

TÉCNICAS DE OBSERVACIÓN DE LA TIERRA EN LA GESTIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS EN ÁREAS DEL MEDITERRÁNEO. PROYECTO ISLA

S. MONTESINOS (*), I. SÁNCHEZ (*), B. DENORE (*), A. QUINTANILLA (**) y S. CASTAÑO(**)

geosys@ctv.es

(*)GEOSYS, S.L. C/Orense, 12, 2º. 28020 Madrid

(**)Instituto de Desarrollo Regional. Campus Universitario. 02071 Albacete.

RESUMEN: En las islas mediterráneas, el suministro de agua limitado junto con un alto desarrollo del turismo y de la agricultura de regadío, ejercen una presión muy alta sobre las reservas de agua tanto superficiales como subterráneas. Debido a la importancia social que tiene el agua, su gestión debería basarse en información fiable obtenida a partir de datos objetivos, pero su alto coste hace que la obtención de esta información, usando técnicas convencionales (fotointerpretación, cuestionarios, trabajos de campo, etc.) sea casi imposible.

Las técnicas de Observación de la Tierra, como herramienta para la adquisición de datos dinámicos, integrados con datos alfanuméricos (datos de pozos, piezómetros, caudales de ríos, etc.) y mapas digitales (mapas topográficos, mapas geológicos, datos de catastro a escala de parcela, etc.) en un Sistema de Información Geográfica (SIG), permite generar información fiable a un coste razonable.

Sin embargo los potenciales usuarios finales, frecuentemente no están convencidos acerca de la utilidad, precisión y rentabilidad de estas técnicas. Por ello, es necesario "acercar" al usuario final a las técnicas de Observación de la Tierra, a través de su aplicación a problemas específicos, evitando su generalización y buscando herramientas de sencillo manejo para resolver los problemas a los que se enfrentan.

Palabras clave: Desarrollo sostenible, Planificación Territorial, Gestión de recursos hídricos, Sistemas de Información Geográfica.

ABSTRACT: In the Mediterranean islands, limited water supplies combined with highly developed tourism and irrigation agriculture lead to extreme pressures on surface and ground water. Because of the social and environmental importance of water, its management ought to be based on reliable information obtained from objective data but the cost of data collection by conventional techniques (photointerpretation, questionnaires, fieldwork...) makes this almost impossible.

Remote sensing as a tool for dynamic data capture, combined with tables (data from wells, piezometers, river flows...) and digital maps (topographic maps, geological maps, cadastral data at a parcel scale,...) in a Geographic Information System (GIS), allows the generation of accurate information at a reasonable cost. However, potential final users are often unconvinced of the usefulness, accuracy and cost-effectiveness of these techniques. It is necessary to "bring" the final user closer to EO techniques, through their application to specific problems, avoiding generalisation and looking for easier "tools" for their daily work.

Key words: Sustainable development, Integrated management, Water resources management, Geographical Information Systems.

OBJETIVOS

El objetivo del proyecto ISLA es desarrollar y comprobar la utilidad de un Sistema de Información pre-operativo, que ayude a los responsables de la gestión de los recursos hídricos en la toma de decisiones. Una apli-

cación informática que incluye cuatro módulos temáticos diseñada con una interfaz de fácil utilización, y que fue implementada para el manejo y la integración de datos de Observación de la Tierra junto con información obtenida por medios convencionales, con el objeto

de resolver los problemas más frecuentes y más urgentes, a los que los gestores de recursos hídricos tienen que hacer frente.

CONSORCIO

El consorcio del proyecto ISLA está formado por los siguientes socios: Instituto de Desarrollo Regional de la Universidad de Castilla La Mancha (España) como coordinador y GEOSYS S.L. (España) como Project Manager; Como usuarios finales: Junta de Aguas de Baleares en España y Eastern Crete Development Organization (OANAK) en Grecia; Como socios técnicos: Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (España), GEOAPIKONISIS (Grecia), National Observatory of Athens (Grecia) Alenia Spazio (Italia) y EARS bv. (Holanda).

Los usuarios finales del proyecto fueron la Junta de Aguas de Baleares (la autoridad competente para la gestión de los recursos hídricos en Baleares), y OANAK (un órgano asesor para todas las autoridades públicas del este de Creta). Su papel en el proyecto incluía la especificación de los datos de que disponían, información que necesitaban, proporcionar las bases de datos a su disposición para su integración en el sistema piloto desarrollado, así como probar y evaluar dicho sistema piloto.

ÁREAS PILOTO

Como zonas piloto para el desarrollo del sistema se ha seleccionado la isla de Mallorca (España) y el área oriental de la isla de Creta (Grecia), (Figura 1).

Las islas de Mallorca (España) y de Creta (Grecia), son representativas de las islas de las zonas costeras del Mediterráneo. Estas dos islas presentan unos regímenes hidrológicos complementarios, con un 90% del suministro de agua total de Mallorca procedente de extracciones subterráneas, mientras que en Creta las necesidades de agua para la agricultura y el consumo humano son cubiertas fundamentalmente utilizando aguas superficiales, que son almacenadas en embalses y en los cuerpos de nieve de las montañas de la isla.

Las autoridades locales necesitan encontrar un balance entre las demandas de agua para regadíos, para el turismo y para la población residente, teniendo también en cuenta factores medioambientales. Para satisfacer la creciente demanda, los gestores de los recursos hídricos están obligados a buscar nuevas fuentes de suministro de agua, como el trasvase desde otras regiones, la desalinización, el reciclado de aguas residuales o la explotación de surgencias submarinas.

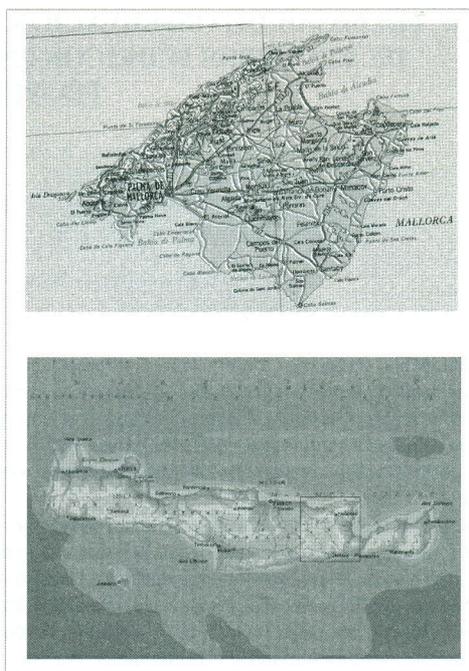


Figura 1. Localización de las áreas piloto.

METODOLOGÍA

El proyecto se desarrolló a lo largo de 24 meses, entre el verano de 1998 y el verano del año 2000. El esquema de trabajo dividió el proyecto en tres fases principales: 1. Definición, 2. Desarrollo, y 3. Integración, Verificación y Validación.

Durante la primera fase del proyecto se analizaron y definieron los requerimientos de los usuarios, identificándose cuatro aspectos básicos a tratar para la gestión de recursos hídricos: Gestión integral de tierra y agua, Localización de surgencias submarinas; Estimación de recursos nivales y Balance global de agua

Durante esta fase inicial del proyecto, se hizo una revisión del estado del arte en la aplicación de las técnicas de Observación de la Tierra en cada una de estas cuatro áreas.

Durante la segunda fase, los modelos y metodologías para cada uno de los cuatro módulos identificados, fueron desarrolladas y probadas utilizando datos reales de las dos áreas piloto.

Estos modelos fueron implementados en cuatro aplicaciones informáticas. Los últimos seis meses del proyecto fueron utilizados para la integración de estos cuatro módulos en un Sistema de Información Geográfica y

la evaluación de los resultados obtenidos por ellos teniendo como referencia los requerimientos originales de los usuarios.

MÓDULOS DEL SISTEMA ISLA

Cuatro módulos han sido integrados en un Sistema de Información Geográfica piloto, que proporciona a los usuarios finales una herramienta informática de fácil manejo, con unos menús orientados a sus necesidades, y que permite a profesionales sin una formación específica en las técnicas de Observación de la Tierra, manejar datos complejos, y obtener información derivada significativa a partir de ellos.

Gestión integral de tierra y agua

Los aspectos específicos que abordan este módulo son la cuantificación y control de superficies en regadío, actualización de mapas de usos del suelo y detección de cambios en los mismos a lo largo del tiempo, control de la calidad del agua y control de áreas protegidas.

El estudio de la cuantificación y evolución de superficies en regadío se limitó a Mallorca y se realizó utilizando un conjunto de imágenes multitemporales, desde 1984 hasta 1999 del satélite Landsat (Montesinos y Barón, 1998).

El objetivo fue la obtención de información que pudiese ser utilizada en la planificación de soluciones viables para liberar parte del agua utilizada para regadío, como por ejemplo la futura concesión de subvenciones a los agricultores para el abandono de cultivos de regadío en períodos de sequía.

En Creta, los usuarios requirieron la generación de mapas de usos del suelo actualizados, con el objeto de detectar y cuantificar cambios en los mismos y relacionarlos con la disponibilidad y demanda de los recursos hídricos existentes.

Localización de surgencias submarinas

El objetivo de este módulo era doble: Un de ellos era la localización de surgencias submarinas individuales, con el objeto de llevar a cabo una estimación de la disponibilidad de agua dulce en los acuíferos relacionados con ellas y el posible aprovechamiento de la misma. El segundo objetivo era la estimación de la descarga submarina total de la isla de Mallorca, ya que este es un factor a tener en cuenta en el cálculo del balance global de agua, descartado en la mayoría de los estudios de balance de agua realizados en zonas costeras.

La localización espacial de las surgencias submarinas, solamente debía llevarse a cabo una vez. Sin embargo, el usuario estaba también interesado en la posibilidad de estudiar su evolución, debido a su variabili-

dad en el tiempo. En este sentido, una descarga de agua positiva en la transición entre agua dulce y agua marina, es indicativa del comportamiento del acuífero relacionado, dando pistas de la existencia de posibles problemas de salinización en el mismo en caso contrario. El proyecto intentó determinar si la estimación de la descarga submarina podía llevarse a cabo basándose únicamente en imágenes Landsat TM, utilizando imágenes de infrarrojo obtenidas mediante el sensor aerotransportado *Daedalus* únicamente para la localización de las surgencias y la calibración de las imágenes de satélite. Solamente en el caso de que las imágenes Landsat se mostrasen incapaces de producir la información necesaria, las imágenes obtenidas con sensores aerotransportados se convertirían en la principal fuente de información.

Estimación de recursos nivales

Este módulo utilizó como área test la Montaña Dikti en Creta, para la implementación de una aplicación que manejaría una serie de mapas de cobertura de nieve, de volumen de nieve, y de volumen equivalente de agua (resultado de la fusión de nieve). Estos mapas fueron generados mediante la clasificación supervisada de un conjunto de imágenes de satélite de sensores radar (SAR) y ópticos, y su integración con datos de verdad terreno (Caves *et alii* 1998).

El módulo permitió un posterior procesamiento de los mapas de volumen equivalente de agua, y la estimación del agua contenida en los cuerpos de nieve en diferentes fechas, con un modelo para el cálculo de este parámetro con una periodicidad semanal, durante el período invernal.

Balance global de agua

Para el restablecimiento del balance entre los usos y la demanda de agua, los gestores de recursos hídricos necesitan identificar los principales componentes del balance global de agua así como su magnitud.

Para el cálculo del balance global de agua para Mallorca y Creta, se utilizó una combinación de datos procedentes de las técnicas de Observación de la Tierra y de datos convencionales. Los datos de Observación de la Tierra (imágenes del satélite METEOSAT) fueron utilizados para el estudio de un término del balance global que presenta una gran variación en el espacio y en el tiempo: la evapotranspiración. Los datos convencionales, que incluyen datos de precipitación, se utilizaron para derivar los términos del balance global que no pueden ser detectados fácilmente utilizando datos de Observación de la Tierra.

El propósito del modelo es dar una visión general en cuanto al actual balance entre la recarga y las pérdi-

das de agua en un contexto amplio, como es una cuenca hidrográfica. Este enfoque tiene la ventaja de que el módulo utiliza un mínimo de datos de entrada, proporcionando una buena visión general del balance entre recarga y extracción de agua. (Rosema *et alii*. 1994)

Sistema piloto integrado

Estos cuatro módulos anteriormente descritos, han sido integrados en el sistema piloto ISLA, una aplicación informática totalmente auto-programada, que no necesita de la utilización de ningún software GIS comercial para su funcionamiento. Tanto la interfaz como los controles que permiten llevar a cabo las operaciones con datos tanto gráficos como alfanuméricos, han sido desarrolladas por el equipo de programadores del proyecto.

EVALUACIÓN Y CONCLUSIONES

El sistema piloto ISLA fue evaluado durante la fase del proyecto de Integración, Verificación y Validación. La evaluación del proyecto en general, y del sistema piloto en particular, fue llevada a cabo por los usuarios (Junta de Aguas de Baleares y OANAK), teniendo en cuenta los criterios de éxito establecidos al comienzo del proyecto.

En general, el sistema ha alcanzado estos criterios de éxito en un alto grado. En este sentido, se han llevado a cabo planes para la explotación del sistema ISLA en las organizaciones participantes en el proyecto, y en otras organizaciones con un perfil similar de la región del Mediterráneo.

El proyecto ISLA ha abordado con éxito los problemas relacionados con el desequilibrio existente entre el suministro y la demanda de agua, especialmente relacionados con la agricultura de regadío, proporcionando a los organismos gestores información actualizada y fiable acerca del estado de los recursos hídricos, junto con herramientas informáticas que permiten el manejo de dicha información.

El sistema piloto ISLA ha probado su utilidad en dos islas del Mediterráneo, Mallorca y Creta, altamente representativas de los problemas causados por la sobreexplotación de los acuíferos y la distribución no optimizada de los limitados recursos hídricos entre diferentes sectores económicos en áreas Mediterráneas.

Otras áreas del Mediterráneo (incluyendo en Norte de África y otras regiones del entorno Mediterráneo) deberían encontrar las herramientas, modelos y metodologías desarrolladas por el proyecto ISLA, que tienen una aplicación directa y relevante.

BIBLIOGRAFÍA

- CAVES, R., TURPIN, O., NAGLER, T. and MILLER, D. 1998. The role of Earth Observation in snowmelt runoff monitoring from high latitude basins: SAR aspects. *Proc. Of IGARSS '98 IEEE catalog Nr. 98CH36174*.
- Junta de Aguas de Baleares. 1994. *Evaluación mediante Teledetección de la superficie en regadío existente en la Isla de Mallorca durante los años 1985 y 1994*. Inédito.
- Junta de Aguas de Baleares. 1995. *Evaluación mediante Teledetección de la superficie en regadío existente en la Isla de Menorca e Ibiza durante los años 1985 y 1994*. Inédito
- MONTESINOS, S. y BARÓN, A. 1998. Evaluación de superficies en regadío en las islas Baleares a partir de datos de observación de la Tierra. *Actas del XVI Congreso Nacional de Riegos*. Mallorca.
- ROSEMA, A., ROEBELING, R., PETERS, S., GARRIDO, S., de BRUIN H. A. R., SARABER, M. J. M., ROOZEKRANS, J. N., GARCIA, F., KOK, K., STOLLE, F. AND BRONSVELD, M.C. 1994. *Assessment and monitoring of desertification in the Mediterranean area (ASMODE)*, final report, summary. Project EV5V-CT91-0029. European Commission, Directorate General for Science, Research and Development (XII), Programme in the field of Environment, Topic IV.3.