

# ESTIMACIÓN DE SUPERFICIES EN REGADÍO EN LA CUENCA DEL SEGURA MEDIANTE TELEDETECCIÓN Y SIG

S. Montesinos (\*), F. Almagro (\*\*), y M. Urrea (\*\*).

(\*). *GEOSYS. Sector Foresta 23. Locales 7 y 8. 28760 Tres Cantos (Madrid). smontesinos@geosys.es*

(\*\*). *Confederación Hidrográfica del Segura. Plaza Fontes, 1. 30001. Murcia.*

## RESUMEN

La evaluación de la evolución de la demanda de agua en el tiempo es uno de los aspectos que produce mayores desviaciones y errores en el proceso habitual de restitución del régimen natural de las series de aportaciones. El estudio de la demanda agraria es uno de los aspectos más significativos, debido no sólo al peso específico que representa dentro de la demanda global de la cuenca del Segura, sino también a la dificultad que presenta su estimación.

En este estudio se definen los términos de – regadío, área regada y superficie en regadío –, que habitualmente se usan con un sentido similar, pero que técnicamente, tienen significados muy distintos.

Por último, se establecen unas conclusiones en relación al uso de imágenes de satélite, como fuente de datos, en la estimación de la superficies en regadío en el ámbito de una cuenca hidrográfica; en relación a la metodología que se puede utilizar cuando no se cuenta con datos de campo sincrónicos y a la evolución de la superficie en regadío en la cuenca del Segura.

## ABSTRACT

The evaluation of the water supply along time is one the aspects that produces the biggest diversions and errors in the usual processes of restitution of natural regime. The study of the evolution of the agrarian water demand is one of the most significant aspects of a Segura river basin study, not only due to the specific role in the global demand of the river basin but the difficulty that have their evaluation.

Along this study the following terms - irrigated land, irrigated area, irrigated surface - are explained because usually are used with similar sense, but they had different significant.

Finally, are presented some conclusions in relation with the use of satellite images like data sources, with the estimation of irrigated surface at River Basin, with the methodology when aren't synchronous field data and with the evolution of irrigated surface in the Segura River Basin.

**Palabras clave:** regadío, superficies en regadío, superficie regada, demanda hídrica, planificación hidrológica.

## INTRODUCCIÓN

La evaluación de la evolución de la demanda de agua en el tiempo es uno de los aspectos que produce mayores desviaciones y errores en el proceso habitual de restitución del régimen natural de las series de aportaciones.

El estudio de la evolución de la demanda agraria es uno de los aspectos más significativos, debido no sólo al peso específico que representa dentro de la demanda global de la cuenca, sino también a la dificultad que presenta su estimación. En este estudio se pretende realizar una evaluación de esta demanda mediante criterios estadísticos, basados en técnicas de teledetección espacial.

Existen varios proyectos que contemplan el estudio de los usos del suelo en la cuenca del Segura (Corine Land Cover, Inventario Forestal, Mapa de Cultivos y Aprovechamientos,...). En general, estos estudios se enmarcan dentro de un conocimiento del medio natural en ámbitos que superan el de la cuenca hidrográfica (nacional o europeo) y con una aproximación monotemporal y de cobertura continua.

Esta aproximación monotemporal se puede ver claramente en el actual Corine Land Cover, donde a partir de los datos aportados por el sensor TM, en una fecha, se establecen los usos del suelo de la zona.

El carácter continuo se observa en que lo que se establece son usos del suelo, donde en un uso “agrícola” se diferencia una clase “terrenos regados permanentemente” y en el mismo nivel, clases como “viñedos”, “frutales” y “olivares”, como si éstas no pudiesen estar regadas permanentemente. Todas estas clases quedan representadas gráficamente por una envolvente (un polígono en modo vectorial), con lo que los valores cuantitativos que se obtienen no representan la realidad desde el punto de vista de lo que es la superficie en regadío de la zona.

En estudios centrados en la cuenca del Segura como el llevado a cabo por Quintanilla et al. (1997) la aproximación a la estimación de superficies en regadío, siendo multitemporal, en cuanto a varios años estudiados, para establecer la evolución del regadío, es monoestacional, ya que tan sólo analizan los veranos de los años considerados. Con lo que no estaríamos hablando de superficies en regadío, propiamente dichas, sino de áreas regadas.

El estudio realizado por el ITGE (2001) de “Evaluación de superficies agrícolas en las Vegas media y Baja del Segura con imágenes de satélite Landsat 7 ETM+”, realiza una interesante aproximación metodológica para el estudio de zonas concretas (en este caso un acuífero), en el momento actual (adquisición de imágenes y campañas de campo sincrónicas para recoger “verdad terreno”). Sin embargo, la complejidad de la metodología planteada la hace inviable para un estudio como el nuestro, que abarca toda la cuenca y no cuenta con campañas de campo sincrónicas a la

toma de la imagen. Sin embargo, en ambos estudios, como en Pozo (1999), se plantea el empleo de técnicas de teledetección para estimar la superficie regada en diversas campañas, de forma que se puedan obtener diversos puntos de la curva de evolución histórica de la superficie regada en la cuenca.

Por lo tanto, la técnica que a utilizar es la teledetección espacial a partir de imágenes de satélite del sensor Thematic Mapper de la serie de satélites Landsat, de 30 metros de resolución espacial (equivalente a una escala de observación de 1:150.000).

La metodología que se va a utilizar se basa en el análisis multiespectral y multitemporal de imágenes de satélite para detectar los cultivos existentes en la cuenca. Este análisis contempla, para cada fecha, el análisis de la vegetación activa (herbácea y leñosa) y de los cultivos bajo plástico. Para aplicar esta metodología en la cuenca del Segura nos encontramos con una serie de dificultades, puestas de manifiesto en el trabajo de ITGE (2001):

- La heterogeneidad de la cuenca: Para abordar la clasificación del acuífero de las Vegas baja y media del Segura, se establecieron 7 grandes estratos (con respuesta espectral homogénea).
- La heterogeneidad de las clases espectrales: Al igual que el caso anterior, para caracterizar las clases espectrales del acuífero de las Vegas baja y media del Segura, se necesitaron 24 clases espectrales.
- El grado de parcelación de la cuenca: Hace que el algoritmo clasificador no encuentre las condiciones idóneas de trabajo y por lo tanto, la fiabilidad de los resultados sea muy baja. En el trabajo del ITGE, pese a lo reducido de las zonas y al esfuerzo realizado en la estratificación (7 estratos) y la caracterización espectral (24 clases espectrales), la fiabilidad es de alrededor de un 75 %.

## METODOLOGÍA

La metodología que vamos a utilizar para la estimación de la superficie regada en cada fecha, se basa en dos de los índices más conocidos: El NDVI o Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada; y el ICBP o Índice de Cultivos Bajo Plástico.

También vamos a utilizar composiciones en color de bandas espectrales, donde la respuesta espectral está caracterizada por el verdor de la planta (TM3), el contenido en biomasa (TM4) y el contenido en humedad de la planta (TM5). Estas composiciones en color nos van a permitir ver resaltadas aquellas cubiertas que presenten las características mencionadas y que en el área mediterránea, como en la mayoría de las zonas áridas y semiáridas del planeta, corresponden a cultivos en regadío.

Sin embargo, antes de convertir estos algoritmos en información es importante definir que entendemos por tres términos, - regadío, área regada y superficie en regadío -, que habitualmente se usan indistintamente, pero que tienen un significado muy diferente (Montesinos et al. 2007).

“Regadío” se define como un terreno fertilizado por el riego, sin embargo, cuando se representa como un uso del

suelo, se trata de una clase de uso que se representa, gráficamente, como una envolvente o un polígono (en la jerga SIG/GIS), donde la clase dominante son cultivos en regadío (figura 1), pero donde pueden existir otras clases que por su poca abundancia o pequeño tamaño (depende de la escala de trabajo) no son representadas.

El “área regada” correspondería a los terrenos que se están regando en un momento determinado (figura 2). Por ejemplo, el área regada en primavera es distinta al área regada en verano, ya que encontramos cultivos distintos, con ciclos vegetativos distintos y culturas agrícolas distintas. En la figura 2 puede verse como dentro de la clase “regadío”, no todo se encuentra cultivado en un momento determinado. En este caso, son las parcelas que se encuentran en regadío en el verano de 2004.

Por último, el concepto “superficie en regadío” correspondería a los terrenos regados en un periodo de tiempo (figura 3). Desde un punto de vista matemático, lo podemos definir como el sumatorio de áreas regadas. Así, si caracterizamos una zona y podemos identificar los cultivos a lo largo de un año, la unión de todas las parcelas que aparecen cultivadas, nos da la superficie en regadío para ese periodo (en este caso un año). Si bien, el periodo de tiempo considerado para calcular la superficie en regadío puede ser un año, varios años o un momento determinado a lo largo de un periodo de tiempo.

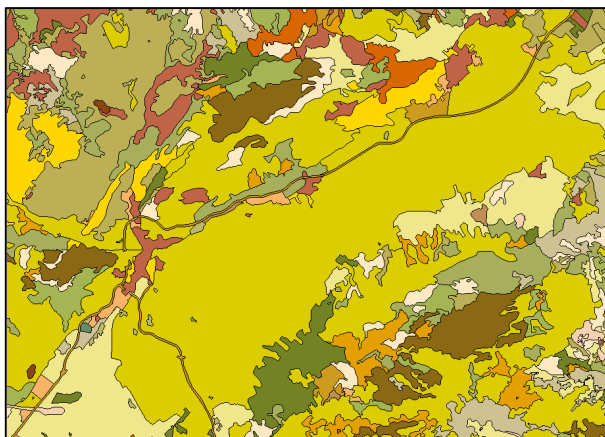


Figura 1. Representación gráfica del regadío como una clase primordial de uso del suelo.

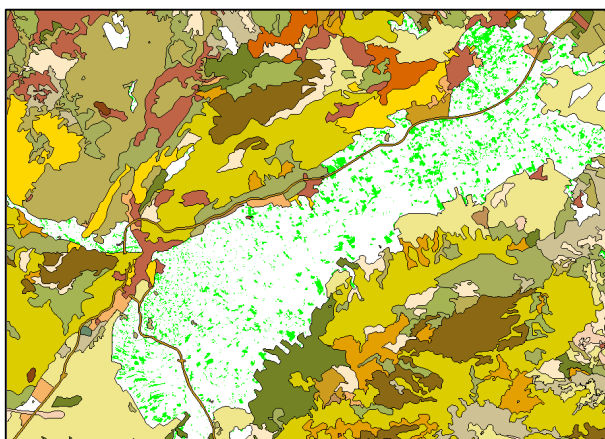
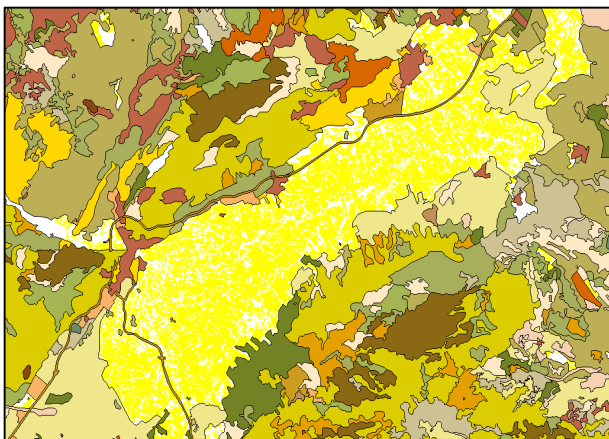


Figura 2. Representación gráfica del área regada en el verano de 2004.



**Figura 3.** Superficie en regadío en el año 2004, calculada a partir de las áreas regadas identificadas en marzo, abril, junio, agosto y octubre del año 2004.

Como se puede ver en las figuras, a la hora de cuantificar la “superficie en regadío”, el “regadío”, supone un incremento en ocasiones muy importante sobre la situación real y el “área regada”, no es sino una parte de la “superficie en regadío”. En el ejemplo anterior, la envolvente que representa la clase regadío son 20.787 hectáreas, mientras el área regada en el verano de 2004, son 5.520 hectáreas y la superficie en regadío en el año 2004, son 17.118 hectáreas.

Metodológicamente, en este estudio vamos a calcular el “área regada” en cada una de las fechas consideradas, para posteriormente, calcular la “superficie en regadío” en cada año.

## RESULTADOS

Como si de un modelo matemático se tratara, un estudio de estimación de superficies de regadío mediante teledetección y GIS de la cuenca del Segura tiene unas “condiciones de contorno” que deben ser tenidas en cuenta a la hora de interpretar los resultados obtenidos:

- Escala de trabajo. Los resultados se han obtenido a partir de una fuente de datos (imagen TM de Landsat) con un tamaño de píxel de 30 metros, lo que desde un punto de vista métrico equivale a una escala 1:150.000.
- La estimación de la superficie en regadío se ha realizado a partir del análisis multitemporal y multispectral de imágenes Landsat TM. Así, un cultivo herbáceo, será captado por el sensor, tanto en cuanto haya alcanzado un desarrollo vegetativo, que permita que cubra el suelo y por lo tanto la señal captada sea la de la vegetación y no la del suelo o mezcla de ambas. En un cultivo leñoso, la situación es similar y cítricos muy jóvenes, con una masa foliar pequeña, no podrán ser identificados, ya que el sensor va a captar una señal mayoritariamente de suelo y no de vegetación. En la viña, especialmente la plantada en vaso, la situación es todavía más delicada, ya que hay que esperar que la vid tenga hoja y que los sarmientos de la planta cubran el suelo, para que la señal sea la propia de vegetación y no la del suelo.

Fijadas estas “condiciones de contorno” los resultados del estudio, por provincias son los siguientes, considerando que:

- En el año natural 2004: Es la superficie de riego obtenida a partir de las áreas regadas detectadas mediante análisis multispectral de las fechas: 4 de marzo, 21 de abril, 24 de junio, 11 de agosto, 30 de octubre y 15 de noviembre de 2004.
- En el año hidrológico 2004-2005, que se ha obtenido como el sumatorio de las áreas regadas detectadas mediante análisis multispectral de las fechas: 30 de octubre y 15 de noviembre de 2004 y 8 de abril, 10 de mayo, 13 de julio y 14 de agosto de 2005.
- En el año natural 2005. Es el resultado de la cuantificación de área regada en las imágenes del 8 de abril, 10 de mayo, 13 de julio, 14 de agosto y 2 de noviembre de 2005.

Este año es muy interesante para la mejora del conocimiento hidrológico de la cuenca del Segura, ya que se trata de un año seco, en el que hubo un descenso drástico de los aportes procedentes del Trasvase Tajo-Segura (Tabla 1).

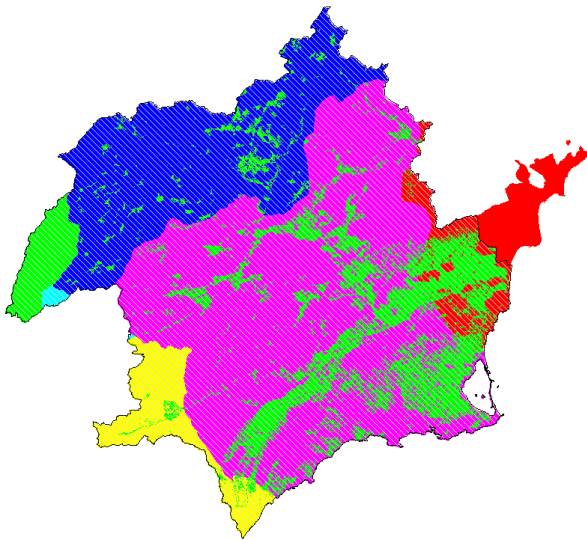
**Tabla 1.** Cuantificación (en ha) de la superficie en regadío por provincias y CCAA.

PROVINCIAS	2004	2004-2005	2005
Albacete	26.606	21.830	21.721
Alicante	44.083	41.320	39.655
Almería	5.190	4.186	4.070
Granada			
Jaén	5	188	190
Murcia	194.215	173.092	164.225
<b>TOTAL</b>	<b>270.099</b>	<b>240.616</b>	<b>229.861</b>

CCAA	2004	2004-2005	2005
Castilla La Mancha	26.606	21.830	21.721
Comunidad Valenciana	44.083	41.320	39.655
Andalucía	5.195	4.374	4.260
Murcia	194.215	173.092	164.225
<b>TOTAL</b>	<b>270.099</b>	<b>240.616</b>	<b>229.861</b>

Aproximadamente, el 72% del regadío en la cuenca del Segura, que hemos cuantificado en este estudio, se encuentra en la provincia de Murcia, mientras que en las provincias de Albacete y Alicante se encuentra el 10% y el 16%, respectivamente y Andalucía representa el 2%. Esta relación se mantiene, prácticamente igual tanto para el año natural 2004, como para el año hidrológico 2004-2005 y el año natural 2005.

En cifras absolutas, Murcia presenta una superficie en regadío de 194.215 ha en el año 2004 y de 173.092 ha para el año hidrológico 2004-2005 y de 164.225 ha par el año 2005. Como ya hemos dicho, esta diferencia seguramente viene dada por el descenso de volúmenes de agua trasvasada durante el año 2005.



**Figura 4.** Distribución, por provincias, de la superficie en regadío existente en la cuenca del Segura.

## BIBLIOGRAFÍA

ITGE 2001. Evaluación de superficies agrícolas en las Vegas media y Baja del Segura con imágenes de satélite Landsat 7 ETM+. En *Estudio hidrogeológico del acuífero de las Vegas media y baja del Segura y su relación con cauces naturales y artificiales de su territorio*. ITGE.

Montesinos, S.; Bea, M. y Fernández, L. 2007. Estimación de la superficie en regadío mediante técnicas de teledetección: conceptos y su aplicación operativa. *Jornadas sobre las Aguas subterráneas en España ante las Directivas europeas: retos y perspectivas*. Santiago de Compostela.

Pozo de Castro, M. 1999. Los usos del suelo en la gestión de los recursos hídricos mediante sistemas de teledetección. En Ballester, A.; Fernández, J. A. y López Geta, J. A. 1999: *Medida y Evaluación de las extracciones de agua subterránea*. ITGE. Madrid. pp:105-124. ISBN: 84-7840-361-2.

Quintanilla, A.; Castaño, S.; Montesinos, S.; García-Consuegra, J.; Espinosa, R.; Avila, M.; Molina, R.; Gutiérrez, A. & Navarro, E. 1997. Aproximación al estudio de la evolución temporal de la superficie en regadío de la cuenca del río Segura mediante técnicas de Teledetección y S.I.G. En Casanova, J. L. y Sanz, J. 1997: *Teledetección. Usos y Aplicaciones*. Universidad de Valladolid.