



C//Lérida nº18 22500 Binéfar (Huesca)
Tfno: 974428429 cayc@cayc.es



Avda.Montañana 930, 50059 Zaragoza
Tfno: 976716300 Fax: 976716335 cita@aragon.es

Convenio CITA-CGRCAYC

Monitorización con teledetección de la superficie cultivada y evolución de su desarrollo vegetativo en la zona regable del Canal de Aragón y Cataluña en verano de 2014

MEMORIA

Elaborada por *M^a Auxiliadora Casterad*,
(Investigadora), *Clara Portero* (Ingeniero Técnico
Agrícola) y *Rosa Gómez* (Técnico en SIG).

*Unidad de Suelos y Riegos (asociada a EEAD-CSIC)
Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria
de Aragón.*

Zaragoza, 31 de diciembre de 2014



Convenio CITA-CGRCAAYC

*Monitorización con teledetección de la superficie cultivada
y evolución de su desarrollo vegetativo en la zona regable
del Canal de Aragón y Cataluña en verano de 2014*

Memoria

RESUMEN

En continuidad a los trabajos desarrollados en el verano de 2013, se procede a la monitorización con teledetección de la superficie cultivada y evolución de su desarrollo vegetativo en la zona regable del Canal de Aragón y Cataluña en verano de 2014 y se amplía el trabajo a primavera de 2014.

A partir de información extraída de imágenes del satélite Landsat 8 correspondientes al periodo 10 de abril - 8 de septiembre de 2014 se consigue identificar con alta fiabilidad los principales cultivos y otras ocupaciones de la zona regable, conocer su superficie y saber cómo se distribuyen espacialmente en la zona regable de la comunidad general, en cada fielato y en cada comunidad de regantes. Así mismo, se obtiene información sobre la evolución del desarrollo vegetativo de los cultivos en las mencionadas demarcaciones a lo largo de 2014.



ÍNDICE

MEMORIA

Página

1- INTRODUCCIÓN	1
1.1 Motivación del trabajo	1
1.2 Objetivos	1
1.3 Actividades desarrolladas	1
1.4 Estructura de la memoria	1
2- ÁREA DE ESTUDIO	3
3- METODOLOGÍA SEGUIDA	4
3.1 Definición de las especificaciones cartográficas del trabajo	4
3.2 Recopilación y puesta a punto de información de cultivos	4
3.3 Determinación de la estrategia a seguir	6
3.4 Selección, preparación y extracción de información de las imágenes de satélite	7
3.5 Identificación y seguimiento de los cultivos	9
Identificación de cultivos	9
Evolución del desarrollo vegetativo	10
3.6 Información generada	11
4- RESULTADOS OBTENIDOS	12
4.1 Disponibilidad de información	12
Información territorial	12
Información de cultivos	12
Imágenes	14
4.2 Identificación de los cultivos	15
Abril 2014	15
Año 2014	18
4.3 Evolución del desarrollo vegetativo	22
5- CONCLUSIONES	27



Convenio CITA-CGRCAAYC

Monitorización con teledetección de la superficie cultivada
y evolución de su desarrollo vegetativo en la zona regable
del Canal de Aragón y Cataluña en verano de 2014

Memoria

ANEJO – DATOS Y MAPAS

A.1 - PROYECTO SIG: CONTENIDOS Y ESPECIFICACIONES31

A.2 - CULTIVOS Y OCUPACIONES36

Mapa de Cultivos y otras ocupaciones en la zona regable de la Comunidad General de
Regantes del Canal de Aragón y Cataluña..... 36

Superficies de los cultivos y ocupaciones de la Comunidad General de Regantes del Canal
de Aragón y Cataluña 37

Matriz de confusión en la identificación de los cultivos y ocupaciones de la Comunidad
General de Regantes del Canal de Aragón y Cataluña 38

PROYECTO SIGDVD adjunto



1- INTRODUCCIÓN

1.1 Motivación del trabajo

A la vista de los resultados del convenio *Monitorización con teledetección de la superficie cultivada y evolución de su desarrollo vegetativo en la zona regable del Canal de Aragón y Cataluña en verano de 2013*, la Comunidad General de Regantes del Canal de Aragón y Cataluña (CGRCAAYC) está interesada en dar continuidad a dicho trabajo durante 2014. Para ello, se establece un convenio de colaboración con el Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA) denominado *Monitorización con teledetección de la superficie cultivada y evolución de su desarrollo vegetativo en la zona regable del Canal de Aragón y Cataluña en verano de 2014*. Además se acuerda ampliar el periodo de estudio, abarcando en esta ocasión de abril a septiembre.

1.2 Objetivos

Los objetivos que se persiguen son: (i) Obtener con imágenes de satélite el mapa de cultivos y ocupaciones en el Canal de Aragón y Cataluña para 2014; (ii) Analizar la distribución espacial de los cultivos y (iii) Conocer la evolución del desarrollo vegetativo de cultivos durante los meses de abril a septiembre de 2014.

1.3 Actividades desarrolladas

- Recopilación y puesta a punto de información de cultivos.
- Selección, preparación y extracción de información de las imágenes de satélite.
- Identificación y seguimiento de los cultivos.
- Generación de informes.

1.4 Estructura de la memoria

La memoria presentada contiene la información relativa a los trabajos desarrollados dentro del convenio. Consta de este documento y un DVD. El documento presenta la metodología seguida, así como los resultados y conclusiones obtenidos. Incluye también un Anejo con los contenidos y especificaciones del proyecto SIG generado, así como datos relativos a la



Convenio CITA-CGRCAAYC

Monitorización con teledetección de la superficie cultivada y evolución de su desarrollo vegetativo en la zona regable del Canal de Aragón y Cataluña en verano de 2014

Memoria

identificación de cultivos. En el DVD está toda la información de carácter territorial obtenida e incorporada en un sistema de información geográfica (SIG) que a petición de la CGRCAYC ha sido gvSIG. Así mismo se incluye hojas de cálculo (según formato definido por CGRCAYC) con información relativa a la superficie de cultivos e índice de vegetación en los fieltos y comunidades de regantes.

Durante el desarrollo del trabajo se fueron realizando entregas mensuales de resultados que daban cuenta del estado de los trabajos y de la información generada hasta el momento. Toda la información suministrada con anterioridad a la entrega de la presente memoria se considera provisional, siendo en la memoria actual donde se recoge la información concluyente del trabajo.

En la presente memoria se hace referencia en diferentes ocasiones a los trabajos precedentes realizados en el convenio suscrito en 2013. Toda la información relativa a dichos trabajos puede consultarse en los documentos e informes disponibles en la página web de la Comunidad General de Regantes del Canal de Aragón y Cataluña <http://www.cayc.es/index.php/es/> así como en *Casterad M.A., Portero C. y Gómez R. 2013. Monitorización con teledetección de la superficie cultivada y evolución de su desarrollo vegetativo en la zona regable del Canal de Aragón y Cataluña en verano de 2013*. Memoria de 31pp+Anejos, disponible en <http://citarea.cita-aragon.es/citarea/handle/10532/2645>

2- ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio es la misma que la del año 2013 y corresponde exclusivamente a la zona regable de la CGRCAyC (Figura 1).

Con 132 Comunidades de Regantes, cuenta con una superficie de riego de proyecto de 104850 ha, de las cuales aproximadamente la mitad se riegan por aspersión (cobertura fija y pivotes) y la otra mitad se riegan por gravedad y por goteo (27 y 23% respectivamente) (<http://www.cayc.es/index.php/es/>).

El Canal de Aragón y Cataluña riega la zona de estudio, canal que se abastece con agua proveniente del embalse de Joaquín Costa, conocido también como embalse de Barasona, y el de Santa Ana ambos en la provincia de Huesca. La CGRCAyC está dividida en cinco fielatos o zonas de riego: *Fielato de la Almunia* (5974 ha), *Fielato de Tamarite* (16566 ha); *Fielato de Zaidín* (37480 ha), *Fielato de Raimat* (26211 ha) y *Fielato de Fraga* (17350 ha).

En cuanto a cultivos se refiere, y según la información obtenida en los trabajos precedentes realizados en 2013, predominan los frutales, mayoritariamente de hueso, y los cultivos extensivos entre los que destacan las forrajeras (alfalfa principalmente), los cereales de verano (maíz principalmente) y los cereales de invierno (trigo y cebada principalmente). Estos cultivos suponen aproximadamente el 91% de la superficie de la zona regable, quedando un 6% sin cultivar.

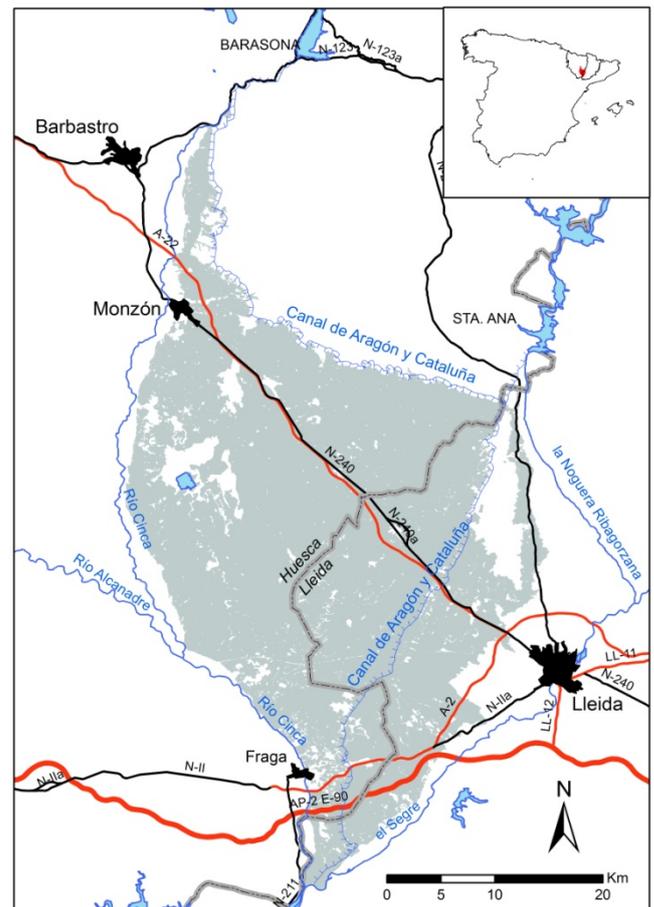


Figura 1.- Localización del área de estudio.



3- METODOLOGÍA SEGUIDA

3.1 Definición de las especificaciones cartográficas del trabajo

Previo al inicio del trabajo, y de mutuo acuerdo entre el CITA y la CGRCAYC, se determina que las especificaciones en relación al área de estudio y unidades de trabajo, representación cartográfica y almacenamiento de la información, e imágenes a utilizar sean las mismas que en 2013.

Así, el área de estudio corresponderá exclusivamente a la zona regable de la CGRCAYC. (103582 ha) y las unidades de trabajo serán los fielatos en los que se divide la CGRCAYC y las comunidades de regantes. La información de carácter territorial generada en el trabajo se incorporará en un sistema de información geográfica que será gvSIG que tendrá estructura similar al generado en 2013 y el mismo sistema geodésico de referencia, el Sistema de Referencia Terrestre Europeo 1989 (ETRS89) y Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator Universal Mercator (UTM), Huso 31.

Para la monitorización de los cultivos se seguirán utilizando imágenes del satélite Landsat 8 correspondientes a las escenas 198/31 y 199/31 que estén disponibles durante el periodo de abril-septiembre 2014. Se acuerda usar una imagen por mes y en caso de no disponer de imágenes válidas se valorará la posibilidad de adquirir alguna imagen de otro satélite.

Como horizontes temporales se fija la elaboración y entrega a la CGRCAYC del mapa de cultivos y ocupaciones en septiembre de 2014, de los mapas de superficie cultivada a finales de abril y finales de junio de 2014, respectivamente, y de los mapas de desarrollo del cultivo a final de cada mes.

3.2 Recopilación y puesta a punto de información de cultivos

En cuanto a la información territorial necesaria para el desarrollo del trabajo, la CGRCAYC estableció inicialmente sustituir la cobertura con información territorial utilizada en los trabajos realizados en 2013 por una nueva cobertura actualizada. Sin embargo, al inicio del trabajo en abril de 2014 dicha cobertura todavía no estaba disponible con la calidad necesaria para abordar el mismo en condiciones. Por eso, de mutuo acuerdo, la CGRCAYC y el CITA decidieron utilizar la misma cobertura CLASES_RE.shp que la empleada en 2013.



Se requiere una muestra de verdad terreno de cultivos para obtener con las imágenes de satélite los mapas de cultivo y realizar el seguimiento de los mismos. Las parcelas elegidas para obtener dicha verdad terreno son las mismas que las seleccionadas en 2013, completadas con más parcelas de viña. La CGRCAYC es quién, tomando como base la cobertura de parcelas verdad terreno generada en 2013 por el CITA, preparó la documentación necesaria para recabar en campo información sobre tipo de cultivo, estado y otras características relevantes para el estudio, y quién se encargó de recopilar dicha información. A diferencia de 2013, en 2014 se realizaron dos vistas a las parcelas: una durante la segunda quincena de abril donde se recopiló la información de los cultivos y ocupaciones presentes en ese momento, cereales de invierno y cultivos permanentes mayoritariamente; y otra en los últimos diez días de julio donde se volvieron a visitar las parcelas de cultivo que no presentaban cultivos permanentes, y por tanto eran susceptibles de sembrarse con un cultivo de verano, bien como primera o segunda cosecha. Además, durante la segunda campaña de campo se revisaron algunas parcelas en las que la asignación del cultivo u ocupación realizada en la primera campaña de campo era dudosa a la vista de la interpretación visual de las imágenes y la información recopilada en 2013. El dossier entregado a cada encuestador fue similar al de 2013 y el tipo de información que incluye puede verse en el Anejo I.3 de la memoria de dicho año.

Finalmente, a partir de la cobertura de parcelas verdad terreno que ya se tenía de 2013, se generó la cobertura definitiva de parcelas de verdad terreno 2014 (Parcelas_VT.shp), modificándola conforme a la información recopilada sobre los cultivos en este año. Dicha cobertura se incorporó en el SIG con la correspondiente base de datos asociada a ella en la que se incluye la información recabada en las dos visitas a campo. El cambio de cultivos entre 2013 y 2014 exigió realizar los correspondientes ajustes en la delineación de las parcelas verdad terreno para asegurarse que cada parcela (polígono) corresponde a un mismo uso o cultivo conforme a las especificaciones realizadas por los encuestadores. En la Figura 2 se muestra un ejemplo de ello.



Figura 2.- Verdad terreno en 2013 y 2014 (línea amarilla) sobre imagen Landsat del año para la misma superficie muestreada cada año.

3.3 Estrategia a seguir

A la vista de los buenos resultados obtenidos en 2013 se decidió no cambiar la estrategia para la identificación de los cultivos en la zona regable y el seguimiento de su desarrollo vegetativo, y continuar basándose en los NDVI (Índice de Vegetación de la Diferencia Normalizada) obtenidos para cada píxel de 30m30m (resolución espacial de las imágenes Landsat 8). La obtención del mapa de cultivos y ocupaciones para el año de estudio se realizó aplicando técnicas de clasificación de imágenes y árboles de decisión, analizándose la distribución espacial de los mismos y la evolución del desarrollo vegetativo en toda la *Zona de estudio*, los *Fielatos* y las *Comunidades de regantes*. Los resultados se presentan así mismo cuantitativamente mediante tablas y gráficos, y espacialmente a través de mapas y figuras.

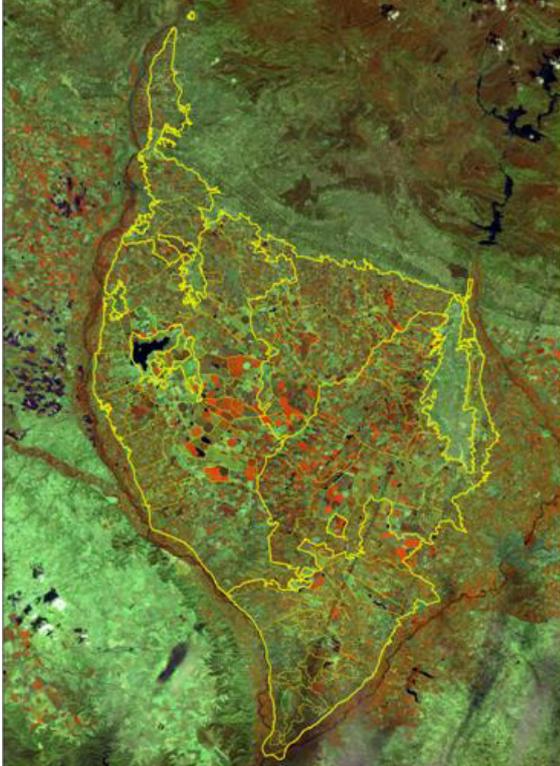
3.4 Selección, preparación y extracción de información de las imágenes de satélite

Se estuvo pendiente de la disponibilidad de imágenes del satélite Landsat 8 correspondientes a las escenas 198/31 y 199/31 en el servidor de imágenes del USGS (Servicio Geológico de EE.UU) ya que son las escenas en las que queda incluida el área de estudio. De todas las imágenes disponibles se seleccionaron 3 imágenes correspondientes a la escena 198/031 y 4 a la escena 199/031 (Tabla 1). Las imágenes de las escena 198/031 a menudo no incluyen parte de la zona del Fielato de la Almunia (Figura 3). En estos casos, se utilizó la imagen de la escena 199/031 precedente a la que presentaba el problema para completar la información en la zona que faltaba (Tabla 1).

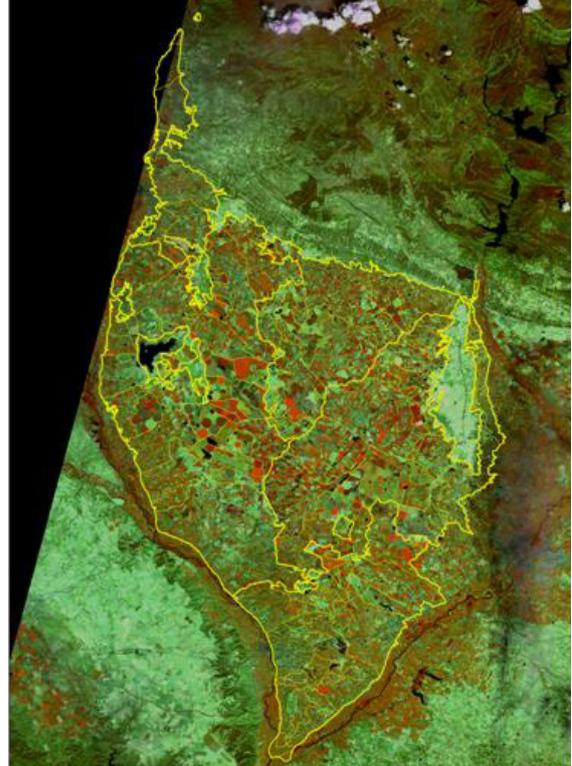
Tabla 1.- Imágenes Landsat 8 durante el periodo de estudio

Denominación Imagen	Escena 198/31	Escena 199/31	Observaciones
Abril	10 abril 2014		
Mayo		3 mayo 2014	
Junio2		4 junio 2014	<i>Nubosa en el sur de área de estudio</i> Utilizada para completar las zonas del área de estudio no incluidas en la imagen 13 de junio
	13 junio 2014		<i>No coge todo el área de estudio</i>
Junio		20 junio 2014	
Julio		22 julio 2014	
Agosto		7 agosto 2014	<i>Afección ligera por sombras de nubes en el este del área de estudio</i> Utilizada para completar las zonas del área de estudio no incluidas en la imagen 16 de agosto
	16 agosto 2014		<i>No coge todo el área de estudio</i>
Septiembre		8 septiembre 2014	

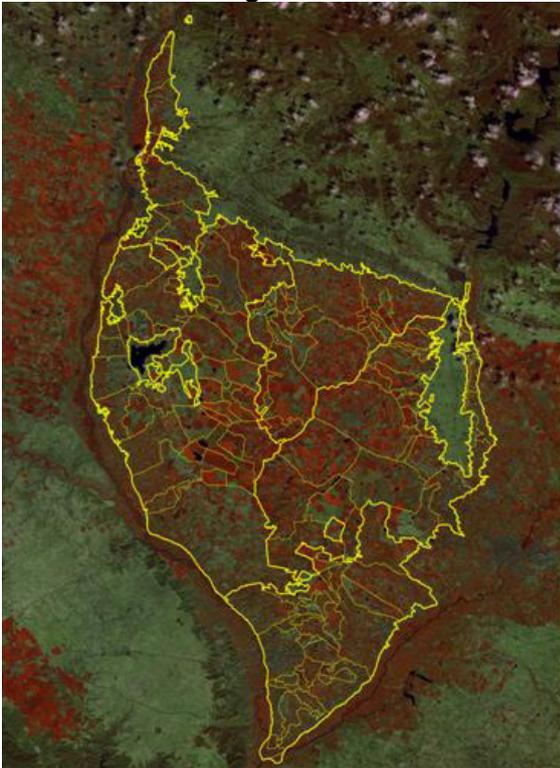
4 de junio de 2014



13 de junio de 2014



7 de agosto de 2014



16 de agosto de 2014

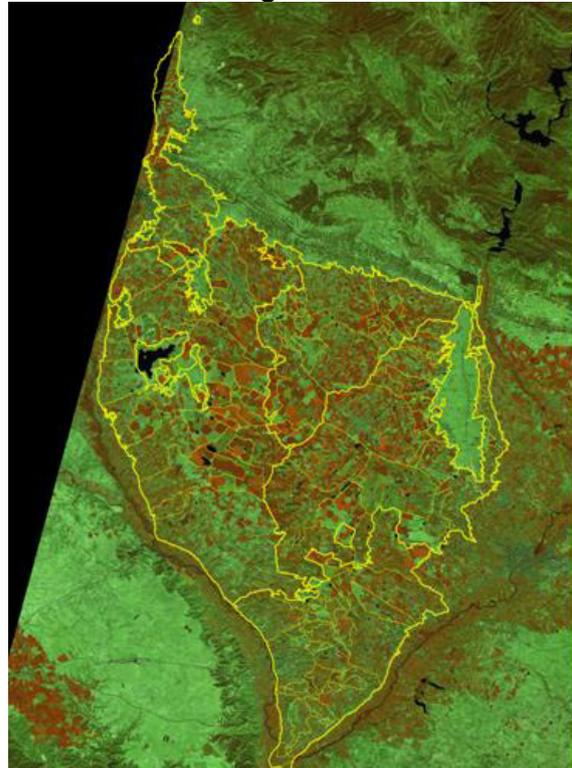


Figura 3. - Imágenes elegidas que no incluyen todo el área de estudio (derecha) e imágenes precedentes utilizadas para completarlas (izquierda)



En la preparación y extracción de información de las imágenes se siguieron los mismos pasos que los indicados en la memoria correspondiente a los trabajos de 2013, teniéndose imágenes corregidas geoméricamente con sistema ETRS89, coordenadas UTM zona 31N y radiométrica con valores de reflectividad de las que se obtuvo el NDVI utilizado para la identificación y seguimiento de los cultivos.

3.5 Identificación y seguimiento de los cultivos

Identificación de cultivos

Aunque no estaba contemplado en el convenio, a petición de la CGRCAYC se realizó en abril una primera identificación de cultivos para tener una idea de la superficie ocupada por los cultivos de invierno y permanentes. Para ello se procedió a la clasificación supervisada de la imagen Landsat 8 del 10 de abril de 2014, usando las bandas 1 a 7. Como verdad terreno se utilizaron las parcelas encuestadas en la primera campaña de campo erosionadas hacia el interior para intentar minimizar el efecto de los píxeles de borde o mixtos de las mismas. La clasificación obtenida se depuró y mejoró mediante árboles de decisión teniendo en cuenta la información de los mapas de cultivos y ocupaciones generados en 2013 y la información territorial incluida en la cobertura CLASES_RE.shp. Partiendo de esta identificación de cultivos realizada en abril, se fueron ajustando con los NDVI derivados de las imágenes seleccionadas (Tabla 1) las superficies de los diferentes cultivos y ocupaciones hasta tener en julio, justo cuando los cultivos de verano y dobles cosechas ya están implantadas, una aproximación de la superficie ocupada por cada uno de ellos. La entrega de la información relativa a la superficie cultivada en junio se retrasó a julio para incluir la superficie de parcelas con doble cosecha. En la imagen del 20 de junio de 2014 muchas de estas parcelas todavía presentan NDVI menores de 0,3 típicos de parcelas en las que hay suelo desnudo o muy poca actividad vegetativa.

Finalmente en septiembre se obtuvo el mapa definitivo de cultivos y otras ocupaciones de la zona regable en 2014. Al extenderse el trabajo en 2014 de abril a septiembre, y no limitarse únicamente a fechas en las que están presentes los cultivos de verano y permanentes como ocurría en 2013, hubo que buscar de nuevo estrategia de clasificación que proporcionase una buena discriminación. Tras probar diferentes estrategias usando bandas espectrales o NDVI, se optó por una clasificación supervisada de las imágenes NDVI combinada con la aplicación a árboles de decisión. Primero se procedió a la clasificación supervisada de las seis imágenes NDVI de abril a agosto (Tabla 1) generándose las firmas espectrales a partir de las parcelas de verdad



terreno. La clasificación resultante se depuró con información relativa al sistema de riego disponible en la cobertura CLASES_RE.shp. Las masas de agua y el arroz se delimitaron por clasificación supervisada de las bandas de las imágenes, abril, junio2 y julio. El agua presente en estas dos categorías les confiere unas características espectrales que permiten en estas fechas una buena diferenciación del resto de coberturas, comprobándose con interpretación visual de composiciones falso color de las imágenes que las superficie así delimitadas se ajustaban mejor que las obtenidas por NDVI y que además se conseguían identificar teselas de menor tamaño que de otro modo no aparecían. Una vez obtenida esta primera clasificación se aplicaron árboles de decisión basados en umbrales de NDVI. Finalmente, se buscó minimizar la superficie (píxeles) no asignada a alguna categoría realizando una clasificación no supervisada. La fiabilidad de la cartografía obtenida se evaluó mediante matrices de confusión usando las parcelas de verdad terreno.

De la cartografía digital obtenida se extrajeron las superficies ocupadas por cada cultivo u ocupación en la *zona regable*, *fielato* y *comunidad de regantes*, información que sirvió para analizar la distribución espacial de los cultivos y conocer la evolución de la superficie ocupada por cada uno de ellos en las mencionadas demarcaciones.

Evolución del desarrollo vegetativo

El seguimiento de la actividad vegetativa en la zona regable de la CGRCAYC se llevó a cabo con las imágenes NDVI a tres niveles, *zona regable*, *fielato* y *comunidad de regantes*.

Por un lado se determinó para cada mes el grado de desarrollo de los cultivos o actividad vegetativa. Para ello se siguió el mismo procedimiento que el empleado en 2013: reclasificación de NDVI en 11 categorías y extracción de la superficie ocupada por superficie de agua profunda y sombras ($NDVI \leq 0$), la de nubes y suelos desnudo ($NDVI$ de 0 a 0,2), la que presentaba poca actividad vegetativa o vegetación poco densa ($NDVI$ de 0,2 a 0,5) y la que tenía gran actividad vegetativa o vegetación densa ($NDVI > 0,5$).

Por otro lado, se identificó con la imagen de abril la superficie que presenta vegetación activa, la que no presentaba vegetación activa y la superficie con agua. Para ello se buscaron los umbrales de NDVI asociados a cada una de estas categorías. Esta información sirve para conocer la superficie no cultivada y junto con la identificación de cultivos y ocupaciones obtenida en abril puede dar una idea de la superficie susceptible de estar ocupada por cultivos de verano, tanto de



primer como segunda cosecha. La información sobre superficie cultivada y no cultivada al inicio del verano se puede sacar de la superficie de cultivos y ocupaciones suministrada en julio, superficie establecida tras los ajustes mensuales realizados en la identificación de cultivos de abril ya indicados.

La información generada se asoció a la cobertura de los Fielatos y a la de las Comunidades para, con ayuda del SIG, realizar análisis espaciales de la evolución del desarrollo del cultivo y plasmar dicha evolución gráficamente.

3.6 Información generada

Se enumera a continuación la información básica generada a partir de la cual se han obtenido los resultados presentados en este trabajo. Esta información se suministra en el DVD adjunto a este documento.

- Verdad – Terreno de cultivos

- Parcelas de verdad-terreno: cobertura shapefile *Parcelas_VT.shp*.

- Índices de Vegetación de la Diferencia Normalizada (para las fechas de las 6 imágenes seleccionadas *NDVI20140410.img*, *NDVI20140503.img*,..... *NDVI20140908.img*)

- NDVI por Fielatos y Comunidades de regantes: Coberturas shapefile *Fielato_P_añomesdía.shp*, *Fielato_S_añomesdía.shp*, *Comunidades_P_añomesdía.shp*, *Comunidades_S_añomesdía.shp* (*P* porcentaje, *S* superficie) y hojas de cálculo Excel *NDVI_fielatos.xlsx*, *NDVI"nombrecomunidad".xlsx*

- Cartografía de cultivos y ocupaciones (*Cultivos_2014.tif* y *VegetacionActiva20140410.tif*)

- Superficie de Cultivos en cada Fielato y Comunidad de Regantes: Coberturas shapefile *Fielatos_Cultivos_2014_Sup.shp* y *Comunidades_Cultivos2014_Sup.shp* y hoja de cálculo Excel *Cultivos_2014.xlsx*.

- Cobertura del suelo en la zona regable: cobertura shapefile *VegetacionActiva20140410.shp* y hoja de cálculo Excel *VegAct_fielatos.xls*

- Proyecto gvSIG

- *CAyC_2014.gvp*

4- RESULTADOS OBTENIDOS

4.1 Disponibilidad de información

Información territorial

Los trabajos se comenzaron con la nueva cobertura territorial disponible para 2014. Como ya se ha indicado hubo que sustituirla por la utilizada en el año 2013. Ello retrasó la obtención y entrega de los datos correspondientes al mes de abril, información que se proporcionó en mayo.

En la memoria del convenio de 2013 se pueden encontrar detalles sobre la información territorial utilizada. Esta información ha sido útil para los propósitos del estudio en 2014. Las dificultades señaladas en la memoria de 2013 sobre el uso del parcelario disponible para la obtención de verdad terreno se han visto aminoradas al haber utilizado para la obtención de la verdad terreno las mismas parcelas que en 2013. En la cobertura de parcelas verdad terreno que se generó en 2013, la delimitación de las parcelas ya estaba ajustada según el uso de 2013, es decir ya corresponden a parcelas-uso. Esto hizo que en 2014 fuera más fácil la localización de las parcelas a visitar en campo, la asignación de cobertura (cultivo u ocupación), así como la incorporación de la información en el SIG, ya que el número de parcelas que exigían una nueva delineación en 2014 fue mucho menor.

Información de cultivos

Se visitaron en campo 347 parcelas. Tras el erosionado de las mismas (eliminación de píxeles de borde) requerido en algunos procesos y la eliminación de parcelas susceptibles de meter ruido al usarlas como verdad terreno por no cumplir las condiciones espectrales requeridas, se ha contado finalmente con 269 parcelas de verdad terreno que suponen una superficie de 2376 ha y representa el 2,3% de la superficie de la zona regable de la CGRCAYC. Estas cifras son similares a las de 2013 con 341 parcelas visitadas que quedaron en 266 tras el erosionado lo que supuso 2502 ha, 2,4% de la zona regable.

En algún caso se constató que la asignación del uso a la parcela no corresponde con lo que visualmente se aprecia en la secuencia de imágenes. Siempre y cuando se han detectado incongruencias de esta tipo se han obviado dichas parcelas como verdad-terreno.

Como puede apreciarse en la Tabla 2, las Dobles cosechas son las más representadas en la verdad terreno seguidas de la Alfalfa y los Leñosos (Tabla 2).

Tabla 2.- Representación (%) de cada cultivo en la verdad terreno

VERDAD TERRENO	%
ALFALFA	23,6
ARROZ	1,2
CEREAL DE INVIERNO	8,8
Cebada	0,8
Cereal	0,8
Trigo	7,2
LEÑOSO	17,0
Frutal hueso	4,3
Frutal pepita	1,7
Frutal	3,1
Olivo	0,2
Viña	7,8
DOBLE COSECHA	34,7
Cebada	6,3
Cereal	4,1
Guisante	3,5
Raygras	16,4
Sin cultivo	0,0
Trigo	4,3
MAIZ	14,3
SIN CULTIVO	0,4
OTROS	0,1
TOTAL	100,0

Las deficiencias en la representatividad de la muestra detectadas en el trabajo de 2013 siguen presentes este año al no haberse cambiado el muestreo. La inclusión de nuevas parcelas de viña ha permitido mejorar su representatividad en la verdad terreno.

A la vista de las posibilidades que ofrece la verdad terreno tanto en 2013 como en 2014, así como de los resultados obtenidos en la identificación de cultivos y ocupaciones, se debería en futuros trabajos replantear el muestreo para que fuera más operativo, tanto a la hora de realizar la clasificación como para la evaluación de la misma. Además es necesario concienciar a los encuestadores sobre la importancia que tiene esta información para el buen desarrollo del trabajo.



Imágenes

Como ya se ha indicado, dos son las escenas Landsat 8 en las que queda incluida el área de estudio. Mientras que la escena 199/031 siempre contiene toda la demarcación de la CGRCAYC, la escena 198/031 no la coge completamente en la mayoría de las fechas quedando fuera superficie de la zona noroeste (Figura 3).

Conforme a lo previsto inicialmente en el trabajo, se ha podido contar de abril a septiembre con una imagen por mes que incluyera toda el área de estudio y estuviera libre de nubes. Únicamente para agosto no se dispuso de una imagen con información útil para toda la zona de estudio. Fue necesario realizar un mosaico con dos escenas. La parte de la CGRCAYC no incluida en la escena 198/31 libre de nubes que se tiene del 16 de agosto se completó con la información de la imagen del día 7 correspondiente a la escena 199/31, imagen que si bien presenta nubes, estas no son relevantes en la zona sin información de la escena del día 16. Además, a la vista de los resultados obtenidos tras las pruebas de clasificaciones realizadas para tener el mapa de cultivos y ocupaciones de 2014, se consideró imprescindible incluir una imagen más en junio cuando ya se manifiestan cambios relevantes en el patrón de cultivos pues se cosechan los cultivos de invierno, ya se parecía el desarrollo de los de verano y se aprecian cambios en las parcelas de alfalfa como consecuencia de los cortes. Con la incorporación de esta imagen se persigue principalmente conseguir una mejor discriminación de las dobles cosechas y de la alfalfa. A falta de una escena en condiciones para ese momento, se realizó con las dos escenas consecutivas disponibles en junio el mosaico denominado Junio 2 (Tabla 1).

En el estudio de la evolución del desarrollo vegetativo (actividad vegetativa) se ha utilizado el NDVI de cada mes, escogiéndose en junio el de la imagen del día 20 y en agosto del de la del día 16. En este caso no se completa en Agosto la zona del área de estudio que no está incluida en la imágenes del día 7, ya que una semana de diferencia sí se considera relevante en cuanto a la variación de valores del NDVI y la distribución en las categorías que se hace conforme a este indicador de desarrollo (Apartado 3.5). La información de todos los NDVI en el área de estudio se suministra en las bases de datos generadas y el SIG, si bien se deberá tener en cuenta cuando se utilice, la superficie afectada por las nubes y sus sombras, las zonas con neblina y la superficie del área de estudio sin datos.

Se debería intentar incorporar en estudios futuros una imagen un poco más temprana a las utilizadas, de marzo, cuando los cereales de invierno y la alfalfa ya están activos vegetativamente pero los frutales todavía no tienen casi hojas pues probablemente ayudaría a lograr un mejor

discriminación de los cultivos y realizar un seguimiento más completo de la evolución de su desarrollo.

4.2 Identificación de los cultivos

Los cultivos en la zona regable de la CGRACYC durante 2014 se presentan en un mapa que se incluye en el Anejo de esta Memoria y en el Proyecto SIG incluido en el DVD adjunto. La información sobre la superficie de cada cultivo y ocupación en toda el área de estudio, en cada fielato y en comunidad de regantes puede consultarse en las bases de datos y en el proyecto SIG incluidos en el DVD.

Abril 2014

Con la imagen de 10 de abril de 2014 del sensor OLI del satélite Landsat 8 se realizó una primera identificación de cultivos a partir de la reflectividad de las bandas 1 a 7. Esta identificación permite estudiar las posibilidades que se tienen de conocer los cultivos existentes antes de las siembras de verano. Los resultados que se obtienen y la fiabilidad con la que se discriminan los cultivos están condicionados por el hecho de que se ha obtenido usando una única imagen de abril. El *Mapa de cultivos y otras ocupaciones en la zona regable de la CGRACYC* obtenido en esta fecha se suministró a la CGRACYC, si bien no se incluye en esta memoria dado el carácter provisional del mismo.

Conforme a la clasificación obtenida en abril, la superficie de la zona regable se reparte principalmente en cuatro grupos de cultivos y ocupaciones: *Extensivos de invierno* con el 34% de la superficie (33% Cereales de invierno y 1% Guisante), *Leñosos* con el 26%, *Forrajeras* (Alfalfa) con el 13% y *Sin cultivo* con el 23%. El 4% restante lo ocupan las *Masas de agua* (2%) y otras superficies que no se han podido asignar a ninguna categoría y se han denominado *Sin identificar* (2%). En abril las firmas espectrales utilizadas en la clasificación de algunos de los cultivos presentes en el área regable de la CGRACYC son parecidas produciéndose confusiones entre ellos que dificultan su discriminación, tal y como se detallará más adelante.

Prácticamente toda la superficie de *Extensivos de invierno* corresponde a cereales de invierno, mayoritariamente cebada y trigo según la verdad terreno, aunque también se cultiva raigrás y guisante. La discriminación individualizada de estos cultivos no ha sido posible con fiabilidades aceptables. El raigrás, aunque cultivo forrajero, es una gramínea con firma espectral parecida a la de cebada y trigo (Figura 4). Los tres cultivos se encuentran en la fecha de la imagen

en pleno desarrollo vegetativo, siendo imposible su discriminación con una fiabilidad aceptable. De ahí que se hayan incluido en una misma categoría denominada *Cereales de invierno*. Entre los cultivos extensivos de invierno, únicamente el guisante presenta una buena separabilidad del resto y se ha discriminado con buena fiabilidad. Se trata de un cultivo con escasa representación en la zona regable, pero concentrado en zonas o parcelas concretas de gran tamaño.

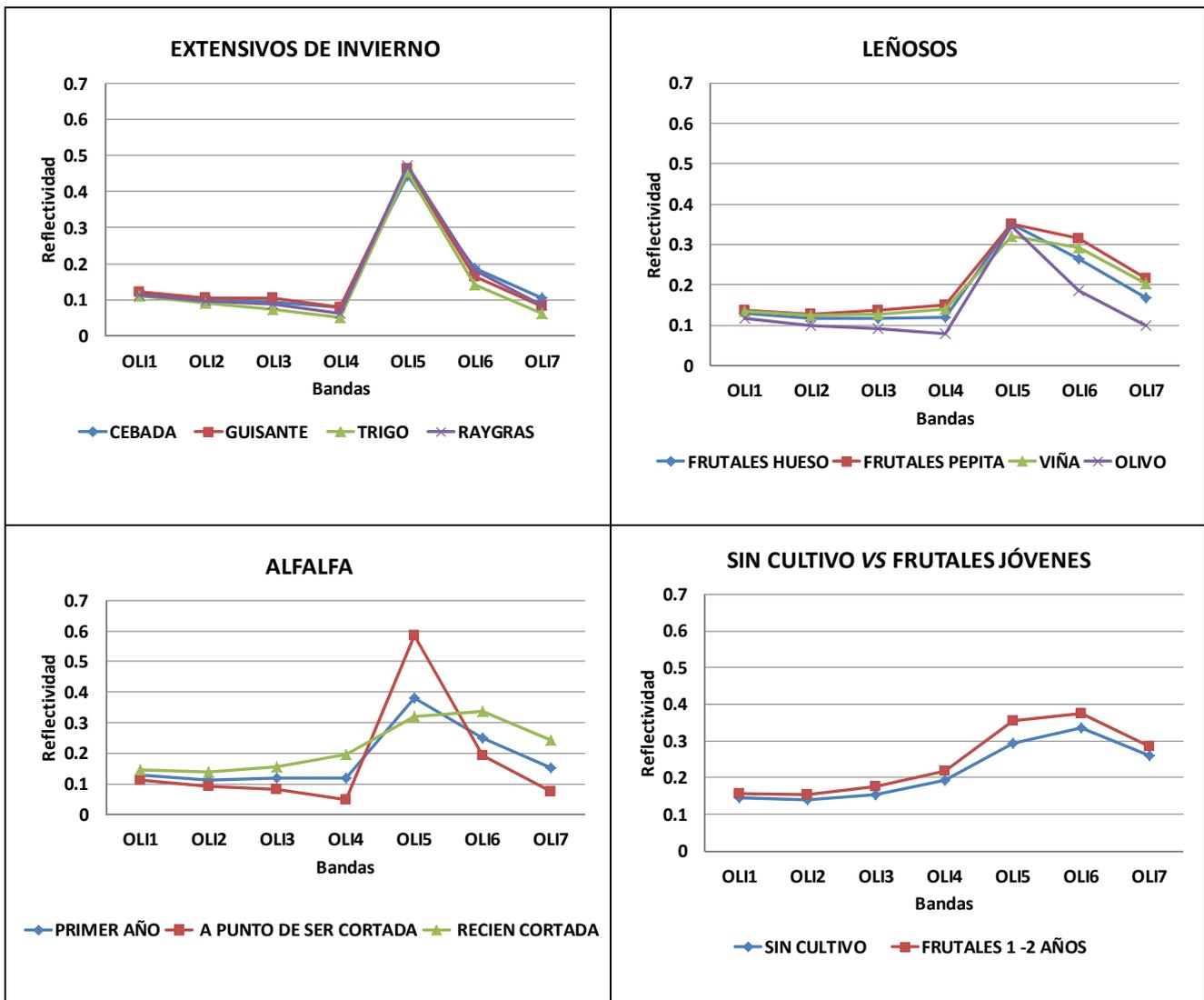


Figura 4- Firmas espectrales a 10 de abril de 2014 obtenidas con el sensor OLI de Landsat



La utilización de una única imagen de abril supone ciertas limitaciones en su discriminación por confusiones con otros cultivos y categorías como Alfalfa, Leñosos y *Sin cultivo* que puede disminuirse usando imágenes multitemporales.

En la categoría *Leñosos* se incluyen los frutales y otros leñosos como la viña y el olivo. La discriminación individualizada no ha sido posible con fiabilidades aceptables, ni tampoco una discriminación de diferentes especies de frutales o de las especies de hueso frente a las de pepita (Figura 4). Las principales causas de ello, como ya se indicó en la memoria de 2013, son: la representatividad de la verdad terreno, la resolución espacial de las imágenes (30m x 30m) y las fechas utilizadas. Cabría esperar que la identificación de *Leñosos*, superficie y localización, fuera muy similar a la determinada 2013 pues son cultivos plurianuales, sin embargo se observan diferencias y la superficie es superior a la dada en el año 2013. La información utilizada para la discriminación de los cultivos y ocupaciones fue muy diferente en 2013 y en 2014 en cuanto a: información espectral, bandas espectrales en 2013 y NDVI en 2014; número de imágenes utilizado, una única imagen en 2013 y varias imágenes en 2014; fecha de las imágenes, abril en 2013 y final mayo a septiembre en 2014. En cada año se dan unas ventajas e inconvenientes que suponen las diferencias encontradas en la identificación. A priori, los resultados obtenidos en 2014 están limitados por haberse usado una única imagen y de una fecha, abril, en la que hay confusiones de los leñosos con otros cultivos presentes en ese momento, principalmente alfalfa. Se constata que en la discriminación de la categoría *Leñosos* es imprescindible incluir en el proceso de clasificación una depuración con información adicional a la proporcionada por las imágenes, ya que si no se sobreestima considerablemente su superficie en detrimento del cultivo de *alfalfa*.

El cultivo forrajero predominantemente es la *Alfalfa* con una importante representación en la zona regable. La utilización de una única imagen de abril dificulta su discriminación al coexistir en la fecha de la imagen parcelas con diferentes estado vegetativo: bien desarrolladas, otras recién cortadas, etc. (Figura 4). Anteriormente ya se han comentado las confusiones que se producen entre *Alfalfa* y *Leñosos* y como se logra disminuirlas. La plurianualidad de los *Leñosos* y *Alfalfa* deberá aprovecharse en el futuro para su discriminación teniéndose en cuenta la información, tanto espectral como cartográfica, obtenida en años precedentes. Presumiblemente se mejorará así la identificación de estas categorías.

En la categoría *Sin Cultivo* quedan incluidas las parcelas que no tienen vegetación activa y por tanto ningún cultivo en esta fecha. Dichas parcelas pueden estar en barbecho, improductivo, monteriza y labradas. Con la imagen utilizada se detectan ciertas confusiones con parcelas de



leñosos jóvenes donde la respuesta espectral se debe en gran medida al suelo (Figura 4), ya que todavía presentan cobertura vegetal incipiente; y con algunas parcelas de cultivo con muy escasa actividad vegetativa.

En cuanto a las *Masas de agua*, corresponden a las balsas existentes en la zona regable. La clasificación realizada completa y actualizarla la disponible en la cobertura CLASES-RE.shp. La utilización de una única imagen presenta el inconveniente de que no se identifique alguna de las balsas existentes si en ese momento está vacía o sin llenar completamente.

Finalmente señalar que los píxeles no asignados a ninguna categoría, categoría denominada *Sin asignar*, pueden corresponder a cultivos u ocupaciones no recogidos en la verdad terreno y por tanto no identificados; y a zonas en las que los cultivos y ocupaciones identificadas presentan características anormales. Esta categoría es la equivalente a la definida como *Otras clases* en la memoria del convenio de 2013.

Año 2014

Los cultivos y ocupaciones identificados en 2014 se presentan en el mapa *Cultivos y otras ocupaciones en la zona regable de la CGRCAAY, Año 2014*. La fiabilidad con la que se han identificado las diferentes categorías se puede consultar en el apartado Matrices de confusión del Anejo I.3. Estas fiabilidades se han obtenido a partir de la misma verdad terreno utilizada en la clasificación, por lo que como es sabido suelen ser más altas de lo que se obtendría con otra verdad terreno independiente.

La superficie de la zona regable se reparte principalmente en cinco grupos: *Cultivos permanentes* con el 46%, (27% *Leñosos* y 19% *Alfalfa*), *Dobles cosechas* con un 15%, *Cultivos de verano* con un 13% (12% *Maíz* y 1% *Arroz*), *Cultivos de invierno (Extensivos invierno)* con un 13% y *Sin cultivo* con un 6%. La superficie restante corresponde a las *Masas de agua* con un 2%, quedando un 5% de la superficie regable sin asignar a ninguna categoría.

El mapa de cultivos obtenido presenta algunas diferencias respecto a la identificación realizada en abril, tanto en las categorías discriminadas como en su distribución en el territorio. Se debe a que aparecen nuevos cultivos no presentes en abril y se cuenta con siete imágenes distribuidas a lo largo de la campaña agrícola entre abril y septiembre, lo que permite abordar otro procedimiento para la identificación de los cultivos y ocupaciones diferente al seguido para la obtención del mapa de abril donde únicamente se usa una imagen. Este nuevo procedimiento proporciona resultados más robustos y fiables.



Las superficies de cultivo identificadas como *Extensivos de invierno* y *Maíz* son muy fiables pues en el caso de los *Extensivos de invierno* corresponden a píxeles con NDVI altos en las imágenes de abril y mayo y bajos en las de julio y agosto y al contrario para el *Maíz*, no existiendo ninguna otra categoría con estas características. El *Arroz* y las *Masas de agua* también se identifican muy bien dada su peculiar respuesta espectral en las imágenes elegidas para su clasificación. Las zonas identificadas *Sin cultivo* son las únicas que presentan siempre valores de NDVI muy bajos y por tanto también se identifican bien. Sin embargo, la fiabilidad con la que se discrimina esta categoría es menor a la del resto de categorías según la información que proporciona la matriz de confusión. Se observa que algunas parcelas de verdad terreno identificadas como Sin cultivo se han clasificado como *Cereales de invierno* y como *Leñosos*, y que una parte reseñable de lo clasificado como *Sin cultivo* era *Leñosos*, posiblemente por confusión con las plantaciones jóvenes.

Las mayores dificultades de discriminación se han encontrado en los cultivos permanentes: *Leñosos*, *Alfalfa* y *Dobles cosechas*. La presencia en las parcelas de estos cultivos durante todo el periodo de estudio no permite utilizar para su discriminación criterios directamente tan excluyentes como los usados en las otras las categorías. Ha sido necesario aplicar criterios múltiples basados en: valores NDVI en fechas críticas, como son las de corte de la alfalfa o periodo de transición entre cultivo de invierno y verano en las dobles cosechas; en el tipo de riego; y en la plurianualidad de alfalfa y frutales con información al respecto sacada del mapa elaborado en 2013.

La variedad de tipos de *Dobles cosechas* que se dan en la zona regable, cebada-maíz, trigo-maíz, guisante-maíz y raygras-maíz principalmente, hacen que en las dobles cosechas la época de transición del cultivo de invierno al de verano sea variada y escalonada en las parcelas con esta categoría. Se ha constatado que es imprescindible contar con más de una imagen en este periodo de transición para una buena identificación, tanto de las dobles cosechas en conjunto como de las diferentes dobles cosechas individualmente. La utilización de dos imágenes en junio ha sido clave en su identificación.

En cuanto a la *Alfalfa*, la variabilidad de casuísticas que se producen con los cortes complica las decisiones para su discriminación, además de dar una curva de evolución de NDVI media (firma espectral basada en NDVI) similar a la que se tiene con los leñosos. La incorporación de la imagen Junio2 ha supuesto una mejora notable en la discriminación de la alfalfa. Por otro lado, la incorporación de más imágenes de verano permitirá una mejor caracterización de los cortes y por tanto más versatilidad a la hora de definir los criterios discriminatorios. Los resultados



obtenidos en 2014 y en 2013, avalan la conveniencia de usar más de una imagen por mes, sobre todo del verano, para identificar con garantía las superficies de alfalfa.

La superficie de *Leñosos* tiende a sobreestimarse en las diferentes clasificaciones ensayadas siendo necesario aplicar variadas reglas de decisión, algunas basadas en información adicional sobre el sistema de riego suministrada en la cobertura CLASES_RE.shp. Al no estar dicha cobertura actualizada lleva en ocasiones a cometer algunos errores no deseados en la identificación. La actualización de dicha cobertura que tiene prevista la CGRCAYC supondrá un gran avance. Además, se detecta la asignación a *Leñosos* de píxeles de los márgenes de parcelas, pivotes, etc. donde la respuesta espectral no es la del cultivo. Este efecto se ha minimizado en la medida de lo posible con la aplicación, exclusivamente a esta clase, de un filtro de mayoría 3x3.

En general, es en las comunidades que presentan parcelas de pequeño tamaño y en las que las comunidades por modernizar donde se constatan peores resultados en la identificación de cultivos. El fielato más afectado es el de la Almunia, donde además se tiene el hándicap de disponer habitualmente de menos imágenes útiles, bien por nubes o bien por falta de datos en parte de su superficie.

El mapa de cultivos y otras ocupaciones obtenido en 2014 es más fiable que el obtenido en 2013 pues se ha realizado con información de un periodo más amplio que abarca también ciclo de cultivos de invierno (abril-septiembre en 2014 frente a finales mayo –septiembre en 2013) y siguiendo un procedimiento más restrictivo en la asignación de píxeles a una categoría, procedimiento que prima en caso de tener la menor duda en los criterios establecidos la no asignación a la categoría. Además se ha contado con el apoyo de dos campañas de campo y del mapa de cultivos obtenido en 2013.

La comparación para toda el área regable de las superficies identificadas en 2013 y 2014 (Figura 5), muestra que las mayores diferencias se producen en los cultivos permanentes. Los *Leñosos* pasan de ocupar el 23,7% de la superficie en 2013 al 27,4% en 2014, y en *Alfalfa* la superficie desciende pasando de representar un 23,5% en 2013 a un 18,6% en 2014. En ambas categorías, la identificación es problemática y está condicionada por diferentes aspectos que ya se han comentado en esta memoria. Los conocimientos adquiridos durante los dos años de estudio, tanto en relación al procedimiento de discriminación como a la localización de la superficie ocupada por estos cultivos permanentes ayudarán en el futuro a mejorar su identificación.

Memoria

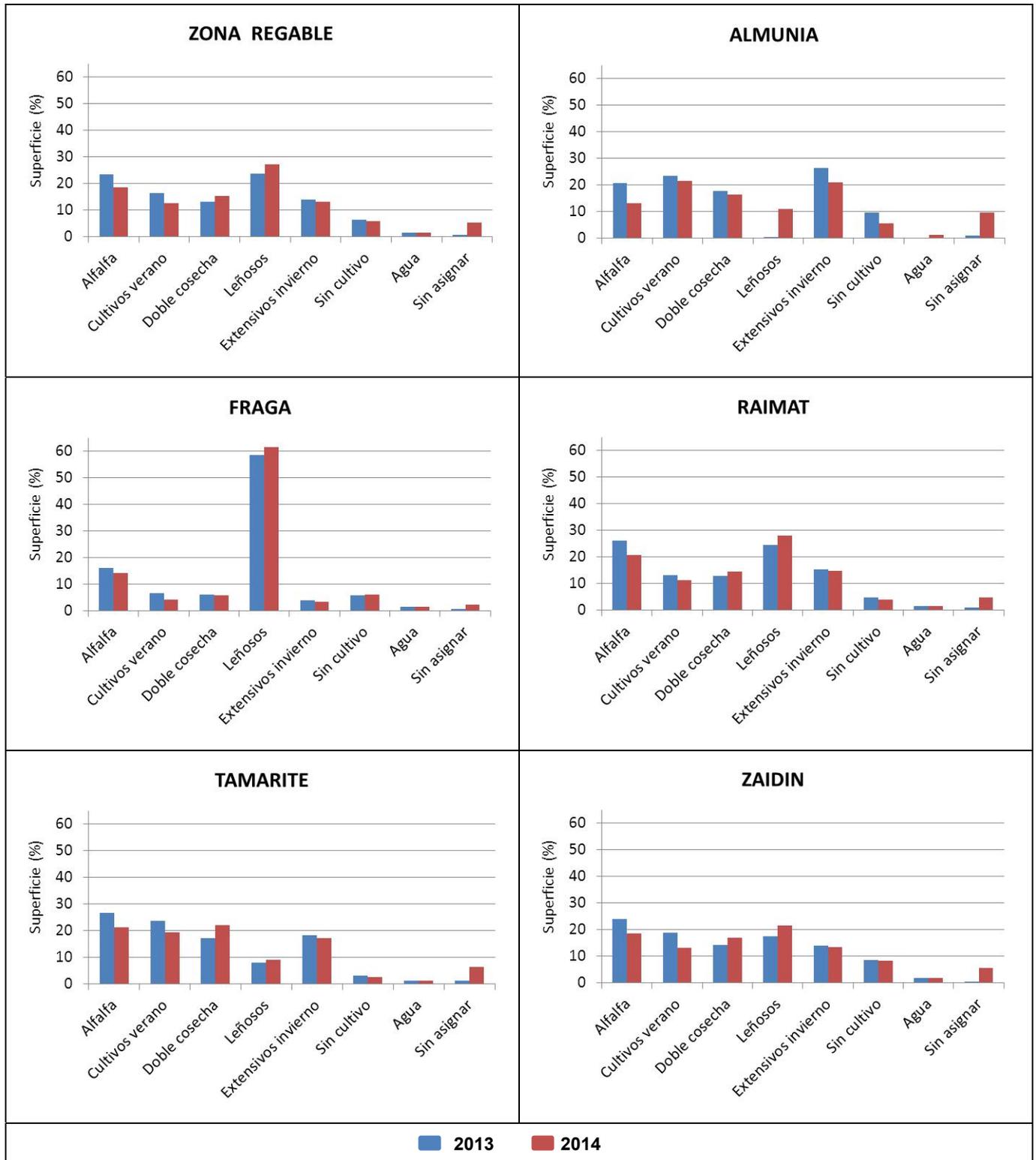


Figura 5. Distribución de la superficie de cultivos y ocupaciones en la Zona regable de la CGRCAYC y de los Fielatos en 2013 y 2014.



En cuanto al resto de cultivos, ha disminuido la superficie de *Cultivos de verano* identificada (del 16,5% al 12,7%) y algo la de *Extensivos de invierno* (del 14,0% a 12,2%) mientras que las *Dobles cosechas* han aumentado (del 13,3% al 15,3%). El procedimiento de identificación seguido lleva a tener en 2014 mayor superficie en la que no se ha podido identificar un cultivo u ocupación que en 2013.

En los fielatos se parecían tendencias similares a las observadas para toda la zona regable de la CGRCAYC. Únicamente se dan diferencias reseñables en los Fielatos de la Almunia y Fraga, siendo los únicos casos en los que las *Dobles cosechas* aumentan de 2013 a 2014. Además, es únicamente en el Fielato de Fraga donde disminuye la superficie *Sin Cultivo*

El fielato de la Almunia es el que más discrepa del resto. Si bien presenta tendencias similares en cuanto a aumento o descenso de la superficie, exceptuando las *Dobles Cosechas*, es el fielato con variaciones cuantitativas de superficies (incremento o decremento) más acusadas, destacando en 2014 el relevante descenso en el porcentaje de superficie de *Extensivos de invierno*, *Sin cultivo* y sobre todo *Alfalfa*, y el relevante aumento de la superficie de *Leñosos* respecto a 2013. Como ya se ha comentado anteriormente, esta zona de la CGRCAYC es la que más problemas presenta en la clasificación. Por contra, es en el fielato de Fraga, mayoritariamente ocupado por leñosos, en el que se dan en general las menores diferencias en cuanto a porcentaje de superficie entre 2013 y 2014 para los diferentes cultivos y ocupaciones.

Los resultados obtenidos para las comunidades de regantes no se presentan en la memoria, si bien pueden extraerse y consultarse en las bases de datos y proyecto SIG incluidos en el DVD.

4.3 Evolución del desarrollo vegetativo

En el proyecto SIG contenido en el DVD adjunto se incluye la información necesaria para realizar consultas en relación a la evolución en la zona regable de la CGRCAYC del desarrollo vegetativo (actividad vegetativa) de los cultivos a partir de la los NDVI, así como representaciones gráficas por fielatos y comunidades de regantes.

La actividad vegetativa en cada fielato y comunidad, y por tanto el desarrollo vegetativo, va ligado a los cultivos y ocupaciones presente en cada momento, su representación en cuanto a superficie y su ciclo fenológico.



Convenio CITA-CGRCAAYC

Monitorización con teledetección de la superficie cultivada y evolución de su desarrollo vegetativo en la zona regable del Canal de Aragón y Cataluña en verano de 2014

Memoria

El igual que ocurría en el año 2013, todos los fielatos de la CGRCAYC presentan en general un patrón bastante similar en cuanto a porcentaje de superficie con determinado desarrollo vegetativo según las categorías establecidas en función del NDVI (Figura 6). La superficie con NDVI inferiores a cero tiene escasa relevancia y nunca superan el 1% de la superficie de la zona regable del fielato. Esta superficie corresponde principalmente a las balsas que están llenas con agua. En todas las fechas de estudio y fielatos predomina la superficie con NDVI >0,5, excepto para el 20 de junio donde predomina la superficie con NDVI entre 0,2 y 0,5 (también existe un ligero predominio de esta superficie en el Fielato de Fraga el 3 de mayo). Las superficies con NDVI entre 0 y 0,2 nunca superan el 20%.

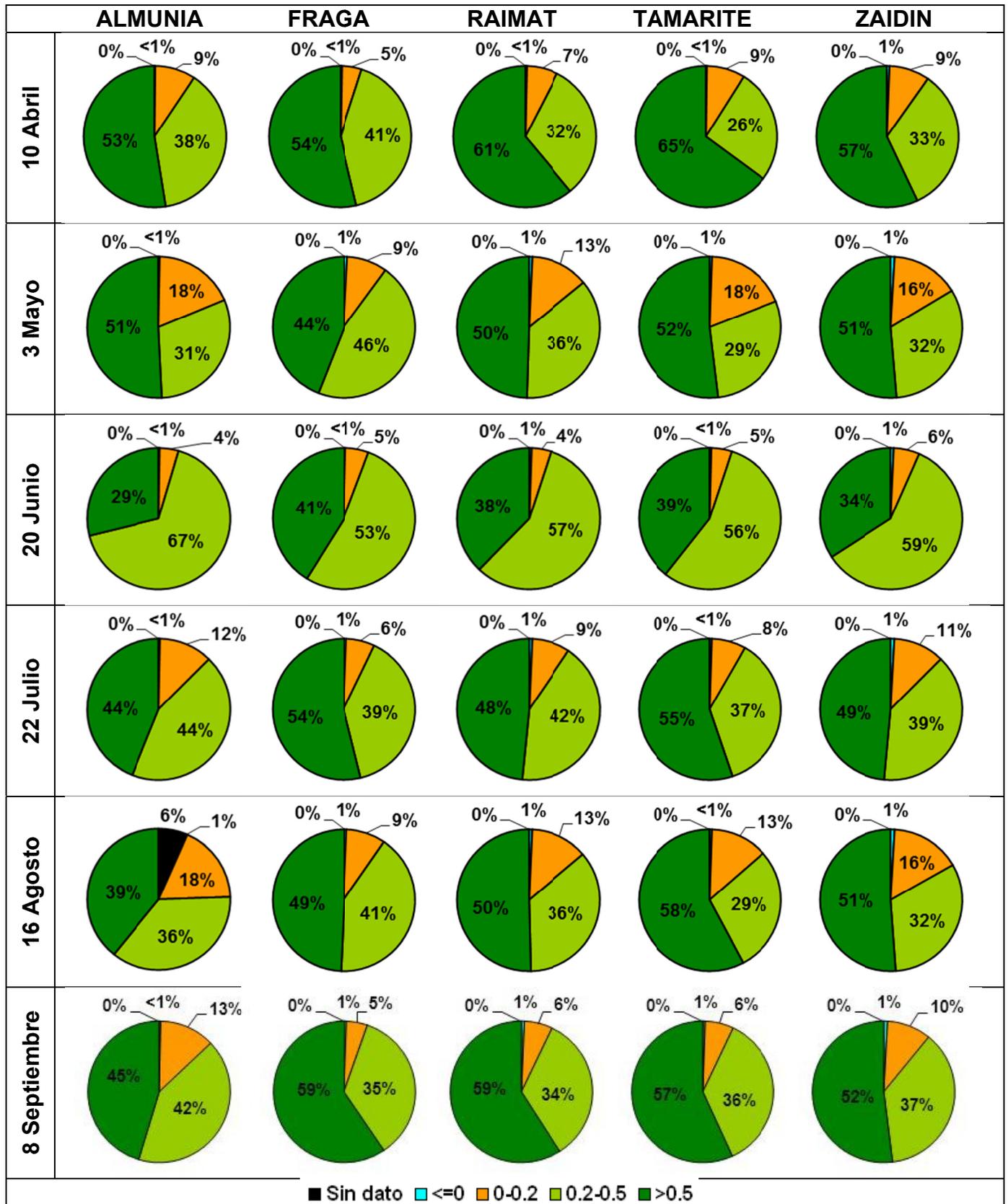


Figura 6. Superficie (%) de cada Fielato de la CGRCAAYC según categorización de NDVI en el año 2014.

Los cambios en el patrón de cultivos, especialmente la transición entre cultivos de invierno y cultivos de verano y las variaciones de actividad vegetativa en los cultivos de verano y permanentes durante los meses de estudio, son los que marcan la evolución en el porcentaje de superficie de cada categoría establecida. Existen ciertas diferencias en la evolución de la actividad vegetativa en cuanto a la temporalidad (momento) y distribución de superficies (% de cada categoría) entre 2013 y 2014, consecuencia de las diferencias en el ciclo vegetativo de los cultivos en estos años. Un ejemplo de estas diferencias se muestra en la Figura 7 donde se puede observar el desfase entre un año y otro en la implantación del maíz de doble cosecha, mucho más adelantada en 2014 que en 2013.

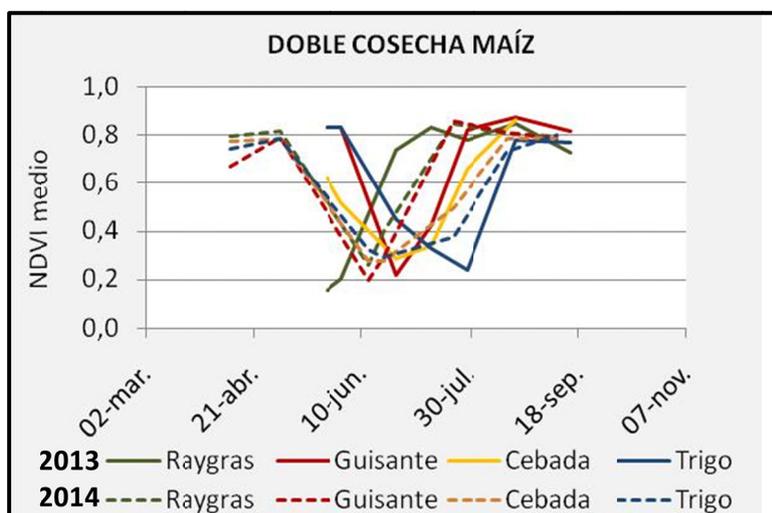


Figura 7. Evolución del desarrollo vegetativo (NDVI medio) de marzo a septiembre en parcelas de doble cosecha de la CGRCAAYC

En general, las mismas evoluciones en cuanto a desarrollo vegetativo (porcentaje de superficie con determinada actividad vegetativa) ya descritas en 2013 se repiten también en 2014, En la segunda quincena de junio es cuando la superficie con baja o nula actividad vegetativa es menor y donde el porcentaje de superficie con NDVI entre 0,2 y 0,5 es mayor, superando en todos los casos, excepto para el fielato de Fraga en 2013, el porcentaje de superficie con NDVI >0,5. Otra diferencia que se observa cuando se comparan los dos años es que el porcentaje de superficie con escasa actividad vegetativa o desarrollo es mayor en 2014 que en 2013.

El fielato de Fraga y Almunia siguen siendo en 2014 los que más difieren del resto en cuanto a representación de los diferentes tipos de cultivos y ocupaciones, por el claro dominio de los leñosos en el primero y de los cereales, tanto de invierno como de verano en el segundo (Figura 5). Esto hace que también sean los dos fielatos que más difieren del resto en cuanto a reparto de la superficie según actividad vegetativa. Fraga, es el fielato en el que la superficie con escasa actividad vegetativa es menor, no superando el 10% en las fechas analizadas en 2014 ni el 7% en las de 2013. La Almunia es el fielato donde en junio el predominio de la superficie con NDVI 0,2- 0,5 sobre la de NDVI>0,5 es más acusado (67% frente a 29% el 20 de junio de 2014, y 55% frente a 32% el 26 de junio de 2013, fecha con el 12% de la superficie sin dato). Además, en este fielato generalmente el porcentaje de superficie con alta actividad vegetativa (NDVI>0,5), es decir buen desarrollo del cultivo, es menor que en los otros fielatos, sobre todo y de manera más acusada en los meses de verano (Figura 8).

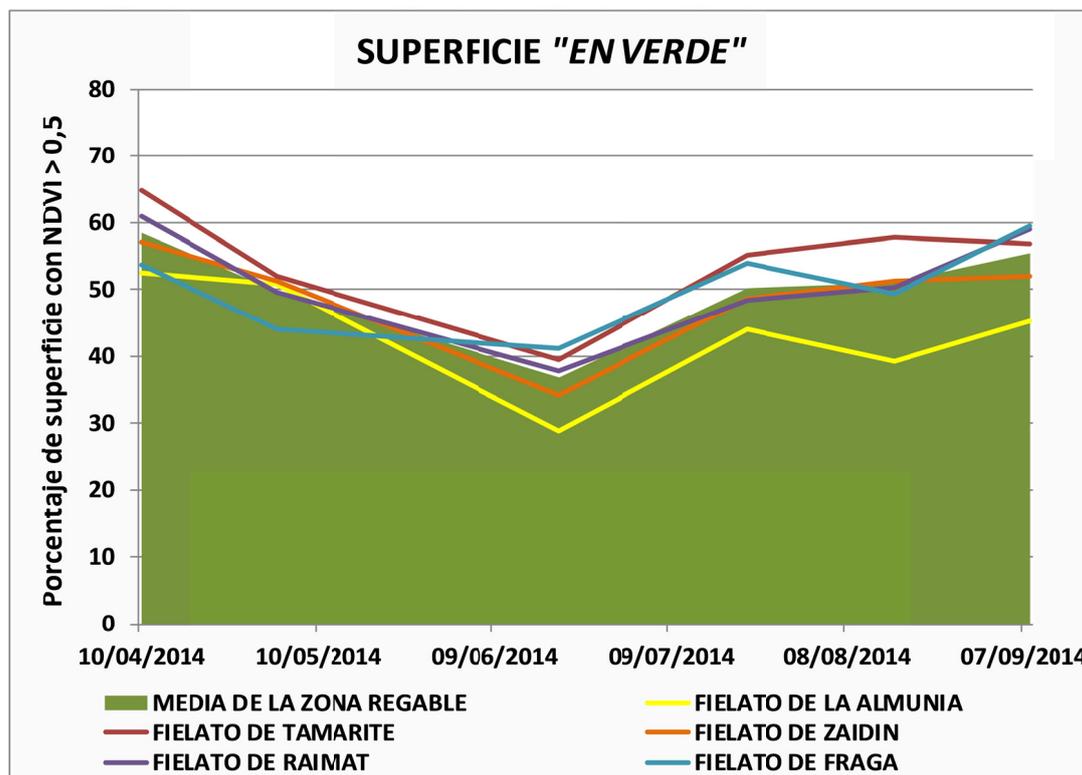


Figura 8.- Evolución de la cantidad de superficie con alta actividad vegetativa

Si bien no se detalla en esta memoria los estados de desarrollo vegetativo en cada comunidad de regantes, puede consultarse en las bases de datos y proyecto SIG incluidos en el DVD adjunto.

5- CONCLUSIONES

En 2014, el 87% de la superficie de la zona regable de la CGRCAYC estaba cultivada, un 6% sin cultivo y un 2% ocupado por masas de agua, principalmente balsas de riego. En el 5% restante de la superficie se desconoce el cultivo u ocupación presente. De la superficie cultivada el 46% estaba ocupada por *Cultivos permanente*, 27% *Leñosos* y 19% *Alfalfa*, y el 41% restante por cultivos extensivos que se reparte de la siguiente manera: 15% *Dobles cosechas*, 13% *Cultivos de verano* (12% *Maíz* y 1% *Arroz*), y 13% *Cultivos de invierno* (*Extensivos invierno*).

Las modificaciones realizadas en el procedimiento seguido en 2013 para la identificación de los cultivos y ocupaciones a partir de clasificación de imágenes de satélite han permitido tener en 2014 un mapa más fiable que el obtenido en 2013. La ampliación del periodo de estudio de primeros de abril a septiembre en 2014 frente a finales mayo–septiembre en 2013 y el seguir un procedimiento más restrictivo en la asignación de píxeles a una categoría han sido las claves en la mejora obtenida.

La identificación de cultivos y ocupaciones en abril, antes de la siembra de los cultivos de verano, está limitada por el uso de una única imagen. Contar con la identificación de los cultivos permanentes, frutales y alfalfa de años precedentes es imprescindible para poder obtener en esta fecha una buena discriminación de cultivos. La identificación de cultivos y ocupaciones a finales de junio para conocer las superficies con cultivos de verano está condicionada por la fiabilidad del mapa obtenido en abril y por cómo vienen las dobles cosechas, siendo clave hacerlo cuando todas éstas ya estén implantadas.

La experiencia adquirida durante los dos años, 2013 y 2014 de monitorización con teledetección de la superficie cultivada y evolución de su desarrollo vegetativo en la zona regable de la CGRCAYC recomiendan para el futuro mejorar la selección de las parcelas de verdad-terreno, usar al menos una imagen por mes entre abril y septiembre y dos en junio cuando se produce la transición entre cultivos invierno y verano, incorporar alguna imagen de otoño y/o alguna anterior a abril para intentar disminuir las confusiones entre los cultivos permanentes, y apoyarse en los mapas de cultivos obtenidos en campañas anteriores.



Convenio CITA-CGRCAAYC

*Monitorización con teledetección de la superficie cultivada
y evolución de su desarrollo vegetativo en la zona regable
del Canal de Aragón y Cataluña en verano de 2014*

Anejo

ANEJO – DATOS Y MAPAS



A.1 - PROYECTO SIG: CONTENIDOS Y ESPECIFICACIONES

CAyC_2014.gvp

- Proyecto realizado en gvSIG. Incluido en el DVD adjunto en el documento Memoria
- Elaborado en la Unidad de Suelos y Riegos (asociada a EEAD-CSIC) Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón por Rosa Gómez (rgomez@aragon.es) y M^a Auxiliadora Casterad (acasterad@aragon.es).
- Sistema de proyección: ETRS89, UTM, Huso 31
- Descripción: El proyecto incluye la información generada en el convenio CITA-CGRCAAYC "Monitorización con teledetección de la superficie cultivada y evolución de su desarrollo vegetativo en la zona regable del Canal de Aragón y Cataluña en verano de 2014". La información suministrada permite realizar consultas en relación a la superficie y distribución de los cultivos y evolución del desarrollo vegetativo a partir del índice de vegetación de la diferencia normalizada (NDVI).
- Observaciones: En la consulta y utilización de la información incluida en el SIG, debe tenerse en cuenta las zonas del área de estudio afectadas por las nubes y sus sombras, por neblina y sin información.

Vistas

CAyC_2014

Información delimitaciones territoriales y otros

- Capa: *CLASES_RE*
- Cobertura: *CLASES_RE.shp*
- Formato: Vectorial
- Características: Parcelario correspondientes a la delimitación de la zona regable (superficie constatada, por trabajos de campo previos, como riego de hecho) de la Comunidad General de Regantes del Canal de Aragón y Cataluña (GRCAYC). Proviene de la cobertura *CLASES.REG.shp* suministrada por la CGRCAYC reproyectada a ETRS89, UTM, Huso 31 y renombrada.

Parcelas Verdad terreno

- Capa: *Parcelas_VT*
- Cobertura: *Parcelas_VT.shp*
- Formato: Vectorial
- Características: 347 parcelas con la información sobre el tipo de cultivo y ocupación recopilada por vocales de las comunidades de regantes en la segunda quincena de abril y los primeros diez últimos días de julio de 2014.

Cultivos y ocupaciones

- Capa: *VegetacionActiva20140410*
- Cobertura: *VegetacionActiva20140410.tif*
- Formato: Ráster de 30m x 30m



Anejo

- Características: Generada a partir de información obtenida de la imagen Landsat 8 correspondientes del 10 de abril de 2014 muestra la cobertura del suelo, cultivado y no cultivado, en dicha fecha.

- Capa: *Cultivos_2014*

- Cobertura: *Cultivos_2014.tif*

- Formato: Ráster de 30m x 30m

- Características: Generada a partir de información obtenida de escenas 198/31 y 199/31 de Landsat 8 correspondientes al periodo comprendido entre el 10 de abril y el 8 de septiembre de 2014.

Índices de Vegetación de la Diferencia Normalizada (NDVI)

- Capas (6): *NDVI_añomesdía*

- Coberturas (6): *NDVI_añomesdía.img*

- Formato: Ráster de 30m x 30m

- Características: Generadas a partir de imágenes Landsat 8 para seis fechas entre el 10 de abril y 8 de septiembre de 2014.

- Observaciones: Se incluye el NDVI de todos los píxeles, incluso de los que no tienen dato (asignado valor 0), y de los que corresponden a nubes y sus sombras, zonas con neblina etc. Este hecho debe considerarse cuando se utilice la información de estas imágenes NDVI.

Imágenes

- Capas (6): *Imagen_añomesdía*

- Coberturas (6): *Imagen_añomesdía.tif*

- Formato: Ráster de 30m x 30m

- Características: Composiciones falso color de imágenes del satélite Landsat 8 (RGB 564)

FIELATOS_NDVI%

Representación espacio-temporal del NDVI predominante en los fielatos

- Capas (6): *PredominanteNDVI_díames*

- Cobertura: *Fielatos_P_díames.shp*

- Formato: Vectorial

- Características: NDVI predominante en cada fielato según rangos de NDVI establecidos. Información para seis fechas entre el 10 de abril y 8 de septiembre de 2014.

- Observaciones. No se incluyen datos cuando el fielato presenta nubosidad abundante o falta de datos.

Representación espacio-temporal de la superficie (%) con determinado NDVI en los fielatos

- Capas (6): *PercentilesNDVI_díames_rango*

- Cobertura: *Fielatos_P_díames.shp*

- Formato: Vectorial

- Características: Porcentaje de la superficie de la zona regable de cada fielato que presenta cada uno de los estados de desarrollo vegetativo establecidos según rangos de NDVI. Información para seis fechas entre el 10 de abril y 8 de septiembre de 2014.



- Observaciones. No se incluyen datos cuando la comunidad de regantes presenta nubosidad abundante o falta de datos.

COMUNIDADES_NDVI%

Representación espacio-temporal del NDVI predominante en las comunidad de regantes

- Capas (6): *PredominanteNDVI_díames*
- Cobertura: *Comunidades_P_díames.shp*
- Formato: Vectorial
- Características: NDVI predominante en cada comunidad de regantes según rangos de NDVI establecidos. Información para seis fechas entre el 10 de abril y 8 de septiembre de 2014.
- Observaciones. No se incluyen datos cuando la comunidad de regantes presenta nubosidad abundante o falta de datos

Representación espacio-temporal de la superficie (%) con determinado NDVI en las comunidad de regantes

- Capas (6): *PercentilesNDVI_díames_rango*
- Cobertura: *Comunidades_P_díames.shp*
- Formato: Vectorial
- Características: Porcentaje de la superficie de la zona regable de cada comunidad de regante que presenta cada uno de los estados de desarrollo vegetativo establecidos según rangos de NDVI. Información para seis fechas entre el 10 de abril y 8 de septiembre de 2014.
- Observaciones. No se incluyen datos cuando la comunidad de regantes presenta nubosidad abundante o falta de datos.

FIELATOS_NDVIsuperficies

Superficie (%) de cada fielato con determinado NDVI

- Capas (6): *Fielato_S_añomesdía*
- Cobertura: *Fielato_S_añomesdía.shp*
- Formato: Vectorial
- Características: Superficie (m²) de la zona regable de cada fielato con cada uno de los estados de desarrollo vegetativo establecidos (NDVI). Información para seis fechas entre el 10 de abril y 8 de septiembre de 2014.
- Observaciones: Se contabilizan todos los píxeles, incluso de los que no se tienen dato y de los que corresponden a nubes y sus sombras, zonas con neblina etc. Este hecho debe considerarse cuando se utilice la información.

COMUNIDADES_NDVIsuperficies

Superficie (%) de cada comunidad de regante con determinado NDVI

- Capas (6): *Comunidades_S_añomesdía*
- Cobertura: *Comunidades_S_añomesdía.shp*
- Formato: Vectorial
- Características: Superficie (m²) de la zona regable de cada comunidad de regantes con cada uno de los estados de desarrollo vegetativo establecidos (NDVI). Información para seis fechas entre el 10 de abril y 8 de septiembre de 2014.



Convenio CITA-CGRCAAYC

Monitorización con teledetección de la superficie cultivada y evolución de su desarrollo vegetativo en la zona regable del Canal de Aragón y Cataluña en verano de 2014

Anejo

- Observaciones: Se contabilizan todos los píxeles, incluso de los que no se tienen dato y de los que corresponden a nubes y sus sombras, zonas con neblina etc. Este hecho debe considerarse cuando se utilice la información.

FIELATOS_CultivosSuperficies

Superficie (m²) de cada fielato con determinado cultivo u ocupación

- Capa: *Fielatos_Cultivos2014_Sup*

- Cobertura: *Fielatos_Cultivos2014_Sup.shp*

- Formato: Vectorial

- Características: Información sobre la superficie (m²) de la zona regable de cada fielato ocupada por cada cultivo y ocupación en el *Año 2014*.

COMUNIDADES_CultivosSuperficies

Superficie (m²) de cada comunidad de regantes con determinado cultivo u ocupación

- Capas: *Comunidades_Cultivos2014_Sup*

- Coberturas: *Comunidades_Cultivos2014_Sup.shp*

- Formato: Vectorial

- Características: Información sobre la superficie (m²) de la zona regable de cada comunidad de regantes ocupada por cada cultivo y ocupación en el *Año 2014*.



Tabla de atributos

Archivos .dbf de las coberturas shape.

CLASES_RE

Incluye información general de diversa índole, asociada a las parcelas identificadas en la delimitación de la zona regable del Comunidad General de Regantes del Canal de Aragón y Cataluña (GRCAAYC): información territorial básica asociada a las parcelas de la zona regable (provincia, municipio, polígono, parcela etc.), del regadío (fielato, comunidad de regante, zona regable, etc.) y del riego (sistema de riego, acequia, toma del canal, etc.)

Parcelas_VT

Incluye la información recopilada por los vocales de las comunidades de regantes en la segunda quincena de abril y diez últimos días de julio de 2014 sobre los cultivos y ocupaciones en las parcelas de verdad terreno. Además incluye datos identificativos de la parcela.

Fielatos_P_añomesdía.shp y Comunidades_P_añomesdía.shp

Incluye para cada Fielato o Comunidad de regantes el porcentaje de la superficie de su zona regable con determinado NDVI en la fecha de 2014 indicada en el nombre.

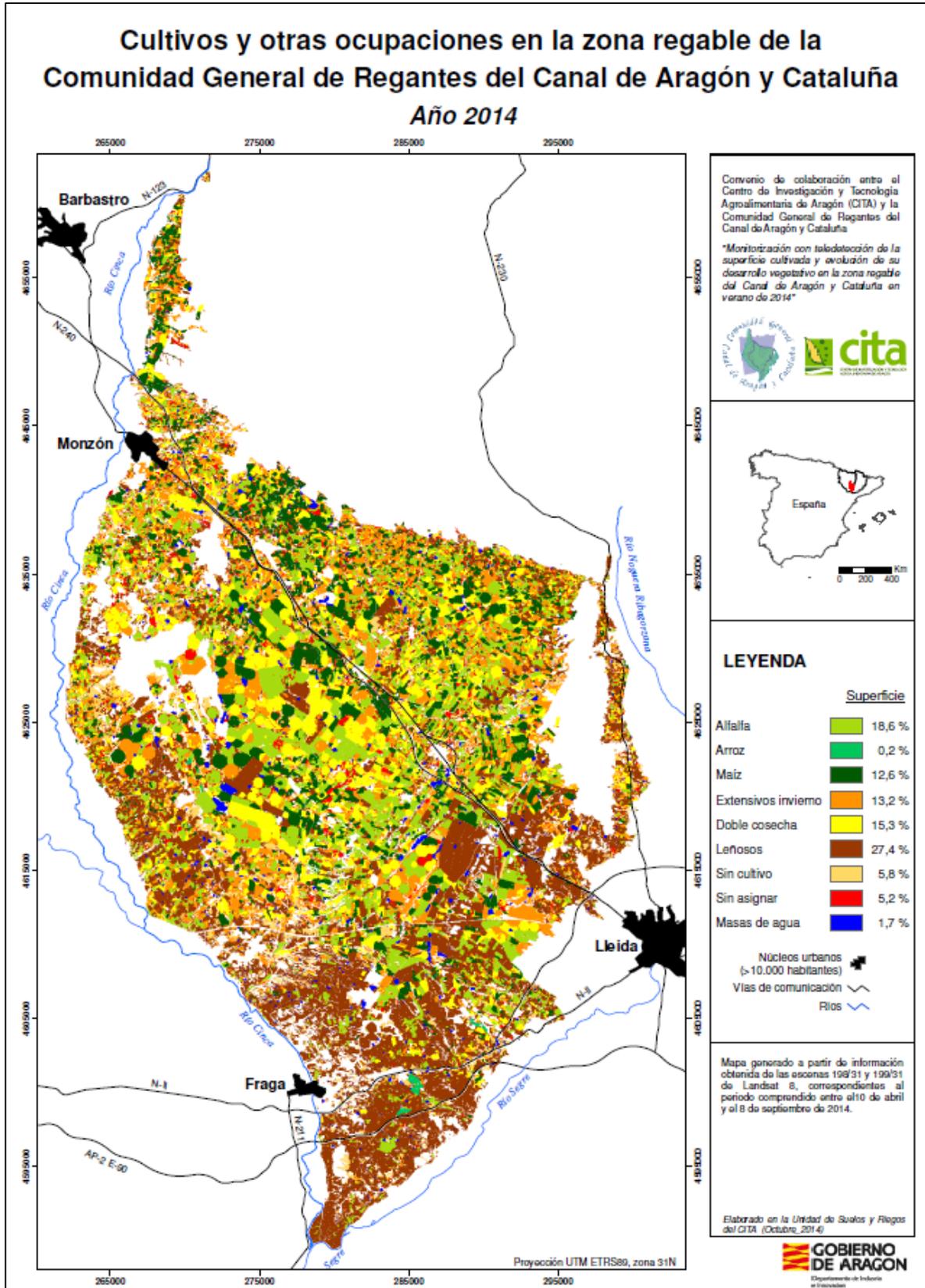
Fielatos_S_añomesdía.shp y Comunidades_S_añomesdía.shp

Incluye para cada Fielato o Comunidad de regantes la superficie (m²) de su zona regable con determinado NDVI en la fecha de 2014 indicada en el nombre.

- Fielatos_Cultivos2014_Sup, Comunidades_Cultivos2014_Sup

Incluye para cada Fielato o Comunidad de regantes la superficie (m²) ocupada por cada cultivo y ocupación identificados en el mapa correspondiente al Año 2014.

A.2 - CULTIVOS Y OCUPACIONES





Convenio CITA-CGRCAAYC

Monitorización con teledetección de la superficie cultivada
y evolución de su desarrollo vegetativo en la zona regada
del Canal de Aragón y Cataluña en verano 2014

Anejo

Superficies de los cultivos y ocupaciones de la Comunidad General de Regantes del Canal de Aragón y Cataluña

Año 2014

	ALMUNIA		FRAGA		RAIMAT		TAMARITE		ZAIDIN		TOTAL CULTIVO Y OCUPACIÓN
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha
Alfalfa	784,78	13,14	2475,29	14,27	5451,23	20,80	3534,33	21,33	7013,08	18,71	19258,72
Arroz	0,00	0,00	126,04	0,73	0,00	0,00	0,36	0,00	23,29	0,06	149,70
Maíz	1282,61	21,47	623,28	3,59	2986,11	11,39	3197,75	19,30	4951,63	13,21	13041,66
Extensivos de invierno	1263,29	21,15	623,56	3,59	3864,91	14,75	2874,72	17,35	5068,52	13,52	13695,01
Doble Cosecha	986,16	16,51	1012,99	5,84	3804,96	14,52	3653,43	22,05	6367,13	16,99	15824,66
Leñosos	662,36	11,09	10685,34	61,59	7385,60	28,18	1531,39	9,24	8103,14	21,62	28367,83
Sin cultivo	334,36	5,60	1093,66	6,30	1032,64	3,94	467,80	2,82	3113,83	8,31	6042,28
Sin identificar	577,77	9,67	407,32	2,35	1247,85	4,76	1093,21	6,60	2146,60	5,73	5472,76
Masas de agua	82,89	1,39	302,87	1,75	438,04	1,67	213,14	1,29	692,71	1,85	1729,66
TOTAL FIELATO	5974,21	100,00	17350,36	100,00	26211,34	100,00	16566,12	100,00	37479,95	100,00	103581,99



Convenio CITA-CGRCAAYC
 Monitorización con teledetección de la superficie cultivada
 y evolución de su desarrollo vegetativo en la zona regada
 del Canal de Aragón y Cataluña en verano 2014

Anejo

Matriz de confusión en la identificación de los cultivos y ocupaciones de la Comunidad General de Regantes del Canal de Aragón y Cataluña

Año 2014

Mapa (píxeles)	Verdad-terreno (píxeles)										Exactitud usuario (%)	Error comisión (%)
	Alfalfa	Arroz	Maíz	Extensivos invierno	Doble cosecha	Leñosos	Sin cultivo	Sin identificar	Masas agua	TOTAL		
Alfalfa	6782	0	14	0	177	117	0	0	2	7092	95,6	4,4
Arroz	0	411	0	0	0	0	0	0	0	411	100,0	0,0
Maíz	74	0	4232	0	142	1	0	0	5	4454	95,0	5,0
Extensivos invierno	2	0	8	2305	103	1	17	0	0	2436	94,6	5,4
Doble cosecha	13	0	6	416	9472	24	0	0	1	9932	95,4	4,6
Leñosos	69	0	2	5	17	5099	12	0	7	5211	97,9	2,1
Sin cultivo	5	0	4	3	2	94	127	0	11	246	51,6	48,4
Sin identificar	18	0	27	12	152	30	1	0	64	304	-	-
Masa de agua	0	0	0	0	0	0	0	0	940	940	100,0	0,0
TOTAL	6963	411	4293	2741	10065	5366	157	0	1030	31026		
<i>Exactitud Productor (%)</i>	<i>97,4</i>	<i>100,0</i>	<i>98,6</i>	<i>84,1</i>	<i>94,1</i>	<i>95,0</i>	<i>80,9</i>	-	<i>91,3</i>			
<i>Error omisión (%)</i>	<i>3,6</i>	<i>0,0</i>	<i>1,4</i>	<i>15,9</i>	<i>5,9</i>	<i>5,0</i>	<i>19,1</i>	-	<i>8,7</i>			

Matriz obtenida con la misma verdad-terreno que la utilizada en la identificación de los cultivos (clasificación de las imágenes).
 No se incluyen las exactitudes y errores obtenidos para la categoría Sin identificar de la que no se tiene muestra de verdad terreno.

FIABILIDAD GLOBAL: 94%