

Sistema automático de información hídrica apoyado por un sistema de modelos y simulación. Jujuy. Argentina.

Susana A. Chalabe¹, Enrique E. Tarifa^{1,2}, José C. Robredo Sánchez³ & Juan A. Mintegui Aguirre³

(1) *Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Jujuy.*

chalabe@arnet.com.ar, etarifa@arnet.com.ar

(2) *CONICET, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas*

(3) *E.T.S.I. de Montes. Universidad Politécnica de Madrid. España.*

josecarlos.robredo@upm.es

RESUMEN: Con la ayuda de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID), la Universidad Politécnica de Madrid, la Universidad Nacional de Jujuy y el gobierno la provincia ejecutaron la Acción Integrada (AI): “Implementación de una unidad de estudio, monitorización y control de cuencas hidrográficas con la finalidad de apoyar la toma de decisiones en la gestión a medio y largo plazo. Jujuy, Argentina” en cuyo marco se realizaron una serie de acciones directamente relacionadas con la gestión de la información hidrometeorológica. Finalizado el proyecto, se propone la reestructuración de la unidad de estudio que tuvo a cargo la ejecución del mismo para que de aquí en adelante se establezca un sistema automático de información hídrica apoyado por un sistema de modelos y simulación que faciliten la toma de decisiones en la gestión y la planificación hidrológica de la provincia de Jujuy.

1. INTRODUCCIÓN

En el año 2000, la Universidad Nacional de Jujuy (UNJu) y el Gobierno de la Provincia de Jujuy establecen acuerdos que posibilitan la creación de la Unidad de Gestión Integrada de Cuencas Hidrográficas (UGICH) como un ente asociado a la Facultad de Ingeniería de la UNJu y a la Provincia, a fin de lograr paulatinamente un sistema de apoyo eficiente a los organismos provinciales con competencias sobre el agua, como lo es la Dirección Provincial de Recursos Hídricos (DPRH).

En el año 2007, personal de la UGICH se puso en contacto con profesores de la Unidad de Hidráulica e Hidrología de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, en adelante ETSIM, de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), para solicitar conjuntamente un proyecto de cooperación conocido como proyecto semilla, que tenía por objetivo reforzar lazos con las Universidades de América Latina y preparar el camino para abordar en el futuro, proyectos de cooperación de mayor alcance.

La ayuda solicitada a la UPM fue concedida en la convocatoria de septiembre de 2007, que adjudicó las propuestas a desarrollar en el año 2008; entre ellas, el Proyecto de Cooperación con América Latina AL08-PID-30. Este proyecto fue el germen para que la UPM y la UNJu se

presentaran juntas a la convocatoria que realizó la AECID en el año 2008, en el marco de *Acciones Integradas para el Fortalecimiento Institucional dentro del Programa de Cooperación Interuniversitaria e Investigación Científica entre España e Iberoamérica* (PCI-Iberoamérica, 2008). La Acción Integrada (AI) se tituló *Implementación de una unidad de estudio, monitorización y control de cuencas hidrográficas, con la finalidad de apoyar la toma de decisiones en la gestión a medio y largo plazo en la Provincia de Jujuy (Argentina)*; y fue concedida e iniciada en el año 2009.

Con esta AI se ha conseguido equipar y potenciar la UGICH. Sin embargo, el desarrollo de la AI puso de manifiesto que el estudio de las cuencas hidrográficas abarca una multitud de aspectos, que implican también a otros organismos de la administración, ya que éstos pueden aportar información para analizar los procesos hidrológicos de las cuencas y sus repercusiones sobre el territorio. Además, a posteriori, estos organismos también son receptores de los resultados de dichos análisis, y pueden aplicarlos a cuestiones específicas de su gestión; como ejemplos se citan los servicios cartográficos, de catastro, de ordenación del territorio y usos del suelo, etc. Por todo esto, finalmente la implicación de la administración de la provincia de Jujuy con la AI resultó más amplia de lo

inicialmente planteado.

A la fecha, terminando el proyecto mencionado y como resultado del mismo, la UGICH está en condiciones de reestructurarse para que, de aquí en adelante, se ponga en funcionamiento un sistema integrado de información hídrica para la provincia de Jujuy que facilite la gestión y la planificación hidrológica en la provincia: todo ello, continuando y reforzando a dos instituciones claves en este proceso: la Universidad Nacional de Jujuy a través de la Facultad de Ingeniería y a la Dirección Provincial de Recursos Hídricos, institución gubernamental.

2. OBJETIVOS

Establecer un sistema automático de información hídrica apoyado por un sistema de modelos y simulación que faciliten la toma de decisiones en la gestión y la planificación hidrológica de la provincia de Jujuy.

3. LÍNEAS DE ACCIÓN DE DESARROLLO CIENTÍFICO – TÉCNICO

Para lograr el objetivo planteado, y en virtud de la experiencia adquirida en los años de ejecución del proyecto, se considera que las líneas de acción a ejecutar deben ser las siguientes: a) La monitorización hidrometeorológica de las cuencas hidrográficas; b) La sistematización de datos necesarios para su aplicación en la planificación hidrológica; c) La elaboración de una cartografía básica y su inclusión en una infraestructura de datos espaciales (IDE) orientada a la ordenación territorial de la provincia desde un punto de vista hidrológico; d) El desarrollo de utilidades u aplicativos para la gestión hidráulica e hidrológica y e) La introducción al estudio de los fenómenos torrenciales en los cursos considerados como prioritarios.

En este sentido, entre los años 2009 y 2013 se lograron importantes avances, los cuales son presentados en las siguientes secciones.

3.1 Monitorización hidrometeorológica

Desde el inicio de la AI, la monitorización fue un tema clave y no sólo se adquirieron estaciones automáticas, sino que se recuperaron y adaptaron otras, tratando con ello de densificar una red que a la fecha, está ya en funcionamiento.

En todos los casos se analizaron las ubicaciones, el instrumental apropiado y las obras civiles necesarias acorde con las características de los sitios para la ubicación de los equipos. Para ello, se adquirieron sistemas de nivelimetría y de medición de caudal por presión como así también

sensores de distancia ultrasónico para teledetección vía sistema de transmisión de datos integrado o GPRS.

Una cuestión muy importante es la asistencia técnica necesaria, por ello y luego de transcurrido el primer año del proyecto donde hubo que salvar dificultades no menores, se tomó la decisión de contratar a una empresa local de probada experiencia, que además, con apoyo de la AI, construyó estaciones y los módulos necesarios para adaptar otros equipos que no disponían de sistema GPRS.

3.2 Sistematización de datos

En el conjunto de actividades, una de las más importantes fue la recopilación de los datos hidrometeorológicos existentes y la determinación de los sitios de las estaciones de medición que están o hubieran estado funcionando a lo largo del tiempo en la provincia de Jujuy. La información de estas estaciones se integró en una base de datos mediante un formato de almacenamiento diseñado especialmente.

En la mayoría de los casos, la información disponible está en formato analógico (papel) por lo que se procedió a escanear la misma a fin de resguardar los registros que posteriormente fueron traspasados a formato digital.

Esta búsqueda exhaustiva generó un inventario con un total de 186 estaciones que conforman el archivo histórico de la información hidrometeorológica. La Fig. 1 muestra la ubicación de las estaciones cuyos datos se incorporaron a una base de datos.



Figura 1: Distribución de las estaciones que registran o registraron datos en Jujuy.

3.3 Cartografía y construcción de una IDE

Uno de los objetivos esenciales de la AI ha sido la elaboración de una cartografía básica y la recopilación de la información existente; para, a partir de ellas, elaborar una base de datos espaciales y temporales que sea útil, accesible y lo más completa posible.

Con este propósito, desde el año 2009 se iniciaron actividades conducentes a disponer de las capas de información necesarias. Entre otras, se elaboró un modelo de elevaciones del terreno partiendo de la información disponible a nivel mundial, como lo es el mosaico SRTM 1:50.000, y se lo ajustó a la red geodésica de la provincia de Jujuy. Sobre el modelo corregido, se trazaron las curvas de nivel correspondientes a una equidistancia de 25 m, acorde con la que estaban elaborados los mapas topográficos existentes; estas curvas se cortaron siguiendo la malla 1:50.000 para facilitar el manejo de la información. Además, se delimitaron las cuencas hidrográficas y la red de drenaje, asignando códigos a la red. Finalmente, se elaboró un mapa geológico comprobado topológicamente y con sus atributos asociados en una tabla.

En definitiva, en la ejecución del proyecto en cuestión, se ha trabajado bajo el concepto de proporcionar de una manera cómoda y eficaz la información geográfica, posibilitando su reutilización y reduciendo significativamente los costes de producción; integrando los datos geográficos y sus atributos, la documentación de éstos a través de los metadatos, los medios para crear y visualizar datos, y el/los métodos para facilitar el acceso a los datos geográficos. Como resultado, se ha construido una IDE denominada IDE_UGICH como lo menciona Chalabe (2010), que constituye la base de los sistemas de información y soporte proyectados, esta IDE es interoperable y esté en condiciones de unirse con otras infraestructuras de datos de la provincia a los fines de construir entre todos el set de datos fundamentales. Para construir el piloto del nodo de la IDE_UGICH se utilizó software libre como OpenGeo Suite, esta es una plataforma de aplicaciones geoespaciales y contiene todo lo necesario para construir una aplicación web de mapas, asimismo, integra las base de datos espaciales con un servidor de aplicaciones. La Fig. 2 muestra la pantalla de búsqueda de información espacial de la IDE_UGICH.

Los datos almacenados a este nivel se consideran información de referencia hasta que otro proceso de análisis o desarrollo posterior modifique los archivos anteriormente almacenados, se accede a los mismos a través del geoportal de la UGICH como se muestra en la Fig. 3.

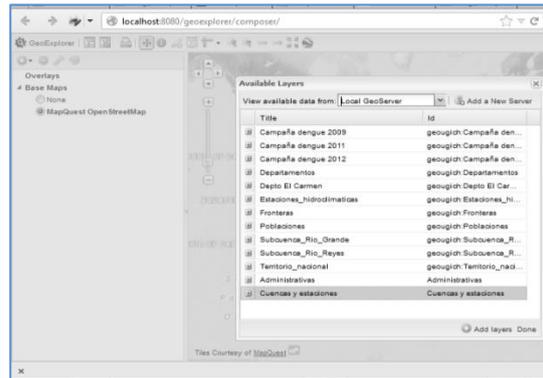


Figura 2: Capas de información disponibles en la IDE_UGICH.



Figura 3: Geoportal de acceso a la información espacial.

3.4 Desarrollo de utilidades

La ingeniería hidrológica-forestal tiene como objetivo la resolución de problemas existentes en las cuencas hidrográficas, con el fin de maximizar la conservación de sus principales recursos (agua y suelo) y reducir los riesgos por eventos torrenciales. En este contexto los modelos hidrológicos han desempeñado una destacable función al hacer evidente la importancia de los aspectos hidráulicos en los cauces, y los hidrológicos en las cuencas vertientes a ellos, que a su vez vienen condicionados por el uso que se hace del suelo en las mismas.

La ETSIM en la década de los 80 comienza con la aplicación de modelos hidrológicos aplicados a la restauración hidrológico-forestal de cuencas torrenciales. Con ella se regresa al estudio del curso torrencial como motor de la dinámica geotorrencial; planteándose el análisis de su cuenca vertiente plenamente integrada al mismo.

En este contexto, para abordar las simulaciones hidrológicas e hidráulicas contempladas en el

plan de trabajo de la AI, pero sobre todo para facilitar en el futuro la gestión de la red hidrológica de la provincia, se ha desarrollado una aplicación informática según lo explica Tarifa (2010). Esta aplicación es una actualización y ampliación de otra realizada por la de la ETSIM - UPM en 1993, denominada CAUDAL3. Al nuevo programa se le ha denominado WinCaudal3, y mejora las prestaciones de su antecesor, especialmente su manejo y la presentación de los resultados.

Para el WinCaudal3 se plantearon los siguientes requerimientos: a) facilidad de uso; b) interfaz gráfica; c) posibilidad de ejecutarlo en todas las versiones de Windows; d) independencia de la configuración regional; e) vinculación con programas de Microsoft Office a través del portapapeles de Windows; f) posibilidad de ejecutarlo en resoluciones igual o superior a SVGA 800x600; g) funciones ampliadas y corregidas con respecto a CAUDAL3; h) un único archivo ejecutable, sin archivos adicionales; i) portabilidad. El último requerimiento se refiere a la posibilidad de llevar el programa en una memoria USB, o cualquier otro soporte, para su utilización sin necesidad de instalación.

A la fecha de esta publicación, el programa ha sido probando en la UGICH la Facultad de Ingeniería de la UNJu y en la ETSIM de la UPM. La Fig. 4 muestra algunas de las aplicaciones del programa.

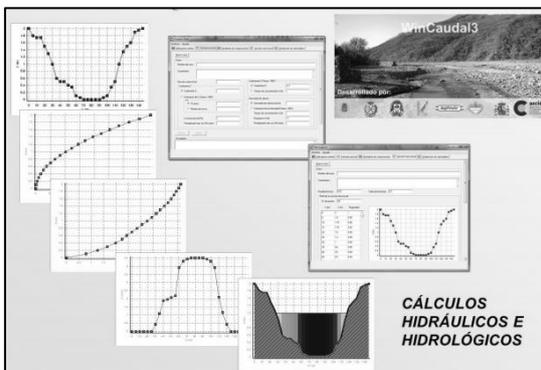


Figura 4: Una pantalla de programa WinCaudal3.

3.5 La introducción al estudio de los fenómenos torrenciales

El exponente más importante de los efectos causados por el geo-dinamismo torrencial en los cursos de la provincia de Jujuy es el aterramiento producido en el propio Río Grande aguas arriba del dique de Los Molinos, que ha elevado la cota del río prácticamente al nivel del vertedero de desagüe. El dique en cuestión es una estructura básica en el Sistema de Riego de la Provincia, y

por tanto en su economía; además condiciona totalmente el régimen hidráulico y geo-torrencial del Río Grande, por lo que cualquier actuación sobre el mismo se debe analizar en profundidad, considerando todas sus posibles consecuencias. Por otro lado, esta misma problemática tiene lugar también en otros cursos de la provincia.

Ahora bien, el conocimiento de los fenómenos geo-torrenciales que acontecen en la provincia, no es un todo único y absoluto; tiene diferentes aspectos que son necesarios abordar. Igualmente, ese conocimiento no se puede adquirir de una sola vez; pues, dependiendo del sitio de que se trate, puede implicar un periodo más o menos prolongado el obtener resultados.

También, son necesarios otros conocimientos y capacidades distintos a los aspectos geo-torrenciales, y éstos están relacionados al manejo de los datos, tratamiento de la información y puesta a disposición de las mismas, construcción de modelos de simulación; calibración, etc. ya que en definitiva, para cumplir con los objetivos propuestos es necesario un abordaje interdisciplinar.

Desde la AI se ha impulsado y apoyado la realización de proyectos de fin de carrera de la Facultad de Ingeniería de la UNJu y de la ETSIM aplicados a estos temas, y se han dictado cursos que se prevén continuar a través de la plataforma virtual disponible.

4. RESULTADOS

Alcanzados los objetivos del proyecto en cuestión, están dadas todas las condiciones para establecer un sistema automático de información hídrica (SAIHJ) apoyado por un sistema de ayuda a las decisiones a través de modelos y simulaciones que faciliten la gestión y la planificación hidrológica de la provincia de Jujuy, (SADJ). De esta forma, la UGICH, ya no será una unidad concreta ubicada en un lugar determinado, sino un grupo de trabajo unido por objetivos comunes a desarrollar en lo sucesivo a partir de tres áreas de actuación que a continuación se detallan.

4.1 Sistema automático de información hídrica SAIHJ

Es el área que operará y controlará el instrumental de medición instalado en distintos sitios de la provincia, y es quien recibirá y gestionará los datos en un centro operativo. Su ubicación sería la actual sede de la UGICH, y es la Dirección Provincial de Recursos Hídricos —dependiente del Ministerio de Infraestructura, Planificación y Servicios— quien estaría a cargo de esta área.

4.2 Sistema de ayuda a las decisiones (SADJ).

Está área depende de un Centro de Modelos y Simulación a crearse en la Facultad de Ingeniería de la UNJu, y es el área que se encargará del mantenimiento y operación del laboratorio de SIG, de los estudios y proyectos de modelación y simulación y de trabajos de caracterización geotrencial de las cuencas hidrográficas de la provincia. De igual forma, al depender de una institución académica, será el área que podrá encarar actividades de formación a distintos niveles.

4.3 Área de asesoramiento y colaboración.

Esta área se establecerá en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes de la UPM, y su cometido se centrará en la asesoría de proyectos y en cursos tele-educación.

5. CONCLUSIONES

Son todavía muchas las actividades por realizar, pero finalmente, la AI ha contribuido a reforzar y consolidar la UGICH; y ésta, consciente de los avances logrados, se reestructura para poner en funcionamiento un Sistema automático de información hídrica y un Sistema de ayuda a las decisiones (SADJ), contando con la colaboración y apoyo de la UPM a través de la Unidad de Hidráulica e Hidrología de la ETSIM.

BIBLIOGRAFÍA

- Chalabe S., Cañizares N. B. & J.C. Robredo Sánchez. Infraestructura de datos espaciales (IDE) de la Unidad de Gestión Integrada de Cuencas Hidrográficas (UGICH). *VI Jornadas de Ciencia y Tecnología de Facultades de Ingeniería del NOA. Jujuy. 2010*
- Tarifa E.E., Franco S., Robredo Sánchez J.C. & J.A. Mintegui. Desarrollo de una aplicación informática para cálculos hidrológicos. *VI Jornadas de Ciencia y Tecnología de Facultades de Ingeniería del NOA. Jujuy. 2010*

AGRADECIMIENTOS

A la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo por las oportunidades que brindó la Acción Integrada, y a la UPM (E.T.S.I de Montes, U.D. Hidráulica e Hidrología) por dirigirla y muy especialmente a los Dres. Juan Angel Mintegui Aguirre y José Carlos Robredo Sanchez.

A los alumnos que realizaron sus trabajos finales, pasantías y becas; a los técnicos y profesionales y en definitiva a todos los que asistieron a la UGICH aportando con su trabajo desde diferentes áreas del conocimiento.