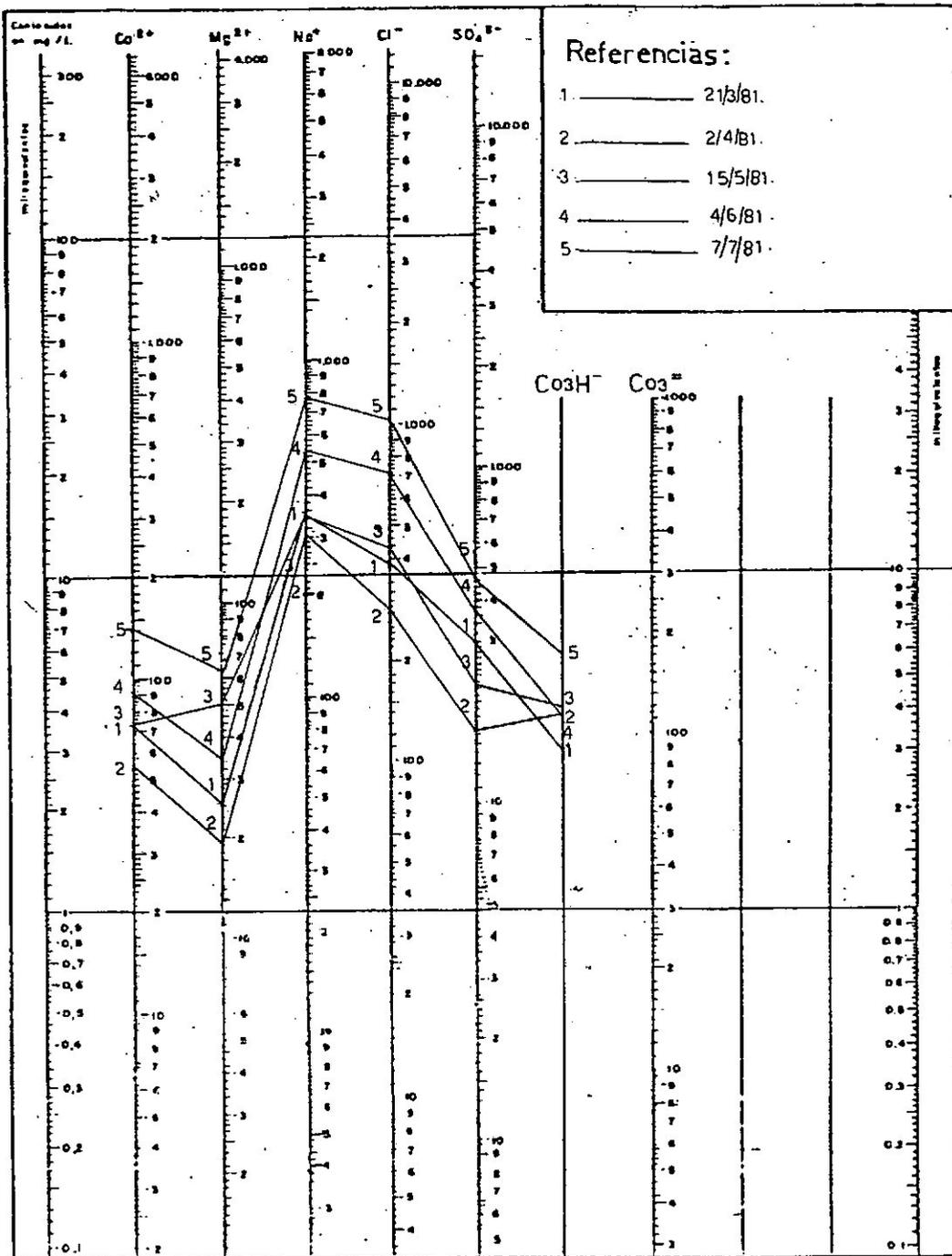
CAÑADA "LOS SALLADILLOS"

DIAGRAMA DE ANALISIS QUIMICOS

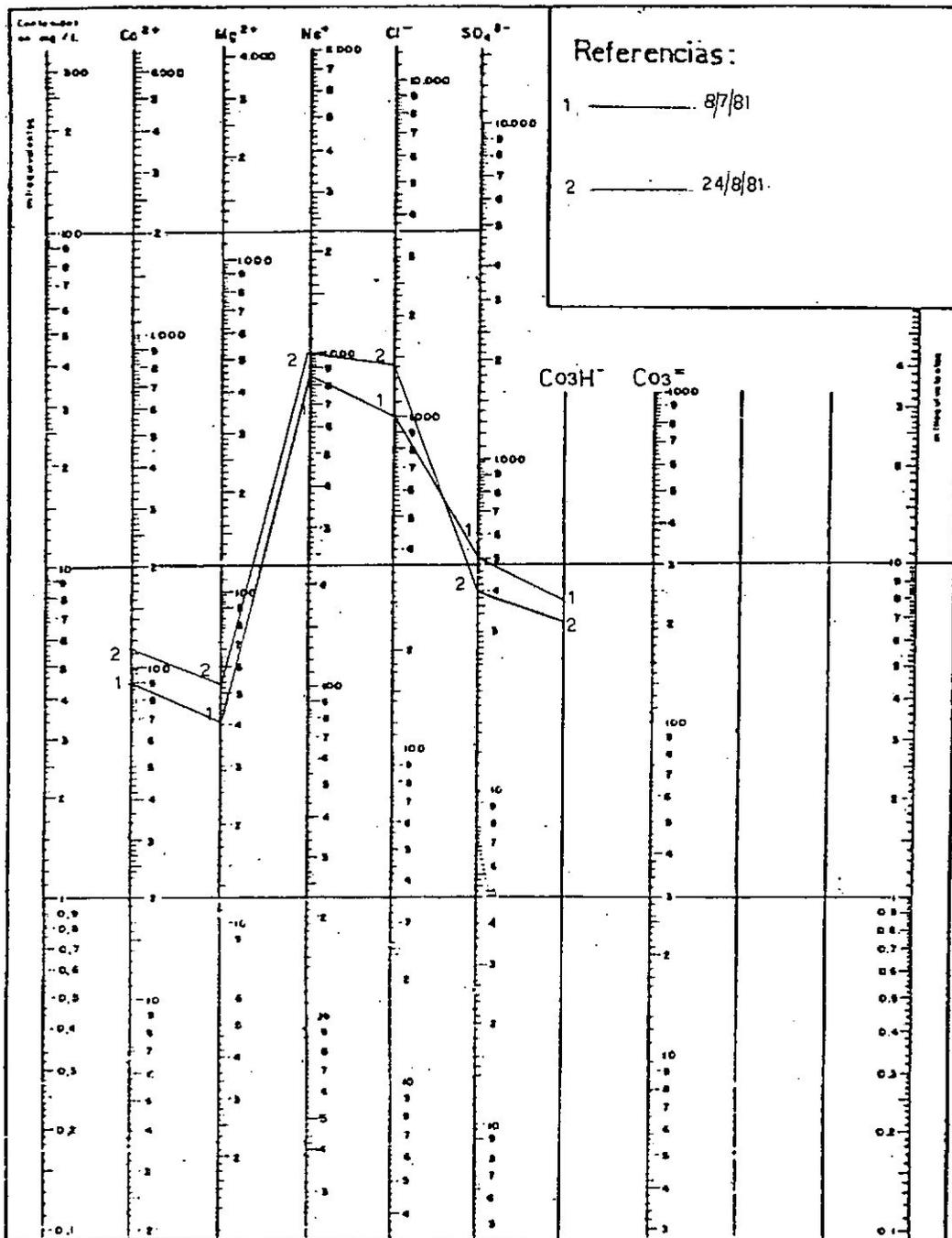
SCHOELLER BERKALOFF



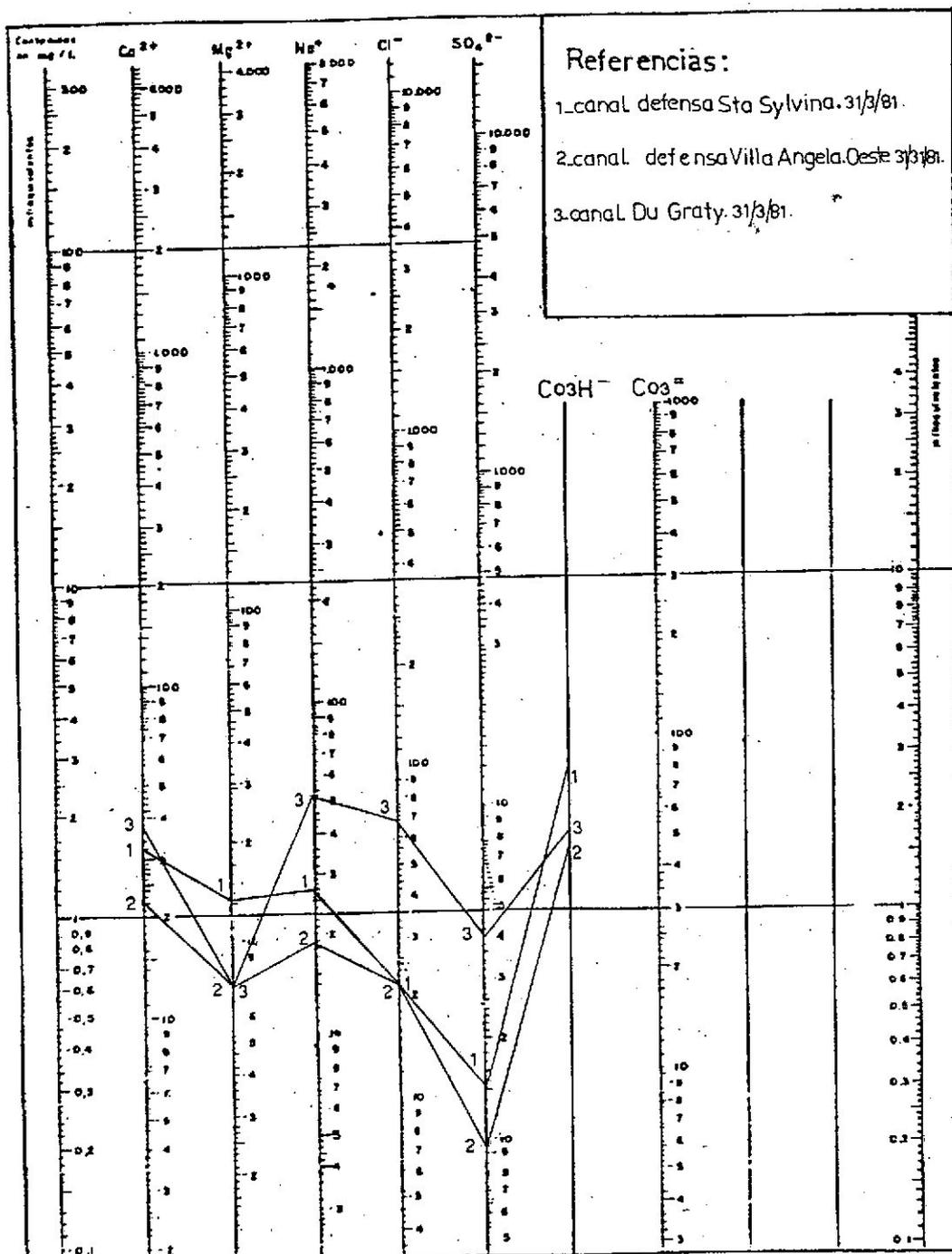
BAJOS DE CHOROTIS
DIAGRAMA DE ANALISIS QUIMICOS
SCHOELLER BERKALOFF



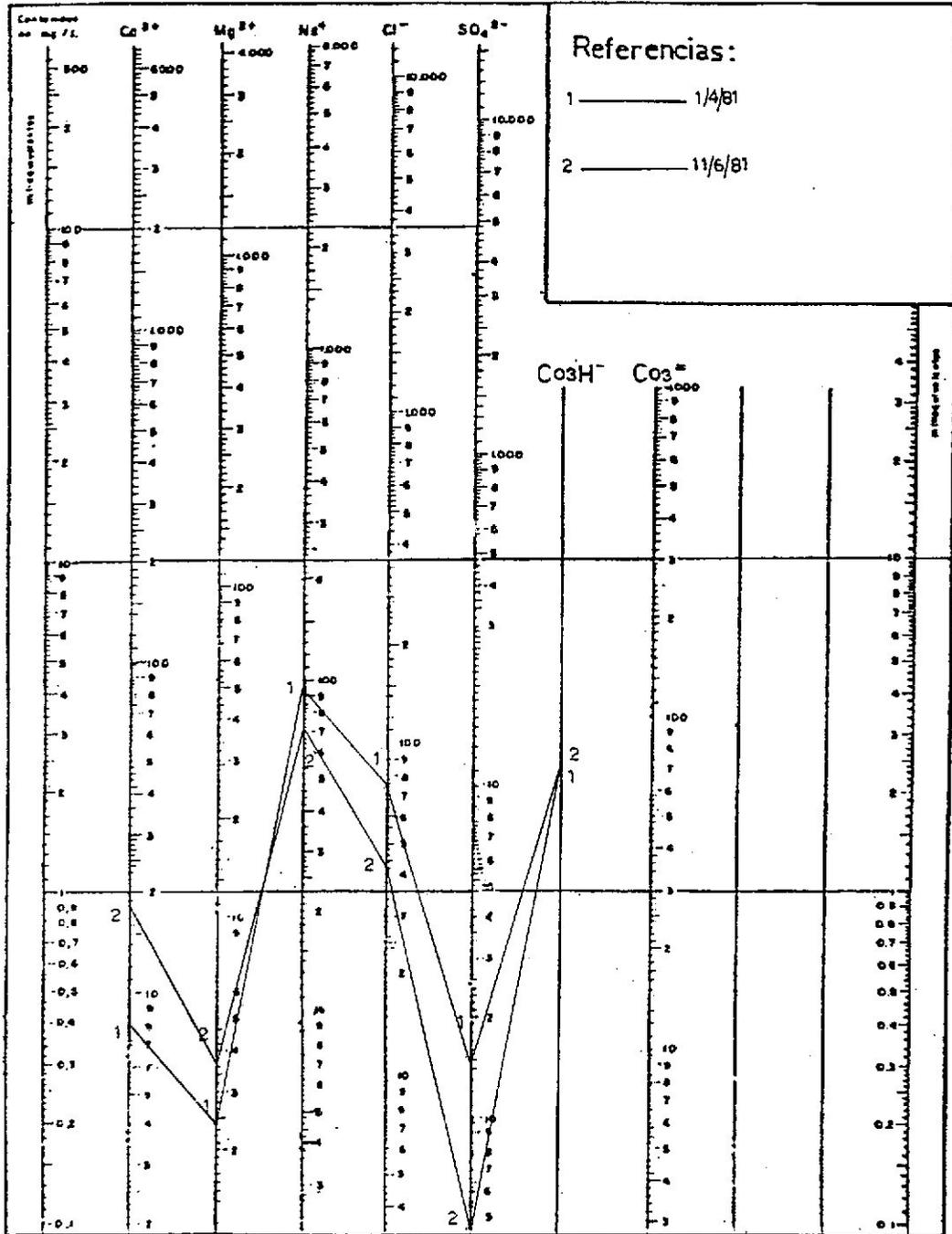
CAÑADA LAS VIBORAS
DIAGRAMA DE ANALISIS QUIMICOS
SCHOELLER BERKALOFF



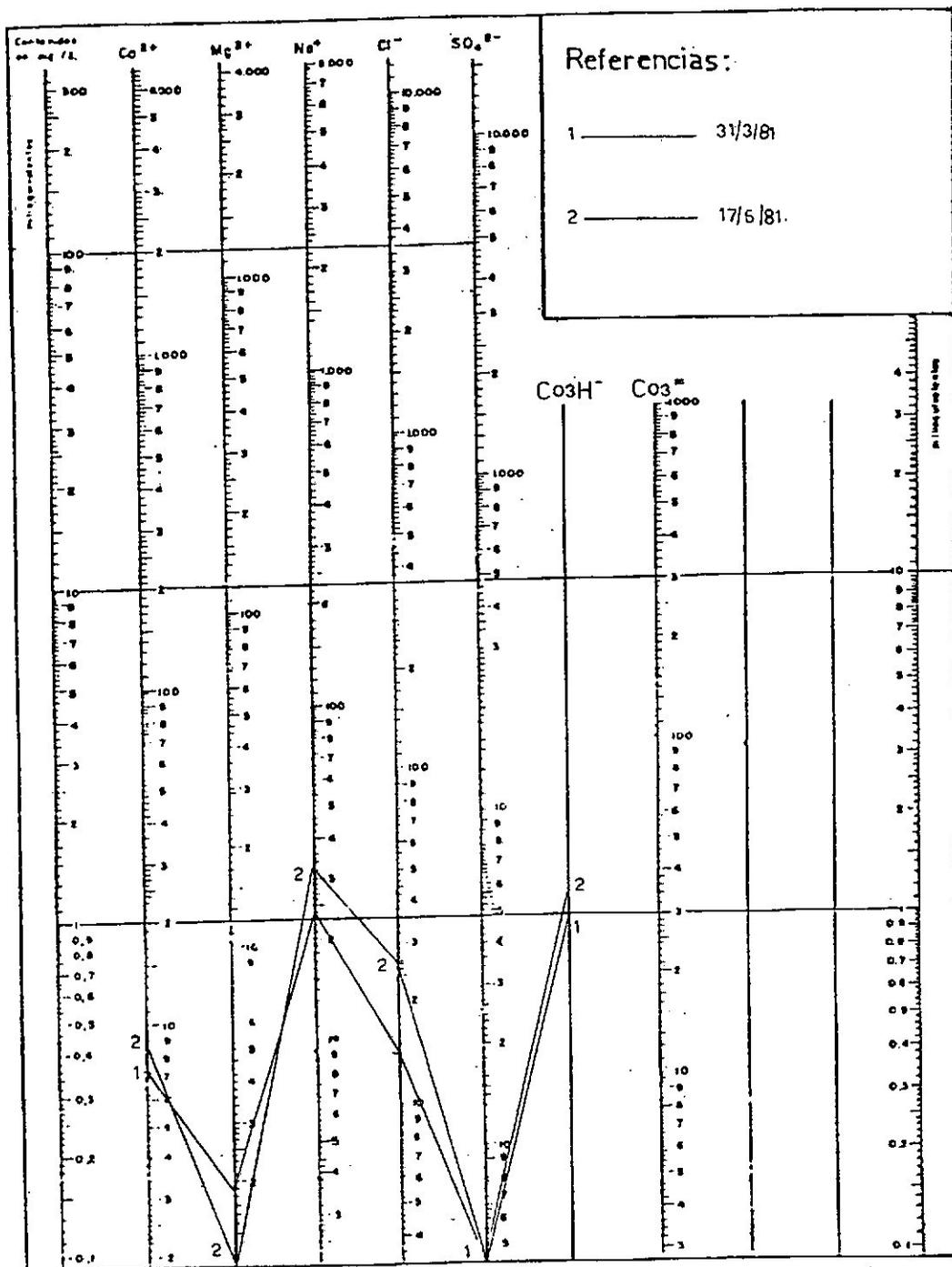
AREA AGRICOLA CHAQUEÑA
DIAGRAMA DE ANALISIS QUIMICOS
SCHOELLER BERKALOFF



ESTERO COCHEREK RUTA PROV. Nº 30
DIAGRAMA DE ANALISIS QUIMICOS
SCHOELLER BERKALOFF



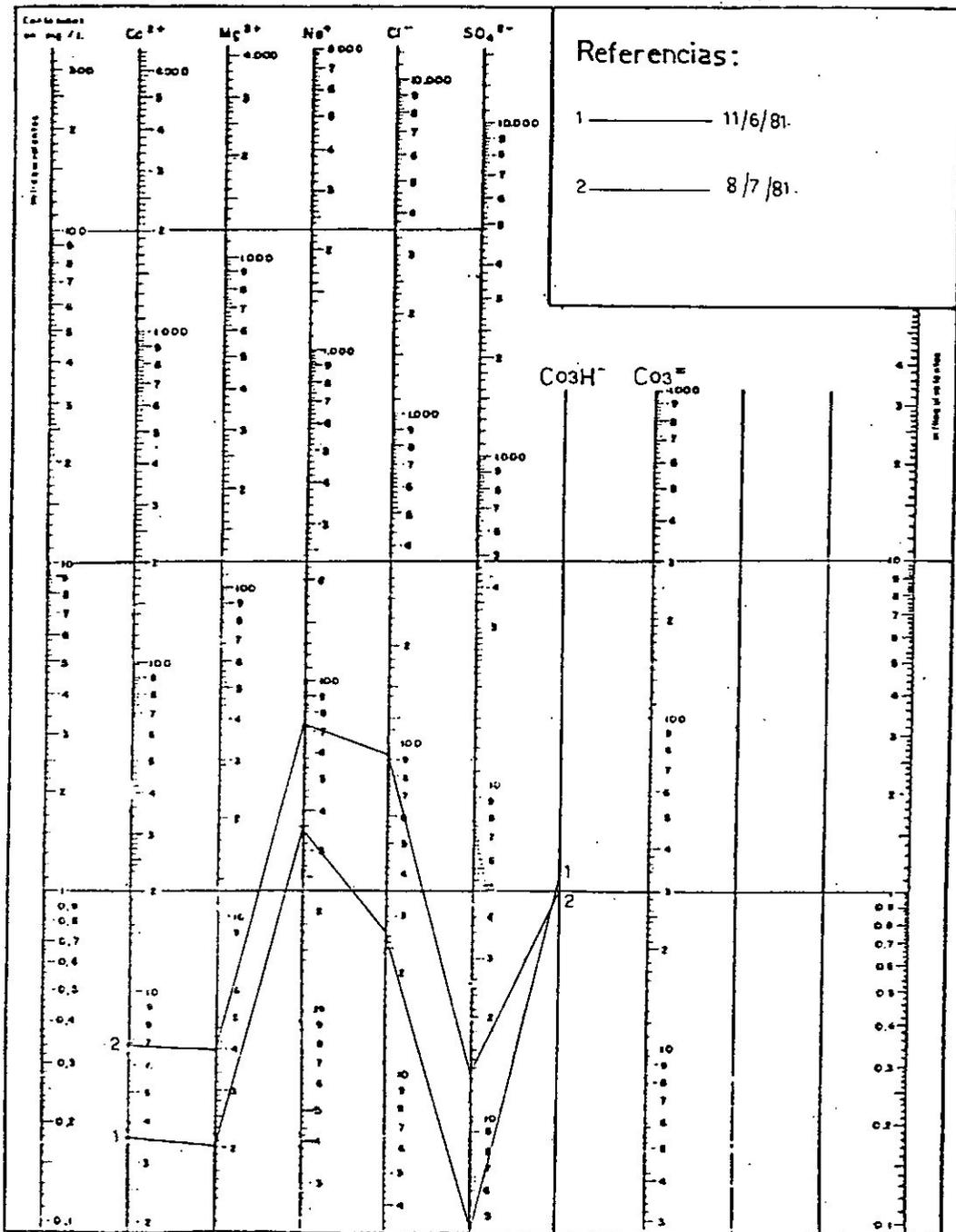
ESTERO SABALO
DIAGRAMA DE ANALISIS QUIMICOS
SCHOELLER BERKALOFF



ARROYO NOGUES S/TERRAPLEN LA FORESTAL.

DIAGRAMA DE ANALISIS QUIMICOS

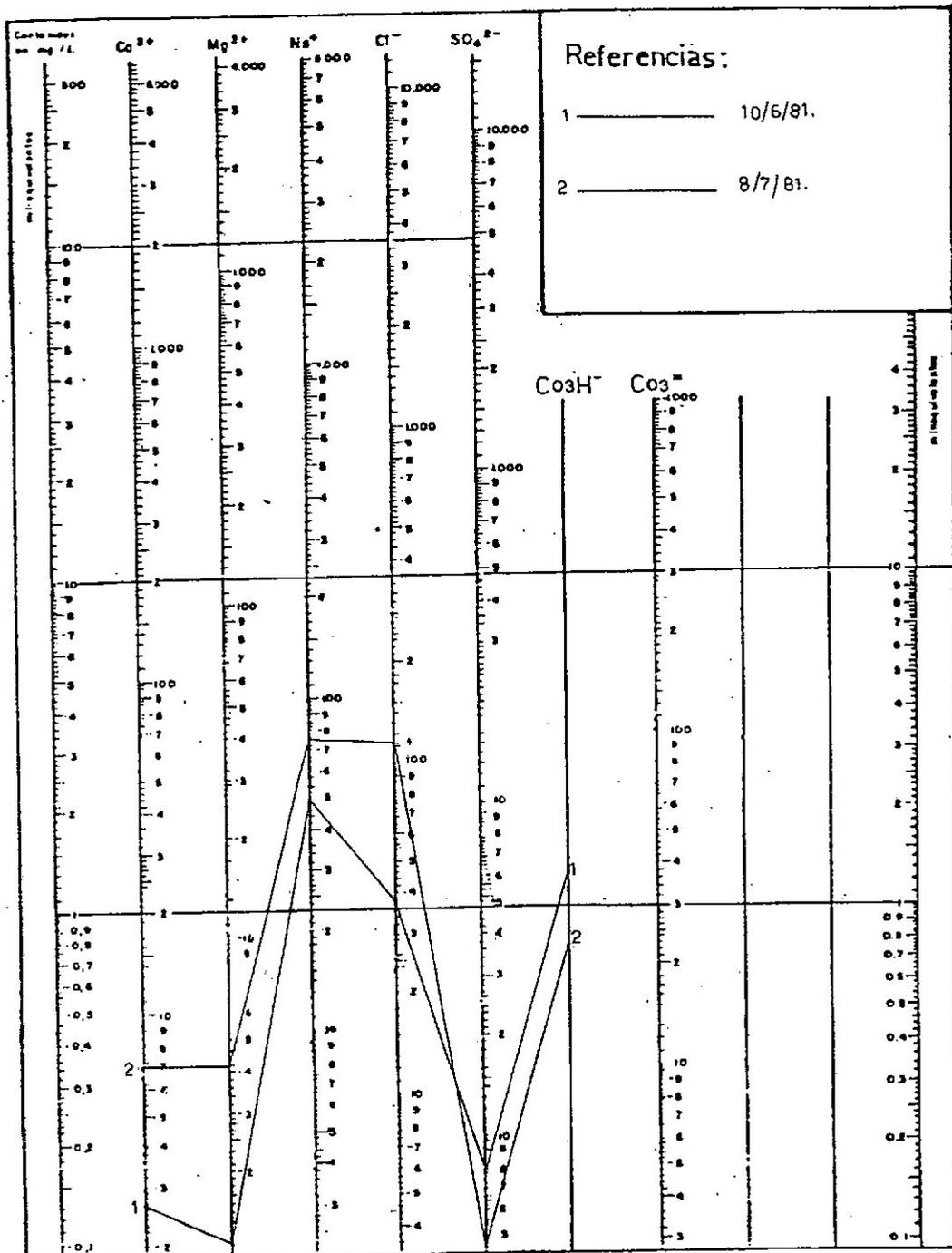
SCHOELLER BERKALOFF



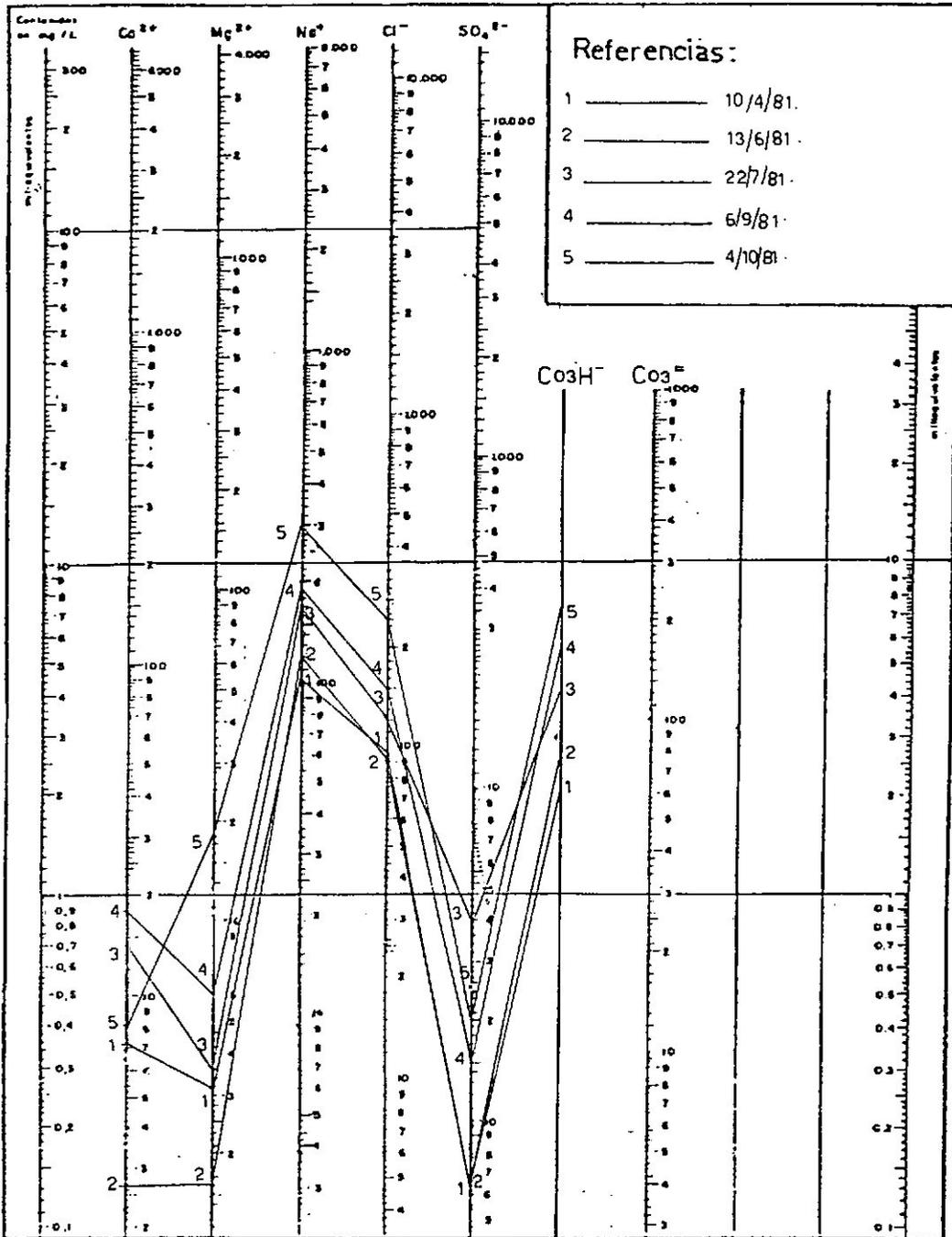
ARROYO LOS AMORES S/TERRAPLEN LA FORESTAL

DIAGRAMA DE ANALISIS QUIMICOS

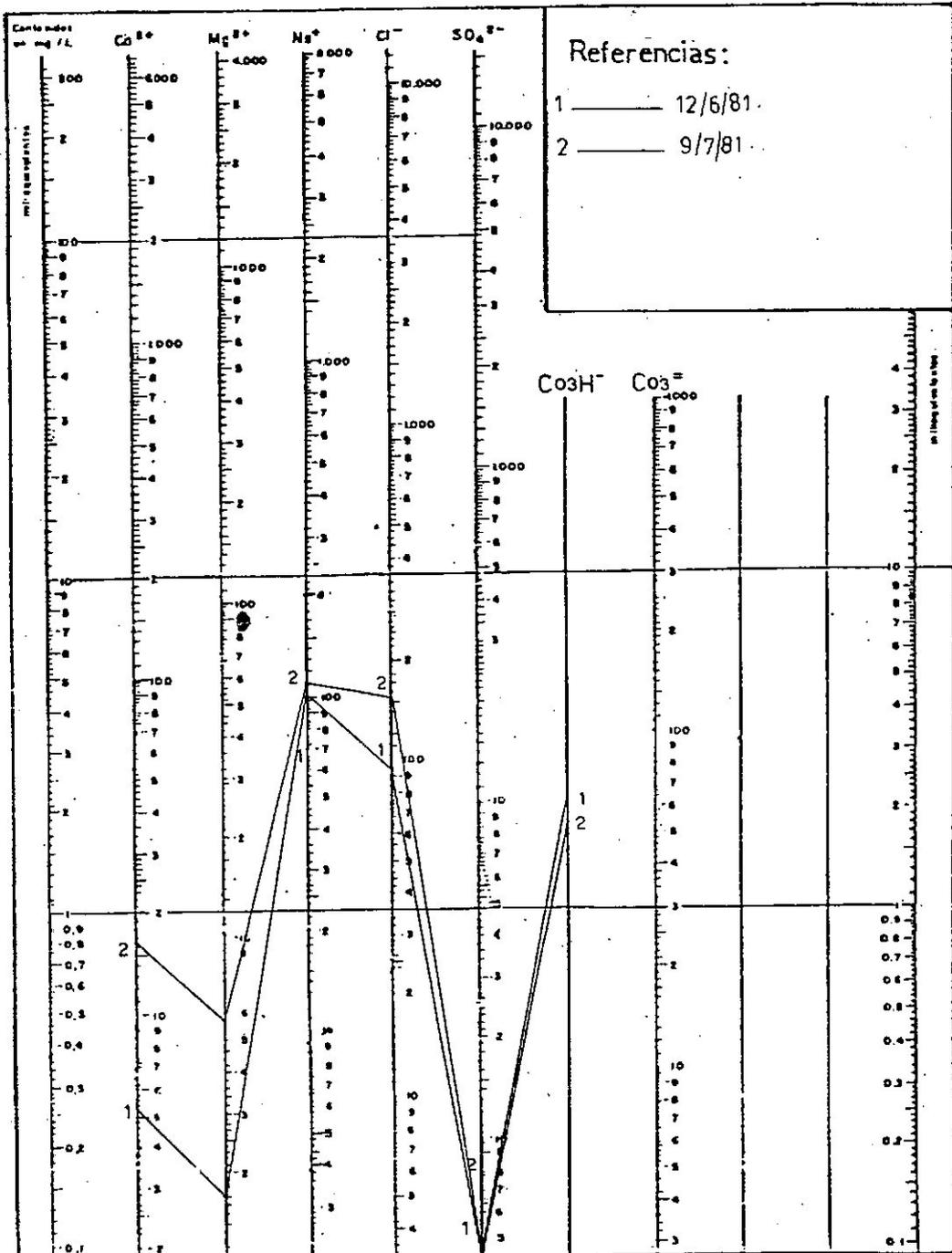
SCHOELLER BERKALOFF



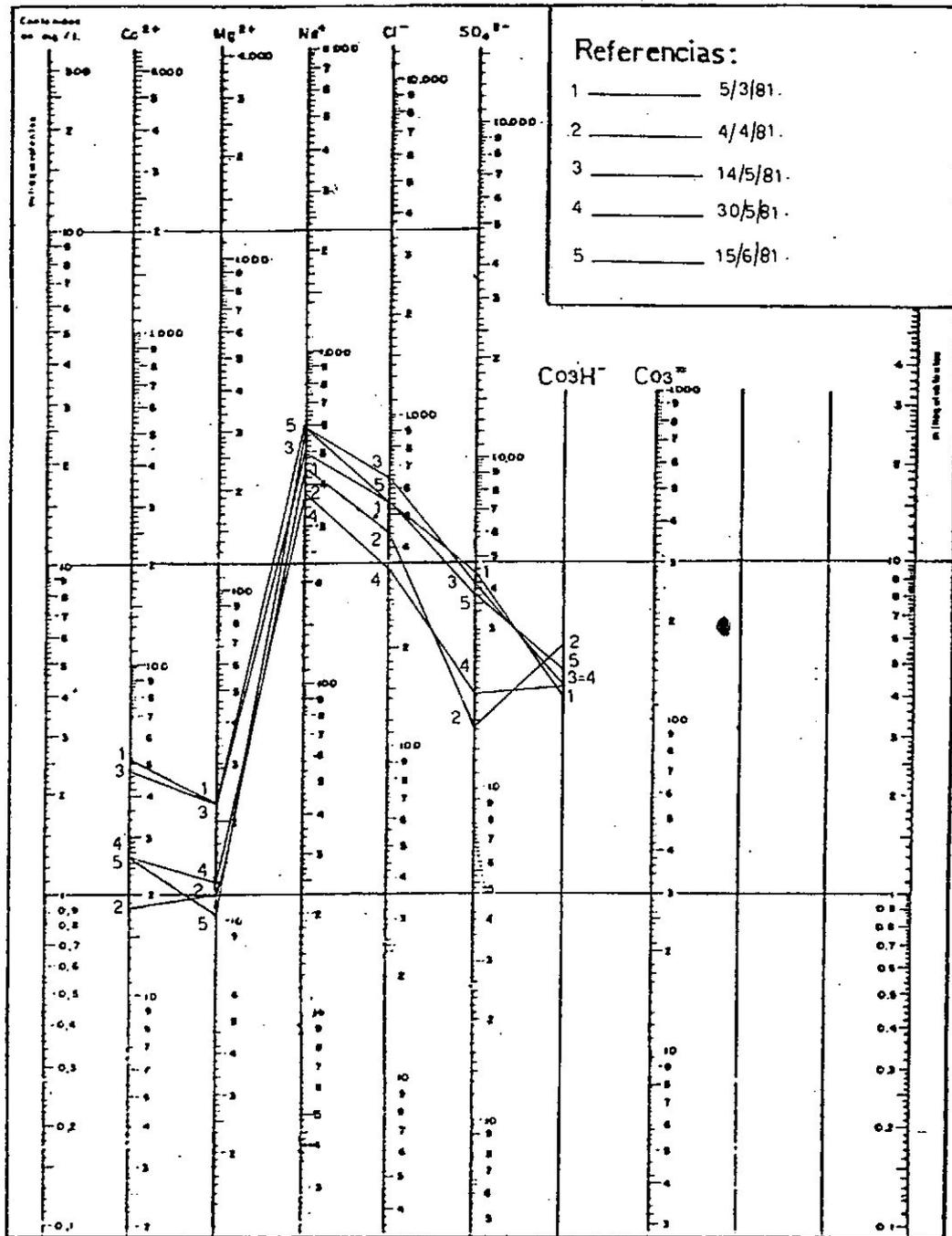
LAGUNA LA LOCA
DIAGRAMA DE ANALISIS QUIMICOS
SCHOELLER BERKALOFF



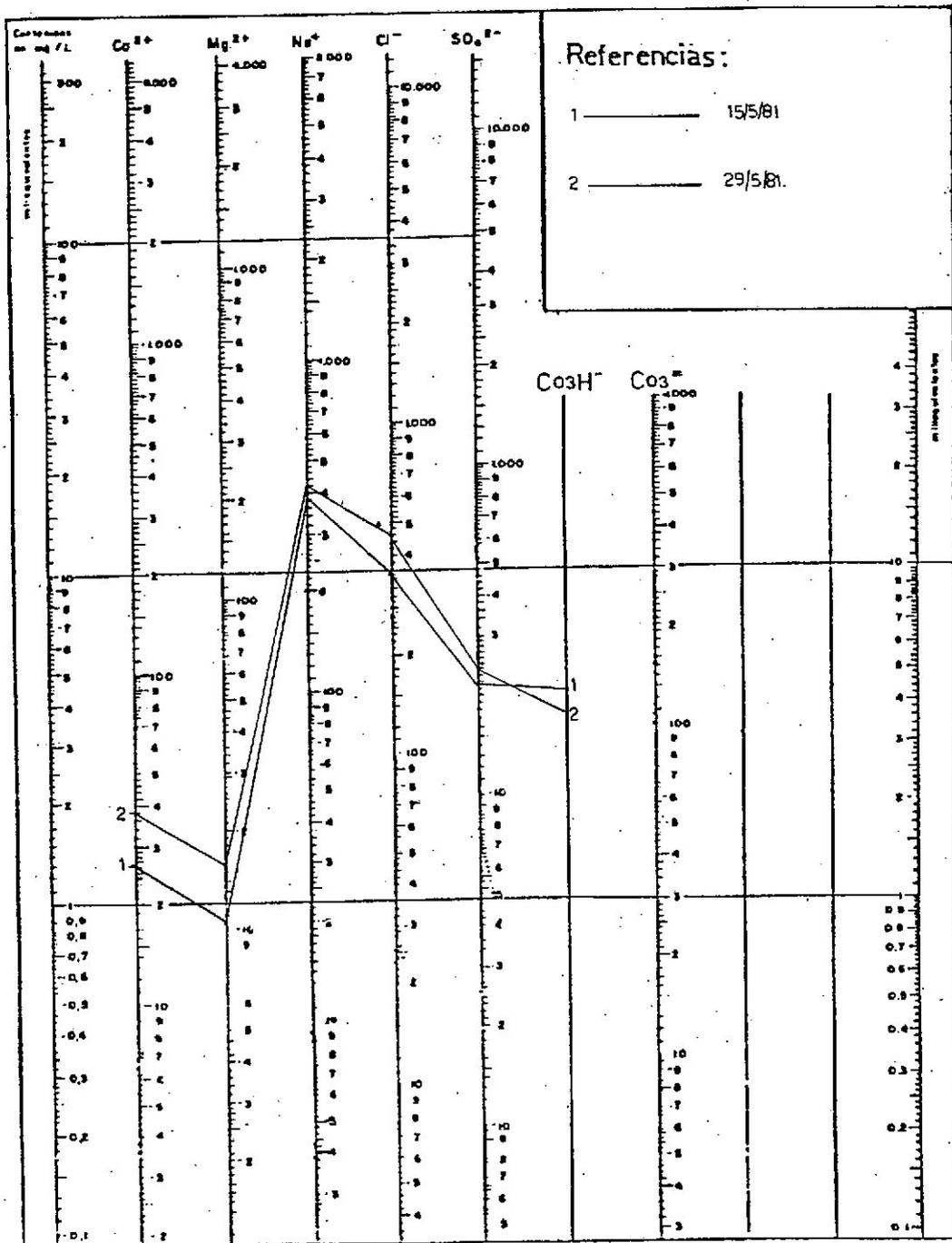
CAÑADA OMBU
DIAGRAMA DE ANALISIS QUIMICOS
SCHOELLER BERKALOFF



ARROYO GOLONDRINA- FORTIN OLMOS
DIAGRAMA DE ANALISIS QUIMICOS
SCHOELLER BERKALOFF



ARROLLO GOLONDRINA EL BONETE
DIAGRAMA DE ANALISIS QUIMICOS
SCHOELLER BERKALOFF



IV. DISCUSION DE RESULTADOS.

Considerando toda la región de estudio de Bajos Submeridionales en su globalidad pueden destacarse algunos aspectos fundamentados en los resultados analizados para cada área de aporte.

Se realizó un balance regional de volúmenes y sus concentraciones con el objeto de comparar los ingresos salinos externos al área de Bajos propiamente dichos y la magnitud de la contribución del suelo y el manto freático. Aunque la densidad de datos que se pudieron manejar, es menor que la que se necesitaría para un sistema hidrológico tan extenso y complejo, permitieron cerrar el balance con el criterio propuesto de poder responder al interrogante planteado desde hace mucho tiempo sobre la real significancia, para la calidad del agua de la zona, de la salinidad recibida desde las áreas circundantes de Chaco y Santiago del Estero.

El balance se restringió a la zona baja pero considerando dos superficies distintas. En un primer planteo se abarcó el área de la Cañada de Las Víboras y el área al Este de la Ruta 13, desde la Ruta Provincial N° 42 // hasta la Ruta Provincial N° 30, lo que totaliza alrededor de 1.100.000 hectáreas (módulos 24, 18, 16, 23, 21 y 22) según "Alternativas de manejo interprovincial de excedentes hídricos", Anexo 2. Convenio Bajos Submeridionales (Octubre 1981). Aquí se consideraron como escurrimientos que ingresan: La Cañada Los Saladillos, Bajos de Chorotis y la Sección Ruta Provincial / N° 30; y como egresos: Cañada Ombú y el Arroyo Golondrina (Fortín Olmos). En el segundo planteo se tomó un área menor de 600.000 Has. por lo que se dejó de considerar la zona al Este de la Ruta N° 13 y al Norte de una línea imaginaria que pasaría por Intiyaco y sesgada hacia el Noroeste (módulos 24, 18 y 16).

El período analizado comprende desde Enero hasta Junio y los resultados obtenidos indican claramente que tanto las sales erogadas de la zona / con el escurrimiento, como las que permanecen, al evaporarse los volúmenes remanentes en las áreas deprimidas, son superiores a las cantidades ingresadas desde las aludidas áreas circundantes. Las cifras indican relaciones semejantes entre el peso de sales ingresado con el escurrimiento y la suma del peso egresado y el peso remanente para las dos áreas consideradas del orden de 1/6 para la más reducida y entre 1/6 y 1/7 para la más amplia.

Si bien estas cifras son aproximaciones, por las razones explicadas, / podemos suponer según algunos datos recopilados en los últimos días y que no fue posible incorporarlos a este informe, que cuando el balance se pueda ajustar con mayor información, no habrá variaciones sustanciales en las fracciones encontradas. Estas demuestran sobradamente cuál es el aporte // fundamental en el proceso de salinización de la zona.

La base teórica de los resultados obtenidos es compleja, lo que no significa que no puedan describirse algunos procesos bien identificados, citados y sostenidos en numerosos trabajos científicos sobre áreas similares.

En un análisis interanual y conociendo la curva característica del balance del agua subterránea, Kovacs y Ass. (1981), podrá determinarse el nivel de equilibrio para el manto freático con el cual se puede diagnosticar en qué época hay aportes salinos desde la freática a la zona no saturada / del suelo o cuándo ésta se lava por descenso salino. El primer proceso se produce cuando el nivel freático está por encima del de equilibrio y el segundo cuando está por debajo.

El balance que se utilizó para demostrar el aporte salino de la freática, corresponde seguramente al caso en el que el nivel freático supera al de equilibrio, llegando incluso hasta la superficie.

Solamente la continuidad en la obtención de datos permitirá dilucidar si a través del tiempo, el proceso deja un saldo positivo respecto a salinización de los estratos superiores de suelo, o se alcanza un balance equilibrado para un largo período, si el nivel freático fluctúa alrededor del nivel de equilibrio, como se ha observado en zonas de similares condiciones.

También encontramos en el Manual de Agricultura N° 69 sobre Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos Salinos y Sódicos, una explicación que describe exactamente el comportamiento observado en la zona y que por su sinopsis y exactitud transcribimos: "El drenaje restringido es un factor que frecuentemente contribuye a la salinización de los suelos y que puede llevar consigo la presencia de una capa freática poco profunda o una baja permeabilidad del suelo. La capa freática poco profunda casi siempre guarda estrecha relación con la topografía del terreno. Debido a la baja precipitación en las regiones áridas, las corrientes del drenaje superficial están poco desarrolladas y, en consecuencia, existen depresiones sin drenaje por no tener salida a corrientes permanentes. El drenado de las aguas con sales de las tierras arriba de la depresión, puede elevar el nivel de la capa freática hasta la superficie en las tierras bajas, causar un flujo temporal o formar lagos salados permanentes. Bajo tales condiciones, el movimiento ascendente del agua subterránea o la evaporación del agua superficial da origen a la formación de suelos salinos".

Otro proceso ampliamente estudiado y que se puede señalar claramente en la zona es el de salinización secundaria por difusión y ascenso capilar de las sales del agua subterránea en períodos de sequía y que ha sido demostrado en trabajos de campo y laboratorio, como el citado de Szabolcs y Col, Academia Húngara de Ciencias, Budapest. Aquí se llevaron a cabo experimentos durante 8 meses, utilizando columnas de suelo, cuyas bases se sumergían en soluciones salinas diversas de: ClNa , SO_4Na_2 y Cl_2Mg puras o sus mezclas. El objeto era comprobar en función de la evaporación, cómo se movían estas distintas soluciones (velocidades y alturas alcanzadas) y cuantificar los efectos que producían sobre las propiedades del suelo. Como conclusiones destacables podemos citar:

- * El movimiento ascendente es significativo sólo si actúa la evaporación libre.
- * El ascenso de las distintas sales difiere bastante: mientras que las soluciones de sales neutras de sodio y magnesio alcanzan la superficie de la columna de 1 m., la soda (CO_3Na_2) sólo penetra unos centímetros.
- * La influencia de la solución de soda cambia significativamente las propiedades físicas del estrato: la permeabilidad se reduce prácticamente a cero; el factor de estructura disminuye; la dispersión aumenta y el número de plasticidad de Atterberg también aumenta.

Consideramos que estos fenómenos se producen en la zona y son los que colaboran durante las épocas sin lluvia a elevar las sales del manto freático de altas concentraciones. Como ejemplo podemos citar algunas muestras extraídas durante los censos de pozos realizados por este Convenio.

-Ubicación: Distrito Santa Margarita - Puesto Rosales - Alrededores Cañada/
Las Víboras.

Fecha: 17-02-80

Nivel Freático: 1,35 m.

Conductividad:	11.858	micro S/cm.
Residuo seco:	8.630	mg/l
Cloruro:	2.711,5	mg/l
Sulfato:	2.719,2	mg/l
Carbonatos:	negativo	
Bicarbonatos:	270	mg/l
Calcio:	182,4	mg/l
Magnesio:	98,3	mg/l
Sodio:	2.778	mg/l
Potasio:	60	mg/l
Arsénico:	0,09	mg/l

-Ubicación: Distrito San Bernardo sobre Ruta Provincial N° 13, 30 Km. al //
Norte de la Ruta Provincial N° 32.

Fecha: 17-02-80

Nivel Freático: 0,88 m.

Conductividad:	13.891	micro S/cm.
Residuo seco:	10.286	mg/l
Cloruro:	3.066,8	mg/l
Sulfato:	3.357	mg/l
Carbonato:	negativo	
Bicarbonato:	622	mg/l
Calcio:	224	mg/l
Magnesio:	135,7	mg/l
Sodio:	3.194,7	mg/l
Potasio:	68	mg/l
Arsénico:	0,09	mg/l

-Ubicación: Distrito Vera sobre la Ruta Provincial N° 13, 18 Km. al Norte /
de la Ruta Provincial N° 32.

Fecha: 17-02-80

Nivel Freático: 1,42 m.

Conductividad:	15.670	micro S/cm.
Residuo seco:	12.972	mg/l
Cloruro:	2.954,6	mg/l
Sulfato:	5.093	mg/l
Carbonato:	negativo	
Bicarbonato:	539,2	mg/l
Calcio:	323,2	mg/l
Magnesio:	143,4	mg/l
Sodio:	3.948,4	mg/l
Potasio:	58	mg/l
Arsénico:	0,16	mg/l

-Ubicación: Distrito Vera, sobre la Ruta Provincial N° 32, 3 Km. al Este / de la Ruta Provincial N° 13.

Fecha: 15-02-80

Nivel Freático: 1,08 m.

Conductividad:	16.940	micro S/cm.
Residuo seco:	14.146	mg/l
Cloruro:	3.272,5	mg/l
Sulfato:	5.318,4	mg/l
Carbonato:	negativo	
Bicarbonato:	938,2	mg/l
Calcio:	464,4	mg/l
Magnesio:	146,4	mg/l
Sodio:	4.238,7	mg/l
Potasio:	71	mg/l
Arsénico:	vestigios	

Los análisis de estos ejemplos están dentro de los valores medios de la zona, habiéndose encontrado concentraciones más elevadas como así también / algunas menores en las zonas altas, pero dentro de las mismas características iónicas.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- * De los resultados obtenidos y de los procesos analizados, que coinciden / con los descriptos en la bibliografía citada, se puede concluir que el // plan de obras de saneamiento previsto no producirá deterioros de ningún / tipo. Por el contrario, en las áreas de impacto directo del saneamiento / se producirán mejoras por la disminución del tiempo de contacto entre el / agua de escurrimiento y los aportes salinos del suelo. La cuantificación / de este beneficio dependerá de la ocurrencia y magnitud de los eventos hi / drometeorológicos.
- * La salinización secundaria, aportada por el agua freática es la causa /// fundamental, de la salinización del agua de esorrentía superficial.
- * Todas las aguas superficiales analizadas cumplen las normas de calidad de aguas para consumo de ganado.
- * Además de esta condición general puede destacarse:
 - Queda claramente relativizado el ingreso salino de la Cañada Los Saladi llos en el contexto de la calidad regional del agua, frente a los proce sos de salinización secundaria.
 - Los Bajos de Chorotis revelan una importante contribución con volúmenes de concentraciones superiores a las previstas y que igualan a las de // Los Saladillos.
Esta conclusión sobre la calidad del agua de los Bajos de Chorotis / deberá ser tomada muy en cuenta en el manejo de los embalses de Hermoso Campo y Venados Grandes.

- Se debe destacar, que para los dos ingresos mencionados, adquieren mucha importancia los últimos volúmenes de aporte por el incremento notable de sus concentraciones. Esta variación de calidad, en la evolución de la crecida, deberá tenerse en cuenta para el manejo de las obras.
- Para todos los demás ingresos, Area Agrícola Chaqueña, Estero Cocherek, Estero Sábalo, Cañada La Rica, Arroyo Los Amores, los resultados caracterizan a estas aguas como muy aceptables en los usos previstos y que no acarrearán problemas de calidad en el manejo de obras proyectadas.
- * Para la Laguna La Loca, futuro emplazamiento de un embalse, los análisis demuestran un proceso de salinización entre el inicio y la finalización de la inundación. Sin embargo, no se puede concluir de que ésta sea la con secuencia definitiva porque el período de estudio no permitió cerrar el ciclo de la laguna. Por lo tanto es indispensable la continuidad del control de la evolución, para poder determinar la verdadera influencia de la inundación.
- * Las aguas del Arroyo Malabrigo verán incrementada su salinidad por los aportes de la Laguna La Loca, según los tenores medidos para los máximos volúmenes de ésta. Sin embargo, es importante resaltar que este incremento será mínimo y que indudablemente no afectará su calidad ni producirá deterioros en el área de influencia.
- * Para el Arroyo Golondrinas, en Fortín Olmos, principal salida de toda la zona, las calidades medidas se mantienen dentro de valores perfectamente aceptables para uso ganadero pese a los procesos expuestos (ingresos salinos, salinización secundaria), aunque sean notablemente altos respecto a las concentraciones normales para cursos de aguas superficiales.
Por ser el cierre del sistema y por su directa vinculación con la Laguna La Loca, se recomienda un estudio más sistemático de esta sección.
- * Si bien algunos parámetros incidentes en la calidad regional podrán tener variaciones para otros eventos hidrológicos, como por ejemplo, porcentajes de volúmenes para cada aporte, peso total de sales de ingreso y egresos, etc., los procesos básicos fundamentales señalados y descriptos son constantes temporal y espacialmente.
- * Se recomienda una intensificación, continuidad y avance de las líneas de este estudio, a mayor escala para las zonas de influencia de los futuros embalses ampliándolo a las interrelaciones con el suelo y la vegetación.

NOTA: Es importante remarcar que el plan de obras propuesto en el Documento "Alternativas de manejo interprovincial de excedentes hídricos", de Octubre de 1981, tuvo en cuenta las conclusiones primarias de este trabajo, con las que ya se contaba para esa fecha.

BIBLIOGRAFIA

- * Bielsa, L.; Abramovich, B. y Vigil, R. "Variaciones geoquímicas en algunos niveles acuíferos de los Departamentos 9 de Julio y San Cristóbal". VII // Congreso Nacional del Agua. Resistencia (Chaco). Abril 1975. Revista Facultad de Ingeniería Química. V, 42 (1977).
- * Borchichi, R. y Ramírez, A. "Aguas arsenicales en la Provincia del Chaco". VII Congreso Nacional del Agua. Resistencia (Chaco). Abril 1975.
- * Convenio Bajos Submeridionales. Consejo Federal de Inversiones-Provincia / de Santa Fe. "Alternativas de manejo interprovincial de excedentes hídricos". Santa Fe. Octubre 1981. Anexo II "Evaluación hidrológica de las alternativas". Anexo III "Estudio regional de calidad de agua".
- * Custodio, E. y Llamas, M. "Hidrología subterránea". Tomos I y II, Editorial Omega, Barcelona. 1976.
- * Gollán, Josué y Lachaga, Dámaso. "Aguas de la Provincia de Santa Fe". Instituto Experimental de Investigación y Fomento Agrícola-Ganadero". Santa / Fe. 1939.
- * Heras, R. "Manual de hidrología". Tomo V. "Hidrología Agrícola". Editorial Centro Estudios Hidrográficos. Madrid. 1972.
- * Kovács, G. and Associates. "Subterranean Hydrology". Water Resources Publications. Budapest. 1981.
- * Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos de América. "Suelos salinos y sódicos". Manual de Agricultura N° 60. (1954).
- * Mc Kee, J.; Wolf, H. F. "Water Quality Criteria". California State Water / Resources Control Board. 1963. Reimpresión 1976.
- * Ministerio de Agricultura y Ganadería. Dirección General de Suelos y Aguas. "El agua: Su importancia en la producción agrícola ganadera". 1972.
- * Ministerio de Agricultura y Ganadería de Santa Fe. "Informe de calidad de / aguas de los Departamentos 9 de Julio, Vera, General Obligado y San Cristóbal".
- * Molinier, M. "Qualité des eaux du surface en zone forestière équatoriale / du Côte d'Ivoire". Cahiers ORSTOM. Serie Hidrología XIII, 1 (1976).
- * Schoeller, H. "Les eaux souterraines". Ed. Masson. París. 1962.
- * Szabolcs, I. y Lesztak, J. "The movements of different salt solutions in / soil profiles". Water in the unsaturated zone. Proceedings of the Wageningen Symposium. Vol. II. Published by Unesco. 1969.
- * Trelles, R. "Química de las aguas de la República Argentina". Universidad / de Buenos Aires. Instituto Ingeniería Sanitaria. Publicación N° 12. 1972.

El plano presentado es de escala aproximada 1:1.000.000 como resultado de una reducción del original con que se trabajó a escala 1:500.000.

Se debe tener en cuenta para considerar la escala de los gráficos de / Telkessy.

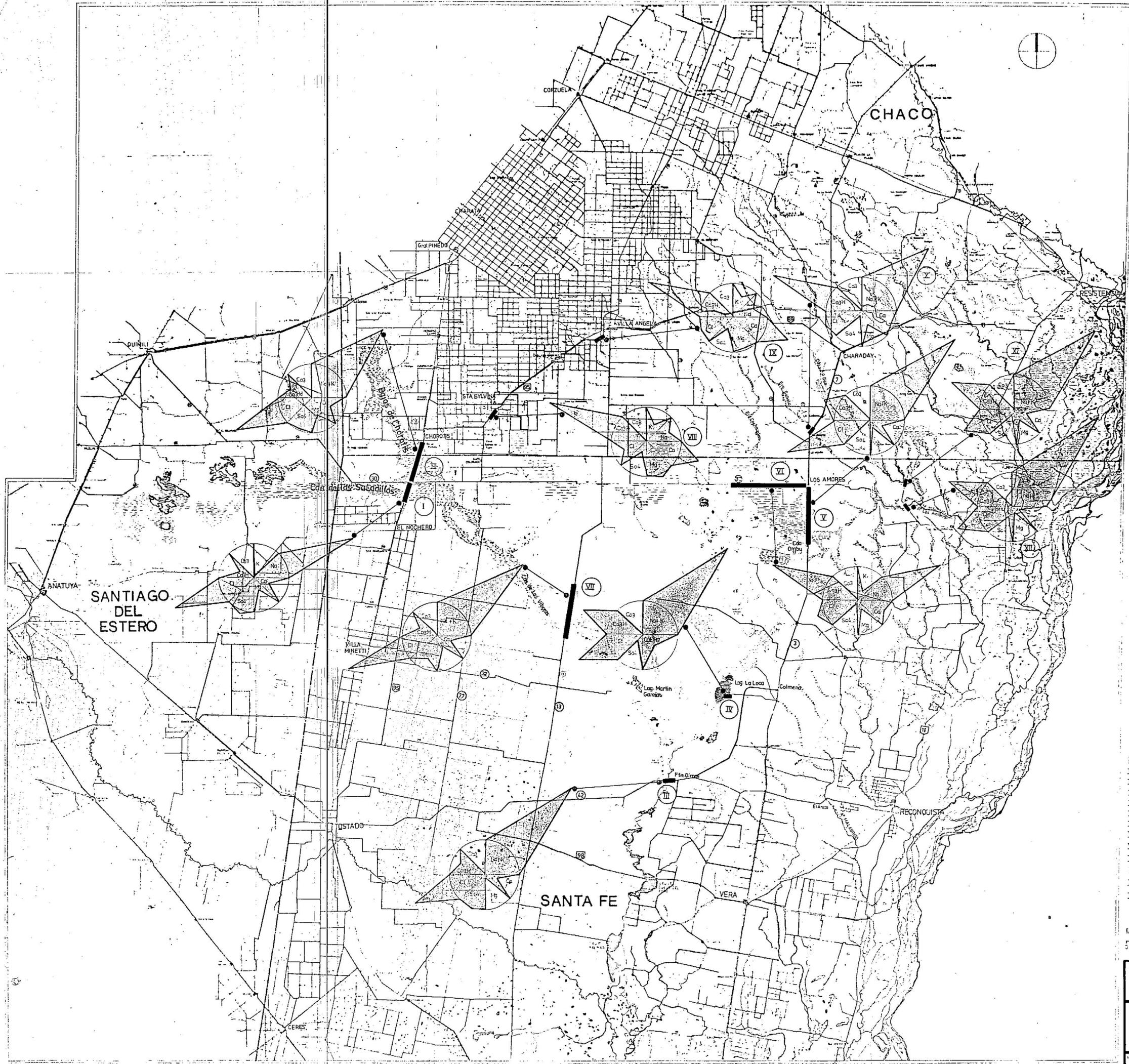
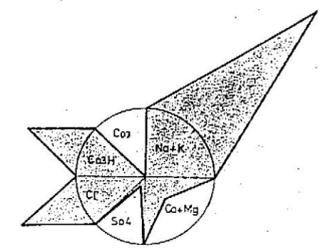
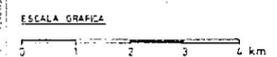


DIAGRAMA DE TELKESY



ESCALA: 1 cm = 1 mm.
 Co3 - 0 % Cl - 49 %
 Co3H - 47 % Na+K - 89 %
 So4 - 4 % Ca + Mg 11 %

- SECCIONES DE CONTROL**
- I - CAÑADA DE LOS SALADILLOS ALTURA FFC GENERAL BELGRANO.
 - II - BAJOS DE CHOROTIS SOBRE FFC.G.B.
 - III - AF GOLONDRINA SOBRE RUTA PROV. N° 42. FORTIN OLMOS.
 - IV - LAGUNA LA LOCA.
 - V - CAÑADA OMBU SOBRE RUTA PROV. N° 13.
 - VI - ESTERO COCHEREK SOBRE RUTA PROV. N° 30.
 - VII - CAÑADA DE LAS VIBORAS SOBRE RUTA PROVINCIAL N° 13.
 - VIII - CANAL DEFENSA SANTA SYLVINA.
 - IX - CANAL DEFENSA VILLA ANGELA.
 - X - ESTERO SABALO SOBRE RUTA PROV. N° 17.
 - XI - ARROYO NOGUES SOBRE TERRAPLEN DE LA FORESTAL.
 - XII - ARROYO LOS AMORES SOBRE TERRAPLEN DE LA FORESTAL.



CONVENIO BAJOS SUBMERIDIONALES	
C.F.I. SANTA FE CHACO SANTIAGO DEL ESTERO	
COMPOSICION IONICA TIPICA DE LAS AGUAS SUPERFICIALES.	
N° PLAZA	ESCALA