

**EVOLUCIÓN DE SUPERFICIES
EN REGADÍO
MEDIANTE TELEDETECCIÓN
ACUÍFERO MANCHA ORIENTAL**

**ERMOT2007
Informe Final**

Albacete, Noviembre 2007



**Sección de Teledetección y SIG.
Instituto de Desarrollo Regional
Universidad de Castilla La Mancha**

**EVOLUCIÓN DE SUPERFICIES EN REGADÍO
MEDIANTE TELEDETECCIÓN
EN EL ÁMBITO DEL ACUÍFERO MANCHA ORIENTAL**
Años 2007
(ERMOT 2007)

Ficha Técnica del Estudio

Investigador Responsable. Coordinador

Alfonso Calera Belmonte

Investigadores

Santiago Castaño Fernández

Antonio Quintanilla Ródenas

Técnicos

Mario Belmonte Mancebo

Irene Arellano Alcázar

Sección de Teledetección y SIG. Instituto de Desarrollo Regional
Universidad de Castilla La Mancha

Colaboración en la clasificación

Fernando de la Cruz Tercero

Instituto Técnico Agronómico Provincial de Albacete

Entidades participantes en el Convenio para este proyecto:

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y MEDIO AMBIENTE DE LA JUNTA DE
COMUNIDADES DE CASTILLA LA MANCHA

UNIVERSIDAD DE CASTILLA LA MANCHA

JUNTA CENTRAL DE REGANTES DE LA MANCHA ORIENTAL

La utilización de la información y de los resultados obtenidos en este proyecto queda restringida al uso interno de las entidades que suscriben el Convenio, para los fines que deriven de la competencia de cada una de ellas, y a lo dispuesto en la legislación vigente sobre tratamiento informático de datos de carácter personal y secreto estadístico. El uso científico de los resultados obtenido por parte de cualquiera de los participantes en el Convenio, estará condicionado a la autorización de todos ellos.

Las entidades que suscriben el Convenio ostentarán la propiedad intelectual del resultado de los trabajos, según lo establecido en la normativa aplicable en esta materia, no pudiendo ser usado por terceros para ningún fin, salvo autorización expresa de las partes.

(Cláusula Octava del Convenio ERMOT2007)

Índice de Materias:

MEMORIA

1.- Introducción.....	5
2.- Tareas realizadas en ERMOT 2007.....	7
2.1.- Identificación de Cultivos de Regadío en 2007.....	9
2.2.- Contestación a alegaciones a la clasificación. Presencia en los tribunales.....	10
2.3.- Incorporación de las masas de agua y de SIGPAC vectorial...	10
2.4.- Ampliación de las zonas estudiadas durante los años 1984, 1985, 1986, 1996 y 1997 para alcanzar la totalidad del ámbito actual del estudio.....	11
2.5.- Puesta en marcha del sistema aquastar-ERMOT.....	11
2.6.- Operación en “tiempo real” y Ortorectificación.....	13
2.7.- Colaboración con el Instituto Técnico Agronómico Provincial de Albacete, ITAP.....	13
3.- Delimitación espacial del acuífero.....	14
3.1.- Ampliación de la zona de estudio en una banda alrededor del perímetro.....	18
4.- Metodología utilizada y materiales.....	19
4.1.- Imágenes utilizadas y su procesado.....	21
Georreferenciación y ortorectificación	24
Cobertura espacial de la UH 08-29 y 08-30 por las imágenes del satélite utilizadas.....	24
Combinación color y formación de mosaico.....	26
Clasificación.....	26
Procedimiento de clasificación.....	27
4.2.- El Sistema de Información Geográfica.....	29
El Catastro digital de la propiedad rústica.....	30
Superposición catastro digital sobre mapas de clasificación.....	31
Recintos SIGPAC.....	32
Operaciones realizadas mediante SIG.....	32
Cruce catastro digital con mapas de clasificación. Tablas alfanuméricas.....	32
Transferencia de datos en soporte digital.....	33

5.-Resultados.....	33
5.1.- <i>Resultados en la clasificación.....</i>	33
<i>Delimitación espacial de la zona clasificada.....</i>	33
<i>Elaboración mapas resumen.....</i>	33
5.2.- <i>Estimación de superficies en regadío. Evolución temporal.....</i>	34
5.2.1.- <i>Área en regadío en 2007.....</i>	34
5.2.2.- <i>Área en regadío en las zonas extendidas.....</i>	35
5.2.3.- <i>Área de las superficies identificadas en regadío en el ámbito de la UH08-29.....</i>	36
<i>Evolución año a año.....</i>	36
<i>Estimación de las superficies desde el mapa resumen.....</i>	39
<i>Área de la superficie que en algún momento ha estado identificada como regadío en la serie temporal 1982-2007.....</i>	39
<i>Clasificación de cultivos de regadío atendiendo origen del agua.....</i>	41
5.2.4.- <i>Área de las superficies identificadas como regadío municipio a municipio que integran la UH 08-29.....</i>	44
5.2.5.- <i>Resultados parcela a parcela en soporte digital.....</i>	46
6.- <i>Relación de productos elaborados y entregados a las entidades participantes en el convenio.....</i>	46
<i>Año 2007.....</i>	46
<i>ANEXO I.- Escrito al Tribunal Supremo en relación con la sentencia nº 1176/07, del Tribuna Superior de Justicia de la Comunidad Valenciana, Sala de lo Contencioso-Administrativo.....</i>	49
<i>ANEXO II.- Procedimiento operativo seguido en la clasificación.....</i>	54
<i>ANEXO III.- Evolución temporal de las clases utilizadas en la clasificación realizada en AquaSTAR-ERMOT.....</i>	56
<i>ANEXO IV.- Memoria Técnica ERMOT 2007.....</i>	63

1.- Introducción

Esta memoria describe la metodología básica y los resultados obtenidos en el ***Estudio sobre la Evolución de las Superficies de Regadío mediante Teledetección en el ámbito del Acuífero de la Mancha Oriental, durante el año 2007***, al que denominaremos en adelante **ERMOT 2007**. Este Estudio fue encargado a la Sección de Teledetección y Sistemas de Información Geográfica, del Instituto de Desarrollo Regional de la Universidad de Castilla La Mancha, mediante Convenio firmado en Julio de 2007.

ERMOT 2007 fue suscrito por la Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ), por la Consejería de Agricultura y Medio Ambiente de la Junta de Comunidades de Castilla La Mancha (CACM), por la Junta Central de Regantes de la Mancha Oriental (JCRMO), y por la propia Universidad de Castilla La Mancha (UCLM). Es continuación de un Convenio anterior formulado en términos semejantes (ERMOT 2006), y que cumplió los objetivos que se habían propuesto tal y como se recoge en la parte expositiva de ERMOT 2007:

..." Que para la consecución del objetivo de sostenibilidad de los aprovechamientos hídricos del acuífero de la Mancha Oriental, de acuerdo con los criterios del Plan Hidrológico del Júcar aprobado mediante Real Decreto 1664/1998 de 24 de julio, es imprescindible el seguimiento continuo de la evolución de las superficies de regadío en el ámbito descrito y de los usos agrícolas anuales a que se han destinado, en su caso.

Que la Teledetección, integrada en un Sistema de Información Geográfico, junto con la información catastral de la propiedad rústica digitalizada, se considera una herramienta adecuada para el seguimiento continuo de la evolución de las superficies de regadío.

Que los trabajos de identificación de cultivos de regadío mediante Teledetección realizados en el marco del Convenio que los mismos Organismos e Instituciones ahora firmantes suscribieron el día 22 de Enero de 1998, han mostrado una gran utilidad en la caracterización de regadíos durante los años 1982, 1983, 1984, 1985, 1986, 1996 y 1997.

Que la continuación de estos trabajos de caracterización de regadíos durante los años siguientes, fue formalizada mediante similares Convenios, siendo el último el suscrito el 28 de julio de 2006 por los mismos Organismos e Instituciones ahora firmantes, con un plazo de ejecución que finalizó en diciembre de 2006 y que cubrió satisfactoriamente sus objetivos.

El objetivo que este nuevo Estudio ERMOT 2007 persigue es la identificación y discriminación de cultivos de regadío en el ámbito de la Unidad Hidrogeológica 08-29, y 08-30, durante el año 2007. Para ello se han utilizado imágenes de satélite Landsat5-TM.

El análisis y procesado de la información ha sido realizado con herramientas tipo Sistemas de Información Geográfica, y se ha utilizado ampliamente el catastro digital de la propiedad rústica de los términos municipales en que estaba disponible. Dicho catastro constituye la capa base del SIG sobre la cual descansa el resto de capas.

Asimismo se ha prestado especial atención a la georreferenciación de las imágenes, aspecto importante porque en él descansa la correcta superposición de imágenes multitemporales, catastro digital, y otros elementos cartográficos.

ERMOT 2007 mantiene las características básicas de funcionamiento de anteriores convenios, de entre las que destacamos a nuestro juicio las más importantes:

- está suscrito por todas las instituciones y usuarios con competencias en la gestión de las aguas en el ámbito territorial de la Unidad Hidrogeológica 08-29 de la Mancha Oriental.
- Se refuerza el papel de la Comisión de Seguimiento y Control, a la que se le dotan de amplias atribuciones, asignándole la responsabilidad de la dirección de los trabajos, realizando su seguimiento y coordinación, y siendo sus decisiones vinculantes para las partes.

Esta Comisión ha sido presidida por D. Javier Ferrer, en representación de la Confederación Hidrográfica del Júcar, y ha estado formada además por D. Agustín González Ortega, por parte de la Junta Central de Regantes de la Mancha Oriental, y D. Nicolás Álvarez de la Junta de Comunidades de Castilla La Mancha. También en representación de esta entidad ha participado D. Ángel Larrauri. Por parte de la Universidad de Castilla La Mancha y como responsable del desarrollo del Proyecto, el Profesor D. Alfonso Calera Belmonte, adscrito al Instituto de

Desarrollo Regional, ha centralizado la coordinación con esta Comisión; asimismo se ha incorporado a ella en sus trabajos de forma ininterrumpida D. Diego Irlés, delegado territorial en Albacete de la CHJ. Técnicos de la CHJ, JCRMO, JCCM y UCLM han participado regularmente en esta comisión.

De esta manera la información que ERMOT 2007 ha proporcionado, tanto durante su ejecución como en sus resultados finales, ha sido una información compartida y contrastada por las administraciones y usuarios presentes. Esta forma de funcionamiento ha permitido orientar y mejorar los trabajos en la dirección más adecuada y eficaz para los objetivos e intereses de las instituciones participantes. Así, y de acuerdo con la Memoria Técnica asociada a la firma del Convenio, se han entregado por parte del equipo científico de la UCLM responsable del proyecto los resultados provisionales, que se han ido obteniendo.

Asimismo se ha prestado especial atención en todo el desarrollo de ERMOT 2007 a la transferencia de información a las instituciones, adecuada y compatible con los sistemas informáticos que disponía cada una de ellas.

En este sentido es de resaltar que las entidades participantes han seguido haciendo un esfuerzo importante, en medios humanos y materiales, para poder extraer y aplicar toda la información generada por la utilización de las avanzadas tecnologías que se han usado en ERMOT 2007, entre las que destaca la integración de Teledetección y Sistemas de Información Geográfica.

Por ello, este informe es sólo un reflejo de la gran cantidad de información que en soporte digital y en planos se ha transferido. Por otro lado, y al contrario de lo que sucede en muchas ocasiones, la información generada en ERMOT 2007 se está utilizando en el trabajo del día a día por parte de las instituciones participantes. De esta forma estas entidades comparten la misma información base.

2.- Tareas realizadas en ERMOT2007

Los trabajos realizados responden a aquellos descritos en la Memoria Técnica anexa al Convenio, y que fueron objeto de encargo especial

1.- Identificación de las superficies dedicadas a cultivos en regadío durante el año 2007. Se realizará una clasificación de detalle en la que se distinguirá el mayor número de cultivos posible, y por agregación de ella se obtendrá una segunda clasificación resumen formada por las tres clases habituales en anteriores convenios ERMOT, esto es, primavera, verano y primavera-verano, lo que permitirá mantener continuidad a la serie histórica.

- 2.- Análisis y actualización de la evolución temporal, espacial y por origen del agua de las superficies destinadas a cultivos de regadío dentro de la delimitación del acuífero Mancha Oriental (UH-0829 y UH-0830), así como de las Masas de Agua Subterránea contenidas en él (28, 29, 30, 31, 32, 39, 916 y 918), incluyendo los nuevos datos que se obtengan en el punto 1, así como de cualquier otra información. Se ampliará la zona de estudio a una banda de 5 Km. de ancho desde los límites de las UH08-29 y UH08-30 y las masas anteriormente citadas, con objeto de disponer de información completa de aquellas UGH que se encuentran a ambos lados de la línea divisoria del ámbito anteriormente definido.
- 3.- Incorporación al análisis del catastro del SIGPAC vectorial, si es posible disponer del mismo.
- 4.- Inclusión de la información actualizada en un Sistema de Información Geográfica coherente con la serie histórica anterior.
- 5.- Realización de un proyecto ArcGIS 9.1. y otro Arcview 3.2 en el que se incorporarán los resultados.
- 6.- Obtención de los valores resumen de las superficies obtenidas, tanto a nivel de Unidad Hidrogeológica como de Masa de Agua Subterránea necesarios para su posible inclusión en un documento en formato pdf y posterior difusión a través de Internet.
- 7.- Elaboración de los mapas resumen correspondientes, así como la detección de nuevos regadíos aparecidos en 2007, con la misma metodología que la utilizada en anteriores convenios ERMOT, para mantener la coherencia de la serie histórica.
- 8.- Como en anteriores ediciones, ERMOT 2007 operará en tiempo real, lo que se va a reflejar en toda la mecánica operativa de las tareas a realizar, y así se considera en ellas específicamente.
- 9.- Revisión de la contestación de alegaciones a la teledetección durante el proceso de regularización de las Unidades de Gestión Hídrica.
- 10.- Ampliación de las zonas estudiadas durante los años 1984,1985, 1986,1996 y 1997 para alcanzar la totalidad del ámbito actual del estudio.
- 11.- Actualización de las capas raster de clasificación de cultivos obtenidas en los anteriores convenios ERMOT mediante la incorporación a las

mismas de los resultados de los análisis detallados desarrollados durante el proceso de revisión de contestación de alegaciones a la teledetección.

Dado que la metodología utilizada en ERMOT2007 es similar a anteriores convenios ERMOT, parece conveniente resaltar aquellos elementos que han supuesto novedades metodológicas o de funcionamiento en relación con anteriores convenios.

2.1. Identificación de Cultivos de Regadío en 2007.

La identificación de cultivos de regadío en el año 2007 ha revestido características únicas en la serie histórica de ERMOT por, entre otras, tres razones que han confluído en este año:

-La realización por parte de la CHJ de una Oferta Pública de Adquisición de Derechos de Agua en una zona cercana al Río Júcar, con el objetivo de reducir las extracciones que pudieran afectar a dicho río, combinada con importantes restricciones al regadío tanto en esta zona como en el resto del acuífero, lo que ha producido una importante modificación de las actuaciones de los agricultores, tal y como se hará referencia en los resultados.

-Una primavera inusualmente lluviosa, con precipitaciones elevadas durante Abril y Mayo, de cerca de 200 mm, que ha originado una elevada cobertura vegetal de los cultivos de secano de primavera en relación con la de otros años.

- Una alta cobertura nubosa que junto a averías en el satélite Landsat 5-TM (una en la adquisición de fecha 8 de Junio, y otra desde el 6 de Octubre hasta mediados de Noviembre) ha impedido disponer de imágenes en momentos especialmente importante. A pesar de explorar otros sensores como IRS y/o Landsat7-ETM+ no ha sido posible disponer de imagen a principios de Junio.

Ello ha llevado en este año a la utilización del masivo trabajo de campo realizado por la JCRMO y la CHJ para la mejora del trabajo de clasificación, especialmente en lo que afecta a los cultivos de primavera.

Además en este año se entrega por primera vez una clasificación de detalle en la que se distinguen un mayor número de cultivos y, por agregación de ella, se obtiene una segunda clasificación resumen con las clases tradicionales de los anteriores convenios ERMOT.

2.2.- Contestación a alegaciones a la clasificación. Presencia en los tribunales.

Durante el año 2007 se han seguido elaborando contestaciones detalladas y personalizadas a las alegaciones remitidas por la CHJ y la Consejería de Agricultura de la JCCM que se han formulado a la clasificación semiautomática extendida sobre todo el ámbito territorial en diferentes años. En cada una de las parcelas de la UGH sobre las que se han formulado alegaciones se ha extraído desde las imágenes disponibles la evolución temporal de los NDVI para el año correspondiente, y sobre dicha evolución se ha revisado la clasificación, elaborando un informe específico sobre cada alegación, informe que se ha entregado a la Conferación Hidrográfica del Júcar.

Es de resaltar la participación activa ante los Tribunales en la defensa de los diferentes informes realizados, bien elaborando informes complementarios (Finca Casa Frasquita, del Término Municipal de La Gineta (Albacete)) o contestando a peticiones del TSJCM (Cinco Viñas).

Destaca, por su trascendencia, la sentencia nº 1176/07, del Tribunal Superior de Justicia de la Comunidad Valenciana, Sala de lo Contencioso-Administrativo, recurrida en casación por la abogacía del estado. En la citada sentencia se dice literalmente que “el informe del Catedrático de la Universidad de Castilla La mancha, Instituto de Desarrollo Regional, estudio ERMOT, a cargo de D. Alfonso Calera” es ...”demostrativo de la falta de fiabilidad y homologación de la prueba de teledetección utilizada por la Confederación Hidrográfica del Júcar”.

Dicha afirmación es totalmente contraria a la recta interpretación del Informe al que se refiere y de las declaraciones periciales. Por ello, dicha afirmación tiene necesariamente que ser producto de una valoración errónea tanto del contenido del “Informe acerca de las Consideraciones sobre el proceso de identificación de cultivos de regadío mediante Teledetección en el estudio ERMOT”, como de las declaraciones efectuadas en la prueba pericial.

Como se ha dicho, esta sentencia está recurrida en casación por la abogacía del estado. Copia del escrito que se ha remitido a la abogacía del Estado se reproduce en el Anexo I, junto con copia de las declaraciones periciales

2.3. Incorporación de las masas de agua y del SIGPAC vectorial

Se ha realizado el análisis y actualización de la evolución temporal, espacial y por origen del agua de las superficies destinadas a cultivos de regadío dentro de la delimitación del acuífero Mancha Oriental (UH-0829 y UH-0830), así como de las Masas de Agua Subterránea contenidas en él (28, 29, 30, 31, 32, 39, 916 y 918). Se amplía la zona de estudio a una banda de 5 Km. de ancho desde los límites de las UH08-29 y UH08-30 y las masas anteriormente citadas, con objeto

de disponer de información completa de aquellas UGH que se encuentran a ambos lados de la línea divisoria del ámbito anteriormente definido.

Se dispone para su incorporación al cruce del catastro del SIGPAC vectorial, cedido por la JCCM. Sin embargo, el hecho de la diferente nomenclatura entre los recintos SIGPAC y las parcelas catastrales aconsejan mantener en paralelo ambos mapas vectoriales hasta su unificación.

La delimitación de las UGH tras el proceso de regularización constituye otro mapa vectorial de gran interés para su incorporación.

2.4.- Ampliación de las zonas estudiadas durante los años 1984,1985, 1986,1996 y 1997 para alcanzar la totalidad del ámbito actual del estudio.

Se ha ampliado el área estudiada a la delimitación indicada anteriormente (5 km fuera del borde de las UH 08-29 y 08-30, y las masas de agua) incorporando nuevas imágenes cuando se ha dispuesto de ellas, como es el caso de 1997, de la que no se disponía de imágenes de primavera de la zona de recorrido 200.

2.5. Puesta en marcha del sistema aquastar-ERMOT

Se ha realizado la adaptación y puesta en marcha de un sistema “on line” de seguimiento de los cultivos al que hemos denominado aquastar-ERMOT. Este sistema permite la consulta directa de las combinaciones color y de la evolución de los índices de vegetación para cualquier punto del acuífero, desde cualquier ordenador con acceso a internet, provisto de las adecuadas autorizaciones. Además este sistema ha permitido incorporar otra información tal como la clasificación, la ortofoto y la evolución temporal de otros años.

Visualización de la pantalla de acceso a aquastar-ERMOT, se muestra en la figura 1.



Figura 1 .- Pantalla de acceso a aquastar-ERMOT.

La innovación de este sistema consiste en su capacidad de acceder en tiempo real a toda la información necesaria para el seguimiento del Plan de Explotación por parte de técnicos y gestores de las diferentes entidades firmantes de ERMOT sin importar su ubicación física. Dicho acceso no requiere de la instalación de software específico, únicamente una conexión a internet y, obviamente, estar autorizado mediante la correspondiente contraseña.

La experiencia de este año 2007 confirma la potencialidad de este sistema, y por tanto la conveniencia de expandir algunos aspectos técnicos, especialmente en la capacidad del sistema para emitir informes de manera automática similares a los realizados en la contestación de las alegaciones. También la necesidad de dedicar un esfuerzo a la formación de los técnicos y gestores en el manejo de esta nueva tecnología: para ello se ha elaborado un manual de uso del sistema.

El sistema aquastar-ERMOT se ha derivado de la tecnología desarrollada en el proyecto europeo DEMETER y se ha procedido a su adaptación a las necesidades de seguimiento de los cultivos de regadío, y en concreto al seguimiento del Plan de Explotación.

2.6.- Operación en “tiempo real” y ortorectificación

ERMOT2007 ha supuesto la consolidación del funcionamiento de ERMOT en “tiempo real” por tercer año consecutivo en cuanto a la recepción de imágenes; así el tiempo medio de recepción de imágenes por el IDR tras su adquisición por el satélite se ha reducido a tan solo dos días, considerando en este cómputo también aquellos períodos críticos como son los fines de semana. En funcionamiento adecuado se ha dispuesto la imagen para su procesado en el mismo día de su adquisición por el satélite; así la hora de pasada de Landsat5-TM es alrededor de las 10:30 GMT, pues bien, hacia las 16:00 GMT del mismo día se empezaba la descarga mediante un sistema de transferencia electrónica de archivos “file transfer protocol” (ftp).

Sin embargo, es de resaltar que durante 2007 han ocurrido varios problemas y fallos en la transferencia de información desde el centro de procesado de Matera (Italia) lo que ha llevado por nuestra parte a elevar protestas ante el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial, INTA, al cargo de la distribución en España de estas imágenes, y ante Euroimage, empresa encargada del proceso en Europa.

En el procesado de las imágenes se ha incorporado ya como rutinario el proceso de ortorectificación, utilizando para ello el Modelo Digital del Terreno, BCN25000, elaborado por el IGN

2.7.- Colaboración con el Instituto Técnico Agronómico Provincial de Albacete. ITAP.

La incorporación por parte del ITAP del sistema Servicio de Asesoramiento de Riego Asistido por Satélite e-SARAS-ITAP, que hace uso de imágenes en tiempo real, adquiridas y procesadas por el IDR aconseja establecer la colaboración del ITAP y del IDR en el marco del convenio ERMOT2007 con el conocimiento y acuerdo de las partes firmantes de dicho proyecto. Así en el convenio suscrito IDR-ITAP a tal fin, que se ha entregado a las partes firmantes del convenio ERMOT2007, se recoge que en la tarea de clasificación de los cultivos de regadío existentes en 2007 desde las imágenes de satélite, colabora el ITAP. Señalar que el proceso de clasificación, su comprobación y verificación, ha sido realizado en todo momento por personal del IDR. La duplicación del proceso de clasificación ha sido un instrumento de mejora en el proceso de clasificación.

En esta colaboración se establece, como no podía ser de otra manera, la obligación de confidencialidad en los datos y productos, tal como se contempla en la cláusula novena de ERMOT2007.

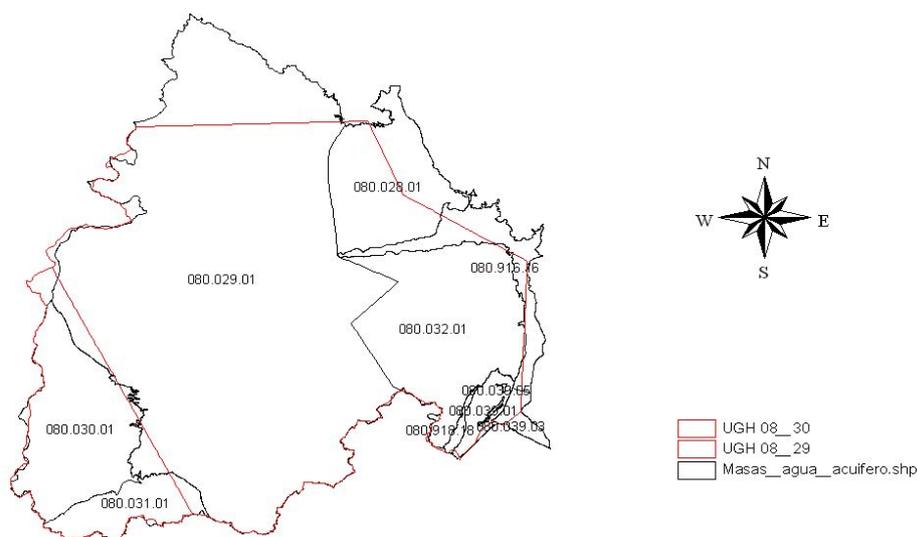
3.- Delimitación espacial del acuífero

Al igual que en los convenios anteriores, en todas las tareas y productos derivados de este convenio se considera como delimitación de la zona de estudio el límite administrativo oficial de la Unidad Hidrogeológica 08-29 y el de la Unidad Hidrogeológica 08-30, así como la delimitación de las masas de agua consideradas, suministrados en formato digital por la Confederación Hidrográfica del Júcar, con independencia de que algunos resultados abarquen ámbitos territoriales ligeramente mayores o menores que ésta.

En la figura 2 y 3 se muestra las masas de agua y la ubicación de las UH 08-29 y 08-30 en el territorio peninsular, y dentro de Castilla La Mancha. En la figura 4 se han representado los términos municipales que se hallan comprendidos en las UH 08-29 y 08-30, bien en su totalidad, bien en parte.

La Tabla 1 es el listado de estos municipios. En ella se ha especificado el área de la parte incluida dentro de la UH 08-29 y de la UH 08-30, así como el total del área de todo el término municipal. De acuerdo con el límite de la UH 08-29 suministrado, el área que abarca dicha unidad es de 7660 km², siendo la superficie correspondiente a la UH 08-30 de 1454 km².

Figura 2.- Delimitación de las masas de agua que se incorporan al análisis espacial y de las UH 08-29 y 08-30.



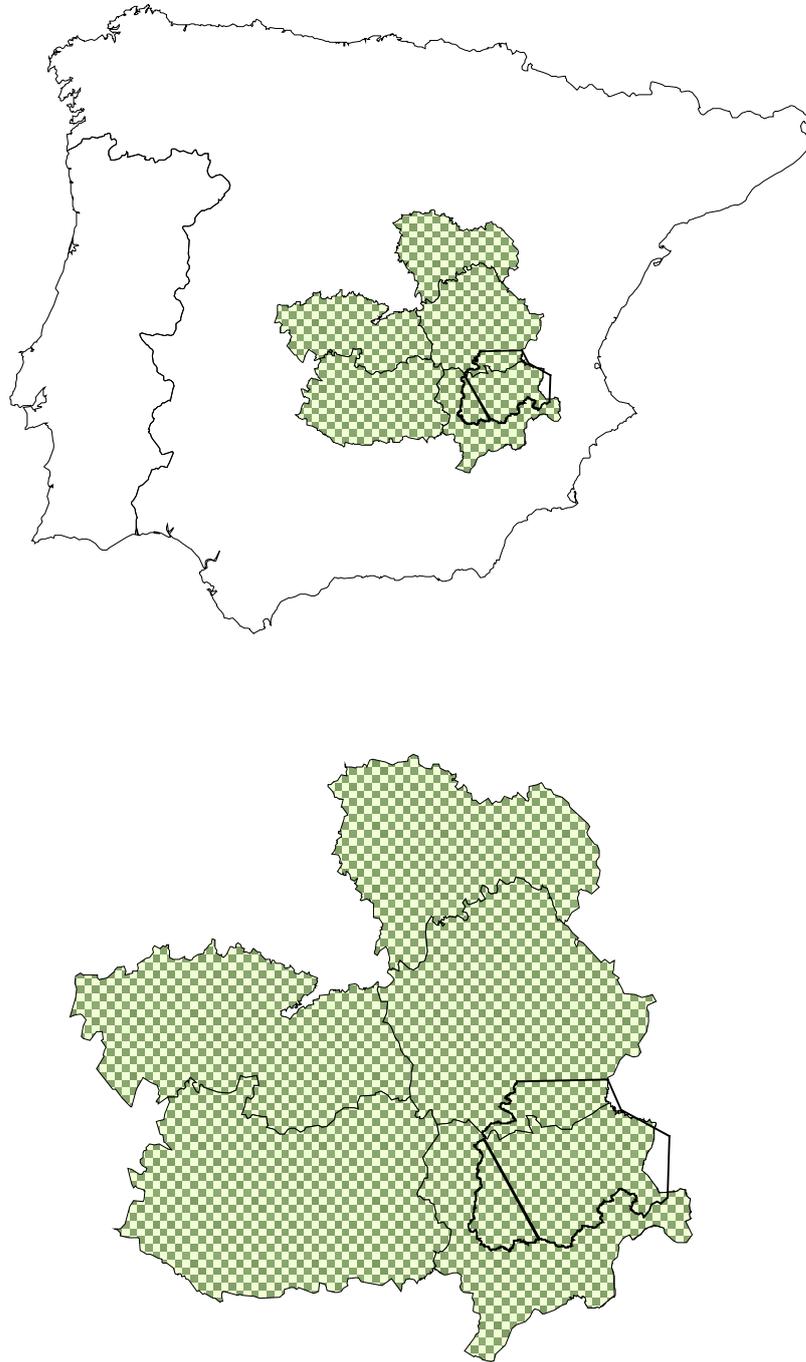


Figura 3.- Delimitación espacial de las Unidades Hidrogeológicas 08-29 y 08-30

Tabla 1.- Municipios de la provincia de Albacete y de Cuenca que pertenecen, total o en parte, a la Unidad Hidrogeológica 08-29. Las superficies se han calculado sobre planos que se han digitalizado sobre cartografía 1:200,000, de la serie mapas provinciales, editados por el Ministerio de Obras Públicas, hoy Ministerio de Fomento.

Municipios de la provincia de Albacete que forman parte de la UH 08-29

MUNICIPIO	Superficie (ha.) en la UH 08.29	Superficie (ha.) total	MUNICIPIO	Superficie (ha.) en la UH 08.29	Superficie (ha.) total
Abengibre	3049	3049	La Recueja	2929	2929
Alatoz	6422	6422	La Roda	36163	40175
Albacete	117778	124631	Lezuza	1762	36102
Alborea	7207	7207	Madrigueras	7311	7311
Alcadozo	2	9949	Mahora	10850	10850
Alcalá del Jucar	14614	14614	Minaya	6993	6993
Almansa	9379	53122	Montalvos	2431	2431
Alpera	17802	17802	Montealegre del Castillo	945	18191
Balazote	4049	6466	Motilleja	2400	2400
Balsa de Ves	6263	7563	Navas de Jorquera	4152	4152
Barrax	15366	18896	Peñas de San Pedro	9254	15774
Bonete	7964	12406	Pétrola	369	7425
Carcelén	7418	7418	Pozo Lorente	8104	8104
Casas de Juan Núñez	8863	8863	Pozohondo	12062	13572
Casas de Ves	11968	12433	Pozuelo	7649	13280
Casas Ibañez	10275	10275	Tarazona	21228	21228
Cenizate	6292	6291	Tobarra	1958	32646
Chinchilla del Monte Aragón	50807	68080	Valdeganga	7071	7072
Fuensanta	2403	2403	Villa de Ves	5768	5768
Fuentealbilla	10873	10873	Villalgordo del Jucar	4847	4847
Golosalvo	2778	2778	Villamalea	12749	12749
Hellín	485	77871	Villarrobledo	1462	86178
Higueruela	15943	20538	Villatoya	1897	1897
Hoya Gonzalo	11331	11376	Villaviente	3554	3554
Jorquera	6747	6747			
La gineta	13614	13614			
La Herrera	6308	6308			

Municipios de la provincia de Cuenca que forman parte de la UH 08.29

MUNICIPIO	Superficie (ha.) en la UH 08.29	Superficie (ha.) total
Alarcón	3538	10812
Casas de Benitez	4596	4596
Casas de Fernando Alvarez	186	2960
Casas de Guijarro	801	801
Casas de Haro	9043	11319
Casas de los Pinos	3229	7251
Casasimarro	5063	5063
Castillejo de la Iniesta	2654	2880
El Herrumblar	4723	4723
El Peral	8500	8500
El Picazo	3051	3051
Graja de Iniesta	2778	2778
Iniesta	21738	23119
La Pesquera	218	7347
Ledaña	6833	6833
Minglanilla	10448	11033
Motilla del Palancar	1809	7467
Pozoamargo	2625	5241
Puebla del Salvador	779	4886
Quintanar del Rey	8409	8408
Rubielos Bajos	7478	7477
Sisante	13029	13889
Tebar	6316	9703
Valhermoso de la Fuente	1385	3203
Vara del Rey	893	12755
Villagarcía del Llano	12036	12036
Villalpardo	3167	3167
Villanueva de la Jara	14721	14721
Villarta	2508	2508

Municipios de la provincia de Albacete que forman parte de la UH 08.30

MUNICIPIO	Superficie (ha) en la UH 08-30	Superficie Total (ha)
Alcadozo	3340	9949
Alcaraz	6287	37023
Alcaraz	437	37023
Alcaraz	124	37023
Balazote	2417	6466
Barrax	3528	18896
Bogarra	493	16574
Casas de Lázaro	11071	11238
El Ballestero	7115	13850
El Bonillo	4994	50020
El Robledo	11367	11987
La Roda	4011	40175
Lezuza	33598	36102
Masegoso	10454	10454
Munera	9111	22951
Paterna del Madera	123	11249
Pe±as de San Pedro	5373	15774
Peñascosa	12479	18856
Pozuelo	5630	13280
San Pedro	8241	8241
Villarrobledo	5135	86178

3.1. Ampliación de la zona de estudio en una banda alrededor del perímetro

Tal y como se indica en la Memoria Técnica de ERMOT2007, y que se ha reproducido como Anexo 3 se ha extendido el estudio de clasificación a una banda de 5 km de ancho, en el exterior del perímetro de las unidades hidrogeológicas 08-29 y 08-30, tal y como se muestra en la figura 5.

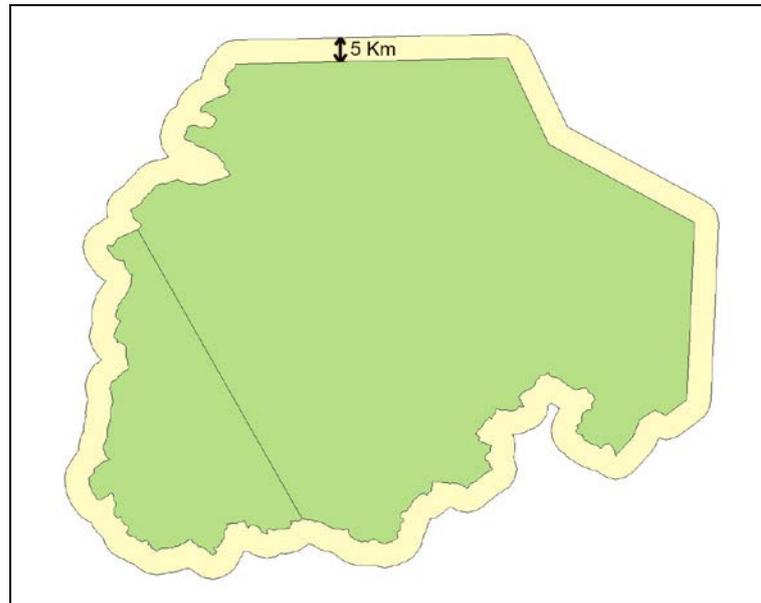


Figura 5.- Ampliación de la zona de estudio en ERMOT2007

4.- Metodología utilizada y materiales

En el diagrama de flujo de la figura 6 se muestran esquemáticamente los procesos que se han ejecutado en ERMOT 2007, las fuentes de información externa que se han utilizado, y el enunciado de los resultados principales que se han obtenido.

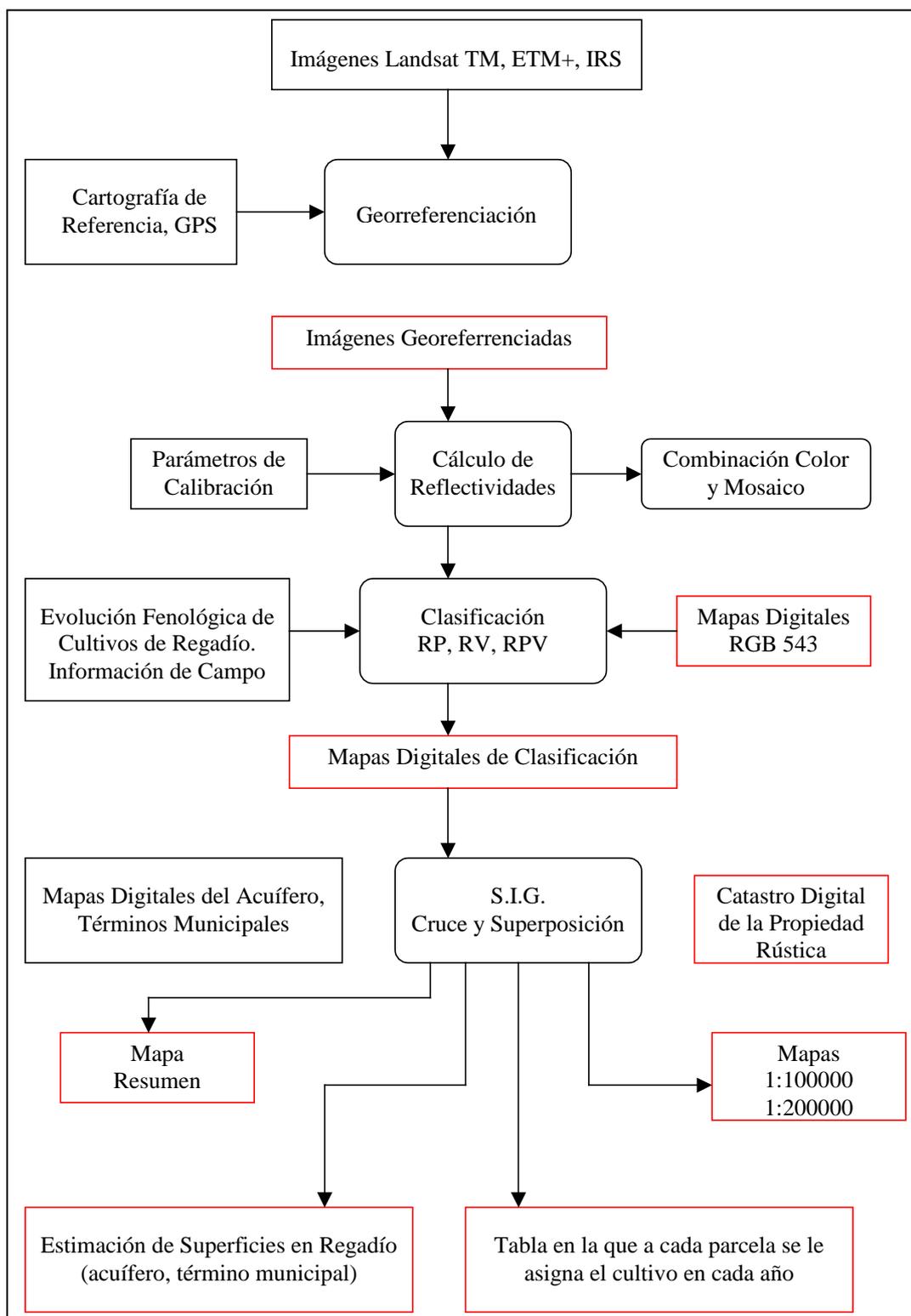


Figura 6.- Diagrama de flujo que indica los procesos efectuados sobre las imágenes procesadas en ERMOT 2007, así como los principales resultados obtenidos.

4.1.- Imágenes utilizadas, y su procesado

Las fechas en que fueron adquiridas las imágenes utilizadas, el sensor con que fueron tomadas, la plataforma, y la órbita correspondiente se indican a continuación en la Tabla 2.

Tabla 2.- Imágenes utilizadas: fecha de adquisición, sensor, plataforma y tamaño del pixel. Asimismo se indican las características de su procesado.

Fecha adq.	Sensor	Path	Row	Tam. Pixel	Geor.	RGB	NDVI	% Nubes	Observaciones
14/04/2007	L5	199	33	25	-	-	-	80	No procesada exceso nubes
21/04/2007	L5	200	33	25	-	-	-	90	No procesada exceso nubes
30/04/2007	L5	199	33	25	-	-	-	85	No procesada exceso nubes
07/05/2007	L5	200	33	25	X	X	X	0	Procesada
16/05/2007	L5	199	33	25	X	X	X	60	Procesada nubes por la zona
23/05/2007	L5	200	33	25	-	-	-	90	No procesada exceso nubes
01/06/2007	L5	199	33	25	X	X	X	25	Procesada nubes por la zona
08/06/2007	L5	200	33	25	-	-	-	-	No procesada fallo satélite
17/06/2007	L5	199	33	25	-	-	-	80	No procesada exceso nubes
24/06/2007	L5	200	33	25	X	X	X	0	Procesada
03/07/2007	L5	199	33	25	X	X	X	0	Procesada
10/07/2007	L5	200	33	25	X	X	X	25	Procesada nubes por la zona
19/07/2007	L5	199	33	25	X	X	X	10	Procesada nubes por la costa
26/07/2007	L5	200	33	25	X	X	X	0	Procesada
04/08/2007	L5	199	33	25	X	X	X	0	Procesada
11/08/2007	L5	200	33	25	X	X	X	40	Procesada nubes por la zona
20/08/2007	L5	199	33	25	-	-	-	-	No procesada fallo Eurimage
27/08/2007	L5	200	33	25	X	X	X	60	Procesada nubes por la zona
05/09/2007	L5	199	33	25	X	X	X	70	Procesada nubes por la zona
12/09/2007	L5	200	33	25	-	-	-	90	No procesada, exceso nubes
21/09/2007	L5	199	33	25	-	-	-	85	No procesada, exceso nubes
28/09/2007	L5	200	33	25	X	X	X	0	Procesada
07/10/2007	L5	199	33	25	-	-	-	-	No procesada fallo satélite
14/10/2007	L5	200	33	25	-	-	-	-	No procesada fallo satélite
23/10/2007	L5	199	33	25					Imágenes sin recibir
30/10/2007	L5	200	33	25					Imágenes sin recibir

Las imágenes indicadas en la tabla 2 son el listado de imágenes adquiridas y las diferentes imágenes procesadas que finalmente han sido utilizadas. Sin embargo, la diferente mecánica operativa utilizada en ERMOT 2007 hace que hayan sido analizadas todas las imágenes adquiridas por los satélites Landsat5-TM, Landsat7-ETM+, e IRS 18-42 de varios recorridos. En la tabla 3 se reflejan las imágenes analizadas en el año 2007. Dada la avería de Landsat5-TM se ha intentado acceder a otros sensores como Landsat7-ETM+ e IRS en fechas críticas, tal como la de primeros de Junio, sin que haya habido disponibilidad de imágenes en esa ventana.

Tabla 3.- Calendario de pasadas (Abril-Octubre 2007) para Landsat 5 y 7 e IRS.

	199-33	200-33	18-42		199-33	200-33	18-42		199-33	200-33	18-42		199-33	200-33	18-42		199-33	200-33	18-42		199-33	200-33	18-42
	Abril			Mayo			Junio			Julio			Agosto			Septiembre			Octubre				
1				1				1	L5		I	1				1				1			
2				2				2			L7	2				2				2			
3				3				3			L5	3				3				3			
4				4				4				4	L5			4				4			
5				5				5				5				5	L5			I	5		
6				6				6				6				6				6			L7
7				7			L5	7				7				7				7			L5
8				8	L7		I	8			L5	8				8				8			
9				9				9	L7			9				9				9			
10				10				10				10			L5	10				10			
11				11				11			L7	11			L5	11				11			
12				12				12				12			L7	12			I	12			L5
13			L7	13				13				13				13			L7	13			
14	L5		I	14				14				14				14				14			L5
15				15			L7	15				15				15				15	L7		
16				16			L5	16			L7	16				16				16			
17				17				17	L5			17				17				17			
18				18				18			L7	18				18				18			
19				19				19			L5	19			I	19			L7	19			
20				20				20				20			L5	20				20			L7
21			L5	21				21				21				21			L5	21			
22			L7	22				22				22				22				22			L7
23				23			L5	23				23				23				23			L5
24				24			L7	24			L5	24				24				24			I
25				25				25	L7		I	25				25				25			
26				26				26				26			L5	26				26			
27				27				27			L7	27				27			L5	27			
28				28				28				28			L7	28				28			L5
29			L7	29				29				29				29			L7	29			I
30			L5	30				30				30				30				30			L5
				31			L7	31				31				31				31			L7

Georreferenciación y ortorectificación

En este trabajo la asignación de coordenadas se ha hecho en la proyección UTM (Universal Transversa Mercator) huso 30, que es el que corresponde a nuestra zona, por lo que las imágenes así procesadas se podrán superponer sobre mapas en esta proyección, que es ampliamente usada en la cartografía existente. Las características de la proyección están basadas en el elipsoide de Hayford o Internacional. El datum utilizado es el Datum Europeo ED 1950.

El método de georreferenciación que se ha utilizado en ERMOT 2007 es el método denominado de puntos de control que proporciona la precisión adecuada para este trabajo. Como en este estudio es esencial garantizar la superposición adecuada tanto entre imágenes de diferentes fechas como entre éstas y el catastro digital de la propiedad rústica, se ha prestado atención especial a este proceso.

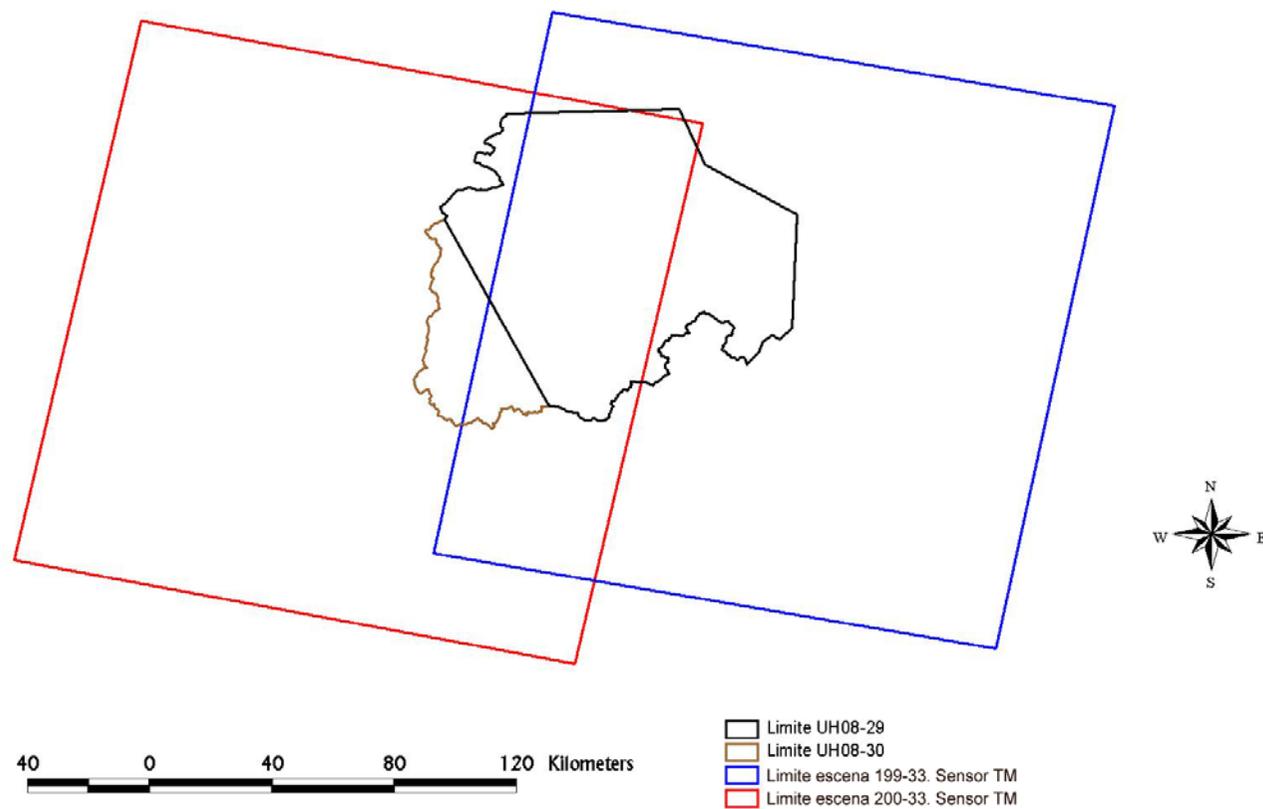
Se ha procedido a la corrección geométrica de las escenas originales (todas las bandas menos la del canal térmico) mediante el método de puntos de control utilizando polinomios de segundo orden, con un error cuadrático medio inferior a 0.5 píxel. Para ello se ha utilizado como imagen maestra para asignar las coordenadas la correspondiente a la ortofoto de tamaño 0,5 m de píxel y escala 1:3.000, utilizada en el SIGPAC-FEGA, que ha sido comparada con el catastro y nuestra base de datos de puntos de control. Para el remuestreo de los píxel a coordenadas UTM se utilizará el procedimiento de vecino más cercano. Finalmente la imagen georreferenciada se ha comprobado con la cartografía de referencia, así como con la red de puntos de localizados con GPS con alta precisión.

La disponibilidad del Modelo Digital del Terreno BCN25000 ha permitido introducir el proceso de ortorectificación, que asigna la posición de los puntos en la superficie terrestre teniendo en cuenta también la altura sobre el elipsoide de referencia.

Cobertura espacial de las UH 08-29 y 08-30 por las imágenes de satélite utilizadas

Dada la diversidad de las escenas utilizadas, en la figura 7, bajo el nombre genérico de “cobertura imágenes”, se muestra el grado de cobertura, para 2007, de la superficie de las UH 08-29 y 08-30 mediante las imágenes utilizadas en ERMOT 2007.

Figura 7. Cobertura imágenes 2007



Combinación color y formación de mosaico

Como el empleo del color facilita notablemente el análisis visual de las imágenes, especialmente en el caso de un intérprete entrenado, se ha realizado una composición de color a partir de la información multispectral proporcionada por las bandas espectrales en las que cada escena se registra. El proceso se efectúa aplicando cada uno de los colores primarios (azul, verde y rojo) a una banda distinta de la imagen, seleccionada con el criterio y orden que se estimen oportunos.

La elección de las bandas para realizar la composición, y el orden de los colores destinados a cada una, dependen del sensor sobre el que se trabaje y de la aplicación última deseada. La composición frecuentemente utilizada en las aplicaciones de cartografía de masas vegetales, que es la que hemos utilizado en ERMOT 2007, es la que consiste en aplicar el color rojo a la banda espectral del infrarrojo medio (1500 nm), el color verde a la banda del infrarrojo cercano (700-900 nm) y el azul sobre la banda del rojo (660 nm). Así en el caso del sensor TM, esta es la combinación denominada RGB543.

Dado que, como hemos visto, con una escena Landsat no es posible abarcar toda la zona de estudio, se ha tenido que utilizar la técnica denominada formación de mosaico para, a partir de la combinación de imágenes 200/33 y 199/33 de Landsat-TM tomadas en diferentes fechas, construir una que cubra toda o la mayor parte de dicha zona.

Clasificación

En ERMOT el conocimiento de la evolución temporal de las diferentes cubiertas vegetales ha sido el instrumento esencial en la identificación de los cultivos de regadío. Las diferentes fases de desarrollo se expresan habitualmente a través de las curvas de los coeficientes de cultivo, K_c , que a su vez están estrechamente relacionados con la fracción de cobertura vegetal verde, y cuyos valores máximos coinciden con los momentos en que el cultivo cubre en mayor medida el suelo.

La magnitud que se deriva de las imágenes multispectrales de satélite y que está directamente relacionada con la fracción de cobertura vegetal verde es el denominado Índice de Vegetación por Diferencias Normalizado, NDVI. Dicho índice está físicamente relacionado con el “tamaño fotosintético” de la cubierta vegetal, de tal forma que son relaciones lineales las que ligan dicho índice de vegetación con la fracción de radiación fotosintéticamente activa absorbida por dicha cubierta y con la fracción de cobertura vegetal verde.

Así, si utilizamos una secuencia temporal de imágenes, la evolución temporal del NDVI derivado de ellas permite describir la evolución temporal de la cubierta

vegetal. A partir de dichas imágenes multitemporales podemos hacer el seguimiento, mediante el NDVI, de las diferentes fases de desarrollo en el crecimiento del cultivo. Es de notar que de esta forma aquellos cultivos que presenten una similar evolución fenológica temporal, así como una evolución semejante en su cobertura del suelo presentarán una similar evolución su NDVI. Así pues, aplicando estos conceptos la discriminación se hace entre grupos de cultivos que presentan evolución temporal diferente. Esto presenta una importante ventaja: aquellos cultivos con semejante evolución temporal en desarrollo y cobertura vegetal, tienen una muy semejante necesidad de agua.

Procedimiento de clasificación

El procedimiento de clasificación utilizado en ERMOT 2007 es el denominado como clasificación supervisada. En él se parte del conocimiento de la cubierta vegetal o de los cultivos existentes en determinadas áreas, llamadas parcelas de entrenamiento. Este conocimiento permite asignar las características que distinguirán a las diferentes clases presentes en el área de estudio.

En un primer paso, se ha utilizado la técnica del clasificador de máxima probabilidad, que es el más ampliamente usado. Las bandas utilizadas han sido los índices de vegetación NDVI de las escenas usadas. Este índice, el más ampliamente utilizado en teledetección, se define por la combinación de bandas del infrarrojo y el rojo, en la forma:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{R}) / (\text{NIR} + \text{R}), \text{ donde}$$

NIR, es la reflectividad en la banda del infrarrojo cercano, banda 4 en el TM y en ETM+ y banda 4 en IRS.

R es la reflectividad en la banda del rojo, banda 3 en el TM y ETM+, y banda 3 en el IRS.

Asimismo se han ejecutado posteriormente procesos de clasificación basados en clasificadores secuenciales en árbol, que han permitido introducir información adicional para mejorar la clasificación efectuada mediante el algoritmo de máxima probabilidad. Finalmente se ha aplicado un clasificador de contexto espacial, cuyo uso permite la obtención de mejores estimaciones en la cuantificación de superficies. En el Anexo II se especifica el diagrama de flujo que muestra el procedimiento de clasificación, así como las clases espectrales e informacionales que se han utilizado.

El proceso de clasificación se ha realizado cuando se ha dispuesto, al menos, de escenas de primavera y verano para una campaña. En ocasiones, y sobre

determinadas zonas como se observa en las figuras que describen la localización espacial de las imágenes utilizadas cada año, se han tenido más de dos imágenes.

En el proceso de clasificación se ha contado con la dificultad añadida de que la información, relacionada directamente con el número y fecha de las escenas disponibles en una campaña, es diferente para diferentes zonas del acuífero, dada la utilización de escenas obtenidas desde recorridos y con coberturas diferentes.

Es de resaltar en este año la confluencia de factores como frecuente nubosidad, precipitaciones intensas en primavera, y restricciones al regadío, que han dificultado la separación de cultivos de regadío de primavera de los cultivos de secano, ya que en muchos casos las cubiertas de unos y otros eran muy semejantes; Este hecho ha hecho necesario el uso del masivo trabajo de campo realizado por la Junta Central de Regantes de la Mancha Oriental y por la Confederación Hidrográfica del Júcar.

Leyenda del mapa de clasificación:

Regadío de Verano A, en la que se han incluido cultivos que en verano alcanzan cobertura media de suelo, Cebollas

Regadío de Verano B, que incluye cultivos que en verano presentan alta cobertura del suelo como maíz, remolacha.

Regadío de Primavera (RP), en la que se han incluido cultivos de regadío cuyo desarrollo fenológico sucede en primavera como cebada, trigo, veza, ajos, colza.

Alfalfa ciclo Normal, incluye el ciclo de alfalfa sin restricciones

Alfalfas con restricciones, incluye alfalfas con diferentes restricciones, especialmente en verano

Dobles cosechas (DC), combinaciones como cebada/maíz de ciclo corto; ajos/judías,....

Evolución temporal del NDVI para los cultivos más relevantes que integran las clases anteriormente señaladas se muestran en el Anexo III.

Finalmente, se han agrupado las clases previamente indicadas a cada una de las clases siguientes, que mantienen la secuencia histórica ERMOT:

Regadío de Verano (RV) que incluye los cultivos de maíz, remolacha, cebolla, girasol.

Regadío de Primavera (RP), en la que se han incluido cultivos de regadío como cebada, trigo, veza, ajos, colza.

Regadío de Primavera y Verano, que incluye cultivos como alfalfa, y combinaciones como cebada/maíz de ciclo corto; ajos/judías,....

Otros, que engloba todas aquellas clases de cultivos y usos de suelo tanto agrarios, forestales o urbanos que no hayan sido identificados y discriminados como de regadío.

4.2.- *Sistema de Información Geográfica*

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) constituyen una tecnología que está teniendo una rápida expansión en multitud de aplicaciones y campos, ya que permite procesar y analizar información en la que su localización geográfica sea una información relevante.

La capacidad de un SIG para integrar datos espaciales desde diferentes fuentes, con diferentes formatos, estructuras, proyecciones o niveles de resolución, constituye una característica que le hace ser de gran ayuda en aquellos modelos que incorporan datos en que es precisa su localización geográfica, como es el caso de la distribución espacial de los cultivos de regadío.

Un hecho relevante de ERMOT es que cada una de las entidades participantes se ha dotado de un equipo informático en el que se ha incorporado como herramienta un Sistema de Información Geográfica, que permite realizar operaciones sobre toda la información digital.

De esta forma pueden ser consultadas interactivamente todas las capas de información, ya sean imágenes georreferenciadas, combinaciones color, mapas de clasificación de los diferentes años, catastro digital de la propiedad rústica, *mapas resumen*, y cualquier otra información que, compatible con los sistemas, se halle en forma digital georreferenciada.

Esto posibilita que la información sea “viva”, es decir permite su manejo según las necesidades de cada administración y además puede incorporarse nueva información de otros años, inicialmente no considerados en este estudio, desde otros mapas, e incluso desde cualquier otra fuente en que tengamos su referencia catastral.

El catastro digital de la propiedad rústica

El catastro digital de la propiedad rústica constituye una herramienta de gran importancia para generar Sistemas de Información Geográfica donde la capa base es la subparcela catastral y en los que se integra información de diferentes fuentes con aplicaciones de alto valor en el ámbito agroforestal.

En las aplicaciones agrarias interesa especialmente el seguimiento de las características de los cultivos o de suelo en el tamaño de parcela, que habitualmente constituye la unidad de gestión en lo que se refiere al cultivo que en ella se establece, bien sea anual como en el caso de los herbáceos o multianual como es el caso de los cultivos leñosos. Este aspecto se hace más relevante cuando consideramos la estructura de compensaciones que establece la Política Agraria Comunitaria (PAC) actualmente en vigor. En ella los subsidios se dirigen sobre los cultivos asentados en una parcela identificada catastralmente.

Así la subparcela catastral puede ser considerada la unidad elemental en las aplicaciones agrarias. Su identificación catastral y localización geográfica permitirá establecer conexión con otros muchos atributos: titular administrativo, superficie, perímetro, cultivos, etc. Mediante la agregación de parcelas que pertenecen a un mismo titular administrativo se configura la explotación agraria que constituye la unidad básica de gestión.

De esta forma la existencia de los mapas digitales del catastro de la propiedad rústica permite que la estructura parcelaria constituya una capa base de Sistemas de Información Geográfica con aplicaciones de alto valor añadido en Agricultura, al permitir integrar información a nivel de parcela procedente de diferentes fuentes.

Este era uno de los objetivos que animó en 1988 la puesta en marcha del Plan de realización de cartografía catastral informatizada, que pretendía conseguir una información cartográfica como modelización de los objetos catastrales y su información complementaria, codificada y estructurada en soporte informático. En el catastro digital de la propiedad rústica, el modelo conceptual de datos es el vectorial topológico. Los objetos geográficos específicamente catastrales son los polígonos, parcelas y subparcelas.

En este trabajo se ha utilizado el catastro digital de los términos municipales siguientes, pertenecientes a la unidad hidrogeológica 08-29, 08-30 y en los que se encuentra disponible el catastro digital:

ALBACETE	BALAZOTE	BARRAX	LA GINETA
LA HERRERA	MAHORA	LA RODA	TARAZONA DE LA MANCHA
VALDEGANGA	ABENGIBRE	ALATOZ	ALPERA
CARCELEN	CASAS DE JUAN NÚÑEZ	CASAS-IBAÑEZ	CHINCHILLA DE MONTE-ARAGON
FUENTEALBILLA	HIGUERUELA	HOYA-GONZALO	LEZUZA
MONTEALEGRE DEL CASTILLO	MUNERA	NAVAS DE JORQUERA	PEÑASCOSA
PETROLA	LA RECUEJA	TOBARRA	VILLAMALEA
VILLAROBLEDO	ALCADOZO	ALCALA DEL JUCAR	BALSA DE VES
EL BALLESTERO	EL BONILLO	CASAS DE VES	FUENSANTA
GOLOSALVO	HELLÍN	JORQUERA	MINAYA
MONTALVOS	POZUELO	ROBLEDO	SAN PEDRO
VILLA DE VES	VILLALGORDO DEL JUCAR	VILLATOYA	ALARCON
EL HERRUMBLAR	EL PICAZO	POZORRUBIELOS DE LA MANCHA	PUEBLA DEL SALVADOR
SISANTE	VALHERMOSO DE LA FUENTE	VILLANUEVA DE LA JARA	VILLARTA

En la figura 7 se muestra la distribución espacial de los términos municipales que pertenecen las UH 08-29 y 08-30.

Superposición del Catastro digital sobre mapas de clasificación

Este Catastro digital se ha superpuesto sobre las imágenes de satélite. Este proceso de superposición ha mostrado un buen ajuste entre el catastro y la imagen de satélite, a pesar de las diferentes escalas en que se hallan elaborados. Así el catastro se considera habitualmente en una escala 1:5000, aunque no se puede considerar cartografía de referencia. Este buen ajuste es una comprobación adicional de la bondad del proceso de georreferenciación.

La superposición visual, como se pone de manifiesto en las salidas gráficas, proporciona un gran incremento en la información y permite un mejor análisis de la imagen clasificada.

Recintos SIGPAC

La disponibilidad de la capa de recintos SIGPAC, cedida por la Junta de Comunidades permite disponer de una capa homogénea en todo el ámbito territorial de ERMOT2007; así pues, en este año se ha utilizado en la misma forma que la capa de catastro digital, coexistiendo y duplicando el trabajo de cruce con ambas capas para el mantenimiento de la serie histórica, dadas las diferencias existentes entre ambas. Se tiene conocimiento del esfuerzo de convergencia que se está realizando por los organismos correspondientes para fundir ambas capas.

Operaciones realizadas mediante el SIG

Cruce catastro digital con los mapas de clasificación. Tablas alfanuméricas

Desde la imagen clasificada, y utilizando el catastro digital se ha extraído mediante un proceso informático, para cada unidad parcelaria identificada catastralmente, la información sobre la superficie del cultivo de regadío que tuvo esa parcela cada año de la serie temporal, expresado en m². La fracción sobre la superficie total de la parcela se puede estimar realizando el cociente entre esa superficie y el total de la parcela, según la información catastral que incorpora. La salida se efectúa en forma de base de datos alfanumérica.

En la tabla asociada al cruce se registra la información en tres campos, correspondientes al regadío de primavera, al regadío de verano y al regadío de primavera y verano, respectivamente.

Cuando en las tablas correspondientes aparece el símbolo -1 es porque en esa zona y en esas fechas no ha sido posible disponer de la imagen clasificada por la inexistencia de imágenes en las fechas adecuadas o la parcela se encuentra fuera de la zona de cruce.

Una observación importante es que el proceso informático que ha generado las tablas no se ha depurado, de tal forma que el producto es la salida "bruta" del cruce. Esto puede ocasionar que en muchas parcelas, agrarias o no, aparezcan pequeños porcentajes de cultivos de regadío, en general pequeños, que no correspondan con la realidad. En muchos casos estos errores se deben a los problemas de frontera, o errores de borde suscitados en la clasificación, a una superposición incorrecta o no totalmente exacta entre el catastro digital y la imagen clasificada y otras cuestiones que pueden asignar regadíos en forma espúrea.

La información completa en forma digital se suministra en un formato compatible con los sistemas que disponen las entidades participantes. Como es obvio, esta

información está restringida a los municipios en los que se ha dispuesto de catastro, y en la parte que se halle incluida dentro de la UH 08-29 y 08-30.

Transferencia de resultados en soporte digital.

Como ya se ha mencionado, en ERMOT 2007 se ha prestado especial atención a la transferencia de resultados a las diferentes entidades participantes, de tal forma que éstas tuvieran la misma información base. Esencialmente el esfuerzo se ha realizado en la transferencia de resultados en soporte digital, dada la utilización y aprovechamiento que de ellos puede hacerse desde los diferentes sistemas.

5.- Resultados

5.1.-Resultados en la clasificación

El resultado del proceso, para los años en que se desarrolla este trabajo, se refleja en los mapas 1:150,000, en soporte papel, y en los mapas digitales de clasificación correspondientes.

Delimitación espacial de la zona clasificada.

Para el año 2007 se ha realizado la clasificación completa de la UH 08-29 y UH 08-30 extendiendo la clasificación a una banda de 5 km de ancha alrededor del perímetro. Se ha dispuesto de al menos 2 imágenes, una de primavera y otra de verano de todo el acuífero. En algunas zonas se ha dispuesto de un mayor número de imágenes, lo que redundará en una mayor fiabilidad, tal y como se refleja en la figura 6 que muestra la cobertura de las diferentes imágenes utilizadas.

Elaboración mapas resumen

Dada la gran cantidad de información generada correspondiente a los diferentes años analizados, se ha estimado necesario realizar un esfuerzo en condensar dicha información en la forma más adecuada a los objetivos del convenio anteriormente descritos, y que fuera capaz de visualizar los cambios habidos en los usos de suelo durante este período. A esta tarea se la ha denominado elaboración de *mapas resumen*.

Mapa resumen.- Envoltente de superficies identificadas como regadas hasta 2006 y nuevos regadíos identificados en 2007

Para la consecución de este objetivo se ha superpuesto sobre el mapa de regadíos identificados en 2007, un mapa en el que se han unido todas las superficies identificadas como regadas de 1982 a 2006 (ERMOT1, ERMOT2, ERMOT3, ERMOT 4, ERMOT 2003, ERMOT 2004, ERMOT 2006). Se ha utilizado como

fondo el mosaico de 26 de julio y 4 de agosto. De esta forma se resaltan las superficies identificadas como nuevo regadío aparecidas durante 2007.

La superficie identificada en todo el acuífero como nuevos regadío es de 109 ha, distribuidas en pequeñas parcelas.

5.2.- Estimación de superficies. Evolución temporal

5.2.1.- Área en regadío en 2007

La estimación de superficies en regadío se ha realizado a partir de los mapas de clasificación. Se han considerado como ámbito espacial, sobre el que se ha realizado el cálculo, la UH 08-29, la UH 08-30, y los términos municipales que la integran, y que están relacionados en la Tabla 1, tal y como se ha venido haciendo hasta ahora.

Tabla 3.- Superficies identificadas como regadío, en los diferentes ámbitos espaciales, así como señala el origen del agua en el 2007.

Superficie en regadío 2007 (ha)				
Ámbito espacial	Regadío de Primavera	Regadío de Verano	Regadío de Primavera-Verano	Total
08-29	33677	18954	10990	63621
08-30	512	191	535	1238
08-29 + 08-30	34189	19145	11525	64859
08-29/30+ Buffer 5 km	36585	21100	12227	69912

Superficie en regadío según origen de agua 2007 (ha)				
UH 08-29				
	Regadío de Primavera	Regadío de Verano	Regadío de Primavera-Verano	Total
Superficial	540	438	1881	1385
Subterráneo	31256	17513	1003	58479
Mixto	34189	9710	873	3757

Masas de Agua. Superficie en regadío (ha) 2007									
Masas de Agua	Regadío de Primavera			Regadío de verano			Regadío de primavera-verano		
	Subt.	Superf	Mixto	Subt.	Superf	Mixto	Subt.	Superf	Mixto
08-28	12	24	0	103	89	0	36	12	0
08-29	30817	509	1852	16772	307	968	9415	274	870
08-30	461	0	0	159	0	8	393	0	0
08-31	29	0	10	25	0	6	25	0	1
08-32	173	0	4	198	11	8	155	1	0
08-39	101	0	14	43	0	12	53	0	0
08-916	27	5	0	19	15	0	9	12	0
08-918	0	0	0	0	0	0	2	0	0

5.2.2.- Área en regadío en las zonas extendidas

Además, en ERMOT 2007, para los años 1984, 1985, 1986, 1996 y 1997 se ha extendido la clasificación original a la UGH08-30, y a la zona extendida 5 km desde la delimitación de las UGH08-29 y 08-30. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 4.

Superficie en regadío 1984 (ha)				
Ámbito espacial	Regadío de Primavera	Regadío de Verano	Regadío de Primavera-Verano	Total
08-29	3551	27865	1221	32636
08-30	357	465	237	1060
08-29 + 08-30	3908	28330	1458	33696
08-29/30+ Buffer 5 km	3968	30825	1533	36326

Superficie en regadío 1985 (ha)				
Ámbito espacial	Regadío de Primavera	Regadío de Verano	Regadío de Primavera-Verano	Total
08-29	4889	35325	3363	43577
08-30	56	1619	173	1848
08-29 + 08-30	4945	36944	3536	45425
08-29/30+ Buffer 5 km	4961	40269	3649	48879

Superficie en regadío 1986 (ha)				
Ámbito espacial	Regadío de Primavera	Regadío de Verano	Regadío de Primavera-Verano	Total
08-29	7948	38440	2319	48707
08-30	583	501	1622	2706
08-29 + 08-30	8531	38941	3941	51413
08-29/30+ Buffer 5 km	9239	41439	5092	55770

Superficie en regadío 1996 (ha)				
Ámbito espacial	Regadío de Primavera	Regadío de Verano	Regadío de Primavera-Verano	Total
08-29	19112	35575	8200	62887
08-30	1069	704	599	2372
08-29 + 08-30	20181	36279	8799	65259
08-29/30+ Buffer 5 km	20982	37103	8936	67021

Superficie en regadío 1997 (ha)				
Ámbito espacial	Regadío de Primavera	Regadío de Verano	Regadío de Primavera-Verano	Total
08-29	17317	37317	9417	64051
08-30	269	642	273	1211
08-29 + 08-30	17613	37959	9690	65262
08-29/30+ Buffer 5 km	18636	38808	9961	67405

* La zona 08-30 requiere revisión posterior.

5.2.3.- Área de superficies identificadas en regadío en el ámbito de la UH 08-29

Evolución año a año

En primer lugar se refieren los resultados correspondientes a las superficies estimadas de cada una de las clases, RP, RV, RPV y totales, para toda la UH 08-29, y para cada uno de los años que integran ERMOT. Los resultados que se describen en la Tabla 5 se han obtenido directamente desde los mapas de clasificación, en el ámbito geográfico de la UH 08-29. Asimismo, a partir de los datos estimados de superficies se han calculado el porcentaje sobre el total de la superficie que corresponde a cada una de las clases.

Tabla 5.- Estimación de superficies en regadío y su evolución temporal en el ámbito de la UH 08-29, de 1982 a 2007.

	Superficie (ha)							
	1982	1983*	1984	1985	1986	1989	1993	1996
Reg. Verano	14212	13807	27865	35325	38440	41020	38299	35573
Reg. Prim.	2050	1790	3551	4889	7948	12953	15484	18989
Reg. P-V	3149	1068	1221	3363	2319	6003	4278	8200
Total	19411	16665	32636	43577	48707	59976	58061	62762

*En los años en que se indica, hay zonas importantes de la UH 08-29 que no han podido ser clasificadas al no disponer de imágenes adecuadas.

	Superficie (ha)						
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Reg. Verano	37317	39165	31337	29642	35195	30766	26004
Reg. Prim.	17317	21047	24220	23055	27169	30678	31239
Reg. P-V	9417	11801	18792	25273	15951	16908	20818
Total	64051	72013	74349	77970	78315	78352	78061

	Superficie (ha)			
	2004	2005	2006	2007
Reg. Verano	31201	32947	25385	18954
Reg. Prim.	31447	28230	37704	33677
Reg. P-V	15451	16529	14912	10990
Total	78099	77706	78001	63621

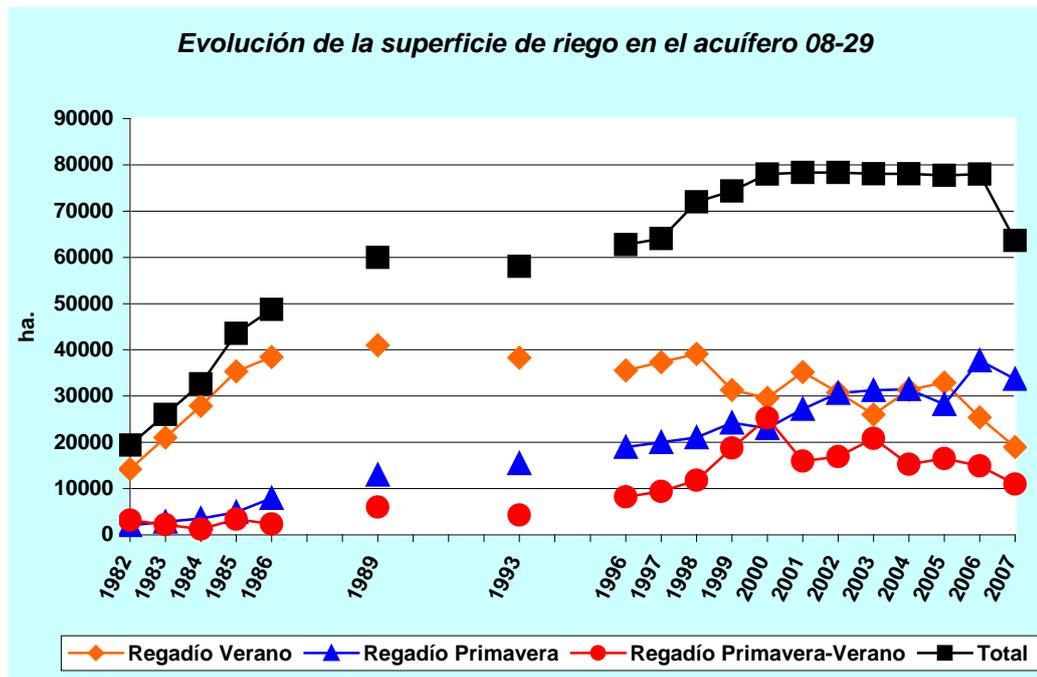


Figura 8.- Evolución temporal de la superficie de riego para la UH08-29. El año 1983 en el que no se disponía de la totalidad del acuífero se han utilizado datos obtenidos por interpolación.

Tabla 6.- Evolución temporal de las superficies en regadío (en porcentaje) durante los años analizados mediante teledetección en ERMOT.

Año	Reg. Prim %	Reg. Ver %	Reg. Pri-Ver %
1982	10,6	73,2	16,2
1983	10,7	82,8	6,5
1984	10,9	85,4	3,7
1985	11,2	81,1	7,7
1986	16,3	78,9	4,8
1989	21,6	68,39	10,01
1993	26,67	65,96	7,37
1996	30,3	56,8	13,1
1997	25,5	61,8	12,6
1998	29,2	54,3	16,4
1999	32,6	42,2	25,3
2000	29,57	38,02	32,41
2001	34,69	44,94	20,37
2002	39,15	39,27	21,58
2003	40,02	26,67	33,31
2004	39,95	40,27	19,78
2005	36,33	42,40	21,00
2006	48,34	32,54	19,12
2007	52,93	29,79	17,28

La evolución de las superficies identificadas como regadío en la UH08-29 indica una importante reducción del 18,44 % respecto del 2006.

Por otro lado aparece claramente un crecimiento del porcentaje de cultivos de Regadío de Primavera, incrementándose 4 puntos respecto al 2006. La reducción en la superficie y el incremento de porcentaje de Riego de Primavera tiene evidentes repercusiones en el consumo de agua. Las restricciones en el plan de explotación son la causa de este relevante cambio de estructura de cultivos en el año 2007.

Estimación de superficies desde el mapa resumen

A partir de estos mapas hemos obtenido los resultados siguientes:

Área de la superficie que en algún momento ha estado identificada en regadío en la serie temporal 1982-2007.

Refleja el cómputo de la superficie identificada como regadío en algún momento en la serie temporal considerada. Constituye una cifra máxima de superficie en

regadío. Al igual que antes la operación lógica para obtener esta cifra es la unión de los conjuntos de las superficies regadas correspondientes a cada uno de todos los años analizados. Seguidamente en la tabla 7 se muestran los datos de la evolución de dicha superficie:

Tabla 7.- Evolución temporal de las superficie que, en algún momento, ha estado identificada en regadío en el periodo 1982-2007.

		Superficie (ha)						
Año	1982	1983	1984	1985	1986	1989	1993	1996
ha	19410	24573	38076	49212	56571	69406	76872	79463

		Superficie (ha)						
Año	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
ha	83282	89829	94339	98666	102040	102270	104452	104916

		Superficie (ha)		
Año	2005	2006	2007	
ha	106058	107272	107381	

La gráfica 2 muestra visualmente la evolución temporal de la superficie que es la envolvente de todas las superficies que en algún instante se han identificado como regadas.

Al igual que para el caso de la superficie identificada año a año, la superficie de la envolvente experimenta una clara tendencia a la estabilización.

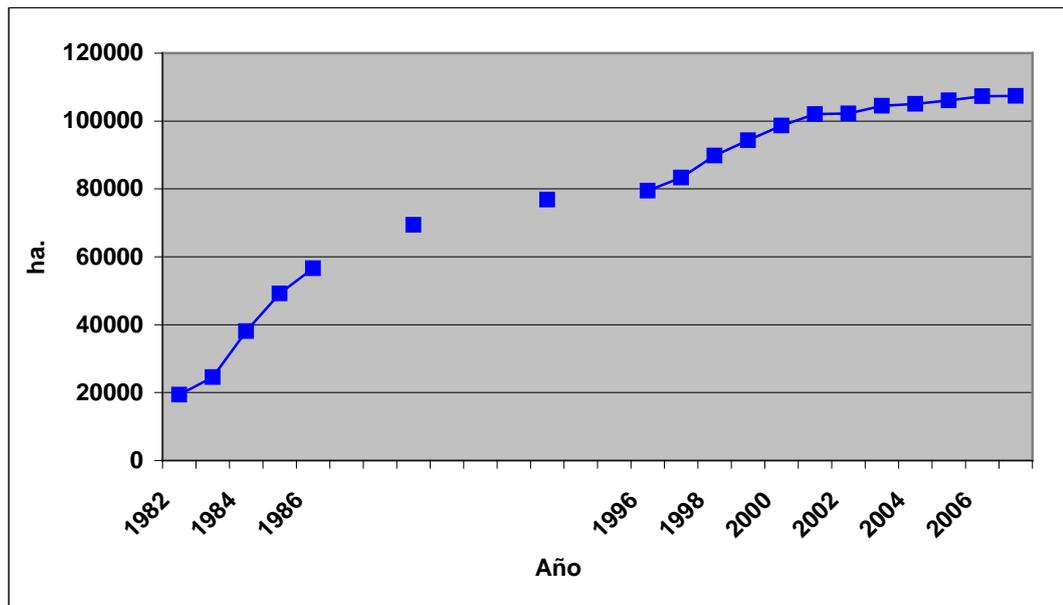
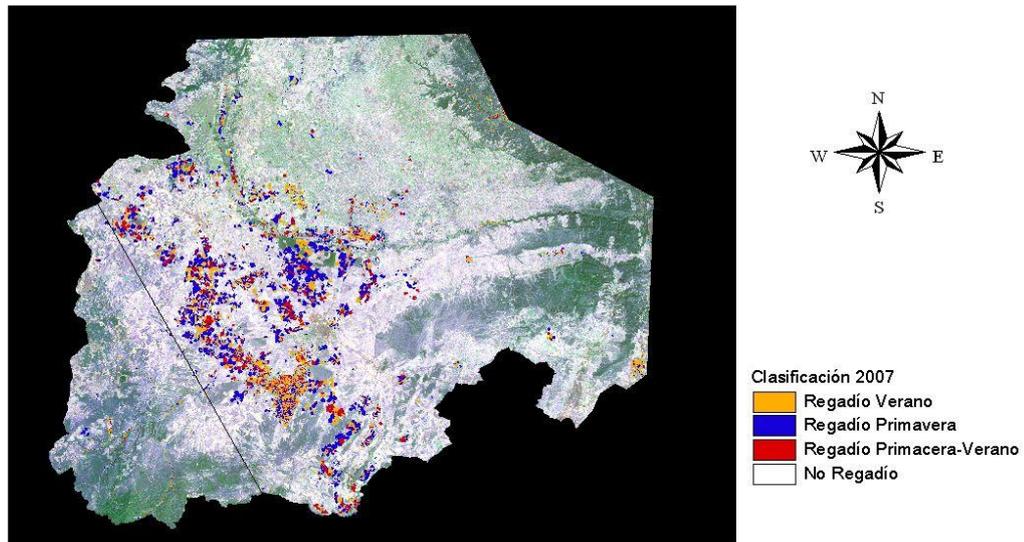


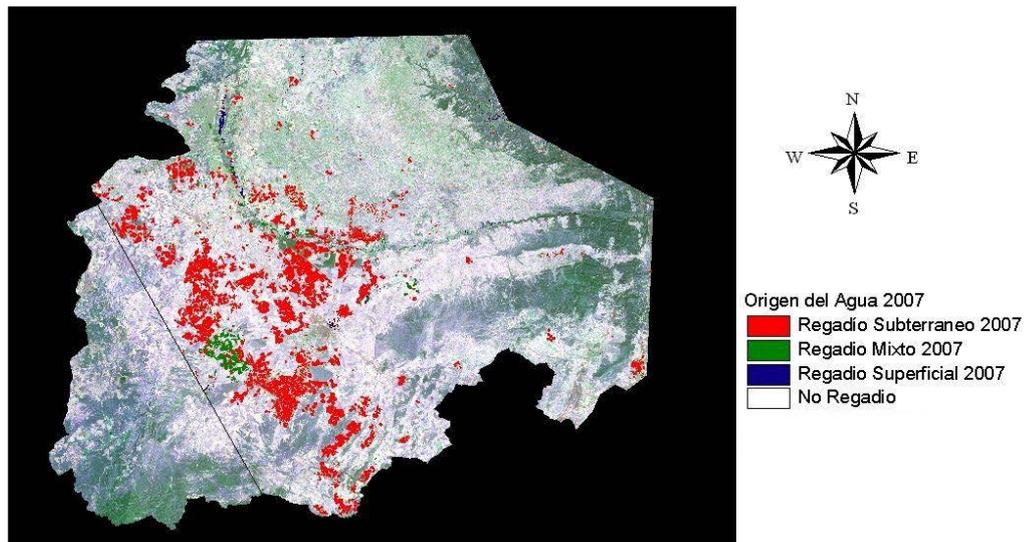
Figura 8.- Evolución de la superficie acumulativa total de riego.

Clasificación de cultivos de regadío atendiendo al origen del agua

De acuerdo con la memoria técnica se ha procedido a la integración de información mediante el cruce de las capas cultivos de regadío (raster) y la correspondiente a la delimitación de las UGH (vectorial) atendiendo al origen del agua, superficial, subterránea y mixta, información esta última cedida por la Junta Central de Regantes de la Mancha Oriental. Así pues se ha obtenido un mapa para cada uno de los años 2000 a 2007 en el que se ha reflejado el origen del agua; desde dichos mapas y para cada año se ha estimado la extensión de regadíos con aguas superficiales, regadíos con aguas subterráneas y mixtos. A su vez cada una de estas categorías se ha dividido en las clases de regadío de primavera, regadío de verano y regadío de primavera-verano y para cada uno de los años señalados. Ejemplo de estos mapas se muestran en la figura 9.



a)



b)

Figura 9.- Mapas de clasificación según origen del agua: a) clasificación según tipo de cultivo. b) clasificación según el origen del agua

Para facilitar la difusión de los resultados se ha generado un proyecto en Arcview 3.2 que contenía las capas de información citadas además de una superficie de leñosos en regadío y una composición color de Julio-Agosto de 2007.

Los resultados obtenidos de las superficies atendiendo al origen del agua se recogen en las siguientes tablas:

Origen del Agua: Superficial UH08-29				
Año	Primavera	Verano	Primavera-Verano	Total
2000	610	732	1.102	2.444
2001	634	1.117	595	2.346
2002	677	796	889	2.362
2003	375	688	890	1.953
2004	487	819	794	2.100
2005	444	912	784	2.140
2006	733	543	708	1.984
2007	540	438	407	1385

Origen del Agua: Subterráneo UH08-29				
Año	Primavera	Verano	Primavera-Verano	Total
2000	21.234	27.508	22.323	71.065
2001	24.991	31.916	14.392	71.299
2002	28.088	28.127	15.041	71.256
2003	28.812	23.692	18.487	70.991
2004	28.759	28.634	13.513	70.906
2005	25.844	30.019	14.582	70.445
2006	33.548	23.019	12.820	69.387
2007	31.256	17.513	9.710	58.479

Origen del Agua: Mixto UH08-29				
Año	Primavera	Verano	Primavera-Verano	Total
2000	1.206	1.401	1.849	4.456
2001	1.541	2.160	964	4.665
2002	1.911	1.842	978	4.731
2003	2.047	1.622	1.439	5.108
2004	2.201	1.748	1.144	5.093
2005	1.938	2.017	1.161	5.116
2006	3.424	1.823	1.384	6.631
2007	1.881	1.003	873	3.757

5.2.4.- Área de las superficies identificadas en regadío municipio a municipio que integran la UH 08-29

A partir de los mapas de clasificación y de la delimitación espacial de cada uno de los términos municipales incluidos en la UH 08-29, se han estimado las superficies en regadío correspondientes a cada una de las clases RP, RV, y RPV, para cada año y para cada término municipal, dentro de dicha UH.

MUNICIPIO	AREA en 08-29	Regadío Primavera 2007 (ha)	Regadío Verano 2007 (ha)	Regadío Primavera - Verano 2007 (ha)	Total Regadío 2007 (ha)
Abengibre	3082	0	2	0	2
Alarcón	4989	93	54	12	159
Alatoz	6329	0	0	0	0
Albacete	109396	15039	8996	4763	28798
Alborea	7198	0	0	0	0
Alcadozo	3350	0	0	0	0
Alcalá del Júcar	14676	7	79	0	86
Almansa	9537	102	371	55	528
Alpera	17893	80	80	68	228
Balazote	6532	169	49	23	241
Balsa de Ves	6323	0	0	0	0
Barrax	18996	2553	1141	617	4311
Bonete	7847	3	0	0	3
Carcelén	7572	48	30	66	144
Casas de Benítez	4663	336	119	173	628
Casas de Fernando Alonso	286	0	0	0	0
Casas de Guijarro	817	0	0	0	0
Casas de Haro	9091	787	191	180	1158
Casas de Juan Nuñez	8887	18	13	0	31
Casas de los Pinos	3113	235	59	44	338
Casas de Ves	12049	4	6	0	10
Casas-Ibáñez	10301	0	5	1	6
Casasimarro	4958	8	7	6	21
Castillejo de Iniesta	2615	0	0	0	0
Cenizate	6294	32	56	21	109
Chinchilla de Monte-Aragón	51020	498	296	351	1145
Fuensanta	2401	83	50	53	186
Fuentealbilla	10862	24	19	3	46
Gineta (La)	13670	2409	825	437	3671
Golosalvo	2798	36	14	0	50
Graja de Iniesta	2843	0	5	0	5
Hellín	504	2	2	6	10

Evolución de superficies en Regadío en la Mancha Oriental mediante Teledetección
Año 2007 (ERMOT 2007)

Herrera (La)	6311	1618	658	453	2729
Herrumblar (El)	4619	0	1	0	1
Higueruela	15997	1	0	0	1
Hoya-Gonzalo	11427	46	42	0	88
Iniesta	21813	17	19	14	50
Jorquera	6794	20	27	5	52
Ledaña	6563	0	0	0	0
Lezuza	35305	98	8	0	106
Madrigueras	7294	147	124	97	368
Mahora	10819	351	288	235	874
Minaya	6962	710	494	387	1591
Minglanilla	10337	1	7	9	17
Montalvos	2467	97	26	54	177
Montealegre del Castillo	892	0	0	0	0
Motilla del Palancar	1962	5	0	0	5
Motilleja	2402	297	560	137	994
Navas de Jorquera	4228	0	0	0	0
Peñas de San Pedro	14724	14	6	2	22
Peral (El)	8594	78	10	0	88
Pesquera (La)	186	0	0	0	0
Pétrola	457	0	0	0	0
Picazo (El)	2490	48	41	36	125
Pozo Cañada	8108	1314	386	182	1882
Pozoamargo	2775	356	213	134	703
Pozohondo	12034	88	113	139	340
Pozo-Lorente	8106	0	0	0	0
Pozorrubielos de la Mancha	7350	138	34	5	177
Pozuelo	13352	381	5	0	386
Puebla del Salvador	811	0	0	0	0
Quintanar del Rey	7980	43	28	0	71
Recueja (La)	2961	0	20	0	20
Roda (La)	39798	2585	938	1011	4534
Sisante	12600	191	147	76	414
Tarazona de la Mancha	21251	1292	1443	488	3223
Tébar	6635	0	1	1	2
Tobarra	2019	333	259	269	861
Valdeganga	7082	285	44	46	375
Valhermoso de la Fuente	1410	0	0	0	0
Vara de Rey	947	0	0	0	0
Villa de Ves	5759	0	1	0	1
Villagarcía del Llano	11726	104	14	40	158
Villalgordo del Júcar	4675	49	9	26	84
Villalpardo	3156	0		0	0
Villamalea	12785	7	19	8	34
Villanueva de la Jara	15579	202	126	9	337

Villarrobledo	6557	75	58	58	191
Villarta	2539	0	0	0	0
Villatoya	1869	6	12	0	18
Villavaliante	3485	12	73	0	85

5.2.5.- Resultados parcela a parcela en soporte digital

Se ha asignado a cada subparcela catastral por término municipal los cultivos presentes en su ámbito espacial en la imagen clasificada mediante un cruce automatizado. Estos datos se han suministrado en soporte digital.

6.- Relación de productos entregados a las entidades participantes en el convenio

Se hace una relación extensiva de todos los productos elaborados y entregados a las entidades participantes en el convenio. Se han preparado unas tablas resumen de toda esta información, así como su relación por años para mayor facilidad de seguimiento, y una descripción de los productos.

PRODUCTOS ELABORADOS Y ENTREGADOS:

AÑO 2007

Soporte papel.

1.- Mapa Resumen: Nuevos regadíos identificados en 2007 y envolvente periodo 1982-2006. 1:150.000 en la zona de la unidad hidrogeológica 08.29. superpuesta sobre el mosaico de verano. DINA0

2.- Mapa de Clasificación de Cultivos 1:150.000 (Primavera, verano y primavera-verano) en 2007 en la zona de la unidad hidrogeológica 08.29+30. Superpuesta sobre la combinación color RGB correspondientes a una imagen de verano. DINA0

Soporte digital.

1.- Clasificación de cultivos de regadío (primavera, verano y regadío-verano) en 2007 en la zona de la unidad hidrogeológica 08.29+30 ampliada. MAPA PROVISIONAL (entregado en Octubre 2007, junto con el informe provisional)

2.- Clasificación de cultivos de regadío (primavera, verano y regadío-verano) en 2006 en la zona de la unidad hidrogeológica 08.29+30 ampliada. MAPA DEFINITIVO

3.- Combinación color RGB 543 correspondiente al mosaico de las imágenes de Primavera (7 Mayo-01Junio) y verano (26 Julio-04 Agosto) 2007.

4.- Escenas georreferenciadas y combinación color RGB543 correspondientes a las siguientes fechas:

FECHA	SENSOR y Plataforma	ORBITA	Tamaño imagen
07 Mayo	TM – Landsat 5	200-33	185 km x 185 km
16 Mayo	TM – Landsat 5	199-33	185 km x 185 km
01 Junio	TM – Landsat 5	199-33	185 km x 185 km
24 Junio	TM – Landsat 5	200-33	185 km x 185 km
03 Julio	TM – Landsat 5	199-33	185 km x 185 km
10 Julio	TM – Landsat 5	200-33	185 km x 185 km
19 Julio	TM – Landsat 5	199-33	185 km x 185 km
26 Julio	TM – Landsat 5	200-33	185 km x 185 km
04 Agosto	TM – Landsat 5	199-33	185 km x 185 km
11 Agosto	TM – Landsat 5	200-33	185 km x 185 km
27 Agosto	TM – Landsat 5	200-33	185 km x 185 km
05 Septiembre	TM – Landsat 5	199-33	185 km x 185 km
28 Septiembre	TM – Landsat 5	200-33	185 km x 185 km

5.- Cruce catastros con la clasificación de cultivos de regadío (primavera, verano y regadío-verano) en 2007 en la zona de la unidad hidrogeológica 08.29+30. Formato shp.

6.- Proyecto de ArcView y ArcGIS con la incorporación para cada uno de los años del periodo 2000-2007 de las capas regadíos superficiales, regadíos superficiales subterráneos y mixtos y, a su vez, cada una de estas categorías se ha dividido en las clases de regadío de primavera, regadío de verano y regadío de primavera-verano.

7.-Clasificación de detalle en la que se distinguirá el mayor nº de cultivos posible.

8.- Clasificación de cultivos en formato raster correspondientes a la aplicación de las zonas estudiadas durante los años 1984, 1985, 1986, 1996 y 1997.

Estos productos se han entregado en DVD, soporte que garantiza conservación estable de larga duración. La entrega a la Junta de Comunidades, a la Junta Central de Regantes y a la Confederación Hidrográfica del Júcar, se ha efectuado en formato compatible con los equipos de que disponen estas entidades.

ANEXO I

Escrito al Tribunal Supremo en relación con la sentencia nº 1176/07, del Tribuna Superior de Justicia de la Comunidad Valenciana, Sala de lo Contencioso-Administrativo.

Alfonso Calera Belmonte
Director del Grupo de Teledetección y SIG
Instituto de Desarrollo Regional. Universidad de Castilla La Mancha

Albacete, 25 de Octubre de 2007

A la vista del contenido de la sentencia nº 1176/07, del Tribuna Superior de Justicia de la Comunidad Valenciana, Sala de lo Contencioso-Administrativo, presidente Ilmo. Sr. Luis Manglano, este perito realiza las siguientes manifestaciones:

En la citada sentencia se dice literalmente que “el informe del Catedrático de la Universidad de Castilla La Mancha, Instituto de Desarrollo Regional, estudio ERMOT, a cargo de D. Alfonso Calera” es ...”demostrativo de la falta de fiabilidad y homologación de la prueba de teledetección utilizada por la Confederación Hidrográfica del Júcar”.

Dicha afirmación es totalmente contraria a la recta interpretación del Informe al que se refiere, del que soy autor, y de mis declaraciones periciales; además perjudica gravemente mi prestigio profesional, así como el de un numeroso grupo de colegas que pertenecen al grupo de Teledetección que tengo el honor de dirigir. La citada afirmación contradice frontalmente los resultados de mi propio trabajo de investigación realizado en los últimos diez años en el campo de la Teledetección, trabajo que demuestra la fiabilidad y objetividad de la Teledetección cuando se aplica con la metodología adecuada, como es el caso que nos ocupa.

Por ello, dicha afirmación tiene necesariamente que ser producto de una valoración errónea tanto del contenido del “Informe acerca de las Consideraciones sobre el proceso de identificación de cultivos de regadío mediante Teledetección en el estudio ERMOT”, como de mis declaraciones en la prueba pericial en la que fui preguntado por la parte actora sobre el mencionado Informe. Para su demostración, me remito tanto a la literalidad de mis declaraciones en dicha prueba, como a la del Informe mencionado, así como a otros documentos presentes en el expediente, y a los que hago referencia más adelante.

El “Informe acerca de ...” es una contestación punto por punto y de manera absolutamente detallada a las consideraciones efectuadas en su momento ante la Confederación Hidrográfica del Júcar por la Titular de la UGHAB0028 que ponía en cuestión los aspectos científico-técnicos del proceso de clasificación. La conclusión de ese informe es la demostración de la objetividad, fiabilidad y reproducibilidad del proceso técnico de identificación de superficies regadas mediante teledetección empleado en el estudio ERMOT, teniendo en cuenta que se refiere expresamente a una clasificación general automática para todo el acuífero.

Pero más relevante para el contencioso, y en mis declaraciones en la prueba pericial hago referencia reiteradamente (dos veces) a él, es un **estudio de detalle** de fecha 12 de mayo de 2003 (documento 33 del expediente administrativo) sobre la explotación agrícola en cuestión (UGH HE0008) que viene acompañado de las bases científico – técnicas de la metodología seguida en la revisión de alegaciones de fecha 19 de diciembre de 2002 (documento 31 del expediente administrativo), el cual es realmente sustancial para la identificación y determinación de la superficie regada en los años para los que se hace, porque es sobre el que se asienta la resolución de la CHJ. En él se muestra:

(1) El análisis individualizado sobre cada una de las parcelas que componen la citada UGH HE0008 y la motivación y el razonamiento, también individualizados, para asignar cada superficie a cultivos de regadío o de secano en los años 1982 a 1986.

(2) Los datos obtenidos desde las imágenes de satélite sobre los que se basa el análisis efectuado. Dichos datos pueden ser reproducidos por cualquier profesional capacitado para aplicar la metodología científica de procesamiento de imágenes, lo que acrecienta la fiabilidad, reproducibilidad y objetividad del resultado.

Este estudio de detalle, por sus características, va mucho más allá en la precisión que el informe general de todo el acuífero (decenas de miles de hectáreas) y para eso mismo fue elaborado. Es sobre este estudio de detalle al que me refiero en mi declaración testifical y en ella afirmo que su precisión en la identificación de las superficies regadas es del 95-96%. El error que acompaña a todo procedimiento técnico es en este caso irrelevante, porque al haberse hecho el estudio para cuatro años consecutivos, se minimiza la incertidumbre, ya que la resolución administrativa se apoya en el año en que mayor superficie se ha detectado.

Como se ha dicho, es justamente este estudio de detalle sobre el que se asienta la resolución administrativa de la CHJ, que es el objeto del contencioso, y es precisamente el informe que no se ha tenido en cuenta en la sentencia, lo que

supone una valoración errónea de la prueba. A mi juicio, dicho estudio de detalle tendría que haberse valorado como de mayor fuerza probatoria que cualquier otro informe de clasificación genérico.

Se ha de resaltar además que, en este trabajo, la Teledetección únicamente conoce acerca de la superficie regada, y no se ha utilizado como un “contador” de volúmenes de agua; por tanto no son de aplicación las consideraciones de homologación como si de un instrumento de este tipo se tratara. Sobre este aspecto se adjunta un dictamen jurídico del Dr. Francisco Delgado Piqueras, que concluye señalando que “las objeciones aducidas contra los informes de teledetección del IDR resultan injustificadas, ya que las unidades de medida utilizadas en los referidos informes no contravienen la Ley de Metrología, sin que en aplicación de la misma se haya establecido un control metrológico obligatorio sobre los sensores del satélite Landsat”.

Fdo. Alfonso Calera Belmonte
Catedrático EU. Director del Grupo de Teledetección y SIG
Instituto de Desarrollo Regional. Universidad de Castilla La Mancha

ACCIÓN
GIA

JDO. CONTENCIOSO/ADMTVO. N. 1
ALBACETE
55910

CALLE TINTE 3 4

Número de Identificación Único: 02003 3 0100522 /2006

Procedimiento: EXHORTO 11 /2006 1

Recurrente:

Ltrado Sr. D/ña.

Procurador/a Sr/a.

ACTA DE RATIFICACION DE INFORME PERICIAL.- Albacete a nueve de octubre de dos mil seis.

Siendo el día y hora señalados se constituye en audiencia publica S.S^a asistido de mi el Secretario, con la concurrencia de los letrados Sr. Carrión Gil, con el fin de llevar a cabo la practica de la prueba para este día y hora señalados.

Dado inicio al acto es llamado y comparece el perito D. **ALFONSO JOSE CALERA BELMONTE**, circunstancias que acredita con el D.N.I. num., 74490265 G que exhibe y seguidamente se le devuelve.

A petición del letrado Sr. Carrión Gil, se procede a realizar aclaraciones a las preguntas que en este acto formula dicho letrado, que sustancialmente coinciden con las cuestiones que se hicieron constar en el escrito de la parte actora presentado el día 4 de julio de 2006.

A preguntas del letrado Sr. Carrión Gil, se le formulan las siguientes aclaraciones.

Con exhibición del informa manifiesta que lo reconoce como autentico, y se afirma y ratifica íntegramente en su contenido, y que ha sido realizado por personas directamente bajo su responsabilidad.

Preguntado para que diga, con exhibición del informe, sobre si la fecha de entrada en funcionamiento y lanzamiento de los satélites LANDSAT es la que consta al folio 8 de su informe manifiesta que es cierto.

Preguntado para que diga, si el método de teledetección permite saber si en una determinada parcela existe un cultivo de primavera o de verano, o de primavera-verano, manifiesta que es cierto, según la metodología que se explicita.

Preguntado para que diga, si con dicho método lo que no se determina es el cultivo en concreto, a lo que manifiesta que es cierto.

Preguntado para que diga, si es consciente de cada uno de esos cultivo tiene un consumo distinto de agua, a lo que

manifiesta, que los cultivos que tienen un periodo de cultivo coincidente tienen un consumo hídrico semejante.

Preguntado para que diga si con la teledetección no se determina el concreto consumo de agua de cada parcela, manifiesta que lo que se hace es agrupar los tipos de cultivos en función de su periodo de cultivo, los cuales tienen un consumo hídrico semejante, pero sin decir el concreto cultivo ni el concreto consumo hídrico de ese cultivo en esa parcela.

Preguntado para que diga, con exhibición del informe Pág. 39, si en el mismo se contiene una precisión global del sistema del 84 %, manifiesta que tras el trabajo de campo se obtiene un dato relativo a la estructura automática de clasificación general, sin perjuicio de que contestando las concretas alegaciones, se haya hecho un informe específico para cada caso, con una precisión más ajustada, entre el 95 y 96 %.

Preguntado para que diga, si en dicha precisión global se constata un margen de error del 16 % manifiesta que es cierto.

Preguntado para que diga, si se ha podido comprobar el margen de error en los cultivos de los años 82 a 86, manifiesta que no se puede saber el margen de error, porque el trabajo se lleva a cabo alrededor del año 2003, y que sería posible extrapolar la precisión del método utilizado, y retrotraerlo a aquellos años para poder responderlo.

Preguntado para que diga, si sería razonable pensar que en aquellos años pudiera existir el mismo margen de error global que en el año 1996, manifiesta que sería razonable llegar a esa conclusión, toda vez que la metodología es la misma, si bien quiera hacer constar que existe un informe aclarando alegaciones concretas de parcelas concretas, en el que se expresa el margen de error, y que hace inaplicable la precisión global indicada.

Con lo cual se da por concluida la presente que es firmada por los asistentes al acto junto con S.S^a y de todo lo que doy fe.

ANEXO II.

Procedimiento operativo seguido en la clasificación

En los diagramas de flujo que a continuación se muestran, se indica el procedimiento general utilizado para identificar los cultivos de regadío.

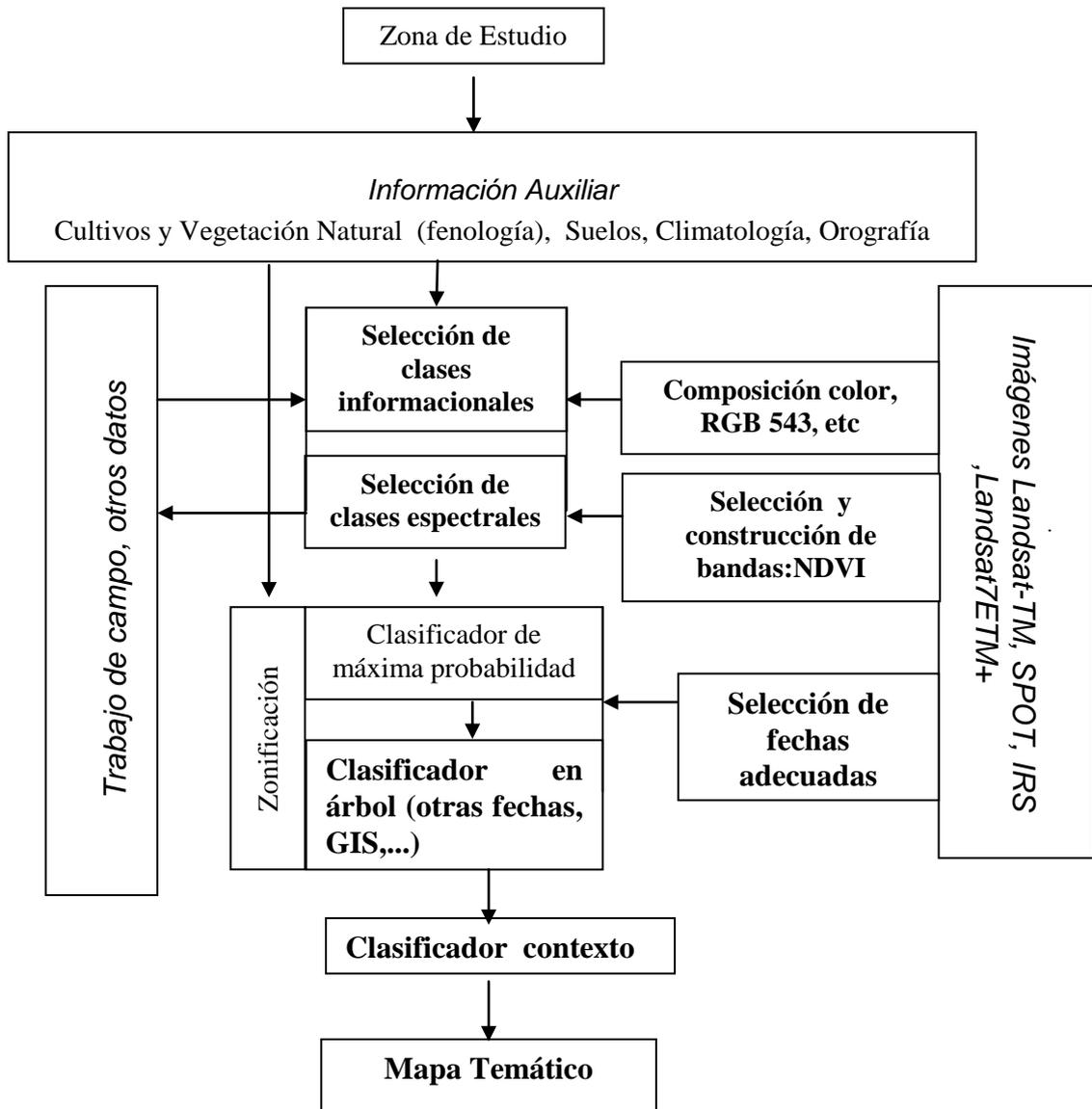
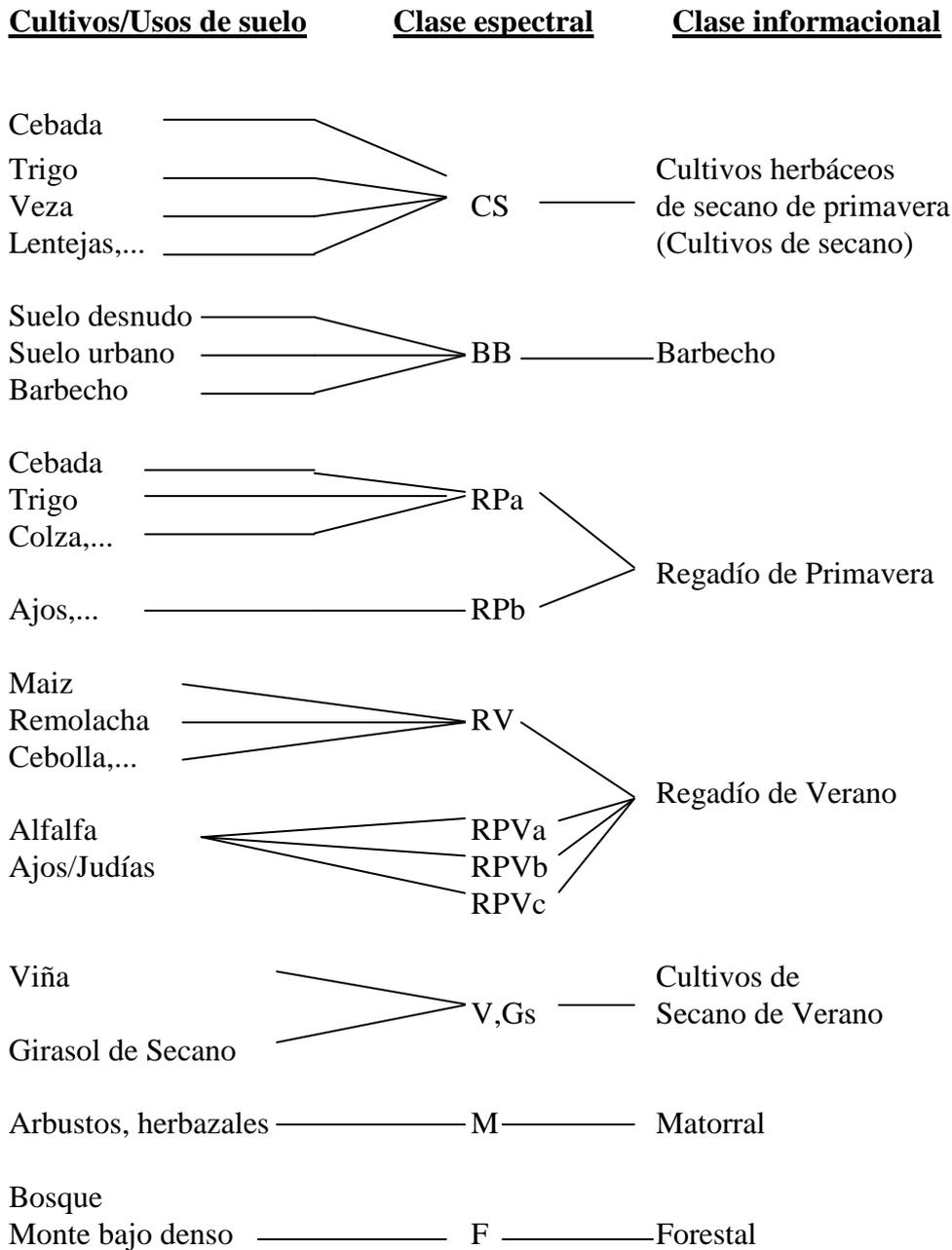
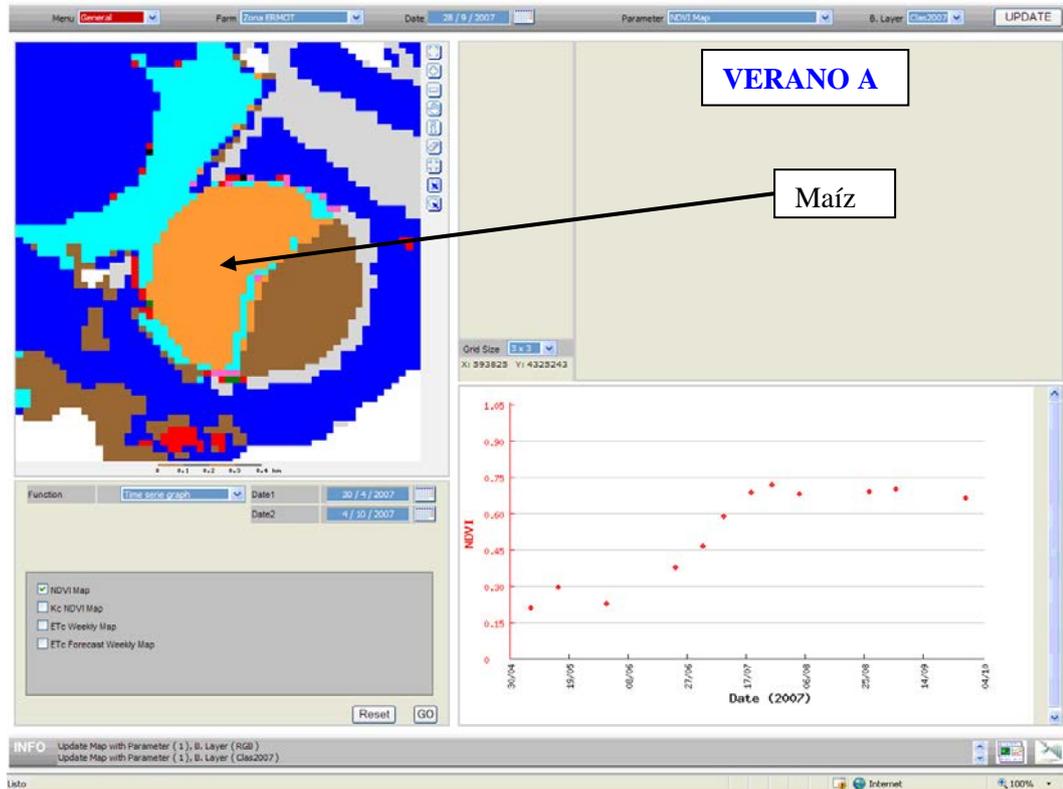


Diagrama de flujo del proceso de clasificación que muestra el procedimiento operativo llevado a cabo en este trabajo.

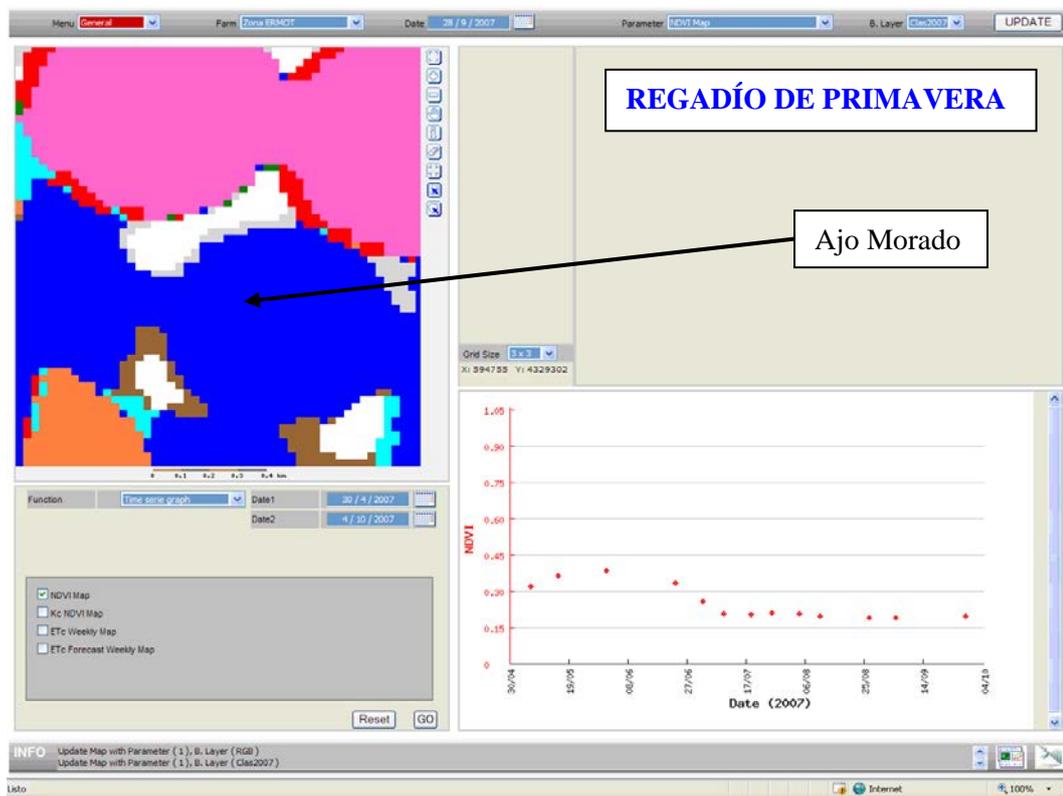
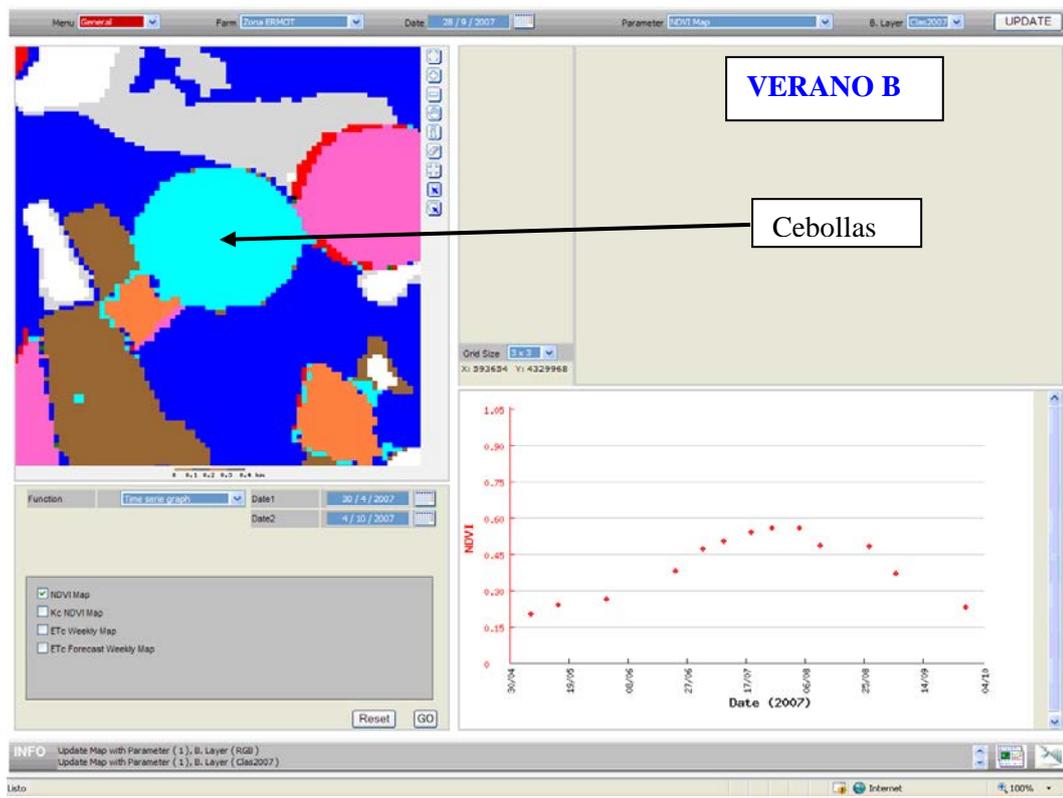


Clases espectrales y clases informacionales utilizadas en el proceso de clasificación. Las clases informacionales constituyen la leyenda del mapa temático. Nótese cómo algunos cultivos se agrupan en una sola clase espectral, y cómo, en otros casos, un solo cultivo da lugar a varias clases espectrales

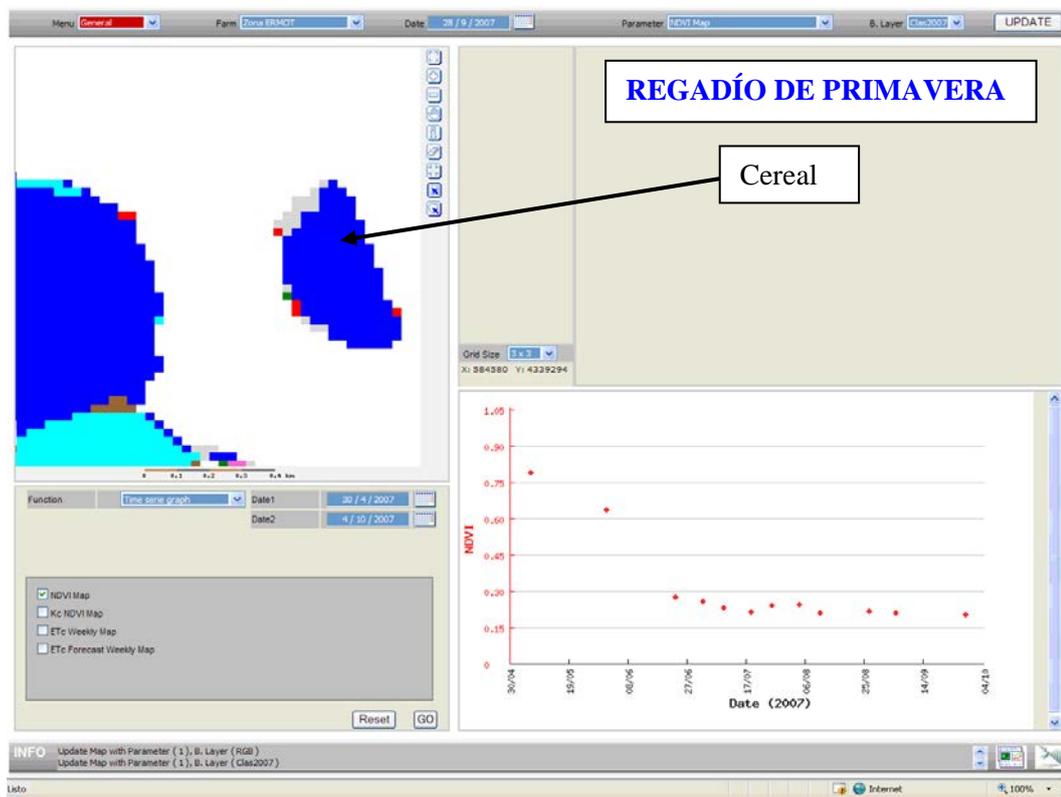
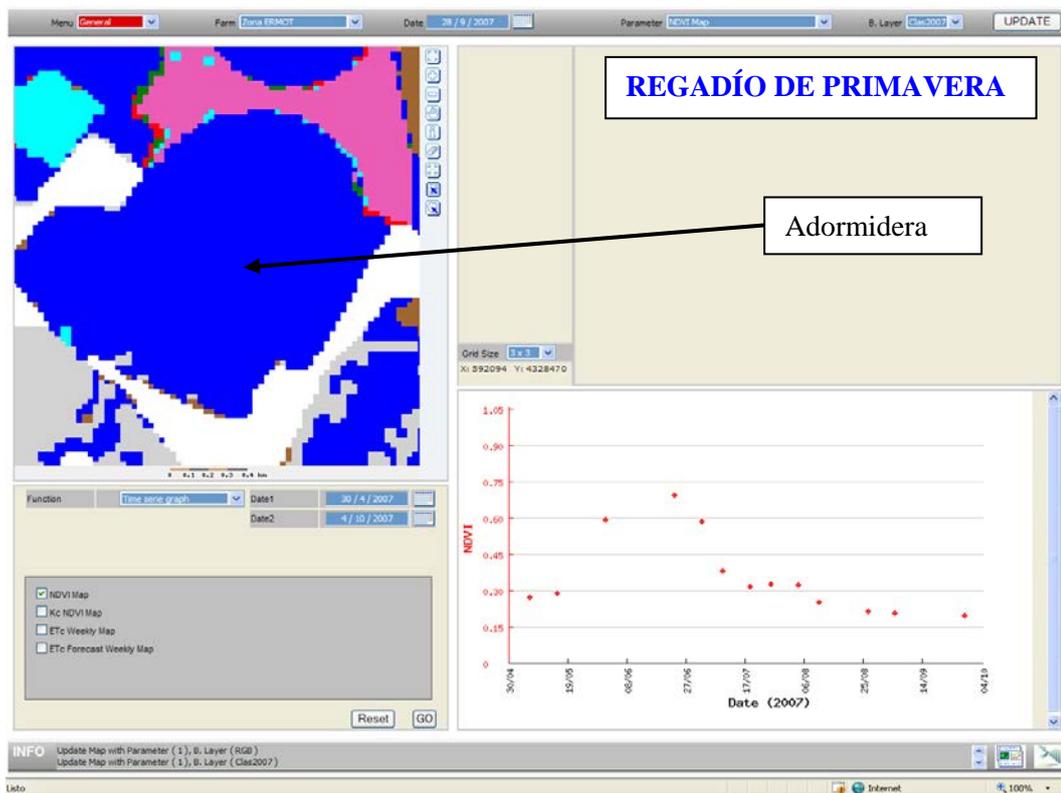
ANEXO III.- Evolución temporal típica de las clases empleadas en la leyenda ampliada, tal y como se pueden observar mediante el sistema AquaSTAR-ERMOT



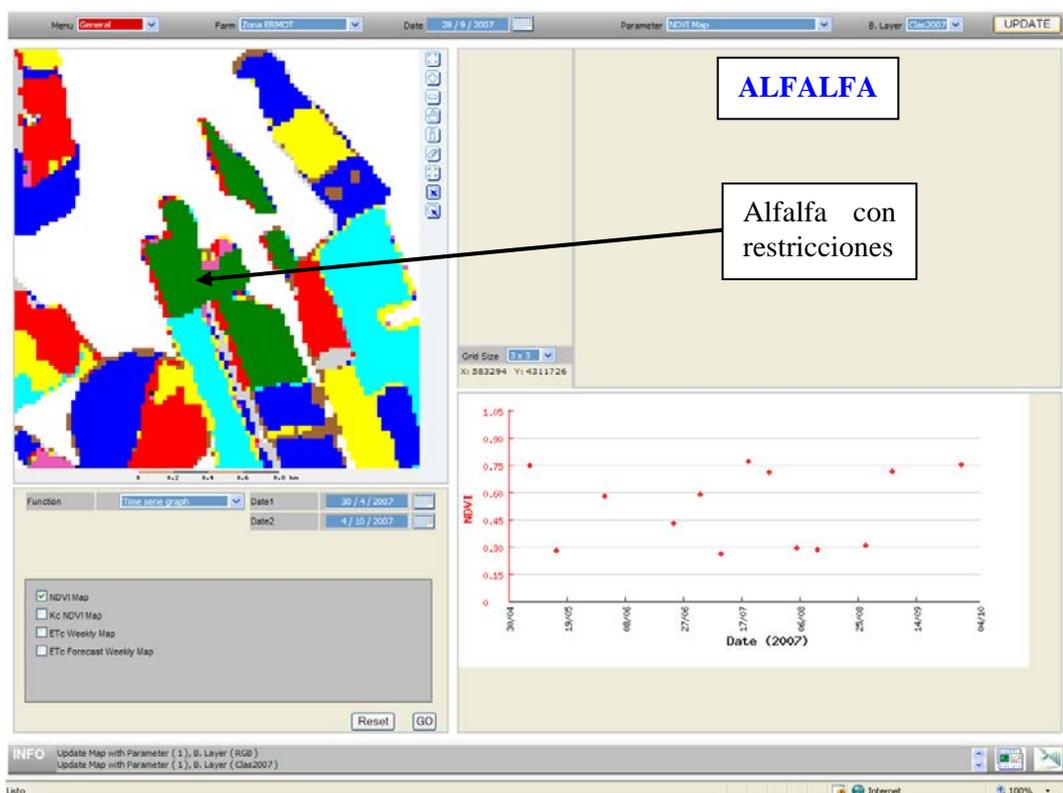
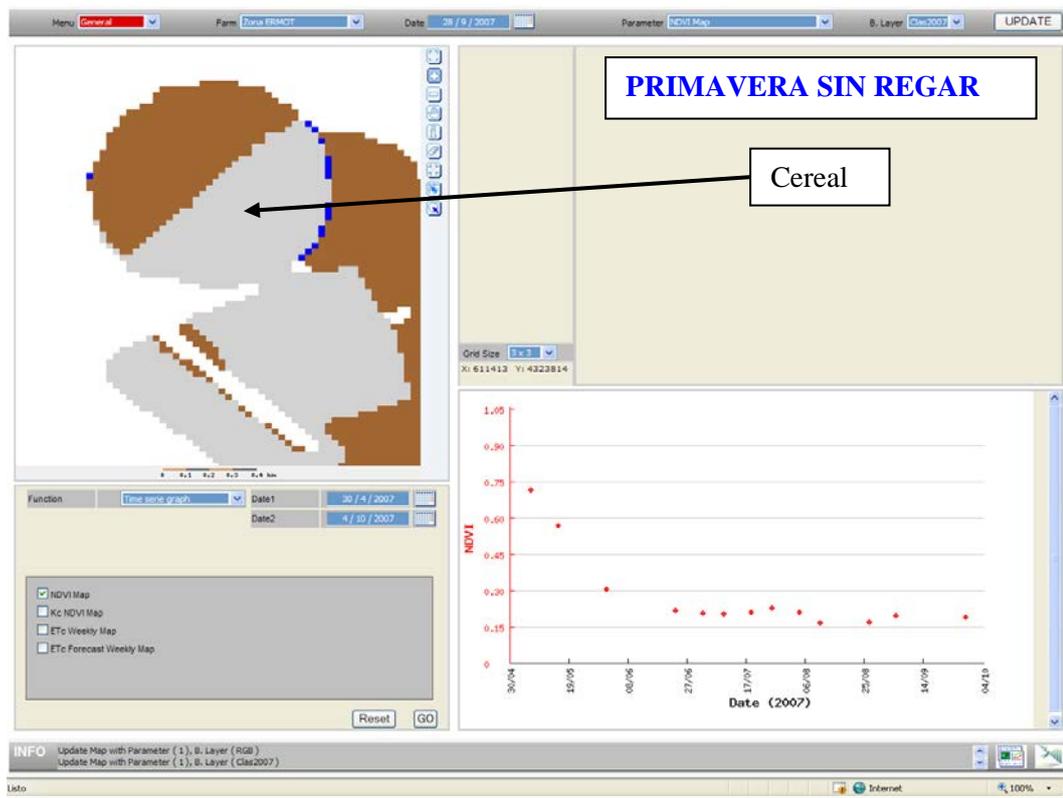
Evolución de superficies en Regadío en la Mancha Oriental mediante Teledetección
Año 2007 (ERMOT 2007)



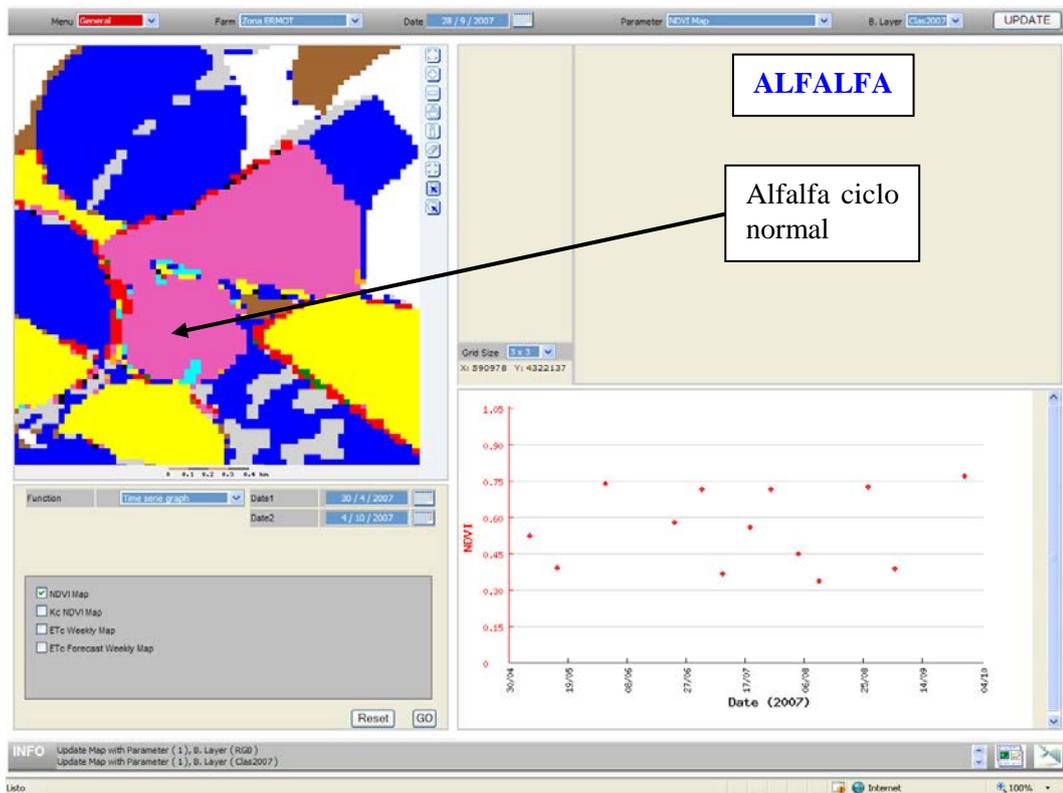
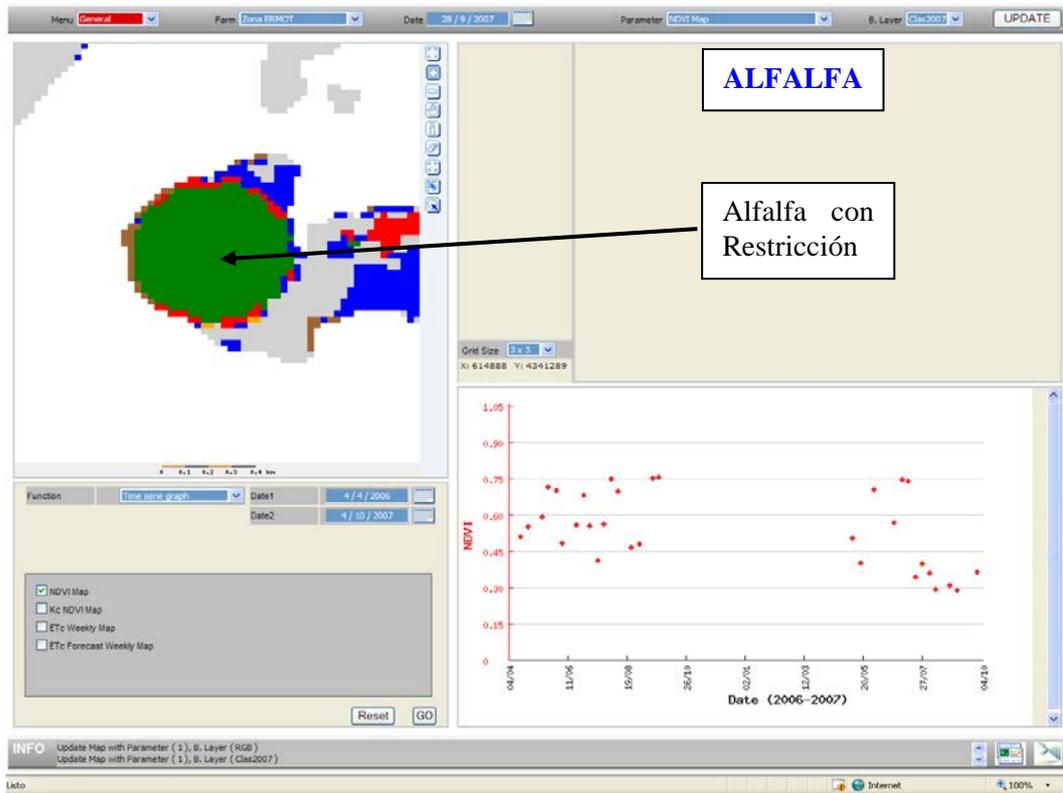
Evolución de superficies en Regadío en la Mancha Oriental mediante Teledetección
 Año 2007 (ERMOT 2007)



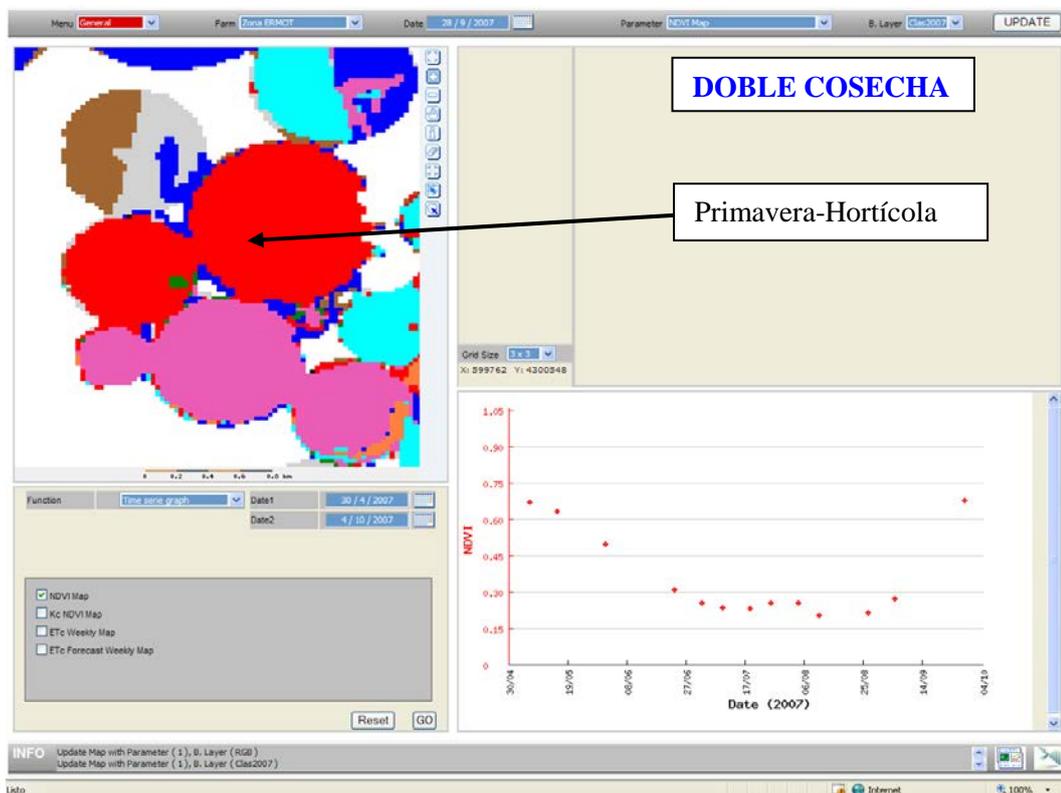
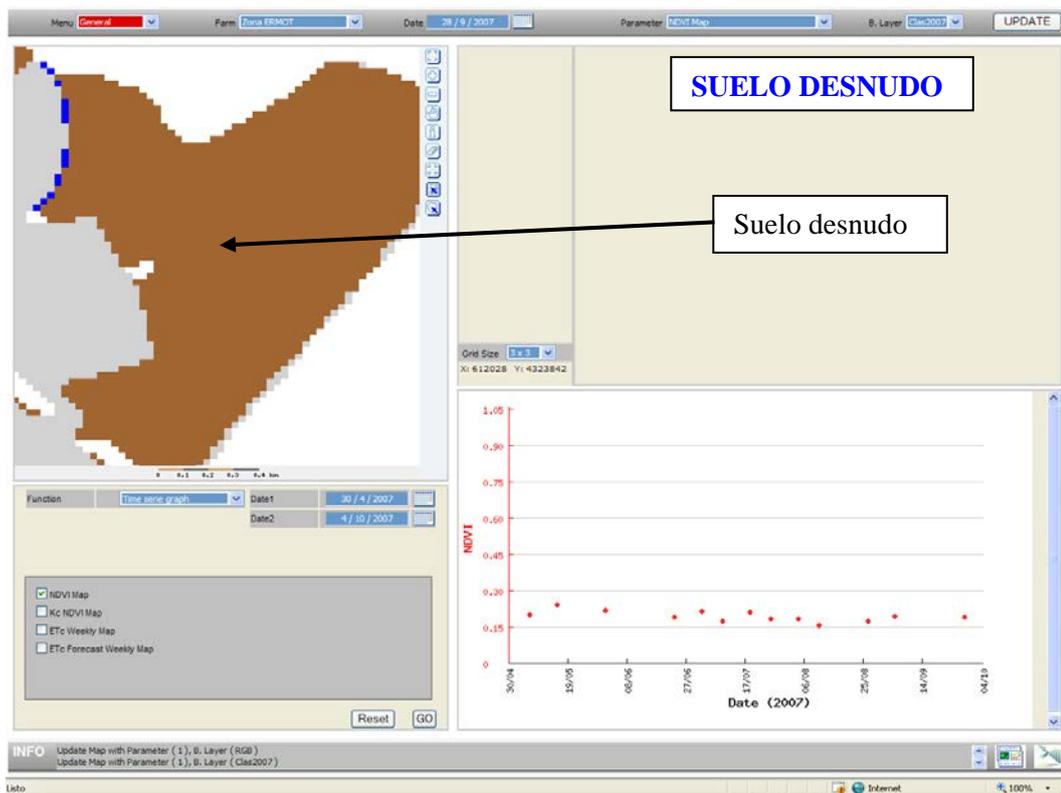
Evolución de superficies en Regadío en la Mancha Oriental mediante Teledetección
 Año 2007 (ERMOT 2007)



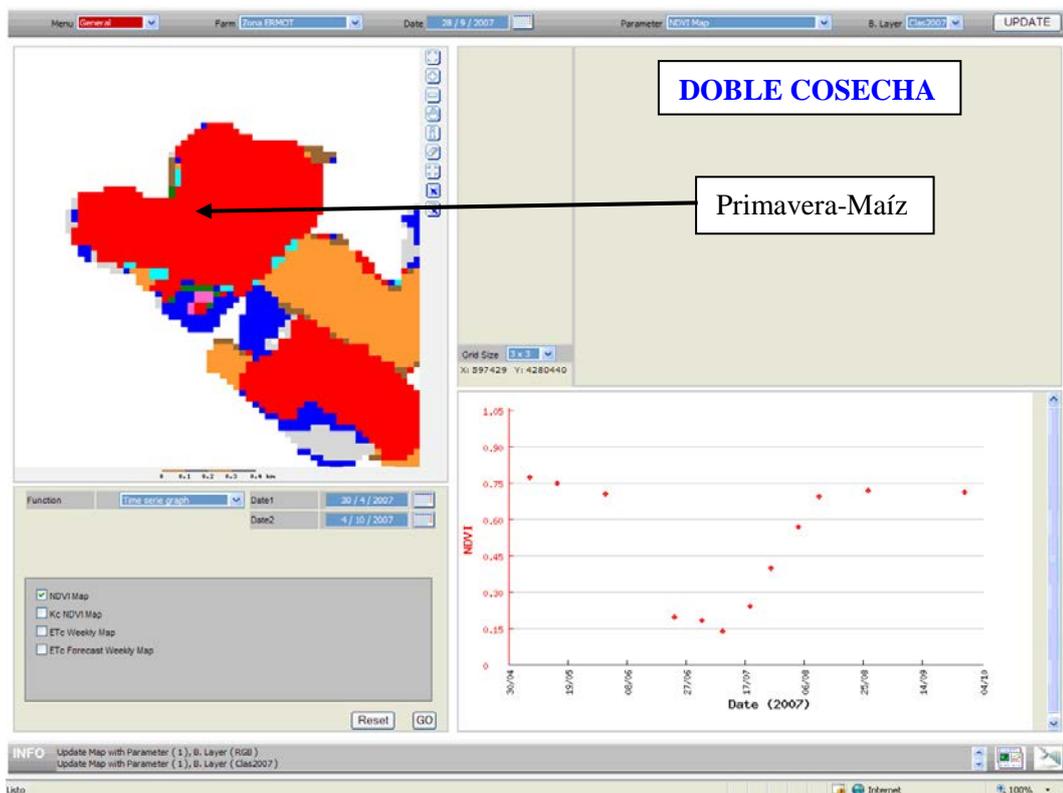
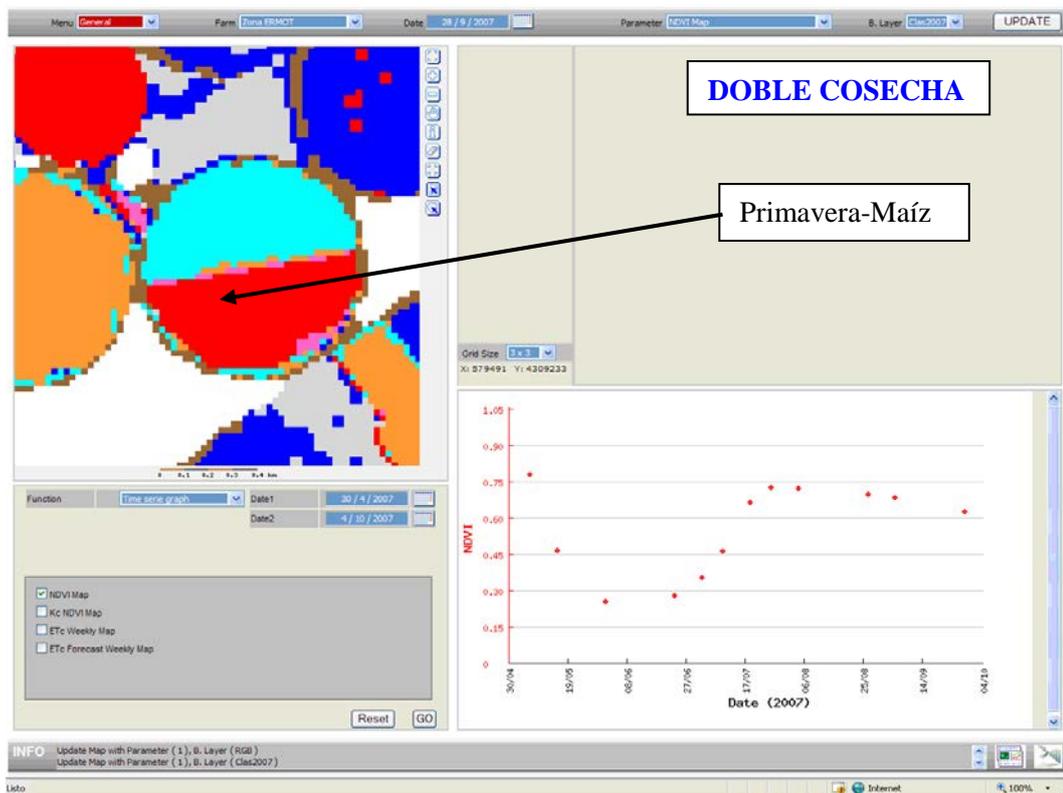
Evolución de superficies en Regadío en la Mancha Oriental mediante Teledetección
 Año 2007 (ERMOT 2007)



Evolución de superficies en Regadío en la Mancha Oriental mediante Teledetección
 Año 2007 (ERMOT 2007)



Evolución de superficies en Regadío en la Mancha Oriental mediante Teledetección
 Año 2007 (ERMOT 2007)



ANEXO IV.

MEMORIA TÉCNICA **ERMOT 2007**

**DEL CONVENIO DE COLABORACIÓN ENTRE LA CONFEDERACIÓN
HIDROGRÁFICA DEL JUCAR, LA CONSEJERÍA DE AGRICULTURA
DE LA JUNTA DE COMUNIDADES DE CASTILLA- LA MANCHA, LA
UNIVERSIDAD DE CASTILLA- LA MANCHA Y LA JUNTA CENTRAL
DE REGANTES DE LA MANCHA ORIENTAL, PARA LA
REALIZACIÓN DE UN ESTUDIO SOBRE LA EVOLUCIÓN DE LAS
SUPERFICIES DE REGADÍO, EN EL ÁMBITO DEL ACUÍFERO
MANCHA ORIENTAL MEDIANTE EL EMPLEO DE TÉCNICAS DE
TELEDETECCIÓN**

1.- ANTECEDENTES.

La presente Memoria Técnica se redacta para definir los trabajos objeto del Convenio de colaboración ERMOT 2007 suscrito por la Confederación Hidrográfica del Júcar, la Consejería de Agricultura de la Junta de Comunidades de Castilla- La Mancha, la Universidad de Castilla-la Mancha y la Junta Central de Regantes de la Mancha Oriental. Estos trabajos se realizarán por la Sección de Teledetección y Sistemas de Información Geográfica del I.D.R. de la Universidad de Castilla- La Mancha.

2.- DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS A REALIZAR

Los trabajos contemplados en ERMOT 2007 son:

- 1.- Identificación de las superficies dedicadas a cultivos en regadío durante el año 2007. Se realizará una clasificación de detalle en la que se distinguirá el mayor nº de cultivos posible, y por agregación de ella se obtendrá una segunda clasificación resumen formada por las tres clases habituales en anteriores convenios ERMOT, esto es, primavera, verano y primavera-verano, lo que permitirá mantener continuidad a la serie histórica.
- 2.- Análisis y actualización de la evolución temporal, espacial y por origen del agua de las superficies destinadas a cultivos de regadío dentro de la delimitación del acuífero Mancha Oriental (UH-0829 y UH-0830), así como las Masas de Agua Subterránea contenidas en él (28, 29, 30, 31, 32, 39, 916 y 918), incluyendo los nuevos datos que se obtengan en el punto 1, así como de cualquier otra información. Se ampliará la zona de estudio a una banda de 5 Km. de ancho desde los límites actuales de las UH08-29 y UH08-30 y las masas anteriormente citadas, con objeto de disponer de información completa de aquellas UGH que se encuentran a ambos lados de la línea divisoria del ámbito anteriormente definido.
- 3.- Incorporación al análisis del catastro del SIGPAC vectorial, si es posible disponer del mismo.
- 4.- Inclusión de la información actualizada en un Sistema de Información Geográfica coherente con la serie histórica anterior.
- 5.- Realización de un proyecto ArcGIS 9.1. y otro Arcview 3.2 en el que se incorporarán los resultados.
- 6.- Obtención de los valores resumen de las superficies obtenidas, tanto a nivel de Unidad Hidrogeológica como de Masa de Agua Subterránea necesarios para su posible inclusión en un documento pdf y posterior difusión a través de Internet.
- 7.- Elaboración de los mapas resumen correspondientes, así como la detección de nuevos regadíos aparecidos en 2007, con la misma metodología que la utilizada en anteriores convenios ERMOT, para mantener la coherencia de la serie histórica.

8.- Como en anteriores ediciones, ERMOT 2007 operará en tiempo real, lo que se va a reflejar en toda la mecánica operativa de las tareas a realizar, y así se considera en ellas específicamente.

9.- Revisión de la contestación de alegaciones a la teledetección durante el proceso de regularización de las Unidades de Gestión Hídrica.

10.- Ampliación de las zonas estudiadas durante los años 1984, 1985, 1986, 1996 y 1997 para alcanzar la totalidad del ámbito actual del estudio.

11.- Actualización de las capas raster de clasificación de cultivos obtenidas en los anteriores convenios ERMOT mediante la incorporación a las mismas de los resultados de los análisis detallados desarrollados durante el proceso de revisión de contestación de alegaciones a la teledetección.

2.1.- Selección de las imágenes a utilizar.

Se utilizarán escenas correspondientes a Landsat TM y ETM+ (recorridos 199 y 200), así como IRS (recorrido 18-42), de acuerdo con la conveniencia de cada imagen en función de las fechas temporales de entrega de resultados, anteriormente descritas en la cláusula séptima “Plazos de entrega de los trabajos” del presente convenio. El funcionamiento operativo en tiempo real exige elaborar, previamente a la campaña, un calendario de pasadas de los satélites y seleccionar, en la fecha deseada, la imagen una vez comprobada la ausencia de nubosidad, procediendo a su adquisición inmediata y procesado. El presente convenio contempla el análisis de un mayor número de imágenes similar al convenio ERMOT 2006. El calendario idóneo para la realización del estudio es el siguiente:

Fecha de adquisición de la imagen
25 de Abril al 15 de Mayo
25 de Mayo al 15 de Junio
10 de Julio al 30 de Julio
25 de Agosto al 15 de Septiembre

2.2.- Tratamiento de imágenes y productos.

Georreferenciación.

Se procederá a la corrección geométrica de las escenas originales (todas las bandas menos la del canal térmico) mediante el método de puntos de control (aprox. 90 puntos por escena) utilizando polinomios de segundo orden, con un error cuadrático medio inferior a 0.5 píxel.

Los puntos de control serán los correspondientes a la red de puntos localizados con alta precisión mediante GPS.

Composición color

Para cada una de las escenas anteriores se generará la composición color correspondiente mediante la combinación de las bandas 5, 4, 3.

Formación de mosaico.

Se realizará un mosaico color de las escenas de recorridos 199 y 200 para formar una imagen completa correspondiente a una fecha representativa de los cultivos de primavera y otro para de los de verano. La formación del mosaico, en la zona de solape de los recorridos 199 y 200, se realizará mediante el correspondiente ajuste de histogramas. Las composiciones color resultantes se entregarán de forma íntegra, sin recortarlas por el ámbito de estudio.

Clasificación.

Se procederá a clasificar los cultivos existentes en cada año y en la zona en donde dispongamos de imágenes, utilizando técnicas de clasificación multitemporal (escenas de primavera y verano) y multiespectral, combinando algoritmos de máxima probabilidad y criterios de decisión en árbol. Asimismo se utilizará información procedente de otros años, al ser incluida en un Sistema de Información Geográfica (en adelante SIG), para eliminar en lo posible ambigüedades e incorrecciones. Se obtendrán las siguientes clases:

Cultivos de regadío de primavera : cebada, trigo, ajos, colza,...

Cultivos de regadío de verano: remolacha, maíz,...

Cultivos de regadío primavera-verano: alfalfa, pradera,...

Se incorporará la información procedente del catastro digital, adquiriendo los términos municipales digitalizados, o parte, que estén disponibles, de tal manera que se pueda superponer sobre la imagen clasificada. De esta forma se potencia en gran medida la identificación de la parcela y la clase de cultivo a la que se destina cada año. La superposición del catastro digital sobre la imagen clasificada será opcional al constituir esta información una capa del SIG, y por tanto podrá ser manejada a voluntad por el usuario dentro de la herramienta informática.

De acuerdo con la experiencia obtenida en anteriores convenios ERMOT, el tiempo de entrega de la imagen clasificada correspondiente a 2007 se estima hacia mediados de Septiembre, de tal forma que los cultivos de verano de ciclo largo se encuentran en campo, lo que va a permitir la verificación y control directos.

Origen del agua.

Los cultivos identificados en el punto anterior se clasificarán a su vez según el origen del agua empleada para su riego. Para ello se utilizará la información procedente de la definición y seguimiento de las Unidades de Gestión Hídrica, así como cualquier otra información disponible que pueda resultar de interés.

SIG

Todos los mapas de clasificación de cultivos correspondientes a cada año, así como las diferentes bandas georreferenciadas de cada una de las escenas se incluirán en un Sistema de Información Geográfica. Este SIG permitirá la consulta inmediata de toda esta información, así como la superposición de unas capas con otras.

Desde la imagen clasificada y utilizando el catastro digital, mediante un proceso informático se extraerá para cada unidad parcelaria identificada catastralmente la información del cultivo que tuvo esa parcela cada año. La salida se efectúa en forma de base de datos alfanumérica. Se suministrará esta

información en un formato compatible con los sistemas que dispongan las entidades contratantes.

2.3.- Memoria de resultados

Se elaborará una memoria de resultados en la que se detallarán las técnicas utilizadas, y se describirán cuantitativamente los resultados obtenidos.

2.4. – Entrega de la información

Los productos a entregar a cada uno de los Organismos que suscriben este convenio serán los siguientes:

- Informe parcial de los trabajos realizados, justificante del primer pago.
- Memoria de resultados en papel y formato .pdf
- Proyecto Arcview en formato .apr y .mxd en el que se incorporarán los resultados obtenidos.
- Imágenes originales georreferenciadas utilizadas y puntos de control.
- Composiciones color de las imágenes utilizadas.
- Mosaico de las escenas 199/200 de una fecha de primavera y otra de verano.
- Clasificación de detalle en la que se distinguirá el mayor nº de cultivos posible.
- Clasificación resumen formada por las tres clases de cultivos en formato raster.
- Cruce de la clasificación resumen de cultivos con catastro en formato shape incluyendo la serie histórica completa.
- Clasificación de cultivos según el origen del agua en formato raster
- Clasificación de cultivos en formato raster correspondientes a la aplicación de las zonas estudiadas durante los años 1984, 1985, 1986, 1996 y 1997.
- Clasificaciones de cultivos en formato raster actualizadas de todos los años analizados en los anteriores convenios ERMOT, mediante la incorporación a las mismas de los resultados de los análisis detallados desarrollados durante el proceso de revisión de contestación de alegaciones a la teledetección.
- Mapas en formato tif:

- Mapa Resumen: Nuevos regadíos identificados en 2007 y envolvente periodo 1982-2006. 1:150.000 sin catastro.
- Mapa Resumen: Nuevos regadíos identificados en 2007 y envolvente periodo 1982-2006. 1:100.000 con catastro.
- Mapa de Clasificación de Cultivos 1:150.000 sin catastro.
- Mapa de Clasificación de Cultivos 1:100.000 con catastro.
- Mapas en formato papel:
 - Mapa Resumen Nuevos regadíos identificados en 2007 y envolvente periodo 1982-2006. 1:150.000 sin catastro.
 - Mapa de Clasificación de Cultivos 1:150.000 sin catastro.

3.- DURACIÓN DE LOS TRABAJOS.

El plazo previsto para la realización de los trabajos descritos en esta Memoria Técnica finalizará el 31 de diciembre de 2007, pudiendo ampliarse de mutuo acuerdo si los trabajos realizados no hubiesen conseguido totalmente los objetivos prefijados y las partes considerasen oportuno su ampliación, según lo convenido en la cláusula tercera del Convenio.

4.- DIRECCIÓN DE LOS TRABAJOS.

Se estará a lo convenido en la cláusula cuarta del Convenio.