

HIDROMET: SISTEMA DE ALERTA DE EXPLOTACIÓN

Sergio de Campos⁽¹⁾, Rafael Sánchez-Diezma⁽²⁾, Eliseu Vilaclara⁽³⁾

⁽¹⁾ Adasa Sistemas, SAU (sdecampos@adasasistemas.com)

⁽²⁾ Grupo de Investigación Aplicada en Hidrometeorología (GRAHI-UPC) (rafael@grahi.upc.edu)

⁽³⁾ Servei Meteorològic de Catalunya (SMC) (evilaclara@meteocat.com)

RESUMEN

El proyecto Hidromet es una iniciativa de innovación tecnológica en el campo de los sistemas de ayuda a la explotación de servicios de producción y distribución de agua potable, a partir de la información facilitada por la red de radares meteorológicos. En una primera aproximación se pretende dar respuesta a una problemática concreta de explotación de una planta potabilizadora.

PROBLEMÁTICA DE EXPLOTACIÓN

El área metropolitana de Barcelona dispone de recursos hídricos procedentes de aguas superficiales, Llobregat y Ter, y de recursos subterráneos del acuífero del Baix Llobregat. La planta potabilizadora de Sant Joan Despí capta hasta 5 m³/s de agua superficial del río Llobregat y abastece aproximadamente a 1,5 millones de habitantes del área metropolitana. Los recursos del acuífero del Baix Llobregat son de carácter estratégico, y se utilizan en periodos de sequía, o como alternativa durante episodios de baja calidad de las aguas superficiales.

Estos episodios de calidad afectan principalmente a la captación de aguas superficiales de la planta potabilizadora de Sant Joan Despí, produciéndose aproximadamente unas 50 situaciones de parada de planta por año, en gran parte asociadas al fenómeno de 'rotura' de la Riera de Rubí.

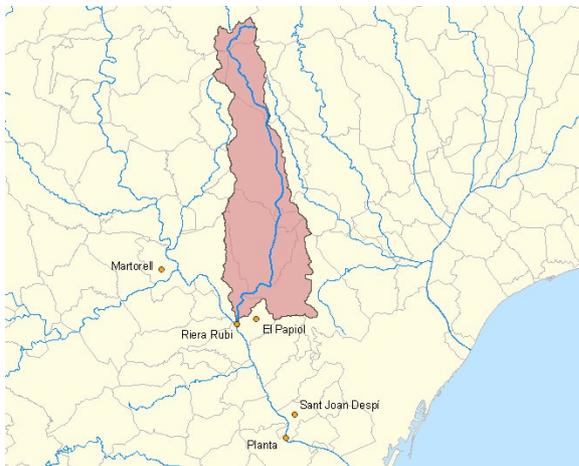


Fig. 1.- Mapa de situación general

La Riera de Rubí recoge las aguas de una cuenca muy poblada e industrializada. Su caudal habitual se encuentra interceptado por un azud que desvía el agua, normalmente de baja calidad, hacia un canal que discurre paralelo al río Llobregat y que desemboca aguas abajo de la captación de la planta potabilizadora.

Ante fenómenos de precipitación intensa o prolongada, el caudal supera el interceptor y se produce la 'rotura' de la riera. Esta situación va asociada a un fenómeno de 'lavado' de la cuenca, que se produce cuando el agua pluvial arrastra contaminantes urbanos e industriales que deterioran la calidad del recurso principal: el agua superficial del río Llobregat.



Fig. 2.- Detalle del Interceptor de Rubí y la toma del canal

La empresa explotadora de la planta de Sant Joan Despí, Aguas de Barcelona (Agbar), conoce bien esta problemática y ya desde principios de los 90 se ha dotado de herramientas de ayuda para la toma de decisiones. Concretamente una red pluviométrica y un sistema de alerta de calidad del agua en tiempo real. En la zona de estudio se dispone de pluviómetros en Martorell, El Papiol y Sant Joan Despí, y también de dos estaciones automáticas de calidad, una de ellas en el canal de derivación.

A partir de la información facilitada por estas estaciones de calidad es posible evaluar el tiempo de propagación del episodio de calidad, entre el interceptor de Rubí y la captación de la planta potabilizadora. Para ello debe seleccionarse un parámetro de calidad, como la turbidez o la conductividad, que actúe como trazador químico entre las 2 estaciones, y calcular el tiempo como diferencia entre las puntas de concentración del parámetro, como se muestra en la figura 3.

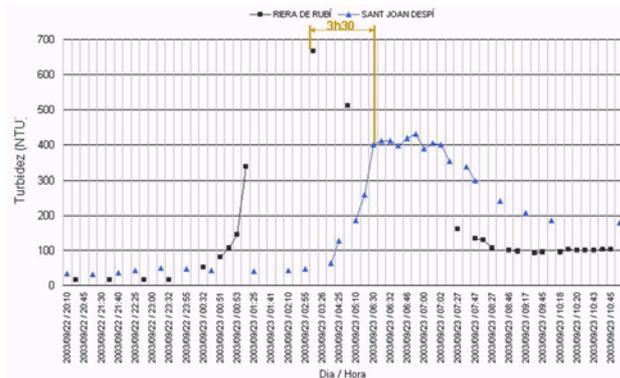


Fig. 3.- Ejemplo de episodio de contaminación por turbidez

Repitiendo esta operación para diferentes episodios históricos se obtienen unos tiempos de propagación de 2 a 4 horas entre el interceptor y la captación, dependiendo de los caudales circulantes. Con estas horas de preaviso es posible cerrar la captación, pero es escaso para gestionar con suficiente antelación las fuentes de agua alternativas.

PRODUCTOS RADAR

El proyecto Hidromet pretende introducir innovaciones tecnológicas mediante la aplicación operativa de productos hidrometeorológicos basados en el radar meteorológico. Para ello se utilizan los productos hidrometeorológicos generados a partir de la red de radares del Servei Meteorològic de Catalunya (SMC) y los procedimientos de corrección implementados en la herramienta EHIMI (Herramienta de Previsión Hidrometeorológica Integrada) desarrollada por el Grupo de Investigación Aplicada en Hidrometeorología (GRAHI-UPC) en colaboración con la Agencia Catalana de l'Aigua (ACA) y el SMC (la Figura 4 muestra una imagen de la red actual del SMC).

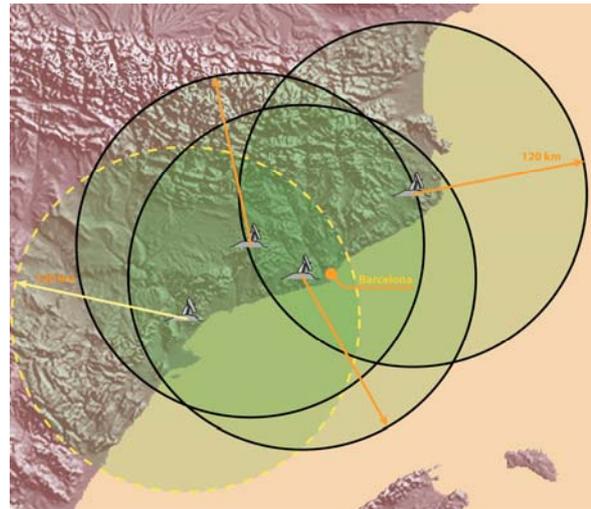


Fig. 4.- Red de radares de banda C del SMC, tres actualmente operacionales y un cuarto (punteado) previsto para 2007.

El objetivo del EHIMI es abordar todo el proceso de explotación hidrometeorológica del radar meteorológico contemplado desde la aplicación de algoritmos que corrijan de forma específica los errores más significativos de las medidas de lluvia radar, la creación de productos hidrometeorológicos a partir de los datos radar, el desarrollo de modelos hidrológicos distribuidos, y finalmente la creación de herramientas de usuario final dirigidas a un entorno operacional y que permitan realizar las tareas de ayuda a la decisión.

En concreto, para los dos productos utilizados en el sistema de alertas desarrollado, el procesado de datos radar consta de las siguientes etapas:

- Interpolación y sustitución de azimuts perdidos: procedimiento que corrige los datos en dos sentidos, corrigiendo errores de distribución equiangular de las medidas, y de interpolación de sectores no muestreados.
- Corrección de errores de estabilidad: eliminando o reduciendo los efectos de atenuación generalizada en caso de lluvia sobre el radar, o reducción de la señal generalizada por otros motivos.
- Corrección de errores orográficos: Este conjunto de correcciones incluye una serie de errores producidos por la intercepción del haz con el terreno: los ecos de suelo (zonas donde el haz intercepta el terreno), las zonas apantalladas (aquellas situadas detrás de un eco de suelo y donde la lluvia es infravalorada a causa de la energía perdida en la intercepción) y la contaminación debida a los lóbulos secundarios (causada por la intercepción con el terreno de partes de la energía no incluidas en el haz principal del radar). Los procedimientos de corrección se basan en máscaras dinámicas que combinan ecos de suelo e información Doppler

y sistemas de simulación que permiten determinar la energía perdida en las zonas apantalladas y restituirla.

- Eliminación de contaminaciones adicionales: son la relacionada con los lóbulos secundarios (energía que escapa al haz principal del radar) y la presencia de zonas residuales de ruido no relacionada con la precipitación.
- Conversión a coordenadas cartesianas: se aplica una proyección a coordenadas UTM de los datos polares registrados por el radar. Este proceso incluye también la corrección de los posibles errores de orientación del radar (en elevación, azimut y distancia).

A partir de esos datos se crean diversos productos estimativos de lluvia y alertas:

- Identificación de tipos de precipitación (a partir de una serie de algoritmos que permite determinar las zonas convectivas, y estratiformes con presencia de lluvia o nieve), y alertas asociadas a zonas convectivas.
- Alertas-corrección de problemas de atenuación, en casos de lluvias convectivas de gran intensidad.
- Productos de lluvia acumulada, calculados a partir de metodologías de correlación cruzada entre imágenes consecutivas que permiten determinar el campo de desplazamientos de la lluvia y adicionar la lluvia producida entre dos imágenes.
- Productos de red: que combinan los diversos productos anteriores de los diversos radares para generar un producto de mejor calidad.

A lo largo de 2006 se tiene previsto incluir los siguientes desarrollos en la cadena de procesado:

- Mejora de los sistemas de eliminación y sustitución de ecos de suelo a partir de metodologías de fuzzy-logical que permiten la combinación de diversos parámetros.
- Campo de estimación mejorado en suelo: mediante la corrección por PVR, que permite extrapolar las medidas del radar al suelo en función del tipo de precipitación y la conversión a lluvia utilizando diferentes relaciones Z-R para cada tipo de precipitación.
- Productos de previsión de lluvia basados en datos radar.
- Combinación de estimaciones radar con datos pluviométricos para datos de acumulación horaria radar.

Como ejemplo de la necesidad de las correcciones aplicadas la Figura 5 muestra un ejemplo de una acumulación de lluvia calculada por procedimientos básicos de corrección y mediante la cadena de correcciones del EHIMI.

Por lo que se refiere al proyecto Hidromet se han seleccionado 2 productos obtenidos a partir de la red de radares del SMC:

- Campo de reflectividad e intensidad de precipitación.
- Campo de precipitación acumulada en 1/2 hora.

En ambos casos los productos se generan a partir de la combinación de los datos de los tres radares de la red del SMC, y se generan los dos productos cada 6 minutos (en el caso de la acumulación se trata de un producto de ventana móvil, que proporciona una acumulación de la última media hora cada 6 minutos).

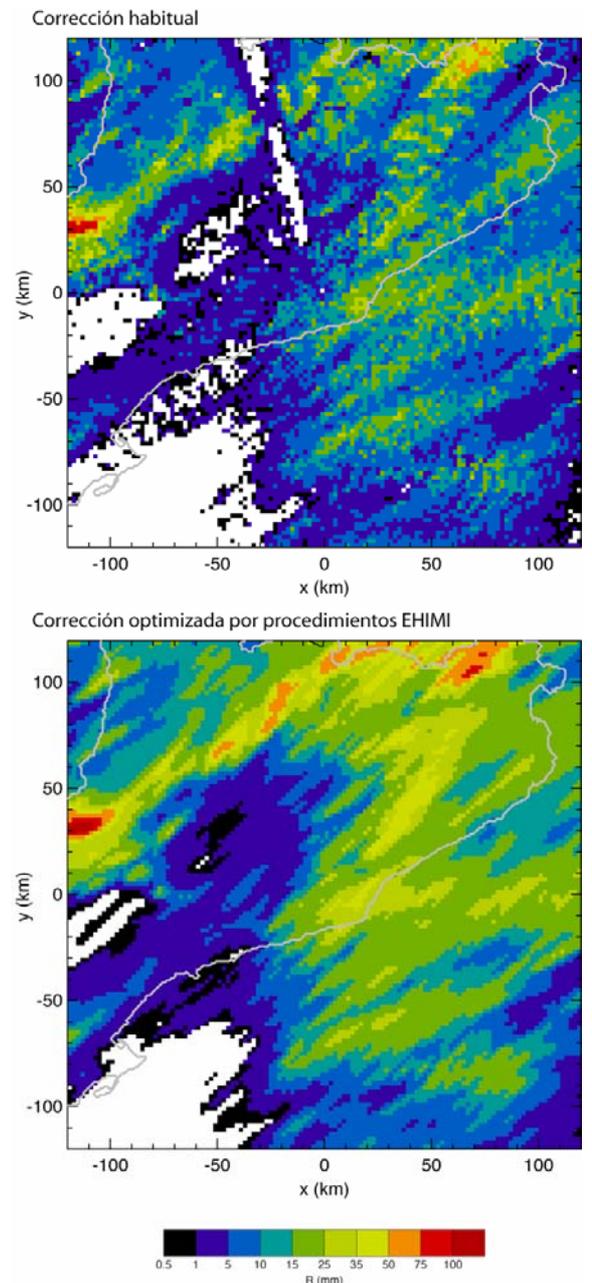


Fig. 5.- Comparativa de datos radar acumulados mediante un procesado habitual y el sistema de correcciones incluidos en el EHIMI.

SISTEMA DE ALERTA

El sistema de alerta consta de un módulo de visualización y un generador de alertas en el Centro de Control de la Planta de Sant Joan Despí, desde donde se realiza la adquisición automática de los productos radar generados en el SMC. El módulo de visualización representa la secuencia dinámica de imágenes de intensidad de precipitación o de precipitación acumulada. Asimismo, permite seleccionar y guardar los episodios de precipitación más significativos, para posterior análisis y posible entrenamiento de los operadores de planta.

El visualizador selecciona las capas cartográficas a representar. Se dispone de 5 niveles de zoom, 2 de ellos centrados sobre la cuenca de la Riera de Rubí.

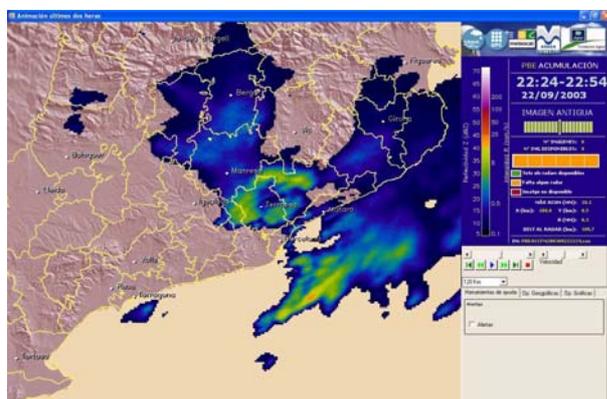


Fig. 6.- Visualización del campo de precipitación acumulada semihoraria (ventana móvil)

El visualizador también permite identificar la calidad de los productos radar que se están representando, tanto si falta algún radar en la composición como si falta alguna imagen en el producto acumulado.

El módulo de alertas proporciona dos índices de alerta (0 a 4) si la intensidad de precipitación o la precipitación acumulada, detectada por el radar sobre la cuenca de la Riera de Rubí, supera ciertos umbrales predefinidos. Los umbrales de alerta podrán ser modificados por el usuario, en base a la experiencia de explotación.

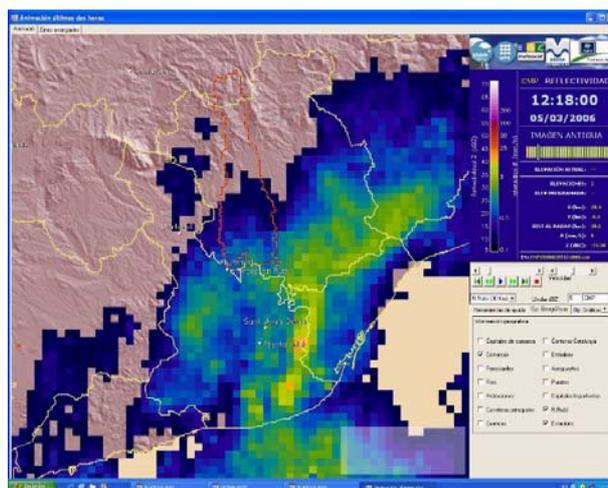


Fig. 7.- Visualización del campo de intensidad de precipitación interceptada por la Riera de Rubí

El algoritmo de cálculo del nivel de alerta tiene en cuenta aspectos geográficos, como la presencia de precipitación sobre la cuenca en estudio o en un radio cercano, y también el número mínimo de píxeles colindantes para que sea considerado como alerta.

Nivel	Radio	Umbral	Nº Píxeles
0	30 km	10 mm/h	8
1	R.Rubí	10 mm/h	8
2	R.Rubí	20 mm/h	8
3	R.Rubí	30 mm/h	8
4	R.Rubí	40 mm/h	8

Fig. 8.- Propuesta inicial de umbrales de alerta para intensidad de precipitación.

Según el valor del índice de alerta se desencadenarán procedimientos operativos, no sólo para la explotación de la planta, si no también para la gestión de la estrategia global de los recursos hídricos.

APLICACIÓN PRÁCTICA

Para el ajuste inicial de los umbrales de alerta se dispone de información histórica para el periodo 2000 – 2005, consolidada en una base de datos: hora de inicio y duración de las situaciones de parada de planta, precipitación acumulada diaria en los 12 pluviómetros de la red de Agbar, días de 'rotura' de la Riera de Rubí y caudal vertido diario. En la siguiente tabla se muestra la evolución anual del número de días con parada de planta respecto a los días con 'rotura' de la riera.

Año	Días 'Rotura' riera	Días Parada planta
2000	28	33
2001	34	28
2002	45	67
2003	42	50
2004	62	57
2005	24	58
Total	235	293

Tabla 1.- Número días con parada de planta respecto a 'roturas' de la Riera de Rubí.

Solo con la información a nivel diario es difícil distinguir una relación clara entre las 'roturas' de riera y las paradas de planta. No obstante, en algunos años de pluviometría escasa, como el 2005, se observa que el impacto relativo de la Riera de Rubí se ve disminuido de manera importante.

Es necesario realizar un análisis más detallado, teniendo en cuenta la relación entre el caudal diario vertido por encima del interceptor y las horas de parada de planta, como el ejemplo de la figura 9.

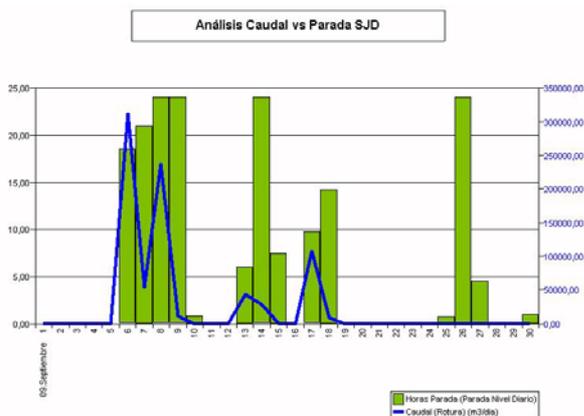


Fig. 9.- Representación del caudal vertido respecto a las horas de parada de planta

Esta información permite identificar que más del 50% de las situaciones de parada de planta están asociadas a episodios de precipitación que ocasionan la 'rotura' de la Riera de Rubí.

Un análisis más detallado permite realizar una selección de los episodios más significativos, a partir de Enero 2003. Para estos episodios se obtienen del SMC los archivos históricos de imágenes de radar, que se cargarán en el módulo de visualización para reproducirlos en modo simulación.

Este análisis de episodios permitirá comprobar la bondad del ajuste de los umbrales de alerta, a partir de la experiencia histórica, y conocer la capacidad

de anticipación que se puede conseguir gracias a la información hidrometeorológica. Así mismo, servirá como base para el entrenamiento de los técnicos y operadores de planta.

BENEFICIOS ESPERADOS Y PERSPECTIVAS DE FUTURO

Con el sistema de alerta basado en productos radar se desea obtener capacidad de anticipación en las decisiones de explotación ante situaciones adversas, con la consecuente mejora en la operación global de producción y transporte del agua potable, y garantizar la calidad del servicio a la población abastecida.

El sistema de alertas es compatible con la evolución de los productos radar generados por el SMC. En la medida que se introduzcan mejoras y correcciones en la cadena de producción, estas se verán reflejadas de manera inmediata en el visualizador de la planta.

No obstante, el proyecto Hidromet sólo afronta una problemática concreta. Existe otro 50% de casos pendientes de estudio, normalmente asociados a fenómenos hidrometeorológicos en otras subcuencas del Llobregat, como el Anoia y el Cardener.

En cualquier caso, la herramienta de ayuda a la decisión desarrollada en este contexto permitirá su ampliación en nuevos estudios y la generación de nuevas alertas.

AGRADECIMIENTOS Y COLABORACIONES

El proyecto Hidromet ha sido financiado por Fundación Agbar, dentro de los programas de I+D e innovación tecnológica del Grupo Agbar. La información radar, tanto en tiempo real como histórica, ha sido facilitada por el SMC, dentro del contexto de un convenio de colaboración para el desarrollo del proyecto Hidromet.

Finalmente, los datos de explotación de la planta de Sant Joan Despí han sido facilitados por los responsables del Área de Producción de Aguas de Barcelona, que además aportan el personal técnico para la validación de las aplicaciones.