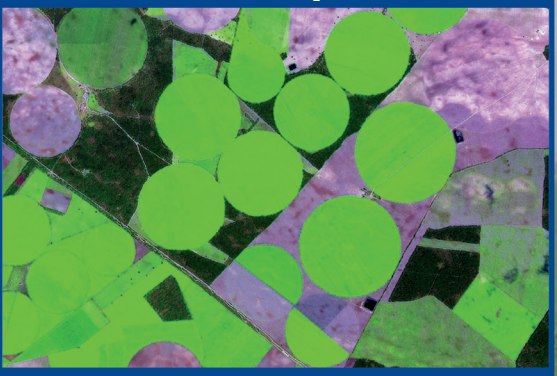
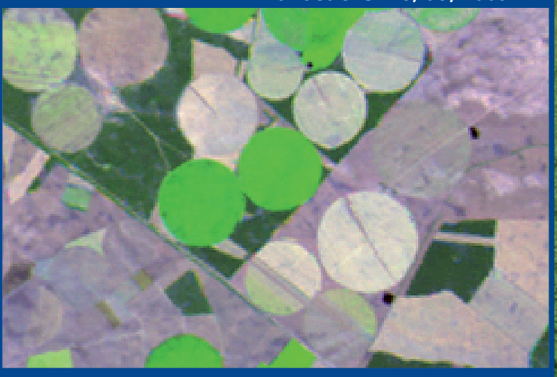
Landsat 5 25/03/2009

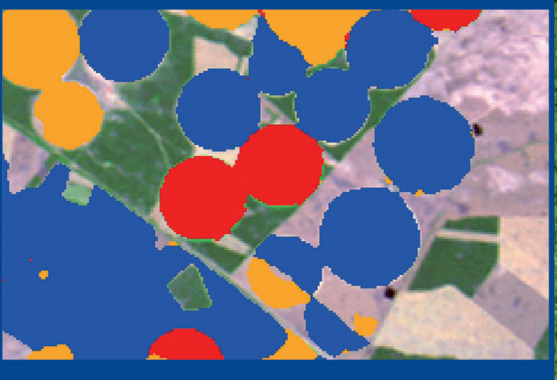
Spot 5 12/05/2009



Landsat 5 16/08/2009



Clasificación 2009



Evolución de superficies en Regadío en el ámbito del acuífero de la Mancha Oriental mediante Teledetección

ERMOT

CAMPAÑA 2009

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO
CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR
JUNTA CENTRAL DE REGANTES DE LA MANCHA ORIENTAL
Castilla-La Mancha
UCLM UNIVERSIDAD DE CASTILLA-LA MANCHA
Tragsatec Grupo Tragsa

EVOLUCIÓN DE LAS SUPERFICIES EN REGADÍO, EN EL ÁMBITO DEL ACUÍFERO DE LA MANCHA ORIENTAL, MEDIANTE EL EMPLEO DE TÉCNICAS DE OBSERVACIÓN DE LA TIERRA (ERMOT).

Campaña 2009

Ficha Técnica del Estudio

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

Investigador Responsable. Coordinador
Alfonso Calera Belmonte

Investigadores
Santiago Castaño Fernández
Antonio Quintanilla Ródenas

Técnicos
Mario Belmonte Mancebo
Irene Arellano Alcázar
Isidro Campos Rodríguez

Con la colaboración en la clasificación
Trabajo de campo realizado por técnicos de la JCRMO

Departamento de Teledetección. Gerencia de SIG y Consultoría.
TRAGSATEC

Jefe de Departamento de Teledetección. Coordinadora
Rosario Escudero Barbero

Jefe de Grupo de Actuaciones y Proyectos
María José Checa Alonso

Técnico Superior
Miguel A. García Fernández

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 ERMOT vigente.

ÍNDICE

A.- INFORME PROYECTO ERMOT 2009 4

1. Antecedentes y objetivos 4

2. Delimitación del área de estudio 7

3. Datos de partida 12

4. Resumen de resultados de la campaña ERMOT 2009 16

5. Controles de calidad y sistematización de las entregas 19
   5.1. Controles de calidad 19
   5.2. Sistematización de las entregas 24

B.- IDENTIFICACIÓN DE CULTIVOS EN REGADÍO: METODOLOGÍA Y RESULTADOS ERMOT 2009 29

1. Tareas realizadas en ERMOT2009 29
   1.1. Identificación de Cultivos de Regadío en 2009. 30
   1.2. Contestación a alegaciones a la clasificación. Presencia en los tribunales. 30
   1.3. Incorporación de las Unidades de Gestión Hídrica 31
   1.4. Mantenimiento del sistema aquastar-ERMOT y puesta en marcha del sistema SPIDER-ERMOT 31
   1.5. Operación en "tiempo real" 35

2. Metodología utilizada y materiales 36
   2.1. Imágenes utilizadas y su procesado 38
   2.2. Georreferenciación y ortorectificación 40
   2.3. Cobertura espacial de las UH 08-29 y 08-30 por las imágenes de satélite utilizadas 40
   2.4. Combinación color y formación de mosaico 40
   2.5. Clasificación 41
   2.6. Procedimiento de clasificación 42
   2.7. Sistema de Información Geográfica 47

3. Resultados 49
   3.1. Resultados en la clasificación 49
   3.2. Estimación de superficies. Evolución temporal 50
   3.3. Área de las superficies identificadas como regadío para cada una de las UGH 59
   3.4. Área de las superficies identificadas en regadío municipio a municipio que integran la UH 08-29 59

4. Informe ante tribunales solicitados por las entidades ERMOT 61

C.- PRODUCTOS ERMOT ENTREGADOS. CAMPAÑA 2009 64

1. Productos elaborados y entregados: Año 2009 64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Gestión y organismos implicados en el proyecto ERMOT. 7
Figura 2: Delimitación de las masas de agua que se incorporan al análisis espacial y de las UH 08-29 y 08-30. 8
Figura 3: Ampliación de la zona de estudio en ERMOT2009. 12
Figura 4: Distribución de las escenas dentro de la zona de estudio. 13
Figura 5: Desplazamientos de bloques debido a problemas en el preproceso en tierra de las imágenes (izquierda) e imagen Landsat 5 TM con la geometría corregida (derecha). 15
Figura 6: Superficie en regadío para la campaña ERMOT 2009. 16
Figura 7: Evolución de la superficie en regadío para la UH 08-29. 17
Figura 8: Superficie en regadío según el origen del agua para la UH 08-29. 18
Figura 9: Confusiones ligadas a cultivos de regadío de primavera-verano, “Dobles cosechas”. 22
Figura 10: Confusiones ligadas a cultivos de regadío de primavera-verano, “Dobles cosechas”. 23
Figura 11: Confusiones ligadas a cultivos de primavera en regadío. 24
Figura 12: Compuesto color y NDVI en falso color. 25
Figura 13: Mosaicos Landsat 5 TM de primavera y verano. 26
Figura 14: Mosaico Spot 5 de verano. 27
Figura 15: Pantalla de acceso a SPIDER-ERMOT. 32
Figura 16: Pantalla principal de SPIDER-ERMOT. Mapa de clasificación sobre el que se han desplegado las UGH 33
Figura 17(a, b, c): Pantalla SPIDER-ERMOT, en la que se ha desplegado el mapa de clasificación con su leyenda y se muestra información tipo gráfica y numérica de la evolución típica del NDVI de un regadío de primavera (17a) y de otro de verano (17b), de una doble cosecha y de un cultivo de secano de primavera, y finalmente (17c) de una alfalfa y de suelo desnudo. 35
Figura 18: Diagrama de flujo que indica los procesos efectuados sobre las imágenes procesadas en ERMOT 2009, así como los principales resultados obtenidos y los controles de calidad realizados. 37
Figura 19: Proceso operativo seguido en la clasificación para identificar los cultivos en regadío. 43
Figura 20: Clases espectrales e informacionales utilizada en el proceso de clasificación. 44
Figura 21 (a, b, c, d): Evolución temporal típica de las clases empleadas en la leyenda ampliada tal y como se puede observar mediante el sistema SPIDER-ERMOT: 21a Verano (maíz y otros), 21b Primavera (cereal), 21c Alfalfa y 21d Doble cosecha (primavera-maíz). 47

Figura 22: Evolución temporal de la superficie de riego 1982-2009 para la UH 08-29. El año 1983 en el que no se disponía de la totalidad del acuífero se han utilizado datos obtenidos por interpolación. 53
Figura 23.- Evolución de la superficie acumulativa total de riego. 56
Figura 24 (a y b).- Mapas de clasificación según origen del agua: a) clasificación según tipo de cultivo. b) clasificación según el origen del agua. 57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Municipios de la provincia de Albacete y de Cuenca que pertenecen, total o en parte, a la Unidad Hidrogeológica 08-29 y 08-30. 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. 9
Tabla 2: Imágenes Landsat 5 TM disponibles en la campaña ERMOT 2009. 14
Tabla 3: Imágenes Landsat 5 TM empleadas en la campaña. 15
Tabla 4: Superficie clasificada como regadío en la campaña 2009. 17
Tabla 5: Superficie clasificada como regadío en la campaña 2009 según el origen del agua para la UH 08-29. 18
Tabla 6: Superficie de la muestra y porcentaje que representa su superficie respecto a la superficie total de la clasificación. 20
Tabla 7: Matriz de contingencia, PI y PC obtenidas en el cruce especial de la clasificación con los datos de campo proporcionados por la CHJ. 21
Tabla 8: Imágenes utilizadas: fecha de adquisición, sensor, plataforma y tamaño del pixel. Asimismo se indican las características de su procesado. 39
Tabla 9: Superficies identificadas como regadío, en los diferentes ámbitos espaciales, así como señala el origen del agua en el 2009. 50
Tabla 10: Estimación de superficies en regadío y su evolución temporal en el ámbito de la UH 08-29, de 1982 a 2009. 52
Tabla 11: Evolución temporal de las superficies en regadío (en porcentaje) durante los años analizados mediante teledetección en ERMOT. 54
Tabla 12: Evolución temporal de las superficie que, en algún momento, ha estado identificada en regadío en el periodo 1982-2009. 55
Tabla 13: Superficie de regadíos atendiendo al origen de agua. 58
Tabla 14: Superficie de regadío por cada término municipal. 59
Tabla 15: Informes sobre las UGH realizados en 2009. 63
Tabla 16: Relación de datos ERMOT 2009 incluidos en el DVD. 66

A.- INFORME PROYECTO ERMOT 2009

1. Antecedentes y objetivos

Esta memoria describe la metodología 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 2009,*** al que denominaremos en adelante **ERMOT 2009.**

Este Estudio ha sido encargado a la Sección de Teledetección y Sistemas de Información Geográfica, del Instituto de Desarrollo Regional de la Universidad de Castilla La Mancha, mediante la contratación por parte de Tecnologías y Servicios Agrarios, S.A. (en adelante TRAGSATEC), a través de una encomienda de gestión de la Confederación Hidrográfica del Júcar. A este contrato se le unen los correspondientes a la Junta Central de Regantes de la Mancha Oriental y de la Consejería de Agricultura de la Junta de Comunidades de Castilla La Mancha, para conformar el consorcio de usuarios y autoridades competentes que han venido suscribiendo el Convenio ERMOT desde 1997.

ERMOT 2009 es un protocolo 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), y por la Junta Central de Regantes de la Mancha Oriental (JCRMO). Aún bajo fórmulas administrativas diferentes, es continuación de un Convenio anterior formulado en términos semejantes (ERMOT 2008), así como de una serie de Convenios anteriores que arranca desde 1997, tal y como se recoge en la parte expositiva de ERMOT 2009:

> ..." 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 2008 por los mismos Organismos e Instituciones ahora firmantes, con un plazo de ejecución que finalizó en diciembre de 2009 y que cubrió satisfactoriamente sus objetivos.

El objetivo que este nuevo estudio ERMOT 2009 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 2009.

Para ello se han utilizado como información base una secuencia temporal de imágenes Landsat5 TM, pertenecientes al Plan Nacional de Teledetección que cubren el periodo fenológico de crecimiento de los cultivos en la zona de la Mancha Oriental, desde Marzo hasta finales de septiembre. Estas imágenes se han procesado para identificar las superficies de regadío, incorporando la información de trabajo de campo tal y como se describe posteriormente.

El análisis de la información resultante ha sido realizado con herramientas tipo Sistemas de Información Geográfica. Se ha utilizado ampliamente la delimitación vectorial de las Unidades de Gestión Hídrica, UGH, suministrada por la JCRMO, para establecer las superficies regadas en cada una de las 2.551 UGH. Además se ha utilizado los recintos SIGPAC como capa vectorial base, para identificar parcelas allá donde no se disponía de las UGH.

ERMOT 2009 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. Francisco Belmonte Alfaro, 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. Angel Larrauri. Por parte de TRAGSATEC y como Jefe de departamento de Teledetección de TRAGSATEC, D.ª Rosario Escudero Barbero. 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. Herminio Molina, Secretario de la JCRMO, D. Luis Garijo, delegado territorial en

Albacete de la CHJ. Personal técnico de la CHJ, JCRMO, JCCM y UCLM han participado regularmente en esta comisión.

Nueva estructura de funcionamiento en ERMOT2009

La nueva estructura de funcionamiento de ERMOT 2009 (Figura 1) establece un control de calidad externo de los productos de teledetección y una sistematización de las entregas realizado por TRAGSATEC.

Un logro de la campaña ERMOT 2009 ha sido la generación de un sitio FTP como repositorio único y compartido de los productos de teledetección ERMOT. De esta forma las distintas entidades han compartido la misma información base que les ha llegado puntualmente, siempre que ha sido posible.

La transferencia de información se ha realizado preferentemente vía FTP. Asimismo se ha prestado especial atención en todo el desarrollo de ERMOT 2009 a que la transferencia de información a las instituciones sea adecuada y compatible con los sistemas informáticos disponibles en ellas. De esta manera la información que ERMOT 2009 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.

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 2009, entre las que destaca la integración de Teledetección y Sistemas de Información Geográfica.

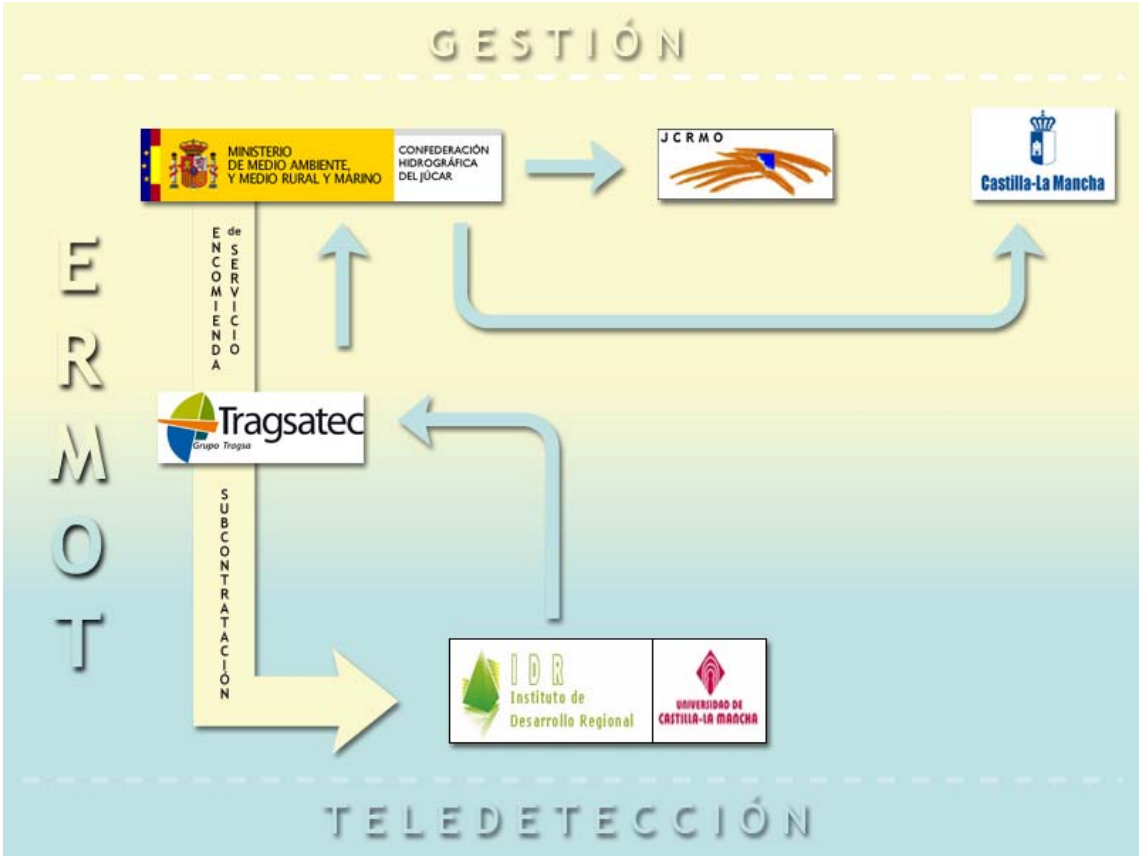


Figura 1: Gestión y organismos implicados en el proyecto ERMOT.

2. Delimitación del área de estudio

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, con independencia de que algunos resultados abarquen ámbitos territoriales ligeramente mayores o menores que ésta.

En la Figura 2 se muestran las masas de agua y la ubicación de las UH 08-29 y 08-30 dentro de las provincias afectadas y mientras que la Tabla 1 contiene un listado de los términos municipales que se hallan comprendidos en las UH 08-29 y 08-30, bien en su totalidad, bien en parte. 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 7.660 km^2, siendo la superficie correspondiente a la UH 08-30 de 1.454 km^2.

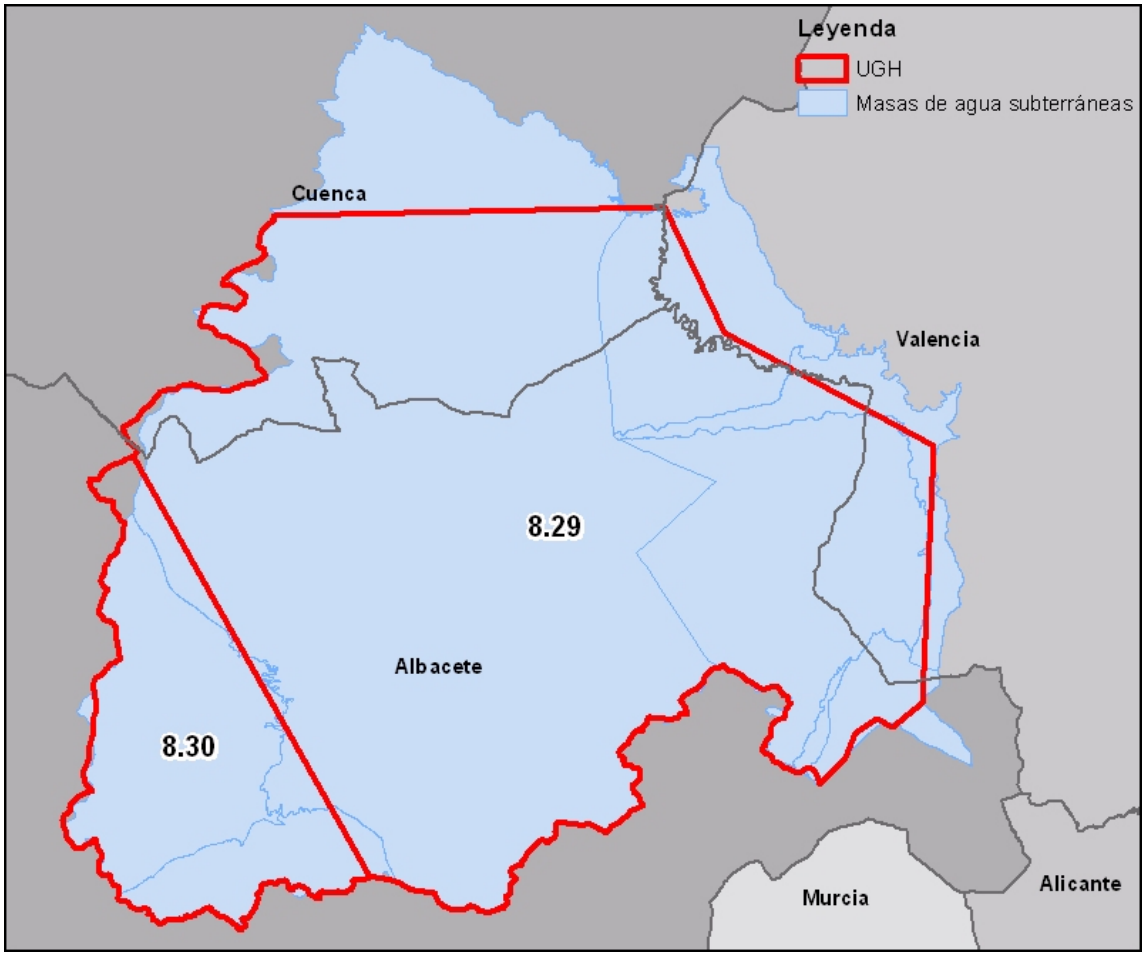


Figura 2: Delimitación de las masas de agua que se incorporan al análisis espacial y de las UH 08-29 y 08-30.

Tabla 1: Municipios de la provincia de Albacete y de Cuenca que pertenecen, total o en parte, a la Unidad Hidrogeológica 08-29 y 08-30. 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
Abengibre	3049	3049
Alatoz	6422	6422
Albacete	117778	124631
Alborea	7207	7207
Alcadozo	2	9949
Alcalá del Jucar	14614	14614
Almansa	9379	53122
Alpera	17802	17802
Balazote	4049	6466
Balsa de Ves	6263	7563
Barrax	15366	18896
Bonete	7964	12406
Carcelén	7418	7418
Casas de Juan Núñez	8863	8863
Casas de Ves	11968	12433
Casas Ibañez	10275	10275
Cenizate	6292	6291
Chinchilla del Monte Aragón	50807	68080
Fuensanta	2403	2403
Fuentealbilla	10873	10873
Golosalvo	2778	2778
Hellín	485	77871
Higueruela	15943	20538
Hoya Gonzalo	11331	11376
Jorquera	6747	6747
La gineta	13614	13614
La Herrera	6308	6308
La Recueja	2929	2929
La Roda	36163	40175
Lezuza	1762	36102
Madrigueras	7311	7311
Mahora	10850	10850
Minaya	6993	6993
Montalvos	2431	2431
Montealegre del Castillo	945	18191
Motilleja	2400	2400
Navas de Jorquera	4152	4152
Peñas de San Pedro	9254	15774
Pétrola	369	7425
Pozo Lorente	8104	8104
Pozohondo	12062	13572
Pozuelo	7649	13280
Tarazona	21228	21228
Tobarra	1958	32646
Valdeganga	7071	7072
Villa de Ves	5768	5768
Villalgordo del Jucar	4847	4847
Villamalea	12749	12749
Villarrobledo	1462	86178
Villatoya	1897	1897
Villavaliente	3554	3554

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

- ***Ampliación de la zona de estudio en una banda alrededor del perímetro***

Tal y como se indica en la Memoria Técnica de ERMOT2009, 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 3.

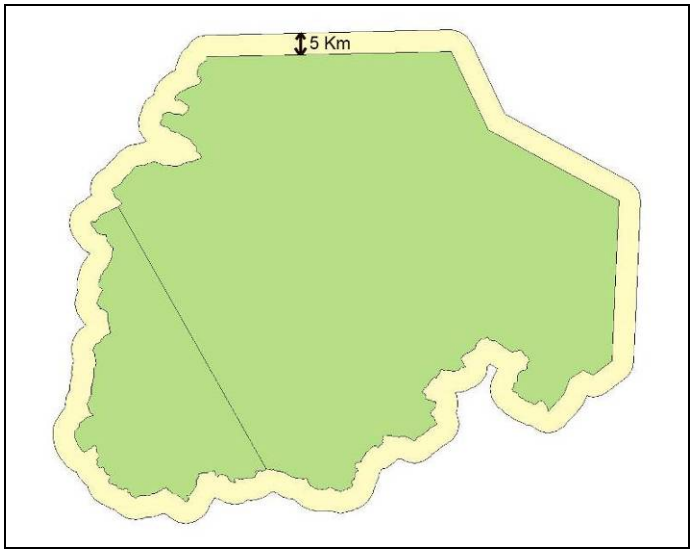


Figura 3: Ampliación de la zona de estudio en ERMOT2009.

3. Datos de partida

Los datos de partida utilizados en el desarrollo del trabajo incluyen:

- **Capas vectoriales de referencia:**
    - Límite de la zona de estudio: UH 08-29 y 08-30. Límites administrativos proporcionados por la Confederación Hidrográfica del Júcar.
    - Origen de agua. Vectorial con la procedencia del agua dedicada a regadío: superficial, subterránea y mixta (superficial y subterránea).
- **Datos de campo de la JCRMO**

Datos de campo proporcionados por la JCRMO.

- **Datos de observación de la Tierra.**

Las imágenes empleadas en el estudio son imágenes ópticas de media resolución espacial, Landsat 5 TM. Estás imágenes proceden en su totalidad del Plan Nacional de Teledetección (PNT).

Las principales características de las imágenes Landsat 5 TM son:

- Resolución espacial, 30 metros de tamaño de píxel.
- Resolución espectral, 7 bandas distribuidas en el rango del visible (azul, verde y rojo) y el infrarrojo (infrarrojo cercano, medio y térmico).
- Resolución radiométrica, 8 bits.
- Resolución temporal, 16 días.

- Tamaño de escena, 185x170 Km.

Para cubrir la totalidad de la zona de estudio son necesarias dos escenas Landsat 199/033 y 200/033, Figura 4. La zona central, de solape entre las dos escenas tiene una frecuencia de revisita doble.

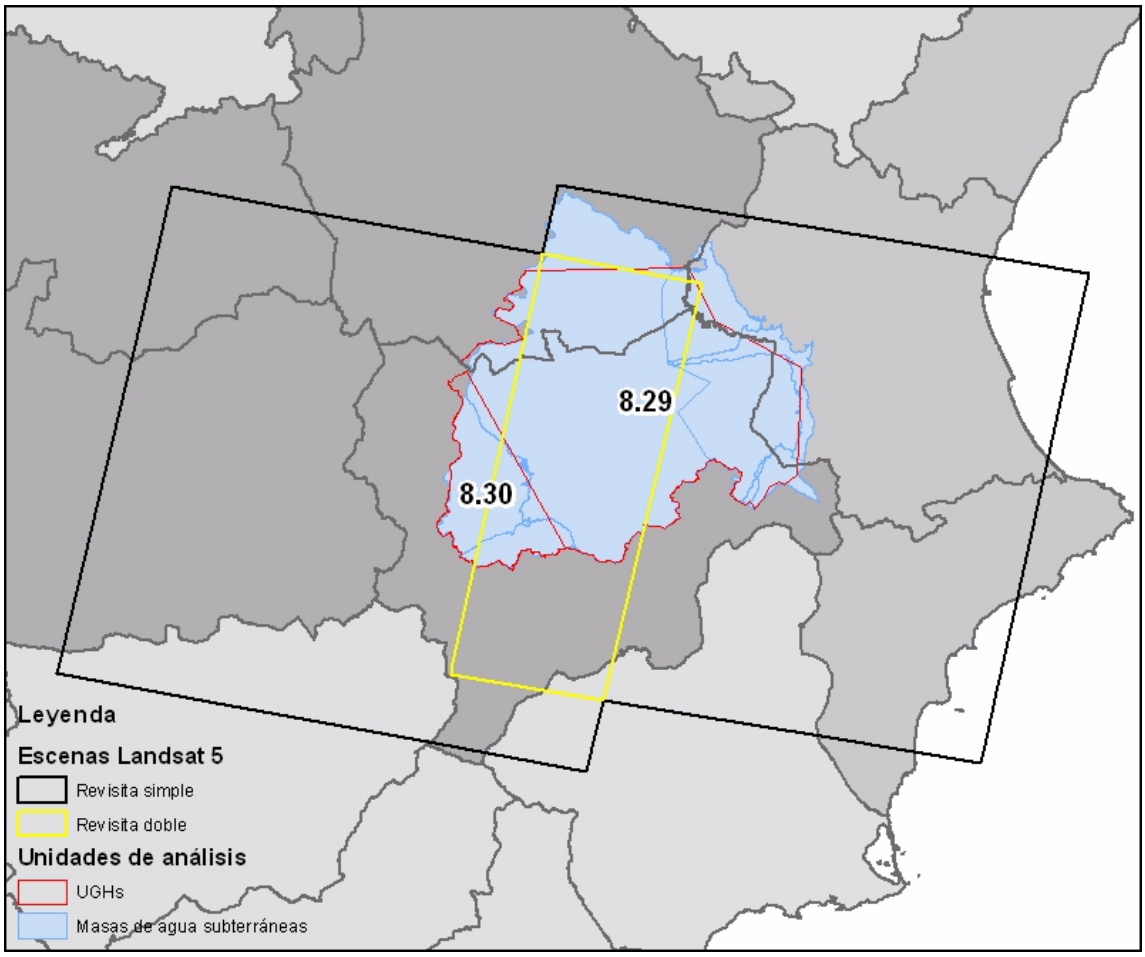


Figura 4: Distribución de las escenas dentro de la zona de estudio.

A partir de los datos de observación de la Tierra se han generado una serie de productos:

- Productos expeditos: compuestos color y NDVI. Utilizados en fotointerpretación y para dirigir las visitas a campo del Servicio de Vigilancia Fluvial de la Comisaría de Aguas de CHJ.

- Mosaicos de primavera y verano.

- Clasificación de los cultivos en regadío. Se han realizado dos clasificaciones, una de primavera y otra al final de la campaña, con el fin de integrar todos los cultivos en

regadío detectados en la campaña 2009 (cultivos con respuesta de regadío que presentan alta actividad vegetativa en primavera, verano y primavera-verano).

En la Tabla 2 se muestra el calendario de capturas de imágenes Landsat y el uso dado dentro de la campaña ERMOT 2009.

CALENDARIO PASADAS LANDSAT 2009		USO EN ERMOT	INCIDENCIAS	Productos expeditos: compuesto color y NDVI	Mosaicos	Clasificación en la que ha sido utilizada	
199/033	200/033					Primavera	Resumen
	05/02/2009	NO	No procesada por nubes			-	-
14/02/2009		SI		V		Primavera	-
	21/02/2009		No disponible en el IGN			-	-
02/03/2009		NO	No procesada por nubes			-	-
	09/03/2009	SI		V		-	-
18/03/2009		SI		V	Primavera	Primavera	-
	25/03/2009	SI		V	Primavera	Primavera	-
03/04/2009		SI		V		-	Resumen
	10/04/2009	SI		V		-	-
19/04/2009		NO	No procesada por nubes			-	-
	26/04/2009	NO	No procesada por nubes			-	-
05/05/2009		SI		V		Primavera	Resumen
	12/05/2009	SI		V		Primavera	Resumen
21/05/2009		SI		V		Primavera	Resumen
	28/05/2009	SI		V		Primavera	Resumen
06/06/2009		NO	No procesada por nubes			-	-
	13/06/2009	SI		V		Primavera	Resumen
22/06/2009		SI		V		Primavera	Resumen
	29/06/2009	SI		V		-	Resumen
08/07/2009		SI		V		-	Resumen
	15/07/2009	SI		V		-	Resumen
24/07/2009		SI		V	Verano	-	Resumen
	31/07/2009	SI		V	Verano	-	Resumen
09/08/2009		NO	No procesada por nubes			-	-
	16/08/2009	SI		V		-	Resumen
25/08/2009		NO	No procesada por nubes			-	-
	01/09/2009	SI		V		-	Resumen
10/09/2009		SI		V		-	-
	17/09/2009	NO	No procesada por nubes				
26/09/2009		NO	No procesada por nubes				
	03/10/2009		No disponible en el IGN				
12/10/2009			No disponible en el IGN				
	19/10/2009		No disponible en el IGN				

Tabla 2: Imágenes Landsat 5 TM disponibles en la campaña ERMOT 2009.

En la Tabla 3 se resume el número total de imágenes disponibles en la campaña y el número de imágenes empleadas y no utilizadas por motivo de elevada cobertura nubosa o por no estar disponibles en el IGN, coordinador del Plan Nacional de Teledetección.

	Número de escenas				
	199/033		200/033		TOTAL
	Primavera	Verano	Primavera	Verano	
Procesadas	5	3	4	5	17
No procesadas (nubes)	3	3	2	1	9
No disponibles (IGN)	1	1	1	2	5
TOTAL	9	7	7	8	31

Tabla 3: Imágenes Landsat 5 TM empleadas en la campaña.

Durante el desarrollo de la campaña se han producido una serie de incidencias:

- Discontinuidad en el suministro de imágenes.

En el transcurso de la campaña ha habido tres periodos de interrupción en el suministro de imágenes, con una duración próxima al mes. Estas paradas en el suministro están ligadas a problemas en el preprocesado de las imágenes por parte del proveedor, Eurimage.

- Presencia de bloques desplazados.

En 8 de las escenas se observaron bloques desplazados (Figura 5), derivados a la desactualización de los ficheros de calibración de las imágenes que utiliza el proveedor para el preprocesado de las imágenes. Las imágenes en nivel L1, en el que se suministran las imágenes Landsat 5, incluyen una corrección geométrica y radiométrica básica. Una vez subsanadas las deficiencias, Eurimage envió de nuevo las imágenes y, se volvieron a procesar.

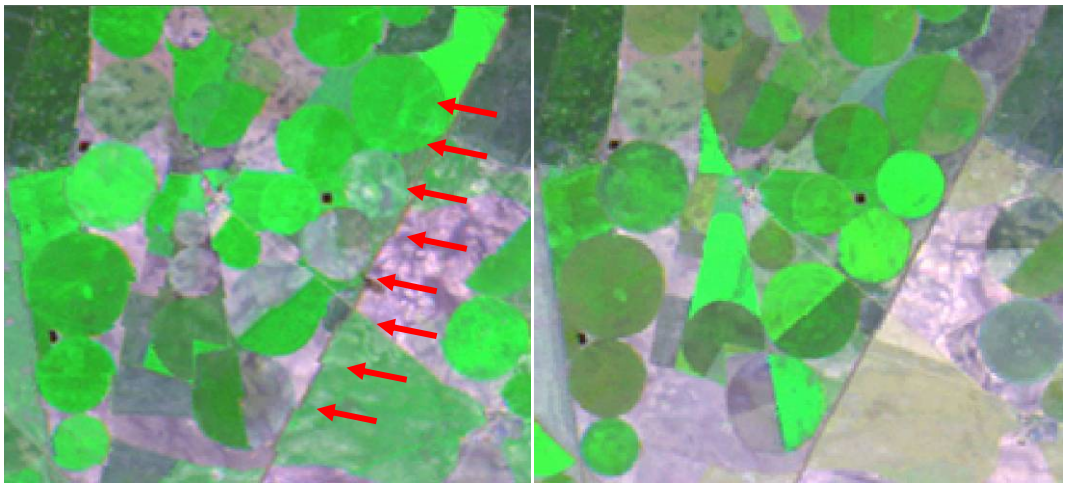


Figura 5: Desplazamientos de bloques debido a problemas en el preproceso en tierra de las imágenes (izquierda) e imagen Landsat 5 TM con la geometría corregida (derecha).

4. Resumen de resultados de la campaña ERMOT 2009

La **superficie identificada como regadío**, a partir del análisis multitemporal de las imágenes de satélite Landsat 5 TM de primavera – verano para la campaña ERMOT 2009, asciende a **79.129 ha**.

En la Figura 6 se muestra la distribución de las superficie en regadío y en la Tabla 4 se resumen los datos de superficie en regadío por UH y para el conjunto de la zona de estudio.

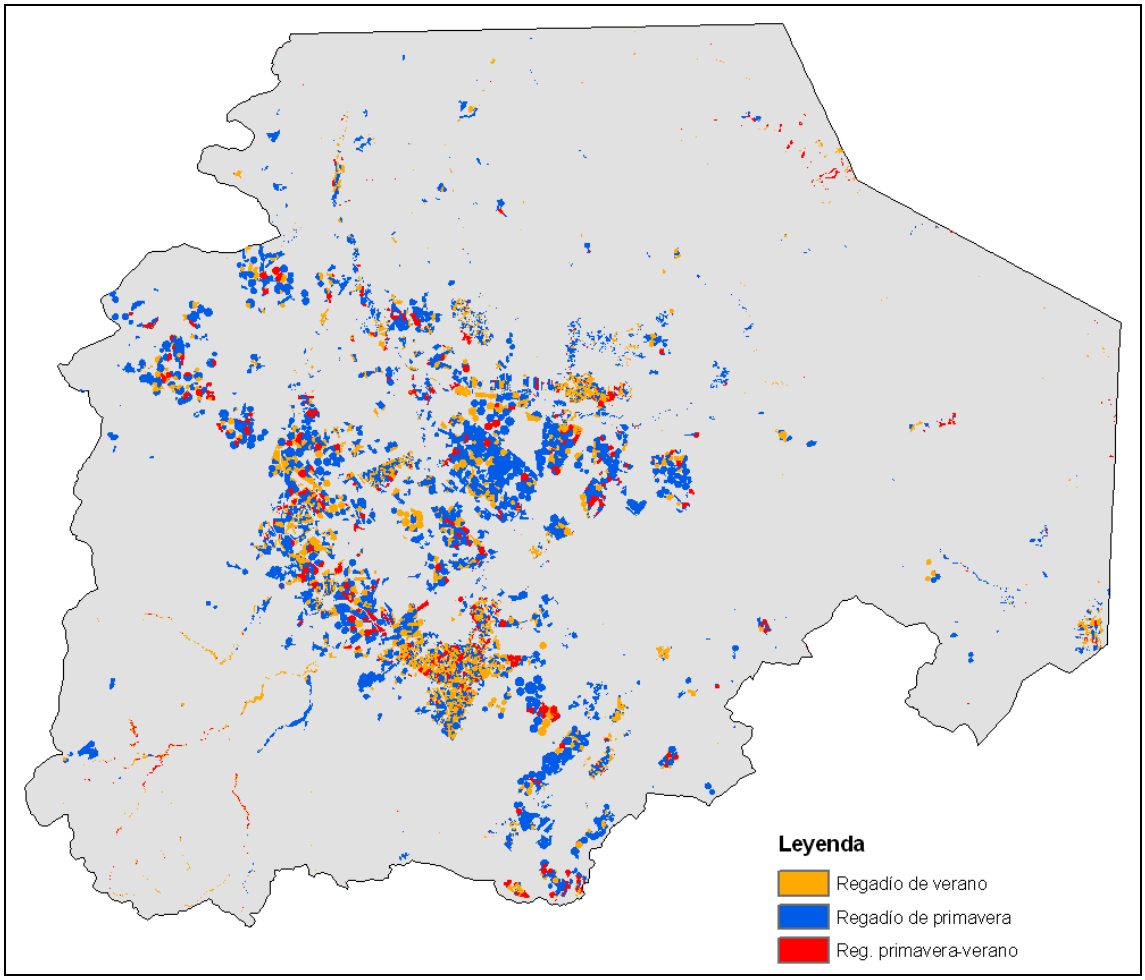


Figura 6: Superficie en regadío para la campaña ERMOT 2009.

Código	Descripción	UH 08-29	UH 08-30	TOTAL
2	**Reg. Primav.**	47,499	1,193	48,692
1	**Reg. Verano**	20,759	666	21,425
3	**Reg. Pr-Ver**	8,716	296	9,012
	TOTAL	**76,974**	**2,155**	**79,129**

Tabla 4: Superficie clasificada como regadío en la campaña 2009.

En la Figura 7 se ve la evolución de la superficie en regadío para la UH 08-29 de cada grupo de cultivos (primavera, verano y primavera-verano) y la tendencia general observada desde principios de los años 80.

La superficie total en regadío se mantiene estable desde el año 2000 con valores próximos a las 77.000 – 78.000 ha, exceptuando el año 2007 (63.600 ha). Si bien, se observa un incremento de la superficie en regadío de primavera frente a los cultivos de verano y primavera-verano con una tendencia descendente en la última década.

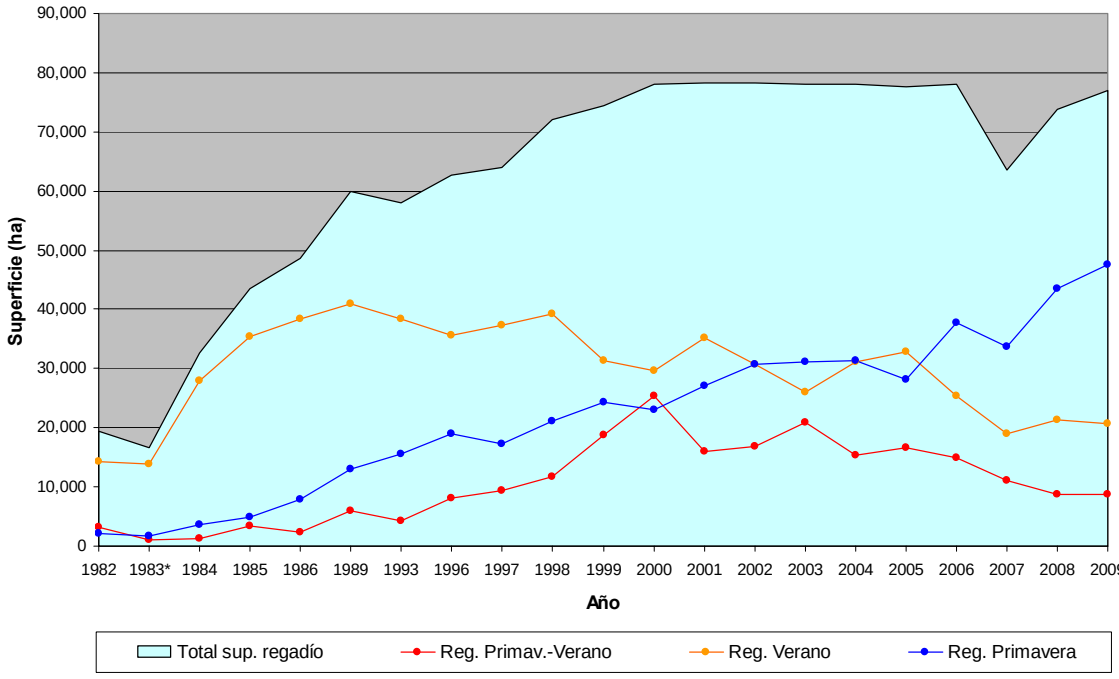


Figura 7: Evolución de la superficie en regadío para la UH 08-29.

La distribución de la superficie en regadío atendiendo al origen del agua para la UH 08-29 se puede ver en la Figura 8 y la superficie que representan en la Tabla 5.

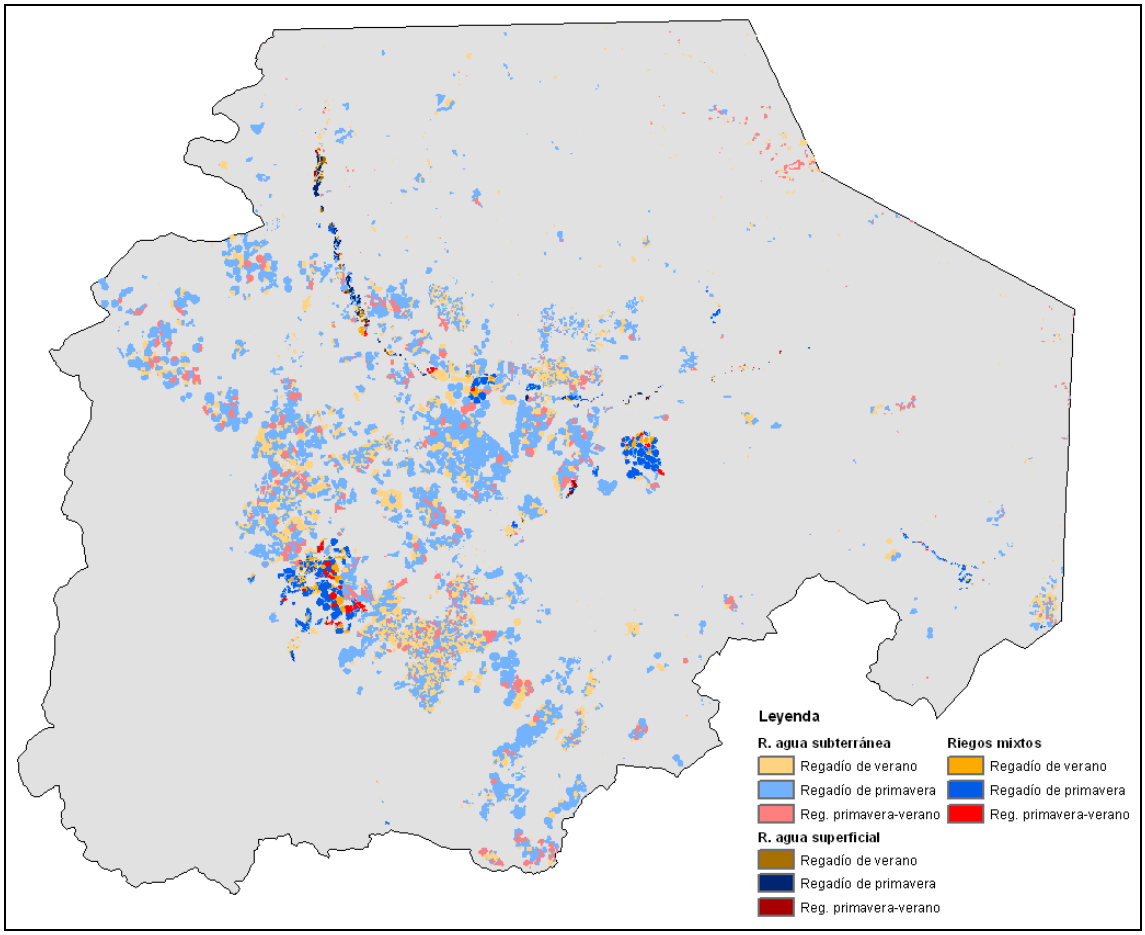


Figura 8: Superficie en regadío según el origen del agua para la UH 08-29.

	Origen de agua para riego			
Clasificación	**Subterráneas**	**Superficiales**	**Mixtas**	**TOTAL**
R. Verano	19,202.38	284.31	1,272.69	20,759.38
R. Primavera	43,008.56	521.88	3,967.88	47,498.31
R. Prim-Ver	7,847.50	127.88	740.38	8,715.75
TOTAL	**70,058.44**	**934.06**	**5,980.94**	**76,973.44**

Tabla 5: Superficie clasificada como regadío en la campaña 2009 según el origen del agua para la UH 08-29.

La superficie regada con aguas subterráneas alcanza las 70.058 ha, lo que equivale al 91% de la superficie en regadío dentro de la UH 08-29. Dentro de los cultivos en

regadío en los que se emplea agua subterránea la mayoría corresponden a cultivos de primavera (61%).

5. Controles de calidad y sistematización de las entregas

5.1. Controles de calidad

- **Control de calidad de los productos expeditos y mosaicos**

Los controles de calidad de los productos expeditos y mosaicos de primavera y verano se centraron en dos aspectos:

- Precisión geométrica: precisión cartográfica y corregistrado.

Con el fin de asegurar la correcta superposición de las imágenes utilizadas durante la campaña se comprobó la precisión geométrica de las imágenes y se aseguró su corregistrado.

Las imágenes fueron georreferenciadas en el sistema de referencia ED50, con proyección UTM (Universal Transversa Mercator) huso 30.

La precisión geométrica de las imágenes se midió a partir de una serie de puntos de control distribuidos por toda la imagen, haciendo especial hincapié en la zona de estudio. Para que una imagen se considere correcta su RMSE (error medio cuadrático) tiene que ser inferior a un píxel y medio. El resultado de dicho control queda recogido en las "Fichas de control de imágenes georreferenciadas" incluidas en el Anexo I.

Además, se comprobó que todos los productos derivados de las imágenes estuvieran corregistrados entre sí.

- Calidad radiométrica.

Para las imágenes color se comprobó que no existían píxeles de saturación, ni líneas con pérdida de datos en las imágenes y en el caso de los NDVI que los valores estaban comprendidos entre -1 y 1.

- **Control de calidad de la clasificación final**

El análisis de la precisión de la clasificación se realizó a partir del cruce espacial de la misma con los datos de campo, proporcionados por la CHJ.

Los cultivos vistos en campo se agruparon en cuatro categorías (con el fin de facilitar su interpretación), las tres primeras equiparables a las clases obtenidas en la

clasificación: regadío de primavera, regadío de verano, regadío de primavera-verano y sin riego.

La muestra empleada en la validación fue depurada eliminando un anillo de 50 metros hacia el interior de las parcelas, para evitar el efecto de borde, y excluyendo los recintos con superficie inferior a 1 ha.

La muestra utilizada se localiza principalmente en la zona central del área de estudio y representa el 10,48% respecto al total de la superficie clasificada como regadío. En la Tabla 6 se resume la superficie de la muestra para cada uno de los principales grupos de cultivos (regadío de primavera, regadío de verano, regadío de primavera-verano y sin riego).

Descripción	Superficie de la muestra de validación (ha)	Superficie de la Clasificación (ha)	% de la muestra respecto a la superficie de la clasificación
Reg. Primav.	6.283,31	48.691,63	12,90
Reg. Verano	1.353,06	21.424,50	6,32
Reg. Pr-Ver	507,25	9.012,44	5,63
Sin riego	145,69	-	-
TOTAL	8.289,31	79.128,56	10,48

Tabla 6: Superficie de la muestra y porcentaje que representa su superficie respecto a la superficie total de la clasificación.

La precisión de la clasificación se evaluó a partir de la matriz de contingencia obtenida del cruce espacial de la clasificación con los datos de campo y los dos indicadores de precisión extraídos de ésta, precisión de identificación y precisión cartográfica.

- La precisión de identificación (PI) expresa el porcentaje de superficie de una clase radiométrica correctamente asignada a una clase de campo.

- La precisión cartográfica (PC) expresa el porcentaje de superficie de cada clase de campo correctamente identificada en la clasificación.

En la Tabla 7 se muestra las matrices de contingencia y precisiones de identificación y cartográfica obtenidas.

	Campo				
Clasificación	**Reg. Prim.**	**Reg. Ver.**	**R. Prim - Ver**	**Sin riego**	**Total**
Regadío Primavera	5,992.75	38.88	31.63	118.00	6,181.25
Regadío Verano	110.50	1,270.00	89.81	27.69	1,498.00
Regadío Prim - Ver	180.06	44.19	385.81	0.00	610.06
Total	6,283.31	1,353.06	507.25	145.69	8,289.31

Precisión de Identificación

	Campo				
Clasificación	**Reg. Prim.**	**Reg. Ver.**	**R. Prim - Ver**	**Sin riego**	**Total**
Regadío Primavera	**96.95**	0.63	0.51	1.91	100
Regadío Verano	7.38	**84.78**	6.00	1.85	100
Regadío Prim - Ver	29.52	7.24	**63.24**	0.00	100

Precisión Cartográfica

	Campo			
Clasificación	**Reg. Prim.**	**Reg. Ver.**	**R. Prim - Ver**	**Sin riego**
Regadío Primavera	**95.38**	2.87	6.23	81.00
Regadío Verano	1.76	**93.86**	17.71	19.00
Regadío Prim - Ver	2.87	3.27	**76.06**	0.00
Total	100	100	100	100

Tabla 7: Matriz de contingencia, PI y PC obtenidas en el cruce especial de la clasificación con los datos de campo proporcionados por la CHJ.

La precisión global de la clasificación es del 92%. En líneas generales, todas las clases tienen una precisión muy elevada, sólo la clase de regadío en primavera-verano, clase minoritaria, presentan una precisión de identificación y cartográfica más baja.

La clase de regadío de primavera-verano, compuesta por cultivos de forrajeras y dobles cosechas acumulan las mayores confusiones debido a:

- Datos de campo incompletos para una de las visitas (primavera o verano).

Recintos en los que, en el momento de realizar la validación de la clasificación, no se habrían terminado de grabar los datos de campo.

- Cultivos que no han sido identificados en la clasificación, especialmente aquellos con una escasa cobertura del suelo.

Estas confusiones se producen especialmente en los cultivos con escasa cobertura del suelo, como por ejemplo el ajo. En estos casos, la actividad vegetativa observada en las imágenes es baja, debido a que es una respuesta mixta, mezcla de suelo y cultivo.

En la Figura 9 aparecen una serie de recintos con “Dobles cosechas” donde se dan las confusiones antes señaladas. Según los datos de campo, disponibles en ese momento,

las parcelas sólo tienen grabados los datos de la visita de primavera, cultivo de "Ajo chino", y les falta por incorporar los datos de la visita de verano. Sin embargo, en las imágenes de satélite se ve la doble actividad de los cultivos, en primavera con baja actividad vegetativa y en verano con alta actividad. En este caso, en la clasificación sólo se ha identificado el cultivo de verano.

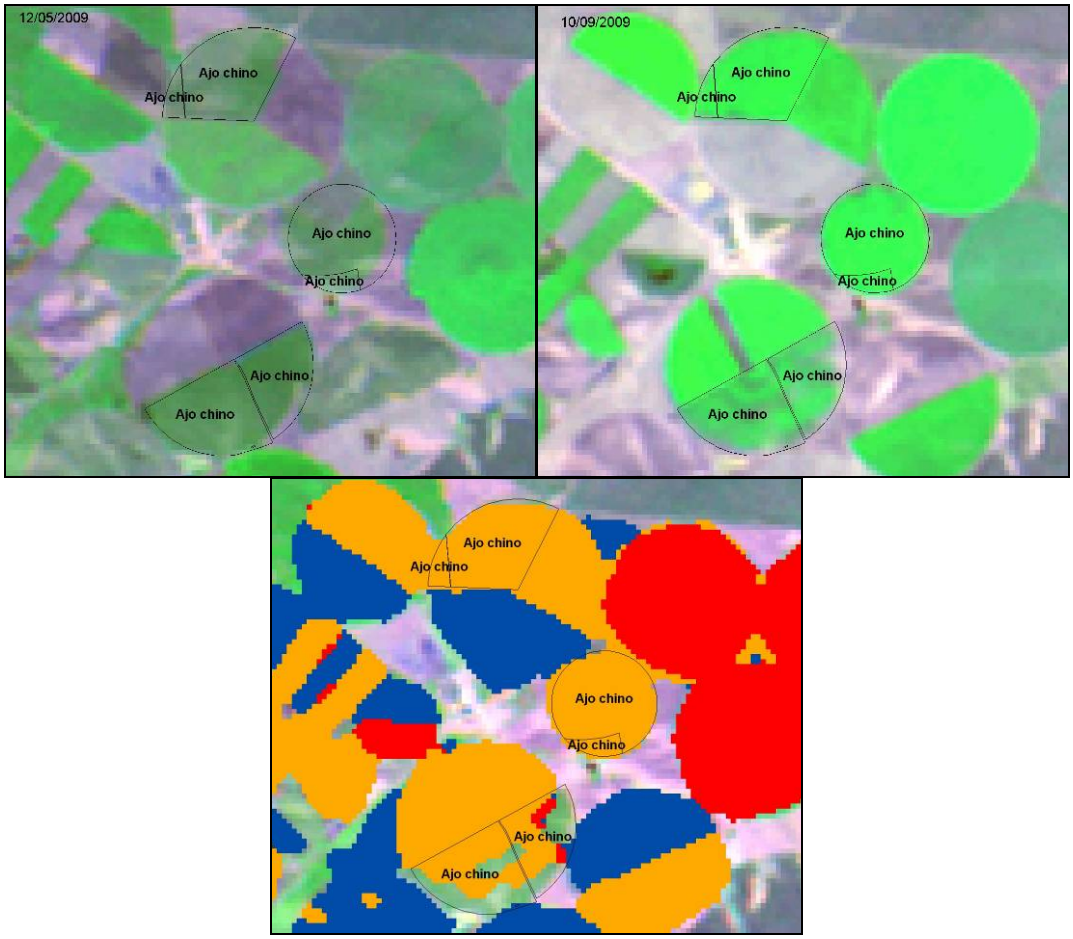


Figura 9: Confusiones ligadas a cultivos de regadío de primavera-verano, "Dobles cosechas".

En la Figura 10 aparece una "Doble cosecha" según los datos de campo (Ajo blanco / Judía verde), donde sólo se ha identificado el cultivo de verano en la clasificación.

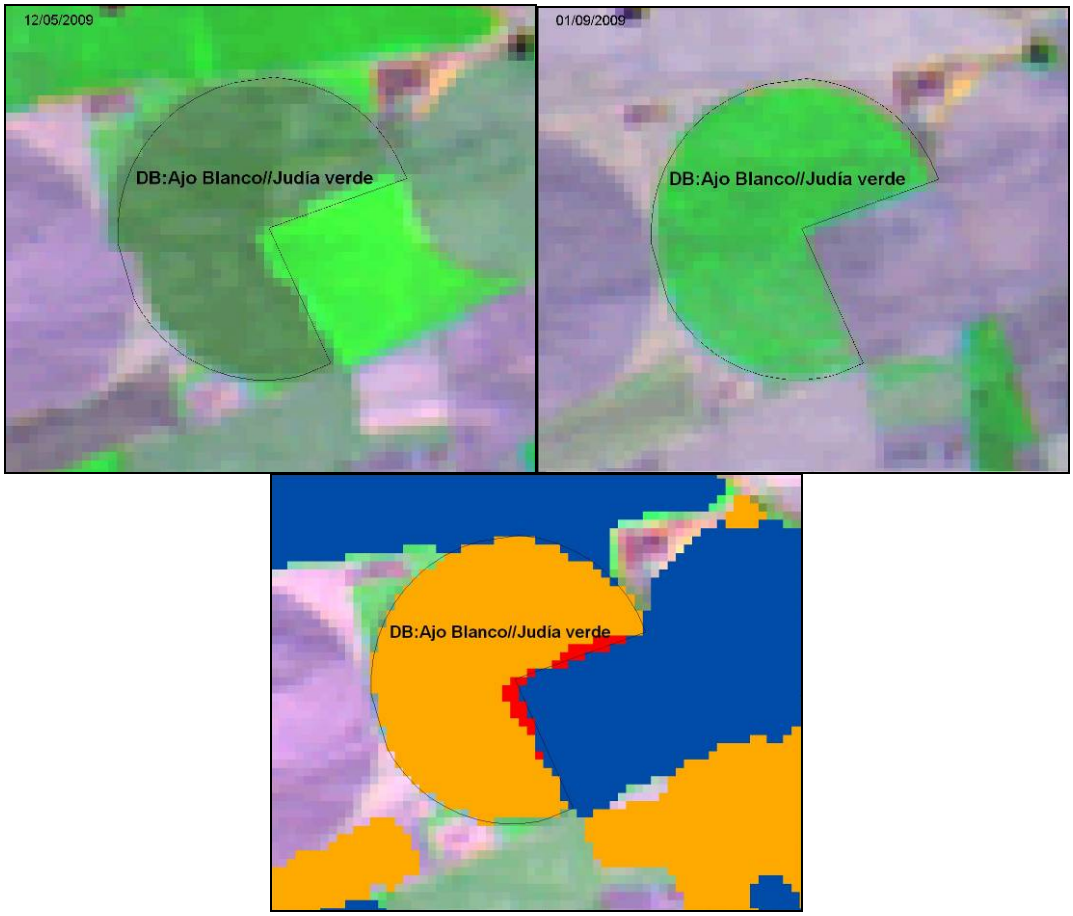


Figura 10: Confusiones ligadas a cultivos de regadío de primavera-verano, "Dobles cosechas".

También se observan cultivos de regadío de primavera que según los datos de campo aparecen sin riego, aunque representan muy poca superficie, se ha visto por fotointerpretación que algunas de estas parcelas tienen alta actividad vegetativa, similar a la que muestran los cultivos de regadío (Figura 11). Estas confusiones entre cultivos de primavera en secano y regadío son frecuentes en primaveras lluviosas.

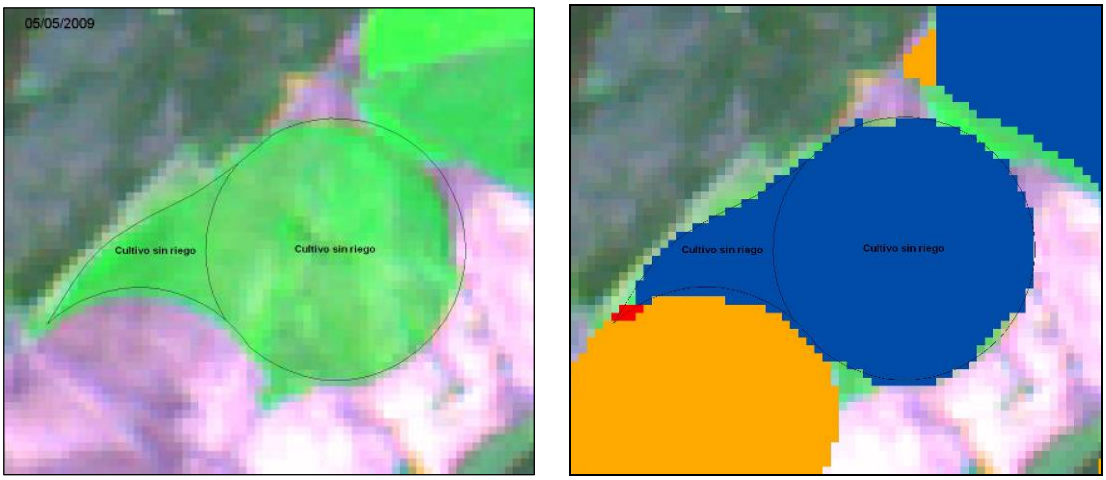


Figura 11: Confusiones ligadas a cultivos de primavera en regadío.

5.2. Sistematización de las entregas

Con el fin de agilizar la transferencia de la información se habilitó una dirección ftp de intercambio y se documentó cada una de las entregas con una ficha, en la que se detallaban los datos enviados, el nombre del fichero, su ubicación y una breve descripción del mismo.

- Protocolo de transferencia de datos ERMOT

Transferencia de la información a través de un servicio ftp accesible a todos los organismos colaboradores ERMOT.

- Sistematización de las entregas de los datos ERMOT.

Productos suministrados a través del servicio ftp:

- Compuesto color y NDVI de cada una de las fechas de imágenes.

  Para cada uno de los compuestos color de tres bandas RGB 543 (infrarrojo medio, infrarrojo cercano y rojo) de las imágenes Landsat se generó un fichero tif y un ecw (fichero en formato comprimido).

  En el caso del NDVI, además de entregarse el grid con valores de NDVI de -1 a 1, se preparó un NDVI reescalado (valores de 0 a 200) en falso color que facilitara su fotointerpretación. Para ello se aplicó al NDVI la siguiente transformación (NDVI+1) x 100.

Además, junto con las imágenes en compuesto color y NDVI se entregó la ficha de control de la precisión cartográfica de las imágenes.

En la Figura 12 se puede ver un ejemplo de los productos generados: compuesto color RGB 543 y NDVI reescalado en falso color.

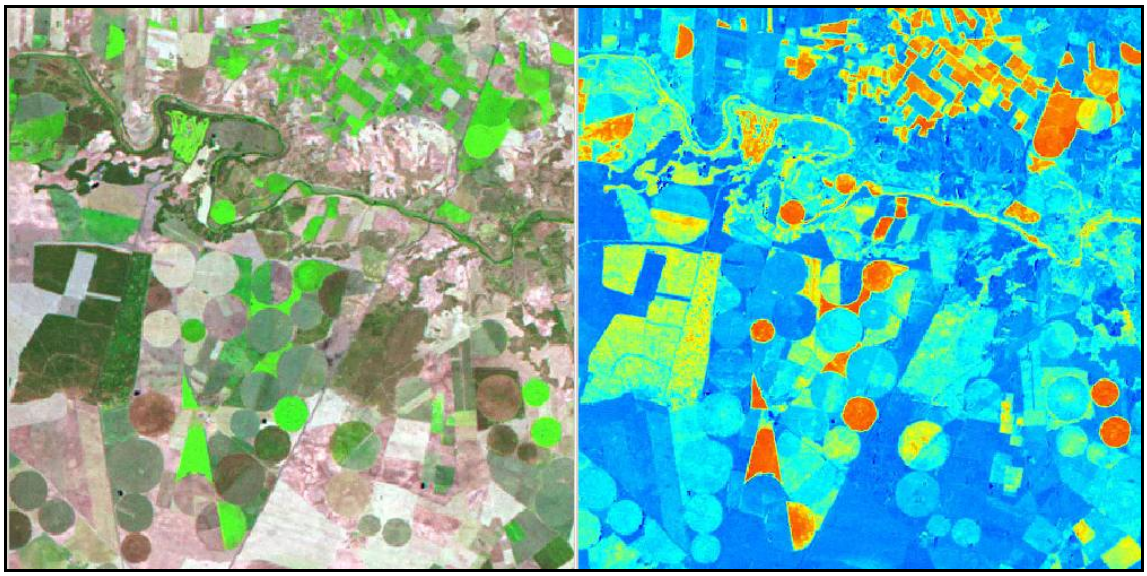


Figura 12: Compuesto color y NDVI en falso color.

- Mosaicos de primavera y verano.

Para dos fechas significativas, una de primavera y otra de verano, se creó un mosaico color que cubriera la totalidad de la zona (Figura 13).

Fuera de las imágenes empleadas en el proyecto ERMOT, se ha facilitado un mosaico en compuesto color RGB 432 (infrarrojo medio, infrarrojo cercano y rojo) realizado a partir de las imágenes Spot 5 color a 2,5 metros de verano de 2009 procedentes del PNT (Figura 14).

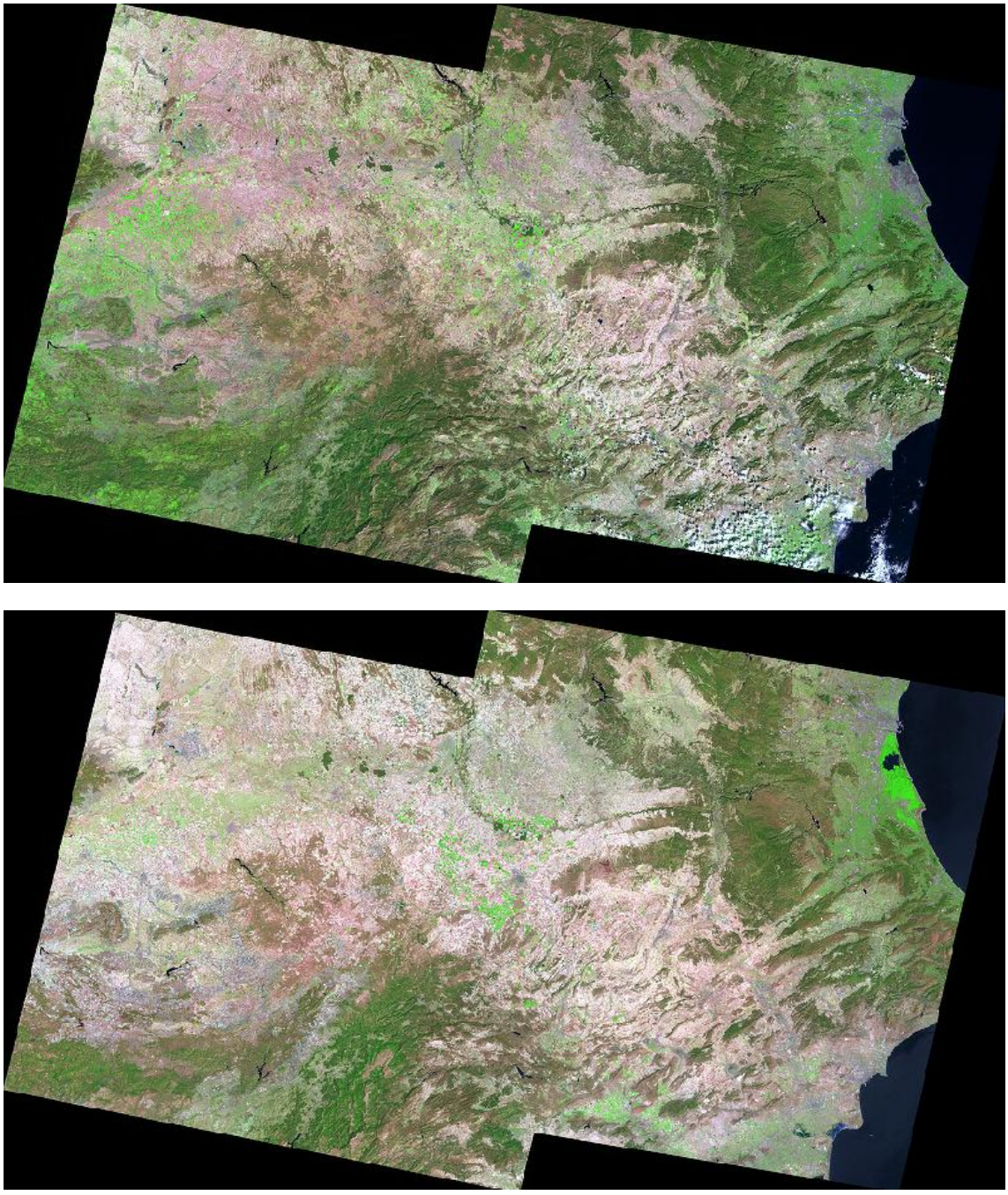


Figura 13: Mosaicos Landsat 5 TM de primavera y verano.

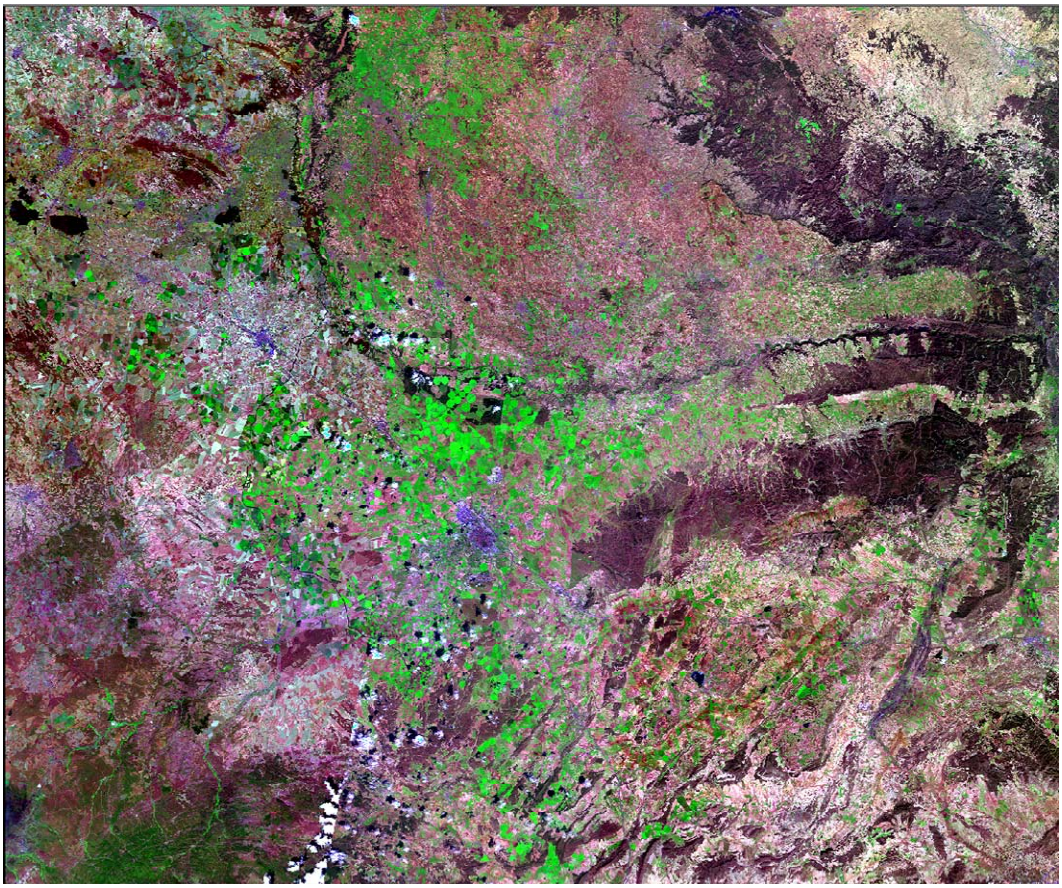


Figura 14: Mosaico Spot 5 de verano.

- Clasificaciones.

A lo largo de la campaña se facilitaron dos clasificaciones:

Primavera, realizada a partir de las imágenes Landsat disponibles hasta el 22 de junio de 2009 y en la que se discriminaron las clases de: Regadío de primavera, Ajo morado (cultivo de primavera en regadío), Regadío de verano, Regadío de primavera-verano, Secano de primavera y Suelo desnudo.

Final (primavera-verano), al final de la campaña se realizó una segunda clasificación resumen en la que se utilizaron todas las imágenes Landsat 5 TM disponibles y en la que se integraron los datos de campo de la JCRMO. En la clasificación resumen (Figura 6 del apartado de Resumen de resultados) se diferenciaron tres clases de regadío: Regadío de primavera, Regadío de verano y Regadío de primavera-verano (alfalfas y dobles cosechas).

Junto con la clasificación final se envió la ficha de control de la precisión de la clasificación (Anexo II), en la que se verificó la precisión alcanzada por ésta (ver apartado de Control de calidad de la clasificación).

- Productos derivados de la clasificación: regadíos según origen del agua y nuevos regadíos.

Incluye dos productos derivados de la clasificación:

Regadíos según el origen de agua, generada a partir del cruce de la clasificación con la capa de origen de agua por UHG (superficial, subterránea y mixta). El resultado de este cruce se puede ver en la Figura 8 del apartado Resumen de resultados.

Nuevos regadíos, obtenidos del análisis comparativo con las anteriores campañas.

B.- IDENTIFICACIÓN DE CULTIVOS EN REGADÍO: METODOLOGÍA Y RESULTADOS ERMOT 2009

1. Tareas realizadas en ERMOT2009

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

1.- Identificación de las superficies dedicadas a cultivos en regadío durante el año 2009. Se ha realizado una clasificación de detalle en la que se distingue el mayor número de cultivos posible, y por agregación de ella se obtiene 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. En este proceso se ha incorporado la información de campo proporcionada por la JCRMO y la CHJ.

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), La zona de estudio se amplía 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 de las Unidades de Gestión Hídrica, así como de los recintos del FEGA-SIGPAC vectorial.

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 cómo 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 2009, 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 2009 ha operado, en lo que se refiere a imágenes y procesado, en tiempo real, dependiendo de la disponibilidad de

imágenes, 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.- 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 ERMOT2009 es similar a anteriores convenios ERMOT, parece conveniente resaltar aquellos elementos que han supuesto novedades metodológicas y/o de funcionamiento en relación con anteriores convenios.

1.1. Identificación de Cultivos de Regadío en 2009.

La identificación de cultivos de regadío en el año 2009 ha revestido características específicas en la serie histórica de ERMOT por, entre otras, dos razones fundamentales que han confluido en este año:

- La secuencia de imágenes analizadas y procesadas han sido aquellas procedentes del Plan Nacional de Teledetección,

- Una alta incidencia de retrasos y errores en la cadena de producción de Eurimage en Italia ha impedido disponer de imágenes en tiempo real en algunos momentos importantes.

- ***Incorporación del trabajo de campo de la JCRMO***

El resultado final de la clasificación se mejora y refina en sus detalles al incorporar el trabajo de campo efectuado por la JCRMO. Para ello se ha articulado un procedimiento consistente en la superposición de las observaciones de campo sobre la base de las clasificaciones provisionales que se han ido entregando a dichas entidades.

Las incidencias se han centrado principalmente en los cultivos cuyo ciclo de crecimiento se produce en la primavera.

1.2. Contestación a alegaciones a la clasificación. Presencia en los tribunales.

Durante el año 2009 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.

El total del número de informes elaborados ha sido 2 para la CHJ, 6 para JCRMO y 3 para la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha.

1.3. Incorporación de las Unidades de Gestión Hídrica

Se ha procedido a incorporar las Unidades de Gestión Hídrica, facilitada por la JCRMO, en las que se han incluido aquellas correspondientes a los Cultivos Leñosos en regadío. Recordar que cada UGH puede, a su vez, estar compuesta por una o varias parcelas, en algunos casos varios miles. Esta relevante capa vectorial consta de 2551 UGH y la superficie total abarcada es de 114.689 hectáreas.

Conocer la superficie en regadío dentro de cada UGH, así como otros usos, es uno de los resultados que se presentan este informe. Para obtener esta información para cada UGH se ha realizado la operación de análisis espacial “cruce” o “superposición” entre la capa vectorial de UGHs y el mapa raster de clasificación.

La ampliación de la zona de estudio a una banda de 5 Km. de ancho desde los límites de las UH08-29 y UH08-30, permite disponer de información completa de aquellas UGH que se encuentran a ambos lados de la línea divisoria del ámbito anteriormente definido, aunque los resultados se refieren a aquellas UGH que se encuentran dentro de las HU consideradas.

1.4. Mantenimiento del sistema aquastar-ERMOT y puesta en marcha del sistema SPIDER-ERMOT

Como innovación científica y tecnológica se viene trabajando en herramientas que permitan el acceso a la información de forma compartida en tiempo real. En el año 2007 se realizó la adaptación y puesta en marcha de un sistema “on line” de seguimiento de los cultivos al que denominamos aquastar-ERMOT, accesible desde la dirección electrónica: http://demeter.idr-ab.uclm.es/ERMOT/. Este sistema permitió 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.

Se ha incorporado un avance sustancial de este tipo de herramientas en una nueva plataforma denominada SPIDER-ERMOT, que es una herramienta tipo SIG, operada “en línea” a través de Internet, con protocolos de seguridad. Esta herramienta es

accesible desde: http://161.67.130.130/spider-ermot . La Figura 15 muestra la visualización de la pantalla de acceso a SPIDER-ERMOT. Este nuevo sistema se ha desarrollado en el proyecto europeo PLEIADeS, www.pleiades.es, y, básicamente, es un paso en la dirección de herramientas web-SIG.

La implementación de este sistema ha permitido el contraste y la comparación entre el trabajo de campo y la evolución de los valores de los índices de vegetación para cada una de las parcelas analizadas. Ejemplos de este tipo de utilización de este sistema se presentan en las Figuras 16 y 17 (a y b).

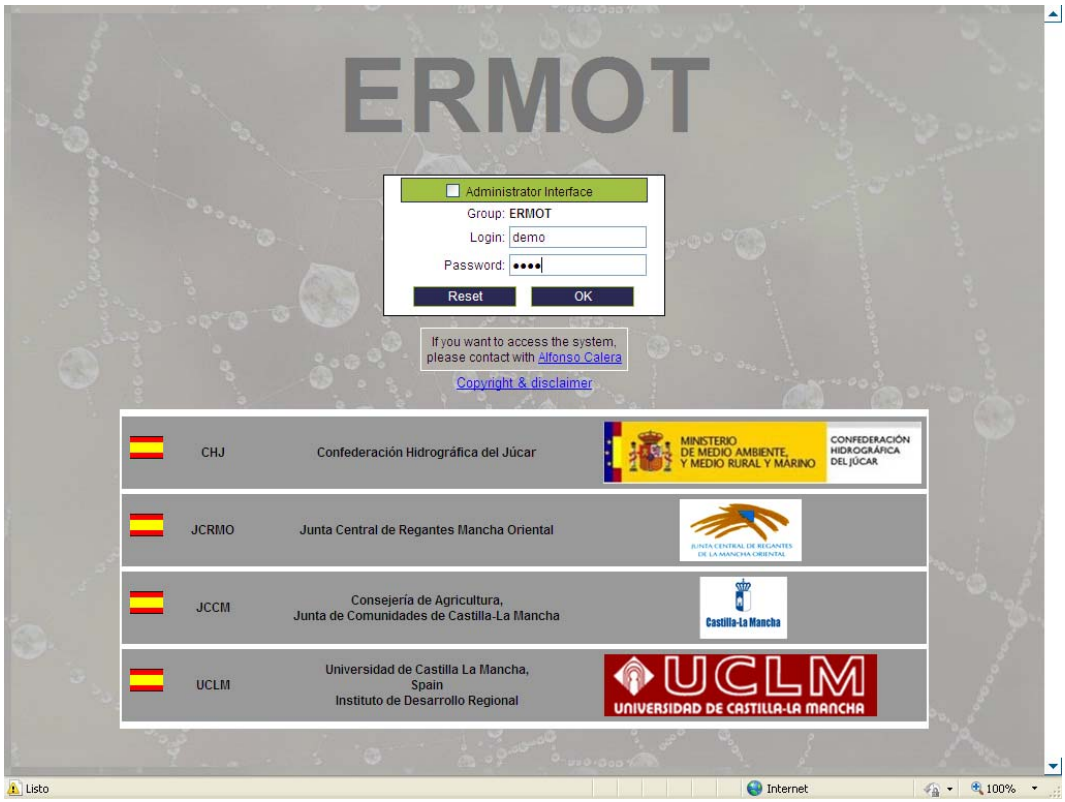


Figura 15: Pantalla de acceso a SPIDER-ERMOT.

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 2009 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.

El sistema aquastar-ERMOT se ha derivado de la tecnología desarrollada en el proyecto europeo DEMETER; el sistema SPIDER-ERMOT se ha derivado del proyecto europeo PLEIADeS 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.

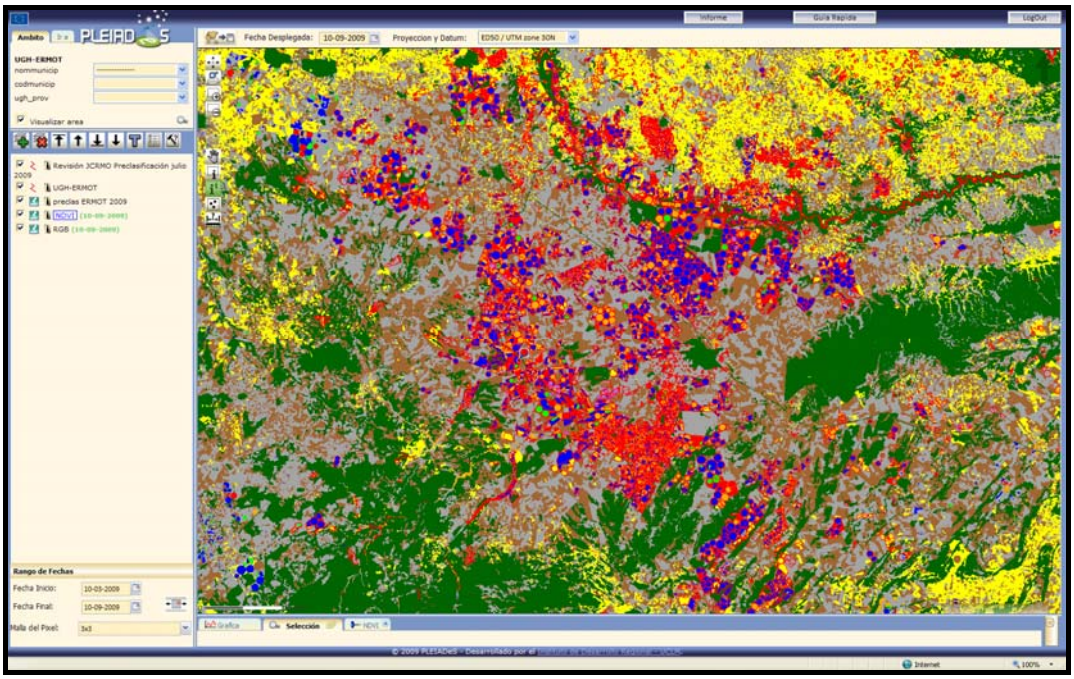
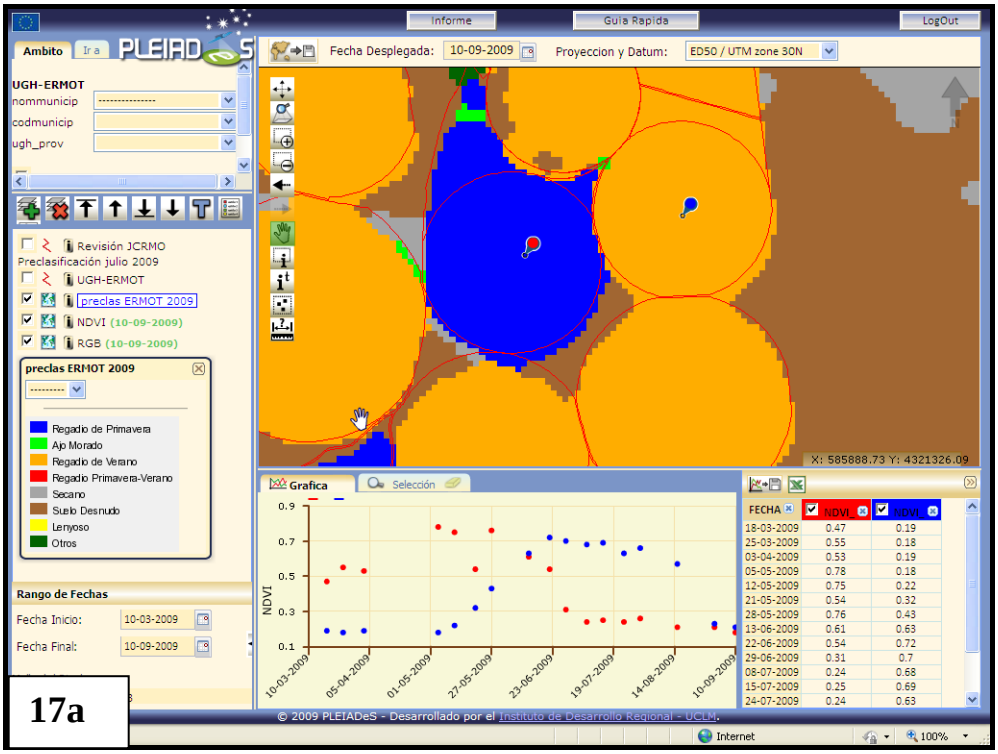
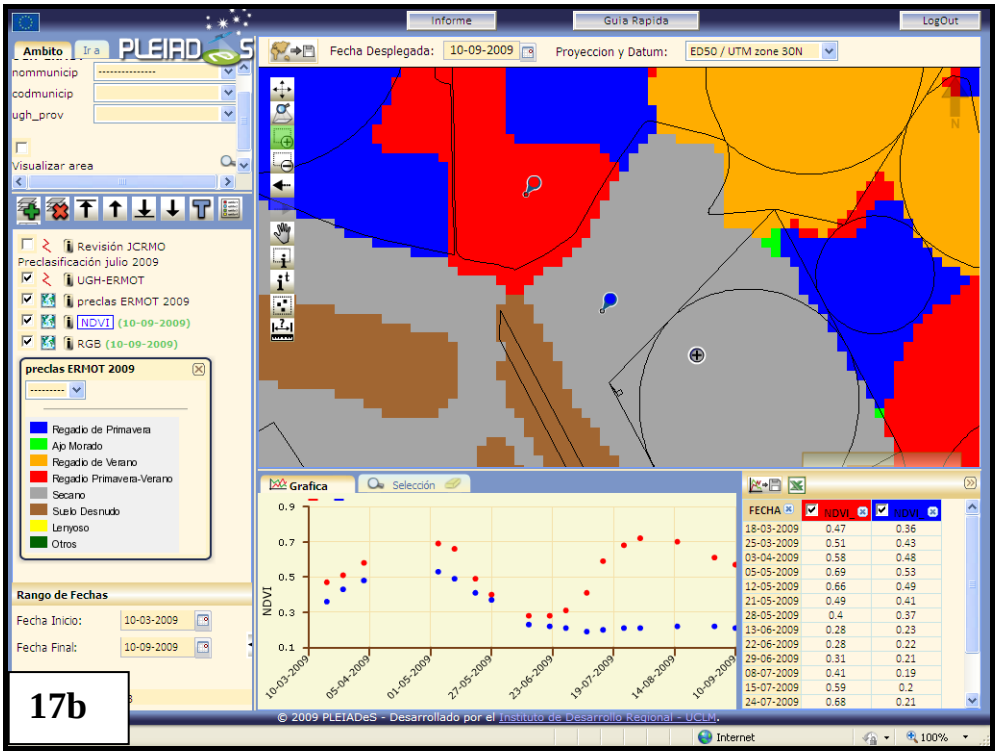


Figura 16: Pantalla principal de SPIDER-ERMOT. Mapa de clasificación sobre el que se han desplegado las UGH


Informe
Guia Rapida
LogOut
Ambito
Ir a
PLEIADES
Fecha Desplegada: 10-09-2009
Proyeccion y Datum: ED50 / UTM zone 30N
UGH-ERMOT
nommunicip
codmunicip
ugh_prov
Revisión JCRMO
Preclasificación julio 2009
UGH-ERMOT
preclas ERMOT 2009
NDVI (10-09-2009)
RGB (10-09-2009)
preclas ERMOT 2009
Regadio de Primavera
Ajo Morado
Regadio de Verano
Regadio Primavera-Verano
Secano
Suelo Desnudo
Leñoso
Otros
Rango de Fechas
Fecha Inicio: 10-03-2009
Fecha Final: 10-09-2009
Grafica
Selección
NDVI
FECHA
X: 585888.73 Y: 4321326.09
© 2009 PLEIADeS - Desarrollado por el Instituto de Desarrollo Regional - UCLM.
Internet
100%

17a


Informe
Guia Rapida
LogOut
Ambito
Ir a
PLEIADES
Fecha Desplegada: 10-09-2009
Proyeccion y Datum: ED50 / UTM zone 30N
nommunicip
codmunicip
ugh_prov
Visualizar area
Revisión JCRMO
Preclasificación julio 2009
UGH-ERMOT
preclas ERMOT 2009
NDVI (10-09-2009)
RGB (10-09-2009)
preclas ERMOT 2009
Regadio de Primavera
Ajo Morado
Regadio de Verano
Regadio Primavera-Verano
Secano
Suelo Desnudo
Leñoso
Otros
Rango de Fechas
Fecha Inicio: 10-03-2009
Fecha Final: 10-09-2009
Grafica
Selección
NDVI
FECHA
© 2009 PLEIADeS - Desarrollado por el Instituto de Desarrollo Regional - UCLM.
Internet
100%

17b

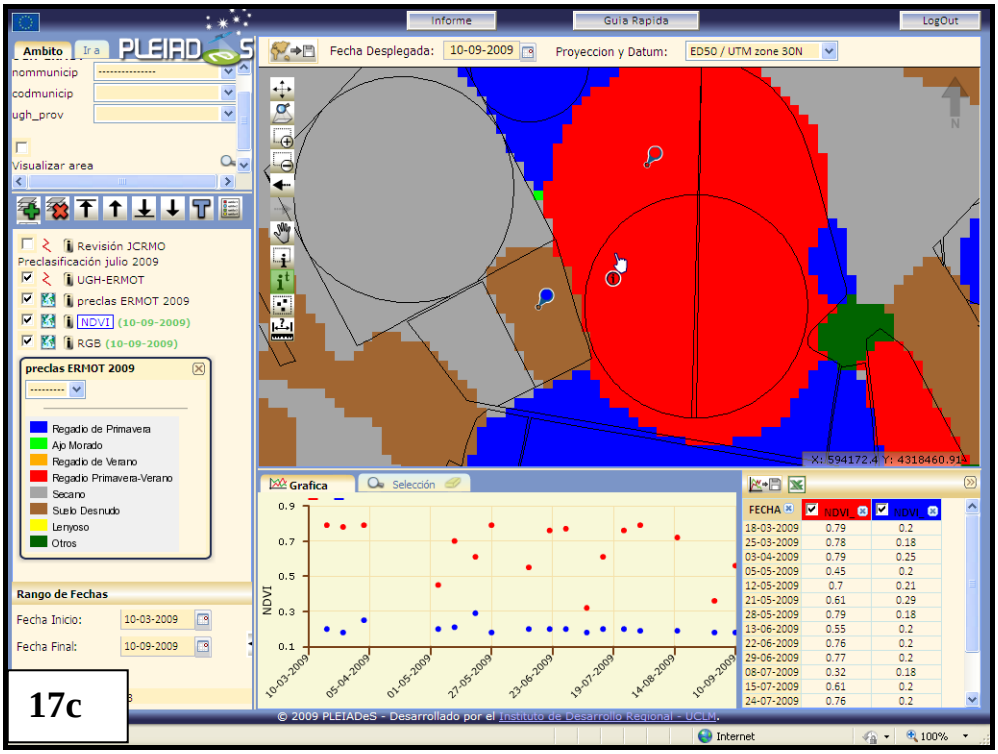


Figura 17(a, b, c): Pantalla SPIDER-ERMOT, en la que se ha desplegado el mapa de clasificación con su leyenda y se muestra información tipo gráfica y numérica de la evolución típica del NDVI de un regadío de primavera (17a) y de otro de verano (17b), de una doble cosecha y de un cultivo de secano de primavera, y finalmente (17c) de una alfalfa y de suelo desnudo.

1.5. Operación en “tiempo real”

ERMOT2009 ha supuesto la consolidación del funcionamiento de ERMOT en “tiempo real” por quinto 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 2009 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 Eurimage, empresa encargada del proceso en Europa. Además de estas deficiencias, Landsat5 ha sufrido averías, posiblemente por su elevado tiempo de puesta en servicio. Será necesario considerar en el futuro otros sensores para la

realización del seguimiento multitempora; DEIMOS, SPOT y otros que pueden llenar la laguna que previsiblemente vaya a dejar Landsat5.

2. Metodología utilizada y materiales

En el diagrama de flujo de la Figura 18 se muestran esquemáticamente los procesos que se han ejecutado en ERMOT 2009, las fuentes de información externa que se han utilizado, y el enunciado de los resultados principales que se han obtenido.

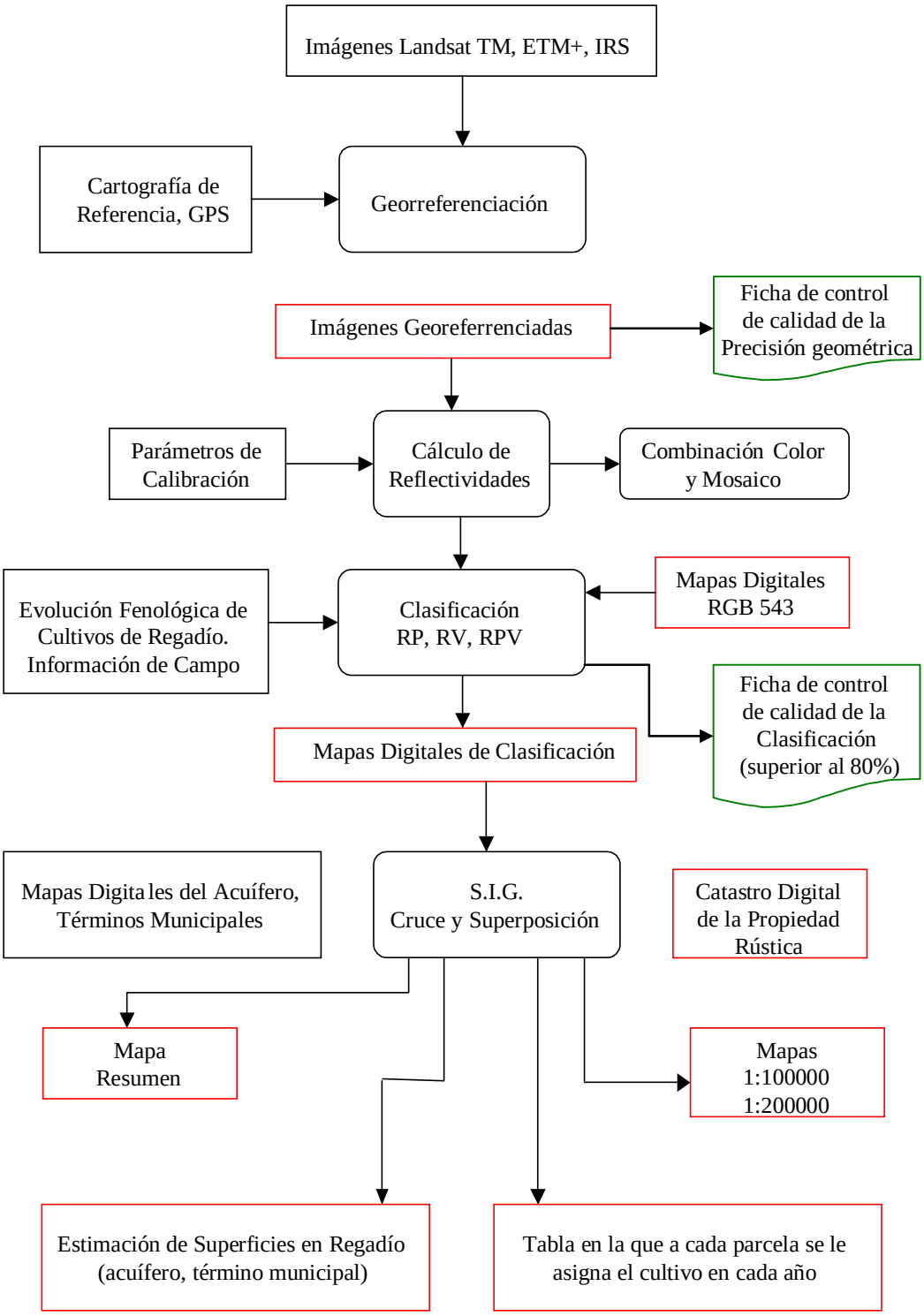


Figura 18: Diagrama de flujo que indica los procesos efectuados sobre las imágenes procesadas en ERMOT 2009, así como los principales resultados obtenidos y los controles de calidad realizados.

2.1. Imágenes utilizadas y su procesado

En la Tabla 8 se resumen las características de las imágenes utilizadas: fecha de adquisición, plataforma, sensor, órbita y línea de la escena, tamaño de píxel de la imagen georreferenciada, porcentaje de nubes y otras observaciones.

Tabla 8: Imágenes utilizadas: fecha de adquisición, sensor, plataforma y tamaño del pixel. Asimismo se indican las características de su procesado.

Fecha adq.	Sensor	Path	Row	Pixel (m)	Georr.	RGB	NDVI	% Nubes	Observaciones
05/02/2009	L5	200	33	25	-	-	-		No procesada por exceso de nubes
14/02/2009	L5	199	33	25	X	X	X	0	Procesada
21/02/2009	L5	200	33	25	-	-	-		No se encuentra disponible en el ftp del IGN
02/03/2009	L5	199	33	25	-	-	-		No procesada exceso de nubes
09/03/2009	L5	200	33	25	X	X	X	8	Procesada
18/03/2009	L5	199	33	25	X	X	X	18	Procesada
25/03/2009	L5	200	33	25	X	X	X	0	Procesada
03/04/2009	L5	199	33	25	X	X	X	35	Procesada
10/04/2009	L5	200	33	25	-	-	-		No se encuentra disponible en el ftp del IGN
19/04/2009	L5	199	33	25	-	-	-		No procesada exceso de nubes
26/04/2009	L5	200	33	25	-	-	-		No procesada exceso de nubes
05/05/2009	L5	199	33	25	X	X	X	8	Procesada
12/05/2009	L5	200	33	25	X	X	X	22	Procesada
21/05/2009	L5	199	33	25	X	X	X	28	Procesada
28/05/2009	L5	200	33	25	X	X	X	0	Procesada
06/06/2009	L5	199	33	25	-	-	-		No procesada exceso de nubes
13/06/2009	L5	200	33	25	X	X	X	5	Procesada
22/06/2009	L5	199	33	25	X	X	X	20	Procesada
29/06/2009	L5	200	33	25	X	X	X	0	Procesada
08/07/2009	L5	199	33	25	-	-	-		No se encuentra disponible en el ftp del IGN
15/07/2009	L5	200	33	25	X	X	X	0	Procesada
24/07/2009	L5	199	33	25	X	X	X	0	Procesada
31/07/2009	L5	200	33	25	X	X	X	0	Procesada
09/08/2009	L5	199	33	25	-	-	-		No procesada exceso de nubes
16/08/2009	L5	200	33	25	X	X	X	0	Procesada
25/08/2009	L5	199	33	25	-	-	-		No procesada exceso de nubes
01/09/2009	L5	200	33	25	X	X	X	10	Procesada
10/09/2009	L5	199	33	25	X	X	X	05	Procesada
17/09/2009	L5	200	33	25	-	-	-		No se encuentra disponible en el ftp del IGN
26/09/2009	L5	199	33	25	-	-	-		No se encuentra disponible en el ftp del IGN
03/10/2009	L5	200	33	25	-	-	-		No se encuentra disponible en el ftp del IGN
12/10/2009	L5	199	33	25	-	-	-		No se encuentra disponible en el ftp del IGN
19/10/2009	L5	200	33	25	-	-	-		No se encuentra disponible en el ftp del IGN

2.2. 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 2009 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 tercer 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 convolución cúbica. 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.

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

Las escenas necesarias para cubrir la totalidad del área de estudio son la 199/033 y 200/033 (ver Figura 4) con una amplia zona de solape en la área central del área de estudio.

2.4. 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 multiespectral 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 2009, 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.

2.5. 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 multiespectrales 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.

2.6. Procedimiento de clasificación

El proceso de clasificación se ha realizado cuando se ha dispuesto, al menos, de escenas de primavera y verano para una campaña. Sobre la zona central del área de estudio, zona de solape entre escenas, se ha contado con todas las fechas de imágenes disponibles en cada recorrido de la órbita, 199/033 y 200/033. Esto ha supuesto una dificultad añadida en el proceso de clasificación.

El procedimiento de clasificación utilizado en ERMOT 2009 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:

NDVI = (NIR - R)/(NIR + R), 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 la Figura 19 y 20 se especifica el diagrama de flujo que muestra el procedimiento de clasificación, así como las clases espectrales e informacionales que se han utilizado. Las clases informacionales constituyen la leyenda del mapa temático. Nótese cómo en la Figura 20 algunos cultivos se agrupan en una sola clase espectral, y cómo, en otros casos, un solo cultivo da lugar a varias clases espectrales

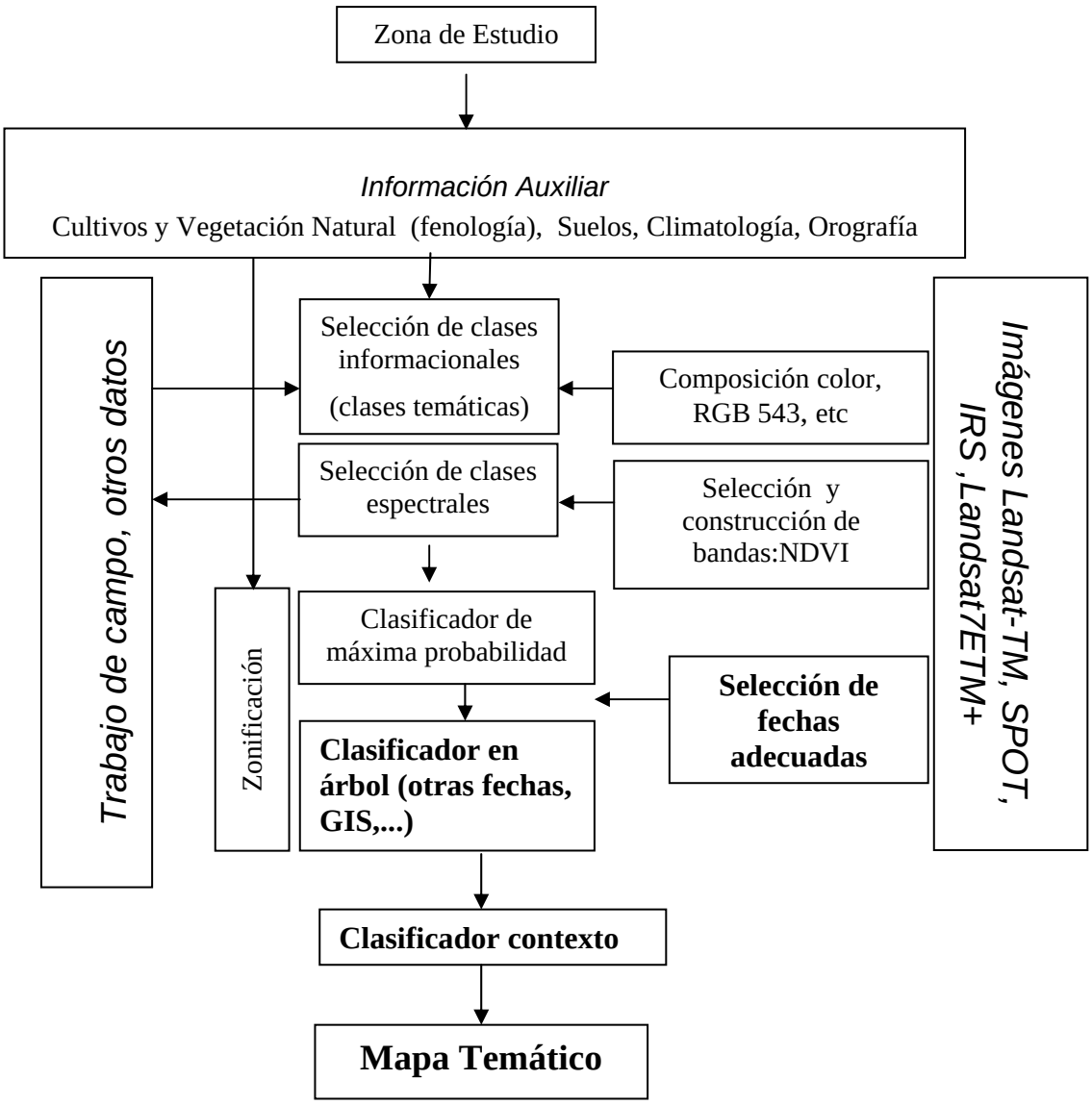


Figura 19: Proceso operativo seguido en la clasificación para identificar los cultivos en regadío.

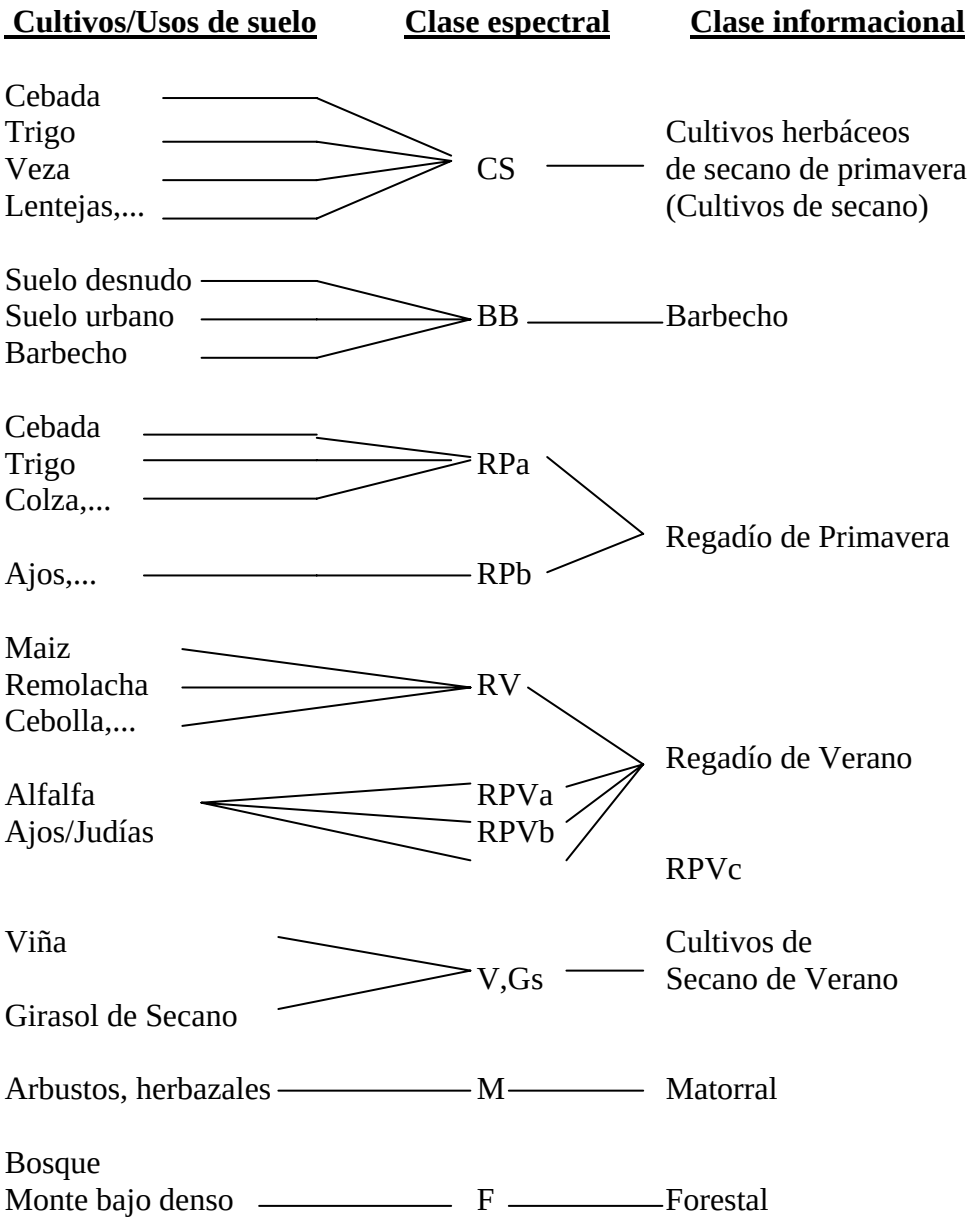


Figura 20: Clases espectrales e informacionales utilizada en el proceso de clasificación.

Es de resaltar en este año la confluencia de factores como frecuente nubosidad 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 trabajo de campo realizado por la Junta Central de Regantes de la Mancha Oriental.

Leyenda del mapa de clasificación

Regadío de Primavera , en la que se han incluido cultivos de regadío cuyo desarrollo fenológico sucede en primavera como cebada, trigo, veza y colza, adormidera, ajos y algún hortícola.

Regadío de Verano (Maiz, Cebolla y Otros),

Regadío Primavera-Verano (Alfalfa), incluye el ciclo de alfalfa.

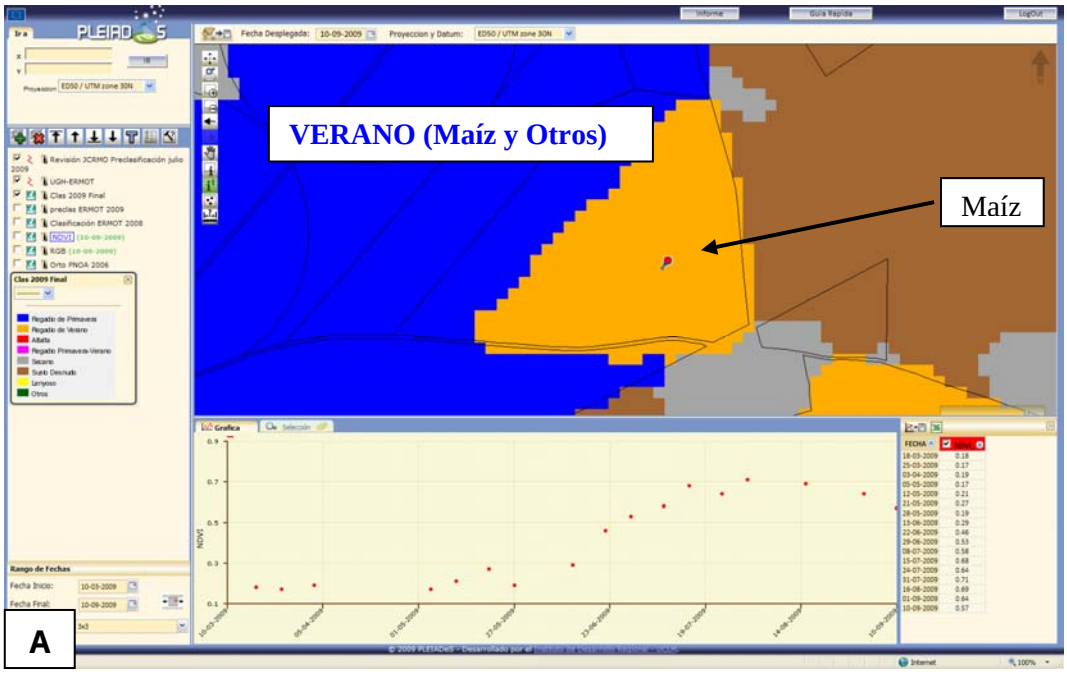
Regadío Primavera-Verano (Dobles cosechas), combinaciones como cebada/maíz de ciclo corto; ajos/judías,....

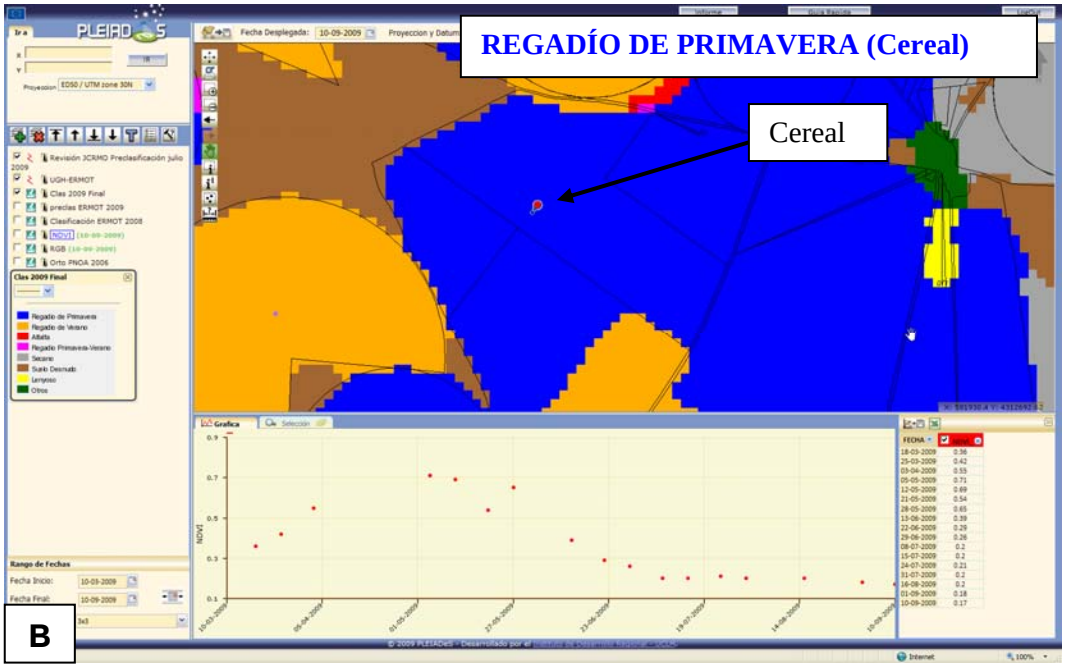
Suelo Desnudo/Barbecho, que son aquellas zonas en las que no se aprecia la presencia de cultivos y/o vegetación natural

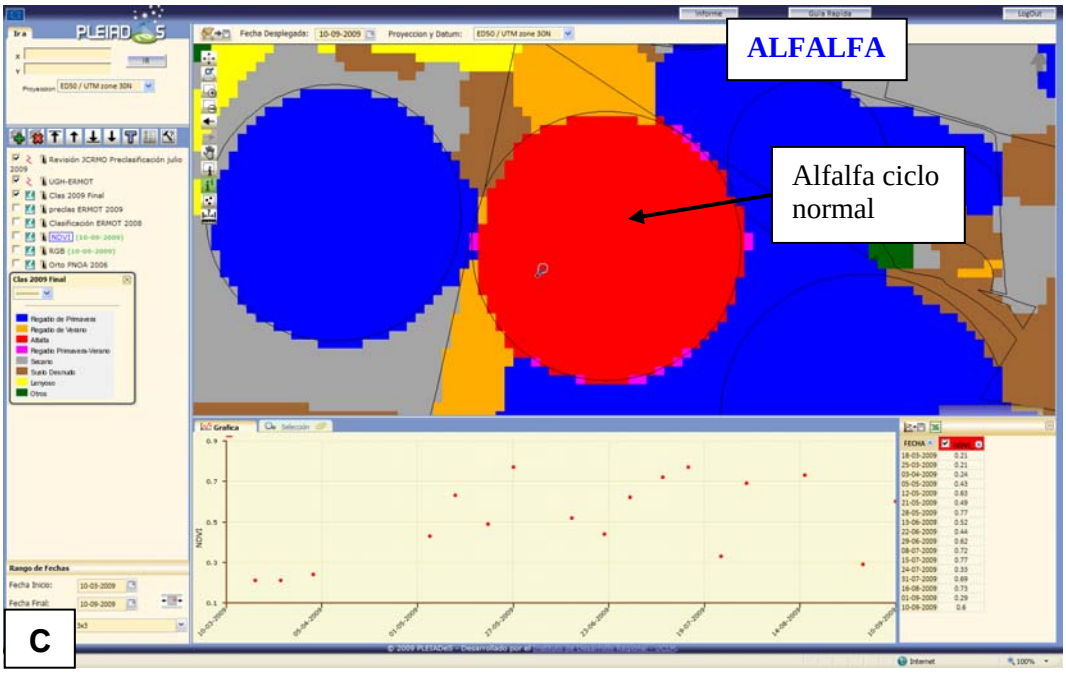
Vegetación Natural: Forestal y Matorral

Urbano, improductivo y otros

La evolución temporal del NDVI para los cultivos más relevantes que integran las clases de regadío anteriormente señalados se muestran en las Figuras 21 a, b, c y d.




REGADÍO DE PRIMAVERA (Cereal)
Cereal
B


ALFALFA
Alfalfa ciclo normal
C

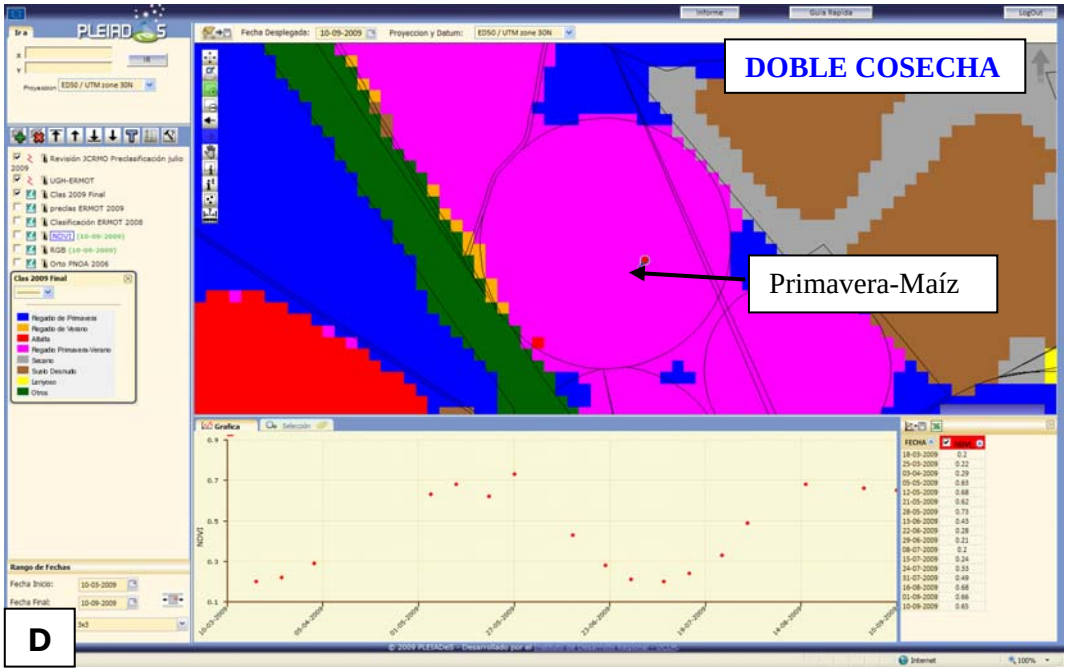


Figura 21 (a, b, c, d): Evolución temporal típica de las clases empleadas en la leyenda ampliada tal y como se puede observar mediante el sistema SPIDER-ERMOT: 21a Verano (maíz y otros), 21b Primavera (cereal), 21c Alfalfa y 21d Doble cosecha (primavera-maíz).

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

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

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

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

2.7. 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.

- ***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 ERMOT2009; 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 diferencia 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 de de la capa de UGH 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 vectorialmente, la información sobre la superficie del cultivo de regadío que tuvo esa parcela cada año de la serie temporal. La fracción sobre la superficie total de la parcela se estima 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.

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.

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 UGH, 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 2009 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.

3. Resultados

3.1. 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 2009 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 ancho alrededor del perímetro. Se ha dispuesto de, al menos, 3 coberturas completas de imágenes, una de primavera y dos de verano de todo el acuífero. En algunas zonas se ha dispuesto de un mayor número de imágenes, lo que redunda en una mayor fiabilidad, tal y como se refleja en la figura 4 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.- Envolvente de superficies identificadas como regadas hasta 2008 y nuevos regadíos identificados en 2009.***

Para la consecución de este objetivo se ha superpuesto sobre el mapa de regadíos identificados en 2009, un mapa en el que se han unido todas las superficies identificadas como regadas de 1982 a 2008 (ERMOT1, ERMOT2, ERMOT3, ERMOT 4, ERMOT 2003, ERMOT 2004, ERMOT 2006, ERMOT 2007, ERMOT 2008). Se ha utilizado como fondo el mosaico de 24 de Julio y 31 de Julio de 2009. De esta forma se resaltan las superficies identificadas como nuevo regadío aparecidas durante 2009. La superficie identificada en todo el acuífero como **nuevos regadíos 2009 son 171 hectáreas.**

3.2. Estimación de superficies. Evolución temporal

3.2.1.- Área en regadío en 2009

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 se resumen en la Tabla 9, tal y como se ha venido haciendo hasta ahora.

Tabla 9: Superficies identificadas como regadío, en los diferentes ámbitos espaciales, así como señala el origen del agua en el 2009.

	Superficie en regadío 2009 (ha)			
Ámbito espacial	**Regadío de Primavera**	**Regadío de Verano**	**Regadío de Primavera-Verano**	**Total**
08-29	**47.499**	**20.759**	**8.716**	**76.974**
08-30	**1.193**	**666**	**296**	**2.155**
08-29 + 08-30	**48.692**	**21.425**	**9.012**	**79.129**
08-29/30+ Buffer 5 km	**52.172**	**23.009**	**9.766**	**84.947**

	Superficie en regadío según origen de agua 2009 (ha) UH 08-29			
	Regadío de Primavera	Regadío de Verano	Regadío de Primavera-Verano	Total
Superficial	**522**	**284**	**128**	**934**
Subterráneo	**43.009**	**19.202**	**7.848**	**70.059**
Mixto	**3.968**	**1.273**	**740**	**5.981**
Totales	**47.499**	**20.759**	**8.716**	**76.974**

	Masas de Agua. Superficie en regadío (ha) 2009								
	Regadío de Primavera			Regadío de verano			Regadío de primavera-verano		
Masas de Agua	**Subt.**	**Supf**	**Mixto**	**Subt.**	**Supf**	**Mixto**	**Subt.**	**Supf**	**Mixto**
08-28	76	0	0	158	0	0	229	0	0
08-29	42.300	522	3812	18.413	284	1.248	7.449	128	732
08-30	837	0	34	537	0	12	268	0	0
08-31	54	0	5	106	0	0	27	0	0
08-32	414	0	70	265	0	5	88	0	9
08-39	288	0	24	353	0	8	57	0	0
08-916	20	0	2	21	0	0	22	0	0
08-918	2	0	20	0	0	0	2	0	0

3.2.2.- 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 10 se han obtenido directamente desde los mapas de clasificación, en el ámbito geográfico de la UH 08-29 y la evolución se muestra en la Figura 22. 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 11.

Tabla 10: Estimación de superficies en regadío y su evolución temporal en el ámbito de la UH 08-29, de 1982 a 2009.

	Superficie (ha)							
	1982	**1983***	**1984**	**1985**	**1986**	**1989**	**1993**	**1996**
Reg. Verano	14.212	13.807	27.865	35.325	38.440	41.020	38.299	35.573
Reg. Prim.	2.050	1.790	3.551	4.889	7.948	12.953	15.484	18.989
Reg. P-V	3.149	1.068	1.221	3.363	2.319	6.003	4.278	8.200
Total	19.411	16.665	32.636	43.577	48.707	59.976	58.061	62.762

*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	37.317	39.165	31.337	29.642	35.195	30.766	26.004
Reg. Prim.	17.317	21.047	24.220	23.055	27.169	30.678	31.239
Reg. P-V	9.417	11.801	18.792	25.273	15.951	16.908	20.818
Total	64.051	72.013	74.349	77.970	78.315	78.352	78.061

	Superficie (ha)					
	2004	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**
Reg. Verano	31.201	32.947	25.385	18.954	21.365	**20.759**
Reg. Prim.	31.447	28.230	37.704	33.677	43.634	**47.499**
Reg. P-V	15.451	16.529	14.912	10.990	8.731	**8.716**
Total	78.099	77.706	78.001	63.621	73.730	**76.974**

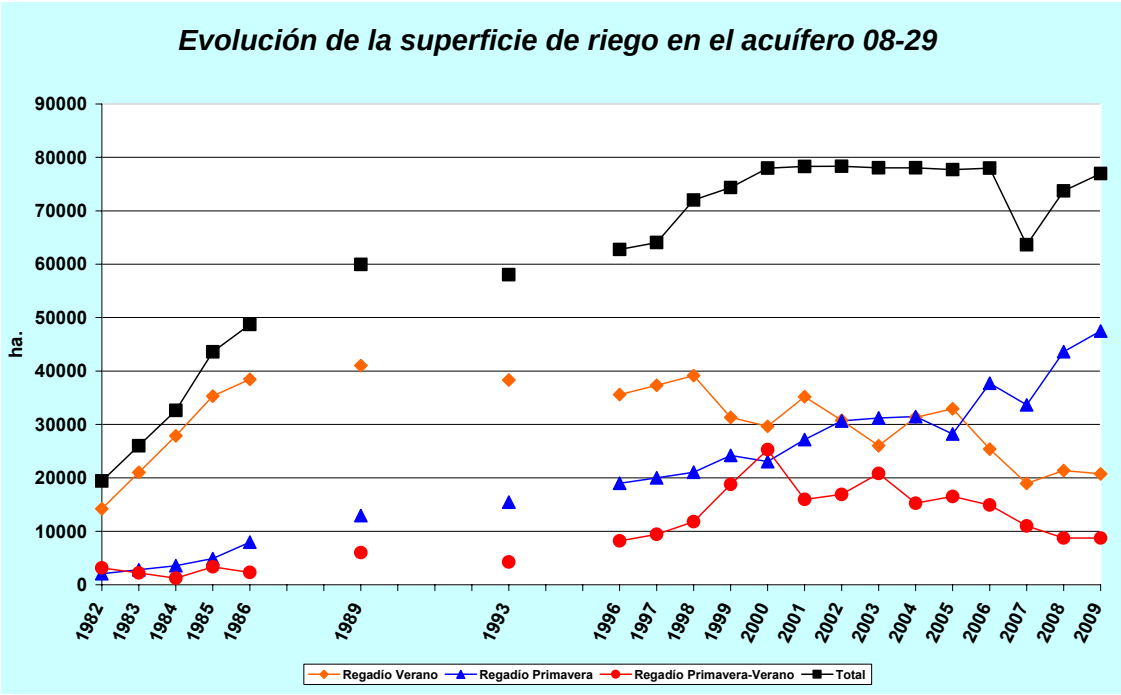


Figura 22: Evolución temporal de la superficie de riego 1982-2009 para la UH 08-29. El año 1983 en el que no se disponía de la totalidad del acuífero se han utilizado datos obtenidos por interpolación.

Tabla 11: 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
2008	59,18	28,98	11,84
2009	**61,70**	**26,96**	**11,32**

De acuerdo con los datos obtenidos puede observarse un fuerte desplazamiento hacia los cultivos de regadío de primavera. Prácticamente dos de cada tres hectáreas de superficies regadas son de cultivos de primavera, lo que no había sucedido hasta ahora en toda la serie histórica analizada. Posiblemente, el encarecimiento de la energía, y de otros input como los fertilizantes, junto a la caída de precios de los productos puedan explicar este profundo cambio observado.

La superficie regada se aproxima a la que tradicionalmente se venía detectando en los años anteriores a las Ofertas Públicas de adquisición de Derechos.

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 1982-2009.

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 12 se muestran los datos de la evolución de dicha superficie:

Tabla 12: Evolución temporal de las superficie que, en algún momento, ha estado identificada en regadío en el periodo 1982-2009.

	Superficie (ha)							
Año	**1982**	**1983**	**1984**	**1985**	**1986**	**1989**	**1993**	**1996**
ha	19.410	24.573	38.076	49.212	56.571	69.406	76.872	79.463

	Superficie (ha)							
Año	**1997**	**1998**	**1999**	**2000**	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**
ha	83.282	89.829	94.339	98.666	102.040	102.270	104.452	104.916

	Superficie (ha)				
Año	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**
ha	106.058	107.272	107.381	107.892	**108.063**

La Figura 23 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. La tendencia es claramente hacia la estabilización.

Dado que se dispone de la información de la delimitación de las UGH, y una vez prácticamente concluido el proceso de regularización, se ha iniciado el proceso de depuración de la envolvente para eliminar aquellas superficies cuya identificación se debe a bordes y/o identificaciones incorrectas, generalmente correspondientes a cultivos de primavera, que se vienen arrastrando en esta serie.

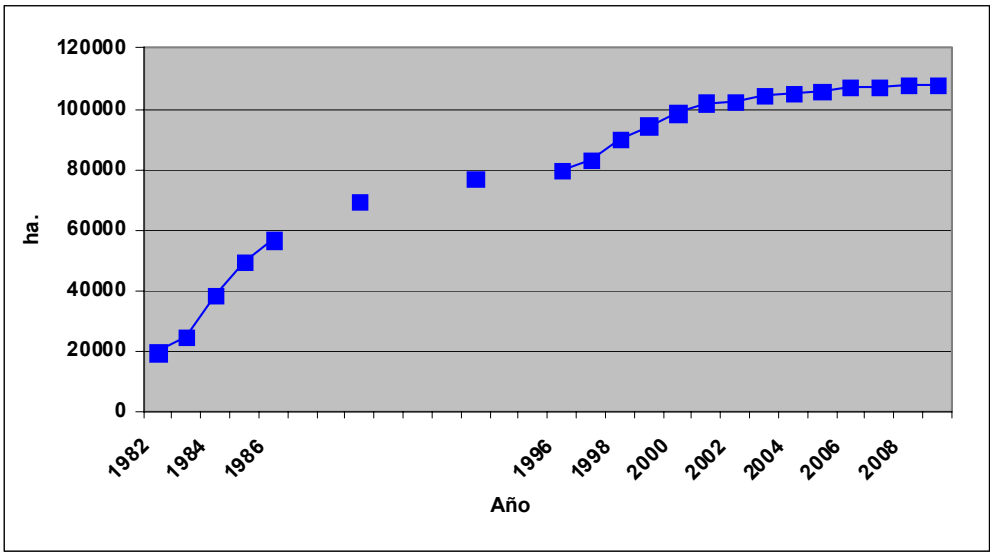


Figura 23: Evolución de la superficie acumulativa total de riego.

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 2009 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 24 a y b.

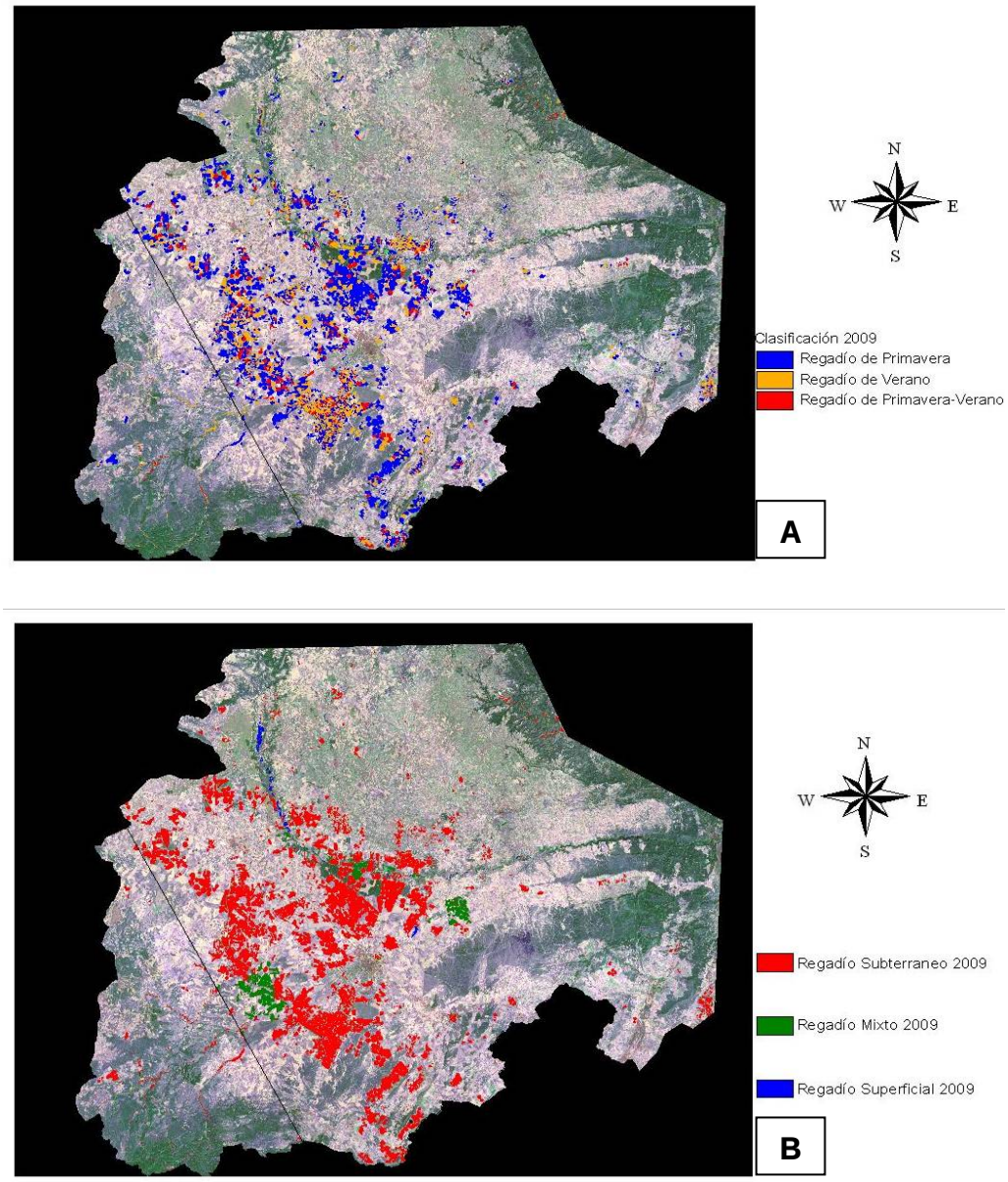


Figura 24 (a y b): Mapas de clasificación según origen del agua: a) clasificación según tipo de cultivo. b) clasificación según el origen del agua.

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 de 2009.

Los resultados obtenidos de las superficies atendiendo al origen del agua se recogen en la Tabla 13.

Tabla 13: Superficie de regadíos atendiendo al origen de agua.

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	1.385
2008	559	141	130	830
2009	**522**	**284**	**128**	**934**

Origen del Agua: Subterránea 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
2008	38.945	20.171	7.982	67.098
2009	**43.009**	**19.202**	**7.848**	**70.059**

Origen del Agua: Mixta 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
2008	4.130	1.052	619	5.801
2009	**3.968**	**1.273**	**740**	**5.981**

3.3. Área de las superficies identificadas como regadío para cada una de las UGH

La disponibilidad de la delimitación vectorial de las UGH ha permitido el cálculo de las superficies en regadío para cada una de dichas UGH. Para reducir errores de borde se han aplicado, a la tabla salida de la operación superposición, unas operaciones lógicas que permiten asignar aquellos usos que fueran inferiores al 3% de la parcela al uso mayoritario. La tabla resultante incluye los porcentajes de cada uno de los cultivos calculados sobre las superficies. La tabla completa se entrega en formato digital.

3.4. 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 término municipal, dentro de dicha UH, Tabla 14.

Tabla 14: Superficie de regadío por cada término municipal.

MUNICIPIO	Area en 08-29	Regadío Primavera 2009 (ha)	Regadío Verano 2009 (ha)	Regadío Primavera-Verano 2009 (ha)	Total Regadío 2009 (ha)
Abengibre	3.049	6	1	2	9
Alarcón	4.430	13	13	0	26
Alatoz	6.422	10	3	0	14
Albacete	117.778	22.565	10.581	3.666	36.799
Alborea	7.207	0	2	0	3
Alcadozo	2	0	0	0	0
Alcalá del Júcar	14.614	9	20	1	30
Almansa	9.379	214	318	58	544
Alpera	17.802	183	114	15	308
Balazote	4.049	258	130	36	424
Balsa de Ves	6.262	0	1	0	1
Barrax	15.366	2.649	1.313	481	4.442
Bonete	7.963	99	0	0	99
Carcelén	7.418	35	31	66	132
Casas de Benítez	4.596	454	156	51	659
Casas de Fernando Alonso	186	0	0	0	0

Casas de Guijarro	801	12	4	0	16
Casas de Haro	9.042	1.024	263	140	1.428
Casas de Juan Nuñez	8.863	25	21	0	46
Casas de los Pinos	3.229	331	0	20	352
Casas de Ves	11.968	0	0	1	1
Casas-Ibáñez	10.275	14	8	0	21
Casasimarro	5.062	4	4	13	22
Castillejo de Iniesta	2.654	0	0	0	0
Cenizate	6.291	56	77	1	116
Chinchilla de Monte-Aragón	50.803	1.019	481	161	1.657
Fuensanta	2.402	145	103	56	304
Fuentealbilla	10.873	163	9	0	172
Gineta (La)	13.614	2.679	1.099	295	4.072
Golosalvo	2.778	60	1	0	61
Graja de Iniesta	2.778	0	4	0	4
Hellín	485	8	7	9	24
Herrera (La)	6.308	1.859	804	513	3.176
Herrumblar (El)	4.723	0	1	0	1
Higueruela	15.944	2	0	0	3
Hoya-Gonzalo	11.331	83	22	77	182
Iniesta	21.814	47	17	25	89
Jorquera	6.747	67	15	16	97
Ledaña	6.833	0	0	0	0
Lezuza	1.762	139	14	2	155
Madrigueras	7.311	359	103	53	514
Mahora	10.850	682	307	159	1.126
Minaya	6.993	985	316	464	1.725
Minglanilla	10.448	19	14	12	45
Montalvos	2.431	139	46	38	223
Montealegre del Castillo	945	1	0	0	1
Motilla del Palancar	1.807	0	0	0	0
Motilleja	2.400	350	739	121	1.210
Navas de Jorquera	4.152	1	1	0	2
Peñas de San Pedro	9.254	10	3	0	13
Peral (El)	8.502	34	37	0	71
Pesquera (La)	218	0	0	0	0
Pétrola	369	2	0	0	2
Picazo (El)	3.051	25	31	15	71
Pozoamargo	2.625	593	112	116	816

Pozohondo	12.061	212	191	136	534
Pozo-Lorente	8.104	0	1	0	2
Pozorrubielos de la Mancha	7.478	123	20	0	143
Pozuelo	7.649	402	12	0	368
Puebla del Salvador	779	0	0	0	0
Quintanar del Rey	8.408	71	12	31	113
Recueja (La)	2.929	1	2	0	2
Roda (La)	36.163	3.661	1.163	648	5.472
Sisante	13.029	400	193	21	612
Tarazona de la Mancha	21.228	2.729	1.063	517	4.289
Tébar	1.958	471	121	291	883
Tobarra	6.316	3	2	1	6
Valdeganga	7.072	985	226	133	1.345
Valhermoso de la Fuente	1.385	14	0	0	14
Vara de Rey	893	0	0	0	0
Villa de Ves	5.768	0	0	0	0
Villagarcía del Llano	12.036	91	7	6	104
Villalgordo del Júcar	4.847	163	39	13	212
Villalpardo	3.167	0	0	0	1
Villamalea	12.749	1	3	19	24
Villanueva de la Jara	14.721	191	73	0	264
Villarrobledo	1.462	277	28	0	305
Villarta	2.508	0	2	2	4
Villatoya	1.897	13	3	3	19
Villavaliente	3.554	102	71	1	174

4. Informe ante tribunales solicitados por las entidades ERMOT

Como consecuencia del proceso de regularización, el proceso de revisión de alegaciones ha derivado en algunos casos en contencioso-administrativos en los tribunales de justicia. Principalmente con ese motivo, las entidades pertenecientes a los convenios ERMOT han solicitado del IDR-UCLM la realización de informes complementarios e individualizados por UGH.

Las tareas para elaborar el informe individualizado de cada UGH o parcela han sido:

1.- Identificar la parcela o parcelas objeto de la alegación de acuerdo con los datos suministrados por la entidad solicitante.

2.- Analizar las combinaciones color de las imágenes disponibles en los años objeto de la alegación, para obtener zonas de evolución relativamente homogénea. La relación de imágenes disponibles y las combinaciones color correspondientes se adjuntan en el anexo al informe.

3.- Analizar la evolución del índice de vegetación NDVI en las zonas de evolución temporal homogénea dentro de la parcela o parcelas objeto de este informe. La evolución temporal de dicho índice permite identificar el grupo de cultivos que es compatible con los valores que se obtienen. Es necesario tener en cuenta que el valor del índice se halla fuertemente relacionado con la densidad de la cubierta vegetal verde presente en la zona analizada.

4.- Comparar la evolución de estos índices con la clasificación original inicial del año o años objeto de la alegación, Una imagen de la clasificación original se adjunta en el Anexo.

Los informes sobre las UGH realizados a lo largo de 2009 se listan en la Tabla 15.

Tabla 15: Informes sobre las UGH realizados en 2009.

Tabla 10 .- Listado de informes individuales realizados por el IDR-UCLM sobre UGH en el proceso de regularización y solicitados por los Tribunales de Justicia

UGH	Solicitado	Entidad demandante
IN0030	Sala de lo contencioso-Administrativo de Albacete TSJCLM	Sala de lo contencioso-Administrativo de Albacete
TA0032	Confederación Hidrográfica del Jucar	Sala de lo contencioso-Administrativo de Albacete
TA0146	Confederación Hidrográfica del Jucar	Sala de lo contencioso-Administrativo de Albacete
AB0171	JCRMO	Sala de lo contencioso-Administrativo de Madrid
. BA0040	JCRMO	Sala de lo contencioso-Administrativo de Madrid
AB0132	JCRMO	Sala de lo contencioso-Administrativo de Madrid
AY0002	JCRMO	Sala de lo contencioso-Administrativo de Madrid
TA0041	JCRMO	Sala de lo contencioso-Administrativo de Madrid
BA0021	JCRMO	
CH0007	Sala de lo contencioso-Administrativo de Albacete	Solicitado por el TSJCLM, a instancia de parte

C.- PRODUCTOS ERMOT ENTREGADOS. CAMPAÑA 2009

1. Productos elaborados y entregados: Año 2009

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.

Soporte papel.

1.**-** Mapa Resumen: Nuevos regadíos identificados en 2009 y envolvente periodo 1982-2008. 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 2009 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 2009 en la zona de la unidad hidrogeológica 08.29+30 ampliada. MAPA PROVISIONAL (entregado en noviembre 2009, junto con el informe provisional)

2.- Clasificación de cultivos de regadío (primavera, verano y primavera-verano) en 2009 en la zona de la unidad hidrogeológica 08.29+30 ampliada. MAPA DEFINITIVO

3.- Clasificación de cultivos en regadío (primavera, verano y primavera-verano) en 2009 en la zona de la unidad hidrogeológica 08.29 atendiendo al origen del agua empleada para riego (superficial, subterránea y mixta).

4.- Nuevos regadíos detectados a partir del análisis histórico.

5.- Combinación color RGB 543 correspondiente al mosaico de las imágenes de Primavera (18 Marzo-25 Marzo) 2009 y verano (24 Julio-31 Julio) 2009.

6.- Escenas Landsat 5 TM georreferenciadas en combinación color RGB543 y NDVI correspondientes a las siguientes fechas:

FECHA	ORBITA	Nombre fichero Combinación color (tif y ecw)	Nombre fichero NDVI	
			grid	Falso color (ecw)
14 Febrero	199-33	20090214_19933_l5tm_h30	Ndvi_090214	20090214_19933_ndvi_h30
9 Marzo	200-33	20090309_20033_l5tm_h30	Ndvi_090309	20090309_20033_ ndvi _h30
18 Marzo	199-33	20090318_19933_l5tm_h30	Ndvi_090318	20090318_19933_ ndvi _h30
25 Marzo	200-33	20090325_20033_l5tm_h30	Ndvi_090325	20090325_20033_ ndvi _h30
3 Abril	199-33	20090403_19933_l5tm_h30	Ndvi_090403	20090403_19933_ ndvi _h30
5 Mayo	199-33	20090505_19933_l5tm_h30	Ndvi_090505	20090505_19933_ ndvi _h30
12 Mayo	200-33	20090512_20033_l5tm_h30	Ndvi_090512	20090512_20033_ ndvi _h30
21 Mayo	199-33	20090521_19933_l5tm_h30	Ndvi_090521	20090521_19933_ ndvi _h30
28 Mayo	200-33	20090528_20033_l5tm_h30	Ndvi_090528	20090528_20033_ ndvi _h30
13 Junio	200-33	20090613_20033_l5tm_h30	Ndvi_090613	20090613_20033_ ndvi _h30
22 Junio	199-33	20090622_19933_l5tm_h30	Ndvi_090622	20090622_19933_ ndvi _h30
29 Junio	200-33	20090629_20033_l5tm_h30	Ndvi_090629	20090629_20033_ ndvi _h30
8 Julio	199-33	20090708_19933_l5tm_h30	Ndvi_090708	20090708_19933_ ndvi _h30
15 Julio	200-33	20090715_20033_l5tm_h30	Ndvi_090715	20090715_20033_ ndvi _h30
24 Julio	199-33	20090724_19933_l5tm_h30	Ndvi_090724	20090724_19933_ ndvi _h30
31 Julio	200-33	20090731_20033_l5tm_h30	Ndvi_090731	20090731_20033_ ndvi _h30
16 Agosto	200-33	20090816_20033_l5tm_h30	Ndvi_090816	20090816_20033_ ndvi _h30
1 Septiemb	200-33	20090901_20033_l5tm_h30	Ndvi_090901	20090901_20033_ ndvi _h30
10 Septiemb	199-33	20090910_19933_l5tm_h30	Ndvi_090910	20090910_19933_ ndvi _h30

7.- Cruce UGH con la clasificación de cultivos de regadío (primavera, verano y regadío-verano) en 2009 en la zona de la unidad hidrogeológica 08.29+30. Formato shp.

8.- Cruce Sigpac clasificación de cultivos de regadío (primavera, verano y regadío-verano) en 2009 para identificar las parcelas que están fuera de las UGH, en la zona de la unidad hidrogeológica 08.29+30. Formato shp.

7.- Proyecto de ArcView y ArcGIS con los resultados de la campaña: clasificación de regadíos, clasificación de regadíos según el origen del agua (superficial, subterráneo y mixto) y nuevos regadíos.

En la Tabla 16 se lista la relación de datos ERMOT 2009 incluidos en los DVD:

Tabla 16: Relación de datos ERMOT 2009 incluidos en el DVD.

Ubicación fichero	Número DVD	Descripción del contenido
Informe_ERMOT2009.pdf	1	Informe final de campaña
/Anexo1	1	Fichas de control de calidad de la precisión geométrica de las imágenes y de la precisión de la clasificación
ERMOT2009.mxd	1	Proyecto Arc GIS
ERMOT2009.apr	1	Proyecto Arc View
/proyecto2009/Clasificacion/Provisional	1	Clasificación provisional
/proyecto2009/Clasificacion/Final	1	Clasificación final
/proyecto2009/Clasificacion/Origen_agua	1	Clasificación final atendiendo al origen del agua de riego
/proyecto2009/Clasificacion/Nuevos_regadíos	1	Nuevos regadíos
/proyecto2009/Cartografía	1	Capas de referencia utilizadas: límite zona de estudio UH 08.29 y máscara UH 08.29
/proyecto2009/Mosaicos/Landsat	1	Mosaicos L5TM de una fecha significativa de primavera y verano
/proyecto2009/Mosaicos/Spot	1	Mosaico S5 ms a 2,5 m de verano de 2009 del PNT
/proyecto2009/Compuestos_RGB	1	Imágenes RGB 543 en formato tif y ecw comprimido
/proyecto2009/NDVIs	1	NDVI de las escenas L5TM en formato grid y ecw
Mapa de Clasificación de cultivos de 2009	1	Mapa de Clasificación de cultivos de 2009 en formato pdf
Mapa de Nuevos Regadíos de 2009	1	Mapa de Nuevos Regadíos de 2009 en formato pdf
/Compuestos_RGB	2	Imágenes RGB 543 en formato tif y ecw