

# La Comunidad de Usuarios de Aguas del Valle Bajo y el Delta del Llobregat: 30 años de experiencia en la gestión de un acuífero costero

E. Queralt i Creus

Comunitat d'Usuaris d'Aigües de la Vall Baixa i Delta del Llobregat  
Avda Verge de Montserrat 133 1er-2a 08820 El Prat de Llobregat  
e-mail: equeralt@cuadll.org  
http://www.cuadll.org

## RESUMEN

La Comunidad de Usuarios de Aguas del Valle Bajo y Delta del Llobregat, la más antigua de España, ha celebrado recientemente sus 30 años de historia. Durante los primeros quince años, la intensa explotación de los acuíferos junto con la implantación de nuevas infraestructuras urbanas y portuarias, supusieron un empeoramiento de la calidad de las aguas subterráneas. Los siguientes años han venido marcados por una explotación más contenida, pero con una recarga a la baja debido a la impermeabilización del territorio y a la pérdida de superficie agrícola. Esto ha provocado, sobre todo en la zona de El Prat un aumento de la salinización. El reto para los próximos años es la recuperación mantenida de la calidad del acuífero a partir de la implantación de distintas medidas correctoras y compensatorias, y una ordenación del acuífero que dependa del ciclo integral del agua, la pluviometría, los caudales del río... A partir de estas medidas, los acuíferos del Baix Llobregat pueden recuperar su calidad sin que esto implique o suponga una reducción adicional de extracciones a la llevada a cabo en los últimos años. Para ello hay que aumentar las infraestructuras de recarga artificial.

Palabras clave: buen estado cualitativo, intrusión salina, presión urbana, purga, recuperación mantenida

## ***The Water Users Community from Llobregat Low Valley and Delta: An experience in the management of a coastal aquifer since 30 years old***

### ABSTRACT

*The Comunitat d'Usuaris d'Aigües de la Vall Baixa i Delta del Llobregat (Water Users Community from Llobregat Valley and Delta), is the oldest in Spain and it has recently celebrated its 30<sup>th</sup> anniversary. During its first 15 years, the quality of groundwater became worse because of the overexploitation of groundwater at the same time that the new urban and port infrastructures were introduced in this area. The following years were characterized by lower groundwater exploitation than before, but a lower aquifer recharge due to territory water-proofing and the losing of agrarian surface. All of these points are the cause of salt water intrusion in the Delta aquifer, especially in Prat de Llobregat zone. The challenge for the following years must be conditioned in order to keep quality aquifer recuperation by implanting different corrective and compensatory measures and aquifer evaluations considering the integral water cycle, the rainfall, the water level of river... By applying these measures, the Baix Llobregat aquifers can recover their quality without an additional reduction of the groundwater abstraction compared to last years. For all these we must increase the artificial recharge infrastructures.*

*Key words: good condition, purge, salt water intrusion, sustainable recovery, urban pressure*

## Introducción

El 13 de octubre de 1976 se celebró la primera reunión de la Junta gestora, embrión de nuestra Comunidad de Usuarios cuya constitución culminó en el año 1982 (Ferret, 1988). Esta Comunidad, la primera de aguas subterráneas en el Estado español, se creó según el régimen jurídico de la Ley de Aguas de 1879. Los acuíferos del Delta del Llobregat mostraban claros síntomas de salinización, sobre todo en la margen izquierda, y su explotación había tocado techo. La racionalización de las extracciones y la unión de

los distintos usuarios e intereses sobre el agua permitieron mejorar la explotación de esta. La creación de la Comunidad de Usuarios de Aguas permitió concienciar a los usuarios y empezar a trabajar por el interés general de todos ellos: la protección del acuífero.

Su denominación inicial era la de *Comunidad de Usuarios de Aguas del Área Oriental del delta del río Llobregat*, por ser su ámbito de actuación restringido a la margen izquierda, a El Prat de Llobregat y Cornellà de Llobregat (Figura 1B).

En el año 1988, con la publicación del Decreto

328/88 por el que se establecen normas de protección y adicionales en materia de procedimiento en relación a distintos acuíferos de Cataluña (DOGC, 1988), se definieron los límites de los acuíferos del Valle Bajo y Delta del Llobregat, los cuales en la Junta de Gobierno de 1990 se asumieron como propios, pasándose a denominar *Comunitat d'Usuaris d'Aigües de la Vall Baixa i Delta del Llobregat* (CUADLL).

El ámbito de competencia de la CUADLL incluye los acuíferos aluviales del Valle Bajo y los acuíferos deltaicos superficiales y profundo del Delta del Llobregat (Figura 1C y 2).

El inventario de aprovechamientos de la CUADLL dispone de alrededor de 750 pozos. El porcentaje de aprovechamientos según los usos se presenta en la Figura 3. Anualmente, en nuestro ámbito, debido sobre todo a la implantación de nuevas infraestructuras y al reemplazo de pozos preexistentes, se sellan del orden de medio centenar de puntos de agua y se perforan medio centenar de puntos nuevos, de manera que en conjunto, el número total tiende a mantenerse. No obstante, hay una tendencia al aumento del número de piezómetros respecto a otras tipologías de usos, como consecuencia de la transformación del territorio.

### Evolución de los niveles piezométricos

Desde el punto de vista de los niveles piezométricos, se observa que las importantes extracciones de la década de los setenta supusieron alcanzar a unos niveles mínimos históricos (Figura 4). Por el contrario, a partir de los años ochenta se empieza a explotar el acuífero de forma más razonable, aunque a finales de los noventa se volvió a producir otro mínimo histórico en los niveles debido a un período de sequía. En estos últimos quince años, la explotación del acuífero ha sido mucho más uniforme y sostenida. Durante el año 1996 se produjo un máximo histórico en los niveles que tuvo que ser corregido mediante bombeo debido a la inundación de algunos sótanos y parkings. La conjunción de la reducción de la extracción junto con un año hidrológico húmedo, comportó la afección a estructuras enterradas o excavadas (Custodio, 2004). Este hecho ha restado capacidad de almacenamiento del acuífero al tener que mantener los niveles por debajo de la cota del nivel del mar.

Así pues, durante los últimos años los niveles se han mantenido alrededor de  $-6 \pm 2$  msnm en El Prat de Llobregat (centro del Delta). También el hecho de gestionar las explotaciones con niveles por debajo

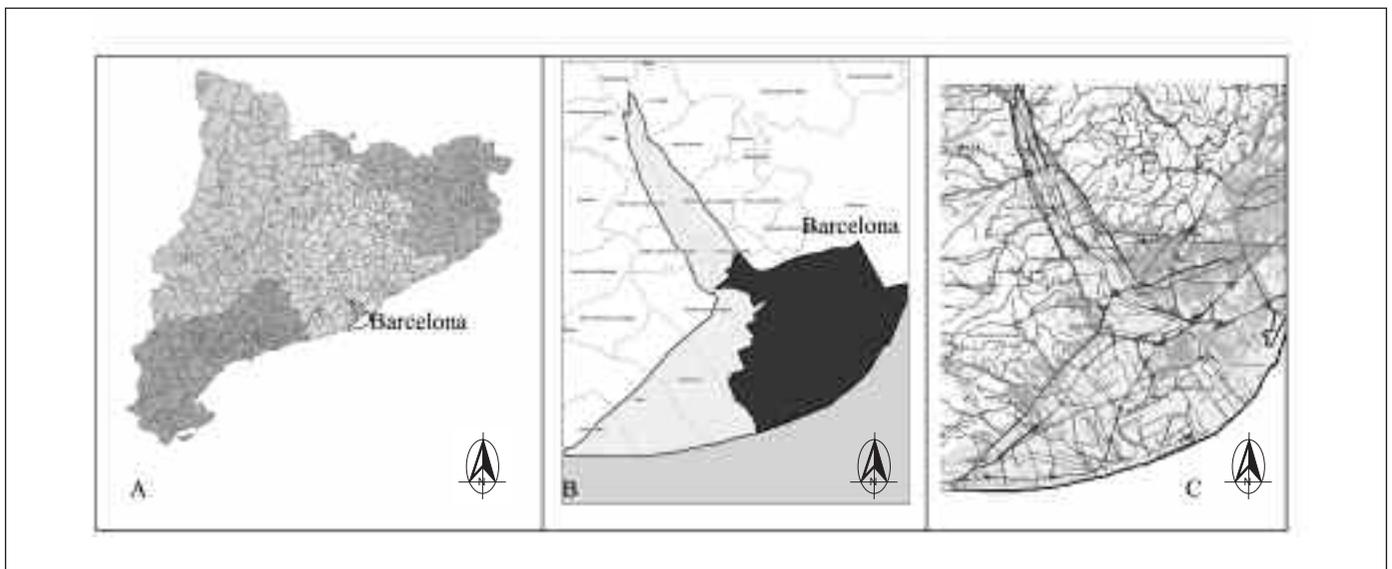


Figura 1. A. Situación geográfica de la Comunidad de Usuarios del valle Bajo y delta del Llobregat (CUADLL) en Cataluña. B. Ámbito de la antigua Comunidad de Usuarios de Aguas del Área Oriental del Delta del Río Llobregat (en oscuro). C. Delimitación actual de acuerdo con el Decreto 328/88 de 1988

Figure 1. A. Location map of the Water Users Community from Llobregat low valley and delta (CUADLL) in Catalonia. B. Old area of Water Users Community from Llobregat oriental delta (dark zone). C. Actual area of CUADLL since 1988 Decreto 328/88

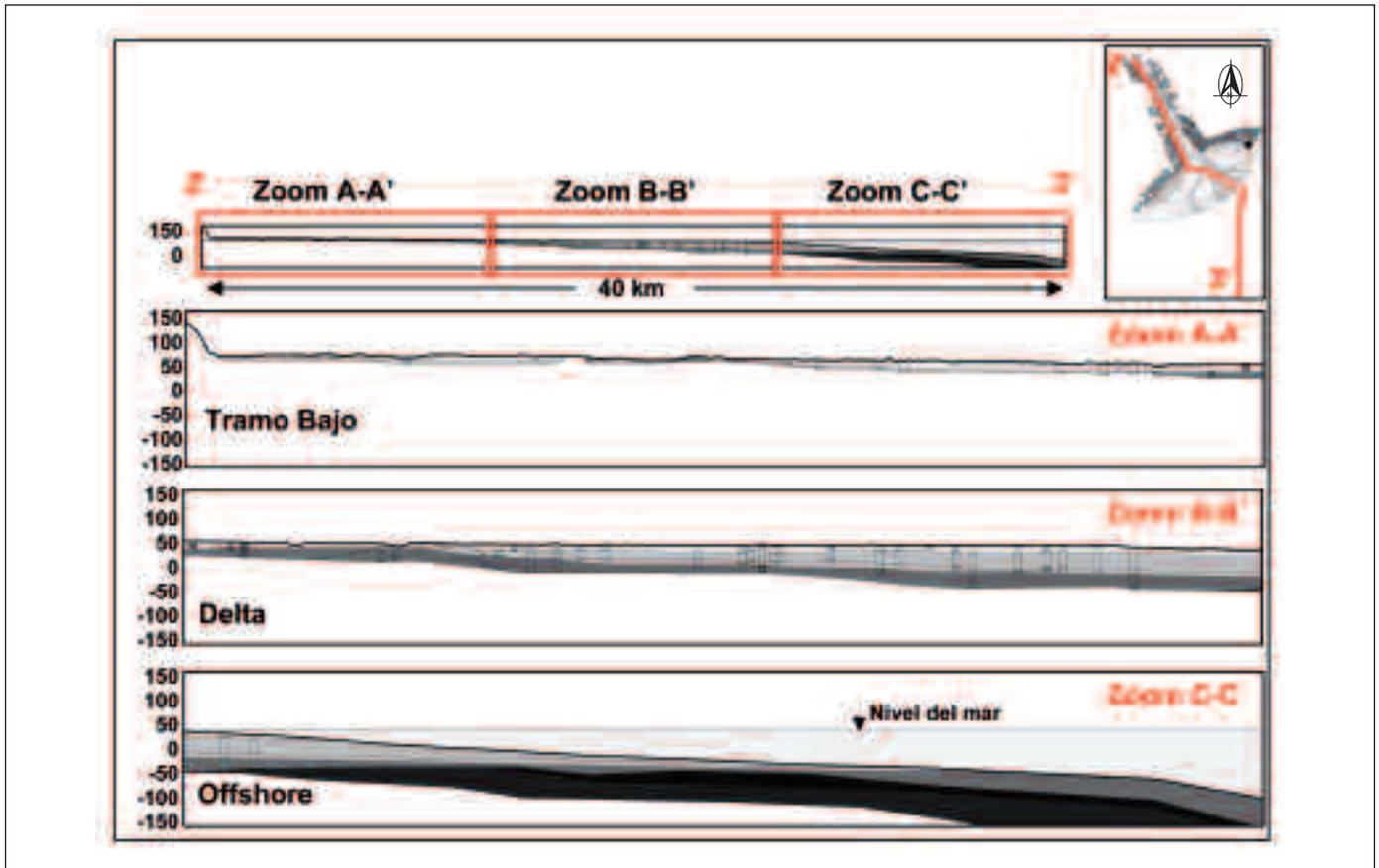


Figura 2. Corte geológico de los acuíferos aluviales y deltaicos de la Cubeta de Sant Andreu de la Barca, el valle Bajo y delta del Llobregat (Queralt *et al.*, 2005)  
Figure 2. Geological section of the alluvial and deltaic aquifer from: Sant Andreu de la Barca basin and the Llobregat low valley and delta (Queralt *et al.*, 2005)

del nivel del mar impide una mejoría sustancial del acuífero ya que el gradiente mar-acuífero se mantiene. El desequilibrio entre extracciones y recarga continúa vigente y por tanto es la asignatura pendiente del acuífero.

Finalmente durante la sequía de 2005, cuando los recursos superficiales almacenados escaseaban, el acuífero proporcionó un aporte complementario de agua de unos 12 hm<sup>3</sup> para el abastecimiento del área metropolitana de Barcelona, sin que esto supusiera un descenso histórico de los niveles piezométricos ni un empeoramiento de la calidad del acuífero correlacionable con el episodio intenso de explotación. Esta afirmación puede justificarse por la implantación de una red de control químico específica, que permitió evaluar la relación entre esta extracción puntual y la evolución de la calidad del acuífero.

### La recarga natural

Dentro de los trabajos realizados por la CUADLL, se ha estudiado y evaluado la recarga en función de los cambios en los usos del suelo. Las entradas al acuífero son de 83.8 hm<sup>3</sup>/año de media en el período 1965-2005, de los cuales el 33 % (27,7 hm<sup>3</sup>/año) corresponde a la recarga por infiltración de agua de lluvia a través del suelo, el 25 % (21,1 hm<sup>3</sup>/año) corresponde a la infiltración del río, el 17 % (14,1 hm<sup>3</sup>/año) corresponde a la entrada a través del aluvial de la Cubeta de Sant Andreu y de la Riera de Rubí y el 16 % (13,2 hm<sup>3</sup>/año) corresponde a entradas laterales a través de los coluviales y zócalos adyacentes y finalmente, el 9% (7,7 hm<sup>3</sup>/año) corresponde a las entradas de agua de mar (CUADLL, 2007). Cabe destacar además que en el caso de la infiltración a través del suelo el papel

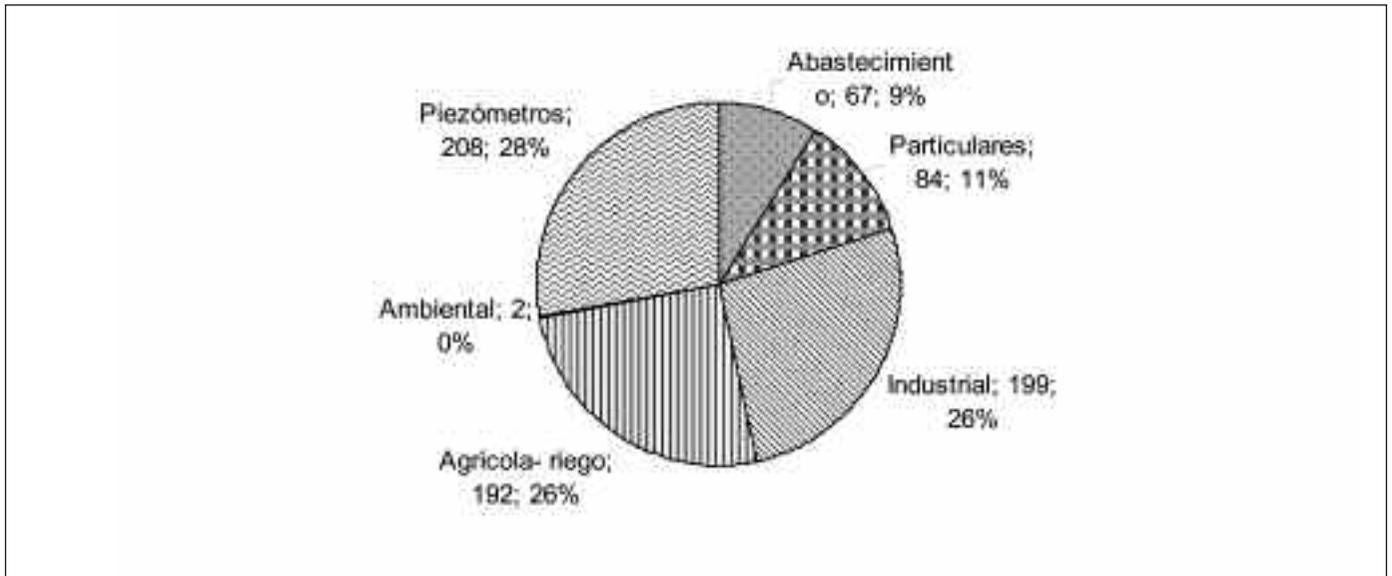


Figura 3. Distribución de los aprovechamientos en función de los usos. Número de pozos y porcentaje  
 Figure 3. Use of groundwater in CUADLL area. Number of wells and percentage

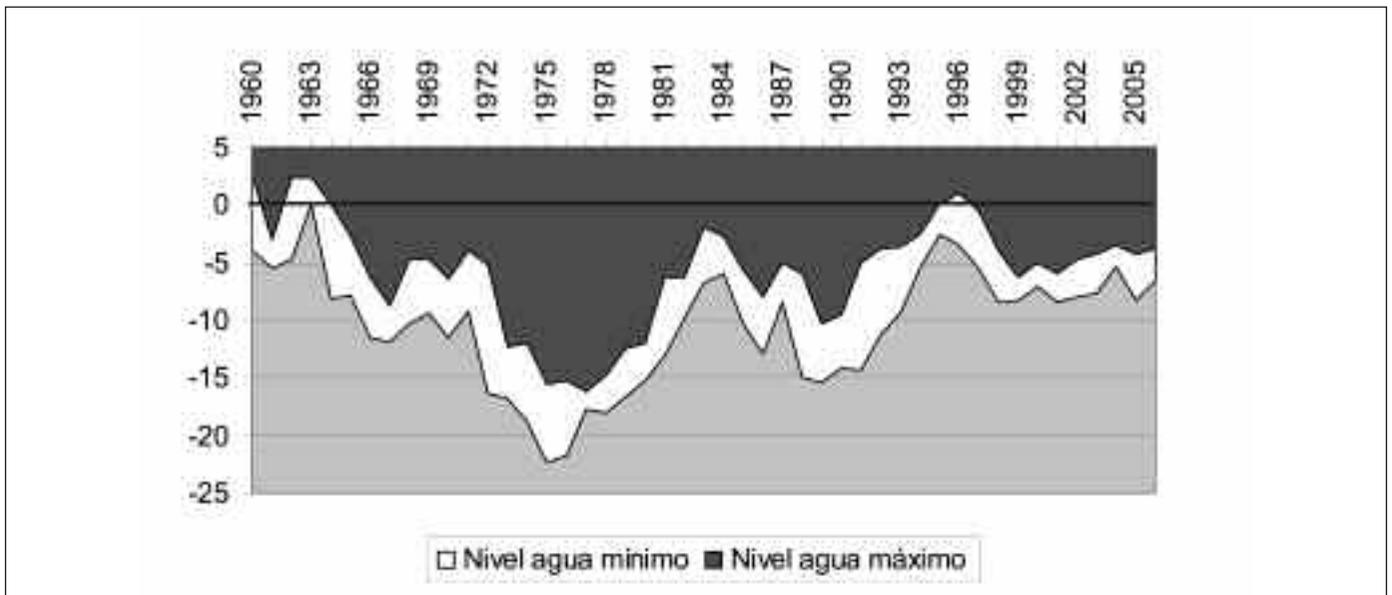


Figura 4. Evolución del nivel máximo y mínimo del acuífero profundo del delta del Llobregat desde 1960 a 2006  
 Figure 4. Water level evolution during the 1960 - 2006 period in the Deep Llobregat delta Aquifer

de la superficie agrícola es fundamental, tal y como se observa en el listado de la Tabla 1.

Así pues, para garantizar una recarga inducida al acuífero, es importante la protección y preservación de la agricultura urbana y peri urbana. En el caso del Delta del Llobregat, existen distintos orígenes de agua para el riego, además de las aguas subterráneas:

agua superficial del río, agua depurada de la EDAR de Gavà- Viladecans, y agua regenerada de la EDAR del Baix Llobregat (Prat de Llobregat). Esta aportación de agua contribuye de manera importante a mantener los niveles freáticos, sobre todo en el acuífero superficial y en el hemidelta occidental.

Además, analizando detalladamente la evolución

Tipología de suelo	Delta (%)	Valle Bajo + Cubeta Sant Andreu (%)
Zona no urbana y no regada	17,4	15,0
Huerta	80,2	52,4
Frutales	0,5	30,4
Infraestructuras	0,7	0,8
Zona Urbana	1,2	1,4

Tabla 1. Contribuciones parciales de la infiltración a través de cada tipología de suelo (CUADLL, 2007)

Tabla 1. *Partial contributions of the surface water infiltration according to soil typology (CUADLL, 2007)*

de los usos del suelo, la pérdida de capacidad de recarga por impermeabilización del territorio se cuantifica en 5 hm<sup>3</sup>/año durante el período 1995- 2001 (CUADLL, 2007). Esta pérdida no ha sido compensada por infraestructuras de recarga, de manera que año tras año el déficit hídrico acumulado de los acuíferos ha ido creciendo. Finalmente, junto a la pérdida de territorio "infiltrable", también hay que tener en cuenta la progresiva pérdida de pluviometría estimada en 2.4 mm/año de media en el período 1965-2005, efecto que repercute también en la reducción de recarga.

### Historia de la explotación de los acuíferos

La reducción de la extracción de agua subterránea en la década de los sesenta vino motivada por la entrada en funcionamiento de la ETAP de aguas superficiales del río Llobregat en Sant Joan Despí en el año 1955, y posteriormente en el año 1966 por la llegada a Barcelona del agua trasvasada del río Ter. Estas dos fuentes de aprovisionamiento posibilitaron una gestión más racional del acuífero. Asimismo, en el año 1969 se pusieron en servicio los pozos de recarga en profundidad de Cornellà de Llobregat, con una capacidad nominal de 1 m<sup>3</sup>/s (AGBAR, 1994), que infiltraban los excedentes potabilizados de la ETAP. Esta técnica complementó la recarga artificial que ya se realizaba desde 1950, consistente en el escarificado del lecho del río.

Más adelante, a finales de la década de los años setenta y toda la década de los ochenta, el esfuerzo para la mejora de los procesos industriales gracias a las nuevas tecnologías y a la acción sensibilizadora de la CUADLL, provocó unas reducciones más importantes de las extracciones (Figura 5). En una primera

fase se llevaron a cabo tareas de concienciación, orientadas a impulsar una correcta utilización del agua dentro de los procesos productivos. Se creó, por tanto, una comisión de ahorro y se realizaron campañas de sensibilización interna en cada una de las industrias. Es entonces cuando la media anual de extracción se estabilizó en torno a los 60 hm<sup>3</sup>/año.

A partir de 1979, las grandes industrias de El Prat empezaron a realizar inversiones importantes para implantar medidas de ahorro, que se pueden resumir en las siguientes actuaciones:

- Instalación de contadores sectorizados internos de agua.
- Instalación de torres de refrigeración con el fin de implantar circuitos de refrigeración cerrados, y también circuitos secundarios de agua recirculada en diferentes intercambiadores de calor.
- Implantación y mejora de los tratamientos físico-químicos y biológicos internos de agua.
- Instalación de plantas de cogeneración que, además de favorecer un ahorro energético, también provocaron una reducción del agua suministrada a los generadores de vapor, y en algún caso se inició la recuperación de aguas para procesos secundarios (Ferret, 1992).

Además, desde los años ochenta, también se está asistiendo a una progresiva reducción de las extracciones de uso industrial, debido al cierre de algunas de ellas. Esta reducción ha tenido una tendencia escalonada y es fruto del proceso de modernización de nuestra sociedad (Queralt, 2004). Las causas del proceso de desindustrialización que se están dando en el área metropolitana de Barcelona actualmente se pueden atribuir al elevado precio del suelo, a la deslocalización, y a la aplicación del Plan Delta.

Como consecuencia de todo lo expuesto, a partir de 1997 las extracciones para abastecimiento han superado a las de uso industrial, después de que en la década anterior se mantuvieran en equilibrio relativo, tendencia que continuará así hasta nuestros días.

Los cierres de los últimos cinco años, así como la mejora de la eficiencia del resto de procesos industriales, han provocado que en el periodo 2000-2006, la reducción de la extracción para uso industrial esté cuantificada en 10 hm<sup>3</sup>/año. En la actualidad, la perspectiva de futuro de las industrias varía en función del sector productivo al que pertenecen.

Es importante destacar que, en los últimos años, ha surgido un nuevo tipo de usuario del acuífero, que realiza una extracción pero no da uso al agua: la construcción de sótanos, *parkings*, metros, etc. a menudo requiere la extracción de agua subterránea para su implantación. En la Comunidad de Usuarios se pro-

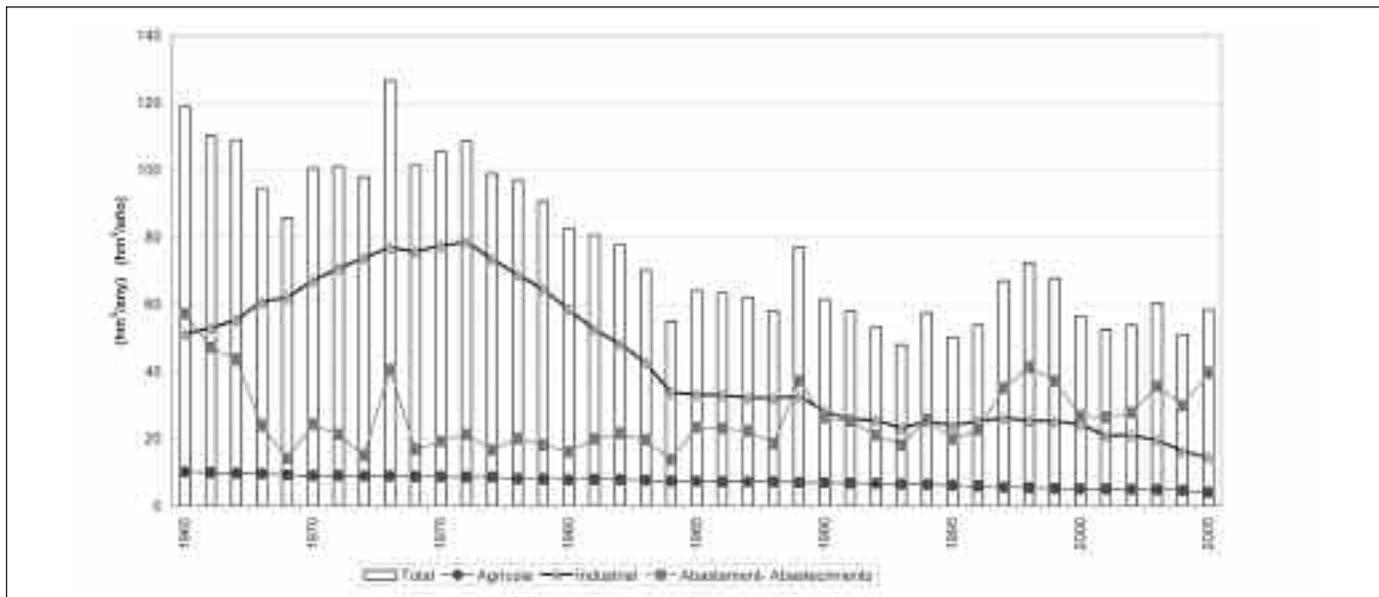


Figura 5. Evolución de las extracciones en el acuífero del Valle Bajo y profundo del Delta del Llobregat  
 Figure 5. Evolution of the groundwater abstractions in Low Valley and deep Delta Llobregat aquifer

cede a su inscripción con carácter temporal. Algunos de estos usuarios han realizado extracciones de 2 hm<sup>3</sup>/año, valor más que destacable en comparación con otros usuarios de carácter "permanente".

### Hidrogeoquímica y calidad del acuífero

La CUADLL dispone de una red de control químico formada por casi 200 puntos, que permite realizar un importante seguimiento del estado cualitativo de la intrusión salina y de otros tipos de contaminación, tanto a nivel espacial como temporal.

Las características geoquímicas de las aguas subterráneas, vienen determinadas por la calidad química del agua que recarga el acuífero. Así, en el Valle Bajo las aguas son de tipo clorurado-sulfatado sódico magnésico debido a la fuerte influencia de las aguas del río Llobregat. Al entrar estas aguas en el Delta aumenta su concentración en cloruro pasando a aguas del tipo clorurado sódico magnésico. En la zona donde la intrusión salina es mayor este agua es del tipo clorurado sódico.

Las contaminaciones presentes en el Valle Bajo y en el acuífero profundo del Delta, son las típicas de un acuífero costero y de un acuífero con fuerte presión antrópica. Estas contaminaciones repercuten directamente sobre la explotación. A continuación se recopilan las principales contaminaciones que han

provocado efectos sobre la explotación de los acuíferos:

- La intrusión salina, fomentada por un desequilibrio entre la recarga y las extracciones y favorecida por la construcción de la dársena portuaria tierra adentro durante los años setenta (Figura 6). La Zona Franca (hemidelta izquierdo) presenta la mayor entrada de agua de mar la cual se desplaza hacia el municipio de El Prat. La zona más costera de Gavà y Viladecans (hemidelta derecho) presenta valores superiores a 1000 mg/L de cloruros.
- Contaminación por aportaciones salinas del río Llobregat. Una parte se debe a la minería potásica ubicada en la comarca del Bages (tramo medio de dicho río). Durante los años 80, se procedió a la construcción de un colector de salmueras que vertía al inicio del Delta y que en el año 2003 se prolongó hasta el mar. Esta construcción ha permitido rebajar sensiblemente la carga mineral de dicho río (Godé, 2003). Otra parte tiene su origen en los efluentes salinos que procedentes de la EDAR de Rubí i Sant Feliu vierten a través del Tubo del Governador justo al inicio del Delta. Este hecho provoca que en el ápice del Delta, las concentraciones de cloruros de las aguas subterráneas aumenten y oscilen entre 500 y 1000 mg/L. En el Valle Bajo se puede diferenciar la margen

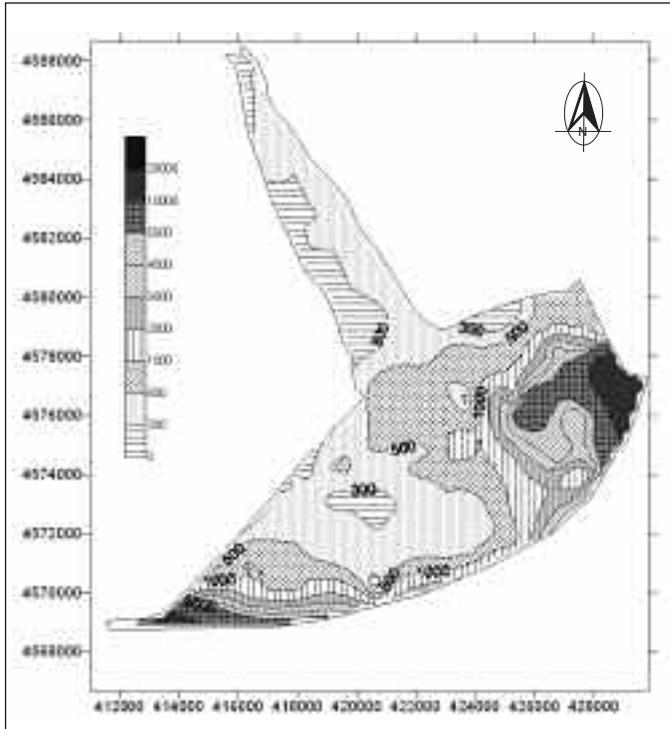


Figura 6. Mapa de isocloruros (mg/L) del Valle Bajo y acuífero profundo del año 2005 (datos CUADLL, 2006b)  
 Figure 6. Isochloride map (mg/L) in Low Valley and deep Delta Llobregat aquifer (data from CUADLL, 2006b)

derecha con valores inferiores a los 300 mg/L y, la margen izquierda con valores superiores. Esto se atribuye a las pérdidas del canal de la Infanta y a su riego, que favorecen el aumento de la salinidad del acuífero.

- Contaminación por disolventes clorados debido a la lixiviación de antiguos vertederos. Esta contaminación afloró en el año 1974 y reaparece en función de los niveles piezométricos (Luque, 1998). En el Delta del Llobregat, este tipo de contaminación se detectó en el año 1994. La solución aplicada fue la implantación de plantas de stripping en los pozos de abastecimiento (Miró *et al.*, 1999). Durante el año 2005, apareció un nuevo foco en Cornellà conjuntamente con uno de cromo hexavalente, donde se adoptó como solución la puesta en marcha de dos pozos a modo de barrera (CUADLL, 2006a).
- Contaminación por gasolina debido a un atentado terrorista en el año 1991 que afectó a distintos pozos de abastecimiento. Esta desconta-

minación se realizó por medio de una extracción de aire de la zona no saturada y de un bombeo del agua del acuífero, tratándola en unas columnas de stripping con aire y evacuándola a un colector de aguas residuales (Luque, 1998).

- Contaminación por amoníaco. En mayo de 1995 se produjo una contaminación puntual debida a pérdidas de un colector de aguas residuales con la consiguiente afección al acuífero. Asimismo y de manera difusa este compuesto presenta valores sustanciales en los márgenes del Delta (CUADLL, 2006b).
- Contaminación por nitratos. Ubicada en la zona urbana de Gavà y Viladecans y causada por las pérdidas de la red de saneamiento y por las aportaciones de las aguas depuradas de la EDAR de Gavà- Viladecans. Esta contaminación ha comportado la paralización de unos pozos de abastecimiento y la mejora de los tratamientos en pozos industriales.
- Contaminación por hierro y manganeso y otros metales. Estas contaminaciones presentan un carácter puntual.
- Contaminaciones microbiológicas. En el caso de detectarse una contaminación de este tipo en algún pozo del acuífero profundo, se debe a que su camisa o espacio anular comunica con aguas más someras.

El hecho de existir tantos tipos de contaminaciones dificulta la definición del buen estado cualitativo, ya que habría que estudiar la implantación de medidas correctoras que contribuyan de manera global al buen estado, y no para un ión concreto. La inyección de agua de calidad controlada puede favorecer la descontaminación del acuífero por desplazamiento del agua dentro de éste.

### Balance hídrico

Aunque las extracciones del acuífero hayan tendido a disminuir y los niveles de las aguas subterráneas a recuperarse, el efecto de recuperación del acuífero no ha sido tan notable debido a la reducción de la recarga natural. En consecuencia el déficit hídrico, si bien ha disminuido, continúa existiendo. Este déficit queda reflejado en el empeoramiento de la calidad del agua por intrusión salina. Si bien las extracciones en los últimos años han sido mantenidas alrededor de los 60 hm<sup>3</sup>/año, esto no ha repercutido en la mejora de la calidad debido a la necesidad de mantener los niveles por debajo del mar (gradientes mar-tierra) y a la reducción de la recarga natural. Este hecho

viene motivado por la necesidad de evitar las inundaciones de sótanos y, por tanto, no existe la posibilidad de invertir este gradiente de manera natural con una simple recuperación de niveles o una menor explotación del acuífero.

### La ordenación del acuífero

En muchos casos, cuando se afronta la ordenación de un acuífero, la Administración Hidráulica articula las fórmulas que considera más oportunas para una ordenación de las extracciones. Sin embargo, en un área urbana y peri urbana como es el Delta del Llobregat, donde existen infraestructuras viarias, ferroviarias, portuarias, aeroportuarias..., con serios impactos sobre el acuífero, su plan de ordenación debería tenerlas en cuenta, de manera que contemple también todos los componentes que influyen sobre el ciclo integral del agua.

Ya en el año 1996, el Presidente de la Junta de Aguas de Cataluña estableció, sobre la autorización de obras a la Autovía del Bajo Llobregat, tramo Martorell- Cinturón litoral, en Dominio Público Hidráulico y su zona de policía, la condición de un sistema de recarga con una capacidad de 10 hm<sup>3</sup>/año para infiltrar al acuífero. Esta actuación debía ser una

medida compensatoria al impacto de esta obra. Pero el resultado es que pasados los diez años, esta medida compensatoria no ha sido llevada a cabo.

Por otro lado, en algunas de las declaraciones de impacto ambiental relacionadas con las grandes obras de infraestructuras enmarcadas en el Plan Delta, se considera el efecto de reducción de recarga por impermeabilización del suelo como casi despreciable. Sin embargo, la suma de todas las obras ha generado un impacto nada despreciable. Por tanto es de vital importancia en un ámbito tan sensible como el Delta del Llobregat y con tanta presión, que los impactos se analicen de una manera global.

Dada la constatación de la existencia de un déficit hídrico, es de vital importancia definir y cuantificar las causas. A la hora de aplicar posibles recuperaciones de costes, se deberán atribuir éstos a las causas que realmente han generado este desequilibrio; en este caso la impermeabilización es atribuible a una obra concreta. Su medida compensatoria, explotación y mantenimiento debería ser sustentada por la misma administración que ha generado el impacto.

De esta forma, las distintas Administraciones contribuirían de manera directa y con carácter permanente, a la sustentación del ciclo integral del agua en un territorio, pues ya que el ciclo es integral, la contribución también debería serlo.

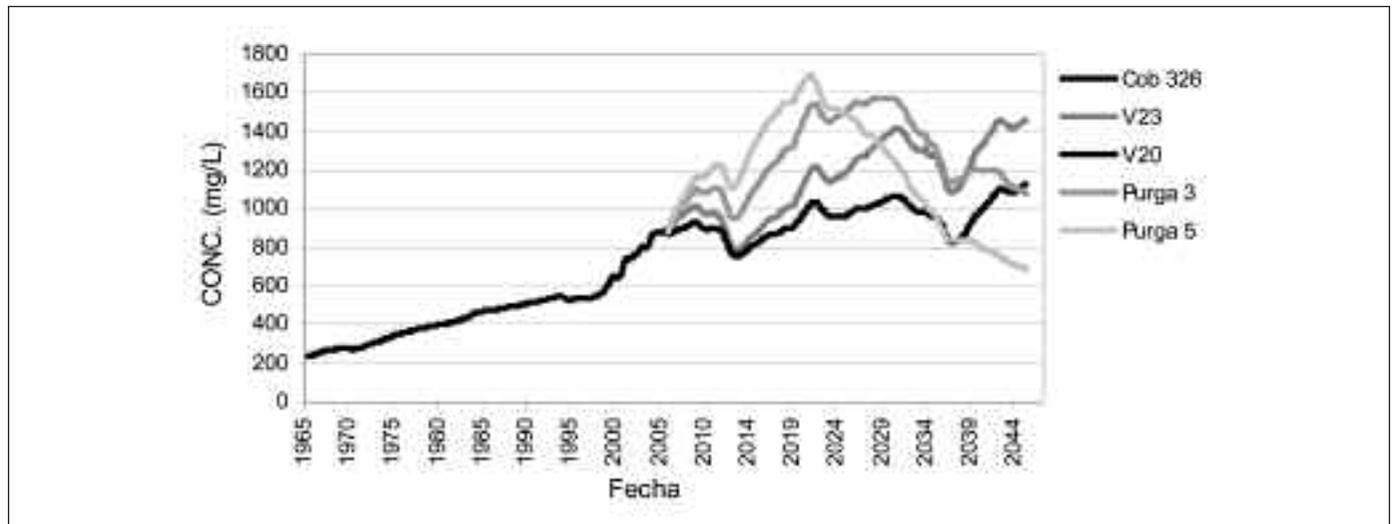


Figura 7. Evolución de la concentración de cloruros en el núcleo de El Prat. Cob326: Datos calculados y calibrados. V23: Con medidas (15 hm<sup>3</sup> de balsas y 5.5 hm<sup>3</sup>/año de barrera hidráulica). V20: Simulación sin medidas. Purga 3: Con medidas (15 hm<sup>3</sup> de balsas y 9.5 hm<sup>3</sup>/año de barrera hidráulica) y aumento de la extracción de 4 hm<sup>3</sup>/año. Purga 5: Con medidas (15 hm<sup>3</sup> de balsas y 13.5 hm<sup>3</sup>/año de barrera hidráulica) y aumento de la extracción de 8 hm<sup>3</sup>/año

Figure 7. Evolution of chlorides concentration in Prat center. Cob326. Calibrated and calculated data. V23. Measured data (15 hm<sup>3</sup> of recharge pool and 5.5 hm<sup>3</sup>/year of hydraulic barrier). V20: Simulation without measures. Purga 3: With measured data (15 hm<sup>3</sup> of recharge pool and 9.5 hm<sup>3</sup>/year of hydraulic barrier) and groundwater abstraction increase quantified in 4 hm<sup>3</sup>/year. Purga 5: With measured data (15 hm<sup>3</sup> of recharge pool and 13.5 hm<sup>3</sup>/year of hydraulic barrier) and groundwater abstraction increase quantified in 8 hm<sup>3</sup>/year

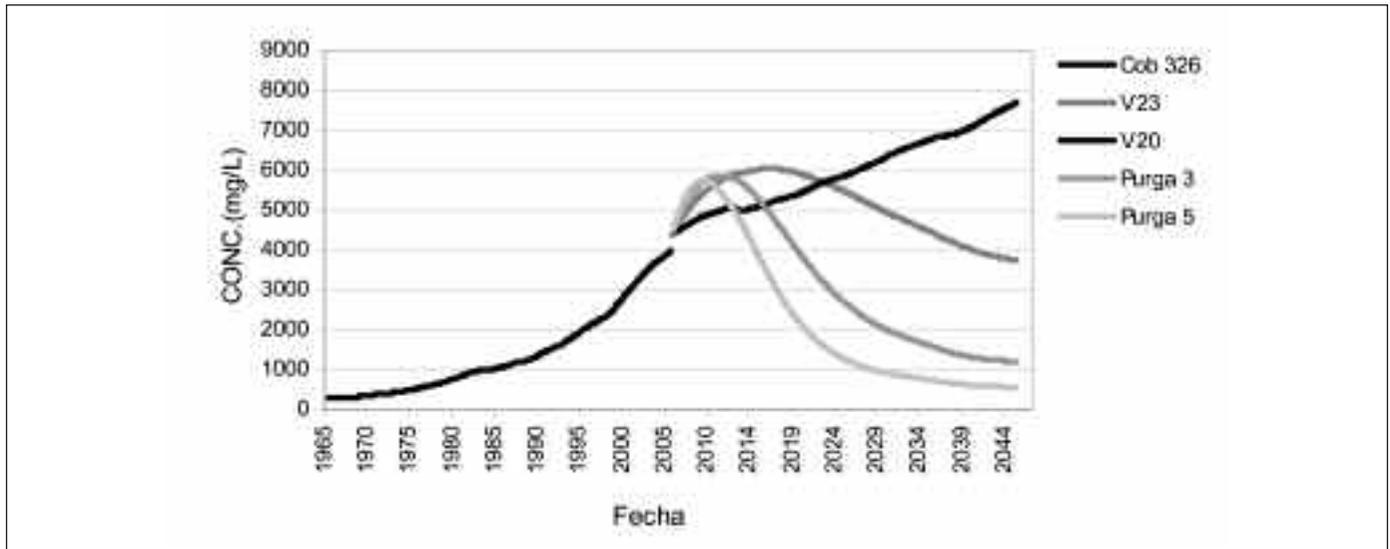


Figura 8. Evolución de la concentración de cloruros en el sur del núcleo del Prat. Cob326: Datos calculados y calibrados. V23: Con medidas (15 hm<sup>3</sup> de balsas y 5.5 hm<sup>3</sup>/año de barrera hidráulica). V20: Simulación sin medidas. Purga 3: Con medidas (15 hm<sup>3</sup> de balsas y 9.5 hm<sup>3</sup>/año de barrera hidráulica) y aumento de la extracción de 4 hm<sup>3</sup>/año. Purga 5: Con medidas (15 hm<sup>3</sup> de balsas y 13.5 hm<sup>3</sup>/año de barrera hidráulica) y aumento de la extracción de 8 hm<sup>3</sup>/año

Figure 8. Evolution of chlorides concentration in Prat south center. Cob326. Calibrated and calculated data. V23. Measured data (15 hm<sup>3</sup> of recharge pool and 5.5 hm<sup>3</sup>/year of hydraulic barrier). V20: Simulation without measures. Purga 3: With measured data (15 hm<sup>3</sup> of recharge pool and 9.5 hm<sup>3</sup>/year of hydraulic barrier) and groundwater abstraction increase quantified in 4 hm<sup>3</sup>/year. Purga 5: With measured data (15 hm<sup>3</sup> of recharge pool and 13.5 hm<sup>3</sup>/year of hydraulic barrier) and groundwater abstraction increase quantified in 8 hm<sup>3</sup>/year

En diciembre de 2004, la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), desarrolló por encargo de la Agencia Catalana de l'Aigua, un modelo numérico de gestión de los acuíferos de la Cubeta de Sant Andreu de la Barca, el Valle Bajo y el Delta del Llobregat (ACA, 2005). Este modelo ha sido cedido a la CUADLL, la cual lo ha ido actualizando y evolucionando. El modelo resultante está realizado y calibrado a partir de una serie de datos desde 1965 a 2005.

El modelo numérico está permitiendo evaluar distintas alternativas de gestión del acuífero. A "priori", se puede pensar que si se reducen las extracciones la intrusión disminuirá, como sucede en aquellos acuíferos donde se puede invertir el gradiente mar-tierra por efecto de esta reducción. No obstante, se han realizado distintas simulaciones en las que a partir de un escenario base, se añaden los mismos volúmenes de extracción y de recarga artificial, de manera que se mantiene la variación del almacenamiento. En estas simulaciones se observa que en la parte del Delta donde se implementa la recarga artificial, la mejora cualitativa del acuífero es más rápida cuanto más extracción y recarga se produce (Figuras 7 y 8). Las zonas donde se concentran las mayores explotaciones del acuífero son las que presentan una especial mejora (Figuras 9 y 10).

Así pues, la recarga artificial contribuye a restituir el gradiente en las zonas próximas al mar y provoca el efecto "purga" del embalse subterráneo. La calidad del agua subterránea mejora de manera más rápida al inyectar agua de mejor calidad a la que hay almacenada, y al mantener la extracción de aquellos pozos que extraen agua de mala calidad (agua salinizada). Por este motivo, se justifica que la reducción de extracciones no siempre provoca una mejora del sistema.

En la actualidad, se está trabajando en la realización de simulaciones de acuerdo con distintos escenarios posibles. Estos escenarios deben tener en cuenta, por un lado, la variabilidad hidrológica y pluviométrica de la cuenca para conjugar el uso conjunto (aguas superficiales y subterráneas). Por otro lado, hay que definir los caudales de explotación de acuerdo con las medidas correctoras (barrera hidráulica) y compensatorias (balsas de recarga) previstas y en fase de ejecución, con el fin primero, de invertir la tendencia del estado cualitativo, y segundo, de llegar al buen estado cualitativo de las aguas en un tiempo razonable. Estos caudales se definirán de acuerdo con el uso intensivo (extracción y recarga artificial). La ordenación del acuífero deberá incluir además, una red de control que permita comparar los resulta-

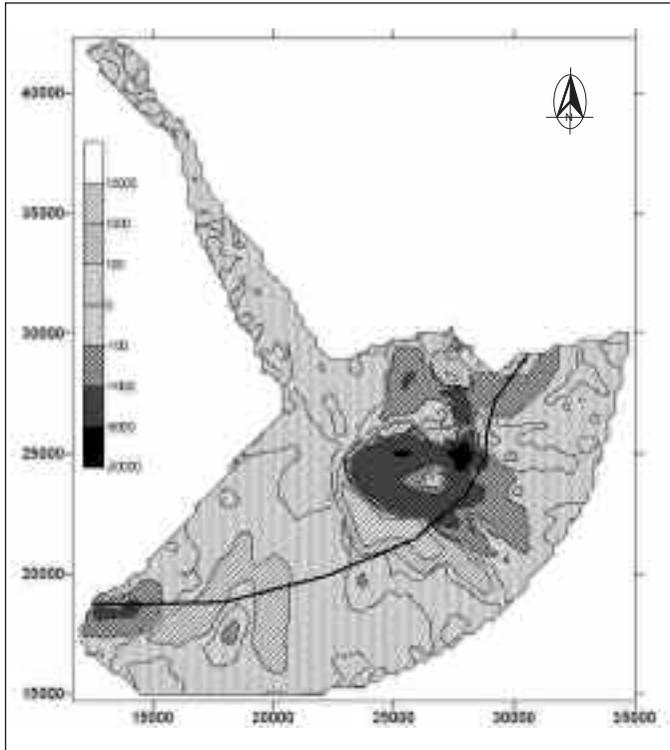


Figura 9. Mapa de isodiferencias de concentración de cloruros a 40 años entre un escenario con medidas (15 hm<sup>3</sup>/año de balsas y 5.5 hm<sup>3</sup>/año de barrera hidráulica) y un escenario con medidas (15 hm<sup>3</sup>/año de balsas y 9.5 hm<sup>3</sup>/año de barrera hidráulica) y aumento de la extracción de 4 hm<sup>3</sup>/año

*Figure 9. Isodifferences map of chloride concentration for 40 years between a scene with measured data (15 hm<sup>3</sup>/year of recharge pool and 5.5 hm<sup>3</sup>/year of hydraulic barrier) and scene with measured data and groundwater abstraction increase quantified in 4 hm<sup>3</sup>/year (15 hm<sup>3</sup>/year of recharge pool and 9.5 hm<sup>3</sup>/year of hydraulic barrier)*

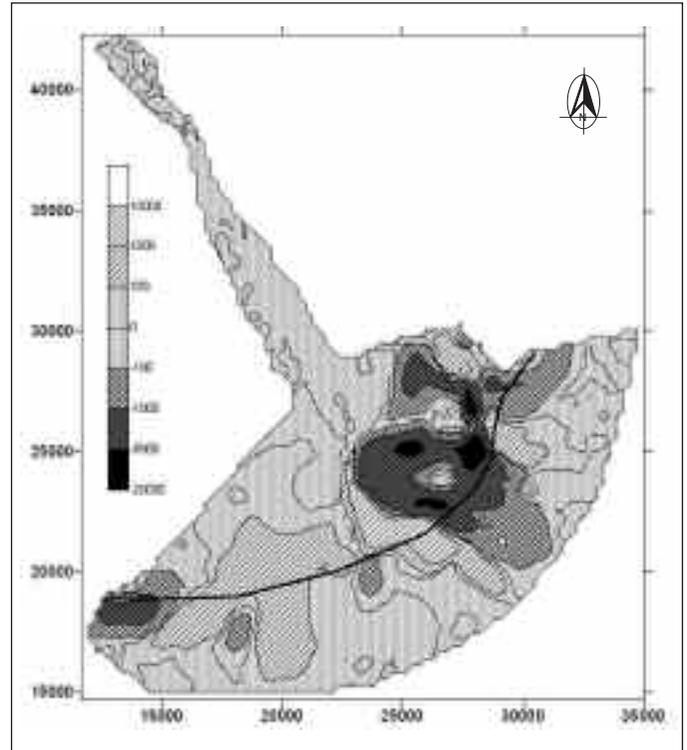


Figura 10. Mapa de isodiferencias de concentración de cloruros a 40 años entre un escenario con medidas (15 hm<sup>3</sup>/año de balsas y 5.5 hm<sup>3</sup>/año de barrera hidráulica) y un escenario con medidas (15 hm<sup>3</sup>/año de balsas y 13.5 hm<sup>3</sup>/año de barrera hidráulica) y aumento de la extracción de 8 hm<sup>3</sup>/año

*Figure 10. Isodifferences map of chloride concentration for 40 years between a scene with measured data (15 hm<sup>3</sup>/year of recharge pool and 5.5 hm<sup>3</sup>/year of hydraulic barrier) and scene with measured data (15 hm<sup>3</sup>/year of recharge pool and 13.5 hm<sup>3</sup>/year of hydraulic barrier) and groundwater abstraction increase quantified in 8 hm<sup>3</sup>/year*

dos obtenidos por el modelo con los datos muestreados, y a la vez deberá incluir la revisión de la calibración del modelo a partir de todos estos datos.

### Contribuciones al ordenamiento del acuífero

La ordenación de un acuífero tiene que hacerse no sólo con una visión de ordenación de las extracciones sino también de ordenación del territorio.

En este sentido en Cataluña, de acuerdo con la Ley de Urbanismo (Decreto Legislativo 1/2005, de 26 de julio, por el cual se aprueba el Texto refundido de la Ley de Urbanismo, DOGC 4436 – 28/7/2005) y su Reglamento asociado (Decreto 305/2006, de 18 de julio, DOGC 4682 – 24/7/2006), se establece la posibilidad de definir planes especiales de protección del subsuelo para proteger, entre otras cosas, las aguas

subterráneas. Estos planes implican a los Ayuntamientos, Consejo Comarcal, o bien la Comisión de Urbanismo del Departamento de Política Territorial y Obras Públicas, según la magnitud del ámbito a proteger. El Organismo de cuenca tiene potestad para promover un planeamiento urbanístico supramunicipal (...) pero es preferible que los promotores sean los mismos Ayuntamientos, ya que ellos son los que velarán por el cumplimiento de la reglamentación que se genere (Solà y Montaner, 2006). Estos planes, si bien aún no se ha desarrollado ninguno, pueden ser una buena herramienta para proteger los acuíferos urbanos y peri urbanos de la presión urbanística y, por tanto, impermeabilizadora del territorio.

En la zona del Llobregat, se ha desarrollado a nivel normativo el Edicto de 3 de marzo de 2004, por el que se publican las cláusulas técnicas aplicables en la

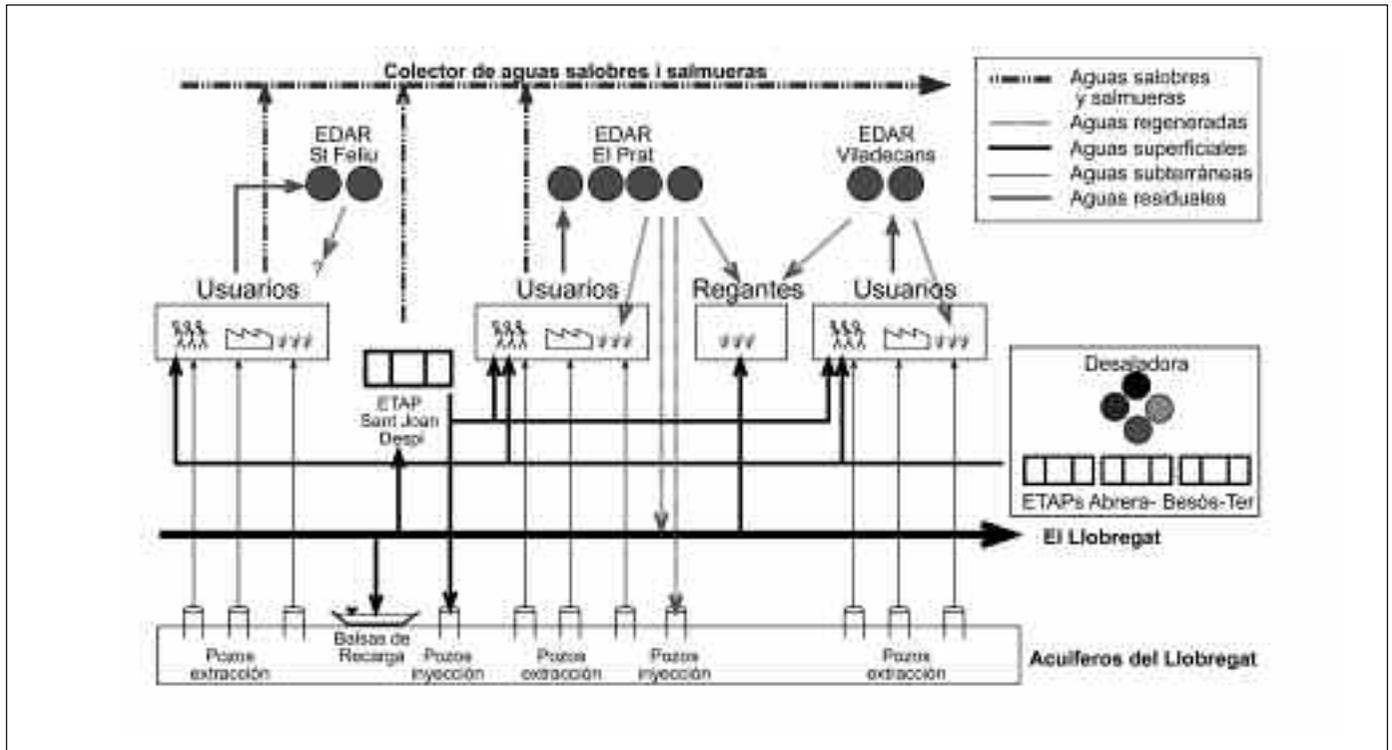


Figura 11. Esquema del ciclo integral del agua en el ámbito de la CUADLL  
 Figure 11. Schematic representation of integral water cycle in CUADLL area

autorización de trabajos y obras como las infraestructuras (metro, AVE, tanques de almacenamiento, pilotajes, sondeos), la urbanización del territorio y las extracciones de agua (DOGC 4093 - 17/3/2004). Esta normativa es un primer paso para el avance de la inclusión de medidas correctoras, compensatorias y de seguimiento de las obras e infraestructuras, específica en éste ámbito. No obstante este Edicto no ha tenido implicaciones urbanísticas, y por tanto hay que continuar avanzando en la definición y aplicación de perímetros de protección y de los planes especiales de protección del subsuelo.

### Las colaboraciones de la comunidad de usuarios

En los últimos años, la Comunidad de Usuarios ha aumentado sus colaboraciones con distintas instituciones. Así en Junio de 2.001 se firmó el primer Convenio de colaboración entre la Agencia Catalana de l'Aigua y la Comunidad. A través de éste la Agencia delega algunas competencias: balsas de recarga, ampliación de balsas, realización de un inventario de aprovechamientos, definición de un protocolo de sellado de pozos y su correcta ejecución,

y creación de una comisión técnica bilateral. En mayo de 2004 se firmó el segundo convenio con la Agencia ampliando competencias y con la incorporación del Departament de Medi Ambient i Habitatge. Las nuevas tareas delegadas que se apuntan, aunque quedan pendientes de su desarrollo, son el seguimiento y precintado de contadores y la implantación de una red de control químico que unifique los puntos de la CUADLL (180) con los de la Agencia Catalana de l'Aigua (20) (Solà, 2004).

La Comunitat d'Usuaris trabaja mediante convenio con otras instituciones para llevar a cabo proyectos de índole variada. Uno de los temas más importantes relacionado con la protección de los acuíferos es el seguimiento de las grandes obras, que, en mayor o menor medida, inciden sobre el acuífero. El Plan de Infraestructuras del Delta del Llobregat, bautizado como Plan Delta, supone un enorme riesgo frente a la preservación de los acuíferos. En la actualidad, la CUADLL está realizando el seguimiento ambiental de grandes obras en relación a su posible impacto sobre los acuíferos y en concreto de las obras del tren de alta velocidad y de la Línea 9 del Metro. La Mes Técnica de los acuíferos del Llobregat (METALL: órgano técnico adscrito a la Agencia Catalana de l'Aigua)

es la responsable de elaborar los dictámenes correspondientes, así como de establecer las obligaciones pertinentes al constructor sobre los impactos a los acuíferos del Llobregat. La CUADLL realiza las tareas de supervisión para garantizar la correcta ejecución del seguimiento. En definitiva, la Comunidad hace de "ojos" de la Administración en el territorio.

La CUADLL da soporte técnico a la Comunitat d'Usuaris d'Aigües de la Cubeta de Sant Andreu de la Barca. En la actualidad, se está trabajando en la reimplantación de unas balsas de recarga artificial conjuntamente con el IGME.

La Comunitat está trabajando en convenio con la Fundación AGBAR, para inventariar el patrimonio cultural vinculado a los usos del agua (patrimonio cultural hidráulico), desde Martorell al mar. Este convenio pretende, primero conocer lo que existe en nuestra comarca, para después poder crear rutas en el territorio que permitan divulgar este patrimonio.

Otro convenio recientemente finalizado es el de l'Institut Cartogràfic de Catalunya para la creación de un mapa hidrogeológico de nuestro ámbito (Queralt et al. 2006).

Asimismo, el año pasado culminó el convenio de colaboración con la UPC y el IGME sobre modelación en densidad variable. También culminó el convenio con el Centro de Estudios Comarcales del Baix Llobregat con la edición de un libro sobre el río Llobregat.

La CUADLL también es una de las impulsoras de la creación de la Asociación Española de Usuarios de Aguas Subterráneas (AEUAS). En la actualidad, desde esta asociación se ha participado en la propuesta de modificación de la Ley de Aguas, en la impulsión de nuevas Comunidades de Usuarios y en el convenio IGME-AEUAS. En el marco de este convenio, se está elaborando un código de buenas prácticas agrarias y urbanas y una guía práctica para la evaluación de extracciones de agua subterránea.

Finalmente, la CUADLL también está colaborando con la creación de una Comunidad de Usuarios de Aguas en Figuió (oasis de 12.000 habitantes situado al sudeste de Marruecos) de acuerdo con la legislación marroquí. Esta colaboración se desarrolla conjuntamente con la Fundación Solidaritat UB.

### Los retos desde la perspectiva de los usuarios

El Delta del Llobregat, a nivel hidrogeológico, es de los más estudiados y conocidos de todo el mundo (Carrera, 2004). En estos acuíferos se lleva más de 50 años aplicándose el uso intensivo (recarga artificial y extracción), así como el uso conjunto (aguas superfi-

ciales y subterráneas). Actualmente se está en fase de pruebas de una barrera hidráulica para la recarga con aguas regeneradas. También está prevista la implantación de una desaladora con una capacidad de producción similar a la del acuífero (60 hm<sup>3</sup>/año). Todas estas fuentes de suministro tienen que ser gestionadas desde un punto de vista integral, estableciendo criterios de usos y aprovechamientos según calidades, de manera que el ciclo resulta un tanto complejo (Figura 11).

Desde el punto de vista de los usuarios, la sostenibilidad del acuífero no tiene por qué implicar una reducción de su explotación ya que, tal y como se ha demostrado, con una mayor recarga artificial se consigue una mejora del sistema, traducida en más eficacia, eficiencia y garantías.

El otro aspecto relevante es el necesario control y seguimiento de los planes de ordenación, tanto a nivel cuantitativo como a nivel cualitativo. Los modelos numéricos permiten planificar y prever, pero deben siempre actualizarse con los datos suministrados por un sistema de control.

### Agradecimientos

El autor agradece las aportaciones de Jordi Massana, Vinyet Solà y Patricia Casanova, del Departamento Técnico de la CUADLL.

### Referencias

- ACA, 2005. *Programa de gestió dels aqüífers de la Cubeta de Sant Andreu de la Barca, Vall Baixa i delta del Llobregat*. Grupo de Hidrología Subterránea UPC. 191. Inédito.
- AGBAR, 1994. *L'aqüífer una infraestructura natural. Comunitat d'Usuaris del Delta del Llobregat*. Sant Boi de Llobregat. Publicación de la CUADLL.
- Carrera, J. 2004. Efectes hidrogeològics al delta del Llobregat i les experiències al riu Besòs. *Reunió General Tècnica CUADLL*. Cornellà de Llobregat. <http://www.cuadll.org/modules.php?name=jornades3> acceso en enero 2007. email: info@cuadll.org.
- CUADLL, 2006a. *Resum del Pla de Vigilància de les aigües en èpoques de sequera*. Departament tècnic. <http://www.cuadll.org/modules.php?name=documentacion#a6> acceso en enero de 2007. email: info@cuadll.org.
- CUADLL, 2006b. *Xarxa bàsica de control químic de la Comunitat d'Usuaris d'Aigües del delta del Llobregat*. Departament Tècnic. Informe de datos de 2005. Publicación de la CUADLL.
- CUADLL, 2007. *Treballs de millora del model numèric dels aqüífers de la Cubeta de Sant Andreu, vall Baixa i delta del Llobregat*. 07-002jmm. Documento interno.

- Custodio, E. 2004. Hidrogeología Urbana: una nueva rama de la ciencia hidrogeológica. *Boletín Geológico y Minero*, 115, 283-288.
- Ferret, J. 1988. Las Comunidades de usuarios de aguas subterráneas y la nueva legislación de aguas: Carencias, experiencias y sugerencias. *Jornadas sobre la aplicación de la nueva ley de aguas en la gestión de las aguas subterráneas*. Asociación Internacional de Hidrogeólogos- Grupo Español, 319-327.
- Ferret, J. 1992. Ús racional de l'aigua subterrània en el marc de la "Comunitat d'Usuaris d'Aigües del Delta del Llobregat. *Jornada "L'aigua i l'usuari"* organizada por el Servei de Medi Ambient de la Diputació de Barcelona.
- Godé, L. 2003. Control de la salinidad en la cuenca del río Llobregat. *Tecnología del Agua* 241, 48-61, Barcelona.
- Luque, F. 1998. La contaminación de las aguas subterráneas por actividades urbanas e industriales: la visión de los usuarios. *Jornadas sobre la contaminación de las aguas subterráneas: un problema pendiente*. Asociación Internacional de Hidrogeólogos- Grupo Español, 211-221.
- Miró, J. Sanz, J. García, A. Nadal, S. 1999 Stripping de aguas subterráneas. *Tecnología del Agua*, 188, 71-77.
- Queralt, E. 2004. Situació actual de la gestió de les aigües a l'àrea hidrogeològica del baix Llobregat. La visió dels usuaris. *IV Congreso Ibérico sobre gestión y planificación del Agua "Ciencia, tecnica y ciudadanía, claves para la gestión sostenible del agua"*. Tortosa.
- Queralt, E.; Solà, V.; Vilà, M.; Berástegui, X. (2005) Geology for groundwater management in a strongly anthropised area. Geo-hydrological map of the Llobregat alluvial and deltaic plain. Greater Barcelona. *GeoErlangen 2005 System Earth – Biosphere Coupling* (GV-DGG).
- Queralt; E. Solà, V. Vilà, M. y Berástegui, X. 2006 The hydrogeological map of the Llobregat Alluvial and deltaic plain (Barcelona Urban Area). Geology for groundwater management in a strongly anthropised area. *5th European Congress on Regional Geoscientific Cartography and Earth information and systems water*. I, 51-53.
- Solà, V. 2004 La red de control químico de la CUADLL VIII *Simposio de hidrogeología*. Asociación Española de Hidrogeólogos, XXVII, 597-606.
- Solà, J. y Montaner, J. 2006. Un exemple d'aplicació pràctica de mesures de protecció de les aigües subterrànies: els plans especials urbanístics de protecció del subsòl. *Jornadas sobre las aguas subterráneas en la gestión integrada de los recursos hídricos*. Barcelona. CL11, 1-6.

Recibido: diciembre 2006

Aceptado: mayo 2007