

CONTROL MEDIANTE TELEDETECCIÓN DEL RÉGIMEN DE EXTRACCIONES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN ACUÍFEROS SOBREEXPLOTADOS

Salomón Montesinos, Lucia De Stefano y
Ricardo Manzano (*), Emilio Luna y José Ramón
Aragón (**)

geosys@ctv.es

(*) GEOSYS, S.L. Avda. Pío XII, 92, 2º-4. 28036
Madrid.

(**) Comisaría de Aguas. Confederación
Hidrográfica del Guadiana

RESUMEN

Dentro del marco legal establecido por la vigente Ley de Aguas, los Organismos de cuenca tienen la potestad de declarar la sobreexplotación de los acuíferos que consideren oportunos, así como de establecer el régimen de explotación que permita la recuperación de dichos acuíferos. Además, es también obligación de las autoridades de cuenca el control del cumplimiento de las restricciones impuestas.

Geosys, S.L. ha desarrollado para la cuenca hidrográfica del Guadiana una metodología basada en imágenes de satélite para llevar a cabo una "alerta rápida" que permita detectar aquellos aprovechamientos en regadío con aguas subterráneas que estén incumpliendo el régimen de explotación impuesto.

En la presente comunicación se presenta la metodología utilizada, así como los resultados obtenidos en el control del régimen de explotación del año 1997, para los acuíferos de La Mancha Occidental (U.H. 04.04) y Campo de Montiel (U.H. 04.06)

ABSTRACT

The Water Law establishes that Catchment Authorities are empowered to declare aquifers over-exploited, when a situation of severe hydric crisis is detected. The status of over-exploitation implies that the competent Catchment Authority has to set water use limits aimed at allowing the recovery of the groundwater levels and, consequently, to check that these restrictions are respected by water users.

In the Guadiana river basin, Geosys S.L. has implemented a methodology, based on EO techniques, to timely detect irrigation activities that might be infringing the restrictions to water extraction.

The present document describes the methodology applied and the results achieved in the control of groundwater extraction in aquifers La Mancha Occidental (Hydrological Unit 04.04) and Campo de Montiel (Hydrological Unit. 04.06) during 1997.

Palabras clave: Sobreexplotación de acuíferos, Régimen de explotación.

INTRODUCCION Y OBJETIVOS

La Ley de Aguas en su art. 54.1 y el Reglamento del Dominio Público Hidráulico en su art. 171.1 indican que el Organismo de cuenca podrá declarar los recursos hidráulicos subterráneos de una zona sobreexplotados o en riesgo de estarlo, debiendo imponer una ordenación de todas las extracciones para lograr su explotación racional y proceder a la revisión del correspondiente Plan Hidrológico.

Debido a la grave situación alcanzada en los acuíferos de la Llanura Manchega a final de los años ochenta, en la que los recursos hídricos extraídos llegaron a ser el doble de los renovables medios, la Junta de Gobierno de la Confederación Hidrográfica del Guadiana realizó, en febrero de 1987, la declaración provisional de sobreexplotación del acuífero de La Mancha Occidental (Unidad Hidrogeológica 04.04) y, en abril de 1988, por Real Decreto, se declaró provisionalmente sobreexplotado el acuífero de Campo de Montiel (U.H. 04.06).

Durante los primeros años, el seguimiento del control del régimen de explotación se ha realizado a partir de fotografías aéreas en color y campañas de campo que utilizaban como documento de referencia dichas fotografías.

Los buenos resultados obtenidos, con los datos de teledetección, en el reconocimiento de aprovechamientos con aguas subterráneas, hizo que la Comisaría de Aguas del Guadiana se plantease la posibilidad de llevar a cabo, con carácter experimental, el seguimiento de las extracciones para el año 1997, utilizando datos de satélite.

El objetivo del trabajo es realizar el control del régimen de explotación de los acuíferos de La Mancha Occidental y Campo de Montiel (figura 1)

para lo cual se han requerido los siguientes trabajos: i) elaboración de un catastro visto, en formato digital, de los aprovechamientos en regadío inscritos en los acuíferos de la Mancha Occidental, ii) cuantificación de los cultivos en regadío existentes en el año 1997 y iii) integración de las bases de datos gráfica y alfanumérica.



Figura 1.- Localización de los acuíferos de La Mancha Occidental (cuadrícula) y Campo de Montiel (rayado).

METODOLOGIA

La metodología seguida en el control del régimen de explotación de ambos acuíferos consta de las siguientes etapas:

i) Cuantificación de los cultivos en regadío .

La superficie de los cultivos en regadío se ha calculado a partir de imágenes de satélite. La elección de las fechas de pasada de satélite se ha realizado atendiendo al desarrollo vegetativo de los cultivos existentes en la Llanura Manchega, siendo las fechas más adecuadas, la primavera (abril y junio) y el verano (julio y agosto). Se han adquirido cuatro coberturas de la zona de estudio. Las imágenes pertenecen al sensor Thematic Mapper a bordo de los satélite Landsat 5 y al sensor LISS-III del satélite hindú IRS-1C.

La elección de Landsat TM se debe a tres factores fundamentales para la discriminación del regadío: i) Mayor resolución espectral. La existencia de varias bandas en el infrarrojo facilita la discriminación de cubiertas vegetales, ii) Mayor repetición en las observaciones. Cada 16 días Landsat sobrevuela la misma zona geográfica a la misma hora solar. iii) Continuidad en el registro de datos.

La existencia de cobertura nubosa en algunas fechas de las imágenes Landsat TM nos ha obligado a su sustitución por imágenes LISS-III del

satélite IRS-1C, de menor resolución espectral y temporal, pero con unas características espaciales (resolución de 25 metros y tamaño de la escena de 140 x 140 Kms.) que satisfacen las necesidades básicas del proyecto.

En primer lugar, las imágenes de satélite han sido georreferenciadas para eliminar las distorsiones introducidas por el sensor en la captura de la información y para adecuarlas a una proyección cartográfica UTM (*Universal Transverse Mercator*). El error medio de posicionamiento es inferior a 25 metros que es la resolución espacial de la imagen LISS-III. De esta forma los datos de satélite pueden ser combinados con el catastro visto en formato digital.

Para la cuantificación de los cultivos más significativas se ha realizado una clasificación multiespectral supervisada de las imágenes de satélite para cada fecha. La clasificación se ha basado en un muestreo de los cultivos en regadío existentes en el área de estudio.

Para la obtención de "verdad terreno" se han llevado a cabo tres campañas de campo próximas a las fechas de pasada de los satélites: i) Una campaña en primavera, a mediados del mes de mayo, ii) Dos campañas en verano, a finales del mes de junio y a principios del mes de agosto.

En el área de estudio, el muestreo dirigido es el más adecuado para realizar la clasificación multiespectral supervisada. Las campañas de campo han seguido un itinerario que recorre los acuíferos, de Noreste a Sudoeste, con objeto de muestrear los principales cultivos en las diferentes situaciones ambientales y edafológicas que se dan en una extensión tan amplia.

Se eligieron 17 "segmentos terreno" de 25 km² cada uno a lo largo del itinerario. Los segmentos se caracterizan por la existencia de parcelas extensas, de fácil acceso, con monocultivos representativos. Cada segmento se ha muestreado en las tres campañas de campo para el seguimiento estacional del desarrollo vegetativo de los cultivos.

Mediante la clasificación multiespectral de las imágenes de satélite se han estimado las superficies para cada cultivo dentro de las poligonales de los acuífero (tabla 1).

CULTIVO	UH 04.04	UH 04.06
Alfalfa	1.073	88
Cereal regado	19.363	931
Colza	6.257	145
Maíz	182	7
Melón	5.521	10
Remolacha	1.777	2
Cultivos de ciclo largo	92	111
Cultivos de primavera	3.741	461
Cultivos de verano	3.002	466
TOTAL	41.008	2.221

Tabla 1.- Superficie en regadío en 1997 dentro de las poligonales de UU.HH. 04.04 y 04.06.

Las clases “Cultivos de primavera” “Cultivos de verano” y “Cultivos de ciclo-largo” incluyen las superficies en regadío que no han sido clasificadas en el proceso de clasificación multiespectral supervisada, pero que según los valores del NDVI son regadío. Los primeros son cultivos de trigo, centeno, avena y colza; los segundos, maíz, melón, girasol, patata y lino; mientras que los terceros incluyen cultivos de alfalfa y patatas de ciclo largo.

Los datos de Observación de la Tierra que se utilizan en este estudio no permiten el análisis y cuantificación de las superficies de viñedo en regadío.

ii) Cálculo del volumen de agua usado para riego.

El cálculo del volumen de agua extraído para cada expediente se ha llevado a cabo mediante la superposición del catastro digital del aprovechamiento con la clasificación de cultivos. De este modo se ha estimado la superficie para cada cultivo dentro del aprovechamiento. Considerando las dotaciones medias anuales para cada cultivo se ha calculado el volumen de agua extraído en la explotación durante 1997.

iii) Cálculo del volumen de extracción permitido.

El cálculo del volumen máximo de extracción permitido para cada expediente, según el régimen de explotación de 1997, se ha basado en los datos de superficies inscritas en el Registro de aprovechamientos temporales de aguas privadas y el Catálogo de aguas privadas.

El Régimen de Explotación para 1997, del acuífero de La Mancha Occidental, establece que el volumen máximo a extraer en toda su superficie es de 170 Hm³. La reducción de las extracciones se traduce en una reducción de la superficie regada considerando una dotación anual para superficies en regadío de 4.278 m³/Ha. Para cada expediente, el porcentaje de reducción de superficie de riego permitida varía según diferentes intervalos de área inscrita. El Régimen de Explotación para 1997, del acuífero de Campo de Montiel, establece dotaciones anuales que disminuyen según intervalos de área inscrita, siendo el volumen máximo a extraer en toda su superficie de 8 Hm³.

iv) Seguimiento del régimen de extracciones.

El seguimiento del régimen de extracciones para ambos acuíferos se ha llevado a cabo comparando el volumen real extraído, obtenido del análisis de las imágenes de satélite, con el volumen de extracciones permitido.

En el análisis de los resultados obtenidos en este estudio se ha de tener en cuenta que los cálculos de volumen de extracciones están basados en las superficies de cultivos en regadío cuantificadas mediante imágenes de satélite, en un proceso de clasificación de cultivos sujeto a una fiabilidad y, en unas dotaciones teóricas, por lo que el sistema deber ser considerado como un sistema de “policía” o de “alerta rápida”. Los resultados obtenidos han de ser usados como detección de las situaciones en las que hay un posible incumplimiento del régimen de explotación, situaciones que han de ser contrastadas en campo por los guardas de la CHG.

En el seguimiento del régimen de explotación de los acuíferos los resultados han sido los siguientes:

La superficie regada, en 1997, en la “superficie inscrita”, siendo ésta la correspondiente al conjunto de explotaciones con catastro digital del aprovechamiento, se ha estimado en 18.360 Has para la U.H. 04.04 y en 208,6 Has para la U.H. 04.06, lo que corresponde a un volumen extraído de 57,2 Hm³ y 0,82 Hm³, respectivamente.

Existe un cumplimiento global del régimen de explotación en ambos acuíferos:

El volumen de extracción máximo permitido para riego en el Acuífero de La Mancha Occidental es de 170 Hm³. Dentro de la poligonal del acuífero se han estimado en regadío 41.008 Has lo que supone una extracción de 135,2 Hm³.

Dentro del perímetro del acuífero de Campo de Montiel se han cultivado en regadío 2.206 Has, lo que supone un volumen de extracción de 6,67 Hm³. El volumen de extracción máxima autorizada es 8 de Hm³.

En el seguimiento del cumplimiento del régimen de explotación, de cada expediente, se han encontrado 427, en situación de posible infracción en el acuífero de La Mancha Occidental, más 4 expedientes en el acuífero de Campo de Montiel. En estos expedientes, la diferencia entre el volumen extraído y el permitido es de 17 Hm³, de los cuales 0,06 Hm³ corresponden al acuífero de Campo de Montiel.

El volumen evaluado de infracción en el acuífero de Campo de Montiel es muy bajo, 0,07 Hm³, el 7% respecto al volumen extraído en las superficies con catastro digital, 0,82 Hm³. En cambio, en el acuífero de La Mancha Occidental, el volumen de infracción evaluado, 16,9 Hm³, supone el 29% del volumen extraído en la "superficie inscrita", 57,2 Hm³.

CONCLUSIONES

El cálculo del volumen de extracción a partir de la cuantificación de superficies en cultivo de regadío mediante imágenes de satélite ha demostrado ser una metodología eficaz para la detección rápida de posibles infracciones del régimen de explotación en acuíferos sobreexplotados.

Como el cálculo del volumen de extracción se realiza basándose en la clasificación de cultivos de imágenes de satélite (sujeta a una fiabilidad) y en dotaciones teóricas, es necesario que las situaciones detectadas de posible infracción del régimen de explotación sean contrastadas en campo por los agentes de CHG para el inicio del procedimiento sancionador.

La metodología seguida en el control del régimen de explotación constituye un sistema de "alerta rápida" de situaciones de posible infracción con un acortamiento del plazo de respuesta de 7 meses, con la metodología seguida en años anteriores, a 1 mes, lo que permite a los agentes de la CHG la constatación en campo de las posibles infracciones cuando los cultivos aún no han sido cosechados.

Esta metodología supone, también, una reducción del 75 % de los costes económicos respecto a la metodología que se venía utilizando, ya

que la identificación previa de posibles situaciones de infracción, mediante el análisis de las imágenes de satélite, permite una inspección de campo dirigida, exclusivamente, a los aprovechamientos de esos expedientes. Lo que evita costosas campañas de campo en los 12.000 aprovechamientos inscritos, hasta 1993, en los acuíferos de la cuenca alta del Guadiana.

El análisis de las imágenes de satélite permite conocer en cada estación del año, primavera y verano, cual es la superficie cultivada en los acuíferos lo que permite la toma de decisiones, sobre posibles modificaciones en el régimen de explotación, una vez comenzada la campaña de extracciones.

BIBLIOGRAFIA

IGME-IRYDA.1979. Investigación hidrogeológica de la Cuenca Alta y Media del Guadiana: Marco geográfico y económico, demanda y consumo de agua. *Informe Técnico nº2. Plan Nacional de Investigación de Aguas Subterráneas*. Madrid.

MAPA. 1982. Calendario de siembra, floración y recolección. Secretaría General Técnica del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.

MONTESINOS, S. 1990. Teledetección: su utilización en la cuantificación y seguimiento de recursos hidráulicos aplicados al regadío. *Informaciones y Estudios nº 51*. MOPU. Madrid.

SGOP. 1982. Estudio de las demandas de agua y de las aportaciones superficiales y subterráneas de la cuenca alta del Guadiana. *Informe nº 1. Informe 12/82*. Madrid.

SGOP. 1982. Análisis de alternativas de utilización de aguas superficiales y subterráneas de la Llanura Manchega. *Informe nº3. Informe 12/82*. Madrid.

SGOP. 1982. Estudio de gestión del sistema de recursos hidráulicos en la cuenca alta del Guadiana. *Informe nº 4. Informe 12/82*. Madrid.

SGOP. 1986. Sobreexplotación del acuífero de la Llanura Manchega. *Informe 06/86*. Madrid.

SGOP. 1988. Evolución de las extracciones y niveles piezométricos en el acuífero de la Llanura Manchega. *Estudio 06/88*. Madrid.