

*Título: La Cuenca Salina del Bages y la calidad del agua del río Llobregat.
Relationship between the Bages saline basin and the water quality of the Llobregat river.*

Autor: María Rovira Fernández

Directores: Dr. Josep M^a Casas Sabata (UPC). y Dr. Albert Soler Gil, (UB).

Centro: Recursos Naturales y Medioambiente. Dpto. de Ingeniería Minera y Recursos naturales. Universidad Politécnica de Cataluña

Tribunal: Dr. Ramon Sans Fonfria, Dra. Concepción Lao Luque, Dr. Josep Mas Pla, Dr. Antoni Ginebreda Martí, Dr. Josep Torras Grané.

Fecha de la Tesis: 17 de Julio del 2008.

Calificación: Sobresaliente "Cum Laude"

La Cuenca Salina del Bages y la Calidad del Agua del Río Llobregat

/ MARÍA ROVIRA FERNÁNDEZ*

(*) Departamento de Ingeniería Minera y Recursos naturales. Universidad Politécnica de Cataluña. Bases de Manresa 61-73. 08242 Manresa. Barcelona.

INTRODUCCIÓN

La cuenca del río Llobregat (NE España) ha tenido graves problemas de contaminación como consecuencia de vertidos domésticos y industriales, de residuos ganaderos y agrícolas, de las extracciones de áridos y, principalmente, por la salinidad de sus aguas. Este último punto, es la base de todo el estudio realizado en esta Tesis Doctoral.

La cuenca potásica catalana (NE España) se encuentra situada en el extremo del Valle del Ebro, formando la Depresión Central, limitada al norte por los Pirineos, al sur por las Montañas de Montserrat, al este por la Plana de Vic, y al oeste por el río Segre. Presenta dos peculiaridades: la formación salina tiene un afloramiento (diapiro) en Cardona, y en algunas zonas de la cuenca las capas de mineral se encuentran cerca de la superficie pero sin aflorar. Así pues, la geología del terreno puede influir en la salinidad de las aguas superficiales y subterráneas de la zona, por contacto directo con los materiales salinos.

La explotación minera subterránea de la cuenca potásica catalana, se inicia en el año 1926 en Suria, en el 1930 en Cardona (explotación cerrada en el año 1990), en el 1931 en Sallent, y en el 1948 en Balsareny. Se extraen los materiales salinos de la llamada formación Cardona que contiene halita, silvinita y carnalita, acompañadas de yesos y anhídrita. Inicialmente, los residuos de la extracción minera se dejaban en el interior de las minas ocupando las galerías en desuso. A partir de la década de los sesenta (1960-70), el aumento de la producción de mineral genera un considerable incremento de residuo,

por lo que se extrae y se acumula en el exterior de las minas, en terrenos sin impermeabilizar, formándose grandes escombreras salinas. Son estas escombreras una de las principales causas de la salinización de las aguas de la cuenca del río Llobregat. La sales solubles que las componen se disuelven fácilmente con el agua de la lluvia, y fluyen por la superficie del terreno hasta llegar a una riera o bien directamente al río. Pero también pueden infiltrarse en el terreno hasta capas impermeables, causando la salinidad de las aguas subterráneas de la zona. Actualmente, quedan en activo las minas de potasa de Suria y Sallent, y el aprovechamiento de las escombreras salinas y la extracción subterránea de sal común en Cardona.

En el año 1990 se pone en funcionamiento un Colector de Salmueras, con la finalidad de recoger todos los lixiviados mineros y mejorar así la calidad de la cuenca del río Llobregat. El colector consta de dos conducciones situadas a lo largo de las cuencas de los ríos Cardener y Llobregat. La conducción de la cuenca del río Cardener capta las salmueras de Cardona y Suria, mientras que la conducción de la cuenca del río Llobregat capta las salmueras de Balsareny y Sallent. Las dos conducciones confluyen en Castellgalí en una única tubería que las transporta hasta Sant Boi de Llobregat. Desde el año 2004, las salmueras llegan de Sant Boi de Llobregat a la EDAR del Prat de Llobregat desde donde son transportadas y bombeadas al Mar Mediterráneo por un emisario submarino de unos 3 km de longitud. Pero la problemática de la cuenca del río Llobregat no está totalmente solucionada, ya que es posible encontrar puntos en donde la salinidad está por encima de los permitidos para

aguas superficiales.

El objetivo principal de esta Tesis Doctoral ha sido estudiar la cuenca salina del Bages (Barcelona, NE España) y su influencia en la calidad del agua del río Llobregat, ya sea por aportaciones de sales de origen natural o antrópico. Desde un primer momento, se ha considerado la minería de potasa de la zona como el factor determinante de la elevada salinidad del río Llobregat, por la aportación directa o indirecta de lixiviados salinos procedentes de las escombreras salinas de Cardona, Suria, Balsareny, y Sallent. Pero también se ha analizado hasta que punto las aportaciones de sales de origen natural (como consecuencia de la tipología del terreno) y otras aportaciones antrópicas (como los fertilizantes), han podido influir de forma significativa en la salinidad del río Llobregat. Se ha utilizado el análisis isotópico para poder discernir las diferentes fuentes de contaminación salina, como son las aportaciones procedentes de la minería, de los materiales evaporíticos (salinidad natural), y de los fertilizantes utilizados en los campos de conreo situados en el entorno de los ríos Cardener y Llobregat, así como también las aportaciones de los tributarios de ambos ríos. Al mismo tiempo, se ha determinado el contenido en sales que aporta el río Llobregat al Mar Mediterráneo, y el total de sales que fluyen por la cuenca del Llobregat considerando también las aportadas por el colector de salmueras. Durante este estudio también se ha podido observar la transformación y el comportamiento de una escombrera salina piloto en diferentes periodos de lluvias, evaluando su grado de disolución con el tiempo, el contenido en sales de sus lixiviados, el proceso de infiltración, y

palabras clave: Salinidad, Cloruros, Colector de Salmueras, Escombreras Salinas, Isótopos de Azufre, Isótopos de Oxígeno y Río Llobregat

key words: Salinity, Chloride, Brine Collector, Salt Mine Tailings, Sulphur Isotopes, Oxygen Isotopes and the Llobregat River

de evaporación del agua.

ZONA DE ESTUDIO

La zona estudiada se sitúa en la sección media de la cuenca del río Llobregat (NE España). Se han escogido ocho puntos de muestreo en la zona del río Cardener y trece puntos de muestreo en la zona del río Llobregat:

En el río Cardener desde Cardona hasta Antius, en donde se incluyen también las aportaciones de rieras y torrentes del entorno, junto con los lixiviados procedentes de las escombreras salinas de las minas de Cardona y Suria.

En el río Llobregat desde Balsareny hasta Navarcles, en donde se incluyen las aportaciones de rieras y torrentes del entorno, junto con los lixiviados procedentes de las escombreras de las minas de Balsareny y Sallent.

También se consideran las aportaciones al río Llobregat del río Cardener en Castellgalí y del río Anoia en Martorell, para obtener la evolución global de todas las aportaciones de sal influyentes.

METODOLOGÍA ANALÍTICA

Se han realizado tres campañas de muestreo: en el verano del 2003, en el invierno del 2003, y en el otoño del 2004. Para escoger estos periodos se tuvo en cuenta las épocas de lluvia, y como estas podían afectar en la variabilidad analítica de las aguas de los ríos Cardener y Llobregat.

El trabajo experimental se inicia con la toma de muestras en los puntos seleccionados. "In situ" se ha determinado el pH, la conductividad y el caudal. Las muestras se han recogido en envases de plástico previamente limpiados con ácido nítrico y enjuagados con agua destilada. En el laboratorio, las muestras se han filtrado con una membrana de 0,45 µm de porosidad, y se han conservado en el frigorífico a una temperatura de 4° C. La determinación de los aniones (cloruros, sulfatos, nitritos y nitratos) se ha realizado por Cromatografía de Líquidos de Alta Resolución (HPLC), y la de los cationes (sodio, potasio, calcio, magnesio, hierro y estroncio,) junto a elementos traza (cromo, bario, cadmio, cobre, manganeso, níquel, plomo y zinc), mediante ICP-OES y ICP-MS. La determinación de la composición isotópica del azufre y del oxígeno del sulfato disuelto se ha realizado por Espectrometría de Masas de Relación Isotópica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de datos históricos y de los resultados aportados por esta Tesis Doctoral, se puede afirmar que la cuenca del río Llobregat incrementa su salinidad de forma acusada a partir de las explotaciones mineras de Cardona y Suria por el río Cardener, y de Balsareny y Sallent por el río Llobregat. Se ha obtenido un aumento considerable en la concentración de los cationes y aniones para aquellos puntos situados después de las zonas mineras, resaltando los incrementos en la concentración de los cloruros. Esta influencia antrópica se hace evidente a partir del momento en que las escombreras salinas de la zona incrementan su extensión y volumen (la mejora de la calidad de las aguas es notable con la puesta en marcha del colector de salmueras, pero el problema no queda totalmente solucionado). También se ha considerado el aporte de salino de origen natural procedente de la disolución de los materiales evaporíticos superficiales (en Cardona afloran sales potásicas, y en Suria se encuentran cerca de la superficie pero sin aflorar), y otras posibles fuentes antópicas. Con la $\delta^{34}\text{S}_{\text{SO}_4}$ y la $\delta^{18}\text{O}_{\text{SO}_4}$ del sulfato disuelto, y considerando como principales focos de salinización la minería, los fertilizantes, y la salinidad natural, se ha obtenido que una de las principales contribuciones antrópicas de la zona en estudio son los fertilizantes. Pero este hecho no explica la elevada concentración de cloruros obtenida en los análisis realizados, ya que los fertilizantes contienen pocos. Por medio de una aproximación, se ha calculado a partir de los resultados de la $\delta^{34}\text{S}_{\text{SO}_4}$ y la $\delta^{18}\text{O}_{\text{SO}_4}$ del sulfato disuelto, la aportación de cloruros procedentes de los fertilizantes, de origen natural y los procedentes de la minería, constatando que la minería es una de las principales fuentes de contaminación en cloruros de las aguas de la cuenca del río Llobregat.

A partir de análisis propios y de datos facilitados por la Agencia Catalana del Agua (ACA) y Aguas de Barcelona (AGBAR), se ha realizado un balance de sales en la cuenca del Llobregat desde Balsareny hasta su tributación al Mar Mediterráneo. Se ha evaluado a partir del caudal y la concentración de cloruros, su equivalencia en peso de sal (NaCl). Los resultados obtenidos, promedio de los años 2003-2004, muestran que la cuenca del río Llobregat aporta al mar Mediterráneo unas 2417 t NaCl/día; de ellas 1850,5 t NaCl/día fluyen a través del colector de salmue-

ras, y 566,5 t NaCl/día, aproximadamente, por el río Llobregat. Por tanto, la proporción de sal que fluye por el río representa aproximadamente el 23% del total, y el resto se vierte al mar a través del colector de salmueras.

Los lixiviados de las escombreras salinas presentan elevados contenidos en algunos metales pesados, tal y como se ha observado en los resultados analíticos obtenidos. Su origen se puede atribuir a la propia composición litogénica de los materiales extraídos de las minas (el hierro y el manganeso), y otros son de origen antropogénico (el cadmio, el cobre, el níquel, zinc y plomo). Puesto que los lixiviados salinos no están en su totalidad reconducidos al colector de salmueras, resulta evidente que de manera directa o indirecta contribuyen al incremento de los metales pesados en los ríos Cardener y Llobregat, pasadas las minas de Súrria y Sallent.

Del estudio realizado con la escombrera salina piloto se ha constatado que el agua de la lluvia disuelve con mucha facilidad las escombreras salinas, incluso cuando los materiales llevan expuestos a la intemperie mucho tiempo y están totalmente compactados (petrificados).

CONCLUSIONES

La salinidad de las aguas de la cuenca del Llobregat, a partir de las zonas mineras de Cardona-Suria y Balsareny-Sallent, debe atribuirse mayoritariamente a las aportaciones antrópicas (minería y fertilizantes), pero sin olvidar las de origen natural. Para mejorar la calidad de las aguas del río Llobregat, deberían poder impermeabilizarse las escombreras salinas de la zona estudiada, y a la vez reconducirse todos los lixiviados salinos al colector de salmueras.

