

EL CONTROL DE EXPEDIENTES DE REGADÍO POR TELEDETECCIÓN EN LA CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADIANA

J. DÍAZ MORA, C. DELGADO VELASCO (*), C. DELGADO GARCÍA-MUÑOZ,
F. DÍAZ GARRIDO, A. IZQUIERDO ALCARAZ (**), P. RUANO MAGÁN,
J. A. PÉREZ GARCÍA, A. I. ANDRÉS HUERTAS, R. ESCUDERO BARBERO (***)

pruano@tragsa.es

(*)Confederación Hidrográfica del Guadiana.

(**) TRAGSA

(***) TRAGSATEC

RESUMEN: Al amparo de la Ley de Aguas de 1985, en los procedimientos de reconocimiento de derechos sobre aguas privadas, se ha utilizado la Teledetección como método probatorio que determina las superficies cultivadas en regadío antes del año 1986. El conocimiento de estas superficies permite establecer el volumen de agua utilizado en ese periodo de tiempo. El proceso de la fotointerpretación se ha automatizado mediante la utilización de una aplicación que trabaja en el entorno de un S.I.G. y que ha permitido agilizar la resolución de expedientes en gran manera. A continuación se describe la aplicación, se expone la metodología utilizada y se resumen los resultados obtenidos hasta el momento

ABSTRACT: The water law from 1985 establish the procedures of recognizing the rights over private water users. In order to recognize these rights, Confederación Hidrográfica del Guadiana has used Remote Sensing techniques to determinate and acreage the watered cultivation grown areas before 1986. The knowledge of this water crops acreage lets estimate the water volume used along the time. The photointerpretations procedures involved in this process have been automated using a specific and customized G.I.S. application which has highly improved and speed the expedients resolution. Following, there is described the methodology and the main results obtained.

Palabras clave: Ley de Aguas, reconocimiento de derechos, expedientes de regadío, Teledetección., fotointerpretación

INTRODUCCIÓN

La Confederación Hidrográfica del Guadiana utiliza la técnica de la Teledetección para la comprobación de la existencia de parcelas con cultivos en regadío a la entrada en vigor de la Ley de Aguas de 1.985, en los procedimientos de reconocimiento de derechos sobre aguas privadas tramitados al amparo de las Disposiciones Transitorias 2.^a, 3.^a y 4.^a de la citada Ley.

Ello se debe a la falta de acreditación, por los solicitantes de inscripciones en el Registro de Aguas o en el Catálogo de Aguas Privadas, de alguno de los extremos que es necesario probar para que se practiquen aquéllas, cuando el uso que se hacía del agua antes de 1986 era el riego: existencia de la captación y del aprovechamiento, destino de las aguas, volumen de agua utilizado, y régimen de explotación, todo ello con anterioridad a esa fecha.

La Teledetección permite determinar la superficie de riego que existe en una zona concreta a lo largo de un año. La importancia de ello está, no sólo en la comprobación de si existía riego o no, sino también en que si el solicitante no acredita el caudal utilizado antes de 1986 puede estimarse el mismo mediante el conocimiento de la superficie efectiva de riego. Al quedar determinada la superficie que se regaba anualmente, puede establecerse el volumen de agua utilizado en ese periodo de tiempo.

Al ser la Teledetección un medio para conocer la realidad existente con anterioridad a 1986, se utiliza a fin de obtener una base objetiva que fundamente la resolución de los procedimientos de reconocimiento de derechos sobre aguas privadas.

Para automatizar el procedimiento en la medida de lo posible y aumentar la eficiencia del proceso de

fotointerpretación se ha diseñado una aplicación S.I.G. específica para este problema.

METODOLOGÍA UTILIZADA

-Datos de partida

Se fotointerpretan expedientes cartografiados a partir de la información proporcionada por los solicitantes. Cada expediente se fotointerpreta separadamente con ayuda de las imágenes disponibles provenientes del satélite LANDSAT, mapas catastrales en formato digital y una ortofoto digital en B/N a un metro de resolución de 1987.

Las imágenes del satélite LANDSAT utilizadas pertenecen a los sensores TM (Thematic Mapper) y MSS (Multispectral Scanner) cuando no se disponía del primero (tabla 1).

AÑO	IMÁGENES DISPONIBLES	TIPO
1983	JULIO	MSS
1984	JUNIO	TM
	JULIO	TM
	SEPTIEMBRE	TM
1985	ABRIL	TM
	JUNIO	TM
	JULIO	TM
	AGOSTO	TM
TM	JUNIO	TM
	JULIO	TM

Tabla 1. Imágenes LANDSAT disponibles para la resolución de expedientes de reconocimiento de derechos.

-Preparación de imágenes

La totalidad de las imágenes empleadas en el proceso de resolución de expedientes fueron georreferenciadas. Se empleó una corrección de tipo polinómico y un sistema de remuestreo por convolución cúbica. El resultado fue la obtención de un conjunto de imágenes perfectamente superponibles y con un buen ajuste del catastro.

Las bandas utilizadas en el proceso de fotointerpretación han sido las TM3 (roja), TM4 (Ifc) y TM5 (Ifm) y sus equivalentes MS4, MS7 y MS5, en composiciones infrarrojas R (Ifc) G (Ifm) B (roja). Estas bandas son generalmente empleadas ya que son buenas indicadoras del grado de humedad (infrarrojo medio), absorción clorofílica (banda roja) y biomasa (infrarrojo cercano).

La composición en falso color infrarrojo utilizada en el proceso de fotointerpretación permite un sencillo reconocimiento tanto de los cultivos de primavera (fun-

damentalmente cereales) como de los regadíos de verano ya que ambos presentan altos valores de reflectividad en la banda del infrarrojo cercano (asignada al color rojo), en las imágenes de primavera y verano respectivamente.

-Proceso de fotointerpretación en una aplicación S.I.G. sobre DINAMAP

La fotointerpretación de los expedientes está destinada a la identificación de las parcelas en regadío antes de la entrada en vigor de la Ley de Aguas de 1985. Éstas, a excepción de los cereales, son fácilmente reconocibles por sus altos valores de reflectividad en las imágenes de verano. Por su parte, los cereales (tanto en secano como en regadío) presentan altos valores de reflectividad en las imágenes de primavera y en las de verano aparecen ya recogidos. Ello hace que la discriminación entre secano y regadío en los cereales haga necesario recurrir a la observación de los valores de la banda del Infrarrojo medio (Im). Éstos, para un mismo cultivo, son generalmente más bajos en los regadíos que en los secanos. Esta observación suele resultar útil en las primaveras secas, no siendo relevante sin embargo en las primaveras húmedas.

Por su parte, la disposición de una Ortofoto en B/N de 1987 a 1 metro de resolución, permite la fotointerpretación de las parcelas ocupadas por cultivos leñosos (viñedo y olivar fundamentalmente) así como la identificación de las captaciones de agua que son cartografiadas en este proceso e incorporadas a una base de datos.

La sistemática de fotointerpretación está montada sobre una aplicación desarrollada sobre el S.I.G propio de TRAGSATEC (DINAMAP) que permite seleccionar el expediente y las imágenes que se quieren visualizar a la vez, así como la consulta de datos auxiliares disponibles. El sistema permite la digitalización en pantalla de las parcelas de regadío fotointerpretadas y la generación de la correspondiente topología de recintos en tiempo real a la vez que guarda los atributos de los resultados de la fotointerpretación sobre una base de datos SQL Server 7.0.

El fotointérprete tipifica cada recinto digitalizado siguiendo para ello un protocolo perfectamente definido y le asigna una "fiabilidad" a la fotointerpretación para cada imagen analizada (**Figura 1**). La fiabilidad proporciona información de con que seguridad ha asignado el fotointérprete un uso, alta, media o baja, pero a pesar de que esta fiabilidad sea baja se obtienen resultados concluyentes a través del análisis del conjunto de la fotointerpretación. Esta información queda registrada en la etiqueta del recinto temporalmente y luego es fijada en la base de datos SQL.

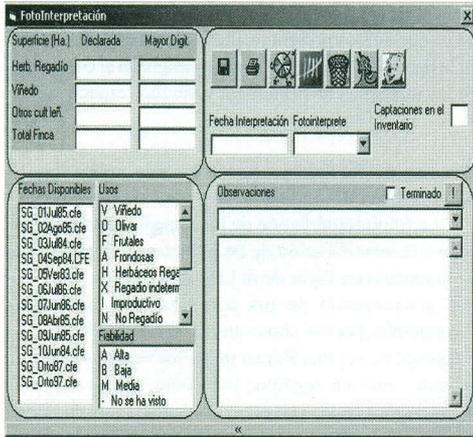


Figura 1. Ventana principal de la aplicación.

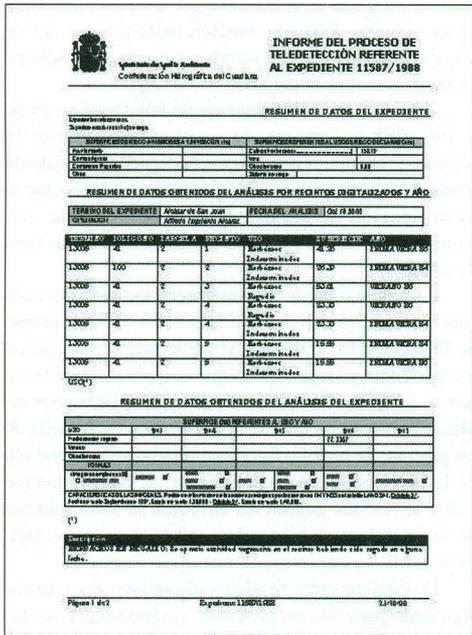


Figura 2. Informe de fotointerpretación (pag. 1).

Además de la información relacionada con los usos de cada recinto, la aplicación proporciona información acerca de la captación asignada al expediente (si se encuentra en zona de policía de cauces o no, si se observa en la Ortofoto del 87 y si es un pozo que aparece en el Inventario realizado durante los años 87 a 89). Toda

esta información queda registrada de forma gráfica y alfanumérica en una base de datos SQL.

El fotointérprete finaliza el proceso redactando un informe (Figuras 2 y 3) en el que se plasman y valoran los resultados incluidos en la fotointerpretación. Ese informe se incorpora al expediente para ser valorado posteriormente por el instructor junto con el resto de medios de prueba obrantes en el mismo.

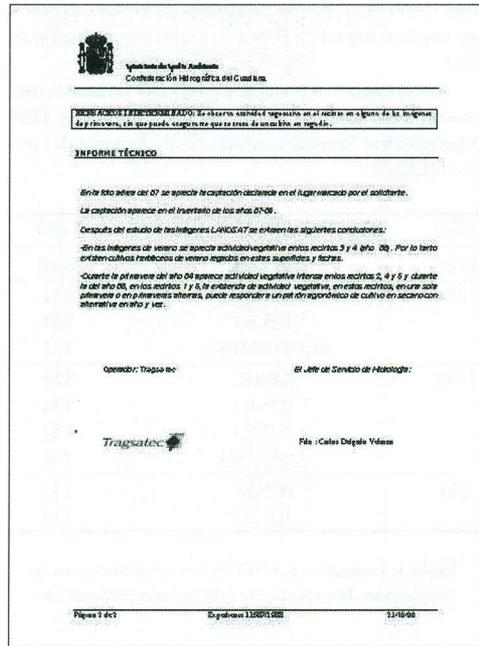


Figura 3. Informe de fotointerpretación (pag 2).

En función del tipo de cultivo (herbáceo o leñoso) y del tamaño y forma de las parcelas, la fotointerpretación de los expedientes se apoya sobre las ortofotos y/o las imágenes LANDSAT de forma diferente.

-Normas y protocolo para la fotointerpretación de expedientes.

Los expedientes se fotointerpretan de acuerdo con las siguientes normas:

1. Comprobación de la existencia de la captación de agua en el año 87 mediante su visualización en la ortofoto del mismo año.
2. Comprobación de que la captación se encuentre, o no, en una zona de policía de cauces.
3. Comprobación de que la captación figure, o no, en el Inventario 87-89 a la vista del expediente y de los datos que de él se disponen.

4. Fotointerpretación de la ortofoto de 1987 para la determinación de las superficies improductivas, los cultivos leñosos (olivar, viñedos y frutales), las frondosas y el monte, digitalización de estos recintos y etiquetado de los mismos (Figura 4).

5. Fotointerpretación de las imágenes *LANDSAT* para la determinación de las superficies de herbáceos y forrajeras de acuerdo con el protocolo de la figura 5.



Figura 4. Etiquetado de recintos con uso viñedo con ayuda de la Ortofoto del 87.

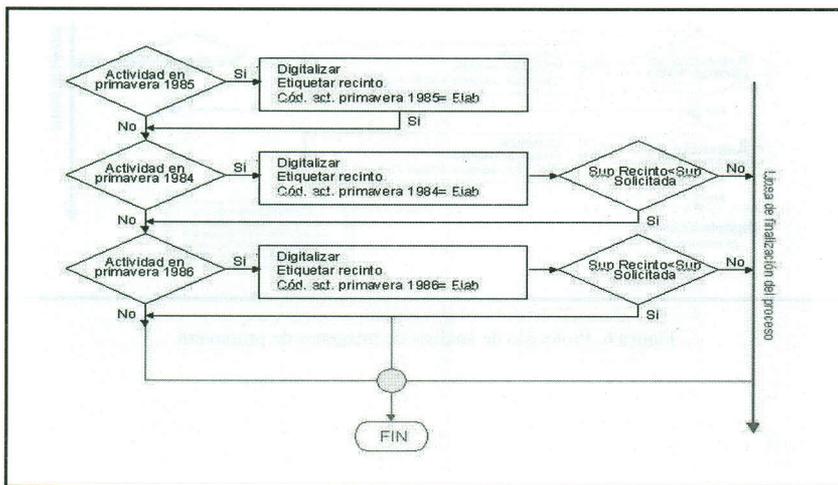


Figura 5. Protocolo de análisis de imágenes de verano.

Si aparecen parcelas con actividad vegetativa apreciable (alta reflectividad en la banda del infrarrojo cercano asignada al color rojo) en cualquiera de las imágenes de verano, se digitaliza la superficie pertinente, se etiqueta el recinto y se le asigna el uso **Herbáceos Regadío (H)**. Este diagnóstico se acompaña con una observación relativa a la fiabilidad de la fotointerpretación dependiendo de la seguridad con la que el fotointérprete haya asignado el uso. Si con la comprobación de todas las imágenes de verano, en el orden preestablecido en el protocolo, no se cubre la superficie declarada de Herbáceos en Regadío, se continúa con la fotointerpretación de las imágenes de primavera, conforme al protocolo de la **figura 6**.

La superficie resultante en el año 86 no se considera en la resolución del expediente, ya que la Ley de Aguas, al amparo de la cual se realiza la tramitación de los expedientes, entró en vigor en enero de 1986. El dato de las superficies del año 1986 si se utiliza sin embargo como apoyo a la consideración de riego en el resto de los años en aquellos recintos sobre los que se aprecia actividad vegetativa en 2 primaveras consecutivas.

Si la actividad aparece en primavera en un recinto no etiquetado hasta ese momento, se introducirá el uso

Herbáceos Indeterminados (P), con su correspondiente fiabilidad (**Figura 7**).

Si una vez finalizada la revisión de todas las imágenes disponibles existe algún recinto donde no se haya apreciado ninguno de los usos tipificados, ni actividad vegetativa de tipo alguno, se etiquetará sobre la última imagen de satélite comprobada (en nuestro caso junio 86), como **No Regadío (N)**, con su fiabilidad.

-Expedientes cuyo uso no es fotointerpretable a partir de los datos LANDSAT

La resolución espacial de los datos de Teledetección utilizados - TM (30 metros) y MSS (80 metros)- resulta insuficiente para la fotointerpretación de parcelas de pequeño tamaño y forma irregular por el escaso ajuste de los cambios cromáticos a las lindes (**Figura 8**). En estos casos la fotointerpretación se basa exclusivamente en la información proporcionada por las ortofotos a 1 metro de resolución del año 1987. En estos expedientes se cartografían las captaciones dejándose incompletos los datos relativos al uso y superficie de las superficies de regadío declaradas. En estos casos el informe correspondiente explica las razones por las que la fotointerpretación ha quedado incompleta.

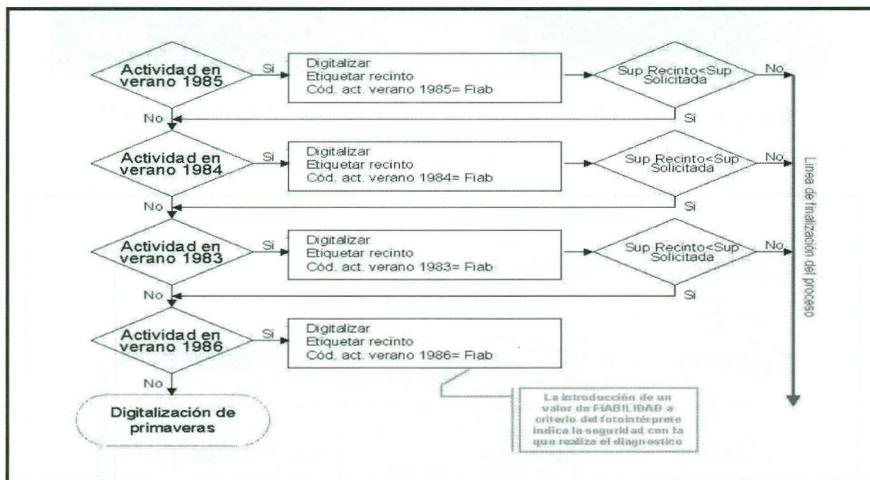


Figura 6. Protocolo de análisis de imágenes de primavera.

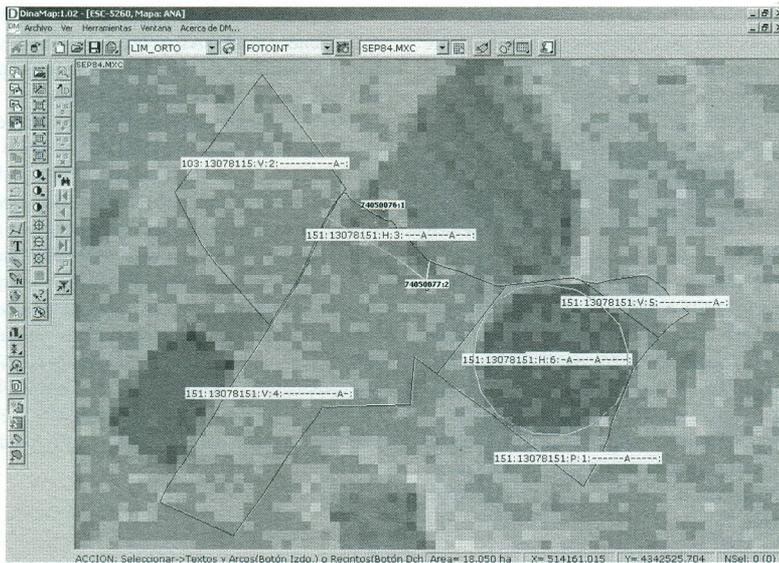


Figura 7. Digitalización y etiquetado de recintos con el soporte de las imágenes de satélite disponibles.

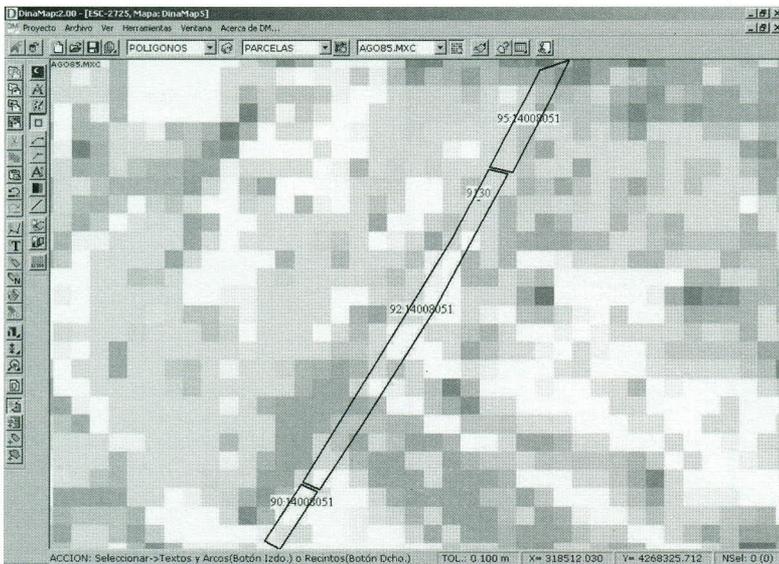


Figura 8. Ejemplo de expediente no fotointerpretable.

OPERATIVIDAD DEL SISTEMA

La sistematización del método, los criterios considerados en la fotointerpretación y la automatización del proceso con ayuda de la aplicación S.I.G. diseñada ha

permitido disminuir el tiempo de resolución de los expedientes en gran medida. La media de expedientes fotointerpretados por persona y día oscila entre 10 y 15 dependiendo de la dificultad de los expedientes a resol-

ver. La automatización del proceso permite agilizar en gran manera la labor del fotointerprete que no tiene que tomar ninguna decisión acerca de la resolución del expediente, únicamente debe marcar las zonas en las que observa actividad vegetativa según los criterios establecidos y la aplicación calcula y guarda en bases de datos alfanuméricas la superficie de riego identificada en cada caso.

CONCLUSIONES

La Teledetección es una tecnología fiable para la discriminación y cuantificación de superficies de regadío anteriores a 1986. Su uso facilita en gran medida la resolución de los expedientes en los que se solicita inscripción en el Registro de Aguas o en el Catálogo de Aguas Privadas, ya que el volumen de expedientes a analizar y el gran periodo de tiempo transcurrido entre la solicitud de inscripción y la actualidad hicieron necesaria la implementación de un sistema de análisis rápido y sistematizado.

La validez del empleo de la Teledetección basada en imágenes LANDSAT en la resolución de expedientes de reconocimiento de derechos sobre aguas privadas ha sido reconocida por el Tribunal Superior de Justicia de Castilla-La Mancha, que en diversas sentencias (p. ej.: n.º 376 de 11 de mayo de 1998, n.º 128 de 6 de febrero de 1999, n.º 695 de 16 de julio de 1999 y n.º 2 de 7 de enero de 2000) acepta que mediante esta prueba pueda determinarse si en una superficie concreta se regaba con anterioridad a 1986 y, en caso afirmativo, la extensión de la superficie en regadío. El mismo sistema permite conocer el año de puesta en riego de una determinada superficie. Para ello se dispone de un conjunto de dos imágenes anuales (primavera y verano) LANDSAT TM georreferenciadas desde el año 1987 hasta 1999. Analizando estas imágenes se puede establecer la evolución y cambios en el uso del agua que ha sufrido cualquier recinto.