

INFLUENCIA DE LA MINERIA POTASICA CATALANA EN LA CALIDAD DEL AGUA
DEL RIO LLOBREGAT (BARCELONA)

Díaz, E.*; Custodio, E.**; Galofré, A***

ABSTRACT : The exploitation of potash minerals in the central Llobregat River basin, produces the discharge of very saline waters, which increase noticeably the total dissolved solids content of the surface waters downstream. The discharge reaches, and sometimes surpasses 5 kg/s in NaCl, in a river which mean flow near the mouth is about 20 m³/s. The discharged salinity originates in the mineral treatment facilities, in the tips leachate, in the relief modification of the saline outcrops and in the mine water drainage. The origin and trend of the discharges in the different localities and the successive improvements are studied, and the clear influence on the groundwater salinity is commented. Some possible ways to solve the problem are introduced.

RESUME : L'exploitation de minéraux potassiques dans le bassin central de la rivière Llobregat produit la décharge d'eaux très salines qui affectent sensiblement le degré de mineralización de las aguas superficiales. La décharge atteint et quelquefois dépasse 5 kg/s de ClNa, dans une rivière dont le débit moyen dans la partie inférieure est de l'ordre de 20 m³/s. La salinité drainée provient des installations de traitement du minerai, du lavage des déblais, des altérations dans la topographie des affleurements salins et du drainage d'eau de mine. On étudie l'origine et l'évolution des décharges dans les différentes localités et les améliorations qui ont été introduites, ainsi que la nette influence des eaux souterraines. Les solutions possibles sont discutées pour combattre de type de contamination fluviale.

RESUMEN : La explotación de minerales potásicos en la cuenca media del río Llobregat produce vertidos de aguas muy salinas, que afectan sensiblemente al grado de mineralización de las aguas superficiales. El vertido alcanza y a veces rebasa la cifra de 5 kg/s de ClNa, en un río cuyo caudal medio en la parte baja es del orden de 20 m³/s. La salinidad vertida procede de las plantas de tratamiento del mineral, del lavado de escombreras, de alteraciones en la topografía de los afloramientos salinos y del drenaje del agua de mina. Se estudia el origen y evolución de los vertidos en las diferentes localidades y las mejoras que se han ido introduciendo, así como la clara influencia de las aguas subterráneas. Se comentan las soluciones posibles para combatir este tipo de contaminación fluvial.

* Dr. Ing. Industrial. Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental. C/Beethoven 15, 3º, Barcelona 21 - España

** Dr. Ing. Industrial. Curso Internacional de Hidrología Subterránea, C/ Beethoven 15, 3º, Barcelona 21 - España

*** Licenciado en C. Geológicas - Universidad Politécnica de Barcelona E.T.S.I.I.B. Diagonal 647, Barcelona 17, España.

1. - INTRODUCCION

El río Llobregat es uno de los pequeños ríos que desembocan al mar Mediterráneo entre la frontera francesa y el río Ebro (fig. 1). Nace en el Prepirineo y sale al mar en el límite S. de la ciudad de Barcelona. Su utilización para abastecimiento es intensiva y múltiple y de sus recursos superficiales y subterráneos asociados depende una importante concentración humana, industrial y agrícola. Los problemas de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas son importantes, y entre los focos más singulares y cuantitativamente mayores están los vertidos de salmueras y aguas saladas de las explotaciones de sales potásicas en su cuenca media, ya sea sobre el propio río Llobregat como sobre su afluente el río Cardener. El vertido salino ha ido creciendo desde 1925 a consecuencia de una cada vez mayor explotación de las minas, aunque las sucesivas mejoras tecnológicas, una mayor concienciación del problema de la contaminación y una más intensa labor de policía de aguas dentro de las posibilidades reales de actuación, han hecho que la salinidad vertida haya aumentado más lentamente que la producción.

El caudal medio del río en las cercanías de Barcelona es de unos $20 \text{ m}^3/\text{s}$ con una concentración media de ión cloruro de alrededor de 300 ppm de los cuales unos 250 ppm proceden de los vertidos mineros directos o indirectos. Si se consideran las variaciones de caudal medio de un año a otro se puede llegar a promedios anuales de 500 ppm en Cl^- y en los estiajes se pueden rebasar 1000 ppm. La Organización Mundial de la Salud señala un límite en el contenido de ión cloruro en el agua potable de 250 ppm en Cl ; para el abastecimiento a Barcelona se ha fijado un límite de 350 ppm en Cl . Ambos límites se rebasan muy frecuentemente y aunque ello parece no ofrecer serios inconvenientes sanitarios, sí que ocasiona problemas de sabor salino que afecta a la potabilidad, además de otros numerosos inconvenientes de cara a la corrosividad, usos industriales, calidad agrícola y depurabilidad, obligando a evitar determinados cultivos, a reponer más frecuente aparellajes metálicos y conducciones de agua, a mayores gastos en las plantas de depuración y a costosos tratamientos de desmineralización para determinados usos en procesos industriales. Es de destacar que a principios de siglo la salinidad del agua del río era de alrededor de 80 ppm Cl . La contaminación salina se extiende a los importantes acuíferos aluviales del Bajo Llobregat, que son una pieza clave en la regulación de la cuenca.

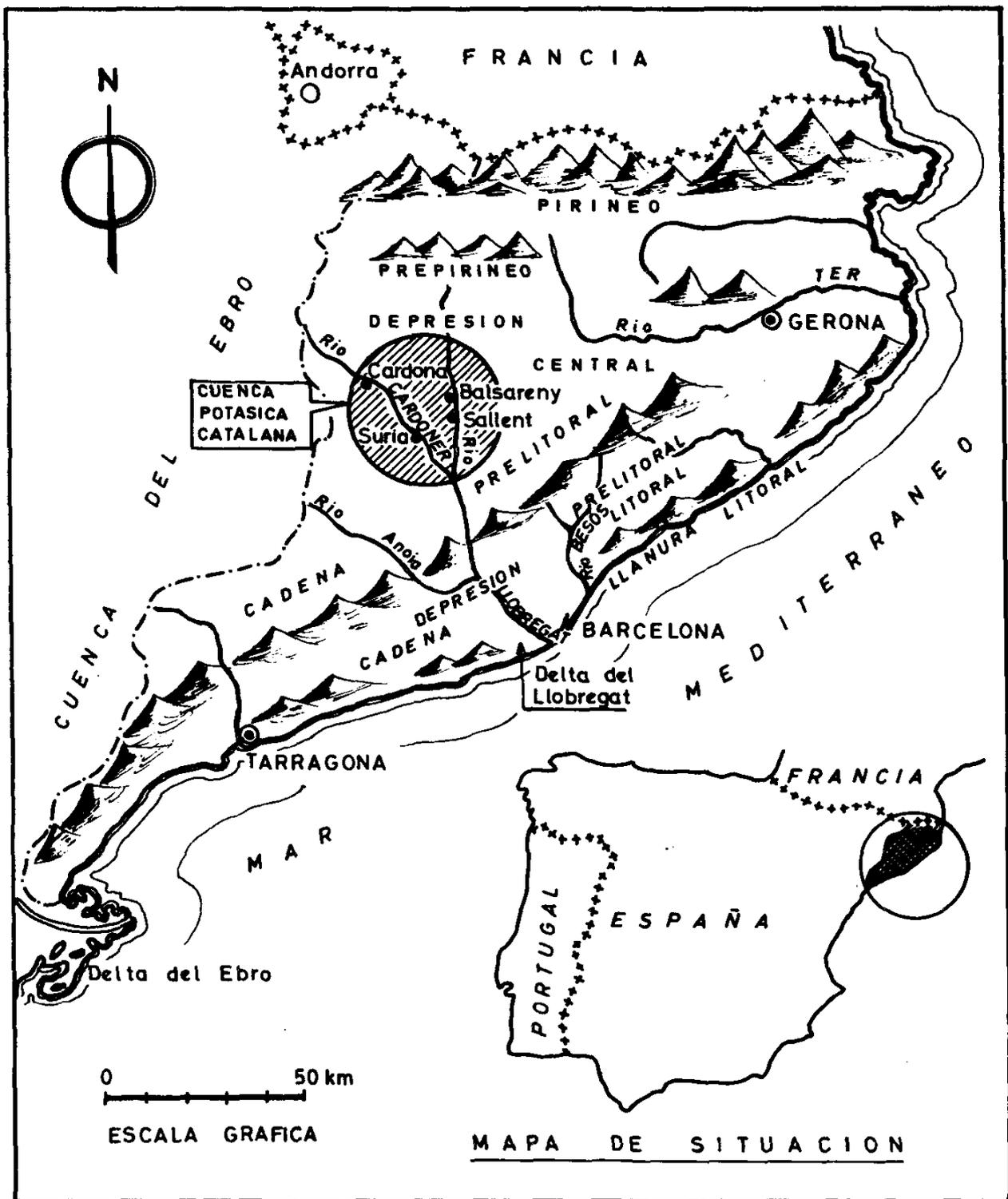


Fig. 1.— Esquema general del Pirineo Oriental con la situación de la cuenca potásica catalana

2. - EL ENTORNO GEOLOGICO

La cuenca potásica catalana se sitúa en la denominada clasicamente depresión del Valle del Ebro, formada por una enorme masa de materiales del terciario inferior (paleoceno a oligoceno) depositados sobre una formación preterciaria, posiblemente paleozoica, triásica, o cretácica, de acuerdo con los datos de los sondeos realizados.

Se trata probablemente de un yacimiento salino formado por la evaporación de aguas cargadas en sales cloruradas y, en mucha menor proporción sulfatadas, originando capas o niveles horizontales originariamente paralelos o en forma de lentejones, que la actuación posterior de los esfuerzos tectónicos ha modificado de forma muy notable (fig. 2), originando espesores aparentes enormes, del orden de algunos centenares de ~~metros~~ metros en algún caso, y que a veces llegan incluso a perforar la cobertera aflorando en la superficie, tal como ocurre en los alrededores de Cardona.

Cuando no existe afección tectónica, los espesores son bastante menores y la disposición de los niveles salinos es perfectamente concordante con el techo y el muro de los mismos, estando estos formados por arcillas, areniscas y margas, aunque en algunos sondeos petrolíferos no aparecen por estar ya completamente laminados.

Desde el propio yacimiento hasta aguas abajo de Montserrat, el río Llobregat no discurre por materiales geológicos susceptibles de albergar acuíferos de cierta importancia. En efecto, desde el punto citado y hacia aguas abajo se encuentran la cubeta de Abrera, la cubeta de Sant Andreu de la Barca, el valle bajo del Llobregat, y finalmente su delta, constituidos todos ellos por acumulaciones de aluviones fluviales, conectados directamente con el río.

Estas cuatro unidades hidrogeológicas, de importancia capital para el abastecimiento urbano, industrial y agrícola del entorno de Barcelona, dependen casi exclusivamente del río Llobregat en cuanto a su recarga o alimentación a través de la infiltración del agua superficial, cuando el lecho del cauce lo permite, por lo que cualquier cambio en la calidad química del agua del río se transmite a las aguas subterráneas de esas unidades.

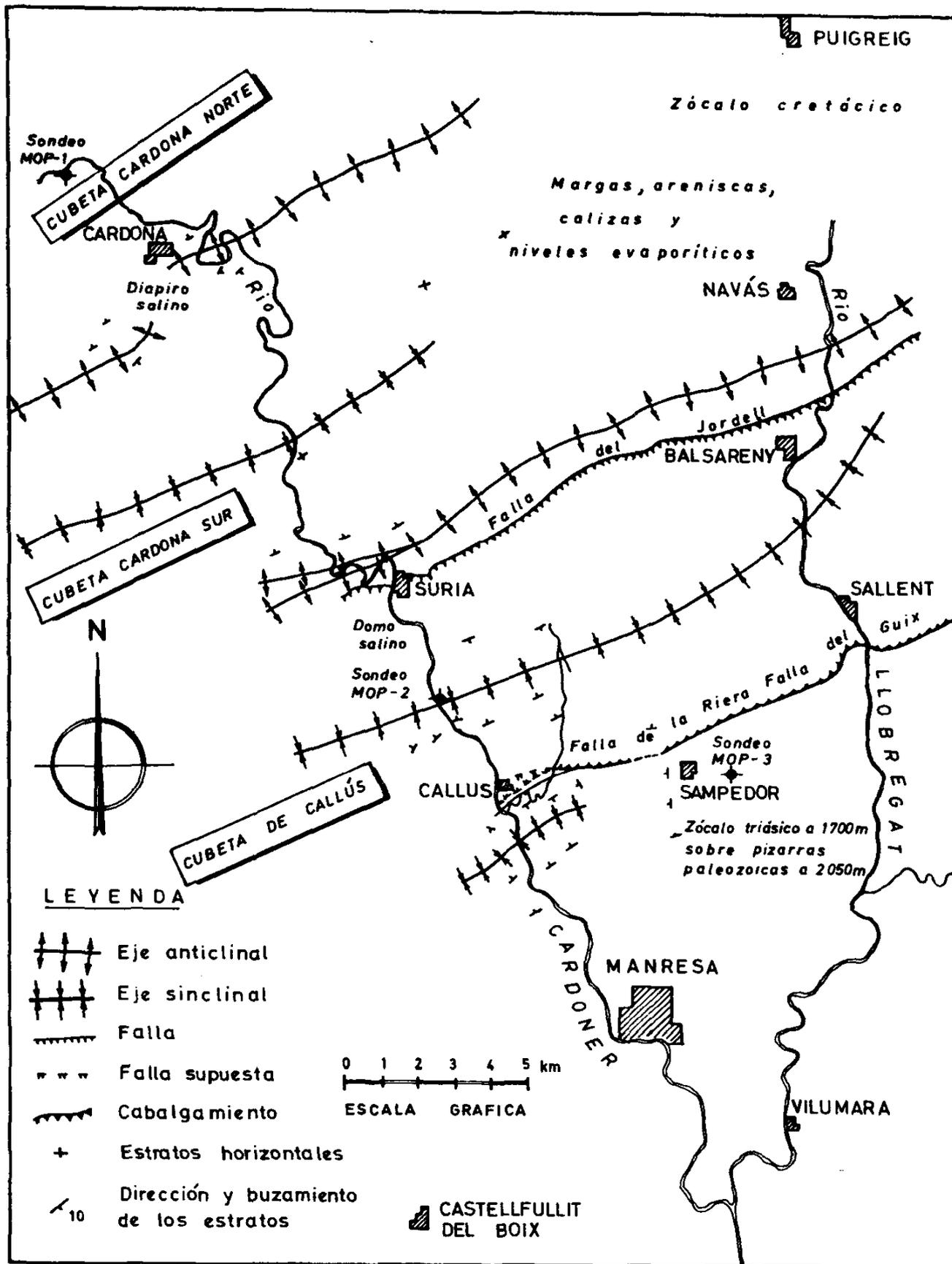


Fig. 2. — Esquema geológico - estructural de la Cuenca Potásica Catalana, según datos elaborados por Galotré y Custodio (1969)

SIAMOS-78. Granada (España)

3. - DATOS GENERALES DE LA CUENCA

En la figura 3 se indican los emplazamientos de las explotaciones potásicas en las cuencas de los ríos Cardoner y Llobregat, así como las casetas para el control automático de la salinidad y que corresponden a:

<u>Explotación</u>	<u>Tno.munic.</u>	<u>Caseta control</u>
Unión explosivos Rio Tinto,S.A.	Cardona	Malagarriga
Minas de Potasa de Suria, S.A.	Suria	Antius
Unión explosivos Rio Tinto ,S.A.	Balsareny	Torre Roca
Unión Explosivos Rio Tinto,S.A.	Sallent	Soler Vicenç
Sociedad General de Aguas de Barna.	Pallejà	Pallejà

En la actualidad las instalaciones de Balsareny y Sallent forman una sola unidad de explotación, aunque se mantienen las dos casetas de muestreo.

De los 5000 m² de la cuenca del río Llobregat, 2000 km² se encuentran aguas abajo de las explotaciones potásicas, lo que supone solo el 40% del total, pero con la particularidad de ser la zona con mayor población e industria, por lo que la influencia de las aguas residuales salinas supone un problema permanente a los aprovechamientos inferiores, entre los que se encuentra el abastecimiento de agua a Barcelona, con suministros del orden de 6 m³/s , del propio río Llobregat, que se complementan con otros caudales procedentes principalmente del río Ter. Otras tomas para abastecimientos e industria, en gran parte de aguas subterráneas alimentadas por el río, suponen otros 5 m³/s . Además se utilizan hasta 4 m³/s de aguas superficiales para regadío.

En el río Cardoner existe, aguas arriba de la explotación minera, como única regulación, el embalse de Sant Ponç, de 24 hm³ de capacidad, lo que permite mantener normalmente un caudal mínimo de estiaje en Manresa, del orden de 3 m³/s .

En la cabecera del río Llobregat se ha construido recientemente la presa de La Baells de 115 hm³ de capacidad, lo que permitirá regular un caudal mayor, del orden de 6 m³/s más, con lo que se conseguirá una elevada regulación de la cuenca.

La aportación media del río Llobregat en Martorell es de 632 hm³/año y 21,4 m³/s su caudal medio, con grandes variaciones, desde 300

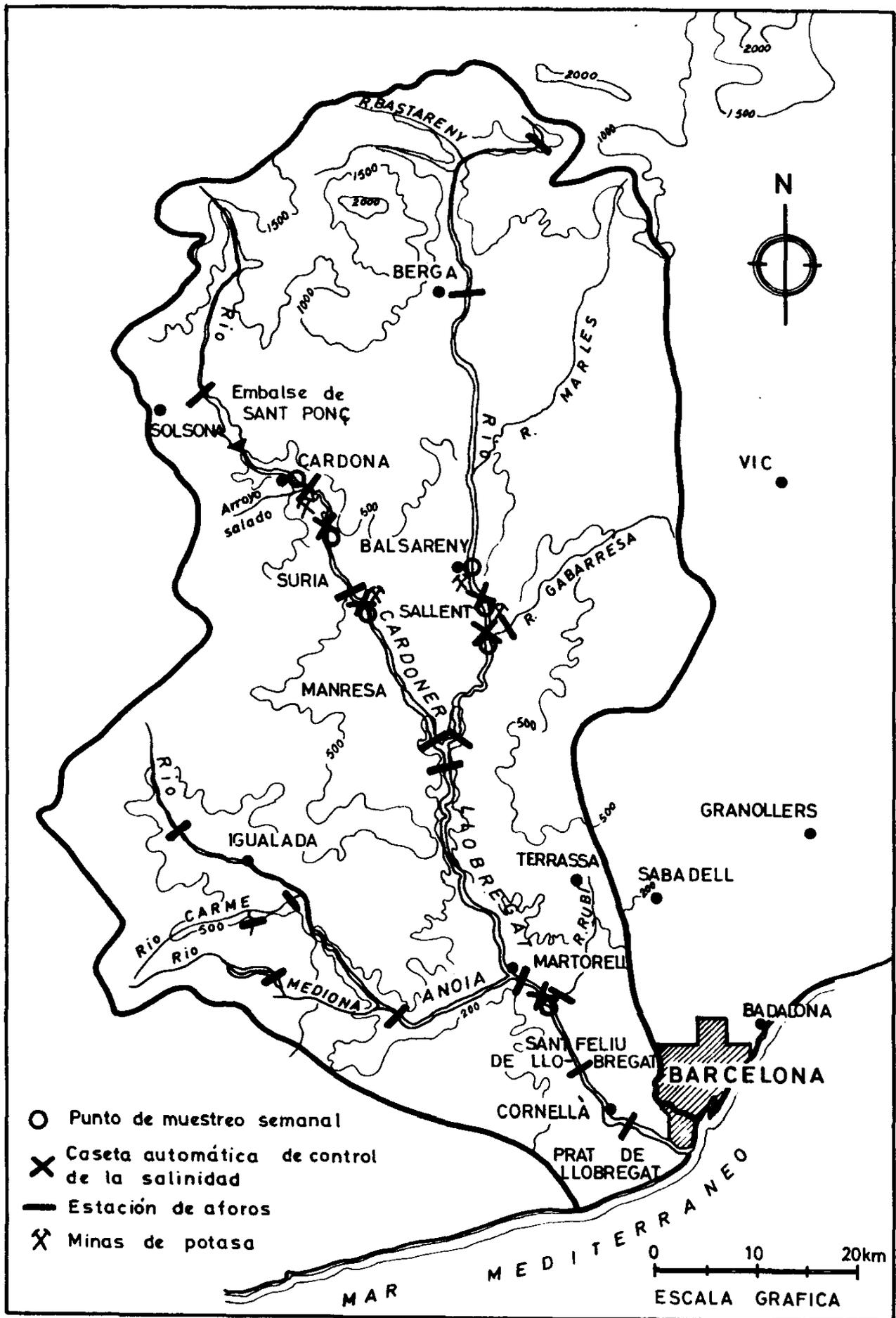


Fig.3.— Cuenca del Llobregat y situación de las minas de potasa y puntos de control hidrométrico

SIAMOS-78. Granada (España)

hasta 1700 hm³/año y caudales desde 3 hasta más de 1000 m³/s en avenidas.

4. - PRODUCCION DE POTASA

La producción mundial en el año 1976/1977 fué de 40 millones de toneladas de cloruro potásico (ClK) equivalentes a 25 millones de toneladas expresadas como K₂O (potasa) y dedicadas casi en su totalidad a la obtención de abonos.

España ocupa el octavo lugar como productor, siendo exportador, según puede verse a continuación:

Miles de toneladas de K ₂ O		
<u>País</u>	<u>Producción</u>	<u>Consumo</u>
1. URSS	8250	5356
2. Canadá	5655	261
3. Alemania Oriental	3161	624
4. USA	2189	5290
5. Alemania Occidental	2148	1196
6. Francia	1567	1508
7. Israel	600	19
8. España	560	304
9. China Continental	300	319
10. Congo	244	4

Los ingresos por venta de la potasa superan los tres mil millones de pesetas anuales. Las reservas probadas se estiman en 100 millones de toneladas de K₂O. Hasta el año 1971 la totalidad de la producción nacional procedía de la zona catalana en la cuenca del río Llobregat. A pesar de la puesta en marcha de las explotaciones de Navarra, dicha zona catalana supone el 90% de la producción española.

La silvinita es el mineral beneficiado en las explotaciones potásicas de la cuenca del Llobregat, permitiendo alcanzar concentraciones de hasta un 60%, riqueza mínima exigida en el mercado internacional para la fabricación de abono de calidad (el ClK puro supone una riqueza del 63,1 %).

SIAMOS-78. Granada (Españo)

5. - GENERACION DE APORTES SALINOS EN EL PROCESO DE ELABORACION DE LA POTASA

El mineral beneficiado casi exclusivamente en la cuenca potásica catalana es la silvinita. En la mina se encuentran unos 25 m de silvinita en dos capas separadas por halita, cuyo uso está formado por sal pura y cuyo techo es carnalita en una potencia de unos 50 m.

El proceso seguido en la actualidad para la obtención de la potasa a partir de la silvinita es el de flotación, que ha sustituido totalmente al anterior de disolución y cristalización selectivas.

La primera fase del proceso consiste en la molienda primaria para reducir hasta un máximo de 4 mm el tamaño del grano, que llega así a una instalación de tamices, separando la granulometría menor de 0,8 mm, que se envía a la celda de desquistaje y el resto a la sección de molienda húmeda. Con fuerte concentración, las espumas se conducen a los hidroseparadores, donde se separan regulando la dilución de los finos arcillosos que rebosan al decantador de lodos para su sedimentación y posterior secado hasta un 5 % de humedad, para ser transportados a la escombrera.

La pulpa de la parte inferior de los hidroseparadores se conduce a los clasificadores, desde donde con las adiciones necesarias (rebose espesadores mixtos, adyuvantes de floculación como aceite de pino y una amina) pasan a la flotación, basada en la separación del cloruro potásico al burbujear aire a través de la pulpa. La espuma de la flotación en las celdas primarias tiene un 56 % de riqueza en K_2O (89 % de ClK), pudiendo llegar en la celda cuaternaria hasta un 61 %.

El concentrado de las celdas se centrifuga hasta un 4-6 % de humedad y se seca en horno para ser almacenado y expedido con la riqueza deseada.

Los residuos del proceso de fabricación pueden llegar a reducirse a los remitidos a las escombreras cuando las aportaciones de agua procedentes de distintas secciones compensan las pérdidas hidráulicas, pero también pueden haber excesos y reboses, más o menos incontrolados, que supongan un aporte directo de salinidad, además de las aguas sobrantes que por su contenido en otras sales (principalmente cloruro magnésico) no puedan cumplir tal cometido.

SIAMOS-78. Granada (Españo)

Los residuos obtenidos en los filtros rotativos, una vez eliminada el agua, tienen como composición 2,5% ClK, 91,7% ClNa y 5,8% impurezas y se transportan a las escombreras.

6. - OTROS APORTES SALINOS

Además del vertido directo de fábrica existen por lo menos tres - otras fuentes de salinidad.

Una de ellas es el lavado y rezume de agua de las escombreras de sal, que en la cuenca del Cardoner se sitúan en barrancos y en la del Llobregat en parte sobre la llanura fluvial y en parte sobre los flancos del valle, también afectando a algunos barrancos. En algunas escombreras se recoge la salmuera que sale periféricamente y se conduce a la planta de producción, y en otras se derivan las aguas de tormenta para evitar en lo posible el contacto con el material salino, pero la eficacia de recogida no es completa y con seguridad existen fugas que se vierten de forma difusa en los ríos.

El agua de mina fue un grave problema en la mina de Sallent y fue origen de un vertido continuado hasta que la explotación del pozo afectado cesó y se inició recientemente una nueva explotación, produciéndose una mejora notable de la salinidad en el tramo próximo al río Llobregat.

No puede descartarse la existencia de un vertido natural de aguas salinas ya que en Cardona la sal gema y la carnalita afloran y la morfología delata un proceso diapírico aún activo, y en Suria llegan a estar a escasa profundidad bajo el río. No obstante, tal aporte de salinidad no era importante antes de establecerse las explotaciones ya que el río tenía una salinidad del orden de 80 mg/l de Cl⁻ de acuerdo con un análisis de 1912, y en especial de acuerdo con los datos de aguas del río infiltradas en los acuíferos del delta de Llobregat con edad superior a 100 años; se deduce una salinidad entre 80 y 100 mg/l de Cl⁻. En la actualidad el vertido "natural" en el Arroyo Salado que recorre el alforamiento de Cardona es mucho mayor, aún después de recoger parte del agua superficial para ser incorporada al proceso de tratamiento del mineral, debido a la fuerte alteración morfológica que ha supuesto las instalaciones mineras y las escombreras próximas en las características de la cuenca receptora y curso del Arroyo, el cual posee tramos subterráneos. En este caso, el aporte "natural" es en gran parte una consecuencia indirecta de la minería.

SIAMOS-78. Granada (España)

7. - IMPORTANCIA DEL APORTE SALINO

En la década de 1950 a 1960 el aporte salino debido a la minería potásica se había estimado en 3 kg/s de Cl/Na. La descarga es variable de un día a otro, y a fin de evaluarla directamente, en 1969 se realizó una cuidadosa y prolongada campaña de medidas encontrándose un aporte medio de 5 kg/s de ión Cl (430 t de Cl por día aproximadamente, MOP 1969, 1970). Los vertidos directos de las plantas de tratamiento mineral eran de alrededor de 115 l/s (10.000 m³/día) con una concentración media de 43 g/l de Cl, variable espacial y temporalmente entre menos de 30 g/l y 220 g/l de Cl.

Aunque en la cabecera de los ríos Llobregat y Cardener existen pequeños aportes salinos procedentes de arroyos salados que drenan facies evaporíticas del garummiense prepirenaico, además de aguas de minas de lignito y de diversas poblaciones e industrias, las aportaciones de sal en la confluencia de los ríos Cardener y Llobregat, aguas abajo de la zona minera, se originan en un 90 % en las zonas potásicas, y la adición aguas abajo a causa de población e industria (el regadío es casi inexistente) no altera esa proporción ya que hasta Martorell tiene poca importancia.

8. - CONTROL DE SALINIDAD

Debido al aumento previsible de salinidad en el río Llobregat a causa de las explotaciones potásicas, hace 50 años, casi simultáneamente al planeamiento y comienzo de las explotaciones, se creó la Comisión inspectora de la salinidad del río Llobregat (CISALL) que actuó ininterrumpidamente hasta el año 1967, en que sus funciones fueron absorbidas por la Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental, sin interrupción de actividad. El control consiste en una sistemática de mediciones periódicas de parámetros químicos en relación con la salinidad.

En cada una de las casetas para la toma automática de muestras de agua del río indicada en la figura 3, cada hora se bombea una cantidad constante a unos depósitos en los que se acumula para su posterior análisis, cambiando cada 24 horas de depósito. Así, cada semana se tiene una muestra representativa de cada uno de los días de la misma.

De este modo se tiene el análisis diario de los cloruros de los puntos de control y el promedio semanal de MgO. Los datos correspon

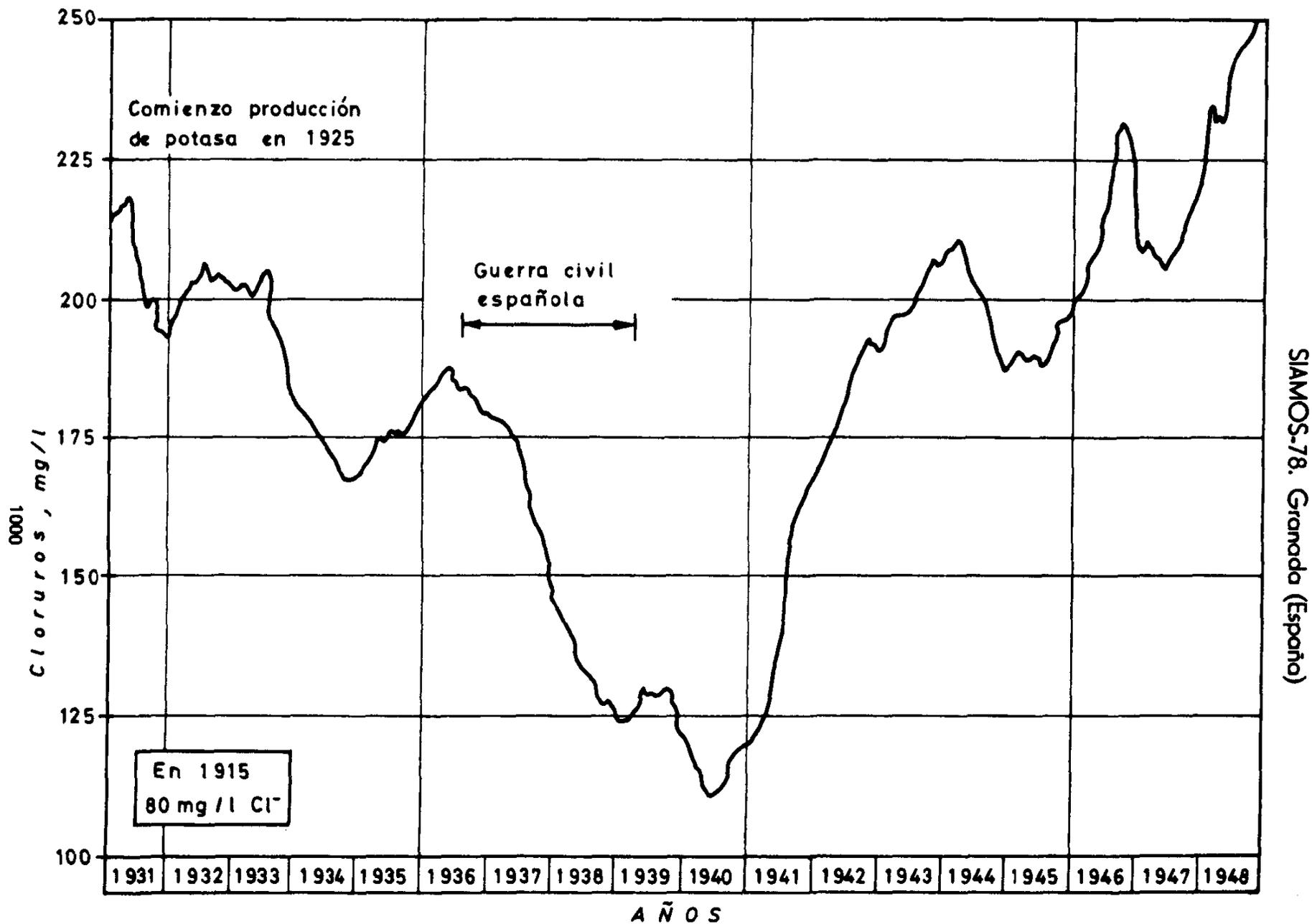


Fig. 4.— Evolución del contenido en cloruros en el acuífero aluvial de Cornellá (final del valle). Responde al contenido en el río con un desfase de 6 a 10 meses y suaviza las fluctuaciones

SIAMOS-78. Granada (Españo)

dientes a la caseta de Pallejá permiten conocer las características del río Llobregat a la entrada de su delta.

Se confeccionan las correspondientes hojas de análisis y también en función de los caudales se calcula el aporte salino total en los distintos puntos.

Además cada semana se toma una muestra antes de las explotaciones potásicas en los ríos Cardoner y Llobregat.

Con carácter mensual se realiza una inspección más exhaustiva, tomando 51 muestras del río Cardoner y 88 muestras del río Llobregat, en las que se determina el pH, alcalinidad, conductividad y cloruros, a fin de conocer las posibles variaciones en puntos estratégicos de la cuenca y al mismo tiempo tener un conocimiento estadístico de la calidad.

9. - RESULTADOS ANALITICOS

En la figura 4 se indica la evolución de la salinidad en Martorell entre los años 1930 y 1949, pudiéndose apreciar el descenso que supone el paro de las minas durante el periodo de la guerra civil española, durante el cual casi se retornó a las condiciones naturales. En ese tiempo la alteración morfológica del paisaje aún era pequeña.

El aporte hídrico guarda cierta relación proporcional al aporte salino total, y la concentración salina decrece al crecer la aportación de agua, aunque con notables desviaciones. En efecto, una lluvia tormentosa, frecuente en esta zona, si cae sobre terrenos salinos será origen de una importante contribución de sal, pero no lo será si cae localizada en el Bajo Llobregat. En la figura 5 se indica la evolución de la salinidad desde el año 1968 hasta el 1977, así como las aportaciones salinas en toneladas de Cl/día, y se aprecia claramente lo anteriormente expuesto.

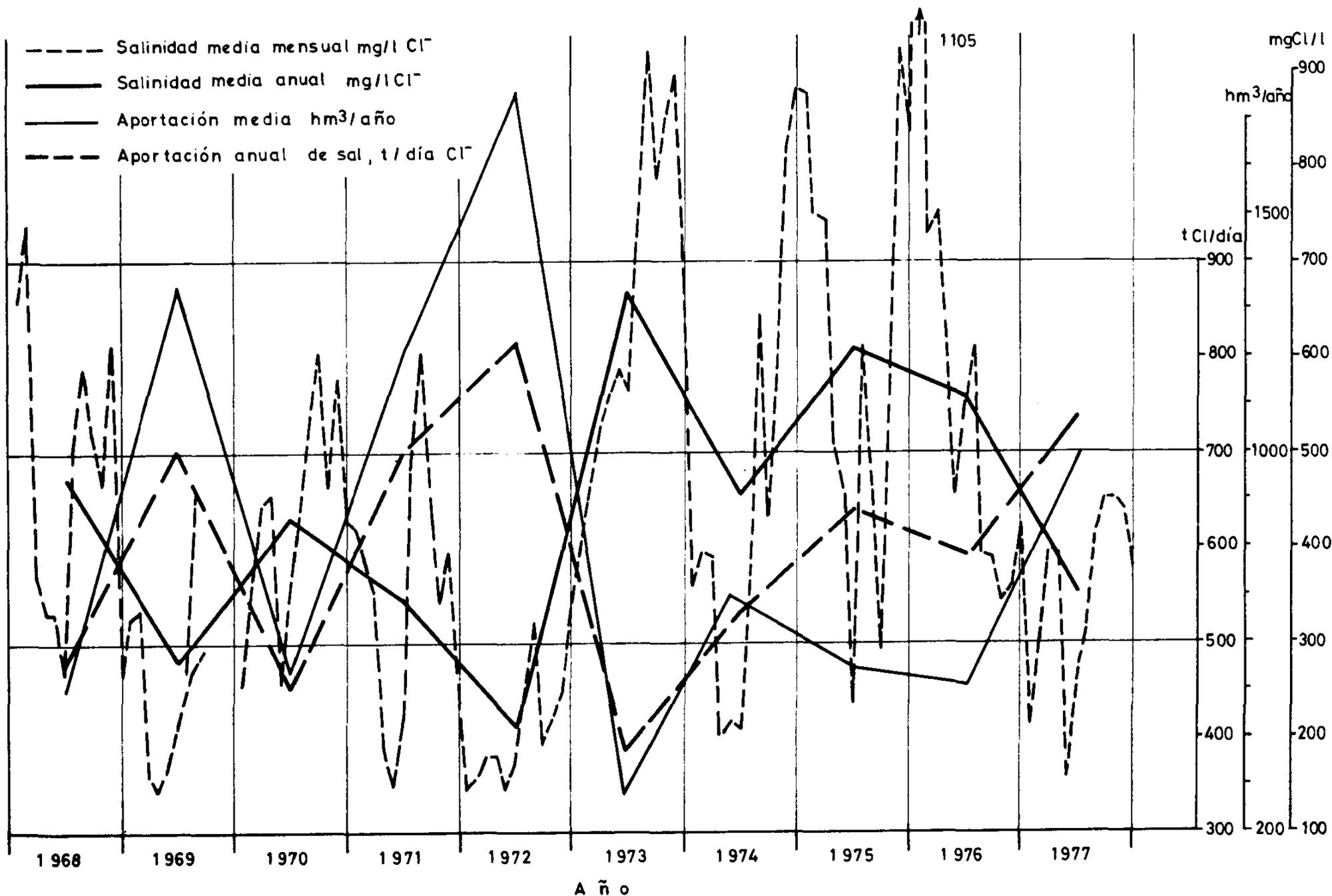


Fig.5.—Evolución de las aportaciones y salinidad en el río Llobregat entre 1967 y 1977

SIAMOS-78. Granada (España)

Si en medias mensuales, hasta el año 1949 no se superaron bs 260 mg/l de Cl, en los últimos años se han llegado hasta alcanzar incluso valores superiores a 1000 mg /l, lo que supone que en algunos días se hayan encontrado concentraciones de 2000 mg /l en el agua superficial del río Llobregat, tal como se ha encontrado en algunos momentos de estiaje en la toma de abastecimiento de agua en Barcelona.

En años con aportaciones hídricas menores de 700 hm³, la salinidad media anual ha superado los 400 mg /l con un máximo de 668 mg /l (año 1973), lo que ha supuesto medias mensuales de hasta 600 mg /l y puntuales de 1100 mg/l.

Con aportaciones de agua superiores a los 1000 hm³/año la salinidad media anual se ha mantenido inferior a 350 mg /l.

Los valores medios antes relacionados muestran, no obstante, una gran irregularidad como se ve en la figura 5, irregularidad que concuerda en general, con el régimen de aportaciones de agua.

La figura 6 ilustra la evolución de las características químicas a lo largo del río. La influencia de la zona potásica en el incremento mineral es muy claro.

10. - INFLUENCIA SOBRE LAS AGUAS SUBTERRANEAS

Los únicos acuíferos interesantes y explotados en la cuenca del río Llobregat aguas abajo de la zona potásica son los aluviales del río, principalmente los del valle bajo y delta que, como se ha comentado, son una importante pieza en el aprovechamiento hídrico de los recursos del río.

Tal como se ha expuesto en el apartado 2, no existe ninguna conexión subterránea entre la cuenca minera y estos acuíferos, y la salinidad solo puede transmitirse a través de las aguas del río. Las extracciones en estos aluviales son muy intensas de modo que su recarga procede mayoritariamente de agua del río. Así, el agua extraída muestra con mayor o menor desfase y amortiguamiento la evolución de la salinidad del agua del río, como muestra al figura 7. El tránsito entre el acuífero libre de Cornellá, al final del valle del Llobregat, en fácil conexión con el río (desfase entre 6 y 10 meses), y su extensión en profundidad como acuífero cautivo, hasta Prat de Llobregat, es de 10 años para un recorrido de 6 km. En este caso

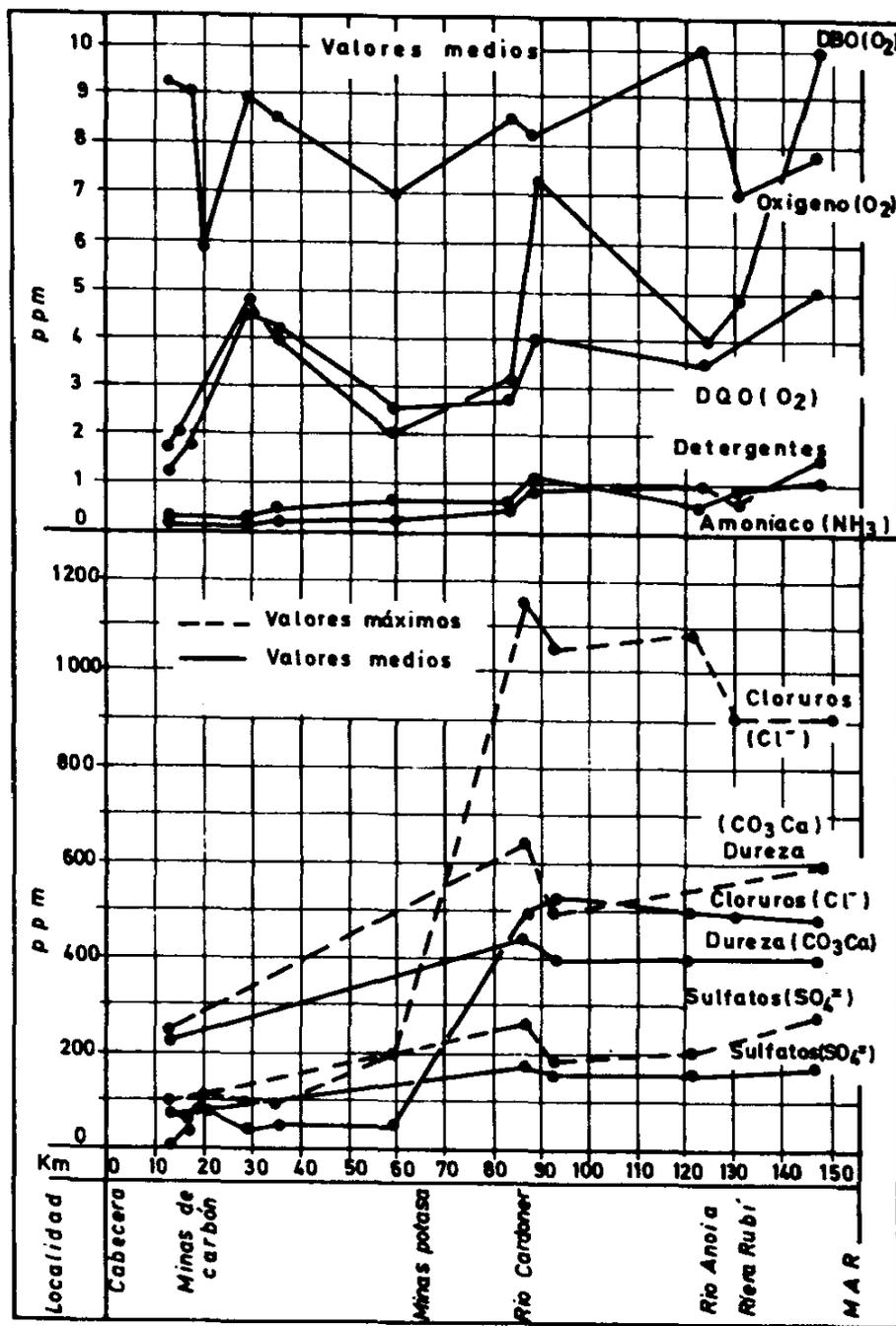


Fig.6.— Evolución de los parámetros químicos de calidad a lo largo del rio Llobregat. Año 1971 - 1972

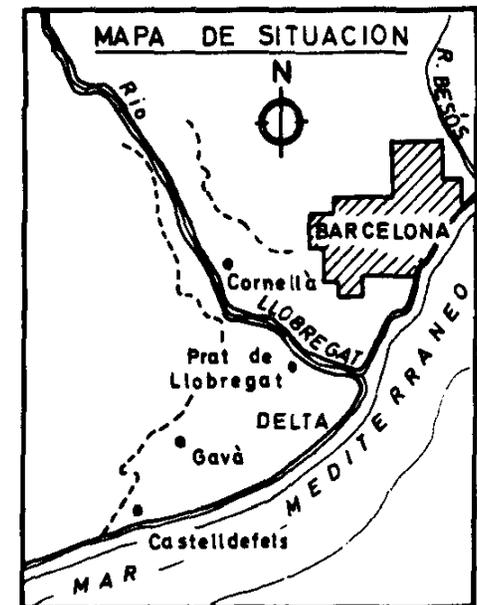
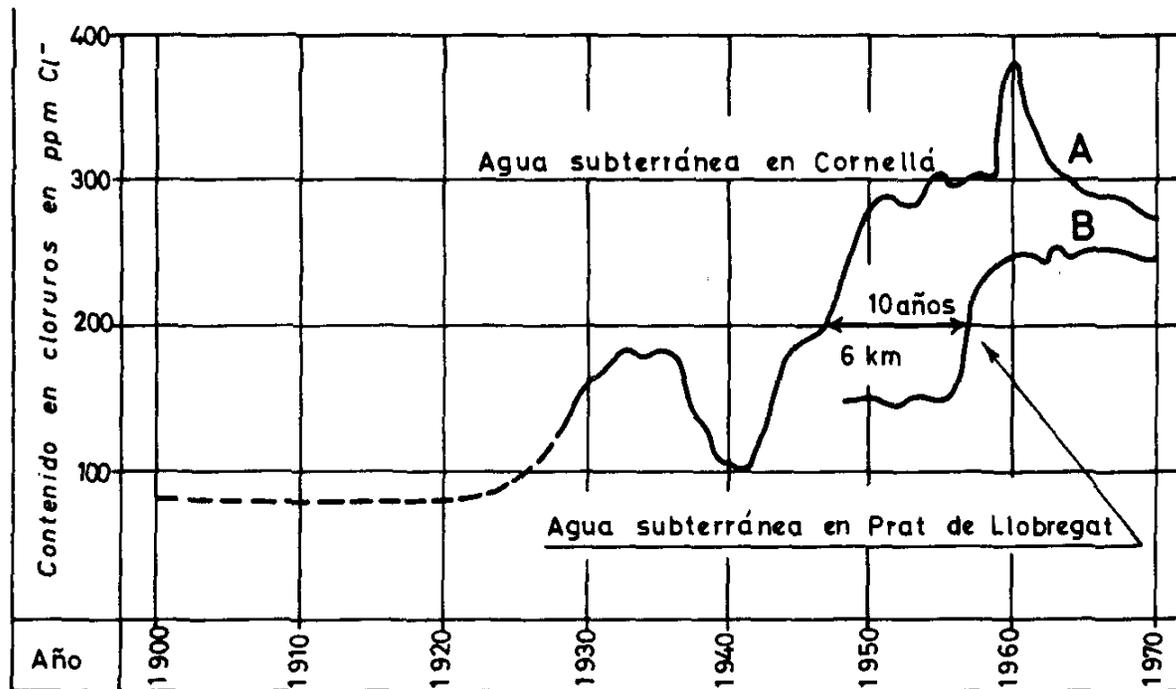
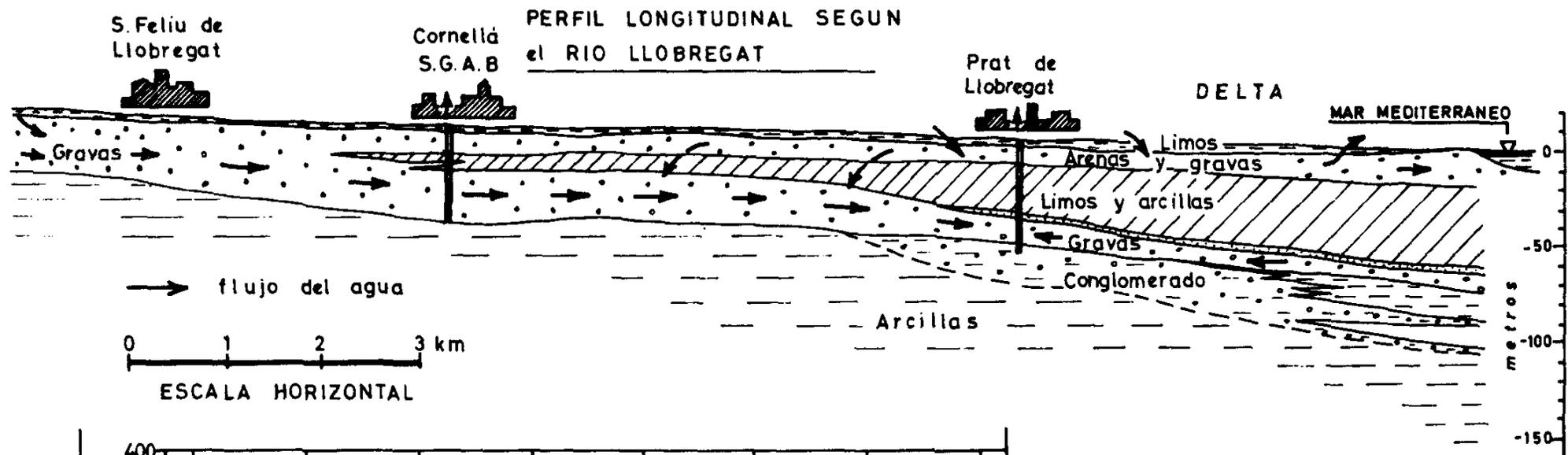


Fig. 7.— Perfil hidrogeológico longitudinal del Bajo Llobregat y gráfico que muestra el retraso de 10 años en la transmisión de las variaciones de salinidad entre dos puntos situados a 6 km en el sentido del flujo

SIAMOS-78. Granada (Español)

las variaciones de salinidad del río se pueden utilizar a modo de trazado seminatural para obtener un mejor conocimiento hidráulico de los acuíferos. Con un estudio geohidroquímico de detalle es posible determinar el movimiento de las diferentes fuentes de agua (Cus^utodo 1968 y 1968 b).

En la figura 8 se muestran las zonas del Bajo Llobregat principalmente afectadas por la salinidad del agua del río Llobregat. Esta salinización es causa de problemas industriales y de regadío, además de los que se producen en los abastecimientos públicos. Ciertas industrias deben utilizar agua desmineralizada, y esta salinización grava fuertemente los costes del tratamiento.

Un simple estudio geohidroquímico permite diferenciar las aguas procedentes de infiltración del río Llobregat, aún alteradas por el uso o por concentración de riego, de la contaminación salina de origen marino, ya que las relaciones iónicas y los diagramas químicos son notablemente diferentes.

11. - POSIBLES MEDIDAS PARA CORREGIR LA SALINIDAD

Los posibles sistemas para reducir el vertido salino son de dos tipos: a) en el propio origen, b) evacuando las salmueras sin producir salinización de las aguas continentales.

La reducción de salinidad en el origen comporta:

- eliminar o reducir el vertido de las plantas de tratamiento del mineral. Con los nuevos procesos de tratamiento se ha conseguido aumentar la producción sin aumentar la descarga, pero no se han eliminado, a pesar de que en teoría sería posible hacerlo. La antigüedad de algunas instalaciones, el que los circuitos de agua no están racionalizados y sea costoso modificarlos para conseguir el mayor reciclaje, y los vertidos fortuitos y accidentales sin suficiente protección del derrame, explican parte de ese vertido no eliminado, además del problema que supone la incorporación de sales de magnesio contenidas en el mineral a las aguas de proceso.
- proteger adecuadamente las escombreras y recoger efectivamente las aguas que escurren y que se infiltran, utilizándolas para el proceso del mineral.

ZONAS AFECTADA POR LA SALINIDAD

-  Acuíferos, único del Valle y profundo del delta
-  Acuíferos, único del Valle y superficial del delta
-  Canal de riego con agua del río
-  Centro importante de bombeo en el acuífero del Valle o profundo del delta
-  Centro menor de bombeo
-  Límite impermeable del delta

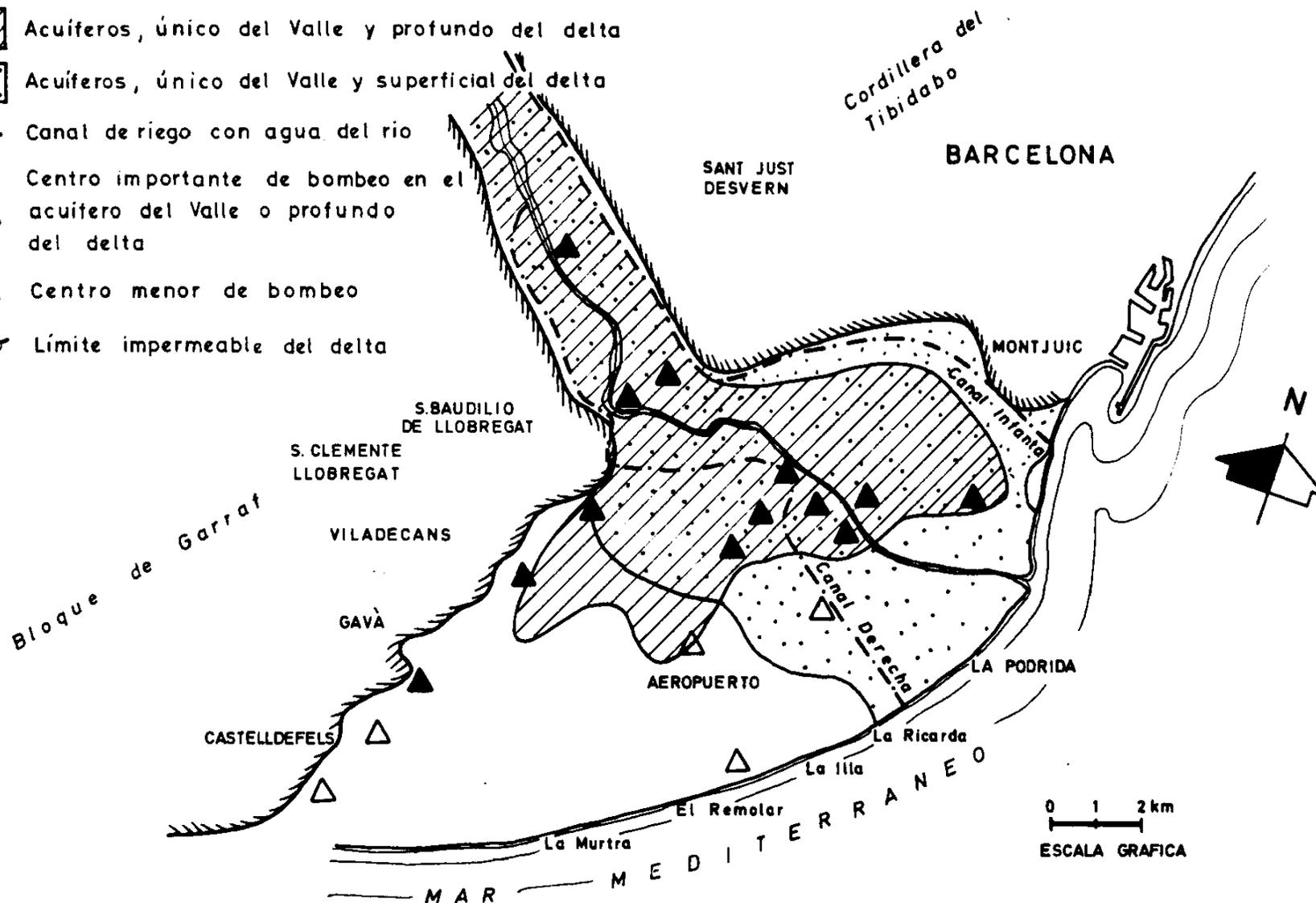


Fig. 8.— Zonas de los acuíferos del delta del río Llobregat afectados por la salinidad del agua del río Llobregat. En el acuífero superficial se producen por agua de canal con toma en el río y en el profundo por los intensos bombeos, justo hasta los mismos, de acuerdo con la figura 7.

SIAMOS-78. Granada (Español)

- recoger las salidas "naturales" de salmuera y aguas muy salinas, también para ser utilizadas en el proceso del mineral, compensando las pérdidas de agua por evaporación y por incorporación al mineral tratado residual (sal común) que se devuelve a la mina como relleno.
- eliminar o utilizar las aguas de filtración en mina. Estas aguas, que se producían mayoritariamente en Sallent, han sido eliminadas al suprimir el pozo afectado.

El éxito de estos métodos radica en las propias empresas mineras. La evacuación de las salmueras sin producir salinización de las aguas continentales solo puede alcanzar un grado suficiente de eficacia si se recogen los vertidos difusos procedentes de escombreras y otros orígenes antes de su incorporación al río, lo cual no es sencillo y puede requerir obras y estudios de detalle.

Se han analizado diversas soluciones. Las que consistan en la evaporación forzada o solar en balsas de las salmueras no resultan apropiadas por su elevado coste en las circunstancias locales de coste de la energía, operación, bombeo previo y disponibilidad de terreno. La solución de vertido en avenidas naturales o provocadas por desembalse en presas aguas arriba es también costosa, insuficiente y con repercusiones graves en el funcionamiento de los aprovechamientos de agua superficiales y subterráneas, río abajo.

La solución de la inyección profunda es atractiva desde el punto de vista económico. Se han realizado tres sondeos de reconocimiento y ensayo para estudiar la viabilidad técnica de tal inyección (Custodio, Galofré, 1971; Fayas, 1972), en los emplazamientos señalados en la figura 2, pero solo se encontró un tramo permeable en el sondeo MOP-3, que después del ensayo resultó insuficiente (Custodio, 1976), decidiéndose abandonar esta posibilidad. En el momento actual la única solución externa que queda es la de un colector de salmueras a lo largo de los ríos Llobregat y Cardoner, para su vertido al mar. Se han realizado varios estudios de colector salino y en el último, en 1975, su coste se evaluó en 500 millones de pesetas que hoy deberían transformarse en algo más de 1000 millones de pesetas si se actualizan los precios y se añaden algunos complementos de obra y vertido necesarios para su aceptación. La viabilidad real de tal colector parece presentar algunos problemas técnicos, pero sobre todo económicos en cuanto al coste anual de mantenimiento

SIAMOS-78. Granada (España)

to , que probablemente sería muy elevado dadas las condiciones del trazado, del líquido a transportar, y de las obras de recogida, regulación y tratamiento en origen necesarios.

La Administración sigue trabajando conjuntamente con las minas para reducir el vertido en origen.

Así, en la explotación de Cardona se aprovecha el caudal de unos 2 l/s, en concentraciones del orden de 100 g/lCl⁻ del arroyo salado para introducirlo en el proceso de fabricación.

En la explotación de Suria se recogen las aguas de las escombreras, canalizándolas en lo posible e inyectando en mina residuos de decantador. También para su aprovechamiento en otra fábrica se transportan residuos, básicamente cloruro sódico, reduciendo así su aportación a las escombreras.

Y finalmente, en la explotación de Sallent, como ya se ha expuesto, se ha suprimido el vertido que procedía del constante vaciado de las filtraciones de una mina, dejándola inundar tras los estudios y autorizaciones necesarios.

También en esta explotación se recogen las aguas de una nueva escombrera, conduciéndolas separadamente al interior de la fábrica para su utilización en el lavado de mineral.

Durante años han existido unas balsas para acumular aguas salinas, evitando su vertido en épocas de estiaje y aprovechando las crecidas del río para lograr una dilución.

En todos los casos las mejoras se han obtenido conjugando las protestas de los usuarios aguas abajo, la insistencia de la Administración y la responsabilización de las propias explotaciones mineras.

12. - REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANON. (1977). - Estatistical supplement. The British Sulphur Corp. Ltd. nº 16, Nov-Dic.

CUSTODIO, E. (1968). - Etudes géohydrochimiques dans le delta du Llobregat, Barcelona (Espagne). Géochimie, Précipitations, Humidité du Sol, Hydrometrie, Assemblée General de Berne, sep. oct. 1967: Asociación Internacional de Hidrología Científica. Bruselas, pp. 134/155.

CUSTODIO, E. (1968 b). - Datación de aguas subterráneas en el delta del río Llobregat. Documentos de Investigación Hidrológica nº 6. Centro de Estudios, Investigación y Aplicaciones del Agua, Barcelona. págs. 205-237.

CUSTODIO, E. (1976). - Resultados de las prospecciones para inyección profunda en la cuenca del río Llobregat. Hidrología, Abril-julio 1976. Madrid, págs. 17-36.

CUSTODIO, E., GALOFRE, A. (1971). - Planteamiento básico, trabajos realizados y nuevas posibilidades para la inyección profunda de salmueras en la cuenca potásica catalana. Primer Congreso Hispano-Luso Americano de Geología Económica. Madrid-Lisboa. Comunicación E-5-2. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid. Vol. 5, págs. 3-23.

CUSTODIO, E., BAYÓ, A., PELÁEZ, M.D. (1971). - Geoquímica y datación de aguas para el estudio del movimiento de las aguas subterráneas en el delta del Llobregat (Barcelona). Primer Congreso Hispano-Luso-Americano de Geología Económica. Instituto Geológico y Minero de España. Sección 6, págs. 51-80. Madrid-Lisboa.

FAYAS, J.A. (1972). - Inyección profunda de vertidos industriales. Agua nº 73. Julio-Agosto. Centro de Estudios, Investigación y Aplicaciones del Agua. Barcelona.

IGME (1977). - Monografías de sustancias minerales: sales potásicas. Instituto Geológico y Minero de España. Servicio de Publicaciones del Ministerio de Industria, Colección Informe. Madrid. 44 págs.

SIAMOS-78. Granada (España)

M.O.P. (1970). - Informe sobre contaminación de aguas superficiales. Estudio de los Recursos Hidráulicos Totales del Pirineo Oriental: Zona Centro. Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental y Servicio Geológico de Obras Públicas.

M.O.P. (1969). - Informe de la inyección de los vertidos salinos de la Cuenca Potásica Catalana, CE-1. Estudio de los Recursos Hidráulicos Totales del Pirineo Oriental: Zona Centro. Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental y Servicio Geológico de Obras Públicas. Barcelona.

VILARÓ, F., CUSTODIO, E., BRUINGTON, A.E. (1970). - Sea water intrusion and water pollution in the Pirineo Oriental (Spain). ASCE National Water Resources Engineering Meeting. Memphis, Tenn. pp. 1/42, preprint 1122.

VILARÓ, F., CUSTODIO, E. (1972). - Calidad de las aguas superficiales y subterráneas en el Pirineo Oriental. Actas de las II Jornadas Técnicas del Medio Ambiente. Feria Oficial e Internacional de Muestras de Barcelona, Barcelona. págs. 79-103.