

# TELEDETECCIÓN PARA IDENTIFICACIÓN DE LAS SUPERFICIES EN REGADÍO TSUR

CONVENIO CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR Y  
UNIVERSIDAD DE CASTILLA-LA MANCHA  
2018-2020

## MEMORIA FINAL





**TELEDETECCIÓN PARA IDENTIFICACIÓN DE LAS  
SUPERFICIES EN REGADÍO TSUR  
CONVENIO CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR Y  
UNIVERSIDAD DE CASTILLA-LA MANCHA  
2018-2020**

*Memoria final  
Mayo de 2020*

***Comisión de Dirección del Estudio***

***Presidencia:*** Teodoro Estrela, CHJ y Aranzazu Fidalgo, CHJ

***Coordinación:*** Laura Tanco, CHJ

***Responsable ejecución trabajos:*** Alfonso Calera, UCLM

***Ficha Técnica del Estudio***

**Investigador Responsable:** Alfonso Calera, UCLM

David Sánchez Pérez, UCLM

Mario Belmonte Mancebo, UCLM

Irene Arellano Alcázar, UCLM

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

Con la contribución de:

Miquel Martínez Medina. TRAGSATEC

Antonio Rivera Urban. TRAGSATEC

y con la participación de:

María Amparo Gilabert, **Universidad de Valencia. UVEG**

**Entidades participantes:**

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR, CHJ

UNIVERSIDAD DE CASTILLA LA MANCHA, UCLM



## ÍNDICE

<b>RESUMEN EJECUTIVO</b>	<b>6</b>
<b>MATERIALES, METODOS Y RESULTADOS</b>	<b>16</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN. EL CONVENIO DE COLABORACIÓN CHJ UCLM</b>	<b>17</b>
<b>2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS, TAREAS Y PRODUCTOS ENTREGADOS</b>	<b>19</b>
2.1. <i>TAREAS, PRODUCTOS Y SU EJECUCIÓN TEMPORAL</i>	19
<b>3. METODOLOGÍA Y OBTENCIÓN DE LOS PRODUCTOS BÁSICOS RGB Y NDVI ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.2</b>	
3.1. <i>PROCESADO DE IMÁGENES</i>	233
<b>4. PROCESO DE CLASIFICACIÓN DE USOS DEL SUELO EN REGADÍO MEDIANTE TELEDETECCIÓN</b>	<b>27</b>
4.1. <i>PROCEDIMIENTO DE CLASIFICACIÓN DE LEÑOSOS. COMARCA REQUENA- UTIEL</i>	36
4.2. <i>PROCEDIMIENTO DE CLASIFICACIÓN DE LEÑOSOS DE LA ZONA ALTO Y MEDIO VINALOPÓ</i>	53
<b>5. FICHAS. AJUSTE DE LA CLASIFICACIÓN RÁSTER A FORMATO VECTOR</b>	<b>56</b>
<b>6. RESULTADOS DE CLASIFICACIÓN DE USOS DE SUELO EN REGADÍO</b>	<b>59</b>
Listado Tablas Materiales, Métodos y Resultados	78
Listado Figuras Materiales, Métodos y Resultados	80
<b>ANEXO I. PROCESADO DE IMÁGENES</b>	<b>82</b>
<b>ANEXO II. DISCREPANCIA ENTRE LA CLASIFICACIÓN DE LEÑOSOS Y LA REALIDAD RESPECTO A VARIAS PARCELAS CULTIVADAS CON ALMENDROS</b>	<b>99</b>

# TELEDETECCIÓN PARA IDENTIFICACIÓN DE LAS SUPERFICIES EN REGADÍO TSUR CONVENIO CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR Y UNIVERSIDAD DE CASTILLA-LA MANCHA 2018-2020

## RESUMEN EJECUTIVO

### Índice

1. Alcance y Objetivos
2. Tareas, productos y su ejecución temporal
3. Cultivos en regadío, leyenda de usos de suelo y clasificación
4. Resultados
5. Mapas elaborados
6. Integración de la información en un SIG y accesibilidad mediante la plataforma SPIDERwebGIS™

### 1. Alcance y objetivos

En este documento se resumen los trabajos realizados, la metodología empleada y los resultados obtenidos en el estudio de la evolución de superficies en regadío mediante teledetección, TSUR, en la Demarcación Hidrográfica del Júcar, durante los años 2010, 2015 y 2017. Especial detalle se ha prestado a la diferenciación de cultivos leñosos en regadío y secano, con un trabajo piloto centrado en la zona de Requena – Utiel, a la que se añadieron las zonas del Alto y Medio Vinalopó, donde los cultivos de viña y otros leñosos son mayoritarios. Todo ello en el marco del Convenio de colaboración entre la Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ) y la Universidad de Castilla La Mancha (UCLM) 2018-2020 para realizar dicho estudio.

Los resultados alcanzados en este convenio pretenden dar respuesta a aspectos muy específicos planteados en el Plan de cuenca utilizando para ello las últimas metodologías y herramientas en materia de teledetección y la información inventariada histórica, tal y como se recoge en el propio Convenio. Así se ha hecho uso intensivo de las secuencias temporales de imágenes adquiridas por sensores a bordo de los satélites Sentinel2a y Sentinel2b, que aportan una resolución espacial de 0,1 ha y una resolución temporal de aproximadamente una imagen por semana, resolución espacial y temporal sin precedentes en la historia de la Teledetección. Durante el desarrollo de estos trabajos, la CHJ y en concreto la Oficina de Planificación ha aportado datos históricos basados en inventario relativos a las Unidades de Demanda Agraria (UDA) de la Demarcación, lo que ha supuesto información muy valiosa para la calibración y validación de las metodologías desarrolladas por la UCLM, con la colaboración de la Universidad de Valencia, desarrollando metodologías específicas y modelos innovadores, especialmente en la identificación de cultivos leñosos regados, que formarán parte de la propiedad intelectual de la universidad para su posterior uso.

## 2. Tareas, productos y su ejecución temporal

La Tabla 1 recoge las principales tareas y describe en síntesis los productos obtenidos, así como la secuencia temporal de los trabajos realizados para ejecutar esas tareas. La temporalización es trimestral, atendiendo a que en cada trimestre se realizó un informe de actividades, junto con reuniones UCLM-CHJ para el seguimiento y dirección de dichas actividades. De cada uno de los productos señalados se ha elaborado un entregable, puesto a disposición de la CHJ y posteriormente validado.

En el marco de las reuniones de seguimiento de los trabajos, se dirigieron esfuerzos hacia la elaboración y diseño de fichas detalladas de la identificación de superficies regadas en las Unidades de Demanda Agraria de Ulldecona, Camp de Turia, Canal Júcar-Turia y Acequia Real del Júcar. En estas fichas los resultados se han entregado en formato vectorial para una mejor accesibilidad a la información por los usuarios. Además, se consideró de interés realizar una revisión más detallada de las UDAs Alto Vinalopó y Medio Vinalopó, en la identificación de cultivos leñosos secano-regadío y diferenciación entre vid de mesa y vid de vinificación, atendiendo a las especiales características de esta comarca; el mapa final se ha entregado también en formato vectorial. De la misma forma se ha procedido en la elaboración de los mapas de clasificación de la Comarca Requena-Utiel.

**Tabla 1.** Cronograma General de Tareas realizadas dentro del Convenio

Convenio CHJ-UCLM. TSUR Tareas y Cronograma			Duración abril 2018 - marzo 2020							
			2018			2019				2020
Tareas	Descripción	Entregables	1T	2T	3T	4T	5T	6T	7T	8T
<b>Productos básicos: imágenes, RGB, NDVI</b>	Procesado y constelación multisensor L8, S2a, S2b		X	X	X	X				
<b>Recopilación información auxiliar</b>	SIGPAC, Meteo, ortos, UDA's, otros		X	X	X	X				
• <b>Identificación cultivos, diferenciación secano-regadío y tipos DHJ</b>	Adaptación leyenda IPH Metodología	2009-2010*					X	X	X	E
		2014-2015				X	X	X	X	E
		2017-2018	X	X	X	X	E			
• <b>Identificación cultivos leñosos secano-regadío Requena-Utiel</b>	Metodología - Multianual - térmico, radar,	2009-2010*					X	X	X	E
		2014-2015	X	X	X	X	X*	X*	X*	E
		2017-2018	X	X	X	X	E			
<b>Elaboración y diseño de fichas sobre UDAs determinadas por CHJ</b>	Vectorización de la clasificación ráster y asignación a recintos SIGPAC y presentación gráfica	2017-2018			X	X	E	E		
<b>Revisión detallada Alto y Medio Vinalopó</b>	Identificación leñosos secano-regadío Diferenciación vid de mesa y vid de vinificación en regadío	2017-2018			X	X	X	E		
<b>Integración de la información en SIG</b>	TSUR SIG_CHJ					X	X	X	E	
<b>Resultados Informe Final</b>			X			X		X	X	E

### 2.1. Procesado de imágenes e información auxiliar

El número total de imágenes procesadas entre 2009-2018 ha sido de 2.924. El proyecto **TSUR** ha requerido el procesamiento de imágenes procedentes de los satélites Landsat 5, Landsat 8, Sentinel 2a y Sentinel 2b, con las que se ha cubierto la Demarcación Hidrográfica de Júcar en los años 2009-2010, 2014-2015 y 2017-2018. Para los satélites

L5 y L8, se han procesado 5 escenas (path-row) que abarcan el ámbito geográfico de la DHJ. En cada escena L5 y L8 una imagen de unos 175 x 175 km es capturada, presentando una resolución espacial de 30 m, y un periodo de revista de 16 días (8 días en las zonas de solape). En el caso de los satélites S2a y S2b, son 11 gránulos los que cubren la DHJ, de unos 100 x 100 km cada uno. Estas imágenes presentan una resolución espacial de 10 m y un periodo de revista de aproximadamente 10 días para el mismo satélite y de 5 días si se combinan ambos.

A partir de las cerca de 3000 imágenes procesadas, se ha generado una densa secuencia temporal de imágenes NDVI y combinaciones color RGB. La capa NDVI se obtiene de las reflectividades normalizadas en superficie terrestre en las bandas del rojo y del infrarrojo cercano. Y se ha aplicado una máscara de nubes y sombras siguiendo el proceso señalado en el software Sen2Cor de la Agencia Espacial Europea. Al conjunto de productos RGB y NDVI se le ha denominado producto básico.

Se ha recopilado y utilizado información auxiliar como la delimitación de las UDAS, facilitadas por la CHJ, y la cartografía oficial de los recintos SIGPAC, correspondientes al ámbito geográfico de la DHJ, cartografía de la que se ha hecho uso intensivo a lo largo del trabajo.

Asimismo, y principalmente para la diferenciación de los cultivos leñosos y su separación en regados y no regados, se han utilizado ortofototos del Plan Nacional de Ortofotos Aéreas, PNOA, así como las imágenes disponibles en la plataforma Google Earth, en el ámbito y en las fechas de estudio; con especial intensidad se ha utilizado esta cartografía en los trabajos de detalle que requerían fotointerpretación en las comarcas Requena-Utiel, Alto Vinalopó y Medio Vinalopó.

Se ha recopilado y utilizado además información meteorológica, en concreto la distribución en el tiempo de la precipitación y la demanda atmosférica, que han guiado la selección de los años elegidos para el análisis; se ha constatado la variabilidad de las distintas comarcas que componen la DHJ en cuanto a la separación año seco y año húmedo por lo que se ha recopilado la misma información meteorológica, ya en detalle local, en las mencionadas comarcas objeto de especial atención, dada la importancia de la precipitación en el tamaño de la cubierta vegetal de los cultivos leñosos.

### **3. Cultivos en regadío, leyenda de usos de suelo y clasificación**

Se ha procedido a armonizar la leyenda de cultivos en regadío que se viene utilizando en los inventarios clásicos con la leyenda de cultivos que permitieran su identificación mediante las series temporales de imágenes, atendiendo a la estimación de las dotaciones de agua de cada clase, tal y como señala la Instrucción de Planificación Hidrológica, IPH. La Tabla 2 muestra las clases finales de la leyenda de cultivos regados utilizada en este trabajo.

Como producto final se ha generado un mapa de usos de suelo en regadío, de acuerdo a la leyenda determinada, en los años 2010, 2015 y 2017, y para todo el ámbito geográfico de la Demarcación Hidrográfica del Júcar, utilizando para ello las series temporales de imágenes y la información auxiliar señalada.

La metodología usada en el proceso de clasificación se basa en árboles de decisión, que operan mediante decisiones lógicas sobre la secuencia temporal de imágenes NDVI.

Es un procedimiento altamente eficaz para separar cultivos en función del desarrollo de la cubierta vegetal y fenología. El fundamento es que la serie temporal de imágenes NDVI recoge la evolución de la cubierta vegetal en el tiempo, concretamente describe el patrón temporal de su tamaño fotosintético, y refleja sus cambios en tamaño y duración. Permite por tanto capturar aquellos cambios que son consecuencia de la aportación del agua de riego, que habitualmente se traducen bien en una mayor densidad y duración de la cubierta vegetal, bien permitiendo su existencia cuando las condiciones climáticas de precipitación en la zona no la harían posible.

La alta variabilidad climática y meteorológica en la precipitación existente entre diferentes comarcas de la DHJ hace necesario proceder a la zonificación para aplicar los árboles de decisión, principalmente cuando los cultivos predominantes son leñosos, como ha sucedido en las comarcas de Requena-Utiel y Bajo y Medio Vinalopó. Estas dos comarcas presentan diferencias notables entre ellas en la precipitación.

Dado que los árboles de decisión utilizan decisiones lógicas, la metodología permite integrar múltiples fuentes cartográficas, aquellas como el SIGPAC y las UDAs, así como la zonificación atendiendo a criterios climáticos.

Como se observa en los resultados, Sección 4, una importante proporción, un 66%, de la superficie en regadío total en la DHJ, que asciende a 384.433 ha, está dedicada a los cultivos leñosos. Dentro de los cultivos leñosos predominan los cítricos con 142.264 ha, y frutales de hueso, con 33.507 ha, y la suma supone el 70% sobre el total de cultivos leñosos. Los cítricos y frutales de hueso presentan, en general, cubiertas vegetales con alta cobertura y patrones temporales bien definidos, lo que permite su identificación y asignación como cultivos regados con cierta facilidad.

**Tabla 2.** Leyenda de los usos de suelo en regadío en que se han agrupado los cultivos regados

<b>Leyenda de las clases de cultivos herbáceos en que se han agrupado los diferentes cultivos y usos de suelo presentes en la zona de estudio</b>		
<b>Código</b>	<b>Nombre de la clase</b>	<b>Descripción de la clase</b>
1	Cultivos Forrajeros de Primavera	Cubiertas herbáceas que se desarrollan en primavera, con respuesta y evolución temporal correspondiente a cultivo en regadío tales Ray Gras...
2	Cereal, leguminosas y grano	Cubiertas herbáceas que se desarrollan en primavera, con respuesta y evolución temporal correspondiente a un cultivo en regadío tales como Trigo, Cebada, Guisantes, Colza...
3	Hortícolas tempranas	Cubiertas herbáceas que se desarrollan en primavera, con respuesta y evolución temporal correspondiente a cultivos en regadío con baja cobertura vegetal, tales como Ajo Chino, Ajo morado, lechugas, espinacas, cebollas tempranas...
4	Hortícolas de media estación	Cubiertas herbáceas que se desarrollan en verano, con respuesta y evolución temporal correspondiente a cultivo en regadío con baja cobertura vegetal, tales como cebolla, lechuga, espinacas, brócoli...
5	Maíz y otros cultivos de verano de Alta Cobertura	Cubiertas herbáceas que se desarrollan al final de la primavera (Junio), correspondiente a cultivos de regadío tales como maíz, remolacha, patatas, maíz dulce ...,
6	Arroz	Cubiertas herbáceas que se desarrollan al final de la primavera (Junio), correspondiente a cultivos de regadío tales como arroz
7	Hortícolas tardías	Cubiertas herbáceas que se desarrollan en otoño, con respuesta y evolución temporal correspondiente a cultivo en regadío con baja cobertura vegetal, tales como lechuga, espinacas, brócoli, alcachofa...
8	Hortícolas dobles cosechas	Cubiertas herbáceas que tienen varios ciclos a lo largo de la campaña tales como lechuga, espinacas, alcachofas...
9	Dobles cosechas	Combinaciones como cebada/maíz de ciclo corto; ajos/judías
10	Alfalfas	Cubiertas herbáceas, de tipo praderas, con emergencia y desarrollo desde primavera en las que apreciamos algún corte y su posterior rebrote, con respuesta y evolución temporal de cultivos tales como Alfalfas...
11	Invernaderos	Cubiertas herbáceas que están cultivadas bajo plástico
<b>Leyenda de las clases de cultivos leñosos en que se han agrupado los diferentes cultivos y usos de suelo presentes en la zona de estudio</b>		
12	Viñedo de mesa de regadío	Cubierta leñosa de regadío que corresponden a un cultivo de viñedo de mesa.
13	Viñedo vinificación regadío	Cubierta leñosa de regadío que corresponden a un cultivo de viñedo
14	Olivar regadío	Cubierta leñosa de regadío que corresponden a un cultivo de olivar.
15	Cítricos	Cubierta leñosa de regadío que corresponden a un cultivo de cítricos como naranjos, limoneros...
16	Frutales de cascara regadío	Cubierta leñosa de regadío que corresponden a un cultivo de frutal de cascara como almendro, pistacho, nogales...
17	Frutales de Hueso regadío	Cubierta leñosa de regadío que corresponden a un cultivo de frutales de hueso como Nísperos, albaricoque...

### **Identificación de superficies regadas de Cultivos Leñosos.**

#### **Comarca Requena-Utiel.**

El caso de cultivos como viña, olivo y almendro, que suponen el resto de cultivos leñosos, un 30%, es bien diferente. Su identificación y separación en cultivos regados y no regados presenta dificultades. Esto se debe a que estos cultivos presentan en general bajas proporciones de cobertura vegetal (típicamente 10-30%) y por tanto elevadas

proporciones de suelo desnudo, tanto aquellos regados como los no regados. A ello se suma que la implantación del cultivo hasta que alcanza su arquitectura estable puede durar varios años. Por ello uno de los objetivos principales de este Convenio es el de poner a punto y validar la metodología en el caso de los cultivos leñosos, especialmente en el caso de la viña, y concretamente en la Comarca de Requena-Utiel, así como en el Alto y Medio Vinalopó

En estos cultivos con baja fracción de cobertura vegetal la aportación de agua de riego produce cambios en la cubierta que pueden ser relevantes, pero que en proporción al suelo desnudo son pequeños, por lo que son difícilmente observables, especialmente cuando las aportaciones de agua son pequeñas, con carácter suplementario, como sucede en el manejo denominado riego deficitario controlado. Señalar que el tamaño y desarrollo de la cubierta vegetal responde, además de a las aportaciones de agua de riego, también a características diferenciales de manejo, suelo y precipitación. En relación al manejo, excluyendo el riego, las diferencias en la cubierta vegetal pueden deberse a distintos marcos de plantación, y métodos de poda junto a diferencias varietales. En cuanto al suelo, diferencias en la fertilidad y profundidad establecen diferencias observables en la cubierta entre parcelas e incluso dentro de la misma parcela. Por último, dentro de la zona de estudio aparecen áreas de diferente precipitación, tanto coyunturales debido a la meteorología como estructurales o climáticas. La combinación de todos estos factores que causan variabilidad en la cubierta oscurece y dificulta la identificación de los cambios debidos al agua de riego, especialmente si las aportaciones son reducidas y tienen un carácter suplementario.

La ventaja que estos cultivos presentan para su clasificación es que son cultivos permanentes, plurianuales. De esta forma la metodología implementada de árboles de decisión incorpora la zonificación por áreas homogéneas en precipitación y se extiende a varios años; utiliza pues criterios plurianuales, eligiendo preferentemente años secos en los que el contraste entre la cubierta regada y no regada se intensifica.

Una situación diferente de aquella del riego suplementario anteriormente comentado, sucede para plantaciones intensivas y super-intensivas, frecuentes últimamente en el caso de viña de mesa, olivos y almendros, en que se incrementa la densidad de plantación, y se aportan cantidades de agua superiores. En este caso el tamaño de la cubierta hace más fácilmente distinguibles y separables estas plantaciones mediante la metodología aquí utilizada. Dado el alto consumo de agua que requieren, podría ser de interés establecer subclases lo que permitiría describir la intensidad de la aportación de agua de riego.

#### **4. Resultados**

La superficie regada en el ámbito espacial de la DHJ en el año 2017 asciende a un total de 384.433 ha, que se reparten entre 252.487 ha de cultivos permanentes (leñosos), un 66%, y 131.946 ha de cultivos herbáceos, un 34% del total. El cultivo predominante son los cítricos, con 142.264 ha, que muestran un muy ligero declive en el tiempo. La Tabla 3 muestra la evolución de la superficie de los cultivos en regadío mediante teledetección en el ámbito de la Demarcación Hidrográfica del Júcar, en los años 2010, 2015 y 2017, y su comparación con los datos de inventario de CHJ, correspondientes al año 2015, en los diferentes usos de suelo considerados.

La comparación con el inventario CHJ muestra similitud en las grandes cifras, aunque con un reparto por clases diferente en los cultivos herbáceos, por el uso de diferentes fuentes de información. Es el caso de la clase doble cosecha, que no se recoge en el inventario CHJ. Esta clase “doble cosecha” corresponde al uso de suelo en el que varios cultivos o ciclos de crecimiento se dan sobre una misma superficie en el transcurso de una campaña, lo que en muchos casos supone un uso intensivo de agua.

Asimismo, se señala que la superficie asignada a los cultivos leñosos regados en la clasificación mediante teledetección es ligeramente superior a la recogida por el inventario CHJ. La superficie cultivos leñosos muestra una tendencia al crecimiento en los años analizados, lo que es consistente con la tendencia general a otras escalas mayores que el ámbito de la DHJ.

<b>Tabla 3.</b> Evolución de la superficie de los cultivos en regadío mediante teledetección, TD, en el ámbito de la Demarcación Hidrográfica del Júcar, en los años 2010, 2015 y 2017, y su comparación con los datos de inventario de CHJ				
<b>Superficie (ha)</b> <b>Clasificación TD-UCLM 2010</b>	<b>Superficie (ha)</b> <b>Clasificación TD-UCLM 2015</b>	<b>Superficie (ha)</b> <b>Clasificación TD-UCLM 2017</b>	<b>Leyenda Clasificación</b>	<b>Superficie (ha)</b> <b>Inventario CHJ año 2015</b>
<i>Cultivos Anuales en Regadío (Herbáceos)</i>				
533	2.142	1.672	Cultivos forrajeros de primavera	2.634
49.142	47.341	35.675	Cereales, leguminosas y granos de primavera	58.430
32.140	36.511	38.308	Hortícolas	34.903
15.589	15.921	12.487	Maíz y otros cultivos de verano de Alta Cobertura	14.501
16.216	16.299	16.307	Arroz	15.005
3.894	8.572	14.433	Doble cosecha	0
8.854	7.619	11.819	Alfalfa	7.071
1.279	1.277	1.245	Invernaderos	0
<b>127.647</b>	<b>135.682</b>	<b>131.946</b>	<b>Total Superficie Cultivos Anuales</b>	<b>132.544</b>
<i>Cultivos Permanentes en Regadío (Leñosos)</i>				
5.268	5.475	7.429	Vid de mesa	5.454
26.898	30.713	44.368	Vid de vinificación	32.904
10.611	10.722	11.906	Olivar	13.756
145.215	144.867	142.264	Cítricos	143.598
8.077	8.951	13.013	Frutal de cáscara	16.056
27.336	28.088	33.507	Frutal de hueso	31.174
<b>223.405</b>	<b>228.816</b>	<b>252.487</b>	<b>Total Superficie Cultivos Permanentes</b>	<b>242.942</b>
<b>351.052</b>	<b>364.498</b>	<b>384.433</b>	<b>TOTAL SUPERFICIE REGADA</b>	<b>375.486</b>

La Tabla 4 muestra la evolución de las superficies regadas para la Comarca Requena-Utiel, comarca de interés preferente en este trabajo. En ella se muestra la tendencia al crecimiento de las superficies en regadío, lo que indica la conveniencia de actualizar en esta comarca el inventario de superficies regadas.

De forma similar a las Tablas 3 y 4, se han elaborado los resultados correspondientes a las Unidades de Demanda Agraria, UDA, de Ulldecona, Camp de Turia, Canal Júcar-Turia, Acequia Real del Júcar, Alto Vinalopó, Bajo Vinalopó, que se muestran en la Memoria Final.

**Tabla 4.** Evolución de la superficie de los cultivos en regadío mediante teledetección, TD, en la comarca Requena-Utiel, en los años 2010, 2015 y 2017, y su comparación con los datos de inventario de CHJ

Comparación entre el área asignada a las superficies regadas según el Inventario CHJ2015 y el área derivada del mapa de Clasificación de Cultivos Leñosos según Teledetección elaborado por el IDR en el ámbito de la Zona de Estudio Requena-Utiel para los años 2010, 2015 y 2017				
Superficie (ha) Clasificación IDR año 2010	Superficie (ha) Clasificación IDR año 2015	Superficie (ha) Clasificación IDR año 2017	Leyenda Clasificación	Superficie (ha) Inventario CHJ año 2015
7.282	8.881	9.702	Vid de vinificación	6.104
56	153	169	Olivar	322
34	589	1.499	Frutal de cáscara	586
36	102	96	Frutal de hueso	24
<b>7.408</b>	<b>9.724</b>	<b>11.466</b>	<b>Total Superficie Cultivos Permanentes</b>	<b>7.036</b>

## 5. Mapas elaborados.

Los mapas elaborados con los procedimientos señalados anteriormente muestran la información distribuida espacialmente de los cultivos regados. La relación de los productos entregados en el marco de este Convenio han sido:

- Mapa en formato raster de los cultivos regados DHJ 2010
- Mapa en formato raster de los cultivos regados DHJ 2015
- Mapa en formato raster de los cultivos regados DHJ 2017
- Mapa en formato vector Comarca Requena-Utiel
- Mapa en formato vector UDA Alto Vinalopó
- Mapa en formato vector UDA Medio Vinalopó
- Mapa en formato vector UDA Ulldecona
- Mapa en formato vector UDA Camp de Turia
- Mapa en formato vector UDA Canal Júcar-Turia

- Mapa en formato vector Acequia Real del Júcar

## 6. Integración de la información en un SIG y accesibilidad mediante la plataforma SPIDERwebGIS™

Todos los mapas elaborados se han integrado en un proyecto GIS y se han entregado a la CHJ, verificando la compatibilidad entre los sistemas informáticos y software utilizados de la CHJ.

Tanto los productos básicos RGB y NDVI de las cerca de 3000 imágenes utilizadas, como los mapas generados en los procesos de clasificación, así como la información auxiliar utilizada, pueden ser accedidos directamente vía web mediante la plataforma **SPIDERwebGIS®**. Esta plataforma permite el despliegue gráfico y numérico de los mapas en formato raster y vector, lo que facilita la consulta de los productos generados por el proyecto **TSUR**, que se han puesto a disposición de la CHJ. La Universidad de Castilla La Mancha, el grupo de Teledetección y SIG, se compromete a mantener operativa esta plataforma, al menos tres años desde la finalización del proyecto.

El acceso al sistema **SPIDERwebGIS®** específicamente desarrollado para este proyecto se realiza a través de la URL

<http://maps.spiderwebgis.org/login/?custom=tsur>,

**Usuario:** *confederacion* y **Password** *tsur*.

Las capas a las que se puede acceder en esta plataforma son:

- **RGB:** Secuencia temporal de imágenes combinación color.
- **NDVI:** Secuencia temporal de imágenes de índice de vegetación NDVI sin nubes y sombras.

### **USOS DEL SUELO, SUPERFICIES REGADAS.**

- **Usos del suelo [en regadío]:** Mapas descriptivos de usos de suelo en regadío clasificados según la secuencia temporal de NDVI. Divididos en diferentes clases según la leyenda:

## Legenda de los usos de suelo de los mapas de clasificación

	Cultivos Forrajeros de Primavera		Viñedo de mesa de regadío
	Cereal, leguminosas y grano		Viñedo vinificación regadío
	Hortícolas tempranas		Olivar regadío
	Hortícolas de media estación		Cítricos
	Maíz y otros cultivos de verano de Alta Cobertura		Frutales de cascara
	Arroz		Frutales de Hueso regadío
	Hortícolas tardíos		
	Hortícolas dobles cosechas		
	Dobles cosechas		
	Alfalfas		
	Invernaderos		

### CARTOGRAFÍA AUXILIAR.

- **Delimitación gránulos Sentinel:** Capa vectorial de polígonos que muestra la extensión geográfica de los diferentes gránulos Sentinel 2a y 2b procesados para TSUR.
- **Delimitación escenas Landsat:** Capa vectorial de polígonos que muestra la extensión geográfica de las diferentes escenas Landsat 5 y 8 procesadas para TSUR.
- **SIGPAC (por provincias):** Capas vectoriales de polígonos que muestran los recintos SIGPAC (proporcionado por el FEGA). Visibles a partir de escalas superiores a 1:60.000.
- **Delimitación de cuenca hidrográfica:** Capa vectorial de polígonos que muestran la extensión geográfica de las diferentes demarcaciones hidrográficas.
- **Delimitación administrativa provincial:** Capa vectorial de polígonos que muestra la delimitación de las diferentes provincias
- **API de Google®:** Muestra las capas cartográficas Roadmap, Satellite y Terrain del sistema web Google Maps® (Application Programming Interface).
- **Ortofotografía aérea PNOA 2009 y 2015.**

**TELEDETECCIÓN PARA IDENTIFICACIÓN DE LAS  
SUPERFICIES EN REGADÍO TSUR  
CONVENIO CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA  
DEL JÚCAR Y UNIVERSIDAD DE CASTILLA-LA  
MANCHA  
2018-2020**

**Proyecto TSUR**

**MATERIALES, MÉTODOS Y  
RESULTADOS**

## 1. INTRODUCCIÓN. EL CONVENIO DE COLABORACIÓN CHJ UCLM

Los trabajos y resultados que se describen en esta memoria final se han realizado y obtenido en el marco del Convenio de Colaboración entre la Confederación Hidrográfica del Júcar y la Universidad de Castilla La Mancha para el estudio de la evolución de las superficies en regadío mediante teledetección. Este Convenio se ha ejecutado de Marzo del año 2018 a Marzo del año 2020.

La exposición de motivos de dicho Convenio establece con precisión y claridad el contexto y los objetivos generales en el que se enmarcan las tareas que se han desarrollado. Así, señala que:

*“... la demanda para uso agrícola supone casi el 80% de la demanda total a atender en el ámbito de la Demarcación. El seguimiento de la evolución de superficies regadas y de los consumos hídricos realizados en ellas, es un principio básico para la gobernanza del agua, tal y como se reconoce en la legislación española y europea. En este sentido, la CHJ, en el ejercicio de sus competencias, viene realizando inventarios basados en trabajo de campo, que son intensivos en recursos humanos y por tanto muy costosos; además la actualización cartográfica es demasiado lenta para seguir los rápidos cambios que ocurren tanto en las superficies en riego como en los cultivos que en ellas se desarrollan.*

*Por otra parte, el desarrollo y madurez actuales del sistema de Observación de la Tierra abre oportunidades en la utilización de las imágenes de la superficie terrestre para ayudar a realizar el inventario de cultivos y su posterior integración en los sistemas de Información Geográfica. Por ello, se muestra como una prometedora metodología para abordar elementos cuantitativos en relación con la gobernanza del agua. Actuando de forma complementaria y sinérgica con los métodos tradicionales permite incrementar la eficiencia del trabajo de campo y la actualización de la cartografía en tiempo cuasi-real. Es por lo que el programa COPERNICUS de Observación de la Tierra de la Comisión Europea prevé el despliegue de servicios relacionados con la gobernanza del agua a escala paneuropea para el año 2020.*

*El Plan hidrológico de cuenca del Júcar, aprobado por Real Decreto 1/2016, de 8 de enero, incluye un programa de medidas (PdM), que tienen como finalidad alcanzar los objetivos ambientales de las masas de agua y satisfacer las demandas.*

*En este sentido, dentro del Programa de Medidas, de obligado cumplimiento, se ha incluido una medida: 08M1168 – “Implantación de medidas de teledetección para la mejora del seguimiento y control de las superficies de regadío en el ámbito de la DHJ”, dentro de la cual se enmarca el presente convenio.*

*En la actualidad, series temporales de imágenes de la superficie terrestre, a la resolución espacial adecuada para resolver parcelas de tamaño de hasta la décima parte de la hectárea, y tiempo de revisita frecuente para describir la evolución temporal de la cubierta existente en ellas, son suministradas de forma libre y gratuita por las agencias espaciales National Administration Space Agency, NASA, de Estados Unidos y la*

*European Space Agency, ESA, en una nueva política de datos que prevé nuevos sensores que garantizan su continuidad en las próximas décadas.*

*Por otro lado, la propia CHJ ha desarrollado experiencias piloto de larga duración, como la desarrollada en el ámbito de la Mancha Oriental, conocida como proyecto ERMOT, que han sido pioneras en este ámbito habiendo mostrado un desempeño notable en el seguimiento de la evolución de las superficies regadas en esa zona.*

*No obstante lo anterior, con respecto a la interpretación de imágenes para la clasificación de cultivos, existen problemas para la diferenciación de cultivos leñosos y particularmente entre seco y regadío, por lo que se requieren herramientas novedosas y fiables para cubrir un territorio tan extenso como el ámbito de la Demarcación, por lo que es necesario innovar en los procedimientos utilizados hasta ahora.*

*En este sentido, por una parte, la Sección de Teledetección y SIG de la Universidad de Castilla la Mancha tiene una dilatada experiencia en estos trabajos pues desde 1997 viene realizando la tarea de identificar superficies regadas mediante teledetección en el área de La Mancha Oriental de la propia Demarcación, en el marco de los proyectos ERMOT bajo la dirección de la CHJ, en un proceso continuo de innovación técnica y metodológica.*

*Por otra parte, la CHJ y en concreto la Oficina de Planificación dispone de datos históricos basados en inventario relativos a las Unidades de Demanda Agraria (UDA) de la Demarcación, diferenciando según tipo de cultivo, que supone información muy valiosa para la calibración de las metodologías desarrolladas por la UCLM durante el desarrollo del presente convenio. Además, también dispone de información sobre derechos y superficies atendidas para regadío a través de Alberca, que puede ser empleada con la misma finalidad.*

*En resumen, teniendo en cuenta las cuestiones anteriormente mencionadas, es necesario iniciar una serie de trabajos en estrecha colaboración, entre la CHJ y la UCLM que permita avanzar en la mejora del conocimiento dando respuesta a aspectos muy específicos planteados en el Plan de cuenca, utilizando las últimas metodologías y herramientas en materia de teledetección. Durante el desarrollo de estos trabajos, la CHJ aportará datos reales de usos de suelo, superficies en regadío y tipos de cultivo y la UCLM realizará análisis de tendencia y evolución de cultivos en el ámbito de la Demarcación desarrollando metodologías específicas y modelos para su resolución que formarán parte de la propiedad intelectual de la universidad para su posterior uso....”*

Un instrumento importante en la consecución de los objetivos ha sido la Comisión de Dirección de los trabajos establecida por el Convenio. Esta Comisión ha sido presidida por los Jefes de la Oficina de Planificación Hidrológica PH, Teodoro Estrela y Aranzazu Fidalgo, y coordinada por Laura Tanco, Jefa de la Sección Técnica de la OPH. En dicha comisión han participado regularmente técnicos de la CHJ y de la UCLM. La Comisión ha sido la responsable de la dirección de los trabajos, realizando su seguimiento y coordinación, reuniéndose periódicamente, aproximadamente una vez por trimestre a lo largo de los dos años de duración de convenio.

Señalar también que, como recoge el Convenio, se ha contado expresamente con la colaboración de la Dra. María Amparo Gilabert, de la Universidad de Valencia, para enriquecer la metodología y modelos utilizados.

Asimismo, como señala la cláusula de confidencialidad, los datos obtenidos y la utilización de los mismos quedan restringidos al uso interno de las entidades que suscriben el Convenio, para los fines que se deriven de la competencia de cada una de ellas.

## **2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS, TAREAS Y PRODUCTOS ENTREGADOS**

En este documento se presentan los trabajos realizados, la metodología empleada y los resultados obtenidos en el estudio de la evolución de superficies en regadío mediante teledetección, TSUR, en la Demarcación Hidrográfica del Júcar, durante los años 2010, 2015 y 2017. Especial detalle se ha prestado a la diferenciación de cultivos leñosos en regadío y secano, con un trabajo piloto centrado en la zona de Requena – Utiel, a la que se añadieron las zonas del Alto y Medio Vinalopó, donde los cultivos de viña y donde los cultivos leñosos son mayoritarios, particularmente la viña.

### **2.1. TAREAS, PRODUCTOS Y SU EJECUCIÓN TEMPORAL**

La Tabla 1 recoge las principales tareas y describe en síntesis los productos obtenidos, así como la secuencia temporal de los trabajos realizados para ejecutar esas tareas. La temporalización es trimestral, atendiendo a que en cada trimestre se realizó un informe de actividades, junto con reuniones periódicas de la Comisión de Seguimiento UCLM-CHJ para el seguimiento y dirección de dichas actividades. De cada uno de los productos señalados se ha elaborado un entregable, puesto a disposición de la CHJ y posteriormente validado.

**Tabla 1.** Cronograma General de Tareas realizadas dentro del Convenio

Convenio CHJ-UCLM. TSUR Tareas y Cronograma			Duración abril 2018 - marzo 2020							
			2018			2019				2020
Tareas	Descripción	Entregables	1T	2T	3T	4T	5T	6T	7T	8T
<b>Productos básicos: imágenes, RGB, NDVI</b>	Procesado y constelación multisensor L8, S2a, S2b		X	X	X	X				
<b>Recopilación información auxiliar</b>	SIGPAC, Meteo, ortos, UDA's, otros		X	X	X	X				
• <b>Identificación cultivos, diferenciación secano-regadío y tipos DHJ</b>	Adaptación leyenda IPH Metodología	2009-2010*					X	X	X	E
		2014-2015				X	X	X	X	E
		2017-2018	X	X	X	X	E			
• <b>Identificación cultivos leñosos secano-regadío Requena-Utiel</b>	Metodología - Multianual - térmico, radar,	2009-2010*					X	X	X	E
		2014-2015	X	X	X	X	X*	X*	X*	E
		2017-2018	X	X	X	X	E			
<b>Elaboración y diseño de fichas sobre UDAs determinadas por CHJ</b>	Vectorización de la clasificación ráster y asignación a recintos SIGPAC y presentación gráfica	2017-2018			X	X	E	E		
<b>Revisión detallada Alto y Medio Vinalopó</b>	Identificación leñosos secano-regadío Diferenciación vid de mesa y vid de vinificación en regadío	2017-2018			X	X	X	E		
<b>Integración de la información en SIG</b>	TSUR SIG_CHJ					X	X	X	E	
<b>Resultados Informe Final</b>			X			X		X	X	E

Las reuniones de la Comisión de Seguimiento del convenio, celebradas con una periodicidad prácticamente trimestral en la sede de la CHJ, bajo la dirección de Teodoro Estrela, y recientemente por Aranzazu Fidalgo, Jefes de la Oficina de Planificación Hidrológica OPH, han sido coordinadas por Laura Tanco, Jefa del Servicio Técnico de la OPH. Estas reuniones han permitido seguir y dirigir los trabajos, facilitar el intercambio de información y evaluar los resultados.

En este marco se dirigieron esfuerzos hacia la elaboración y diseño de fichas detalladas de la identificación de superficies regadas de las Unidades de Demanda Agraria de Ulldecona, Camp de Turia, Canal Júcar-Turia y Acequia Real del Júcar entregando los resultados en formato vectorial para una mejor accesibilidad a la información de los usuarios. Además, se consideró de interés realizar una revisión más detallada de las UDAs Alto Vinalopó y Medio Vinalopó, en la identificación de cultivos leñosos secano-regadío y diferenciación entre vid de mesa y vid de vinificación, atendiendo a las especiales características de esta comarca, producto entregado también en formato vectorial. De la misma forma se ha procedido en la elaboración de los mapas de clasificación de la Comarca Requena-Utiel.

A continuación se detalla el listado de los productos entregados a CHJ.

1. **RGB:** Secuencia temporal de imágenes combinación color de los diferentes satélites Landsat y Sentinel.
2. **NDVI:** Secuencia temporal de imágenes de índice de vegetación NDVI sin nubes y sombras de los diferentes satélites Landsat y Sentinel.

3. **Mapa de Clasificación de cultivos regados del año 2017** Clasificación de cultivos mediante teledetección creada a partir de una serie multitemporal de imágenes 2017 y 2018 proporcionada a la CHJ en formato raster y puesta a disposición del sistema SPIDERwebGIS-TSUR
4. **Mapa de clasificación de leñosos de la Comarca Requena-Utiel.** Zona piloto donde se realiza la clasificación de cultivos leñosos en base al análisis de 4-5 años en formato vector
5. **Ficha de la clasificación de Requena-Utiel.** Entrega en formato digital y en formato papel de la ficha para la Zona Requena-Utiel.
6. **Mapa de clasificación de cultivos de la UDA Ulldecona.** Entrega de la Clasificación de cultivos en formato vector para la UDA Ulldecona, obtenida a partir del raster de la clasificación de cultivos del año 2017.
7. **Mapa de clasificación de cultivos de la UDA Camp de Turia.** Entrega de la Clasificación de cultivos en formato vector para la UDA Camp de Turia, obtenida a partir del raster de la clasificación de cultivos del año 2017.
8. **Mapa de clasificación de cultivos de la UDA Canal Júcar-Turia.** Entrega de la Clasificación de cultivos en formato vector para la UDA Canal Júcar-Turia, obtenida a partir del raster de la clasificación de cultivos del año 2017.
9. **Mapa de clasificación de cultivos de la UDA Acequia Real del Júcar.** Entrega de la Clasificación de cultivos en formato vector para la UDA Acequia Real del Júcar, obtenida a partir del raster de la clasificación de cultivos del año 2017.
10. **Entrega de la primera campaña (año seco) 2017/2018, tanto en formato digital como en formato papel a modo de fichas de las UDAs siguientes:**
  - 082002A – Regadíos del embalse de Ulldecona.
  - 082029A – Regadíos del canal Camp de Turia.
  - 082052A – Regadíos del canal Júcar-Turia.
  - 082054B – CR Acequia Real del Júcar.
11. **Mapa de clasificación de leñosos de la UDA Alto y Medio Vinalopó.** Segunda zona piloto donde se realiza la mejora de la clasificación de cultivos leñosos principalmente la diferenciación entre viñedo de vinificación y viñedo de mesa en base al análisis de 4-5 años en formato vector
12. **Ficha de la clasificación de las UDAs Alto y Medio Vinalopó.** Entrega en formato digital y en formato papel de la ficha para la Zona de Vinalopó.
  - 082075A – Riegos subterráneos del Alto Vinalopó.
  - 082076A – Riegos del Medio Vinalopó.
13. **Mapas de discrepancias para la zona de Requena-Utiel,** partiendo de la información aportada por la CHJ referente a Parcelas con Concesión Administrativa de Riego y los Puntos de Captación Subterránea entregado tanto en formato vector.

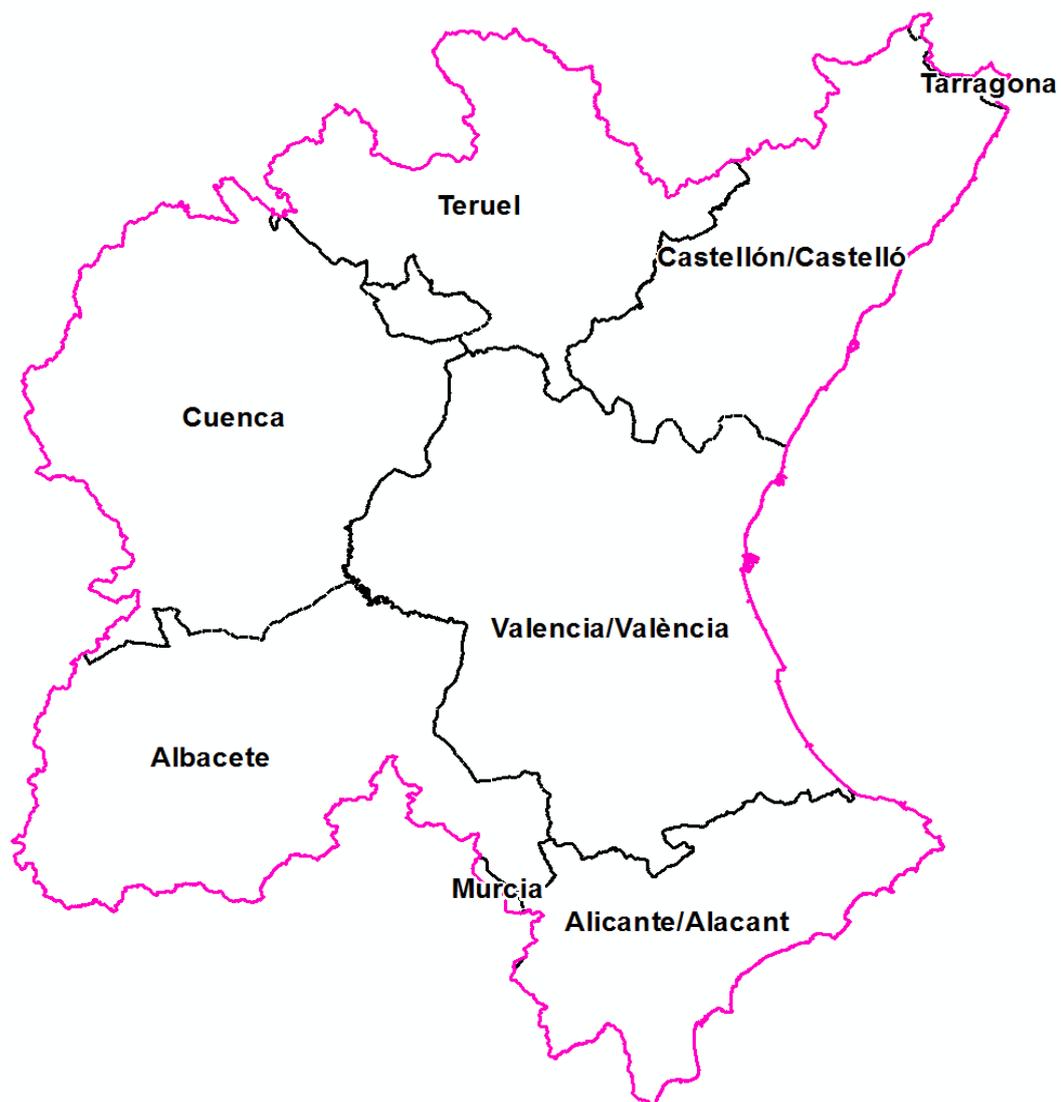
14. **Informe correspondiente a la comparativa entre las concesiones y puntos de captación con respecto a la clasificación de Requena-Utiel**, informe elaborado a raíz del mapa de discrepancias creado anteriormente.
15. **Informe de la comparativa de superficies de regadío entre el inventario de 2015 de la CHJ y la clasificación de 2017 por Teledetección para la zona de Vinalopó.**
16. **Mapa de Clasificación de cultivos regados del año 2015** Clasificación de cultivos mediante teledetección creada a partir de una serie multitemporal de imágenes 2014 y 2015 proporcionada a la CHJ en formato raster y puesta a disposición del sistema SPIDERwebGIS-TSUR
17. **Mapa de Clasificación de cultivos regados del año 2010** Clasificación de cultivos mediante teledetección creada a partir de una serie multitemporal de imágenes 2009 y 2010 proporcionada a la CHJ en formato raster y puesta a disposición del sistema SPIDERwebGIS-TSUR

### 3. METODOLOGÍA Y OBTENCIÓN DE LOS PRODUCTOS BÁSICOS RGB y NDVI

El ámbito espacial del Convenio es el de la Demarcación Hidrográfica del Júcar, que se extiende dentro de cinco Comunidades Autónomas (Aragón, Castilla-La Mancha, Cataluña, Comunidad Valenciana y Región de Murcia) y de siete provincias: la totalidad de Valencia, gran parte de Albacete, Alicante, Castellón, Cuenca y Teruel, una pequeña zona de Tarragona y una zona muy pequeña de Murcia, abarcando una superficie total de 42.735 km<sup>2</sup>, tal y como se muestra en la Figura 1.

A su vez el ámbito temporal abarca los años naturales 2009-2010, 2014-2015, 2017-2018, con el objetivo final de obtener el mapa de las superficies regadas para los años 2010, 2015 y 2017.

Provincia	Área en la provincia (km <sup>2</sup> )	Área en la CA (km <sup>2</sup> )	Comunidad Autónoma
Tarragona	88,00	88,00	Catalunya
Teruel	5.373,84	5.373,84	Aragón
Cuenca	8.680,54	16.089,34	Castilla – La Mancha
Albacete	7.408,80		
Castellón/Castelló	5.785,11	21.120,13	Comunidad Valenciana
Valencia/València	10.813,30		
Alicante/Alacant	4.521,72		
Murcia	64,01	64,01	Región de Murcia
Total DHJ	42.735,32	42.735,32	Total DHJ

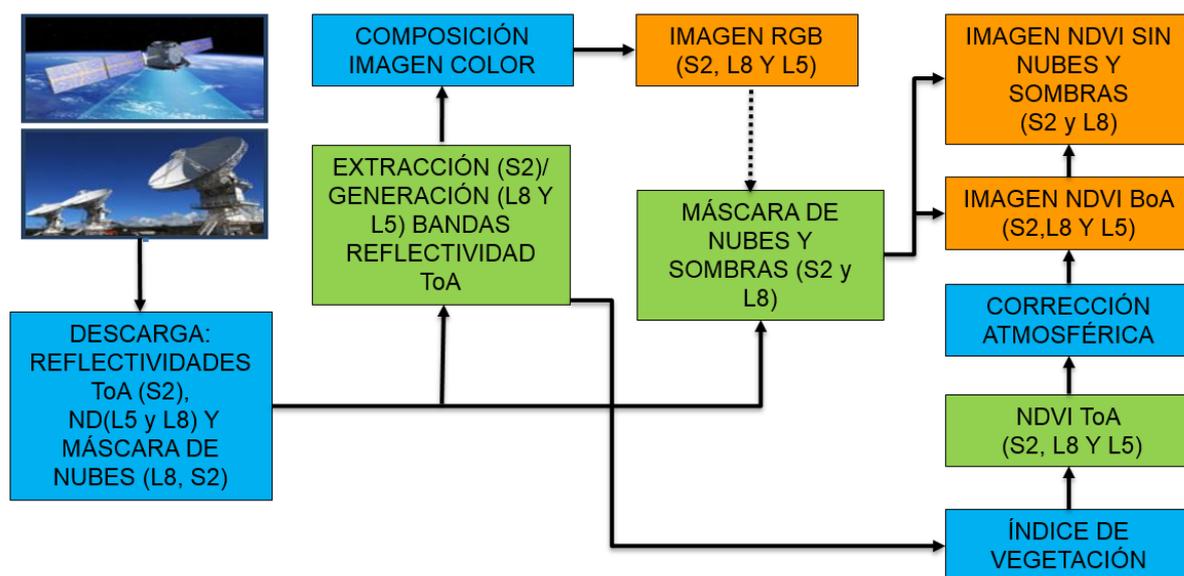


**Figura 1.** Ámbito espacial. Demarcación Hidrográfica del Júcar y la delimitación de las provincias.

### **3.1. PROCESADO DE IMÁGENES**

Para la realización de este trabajo se han procesado las imágenes de los satélites de observación de la tierra operados por las agencias espaciales de Estados Unidos, NASA, los denominados Landsat5 y Landsat8, y por la Agencia Espacial Europea, ESA, los satélites gemelos denominados Sentinel2a y Sentinel2b. Las imágenes utilizadas son aquellas que abarcan el ámbito espacial y temporal de la DHJ.

La Figura 2 muestra el diagrama de flujo del procesamiento básico de imágenes utilizado para la obtención de los productos básicos: (a) NDVI, derivado de las reflectividades normalizadas de la constelación de sensores Landsat5-TM, Landsat8-OLI y Sentinel 2a-MSI y Sentinel2b-MSI; en el procesamiento se han eliminado las áreas afectadas por nubes y sombras aplicando el modelo denominado Sent2Cor; (b) combinación color RGB. Detalles de este procesamiento se proporcionan en el Anexo I.



**Figura 2.** Diagrama del procesamiento básico de imágenes del satélite Landsat 5 (L5), Landsat 8 (L8) y de los Sentinel – 2 (S2). Los diferentes colores muestran los procesados realizados (azul), los productos intermedios obtenidos (verde) y los productos básicos finales generados (naranja).

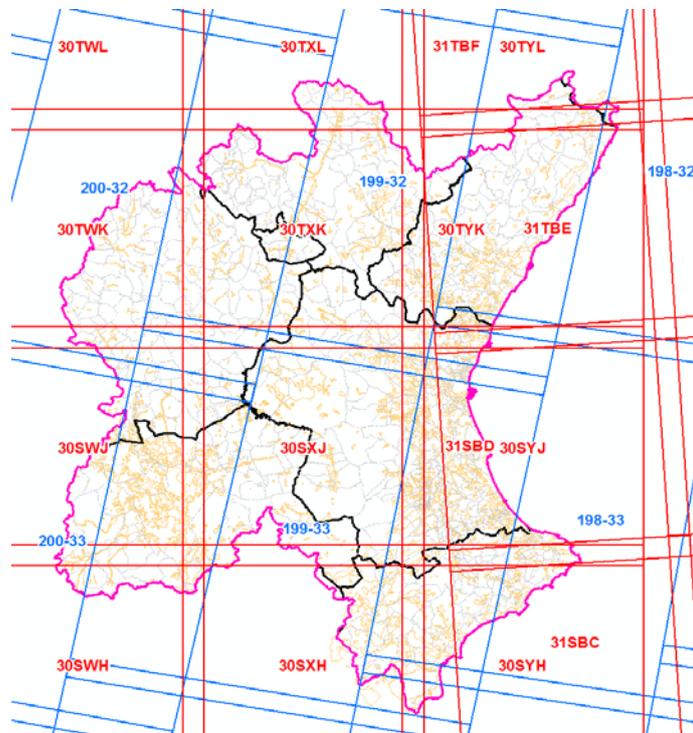
El número total de imágenes procesadas es de 2.924. En la Figura 4 podemos observar la disposición de las imágenes que se han procesado para todos los años del proyecto. En detalle, para la clasificación del año 2010 se han procesado 59 imágenes Landsat 5. Para la clasificación de cultivos 2015 se han procesado 178 imágenes Landsat 8 y por último para la clasificación 2017 se han procesado 2.625 imágenes Landsat 8 y Sentinel 2A y 2B. En detalle, para el año 2017 se han procesado 217 imágenes Landsat 8, mientras que 2.408 fueron procesadas del satélite Sentinel 2A y 2B. En la siguiente tabla se muestran en detalle las imágenes procesadas. Destacar, que el número total de productos procesados es superior al número total de imágenes procesadas, ya que tal y como se ha explicado, 2 son los productos básicos generados: imágenes NDVI, imágenes RGB.

**Tabla 2.** Resumen de las imágenes procesadas.

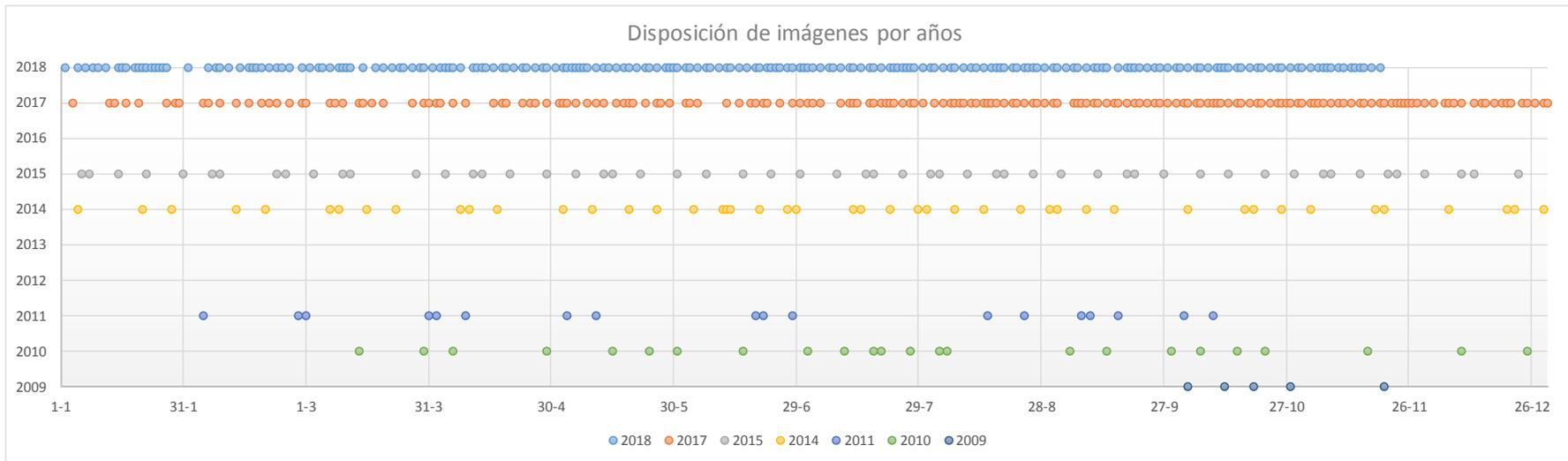
	RGB (L5)	NDVI (L)	RGB (L8)	NDVI (L8)	RGB (S2)	NDVI (S2)
<b>2010</b>	59	59	-	-	-	-
<b>2015</b>	-	-	178	178	-	-
<b>2017</b>	-	-	217	217	2.408	2.408

Para los satélites L5 y L8, se han procesado 5 escenas (path-row) que abarcan el ámbito geográfico de la DHJ. Cada escena L5 y L8 abarca unos 175 x 175 km. Las imágenes L5 y L8 tienen una resolución espacial de 30 m, y un periodo de revista de 16 días (8 días en las zonas de solape). En el caso de los satélites S2a y S2b, son 11 gránulos los que cubren la DHJ, de unos 100 x 100 km cada uno. Estas imágenes presentan una resolución espacial de 10 m y un periodo de revista de aproximadamente 10 días para

el mismo satélite y de 5 días solamente si se combinan ambos. En la Figura 3 podemos observar su distribución en la demarcación frente a la de los satélites.



**Figura 3.** Distribución espacial de los path row de Landsat (en rojo) y los gránulos de Sentinel en azul y su relación con la Demarcación Hidrográfica del Júcar.



**Figura 4.** Distribución temporal de imágenes de satélite sobre DH Júcar.

#### **4. PROCESO DE CLASIFICACIÓN DE USOS DEL SUELO EN REGADÍO MEDIANTE TELEDETECCIÓN**

El proceso de clasificación mediante teledetección para identificar superficies regadas utiliza la capacidad de las series temporales de imágenes para registrar, mediante el parámetro reflectividad espectral, los cambios que se producen en las cubiertas vegetales como consecuencia de la aportación de agua de riego. En general, los cambios en la cubierta debidos a la aportación de agua de riego se expresan bien en un mayor desarrollo del dosel vegetal y por tanto una mayor fracción de cobertura vegetal fotosintética del suelo, o bien permitiendo la existencia de la cubierta vegetal en determinadas épocas, principalmente en el verano, con un tamaño fotosintético tal que las condiciones climáticas de precipitación locales no lo harían posible.

El proceso de clasificación aquí utilizado aprovecha que la serie temporal de imágenes del parámetro NDVI, derivado de la reflectividad espectral, recoge la evolución de la cubierta vegetal en el espacio y en el tiempo. Como el valor del NDVI mide el tamaño fotosintético relativo, su serie temporal describe el patrón temporal del tamaño fotosintético del dosel vegetal, y es capaz de registrar sus cambios en tamaño y duración. Permite por tanto capturar aquellos cambios que son consecuencia de la aportación del agua de riego, en el espacio y en el tiempo, a lo largo de todo el año.

Los materiales y métodos utilizados en este proceso han sido:

- Series temporales de imágenes de los productos RGB y NDVI, capaces de describir la evolución de la cubierta vegetal, cuyo procesado se ha descrito anteriormente.
- Información auxiliar: Mapa de recintos SIGPAC y su información asociada, los perímetros de la Unidades de Demanda Agraria y el conocimiento de la fenología de los principales cultivos presentes en el área de estudio. Adicionalmente, para trabajos puntuales de fotointerpretación, se han utilizado ortofotografías del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea, PNOA, los vuelos 2009 y 2015; con esta misma finalidad se han usado además imágenes de muy alta resolución proporcionadas por Google Earth, en las fechas y ámbito del estudio.
- Definición de la leyenda a obtener, para lo que se ha procedido a armonizar la leyenda de cultivos en regadío que se viene utilizando en los inventarios clásicos de la CHJ con la leyenda de cultivos que permitieran su identificación mediante las series temporales de imágenes
- Zonificación, estableciendo áreas con meteorología y manejo semejantes, pues la alta variabilidad climática y meteorológica en la precipitación existente entre diferentes comarcas de la DHJ la hace necesaria, principalmente cuando los cultivos predominantes son leñosos.
- Técnicas de clasificación que permitan la asignación eficiente del patrón temporal definido en la unidad mínima de superficie al patrón temporal de las clases

definidas en la leyenda. La técnica seleccionada ha sido la de “árboles de decisión”, La técnica basada en árboles de decisión maneja muy eficazmente las series temporales, y dado que esta técnica utiliza decisiones lógicas, la metodología permite integrar múltiples fuentes cartográficas, aquellas como el SIGPAC y las UDAs.

### Leyenda de los cultivos en regadío para los mapas finales

Se ha procedido a armonizar la leyenda de cultivos en regadío que se viene utilizando en los inventarios clásicos de la CHJ con la leyenda de cultivos que permitieran su identificación mediante las series temporales de imágenes. La Tabla 3 muestra las clases finales de la leyenda de cultivos regados, herbáceos y leñosos, utilizada en este trabajo, así como una breve descripción de cada clase.

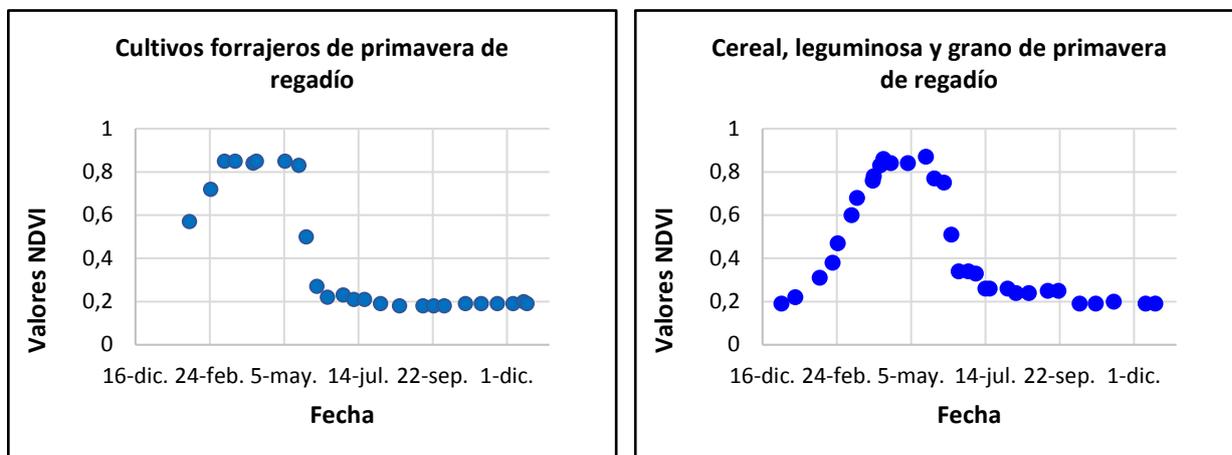
**Tabla 3.** Leyenda de las clases en que se han agrupado los cultivos regados.

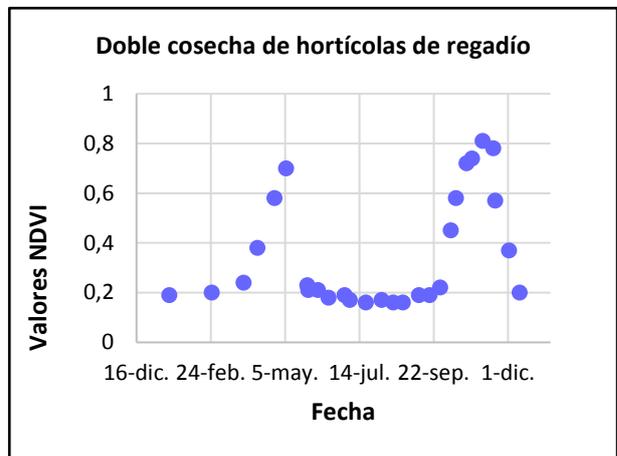
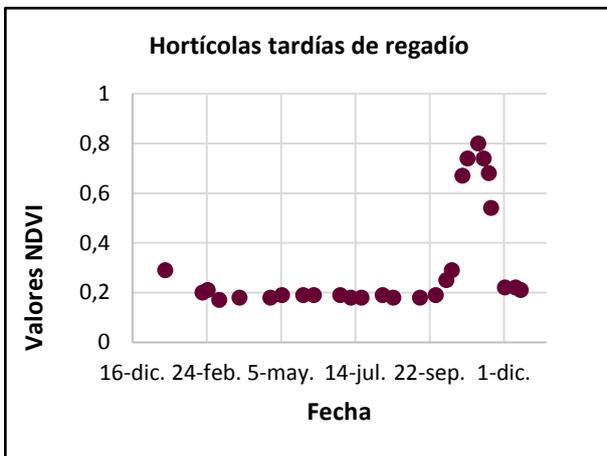
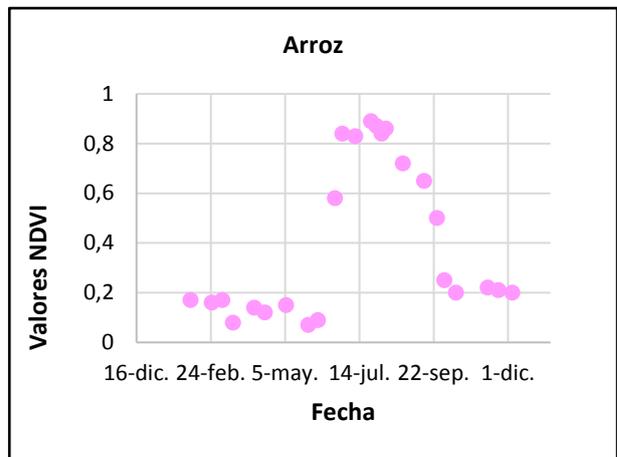
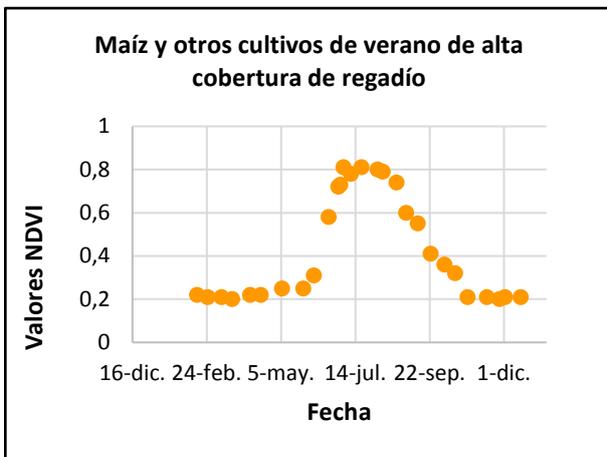
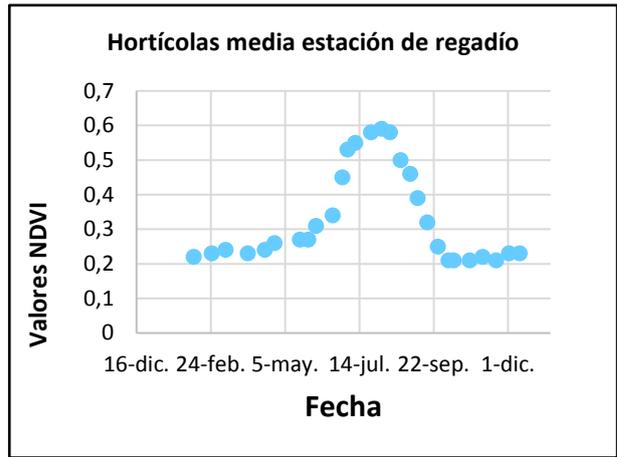
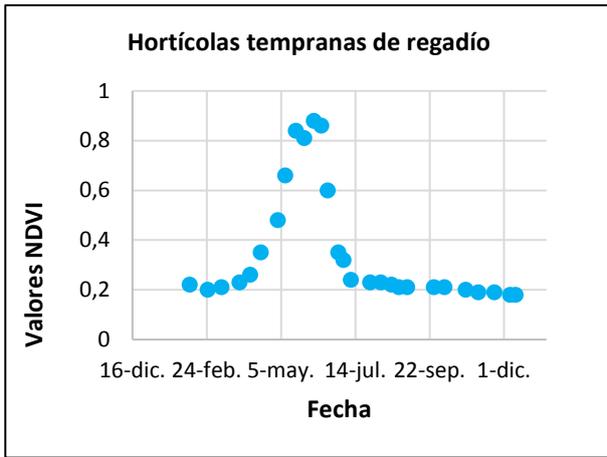
Leyenda de las clases de cultivos herbáceos en que se han agrupado los diferentes cultivos y usos de suelo presentes en la zona de estudio		
Código	Nombre de la clase	Descripción de la clase
1	Cultivos Forrajeros de Primavera	Cubiertas herbáceas que se desarrollan en primavera, con respuesta y evolución temporal correspondiente a cultivo en regadío tales Ray Gras...
2	Cereal, leguminosas y grano	Cubiertas herbáceas que se desarrollan en primavera, con respuesta y evolución temporal correspondiente a un cultivo en regadío tales como Trigo, Cebada, Guisantes, Colza...
3	Hortícolas tempranas	Cubiertas herbáceas que se desarrollan en primavera, con respuesta y evolución temporal correspondiente a cultivos en regadío con baja cobertura vegetal, tales como Ajo Chino, Ajo morado, lechugas, espinacas, cebollas tempranas...
4	Hortícolas de media estación	Cubiertas herbáceas que se desarrollan en verano, con respuesta y evolución temporal correspondiente a cultivo en regadío con baja cobertura vegetal, tales como cebolla, lechuga, espinacas, brócoli...
5	Maíz y otros cultivos de verano de Alta Cobertura	Cubiertas herbáceas que se desarrollan al final de la primavera (Junio), correspondiente a cultivos de regadío tales como maíz, remolacha, patatas, maíz dulce ...,
6	Arroz	Cubiertas herbáceas que se desarrollan al final de la primavera (Junio), correspondiente a cultivos de regadío tales como arroz
7	Hortícolas tardíos	Cubiertas herbáceas que se desarrollan en otoño, con respuesta y evolución temporal correspondiente a cultivo en regadío con baja cobertura vegetal, tales como lechuga, espinacas, brócoli, alcachofa...
8	Hortícolas dobles cosechas	Cubiertas herbáceas que tienen varios ciclos a lo largo de la campaña tales como lechuga, espinacas, alcachofas...
9	Dobles cosechas	Combinaciones como cebada/maíz de ciclo corto; ajos/judías
10	Alfalfas	Cubiertas herbáceas, de tipo praderas, con emergencia y desarrollo desde primavera en las que apreciamos algún corte y su posterior rebrote, con respuesta y evolución temporal de cultivos tales como Alfalfas...
11	Invernaderos	Cubiertas herbáceas que están cultivadas bajo plástico

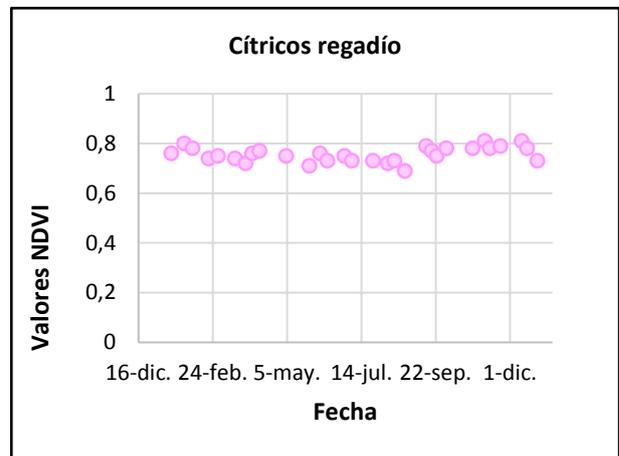
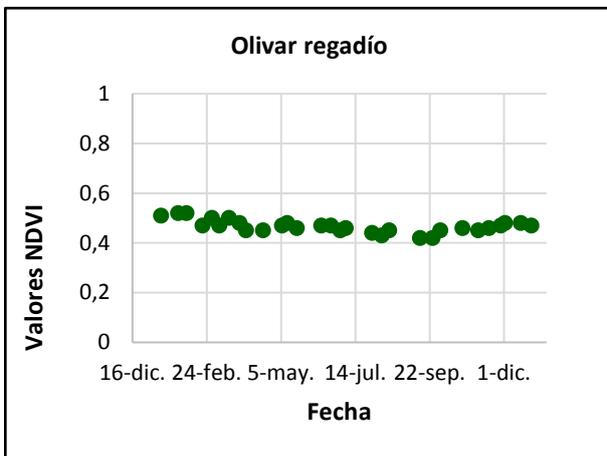
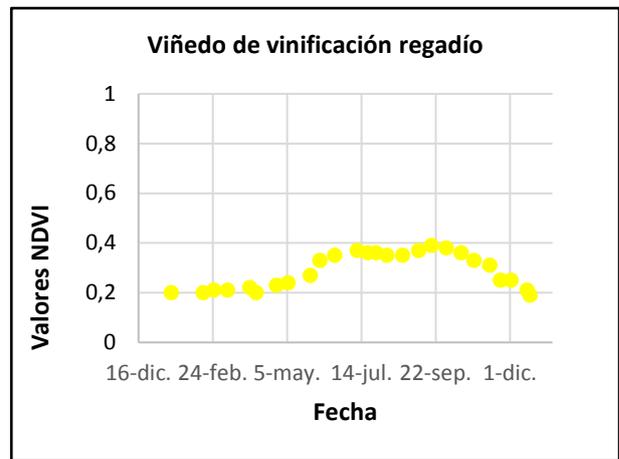
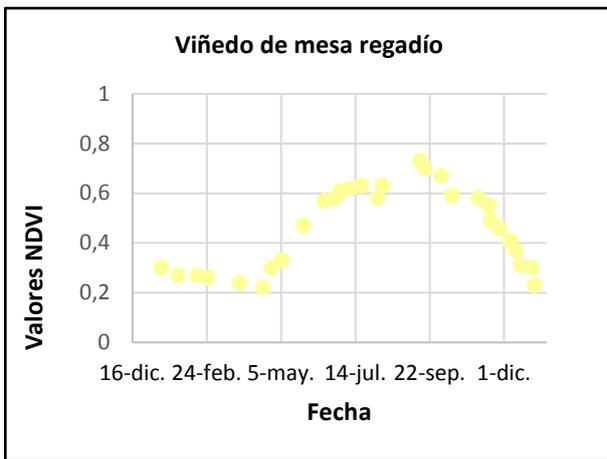
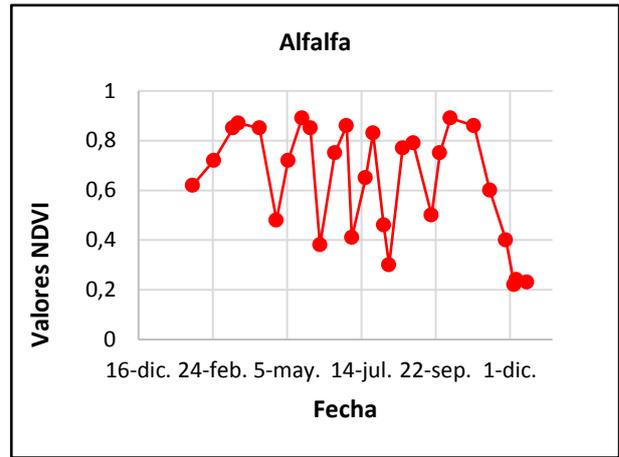
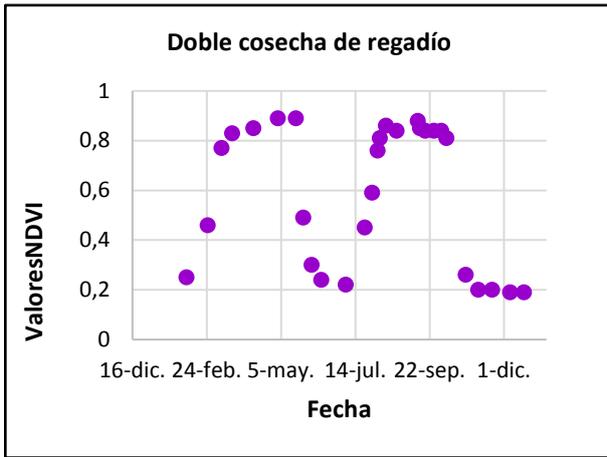
Leyenda de las clases de cultivos leñosos en que se han agrupado los diferentes cultivos y usos de suelo presentes en la zona de estudio		
Código	Nombre de la clase	Descripción de la clase
12	Viñedo de mesa de regadío	Cubierta leñosa de regadío que corresponden a un cultivo de viñedo de mesa.
13	Viñedo vinificación regadío	Cubierta leñosa de regadío que corresponden a un cultivo de viñedo
14	Olivar regadío	Cubierta leñosa de regadío que corresponden a un cultivo de olivar.
15	Cítricos	Cubierta leñosa de regadío que corresponden a un cultivo de cítricos como naranjos, limoneros...
16	Frutales de cascara regadío	Cubierta leñosa de regadío que corresponden a un cultivo de frutal de cascara como almendro, pistacho, nogales...
17	Frutales de Hueso regadío	Cubierta leñosa de regadío que corresponden a un cultivo de frutales de hueso como Nísperos, albaricoque...

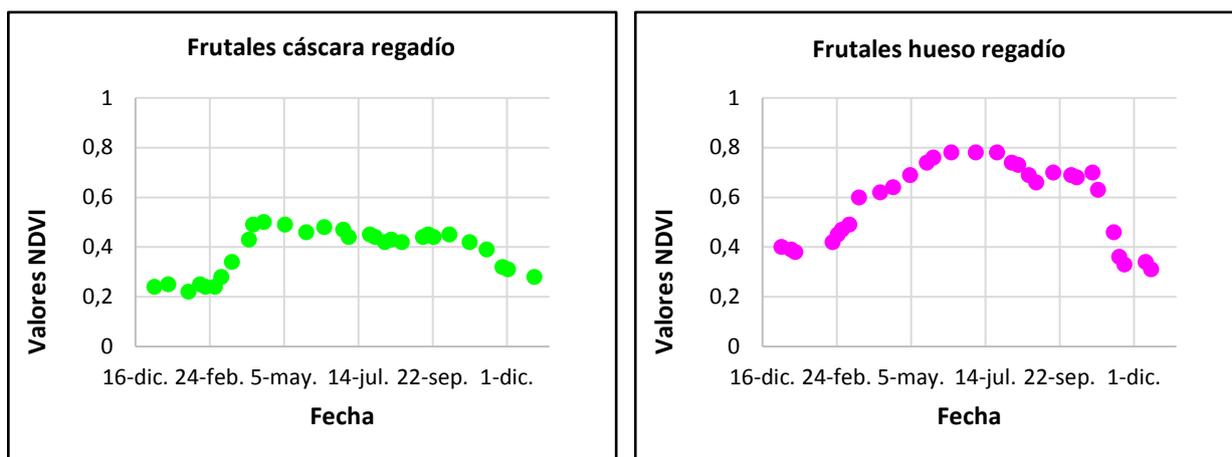
### Patrones temporales típicos del NDVI de las clases seleccionadas

La leyenda de las clases seleccionadas se complementa con la definición del patrón temporal descrito por el NDVI para cada una de estas clases. La Figura 5 muestra la evolución típica del valor del NDVI para cada una de las clases mencionadas en la Tabla 3; dichas curvas se han obtenido a través del sistema WebSIG **SPIDER-TSUR**. El conocimiento de la evolución de la clase patrón permite determinar con mayor precisión los valores umbrales que se utilizan para cada cultivo y que fechas son las ideales para poder separar los cultivos en los diferentes grupos.









**Figura 5.** Curvas patrones de la evolución temporal del NDVI para las clases seleccionadas de usos de suelo en regadío. Las curvas corresponden al año 2017; con ligeras variaciones son muy similares el resto de años.

### Adaptación de los Usos SIGPAC y Unidades de Demanda Agraria a la clasificación

La Tabla 4 muestra los criterios utilizados en la adaptación de la información sobre el uso de suelo asociada a cada recinto SIGPAC, a las clases definidas en la leyenda. Dada la extensión del área de estudio esta información se ha manejado a escala provincial, pues en otro caso el manejo de los mapas vectoriales con varios millones de polígonos es realmente difícil incluso para máquinas que trabajan en los entornos de computación avanzada.

**Tabla 4.** Adaptación de los usos de suelos de cada recinto SIGPAC a las clases definidas en la leyenda.

Usos de suelo clasificados	Código SIGPAC
<b>Cultivos forrajeros de primavera</b> <b>Cereal, leguminosa y grano</b> <b>Hortícolas tempranas</b> <b>Hortícolas media estación</b> <b>Maíz y otros cultivos de verano de alta cobertura</b> <b>Arroz</b> <b>Hortícolas tardías</b> <b>Hortícolas dobles cosechas</b> <b>Dobles cosechas</b> <b>Alfalfas</b>	TA: Tierra Arable, TH: Huerta y PA: Pasto arbolado (regadío), PR: Pasto arbustivo (regadío) y PS: Pastizal (regadío)
<b>Viñedo de mesa</b> <b>Viñedo de vinificación</b>	CV: Asociación cítricos-viñedo, FV Frutos secos y viñedo, VF: viñedo frutal, VI: viñedo, VO: Viñedo-Oliver

Usos de suelo clasificados	Código SIGPAC
<b>Olivar</b>	FL: Frutos secos y viñedo, OC: Asociación olivar-cítricos, OF: Olivar-frutal, OV: Olivar
<b>Cítricos</b>	CF: Asociación cítricos-frutales, CI: Cítricos, CS: Asociación cítricos- frutales de cascara
<b>Frutal de cascara</b>	FF: Asociación frutales- frutales de cascara, FS: Frutos secos
<b>Frutal de hueso</b>	FY: Frutales
<b>Invernaderos y cultivos bajo plástico</b>	IV: Invernaderos

La Tabla 5 detalla la operación seguida en el proceso de clasificación integrando los recintos SIGPAC, atendiendo a las diferentes clases contempladas en la leyenda.

**Tabla 5.** Metodología para integrar la cartografía SIGPAC en el proceso de clasificación

USOS DEL SUELO	METODOLOGÍA
<b>Cultivos forrajeros de primavera</b>	
<b>Cereal, leguminosa y grano</b>	
<b>Hortícolas tempranas</b>	
<b>Hortícolas media estación</b>	
<b>Maíz y otros cultivos de verano de alta cobertura</b>	– Clasificación supervisada por árboles de decisión basada en series multitemporales de NDVI
<b>Arroz</b>	
<b>Hortícolas tardías</b>	– Empleo de cartografía disponible: SigPAC y UDAs
<b>Hortícolas dobles cosechas</b>	
<b>Dobles cosechas</b>	
<b>Alfalfas</b>	
<b>Invernaderos</b>	
<b>Viñedo de mesa en regadío</b>	– Clasificación supervisada por árboles de decisión basada en series multitemporales de NDVI , atributos de los recintos contenidos en la cartografía disponible y fotointerpretación
<b>Viñedo vinificación en regadío</b>	
<b>Olivar en regadío</b>	
<b>Cítricos en regadío</b>	
<b>Frutales de cascara en regadío</b>	– Empleo de cartografía disponible: SigPAC y UDAs
<b>Frutales de hueso en regadío</b>	

## **Proceso de clasificación mediante “Árboles de Decisión”**

El proceso de clasificación consiste en la asignación del patrón temporal de la unidad mínima de superficie (3x3 pixel) que sucede en una determinada campaña a aquel de entre los patrones tipo al que es más semejante. Este proceso se realiza mediante procesos lógicos secuenciales, denominados árboles de decisión. Un operador lógico condicional se formula en la forma SI (Condición) ENTONCES (Inferencia), también expresado en la forma (IF, THEN, ELSE).

Así, por ejemplo, un criterio sencillo para identificar suelo desnudo podría formularse en la forma SI (en todas las imágenes del año el valor del NDVI es menor que 0,25), ENTONCES (suelo desnudo), SI NO (otra clase). Las reglas (IF, THEN, ELSE) pueden enlazarse y su representación gráfica asemeja a la estructura típica del árbol y sus ramas; por esta semejanza visual es por lo que se han denominado árboles de decisión.

Estos operadores lógicos permiten incorporar fácilmente criterios asociados a la información auxiliar, como aquella vinculado al SIGPAC. El procedimiento consiste en separar los píxeles de la escena a clasificar según unas reglas de clasificación basadas en los valores del NDVI de las secuencias temporales antes mostradas, atendiendo al conocimiento existente sobre la zona de estudio. Por ello, mediante las decisiones que se van realizando sucesivamente, se construye un árbol de decisión, en el que la propia estructura piramidal establece una jerarquía en las decisiones

El proceso general seguido en la clasificación para los cultivos herbáceos y leñosos se muestra en las Figuras 6 y 7, en la que se muestra la integración de la cartografía SIGPAC juntamente con los valores de las series temporales de imágenes. Como se puede apreciar, se utilizan series temporales de imágenes correspondientes a varios años para proceder a confirmar la clasificación realizada, y dotarla de una mayor robustez.

Señalar, como se establece en la Figura 7, que para aquellas parcelas de leñoso en las que el SIGPAC asigna un coeficiente de regadío mayor que cero, se ha trasladado directamente a la clasificación como regadío.

### **Revisión de los usos de suelo SIGPAC**

Adicionalmente se han establecido procesos de depuración de la cartografía SIGPAC, pues a pesar de su actualización anual, se encuentran recintos con usos no actualizados. Estos procesos de depuración han consistido en usar las series temporales de imágenes para garantizar que el uso de suelo SIGPAC es compatible con el patrón temporal del NDVI que describe la evolución de la cubierta vegetal de ese recinto.

Por su relevancia, destacan dos situaciones en las que se ha detectado que el uso SIGPAC está desactualizado. La primera de ellas afecta a la provincia de Alicante, especialmente entre otros el uso “improductivo”; así, se han encontrado un número de parcelas que, con este uso de suelo SIGPAC, en realidad correspondían a cultivos regados.

La segunda de ellas corresponde a la clase cítricos. Se ha verificado que la evolución temporal de un número de parcelas significativo bajo el uso de suelo “cítrico”, especialmente en las UDA’s Camp de Turia y Acequia Real del Júcar, no corresponde al patrón temporal típico

del cítrico, al mostrar períodos de suelo desnudo. Es posible que estemos ante el cambio de cítricos hacia frutales como el caqui.

### Zonificación

La menor pluviometría de la zona correspondiente al Vinalopó ha aconsejado tratar esta zona con valores umbrales más bajos para establecer la diferencia entre cultivos regados y no regados. Criterios más diferenciales se han adoptado para el caso de los cultivos leñosos, como se detalla en la sección específica dedicada a estos cultivos.

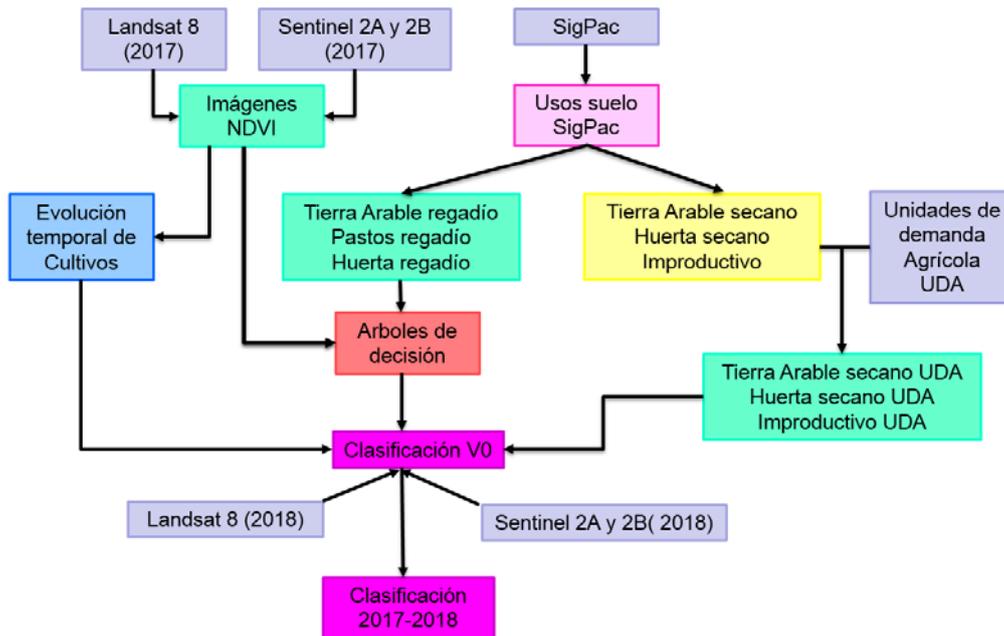


Figura 6. Esquema general del proceso de clasificación de herbáceos.

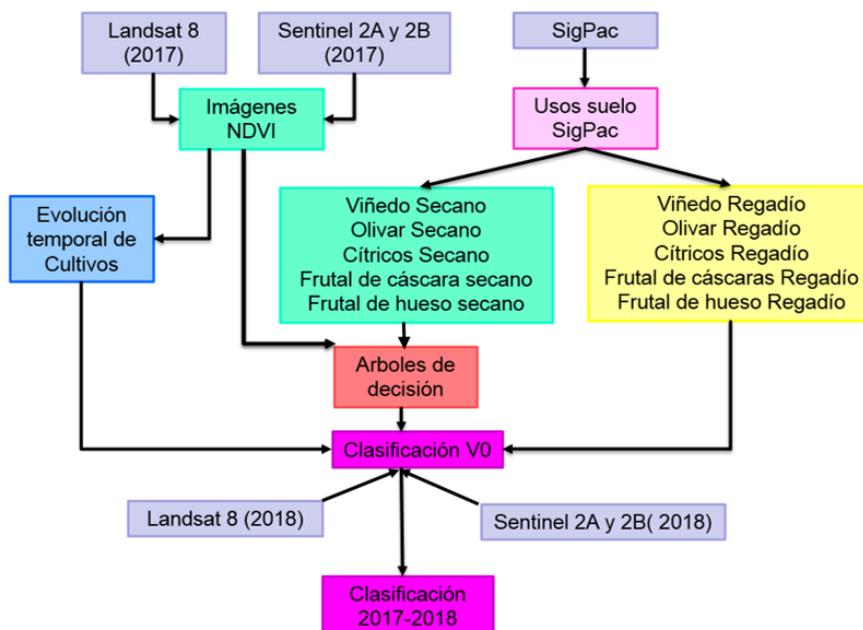


Figura 7. Esquema general del proceso de clasificación de leñosos.

La figura 8 muestra la complejidad que puede alcanzar un árbol de decisión, aún simplificado. Este árbol se ha realizado para aquellas parcelas de uso agrario que el SIGPAC tiene con un porcentaje de regadío mayor que cero, y por tanto trata de verificar o negar esta asunción. De la misma forma tendríamos que construir otro árbol para las parcelas de uso agrario que el SIGPAC tiene con un porcentaje de regadío igual a cero y otros para las parcelas con uso SIGPAC leñoso.

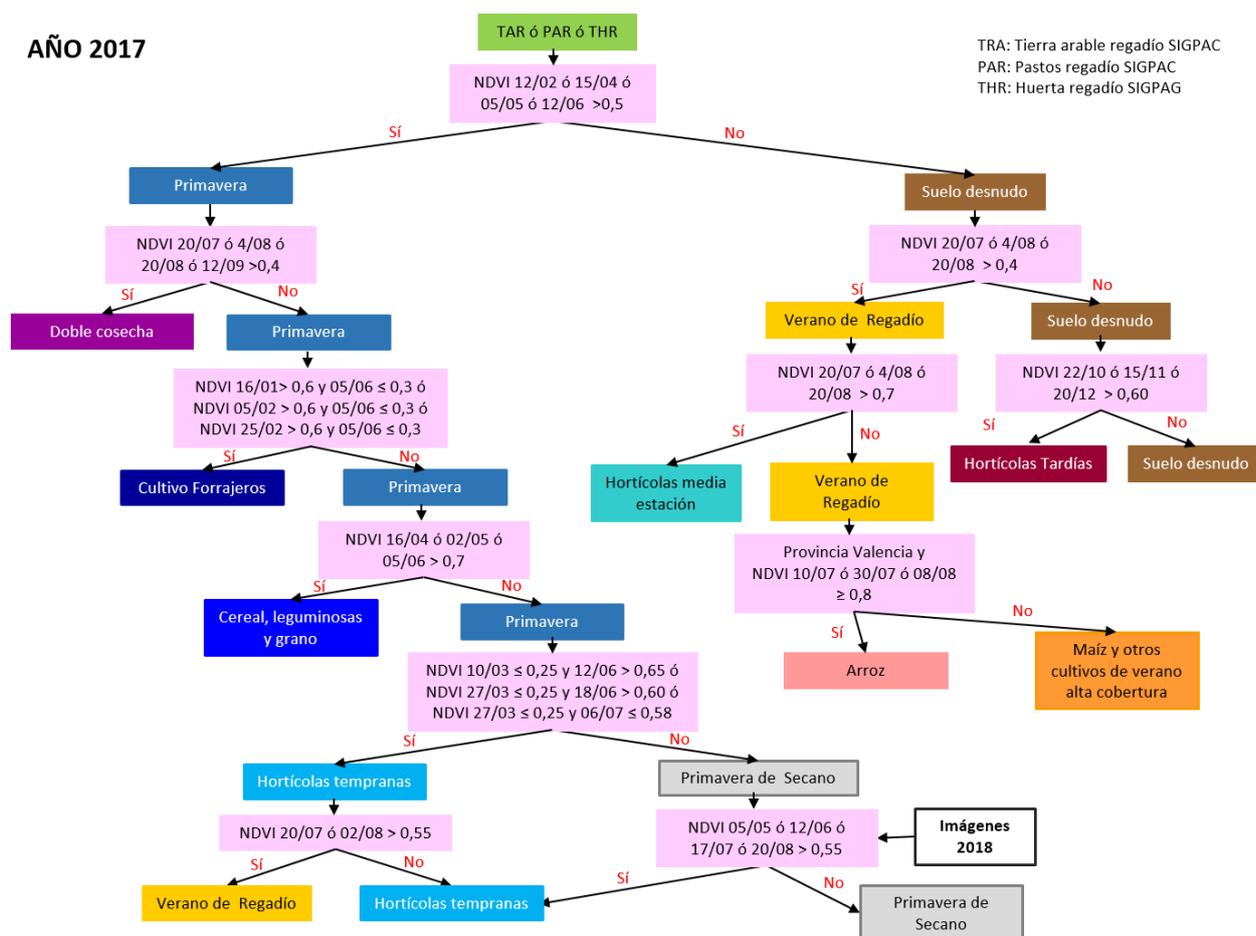


Figura 8. Árbol de decisión, parcial, para la clasificación del año 2017

#### 4.1. PROCEDIMIENTO DE CLASIFICACIÓN DE LEÑOSOS. COMARCA REQUENA-UTIEL.

Como se menciona en el Convenio y se cuantifica en los resultados, Sección 6, una importante proporción de la superficie en regadío en el ámbito de la DHJ, está dedicada a los cultivos leñosos. Dentro de los cultivos leñosos predominan los cítricos y frutales, y su suma supone el 70% sobre el total de cultivos leñosos. Los cítricos y frutales presentan, en general, cubiertas vegetales con alta cobertura y patrones temporales bien definidos, lo que permite su identificación y asignación como cultivos regados con cierta facilidad.

El caso de cultivos como viña, olivo y almendro, que suponen el resto de cultivos leñosos, un 30%, es bien diferente. Su identificación y separación en cultivos regados y no regados

presenta dificultades. Esto se debe a que estos cultivos presentan en general bajas proporciones de cobertura vegetal (típicamente 10-30%) y por tanto elevadas proporciones de suelo desnudo, tanto aquellos regados como los no regados. A ello se suma que la implantación del cultivo hasta que alcanza su arquitectura estable puede durar varios años. Por ello uno de los objetivos principales de este Convenio es el de poner a punto y validar la metodología en el caso de los cultivos leñosos, especialmente en el caso de la viña.

En estos cultivos la aportación de agua de riego produce cambios en la cubierta que pueden ser relevantes, pero que en proporción al suelo desnudo son pequeños, por lo que son difícilmente observables, especialmente cuando las aportaciones de agua son pequeñas, con carácter suplementario, como sucede en el manejo denominado riego deficitario controlado. Señalar que el tamaño y desarrollo de la cubierta vegetal responde, además de a las aportaciones de agua de riego, también a características diferenciales de manejo, suelo y precipitación. En relación al manejo, excluyendo el riego, las diferencias en la cubierta vegetal pueden deberse a distintos marcos de plantación, y métodos de poda junto a diferencias varietales. En cuanto al suelo, diferencias en la fertilidad y profundidad establecen diferencias observables en la cubierta entre parcelas e incluso dentro de la misma parcela. Por último, dentro de la zona de estudio aparecen áreas de diferente precipitación, tanto coyunturales debido a la meteorología como estructurales o climáticas. La combinación de todos estos factores que causan variabilidad en la cubierta oscurece y dificulta la identificación de los cambios debidos al agua de riego, especialmente si las aportaciones son reducidas y tienen un carácter suplementario.

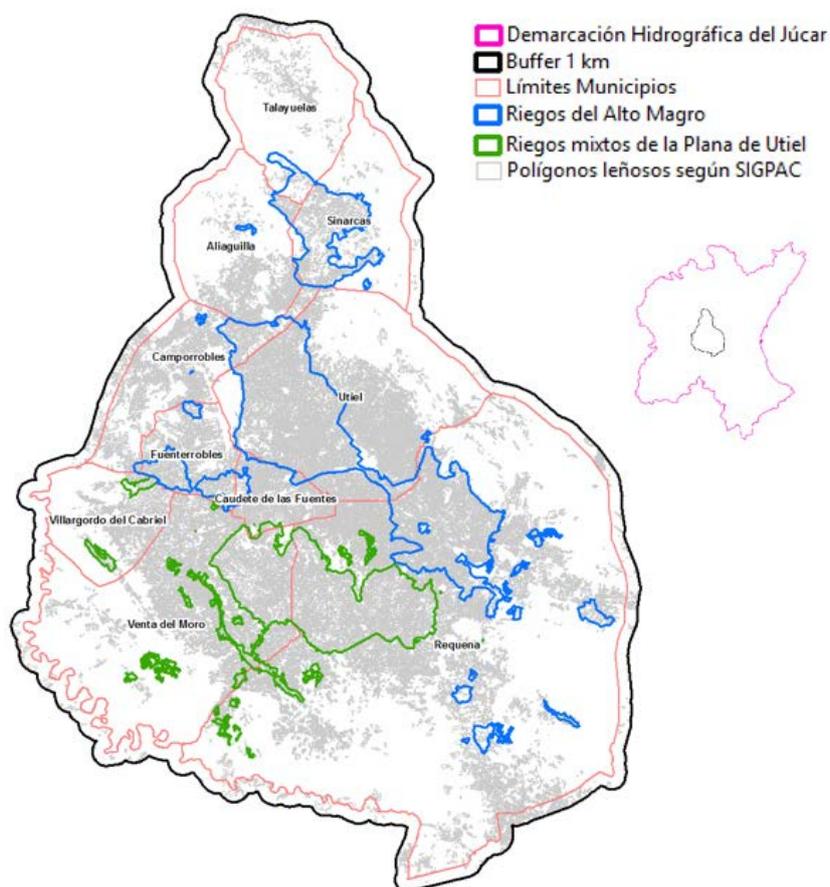
Una situación diferente de aquella del riego suplementario anteriormente comentado, sucede para plantaciones intensivas y super-intensivas, frecuentes últimamente en el caso de viña de mesa, olivos y almendros, en que se incrementa la densidad de plantación, y se aportan cantidades de agua superiores. En este caso el tamaño de la cubierta hace más fácilmente distinguibles y separables estas plantaciones mediante la metodología aquí utilizada. Dado el alto consumo de agua que requieren, podría ser de interés establecer subclases para estos cultivos, lo que permitiría describir la intensidad de la aportación de agua de riego.

La ventaja que estos cultivos presentan para su clasificación es que son cultivos permanentes, plurianuales. De esta forma la metodología implementada de árboles de decisión incorpora la zonificación por áreas homogéneas en precipitación y se extiende a varios años; utiliza pues criterios plurianuales, eligiendo preferentemente años secos en los que el contraste entre la cubierta regada y no regada se intensifica.

## **CLASIFICACIÓN CULTIVOS LEÑOSOS COMARCA REQUENA-UTIEL**

La Comarca Requena-Utiel es una zona en que los cultivos con baja cobertura vegetal, como la viña, almendro y olivos, principalmente, son muy dominantes, a lo que se une un tamaño de parcela que se sitúa en el entorno de la hectárea e incluso inferior. Es por ello que

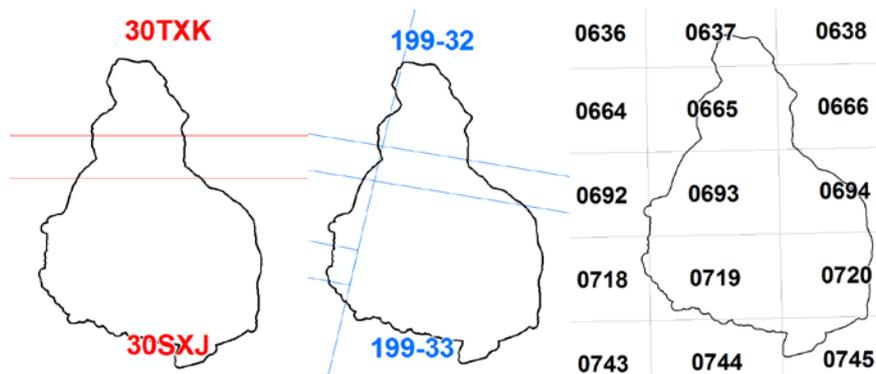
es una zona preferente de estudio dentro del Convenio. Por ello se describe en detalle la clasificación de leñosos Requena-Utiel para los años 2009/2010, 2014/2015 y 2017/2018. En esta comarca se encuentran las UDAs Riegos mixtos de la Plana de Utiel, y Riegos del Alto Magro. Para delimitar la zona de estudio en esta comarca, se ha ampliado la extensión a los municipios sobre los que se extienden las UDAs mencionadas. La Figura 9 muestra la comarca Requena-Utiel, su ubicación dentro del ámbito de la DHJ, la delimitación de las UDAs mencionadas, y la capa de las parcelas identificadas como cultivos leñosos. Como se puede observar en dicha Figura 9, los cultivos leñosos son muy dominantes en la zona de estudio, y se extienden más allá de la delimitación de las UDAs. Asimismo, se ha representado la delimitación de los términos municipales: Provincia de Valencia: Camporrobles, Caudete de las Fuentes, Fuenterrobles, Requena, Sinarcas, Utiel, Venta del Moro y Villargordo del Cabriel. Provincia de Cuenca: Aliaguilla y Talayuelas.



**Figura 9.** Distribución de la zona de estudio, UDAs, parcelas con uso Cultivo Leñoso y términos municipales, así como su relación con la Demarcación Hidrográfica del Júcar

### Imágenes utilizadas

Esta zona de estudio se encuentra definida por la pasada 199-32 y 199-33 de la imagen LANDSAT y por los gránulos 30TXK y 30SXJ de las SENTINEL y las diferentes Hojas de la ortofoto PNOA como se puede observar en la Figura 10.



**Figura 10.** Gránulos Sentinel que cubren la zona de estudio representados en color rojo, escenas Landsat que cubren la zona representadas en color azul, y en negro la diferentes hojas de la ortofoto PNOA que entrarían dentro de la zona de estudio.

Además de las ortofotos PNOA se han utilizado imágenes de muy alta resolución espacial, comparable a la ortofoto PNOA, facilitados a través de la plataforma Google Earth en las fechas en que no se disponía de las ortofotos oficiales, sobre las que se ha procedido a la fotointerpretación en casos puntuales.

### **Meteorología y Zonificación**

La Tabla 6 muestra un resumen de los datos meteorológicos de precipitación a los que se ha accedido a través de las redes SIAR, del Ministerio de Agricultura y SAIH, de la CHJ<sup>1</sup>, de los años 2014 a 2018. La precipitación registrada muestra una muy alta variabilidad interanual, con un mínimo de 153 mm en el año 2016 y un máximo de 445 mm el año 2017; esta variabilidad se manifiesta también espacialmente, como se pone de manifiesto al comparar los valores registrados en las dos estaciones mostradas, muy cercanas entre sí.

Dada la variabilidad en la precipitación señaladas, se ha estimado necesario zonificar a efectos de los valores umbrales a adoptar en la clasificación; para ello se ha elegido el criterio de altitud, como factor que puede ser relevante de cara a la precipitación; las dos zonas se muestran en la Figura 11.

- 
- <sup>1</sup> Visor en la web de la CHJ (Confederación Hidrográfica del Júcar).  
<http://saih.chj.es/chj/saih/glayer?t=p>
  - Web del SiAR (Sistema de Información Agroclimática para el Regadío).  
<http://eportal.mapama.gob.es/websiar/SeleccionParametrosMap.aspx?dst=1>

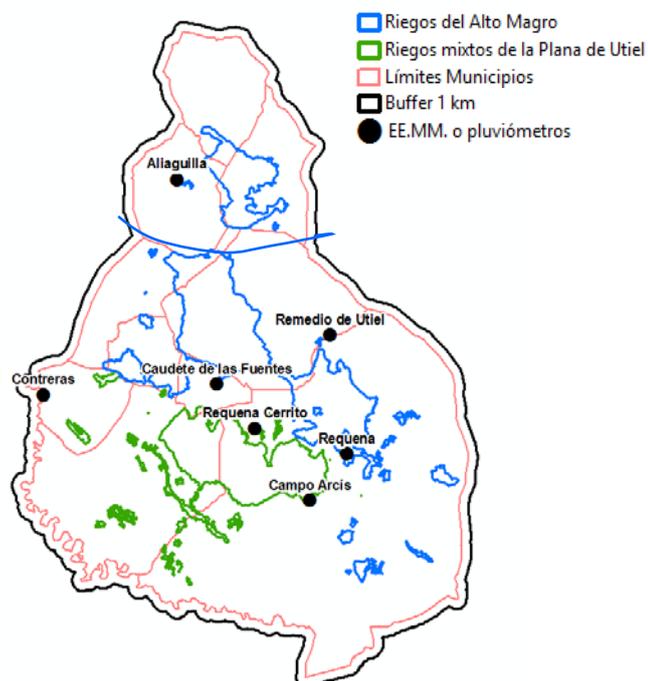
**Tabla 6.** Precipitación promedio anual en las estaciones Campo de Arcís y Requena-Cerrito de los años 2013 a 2018.

P media (mm)	2013	2014	2015	2016	2017	2018
<b>Campo Arcís</b>	445,91	203	337,6	153,56	444,13	355,76
<b>Requena Cerrito*</b>	-	-	471,2	275	502,4	407,2

\*Para los años 2013 y 2014 no hay datos de todos los meses

P media (mm). Sólo meses de julio y agosto	2013	2014	2015	2016	2017	2018
<b>Campo Arcís</b>	86,9	17	14,91	8,7	45,96	23,15
<b>Requena Cerrito*</b>	-	5,1	40,9	12	27,1	22,9

\*Para el año 2013 no hay datos de todos los meses



**Figura 11.** Zonificación para la comarca Requena-Utiel, a efectos de la clasificación de los cultivos leñosos

## **Información auxiliar SIGPAC**

La zona de Requena-Utiel se encuentra dentro de las tres provincias Albacete, Cuenca y Valencia, esta última en mayor medida. Aplicando herramientas GIS se ha creado una capa SIGPAC de la zona de estudio, agrupando los usos SIGPAC en las clases señaladas en la Tabla 4. Esta capa permite generar una capa de puntos para enlazar la información SIGPAC con la serie temporal de imágenes, tanto a la escala punto como a la escala parcela.

## **Impacto de la variabilidad meteorológica anual en el tamaño de la cubierta vegetal de los cultivos leñosos.**

En la Comarca Requena-Utiel, muchas concesiones de agua de riego se sitúan sobre los 600 m<sup>3</sup>/ha, lo que supone aplicar en el riego una lámina de agua de 60 mm. La variabilidad interanual de la precipitación puede ser varias veces el de la aportación de agua de riego; por ejemplo, la diferencia entre la precipitación anual del año 2017 y el año 2016 fue de 300 mm, Tabla 6, cinco veces el valor de la lámina de riego.

La diferenciación entre cultivos regados y no regados se realiza sobre la base de los cambios que la aportación de agua de riego produce en el tamaño y desarrollo de la cubierta vegetal. Por tanto, cuando la aportación de agua es pequeña el impacto será proporcionalmente pequeño, y otros factores como la precipitación, el suelo y el manejo pueden tener peso y oscurecer la diferenciación, si estos otros factores no se toman en consideración.

Por ello se ha procedido a analizar el impacto que la variabilidad interanual de la precipitación tiene en la cubierta vegetal de los diferentes cultivos leñosos.

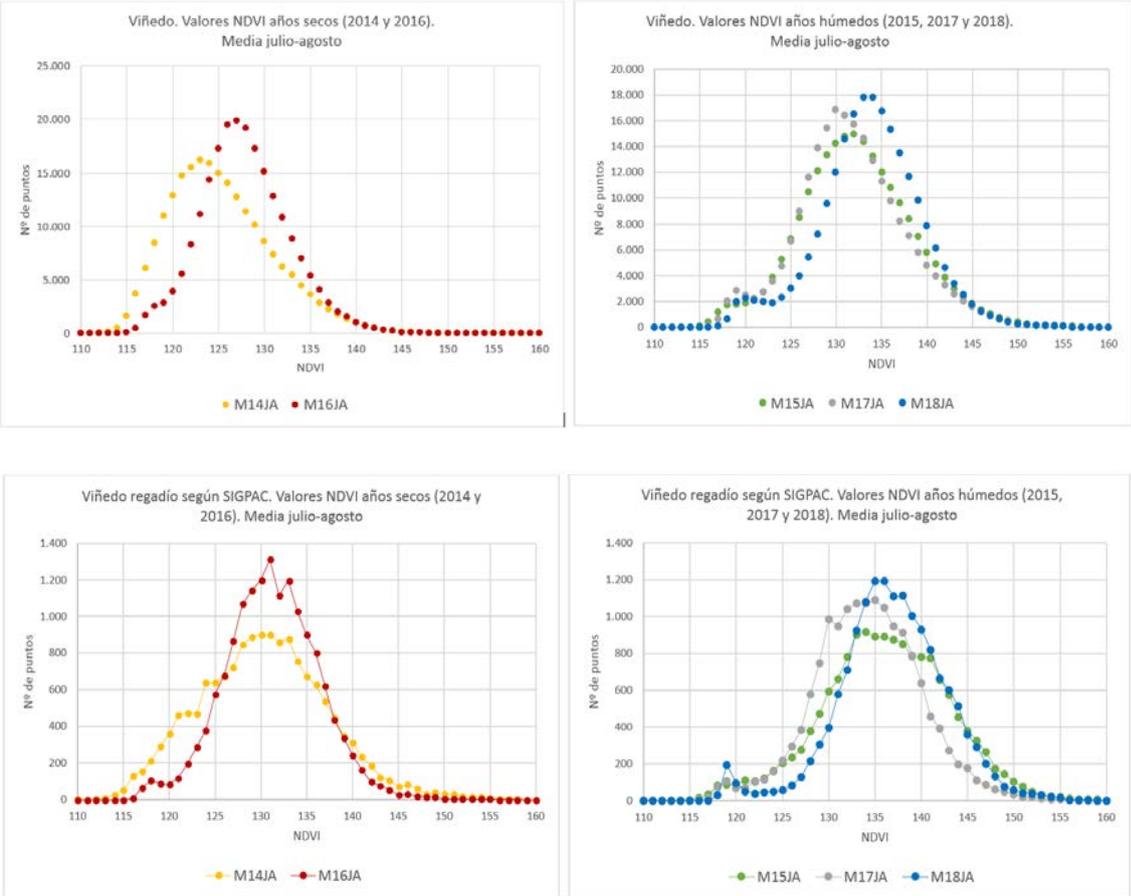
La metodología ha sido utilizar la tabla de puntos, con centro en una malla de paso 30 m x 30 m, asociada a los recintos SIGPAC. A cada punto, que lleva asociada el cultivo correspondiente, se le ha asociado los valores medios del NDVI que alcanza la cubierta vegetal en los meses de Julio y Agosto; este valor medio es el correspondiente a las imágenes disponibles en esas fechas, para cada uno de los años que se extienden del año 2014 al 2018; esta serie temporal se considera de referencia, dada la variabilidad interanual encontrada en cuanto a las precipitaciones.

El valor promedio del NDVI para Julio y Agosto se ha considerado un descriptor de la cubierta, esto es el valor de referencia, pues aprovecha la forma característica de meseta que presenta la serie temporal de valores de NDVI, típica de los cultivos leñosos como la viña, el almendro, y el olivo, tal y como se puede observar en la Figura 5, donde se representan los patrones temporales de la evolución de NDVI para las clases de estos cultivos. Además, puede extenderse a lo largo de varios años, dado el carácter permanente que tiene la cubierta. Toda esta información, de varios millones de puntos, se ha almacenado en una geodatabase que nos permite extraer y analizar la información.

Para asegurarnos que los puntos obtenidos pertenecen realmente al cultivo leñoso en cuestión y con la finalidad de evitar posibles errores en cuanto al valor de las imágenes de satélite pudieran aportar al punto tratado, por la proximidad a caminos o a otro tipo de cultivos leñosos o herbáceos, se delimito una zona de influencia de 15 metros interna al borde de la parcela, donde no se consideraron aquellos puntos que su localización caía en dicha banda. Sobre la capa de puntos así constituida se incorporó la información de las imágenes a partir de la cual se realizaron los análisis oportunos para determinar si el cultivo leñoso podría tratarse de regadío o no. Si bien para las imágenes L8 el valor del índice NDVI no requería tratamiento, para el caso de la imágenes S2 se debió realizar una agregación de los datos considerando como valor definitivo el resultado del promedio de, como máximo los nueve píxeles más próximos a cada uno de los centroides, perfectamente ajustado.

Operando sobre esta geodatabase, ha permitido extraer la distribución de frecuencias de valores de NDVI para cada año y para cada uno de los cultivos analizados, viña, almendro, olivo y frutal. Inicialmente se utilizó la capa SIGPAC para la separación entre regados y no regados, introduciendo posteriormente datos de trabajo de campo. La Figura 12 muestra esta distribución de frecuencias y las tablas asociadas a los valores promedio, para los cultivos de viña, almendro, olivo y frutal.

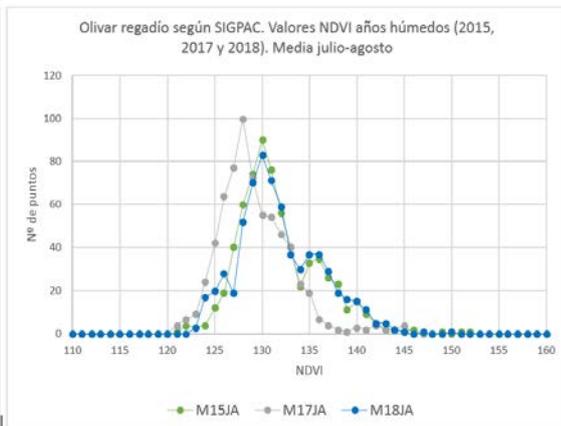
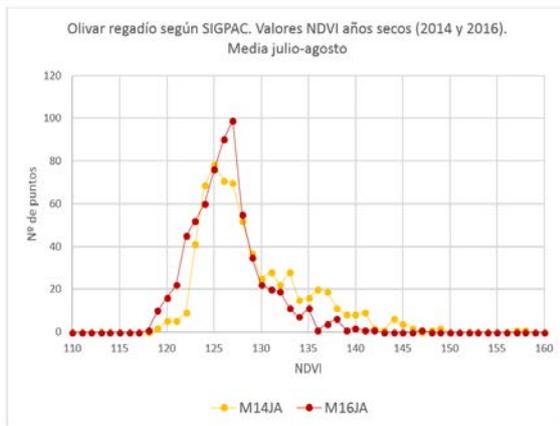
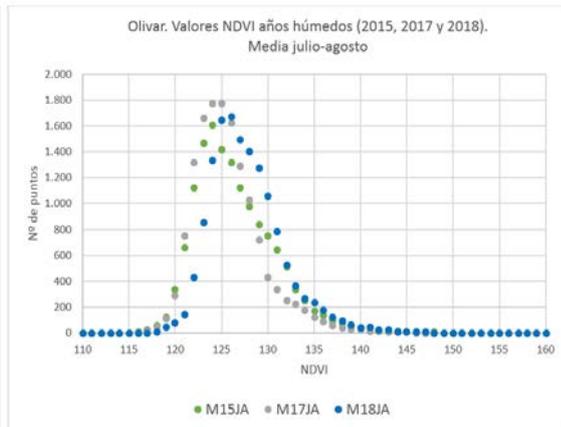
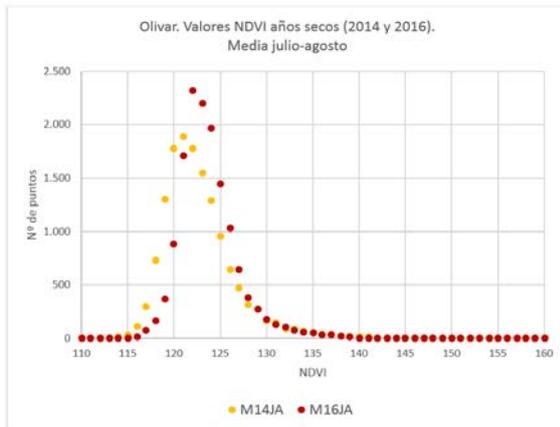
**VIÑEDO**



VIÑEDO all		
Media JULIO-AGOSTO		
AÑO	NDVI	□
2014	125,4	± 5,8
2015	132,3	± 6,3
2016	127,9	± 4,8
2017	131,8	± 6,0
2018	133,8	± 5,6

VIÑEDO R		
Media JULIO-AGOSTO		
AÑO	NDVI	□
2014	130,3	± 7,0
2015	136,1	± 6,9
2016	131,2	± 5,2
2017	134,2	± 5,8
2018	136,8	± 5,9

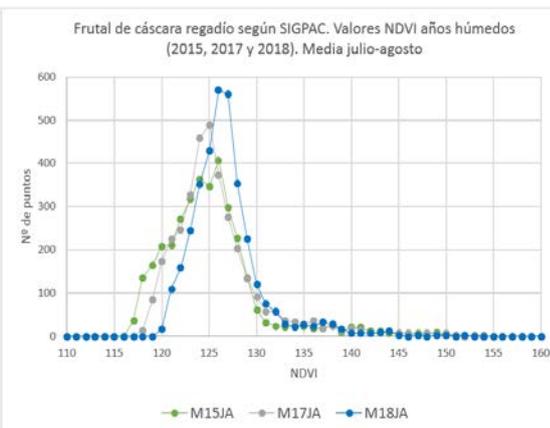
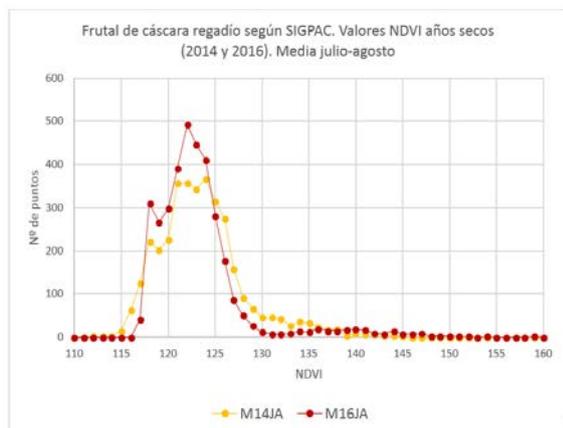
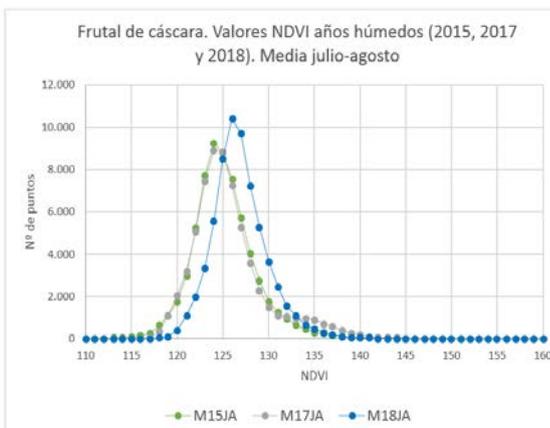
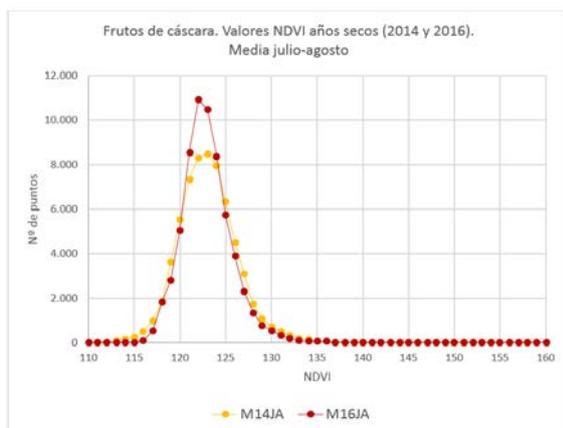
## OLIVAR



OLIVAR all		
Media JULIO-AGOSTO		
AÑO	NDVI	□
2014	122,7	± 4,1
2015	126,5	± 4,3
2016	123,7	± 3,3
2017	125,7	± 3,8
2018	127,7	± 4,0

OLIVAR R		
Media JULIO-AGOSTO		
AÑO	NDVI	□
2014	129,0	± 5,6
2015	131,8	± 4,4
2016	126,4	± 3,9
2017	129,3	± 3,9
2018	131,9	± 4,4

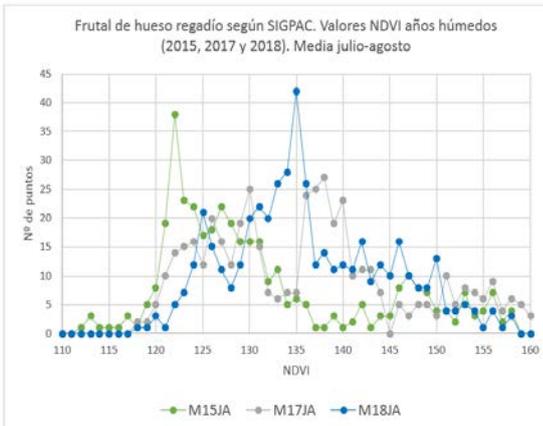
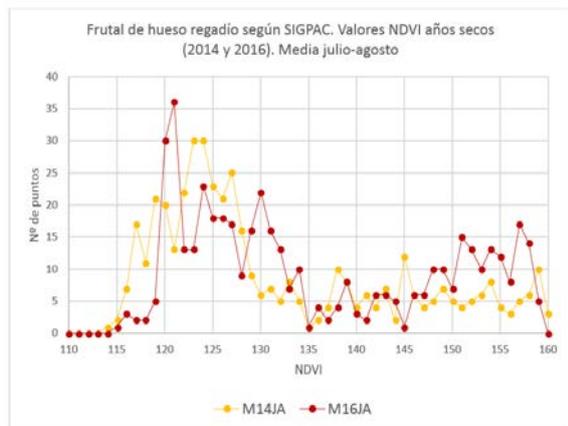
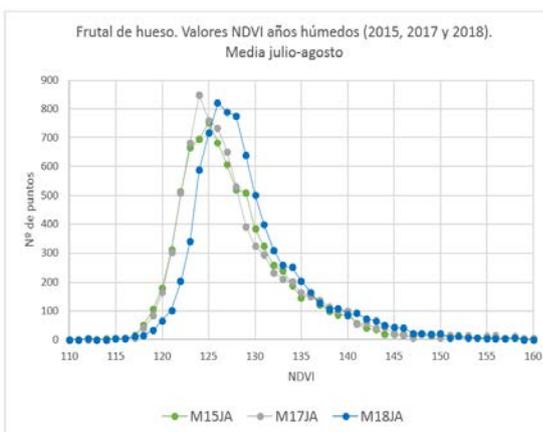
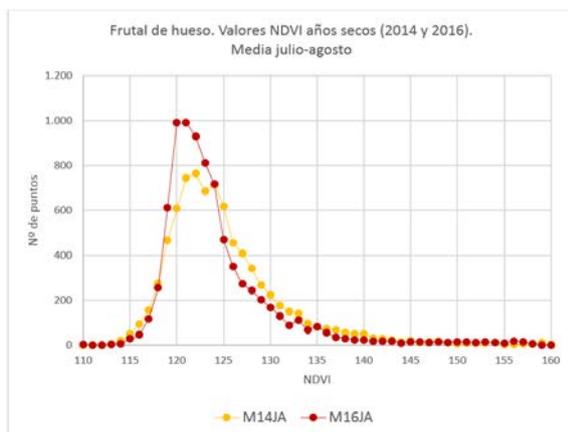
## FRUTAL DE CÁSCARA



FRUTOS CÁSCARA all		
Media JULIO-AGOSTO		
AÑO	NDVI	□
2014	123,1	± 3,3
2015	125,2	± 3,6
2016	123,0	± 2,9
2017	125,7	± 4,2
2018	126,9	± 3,1

FRUTOS CÁSCARA R		
Media JULIO-AGOSTO		
AÑO	NDVI	□
2014	123,6	± 4,7
2015	125,2	± 5,3
2016	123,2	± 5,1
2017	125,9	± 5,1
2018	126,8	± 4,0

## FRUTALES DE HUESO



FRUTAL all		
Media JULIO-AGOSTO		
AÑO	NDVI	□
2014	125,3	± 6,9
2015	128,4	± 7,5
2016	125,3	± 6,4
2017	128,1	± 6,6
2018	129,3	± 5,9

FRUTAL R		
Media JULIO-AGOSTO		
AÑO	NDVI	□
2014	133,8	± 14,9
2015	139,6	± 17,3
2016	136,0	± 13,7
2017	137,5	± 12,1
2018	136,4	± 8,6

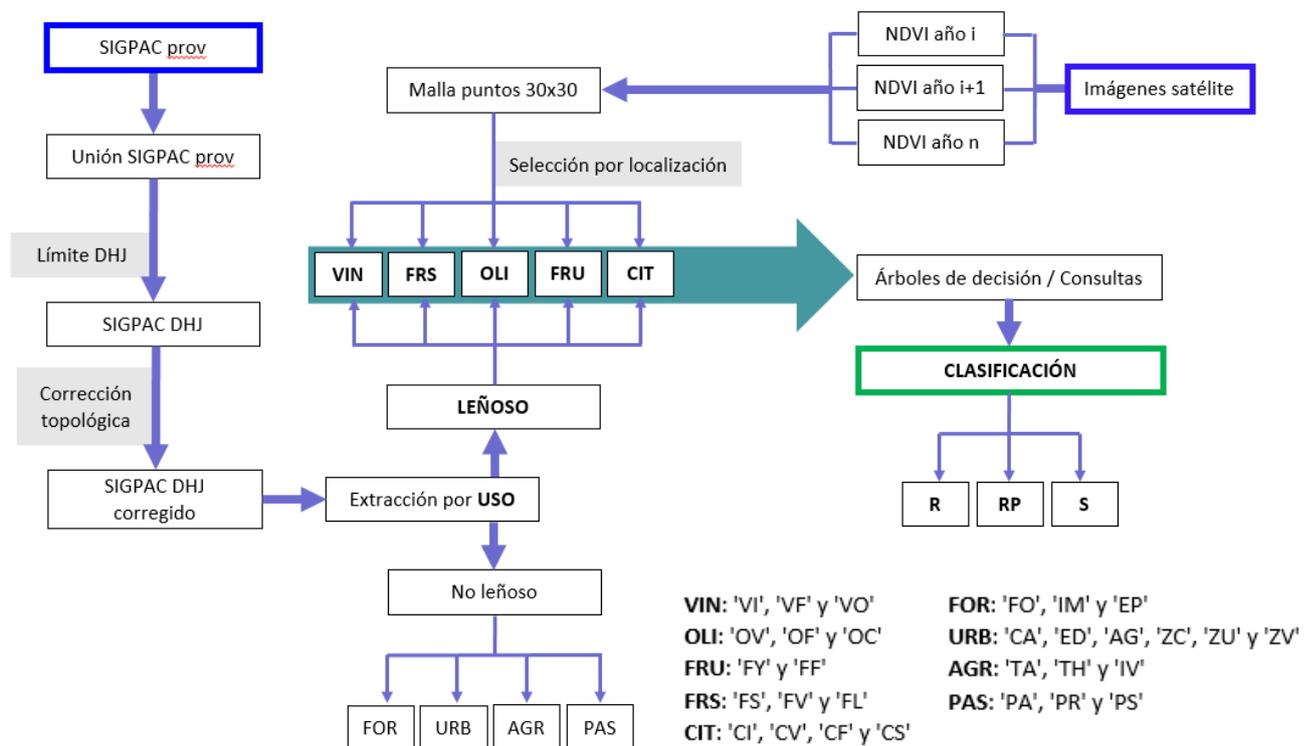
**Figura 12.** Distribución de frecuencias de valores NDVI para los cultivos viña, olivo, almendro y frutal en la Comarca Requena-Utiel.

Como se puede observar en las diferentes gráficas y tablas mostradas en la Figura 12, la cubierta vegetal presente diferente tamaño de acuerdo a que sean años secos y húmedos, y es posible cuantificar dicho tamaño mediante el valor del parámetro NDVI. Los años 2014, 2017 y 2018 son años húmedos. La inspección de las gráficas y tablas de la Figura muestra que en los años húmedos hay un desplazamiento hacia valores superiores respecto a la de los años 2014 y 2016 que serían los años secos.

### Clasificación de cultivos leñosos en regadío en la Comarca Requena-Utiel

Con el objetivo de discriminar que polígonos se corresponden con regadío, se optó por estudiar también el comportamiento de las curvas de la Figura 12 en dos vertientes: por un lado, teniendo en cuenta todos los puntos y por otro, respetando solamente aquellos pertenecientes a polígono SIGAPC con un coeficiente de regadío mayor a cero. El conocimiento del valor medio de NDVI junto con la derivación estándar de estas distribuciones sirvieron como punto de partida para diseñar una primera estrategia encaminada a obtener la clasificación de los cultivos leñoso que, para el caso del viñedo, quedo definida de la siguiente manera: Vid de “vinificación de regadío” y Vid de “vinificación de secano”.

Posteriormente, la información obtenida de los puntos fue extrapolada a nivel polígono SIGPAC determinando un valor medio de NDVI por parcela para, en función de los mismos, aplicar los criterios de clasificación determinados obteniendo la clasificación. La Figura 13 muestra el diagrama de flujo seguido para realizar la clasificación



**Figura 13.** Diagrama de flujo sobre el proceso de clasificación de los cultivos leñosos en la Comarca Requena-Utiel.



## Resultados del trabajo de campo.

La Tabla 7 muestra los resultados correspondientes a los valores de NDVI promedio de los meses de Julio y Agosto, en función del uso de suelo identificado en campo. Como se había analizado anteriormente la precipitación anual introduce cambios, que en ocasiones son más notables que los que producen la aportación de agua de riego. Queda claramente establecido que no hay umbrales con valores fijos que permitan la separación entre regadío y secano.

La Tabla 8 muestra los resultados considerando el manejo o guía de conducción del cultivo de la viña, separando entre espaldera y vaso, sin que emerja una prueba clara del efecto de la guía de conducción, aunque la conducción en espaldera en regadío alcanza valores ligeramente superiores a la conducción en vaso.

**Tabla 7.** Resultados medios observados en campo.

cLEN CAMPO	Nº	M14JA	M15JA	M16JA	M17JA	M18JA
FRS-R	1	124,7	125,4	123,9	125,7	127,1
FRS-S	1	120,5	123,4	121,1	129,7	127,8
OLI-R	1	127,0	129,4	129,2	131,3	133,7
OLI-S	4	121,3 ± 2,7	126,0 ± 4,1	124,7 ± 3,0	126,8 ± 3,5	128,2 ± 4,4
VIN-R	134	122,6 ± 4,0	127,1 ± 4,5	123,1 ± 4,2	129,8 ± 4,9	133,2 ± 4,5
VIN-S	113	119,8 ± 2,4	126,8 ± 3,9	121,1 ± 2,9	128,7 ± 3,9	131,4 ± 4,3

Nº: número de parcelas visitadas. MxxJA: media de los valores de los valores de NDVI para los meses de Julio y agosto.

**Tabla 8.** Resultados medios observados en campo en conjunto, teniendo en cuenta la diferencia entre espaldera VINE y vaso VINv para el viñedo

cLEN CAMPO	Nº	M14JA	M15JA	M16JA	M17JA	M18JA
VINE-R	92	132,9 ± 3,6	138,8 ± 4,2	130,4 ± 3,8	136,0 ± 5,0	138,9 ± 5,5
VINE-S	68	128,6 ± 3,6	135,6 ± 3,9	128,1 ± 2,9	133,9 ± 3,3	137,0 ± 3,6
VINv-R	5	131,7 ± 2,9	137,5 ± 3,9	128,8 ± 2,1	133,5 ± 2,1	138,4 ± 4,0
VINv-S	54	130,0 ± 2,6	136,7 ± 4,0	127,9 ± 3,1	134,5 ± 3,4	137,8 ± 4,0

Nº: número de parcelas visitadas. MxxJA: media de los valores de los valores de NDVI para los meses de Julio y agosto

Las Tablas 9, 10, 11 y 12 muestran los criterios utilizados para viña, olivo, frutos de cáscara y frutales de hueso, atendiendo a los valores definidos en el trabajo de campo.

**Tabla 9.** Criterios que se tuvieron en cuenta para **VIÑEDO**, simplificado

R2	2	"LEN"='VIN' AND "ZONA"='S' AND ("M14-16JA" >128 AND "M15-17JA" >135 AND "C02"='')
R3	3	"LEN"='VIN' AND "ZONA"='S' AND ("M14-15-16-17 (OR) JA" >136 OR "M18JA" >=138) AND "C02"=''
R4	4	"LEN"='VIN' AND "ZONA"='S' AND ("M14-16 (OR) JA" >131) AND "C02"=''
RN	8	"LEN"='VIN' AND "ZONA"='N' AND ("M14-16JA" >131 AND "M15-17-18JA" >136)
RA1	5	"LEN"='VIN' AND "ZONA"='S' AND (COEF_REGAD > 0 AND "C02"='')
RA2	7	"LEN"='VIN' AND "ZONA"='S' AND "C02"=''
RAN	10	"LEN"='VIN' AND "ZONA"='N' AND "C02"=''
RA3	11	Recintos vistos en campo con estructuras de R (no cumplen condiciones NDVI para R). Se define como RA
S	6	"LEN"='VIN' AND "ZONA"='S' AND ("M14-16JA" <=129 AND "M15-17JA" <=133) AND "M18JA" <=135 AND "C02"=''
SN	9	"LEN"='VIN' AND "ZONA"='N' AND "M16JA" <131
S1	12	Recintos vistos en campo donde no se aprecian estructuras de R (no cumplen condiciones NDVI para S). Se define como S
S2	13	"LEN"='VIN' AND "ZONA"='S' AND "M16JA" <127 AND ("C02" <> 'S' AND "C02" <> 'S1')

R: regadío. RA: regadío de apoyo. S: secano. MxxJA: media de los valores de los valores de NDVI para los meses de Julio y agosto

**Tabla 10.** Criterios que se tuvieron en cuenta para **OLIVAR**, simplificado

R1	1	"LEN"='OLI' AND "M14-16JA" >129 AND "M15-17JA" >132
R3	2	"LEN"='OLI' AND ("M14-15-16-17 (OR) JA" >139) AND "C02"=''
R4	3	"LEN"='OLI' AND ("M14-16 (OR)JA" >130) AND "C02"=''
RA1	4	"LEN"='OLI' AND COEF_REGAD > 0 AND "C02"=''
RA2	6	"LEN"='OLI' AND "C02"=''
RA3	7	Recintos vistos en campo con estructuras de R (no cumplen condiciones NDVI para R). Se define como RA
S	5	"LEN"='OLI' AND ("M14-16JA" <=126 AND "M15-17JA" <=129) AND "C02"=''
S1	8	Recintos vistos en campo donde no se aprecian estructuras de R (no cumplen condiciones NDVI para S). Se define como S

R: regadío. RA: regadío de apoyo. S: secano. MxxJA: media de los valores de los valores de NDVI para los meses de Julio y agosto

**Tabla 11.** Criterios que se tuvieron en cuenta para **FRUTO DE CÁSCARA**, simplificado

R1	1	"LEN" ='FRS' AND "M14-16JA" > 125 AND "M15-17JA" >127
R3	2	"LEN" ='FRS' AND ("M14-15-16-17 (OR) JA" >135) AND "C02" = ''
R4	3	"LEN" ='FRS' AND ("M14-16 (OR) JA" >127) AND "C02" = ''
RA1	4	"LEN" ='FRS' AND COEF_REGAD > 0 AND "C02" = ''
RA2	6	"LEN" ='FRS' AND "C02" = ''
RA3	7	Recintos vistos en campo con estructuras de R (no cumplen condiciones NDVI para R). Se define como RA
S	5	"LEN" ='FRS' AND ("M14-16JA" <=125 AND "M15-17JA" <=128) AND "C02" = ''
S1	8	Recintos vistos en campo donde no se aprecian estructuras de R (no cumplen condiciones NDVI para S). Se define como S

R: regadío. RA: regadío de apoyo. S: secano. MxxJA: media de los valores de los valores de NDVI para los meses de Julio y agosto

**Tabla 12.** Criterios que se tuvieron en cuenta para **FRUTO DE HUESO**, simplificado

R1	1	"LEN" ='FRU' AND "M14-16JA" >128 AND "M15-17JA" >135
R3	2	"LEN" ='FRU' AND ("M14-15-16-17 (OR)JA" >140) AND "C02" = ''
R4	3	"LEN" ='FRU' AND ("M14-16 (OR) JA" >131) AND "C02" = ''
RA1	4	"LEN" ='FRU' AND COEF_REGAD > 0 AND "C02" = ''
RA2	6	"LEN" ='FRU' AND "C02" = ''
S	5	"LEN" ='FRU' AND ("M14-16JA" <=127 AND "M15-17JA" <=134) AND "C02" = ''

R: regadío. RA: regadío de apoyo. S: secano. MxxJA: media de los valores de los valores de NDVI para los meses de Julio y agosto

### **Parcelas con concesión administrativa de riego y puntos de captación subterránea versus mapa cultivos leñosos mediante teledetección. Análisis comparativo**

Una vez obtenido el mapa de cultivos leñosos regados y no regados, se ha procedido a la comparación entre las Parcelas con Concesión Administrativa de Riego, información suministrada por la Confederación Hidrográfica del Júcar, CHJ frente al mapa de Cultivos Leñosos elaborado mediante Teledetección, correspondiente al año 2017, en el que se han identificado aquellos regados.

Asimismo, se da cuenta de los resultados obtenidos al comparar la Capa de Puntos de Captación Subterránea, suministrada por la CHJ, frente al mapa de Cultivos Leñosos\_2017 elaborado mediante Teledetección.

Esta comparación pretende ayudar a mejorar los trabajos de identificación de las superficies regadas en los Cultivos Leñosos y hacer más eficaz el trabajo de campo para su seguimiento. Para ello, se mapean los acuerdos y desacuerdos entre la capa de Parcelas con

Concesión y el mapa de clasificación de Cultivos Leñosos\_2017 mediante teledetección. Con el mismo objetivo se ha procedido al cruce entre la capa de Puntos de Captación Subterránea y la capa de parcelas del Mapa de Cultivos Leñosos 2017 mediante Teledetección.

La capa Parcelas con Concesión Administrativa de Riego y la capa Cultivos Leñosos mediante teledetección descansan ambas sobre los recintos SIGPAC; dado que la base cartográfica es la misma es posible compararlas por superposición directa entre ambas capas.

Para realizar esta comparación por superposición de capas se han clasificado las parcelas de acuerdo a los códigos señalados en la Tabla 13. Para visualizar el resultado se asignan los códigos mostrados en dicha Tabla 13, a colores que asemejan a los típicos semáforos de señalización del tráfico de vehículos.

Un mapa denominado Concesión\_vs\_ClasTD2017.shp muestra la ubicación y distribución espacial de las parcelas de cada una de las clases señaladas en la Tabla 13, y se muestra en la Figura 22

**Tabla 13.** Clasificación por superposición entre la capa “Parcelas con Concesión Administrativa de Riego\_CHJ”, y la capa “Cultivos Leñosos 2017\_TD”, en la que se indican los colores asignados a cada una de las clases resultantes.

<b>Color</b>	<b>Código</b>	<b>Descripción de la Clase</b>
		<b>Parcelas</b>
	<b>0</b>	<b>Clasificado como secano sobre zonas sin concesión</b>
	<b>1</b>	<b>Clasificado como secano sobre zonas con concesión</b>
	<b>2</b>	<b>Clasificado como regadío (incluyendo regadío de apoyo) sobre zonas con concesión</b>
	<b>3</b>	<b>Clasificado como regadío de apoyo sobre zonas sin concesión</b>
	<b>4</b>	<b>Clasificado como regadío sobre zonas sin concesión</b>

Para la comparación de la capa de Puntos de Captaciones Subterráneas y la capa Cultivos Leñosos mediante teledetección, se muestran todas aquellas parcelas que intersectan con un polígono circular de 5 m de radio alrededor de cada uno de los puntos de la capa de Captaciones Subterráneas. Ha sido necesario construir este polígono alrededor de los puntos, pues se ha observado que algunos puntos de dicha capa están fuera de la capa de parcelas por encontrarse en caminos o accesos.

La Tabla 14 indica las clases utilizadas para la intersección, así como los colores utilizados para su visualización. Un mapa denominado CaptacionesSubt\_vs\_ClasTD2017.shp muestra la ubicación y distribución espacial de las clases señaladas en la Tabla 14, y se muestra en la Figura 21

**Tabla 14.** Clasificación por superposición entre la capa de puntos “Captaciones Subterráneas\_CHJ”, y la capa “Cultivos Leñosos\_TD”, en la que se indican colores asignados a cada una de las clases resultantes.

<b>Color</b>	<b>Código</b>	<b>Descripción de la Clase</b>
		<b>Parcelas</b>
	<b>0</b>	<b><i>Sin presencia de captaciones subterráneas</i></b>
	<b>1</b>	<b><i>Clasificado como regadío (incluyendo regadío de apoyo) y con presencia de captaciones subterráneas</i></b>
	<b>2</b>	<b><i>Clasificado como seco y con presencia de captaciones subterráneas</i></b>

### **Discrepancia entre la clasificación de leñosos y la realidad respecto a varias parcelas cultivadas con almendros**

En este apartado se da cuenta de los resultados obtenidos al revisar el mapa de Cultivos Leñosos elaborado mediante Teledetección, correspondiente al año 2017 y referido a la zona de Requena y Utiel, en el que se han diferenciado aquellos cultivos regados de los no regados, junto con la información aportada por la Confederación Hidrográfica del Júcar O. A. (en adelante CHJ) derivada de diferentes visitas de campo emitidos por el Servicio de Policía de Aguas y Cauces Públicos (en adelante SPACP).

El objetivo de este informe es contrastar la información de campo con los criterios establecidos para realizar la clasificación mediante Teledetección con respecto a los frutales de cáscara y determinar si sería conveniente o no revisar estos últimos. Si bien aquí se muestran resumidos los resultados finales y las conclusiones derivadas de ellos, el documento donde se recoge con mayor detalle la metodología llevada a cabo se adjunta en forma de anexo II.

Partiendo del mapa de Cultivos Leñosos para la zona de Requena y Utiel y de los criterios de clasificación seguidos para su obtención, se localizaron los polígonos visitados en campo para estudiar qué valores de NDVI presentaban y su relación con respecto a dichos criterios.

De dicho estudio se ha observado lo siguiente:

- El 27% de las parcelas visitadas en campo se corresponden con parcelas que presentan ejemplares muy bien desarrollados y en las que no es raro que pueda aparecer vegetación adventicia que haya podido “falsear” los datos medios de NDVI tenidos en cuenta para realizar la clasificación, como se puede observar en las imágenes obtenidas en campo.
- El 44% de la superficie visitada en campo corresponde a una parcela clasificada como regadío de apoyo por pocas décimas. Teniendo en cuenta también las parcelas de su alrededor, se observa que la disyuntiva regadío-secano en estos casos se encuentra en el umbral para la zona de estudio.
- Para el resto (alrededor de un 29%) se observa también que se encuentran en el umbral.

En relación a las parcelas visitadas en campo se puede llegar a la conclusión de que alrededor de dos tercios de las parcelas visitadas se hayan en el umbral considerado para diferenciar el regadío del secano. El otro tercio podría justificarse por el estado de desarrollo de los ejemplares de las parcelas, así como la posible presencia de vegetación adventicia.

Por último, resaltar la importancia del trabajo de campo llevado a cabo, ya que podría plantear la posibilidad de ajustar los criterios de clasificación establecidos en un primer momento, aunque para ello sería conveniente la comprobación de más parcelas in situ, ya que, a tenor de los resultados expuestos, estamos moviéndonos en el límite y además habría que añadir la dificultad que supone el hecho de que una vez regado se recojan las gomas de riego haciendo más complicado la comprobación en campo de si se ha regado o no.

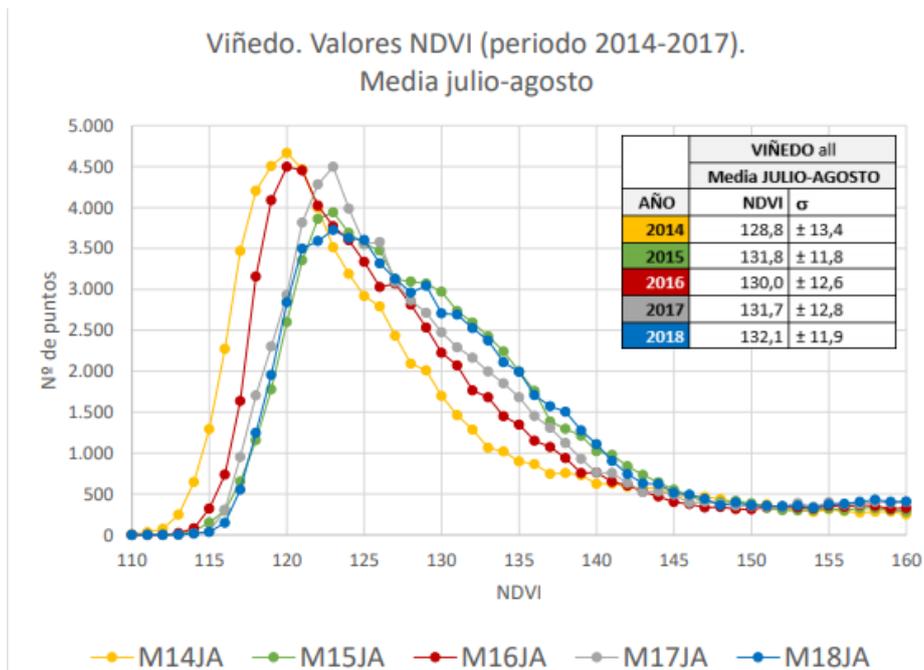
## **4.2. PROCESO DE CLASIFICACIÓN DE LEÑOSOS DE LA ZONA ALTO Y MEDIO VINALOPÓ**

Un proceso similar al descrito en detalle para la Comarca Requena-Utiel se ha realizado en la zona del Alto y Medio Vinalopó. Las condiciones meteorológicas de precipitación y demanda atmosférica diferentes requieren el ajuste de valores para aplicar los árboles de decisión, pues el tamaño que alcanza la cubierta está relacionado con la precipitación y demanda locales, como anteriormente se ha evidenciado.

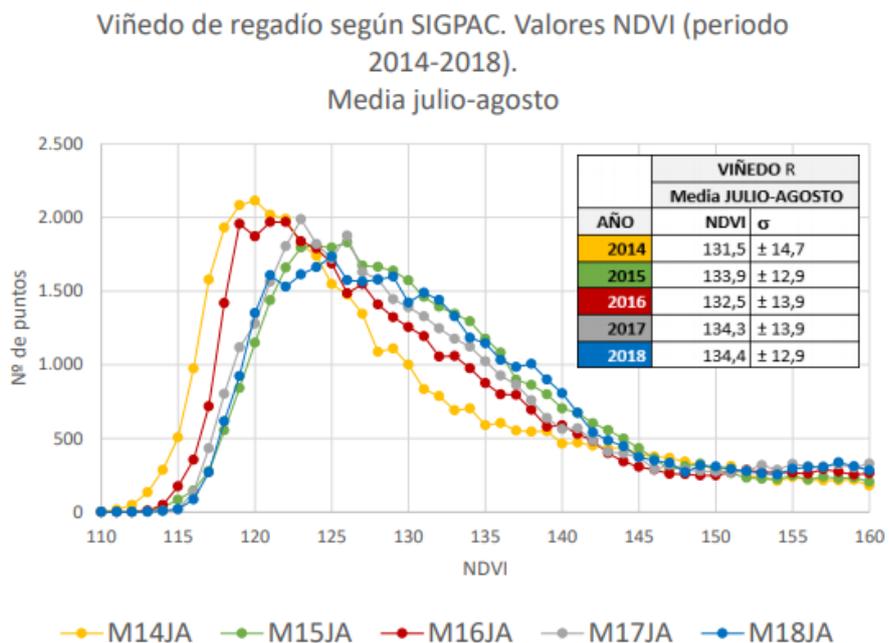
En esta zona se cultiva la variedad uva de mesa específica. La viña que produce la uva de mesa del Vinalopó presenta características diferentes de la viña para uva de mesa, pues esta última presenta una muy alta cobertura vegetal, mientras que la Viña uva de mesa típica del Vinalopó presenta una cobertura vegetal moderada.

El proceso llevado a cabo es similar al descrito anteriormente, y consta de los siguientes pasos:

- Creación de una geodatabase integrando el SIGPAC y los valores promedios del NDVI para los años 2014-2018.
- Análisis de valores de la distribución de frecuencias de los cultivos regados y no regados a lo largo de los años analizados, que se muestran en las Figuras 15 y 16.
- Trabajo de campo, en dos fases, con los objetivos de verificar los valores encontrados en el primer análisis, prestando especial atención a la viña para uva de mesa.



**Figura 15.** Curvas de NDVI considerando todos los puntos correspondientes a la clase viñedo para la zona Vinalopó.



**Figura 16.** Curvas de NDVI considerando únicamente los puntos identificados en parcelas de viñedo de regadío por SIGPAC en la zona Vinalopó. Período 2014-2018.

A diferencia de la zona de Requena-Utiel, en la que nos ocupa la diferenciación entre años “secos” y años “húmedos” no resulta tan evidente. No obstante, sí que se observa un ligero desplazamiento hacia la derecha de las curvas para los años 2015, 2017 y 2018 respecto a los

de los años 2014 y 2016, lo que podría indicar una mayor disponibilidad de recursos hídricos en aquellos.

Con el objetivo de discriminar qué polígonos se corresponden con regadío, se optó por estudiar el comportamiento de las curvas en dos vertientes: por un lado, teniendo en cuenta todos los puntos y, por otro, representando solamente aquellos pertenecientes a polígonos SIGPAC con un coeficiente de regadío mayor a cero. El conocimiento del valor medio de NDVI junto con la desviación estándar de estas distribuciones sirvieron como punto de partida para diseñar una primera estrategia (tabla 15) encaminada a obtener la clasificación de cultivos leñosos que, para el caso del viñedo, quedó definida de la siguiente manera: “Vid de mesa de regadío”, “Vid de vinificación de regadío” y “Vid de vinificación de secano”.

Posteriormente, la información obtenida de los puntos fue extrapolada a nivel polígono SIGPAC determinando un valor medio de NDVI por parcela para, en función de los mismos, aplicar los criterios de clasificación determinados (tabla 15) obteniendo finalmente la clasificación.

Dichos criterios establecidos vienen recogidos en la Tabla 15:

**Tabla 15.-** Criterios de clasificación para viñedo en la zona del Vinalopó

criterio	Orden	Descripción
VVR1	1	"LEN" ='VIN' AND COEF_REGAD > 0
VVR2	2	"LEN" ='VIN' AND "M17JA" >=125 AND "C02" = ''
VMR	3	"LEN" ='VIN' AND "M17JA" >=135
VVR3	5	Recintos vistos en campo con estructuras de R (no cumplen condiciones NDVI para R).
VVS1	4	"LEN" ='VIN' AND "M17JA" <125 AND "C02" = ''
VVS2	6	Recintos vistos en campo donde no se aprecian estructuras de R (no cumplen condiciones NDVI para S). Se define como S

VVR: vid de vinificación de regadío. VMR: vid de mesa de regadío. VVS: vid de vinificación de secano. M17JA: media de los valores de NDVI para los meses de julio y agosto del año 2017.

Una vez obtenido, la primera clasificación de viñedo con los criterios de la tabla 15, se realizan dos salidas al campo para poder realizar una mejor diferenciación entre viña de mesa y viña de vinificación. Las salidas se hacen el 4 de junio y 4 de septiembre visitando un total de 837 parcelas con un total de superficie de 794, 62 hectáreas.

Y en base a los datos obtenidos por el trabajo de campo, especialmente los derivados de la segunda salida, se considera rebajar el umbral limitante entre “Vid de mesa” y “Vid de vinificación” a 131 para la media de los meses de julio y agosto de 2017, año determinante para la clasificación de la zona del Vinalopó.

## 5. FICHAS. AJUSTE DE LA CLASIFICACIÓN RÁSTER A FORMATO VECTOR

La Comarca Requena-Utiel y las zonas del Alto Vinalopó y Medio Vinalopó han sido objeto de atención preferente. En el marco de las reuniones de seguimiento de los trabajos, se dirigieron esfuerzos adicionales hacia la identificación de superficies regadas en las Unidades de Demanda Agraria de Ulldecona, Camp de Turia, Canal Júcar-Turia y Acequia Real del Júcar. Para todas estas zonas preferentes, se han realizado trabajos de elaboración y diseño de fichas gráficas detalladas, para facilitar el acceso y visualización de las superficies regadas a posibles usuarios de esta información para su contraste, como comunidades de regantes. Estas fichas complementan los mapas digitales.

En estas fichas los resultados se han entregado en formato vectorial para una mejor accesibilidad a la información por los usuarios.

La realización de estos mapas ha supuesto la aplicación de procesos que establecen la jerarquía de la clase finalmente asignada en función de la proporción que una determinada clase tiene dentro del recinto SIGPAC. Cuando existe una clase mayoritaria se asigna a esa clase, aunque las reglas de decisión tienen en cuenta también el tamaño del recinto. Cuando hay dos o más clases entre las que no hay una mayoría se mantienen y el resultado final se vectoriza para obtener la delimitación del perímetro que ocupa cada clase. Esta situación aparece más en los cultivos herbáceos en que en un mismo recinto pueden aparecer varios tipos de cultivos.

### Metodología

Se considera que el recinto SIGPAC está clasificado en la clase X si el centro de cada uno de esos píxeles cae dentro del recinto, y en la cantidad definida por esos píxeles de 1 m. De esta manera, se incorporarán a la tabla de atributos una serie de campos referentes a la cantidad de píxeles que corresponderían a cada recinto SIGPAC por cada clase de la clasificación.

Para saber la importancia porcentual de cada una de las clases por recintos, se crean una serie de campos que recojan esta información, tantos como clases, cuyos valores a tener en cuenta para el cálculo será, por un lado, el número de píxeles por recinto de cada clase y, por otro, la superficie del recinto. Conociendo que cada píxel es de 1 m<sup>2</sup> y conociendo la superficie del polígono, obtenemos dicha importancia. Campos: pV1, pV2, ..., pV21

$([VALUE\_i])/ [Shape\_Area]$  (en m<sup>2</sup>) o bien

Obtenida esta importancia se crean otros dos campos denominados pSUM y p MAX, que reflejan la suma de los valores de importancia de cada clase a nivel de recinto SIGPAC y el valor máximo de todas las clases.

Así:

pSUM, suma de la serie pV1, pV2, ..., pV21.

pMAX, máximo de la serie pV1, pV2, ..., pV21.

Es necesario utilizar otro campo que refleje el tipo de clase que se le asignará al recinto SIGPAC, pero desde un punto de vista previo (le hemos llamado CLASE02 o C02). Otro campo se ha denominado C02t, para considerar aquellos recintos definidos por varias clases, las cuales se incorporarán aquí para ser tratados posteriormente. En estos casos, se han usado diferentes códigos en el campo C02 distinto a las clase 1, 2, ...21, para distinguir si hubiera 2, 3,... o más clases con igual importancia en ese recinto.

El campo CLASE02 (o C02) se rellena de la siguiente manera:

Si pV de cada clase = pMAX, entonces C02 tendrá el valor de la clase de ese pV.

De esta manera se van realizando consultas desde pV1 hasta pV21, comprobando si los recintos tienen 2 o más clases, en cuyo caso se sustituiría el código que apareciera en C02. El campo C02t será rellenado con las clases de ese recinto: 2, 3, .. .

Una vez realizado el recorrido pVXX = pMAX, se procede a rellenar el campo CLASE, aquel que tendrá la clase definitiva del recinto, para lo cual se han establecido varios criterios, que pasamos a enunciar. El campo CLASE recogerá, finalmente, una de las clases a las que se asignará el recinto SIGPAC.

Si bien la clasificación original diferenciaba 21 clases, se ha creado una nueva clase denominada CLASE 22: CULTIVOS MIXTOS, que recogerá aquellos casos en los que ha sido complicado definir una única clase. En esta clase están incluidos también aquellos recintos donde sólo una parte del mismo se ha considerado regado.

#### Criterios

1. Si el USO\_SIGPAC se corresponde con lo que consideramos URBANO, es decir, con los usos del SIGPAC definidos como:

USO\_SIGPAC = 'CA' OR USO\_SIGPAC = 'ED' OR USO\_SIGPAC = 'AG' OR USO\_SIGPAC = 'ZC' OR USO\_SIGPAC = 'ZU' OR USO\_SIGPAC = 'ZV'

Consideraremos que CLASE = 99, un valor que no se corresponde con ninguna de las clases de la clasificación y que nos servirá para identificar rápidamente aquellos recintos que no deben aparecer en la clasificación final por no tratarse de recintos agrícolas, y que serán eliminados.

2. Si pMAX  $\geq$  70% y en CLASE no se ha definida aún ninguna, consideramos que la clase para todo el recinto SIGPAC es la definida en el campo C02.

Se explica porque consideramos un 70% como un porcentaje suficientemente importante y equiparable al 100%.

3. Si se cumplen las condiciones, de manera simultánea, de pMAX  $\leq$  20%, uso SIGPAC de tipo agrario Y el área  $\geq$  3 ha, entonces clase definida será la del campo C02.

Consideramos uso agrario a todos los usos definidos en SIGPAC correspondientes a cultivos leñosos más los usos TA, TH e IV. Se explica porque consideramos un 20% como un porcentaje lo suficientemente carente de importancia para los rangos en los que nos movemos.

4. Si se cumplen las condiciones, de manera simultánea, de pMAX  $\leq$  20%, uso SIGPAC de tipo agrario Y el área  $<$  3 ha, entonces usaremos el código 99 para esos registros en el campo CLASE.

Se explica porque consideramos que esos polígonos no tienen importancia suficiente para ser incluidos en la clasificación. La información incorporada sobre las clases puede ser debida a efectos de borde, y su valor porcentual es residual.

5. Centrándonos en los cultivos leñosos, posteriormente, se tuvo en cuenta la siguiente premisa: si el campo CLASE está sin definir (es decir: CLASE = 0) y el área < 1 ha y el uso agrario se corresponde con cualquier tipo de cultivo leñoso, consideraremos que el valor del campo CLASE se corresponderá al definido en el campo C02.

Si bien esta es la regla general, a la hora de definir el uso de leñoso, se tuvo en cuenta por clases: viñedo, olivar, frutal de cáscara, frutal de hueso y cítricos.

Así, se realizó lo siguiente:

Para VIN:

```
"kCLAS" = 0 AND "AREA_ha" < 1 AND (USO_SIGPAC = 'VI' OR USO_SIGPAC = 'VF' OR USO_SIGPAC = 'VO')
```

Para OLI:

```
"kCLAS" = 0 AND "AREA_ha" < 1 AND (USO_SIGPAC = 'OV' OR USO_SIGPAC = 'OF' OR USO_SIGPAC = 'OC')
```

Para FRU:

```
"kCLAS" = 0 AND "AREA_ha" < 1 AND (USO_SIGPAC = 'FY' OR USO_SIGPAC = 'FF')
```

Para FRS:

```
"kCLAS" = 0 AND "AREA_ha" < 1 AND (USO_SIGPAC = 'FS' OR USO_SIGPAC = 'FV' OR USO_SIGPAC = 'FL')
```

Para CIT:

```
"kCLAS" = 0 AND "AREA_ha" < 1 AND (USO_SIGPAC = 'CI' OR USO_SIGPAC = 'CV' OR USO_SIGPAC = 'CF' OR USO_SIGPAC = 'CS')
```

6. Si el campo CLASE está sin definir (es decir: CLASE = 0) y pSUM >= 70% y pMAX >= 50% y el área < 3 ha, entonces el valor del campo CLASE se corresponderá al definido en el campo C02.

7a. Si a estas alturas el campo CLASE está sin definir (es decir: CLASE = 0) y el área es < 1 ha, entonces el valor del campo CLASE se corresponderá al definido en el campo C02.

A este punto, lo que C02 sea 99X, consideraremos como regla general tomar la primera clase que aparezca en C02t (que debe estar ordenada de menor a mayor, en función del proceso de desarrollo de la metodología), pero comprobando también el USO\_SIGPAC.

No obstante, estos polígonos no van a tener una representación de superficie importante.

7b. Si el campo CLASE está sin definir (es decir: CLASE = 0) y pSUM <= 10 y pMAX <= 10, usaremos el código 99 para esos registros en el campo CLASE.

Se explica porque estos polígonos carecen de importancia. También se podría haber dicho 20%, en lugar de 10%.

7c. De lo que quede sin clase en el campo CLASE, se realizará un proceso iterativo.

Si el uso es IM.. se comprueban al menos los que representan una superficie importante. La mayoría se corresponderán con 99.

Y se opera de forma similar "Si el uso es FO... Si el uso es cualquier tipo de pasto.

De lo que queda, se le pone el código 22, cultivos mixtos, donde se rellenará el campo ETIQUETA que explique porqué cultivos y en qué porcentaje está ocupado ese polígono.

En esta clase también se incluyen aquellos polígonos donde no todo el 100% se considera regado. Es decir, existen polígonos clasificados como 22 cuyo porcentaje de regadío no sería el 100%, sino otro menor.

Ejemplo de ETIQUETA:

```
[pMAX]&"C"&(left( [C02t] ,2))&"_"&[pMAX]&"C"&(right( [C02t] ,2))
```

Por último, se procede a realizar una "limpieza" de polígonos, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

\*\*\*A)

```
"USO_SIGPAC" = 'AG' OR "USO_SIGPAC" = 'CA' OR "USO_SIGPAC" = 'ED' OR "USO_SIGPAC" = 'FO' OR "USO_SIGPAC" = 'ZU'
```

```
"USO_SIGPAC" = 'PA' OR "USO_SIGPAC" = 'PR' OR "USO_SIGPAC" = 'PS'
```

## 6. RESULTADOS DE CLASIFICACIÓN DE USOS DE SUELO EN REGADÍO

Los resultados obtenidos en el procedimiento de clasificación para todo el ámbito de la DHJ se presentan en la Tabla 16. En ella se especifica la superficie, en hectáreas, para cada campaña analizada, 2010, 2015 y 2017, y para cada una de las clases en que se han agrupado los cultivos regados. Asimismo, y a efectos de comparación se especifican también las superficies según el inventario 2015 de la CHJ.

De la misma manera se presentan los resultados para las zonas de atención preferente: para la Comarca Requena-Utiel en la Tabla 17; para la UDA Ulldecona, Tabla 18; para la UDA Canal Camp de Turia, en la Tabla 19. Para la UDA Canal Júcar-Turia en la Tabla 20; para la UDA Acequia Real del Júcar en la Tabla 21; para la UDA Alto Vinalopó en la Tabla 21; y para la UDA Medio Vinalopó, en la Tabla 22.

La superficie regada en el ámbito espacial de la DGH en el año 2017 asciende a un total de 384.433 ha, que se reparten entre 252.487 ha de cultivos permanentes (leñosos), un 66%,

y 131.946 ha de cultivos herbáceos, un 34% del total. El cultivo predominante son los cítricos, con 142.264 ha, que muestran un muy ligero declive en el tiempo.

La comparación con el inventario CHJ muestra similitud en las grandes cifras, aunque con un reparto por clases diferente en los cultivos herbáceos, por el uso de diferentes fuentes de información. Es el caso de la clase doble cosecha, que no se recoge en el inventario CHJ. Esta clase “doble cosecha” corresponde al uso de suelo en el que varios cultivos o ciclos de crecimiento se dan sobre una misma superficie en el transcurso de una campaña, lo que en muchos casos supone un uso intensivo de agua.

Asimismo, se señala que la superficie asignada a los cultivos leñosos regados en la clasificación mediante teledetección es ligeramente superior a la recogida por el inventario CHJ. La superficie cultivos leñosos muestra una tendencia al crecimiento en los años analizados, lo que es consistente con la tendencia general a otras escalas mayores que el ámbito de la DHJ.

La evolución de las superficies regadas para la Comarca Requena-Utiel, comarca de interés preferente en este trabajo muestra una clara tendencia al crecimiento de las superficies en regadío, lo que indica la conveniencia de actualizar en esta comarca el inventario de superficies regadas.

**Tabla 16.** Superficie de los cultivos en regadío mediante teledetección, TD, en el ámbito de la Demarcación Hidrográfica del Júcar, en los años 2010, 2015 y 2017, y su comparación con los datos de inventario de CHJ de 2015

<b>Evolución de la superficie de los cultivos en regadío mediante teledetección, TD, en el ámbito de la Demarcación Hidrográfica del Júcar, en los años 2010, 2015 y 2017, y su comparación con los datos de inventario de CHJ</b>				
<b>Superficie (ha)</b> <b>Clasificación TD-UCLM 2010</b>	<b>Superficie (ha)</b> <b>Clasificación TD-UCLM 2015</b>	<b>Superficie (ha)</b> <b>Clasificación TD-UCLM 2017</b>	<b>Leyenda Clasificación</b>	<b>Superficie (ha)</b> <b>Inventario CHJ año 2015</b>
<i>Cultivos Anuales en Regadío (Herbáceos)</i>				
533	2.142	1.672	Cultivos forrajeros de primavera	2.634
49.142	47.341	35.675	Cereales, leguminosas y granos de primavera	58.430
32.140	36.511	38.308	Hortícolas	34.903
15.589	15.921	12.487	Maíz y otros cultivos de verano de Alta Cobertura	14.501
16.216	16.299	16.307	Arroz	15.005
3.894	8.572	14.433	Doble cosecha	0
8.854	7.619	11.819	Alfalfa	7.071
1.279	1.277	1.245	Invernaderos	0
<b>127.647</b>	<b>135.682</b>	<b>131.946</b>	<b>Total Superficie Cultivos Anuales</b>	<b>132.544</b>

<i>Cultivos Permanentes en Regadío (Leñosos)</i>				
5.268	5.475	7.429	Vid de mesa	5.454
26.898	30.713	44.368	Vid de vinificación	32.904
10.611	10.722	11.906	Olivar	13.756
145.215	144.867	142.264	Cítricos	143.598
8.077	8.951	13.013	Frutal de cáscara	16.056
27.336	28.088	33.507	Frutal de hueso	31.174
<b>223.405</b>	<b>228.816</b>	<b>252.487</b>	<b>Total Superficie Cultivos Permanentes</b>	<b>242.942</b>
<b>351.052</b>	<b>364.498</b>	<b>384.433</b>	<b>TOTAL SUPERFICIE REGADA</b>	<b>375.486</b>

**Tabla 17. Comarca Requena-Utiel.** Superficie de los cultivos en regadío mediante teledetección, TD, en los años 2010, 2015 y 2017, y su comparación con los datos de inventario de CHJ de 2015.

<b>Comarca Requena-Utiel.</b> Superficie de los cultivos en regadío mediante teledetección, TD, en los años 2010, 2015 y 2017, y su comparación con los datos de inventario de CHJ de 2015.				
<b>Superficie (ha) Clasificación IDR año 2010</b>	<b>Superficie (ha) Clasificación IDR año 2015</b>	<b>Superficie (ha) Clasificación IDR año 2017</b>	<b>Leyenda Clasificación</b>	<b>Superficie (ha) Inventario CHJ año 2015</b>
<i>Cultivos Permanentes en Regadío (Leñosos)</i>				
7.282	8.881	9.702	Vid de vinificación	6.104
56	153	169	Olivar	322
34	589	1.499	Frutal de cáscara	586
36	102	96	Frutal de hueso	24
<b>7.408</b>	<b>9.724</b>	<b>11.466</b>	<b>Total Superficie Cultivos Permanentes</b>	<b>7.036</b>

**Tabla 18. “Uildecona (UDA 082002A)” Superficie de los cultivos en regadío mediante teledetección, TD, en los años 2010, 2015 y 2017, y su comparación con los datos de inventario de CHJ de 2015**

<b>Unidad de Demanda Agraria “Uildecona (UDA 082002A)”. Superficie de los cultivos en regadío mediante teledetección, TD, en los años 2010, 2015 y 2017, y su comparación con los datos de inventario de CHJ de 2015</b>				
<b>Superficie (ha) Clasificación IDR año 2010</b>	<b>Superficie (ha) Clasificación IDR año 2015</b>	<b>Superficie (ha) Clasificación IDR año 2017</b>	<b>Leyenda Clasificación</b>	<b>Superficie (ha) Inventario CHJ año 2015</b>
<i>Cultivos Anuales en Regadío (Herbáceos)</i>				
0	0	0	Cultivos forrajeros de primavera	0
38	64	76	Cereales, leguminosas y granos de primavera	218
161	320	16	Hortícolas	28
0	3	0	Maíz y otros cultivos de verano de AC	0
0	0	0	Arroz	0
9	7	28	Doble cosecha	0
13	11	18	Alfalfa	2
2	2	2	Invernaderos	0
<b>223</b>	<b>407</b>	<b>140</b>	<b>Total Superficie Cultivos Anuales</b>	<b>248</b>
<i>Cultivos Permanentes en Regadío (Leñosos)</i>				
0	1	0	Vid de mesa	0
3	2	3	Vid de vinificación	2
263	236	249	Olivar	147
385	394	425	Cítricos	538
39	66	3	Frutal de cáscara	42
282	317	317	Frutal de hueso	63
<b>972</b>	<b>1.016</b>	<b>997</b>	<b>Total Superficie Cultivos Permanentes</b>	<b>792</b>

**Tabla 19. “Regadío del Canal Camp de Turia (UDA 082029A)”.** Superficie de los cultivos en regadío mediante teledetección, TD, en los años 2010, 2015 y 2017, y su comparación con los datos de inventario de CHJ de 2015.

<b>“Regadío del Canal Camp de Turia (UDA 082029A)”.</b> Superficie de los cultivos en regadío mediante teledetección, TD, en los años 2010, 2015 y 2017, y su comparación con los datos de inventario de CHJ de 2015.				
<b>Superficie (ha) Clasificación IDR año 2010</b>	<b>Superficie (ha) Clasificación IDR año 2015</b>	<b>Superficie (ha) Clasificación IDR año 2017</b>	<b>Leyenda Clasificación</b>	<b>Superficie (ha) Inventario CHJ año 2015</b>
<i>Cultivos Anuales en Regadío (Herbáceos)</i>				
0	0	0	Cultivos forrajeros de primavera	0
53	182	127	Cereales, leguminosas y granos de primavera	55
544	850	619	Hortícolas	891
21	46	333	Maíz y otros cultivos de verano de AC	14
0	0	0	Arroz	0
11	122	160	Doble cosecha	0
37	26	20	Alfalfa	4
9	9	9	Invernaderos	0
<b>675</b>	<b>1.235</b>	<b>1.268</b>	<b>Total Superficie Cultivos Anuales</b>	<b>964</b>
<i>Cultivos Permanentes en Regadío (Leñosos)</i>				
6	19	9	Vid de mesa	0
125	90	113	Vid de vinificación	158
318	391	263	Olivar	539
10.164	10.463	10.456	Cítricos	9.710
810	879	792	Frutal de cáscara	937
756	890	1.036	Frutal de hueso	1.205
<b>12.179</b>	<b>12.732</b>	<b>12.669</b>	<b>Total Superficie Cultivos Permanentes</b>	<b>12.549</b>

**Tabla 20. “Regadío del Canal Júcar-Turia (UDA 082052A)”.** Superficie de los cultivos en regadío mediante teledetección, TD, en los años 2010, 2015 y 2017, y su comparación con los datos de inventario de CHJ de 2015.

<b>“Regadío del Canal Júcar-Turia (UDA 082052A)”.</b> Superficie de los cultivos en regadío mediante teledetección, TD, en los años 2010, 2015 y 2017, y su comparación con los datos de inventario de CHJ de 2015.				
<b>Superficie (ha) Clasificación IDR año 2010</b>	<b>Superficie (ha) Clasificación IDR año 2015</b>	<b>Superficie (ha) Clasificación IDR año 2017</b>	<b>Leyenda Clasificación</b>	<b>Superficie (ha) Inventario CHJ año 2015</b>
<i>Cultivos Anuales en Regadío (Herbáceos)</i>				
0	0	0	Cultivos forrajeros de primavera	0
83	260	108	Cereales, leguminosas y granos de primavera	8
1.229	1580	743	Hortícolas	1.137
28	35	25	Maíz y otros cultivos de verano de AC	25
0	0	0	Arroz	0
11	90	257	Doble cosecha	0
80	12	33	Alfalfa	28
19	19	18	Invernaderos	0
<b>1.450</b>	<b>1.996</b>	<b>1.184</b>	<b>Total Superficie Cultivos Anuales</b>	<b>1.197</b>
<i>Cultivos Permanentes en Regadío (Leñosos)</i>				
9	5	6	Vid de mesa	4
25	17	27	Vid de vinificación	105
65	69	45	Olivar	56
13.302	13.051	12.426	Cítricos	12.315
23	28	13	Frutal de cáscara	43
3.599	3.712	4.661	Frutal de hueso	6603
<b>17.023</b>	<b>16.882</b>	<b>17.178</b>	<b>Total Superficie Cultivos Permanentes</b>	<b>19.126</b>

**Tabla 21. “C.R. Acequia Real del Júcar (UDA 082054B)”**. Superficie de los cultivos en regadío mediante teledetección, TD, en los años 2010, 2015 y 2017, y su comparación con los datos de inventario de CHJ de 2015.

<b>“C.R. Acequia Real del Júcar (UDA 082054B)”</b> . Superficie de los cultivos en regadío mediante teledetección, TD, en los años 2010, 2015 y 2017, y su comparación con los datos de inventario de CHJ de 2015				
<b>Superficie (ha) Clasificación IDR año 2010</b>	<b>Superficie (ha) Clasificación IDR año 2015</b>	<b>Superficie (ha) Clasificación IDR año 2017</b>	<b>Leyenda Clasificación</b>	<b>Superficie (ha) Inventario CHJ año 2015</b>
<i>Cultivos Anuales en Regadío (Herbáceos)</i>				
0	0	0	Cultivos forrajeros de primavera	0
41	119	22	Cereales, leguminosas y granos de primavera	4
841	979	457	Hortícolas	1.258
56	60	31	Maíz y otros cultivos de verano de AC	124
3.882	3.889	3.958	Arroz	4.004
4	56	297	Doble cosecha	0
61	2	37	Alfalfa	37
12	12	11	Invernaderos	0
<b>4.897</b>	<b>5.117</b>	<b>4.813</b>	<b>Total Superficie Cultivos Anuales</b>	<b>5.426</b>
<i>Cultivos Permanentes en Regadío (Leñosos)</i>				
0	0	0	Vid de mesa	0
0	0	0	Vid de vinificación	0
5	5	6	Olivar	2
9.384	9.152	8.881	Cítricos	9.321
1	1	1	Frutal de cáscara	7
2.486	2.576	3.483	Frutal de hueso	3.772
<b>11.876</b>	<b>11.734</b>	<b>12.371</b>	<b>Total Superficie Cultivos Permanentes</b>	<b>13.101</b>

**Tabla 22. “Riegos subterráneos del Alto Vinalopó (UDA 082075A)”.** Superficie de los cultivos en regadío mediante teledetección, TD, en los años 2010, 2015 y 2017, y su comparación con los datos de inventario de CHJ de 2015.

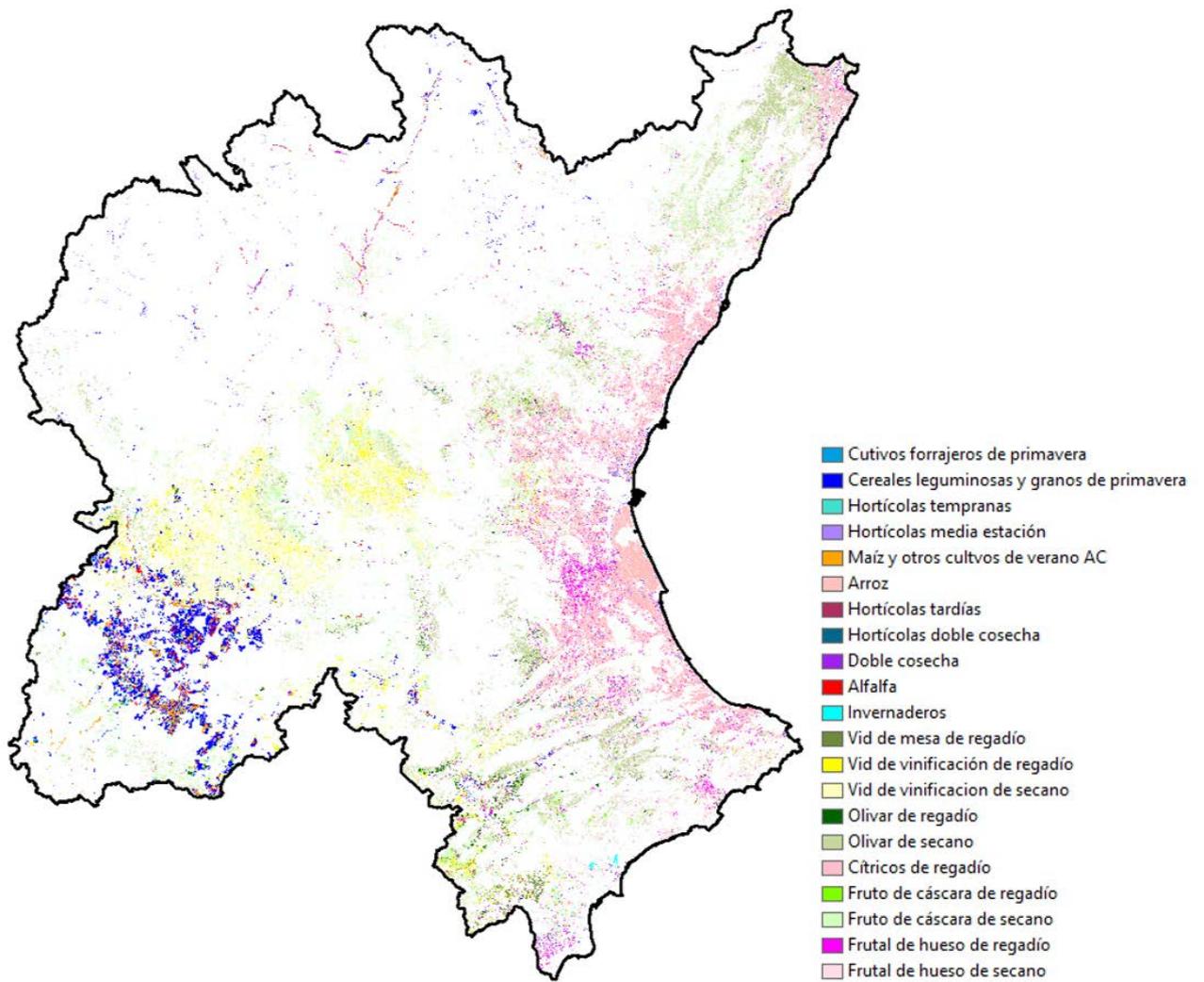
<b>“Riegos subterráneos del Alto Vinalopó (UDA 082075A)”.</b> Superficie de los cultivos en regadío mediante teledetección, TD, en los años 2010, 2015 y 2017, y su comparación con los datos de inventario de CHJ de 2015.				
<b>Superficie (ha) Clasificación IDR año 2010</b>	<b>Superficie (ha) Clasificación IDR año 2015</b>	<b>Superficie (ha) Clasificación IDR año 2017</b>	<b>Leyenda Clasificación</b>	<b>Superficie (ha) Inventario CHJ año 2015</b>
<i>Cultivos Anuales en Regadío (Herbáceos)</i>				
0	0	0	Cultivos forrajeros de primavera	0
490	1.028	349	Cereales, leguminosas y granos de primavera	1.703
755	888	1.936	Hortícolas	1.196
250	287	306	Maíz y otros cultivos de verano de AC	71
0	0	0	Arroz	0
11	357	95	Doble cosecha	0
70	6	21	Alfalfa	47
51	50	50	Invernaderos	0
<b>1.627</b>	<b>2.616</b>	<b>2.757</b>	<b>Total Superficie Cultivos Anuales</b>	<b>3.016</b>
<i>Cultivos Permanentes en Regadío (Leñosos)</i>				
48	44	651	Vid de mesa	54
1.719	1.451	1.848	Vid de vinificación	3.267
1.979	2.271	2.001	Olivar	2.400
0	0	13	Cítricos	0
601	650	721	Frutal de cáscara	746
796	916	827	Frutal de hueso	836
<b>5.143</b>	<b>5.332</b>	<b>6.061</b>	<b>Total Superficie Cultivos Permanentes</b>	<b>7.303</b>

**Tabla 23. “Riegos subterráneos del Medio Vinalopó (UDA 082076A)”. Superficie de los cultivos en regadío mediante teledetección, TD, en los años 2010, 2015 y 2017, y su comparación con los datos de inventario de CHJ de 2015.**

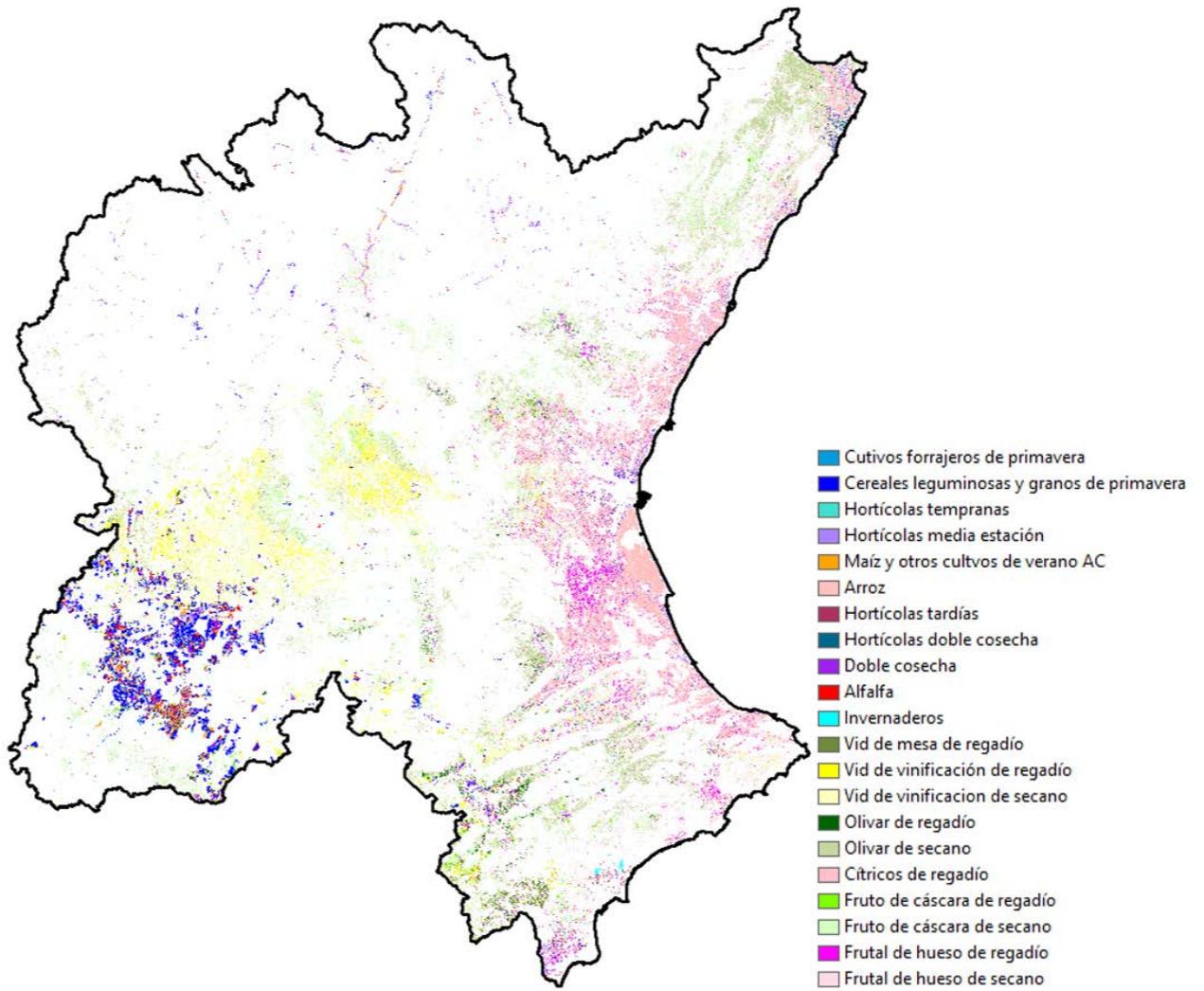
<b>“Riegos subterráneos del Medio Vinalopó (UDA 082076A)”. Superficie de los cultivos en regadío mediante teledetección, TD, en los años 2010, 2015 y 2017, y su comparación con los datos de inventario de CHJ de 2015.</b>				
<b>Superficie (ha) Clasificación IDR año 2010</b>	<b>Superficie (ha) Clasificación IDR año 2015</b>	<b>Superficie (ha) Clasificación IDR año 2017</b>	<b>Leyenda Clasificación</b>	<b>Superficie (ha) Inventario CHJ año 2015</b>
<i>Cultivos Anuales en Regadío (Herbáceos)</i>				
0	0	0	Cultivos forrajeros de primavera	0
84	103	42	Cereales, leguminosas y granos de primavera	81
196	397	979	Hortícolas	694
16	12	53	Maíz y otros cultivos de verano de AC	0
0	0	0	Arroz	0
1	27	74	Doble cosecha	0
0	0	59	Alfalfa	3
3	3	3	Invernaderos	0
<b>300</b>	<b>542</b>	<b>1.210</b>	<b>Total Superficie Cultivos Anuales</b>	<b>779</b>
<i>Cultivos Permanentes en Regadío (Leñosos)</i>				
3.052	4.567	4.038	Vid de mesa	4.310
2.113	1.567	2.085	Vid de vinificación	1.866
414	512	419	Olivar	675
19	24	41	Cítricos	91
1.177	1.265	1.220	Frutal de cáscara	1.400
639	771	645	Frutal de hueso	510
<b>7.414</b>	<b>8.706</b>	<b>8.448</b>	<b>Total Superficie Cultivos Permanentes</b>	<b>8.852</b>

Los mapas resultado de los procesos de clasificación que muestran la distribución espacial de las superficies regadas, entregados a CHJ, son:

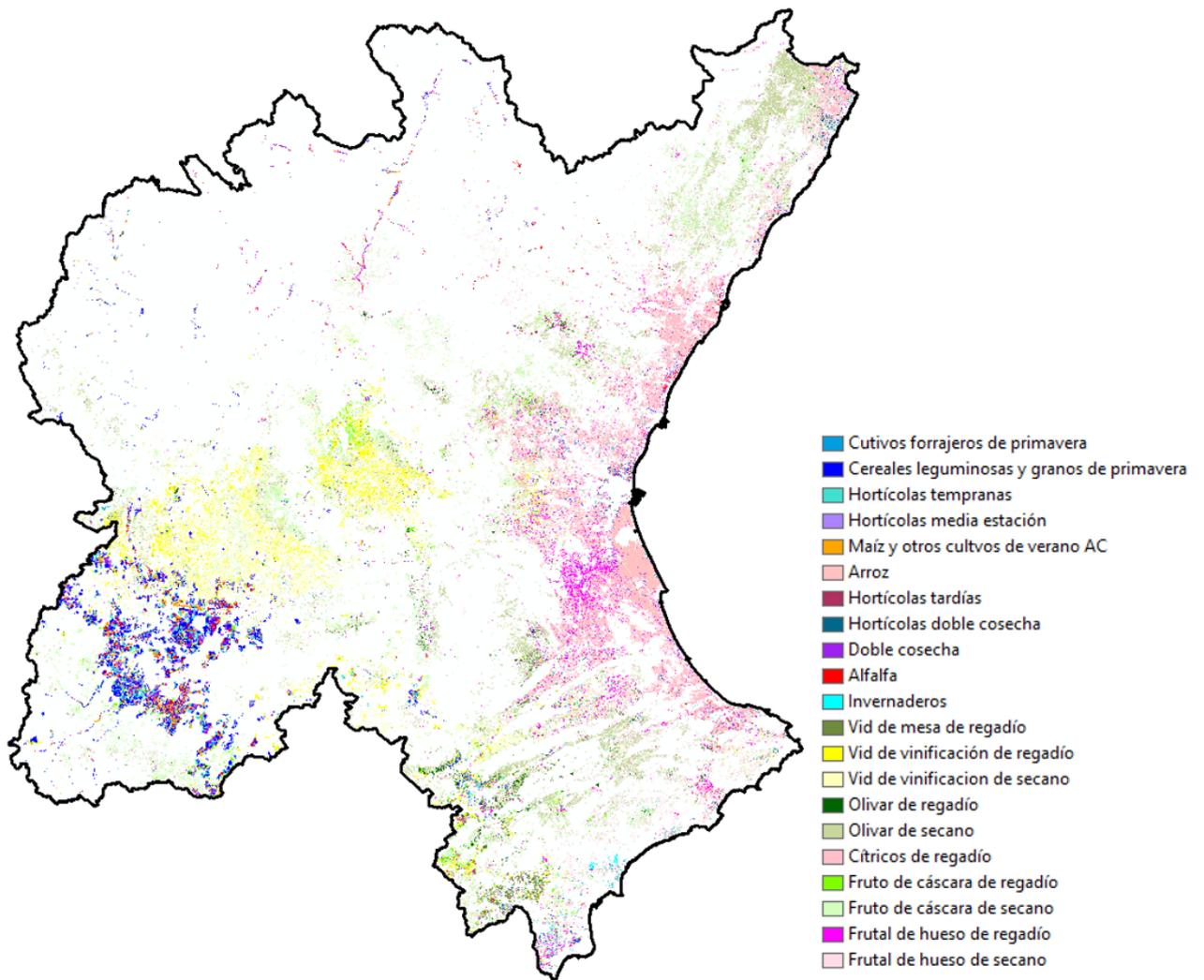
- Mapa de la clasificación de cultivos en formato raster de la zona de estudio para cada año, 2010, 2015, 2017 (Figuras 17, 18 y 19).
- Mapa en formato vector de la clasificación de leñosos para la zona de Requena-Utiel para cada uno de los años 2010, 2015, 2017. (Figura 20)
- Mapa en formato vector de la clasificación de leñosos para las UDAs alto y medio Vinalopó para el año 2017.
- Mapa de discrepancias que hay entre Parcelas con Concesión Administrativa de Riego y los Puntos de Captación Subterránea frente a la clasificación de leñosos realizada mediante teledetección para la zona de Requena-Utiel, en formato vector (Figura 21 y 22).
- Mapa vector para cada una de la UDAS solicitadas Ulldecona, Camp de Turia, Canal Júcar-Turia y Acequia Real del Júcar para el año 2017.
- Fichas detalladas sobre las UDAs Ulldecona, Camp de Turia, Canal Júcar-Turia y Acequia Real del Júcar, Alto Vinalopó y Medio Vinalopó, determinadas por Confederación Hidrográfica del Júcar (ver Figuras 23, 24, 25, 26, 27 y 28).



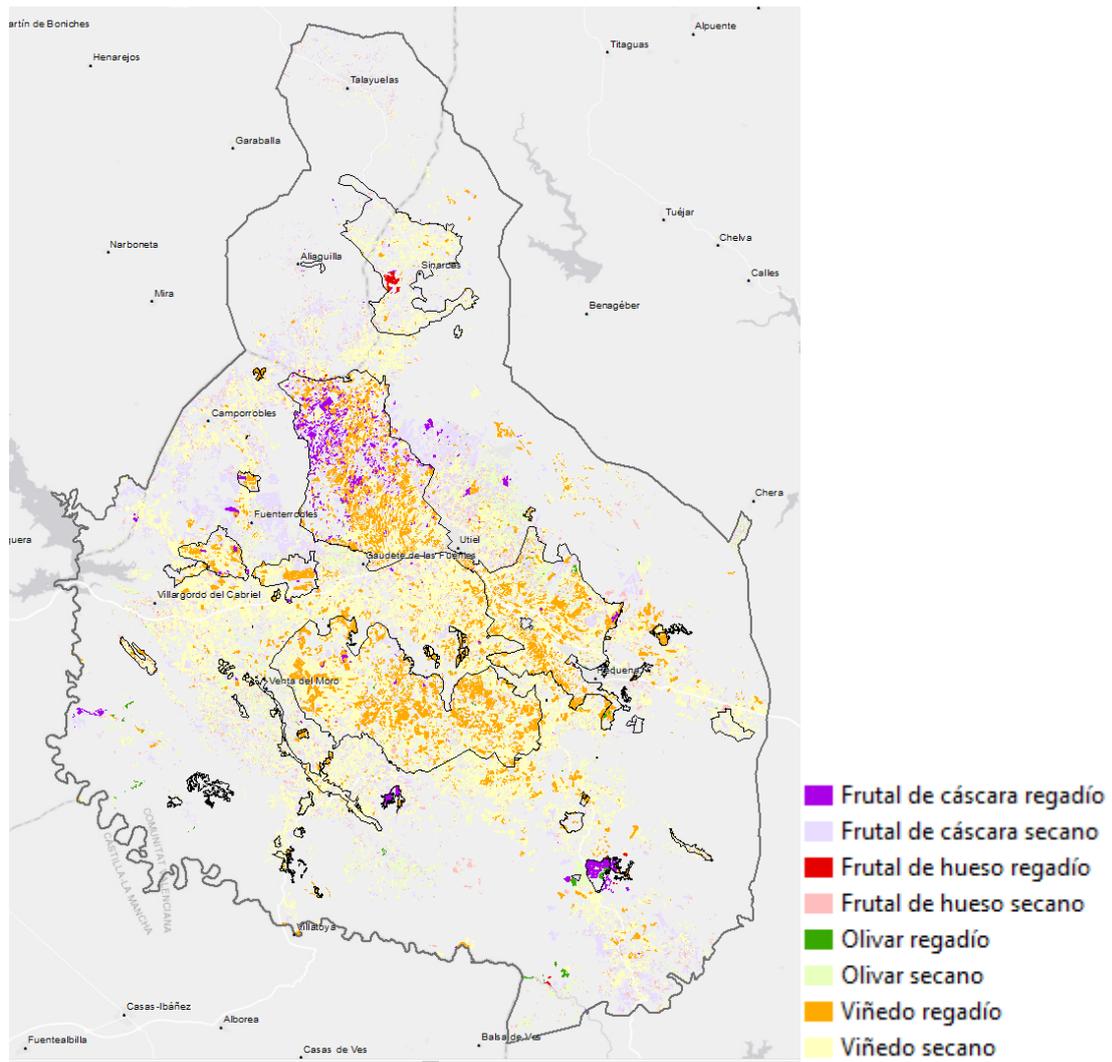
**Figura 17.** Clasificación ráster para toda la Demarcación Hidrográfica del Júcar año 2010.



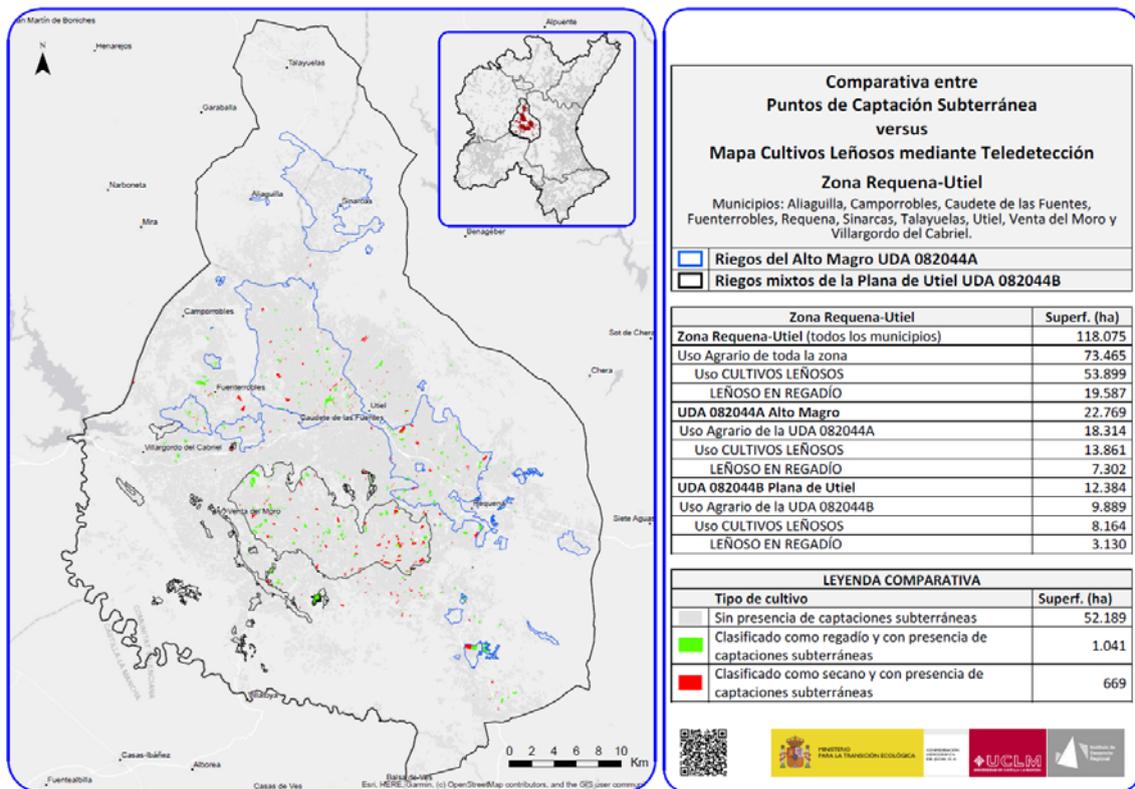
**Figura 18.** Clasificación ráster para toda la Demarcación Hidrográfica del Júcar año 2015.



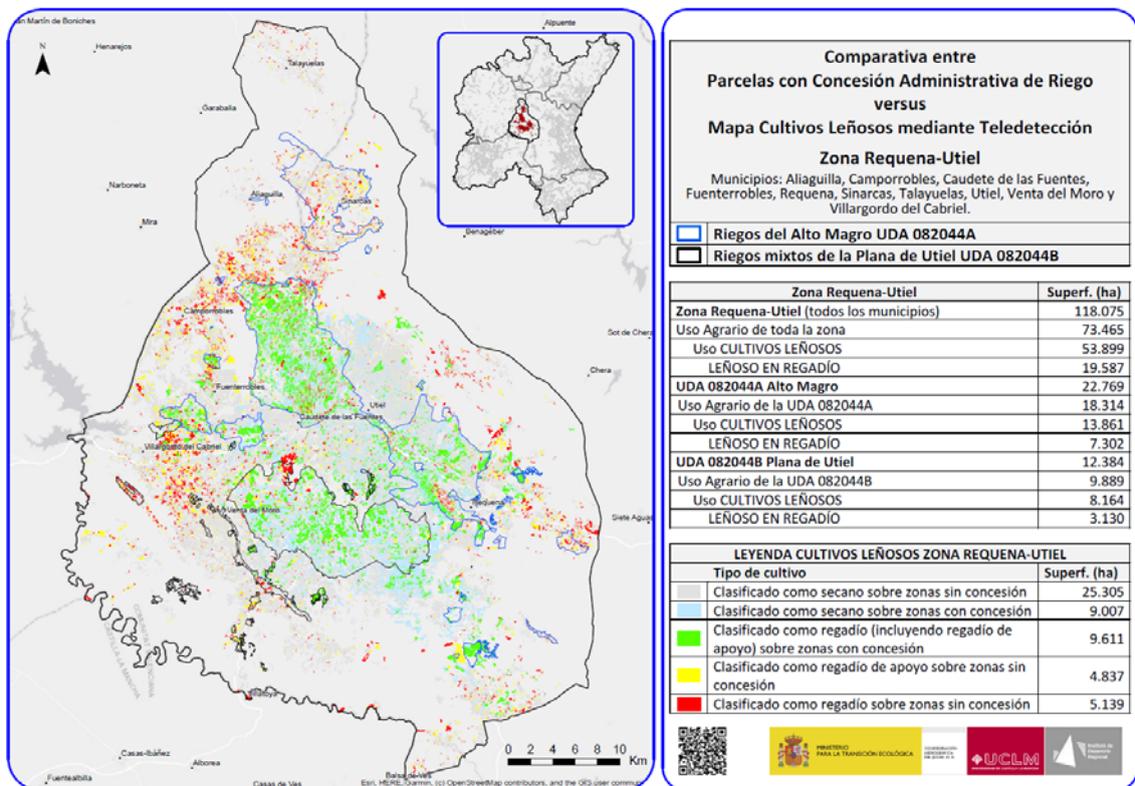
**Figura 19.** Clasificación ráster para toda la Demarcación Hidrográfica del Júcar año 2017.



**Figura 20.** Clasificación vector para la zona Requena-Utiel.



**Figura 21.** Comparativa entre puntos de Captación Subterránea versus Mapa de cultivos Leñosos mediante Teledetección. Zona Requena-Utiel.



**Figura 22.** Comparativa entre Parcelas con concesión Administrativa de Riego versus Mapa de cultivos Leñosos mediante Teledetección. Zona Requena-Utiel.

## Teledetección para identificación de las Superficies en Regadío TSUR

Convenio Confederación Hidrográfica del Júcar-  
Universidad de Castilla-La Mancha 2018-2020

Información elaborada por:  
Alfonso Calera Belmonte  
Irene Arellano Alcázar  
Mario Belmonte Mancebo  
David Sánchez Pérez  
Con la colaboración de:  
Grupo de Teledetección de  
Medio Ambiente (UV-ERS)

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

UCLM

Grupo Teledetección de Medio Ambiente (UV-ERS)  
Universidad de Valencia

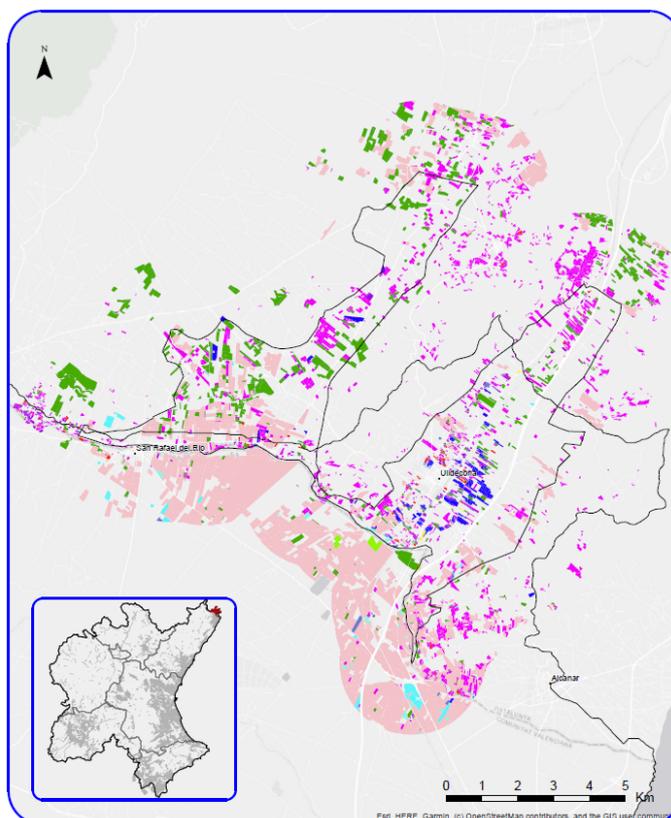
VNIVERSITAT ID VALÈNCIA



## Cultivos y superficies regadas Regadíos del embalse de Ulldecona UDA 082002A



FICHA DESCRIPTIVA



### Clasificación de Cultivos en Regadío Regadíos del embalse de Ulldecona (UDA 082002A)

Unidad de Demanda Agraria UDA 082002A	
Regadíos del embalse de Ulldecona	Superf. (ha)
Superficie UDA	5.249
USO AGRARIO (SIGPAC)	4.289
EN REGADÍO mediante Teledetección (2017)	1.135
USO NO AGRARIO (SIGPAC)	961

LEYENDA CULTIVOS DE REGADÍO	
Tipo de cultivo	Superf. (ha)
Cereales, leguminosas y granos de primavera	76
Hortícolas tempranas	6
Hortícolas media estación	3
Hortícolas doble cosecha	7
Doble cosecha	28
Alfalfa	18
Invernaderos	2
Vid de vinificación	3
Olivar	249
Cítricos	425
Frutal de cáscara	3
Frutal de hueso	317



Figura 23. Ficha Regadíos del embalse de Ulldecona (UDA 082002A)

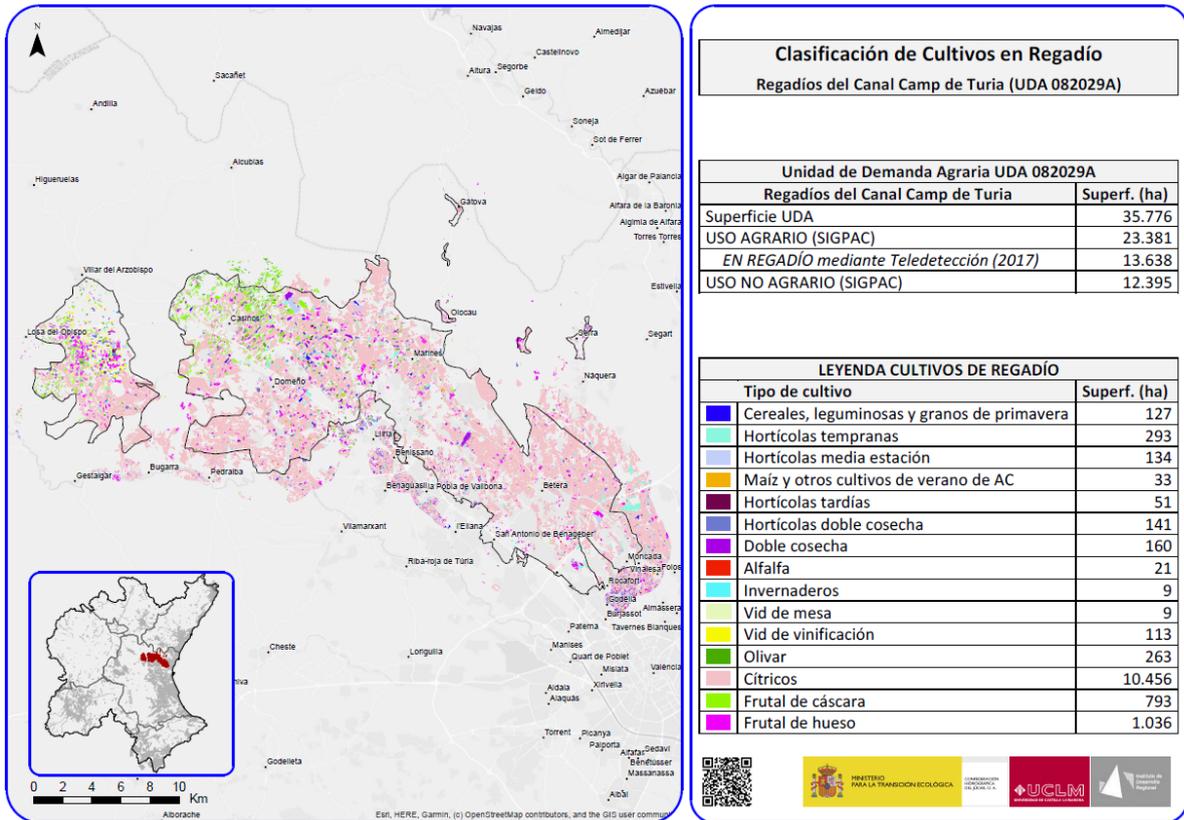


Figura 24. Ficha Regadíos del Canal Camp de Turia (UDA 082029A)

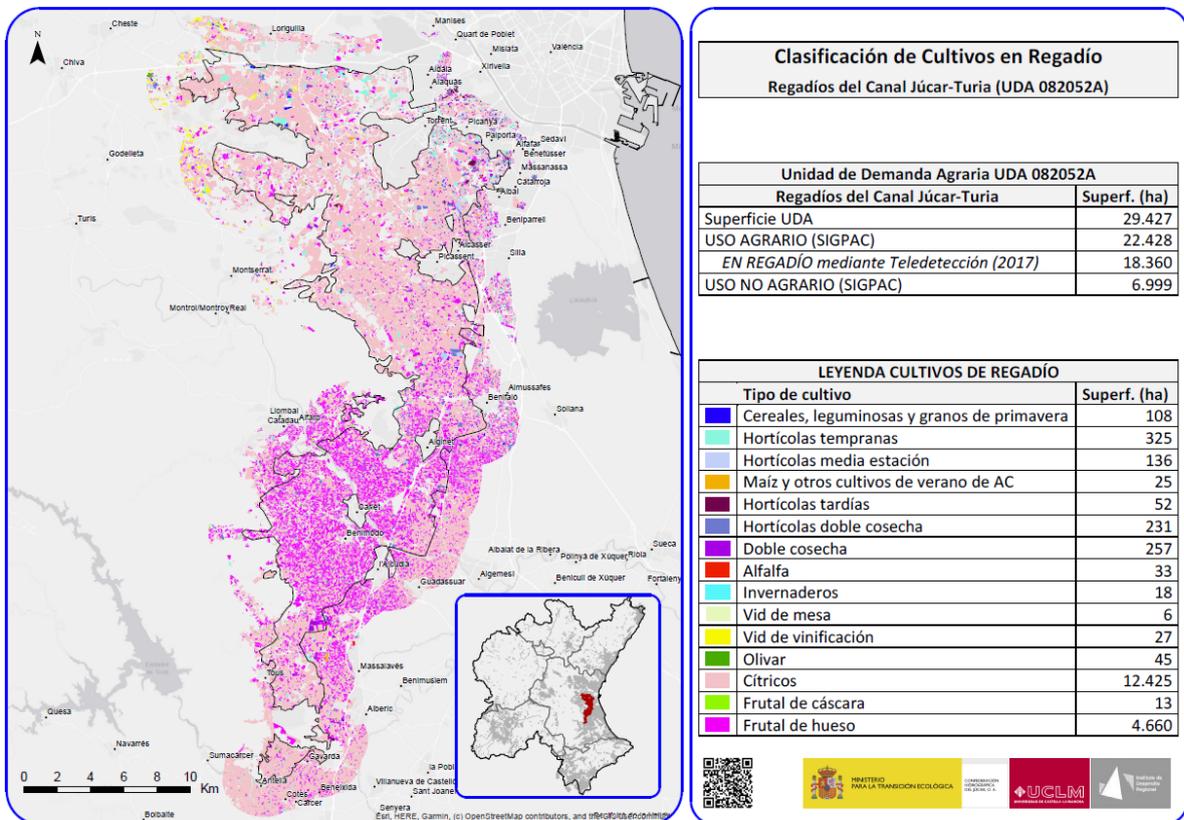


Figura 25. Ficha Regadíos del Canal Júcar-Turía (UDA 082052A)

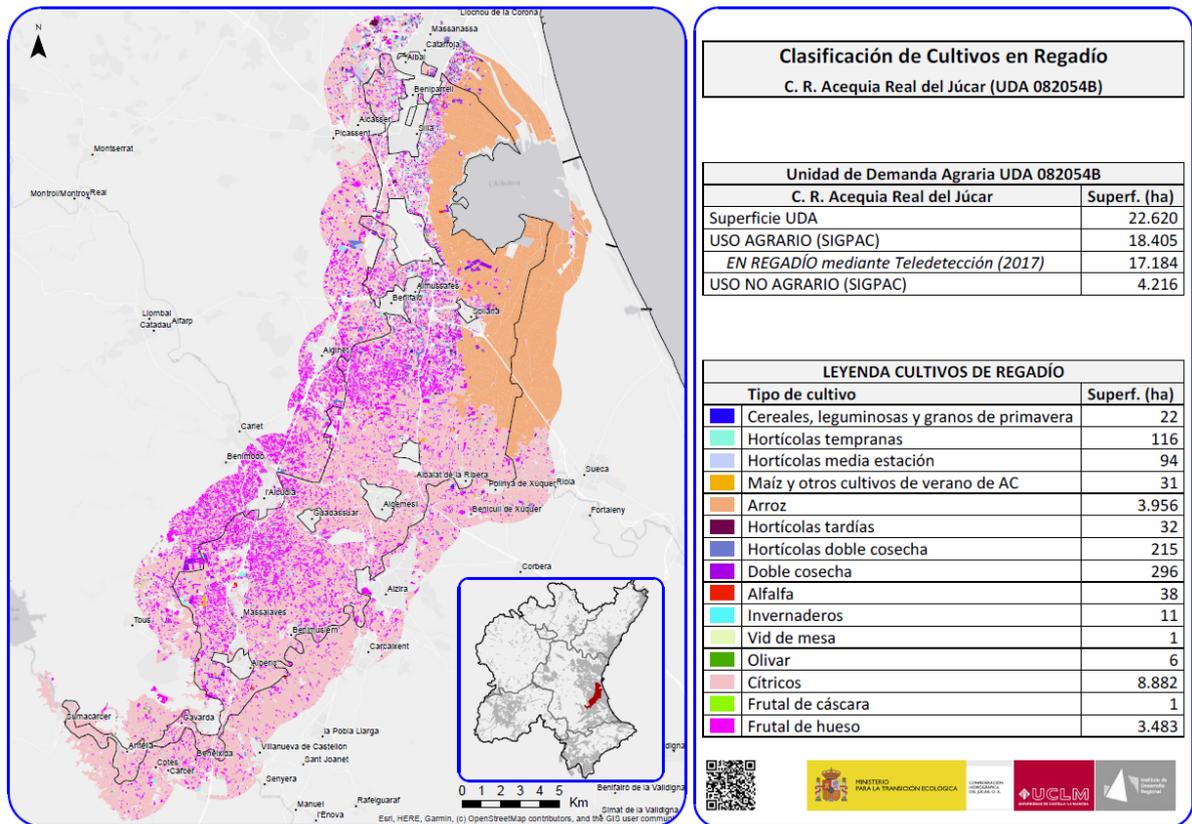


Figura 26. Ficha C.R. Acequia Real del Júcar (UDA 082054B)

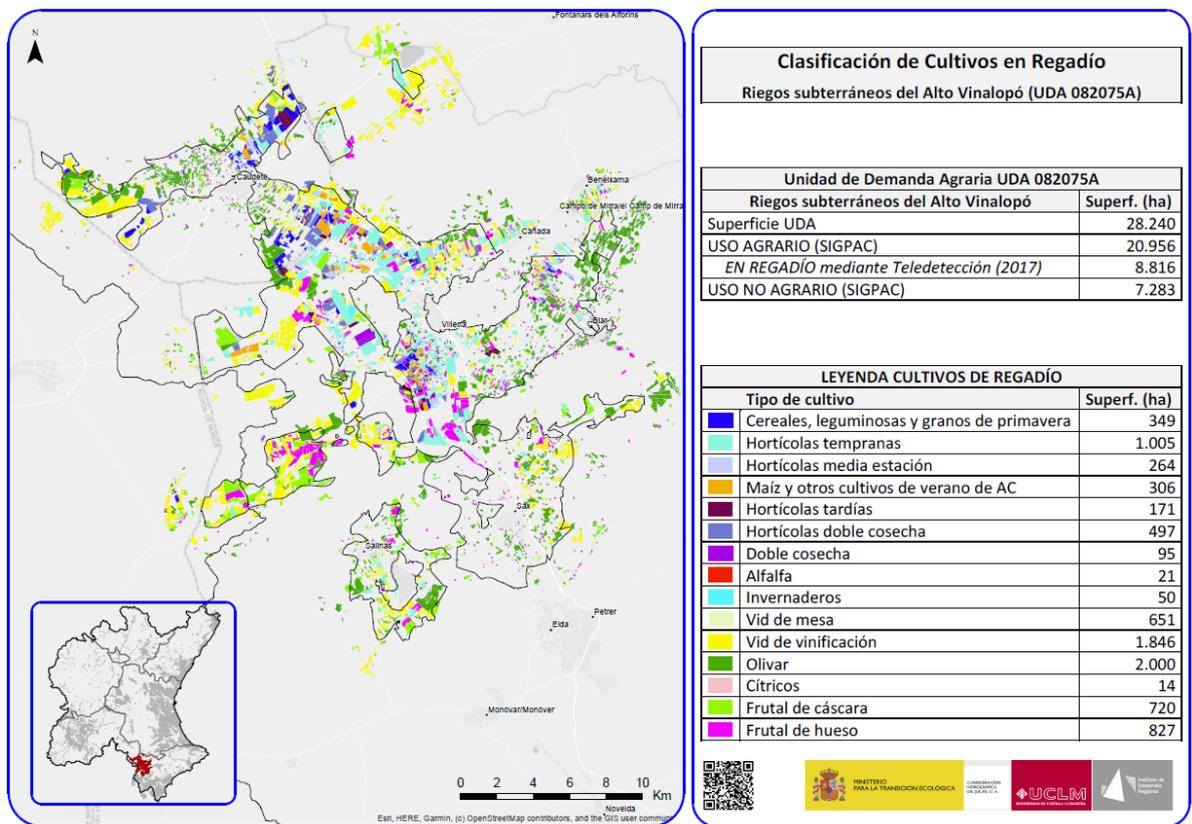


Figura 27. Ficha Riegos subterráneos del Alto Vinalopó (UDA 082075A)

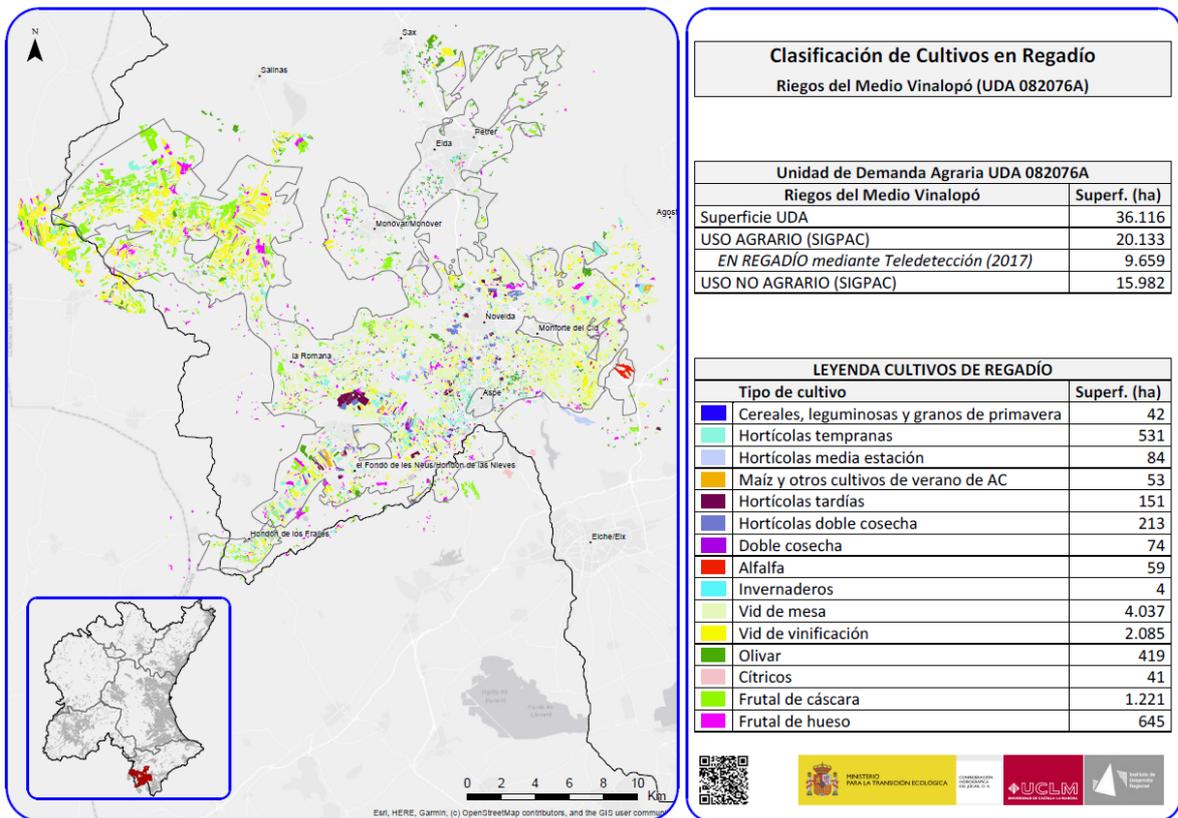


Figura 28. Ficha Riegos del Medio Vinalopó (UDA 082076A)

## Listado Tablas Materiales, Métodos y Resultados

<b>Tabla 1.</b> Cronograma general de tareas realizadas dentro del convenio.....	20
<b>Tabla 2.</b> Resumen de las imágenes procesadas.....	24
<b>Tabla 3.</b> Leyenda de las clases en que se han agrupado los cultivos regados.....	28
<b>Tabla 4.</b> Adaptación de los usos de suelos de cada recinto SIGPAC a las clases definidas en la leyenda.....	32
<b>Tabla 5.</b> Metodología para integrar la cartografía SIGPAC en el proceso de clasificación.....	33
<b>Tabla 6.</b> Precipitación promedio anual en las estaciones Campo de Arcís y Requena-Cerrito de los años 2013 a 2018.....	40
<b>Tabla 7.</b> Resultados medios observados en campo.....	48
<b>Tabla 8.</b> Resultados medios observados en campo en conjunto, teniendo en cuenta la diferencia entre espaldera VINE y vaso VINv para el viñedo.....	48
<b>Tabla 9.</b> Criterios que se tuvieron en cuenta para VIÑEDO, simplificado.....	49
<b>Tabla 10.</b> Criterios que se tuvieron en cuenta para OLIVAR, simplificado.....	49
<b>Tabla 11.</b> Criterios que se tuvieron en cuenta para FRUTO DE CÁSCARA, simplificado.....	50
<b>Tabla 12.</b> Criterios que se tuvieron en cuenta para FRUTO DE HUESO, simplificado.....	50
<b>Tabla 13.</b> Clasificación por superposición entre la capa “Parcelas con Concesión Administrativa de Riego_CHJ”, y la capa “Cultivos Leñosos 2017_TD”, en la que se indican los colores asignados a cada una de las clases resultantes.....	51
<b>Tabla 14.</b> Clasificación por superposición entre la capa de puntos “Captaciones Subterráneas_CHJ”, y la capa “Cultivos Leñosos_TD”, en la que se indican colores asignados a cada una de las clases resultantes.....	52
<b>Tabla 15.</b> Criterios de clasificación para viñedo en la zona del Vinalopó.....	55
<b>Tabla 16.</b> Superficie de los cultivos en regadío mediante teledetección, TD, en el ámbito de la Demarcación Hidrográfica del Júcar, en los años 2010, 2015 y 2017, y su comparación con los datos de inventario de CHJ de 2015.....	60
<b>Tabla 17.</b> Comarca Requena-Utiel. Superficie de los cultivos en regadío mediante teledetección, TD, en los años 2010, 2015 y 2017, y su comparación con los datos de inventario de CHJ de 2015.....	61
<b>Tabla 18.</b> “Ulldecona (UDA 082002A)” Superficie de los cultivos en regadío mediante teledetección, TD, en los años 2010, 2015 y 2017, y su comparación con los datos de inventario de CHJ de 2015.....	62
<b>Tabla 19.</b> “Regadío del Canal Camp de Turia (UDA 082029A)”. Superficie de los cultivos en regadío mediante teledetección, TD, en los años 2010, 2015 y 2017, y su comparación con los datos de inventario de CHJ de 2015.....	63

<b>Tabla 20.</b> “Regadío del Canal Júcar-Turia (UDA 082052A)”. Superficie de los cultivos en regadío mediante teledetección, TD, en los años 2010, 2015 y 2017, y su comparación con los datos de inventario de CHJ de 2015.....	64
<b>Tabla 21.</b> “C.R. Acequia Real del Júcar (UDA 082054B)”. Superficie de los cultivos en regadío mediante teledetección, TD, en los años 2010, 2015 y 2017, y su comparación con los datos de inventario de CHJ de 2015.....	65
<b>Tabla 22.</b> “Riegos subterráneos del Alto Vinalopó (UDA 082075A)”. Superficie de los cultivos en regadío mediante teledetección, TD, en los años 2010, 2015 y 2017, y su comparación con los datos de inventario de CHJ de 2015.....	66
<b>Tabla 23.</b> “Riegos subterráneos del Medio Vinalopó (UDA 082076A)”. Superficie de los cultivos en regadío mediante teledetección, TD, en los años 2010, 2015 y 2017, y su comparación con los datos de inventario de CHJ de 2015.....	67

## Listado Figuras Materiales, Métodos y Resultados

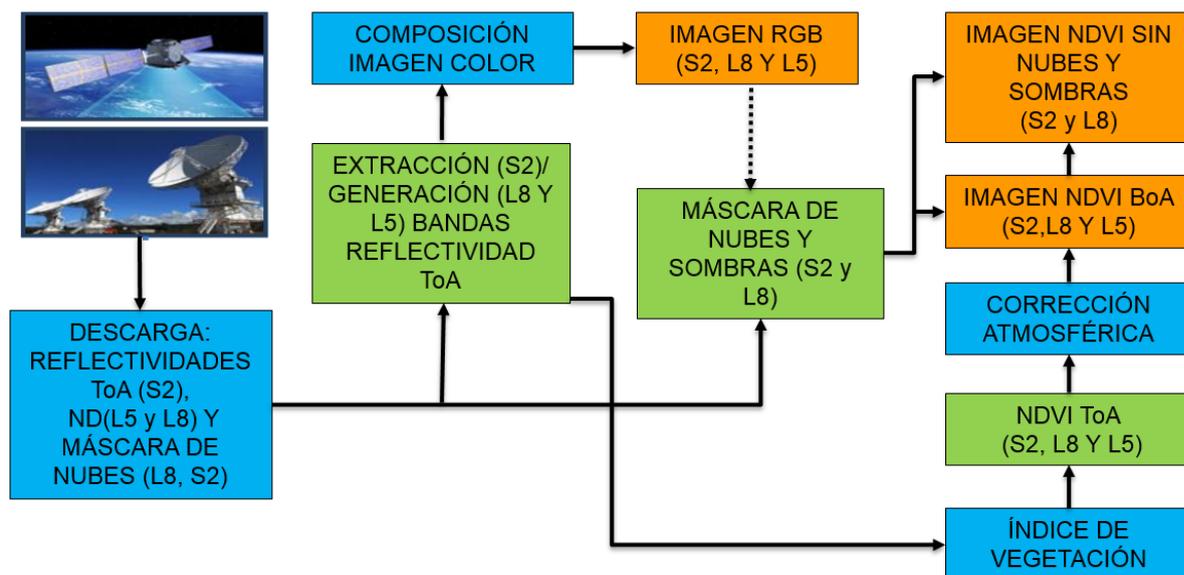
<b>Figura 1.</b> Ámbito espacial. Demarcación Hidrográfica del Júcar y la delimitación de las provincias.....	23
<b>Figura 2.</b> Diagrama del procesamiento básico de imágenes del satélite Landsat 5 (L5), Landsat 8 (L8) y de los Sentinel – 2 (S2). Los diferentes colores muestran los procesados realizados (azul), los productos intermedios obtenidos (verde) y los productos básicos finales generados (naranja).....	24
<b>Figura 3.</b> Distribución espacial de los path row de Landsat (en rojo) y los gránulos de Sentinel en azul y su relación con la Demarcación Hidrográfica del Júcar.....	25
<b>Figura 4.</b> Distribución temporal de Imágenes de satélite sobre DH Júcar.....	26
<b>Figura 5.</b> Curvas patrones de la evolución temporal del NDVI para las clases seleccionadas de usos de suelo en regadío. Las curvas corresponden al año 2017; con ligeras variaciones son muy similares el resto de años.....	32
<b>Figura 6.</b> Esquema general del proceso de clasificación de herbáceos.....	35
<b>Figura 7.</b> Esquema general del proceso de clasificación de leñosos.....	35
<b>Figura 8.</b> Árbol de decisión, parcial, para la clasificación del año 2017.....	36
<b>Figura 9.</b> Distribución de la zona de estudio, UDAs, parcelas con uso Cultivo Leñoso y términos municipales, así como su relación con la Demarcación Hidrográfica del Júcar.....	38
<b>Figura 10.</b> Gránulos Sentinel que cubren la zona de estudio representados en color rojo, escenas Landsat que cubren la zona representadas en color azul, y en negro la diferentes hojas de la orotofoto PNOA que entrarían dentro de la zona de estudio.....	39
<b>Figura 11.</b> Zonificación para la comarca Requena-Utiel, a efectos de la clasificación de los cultivos leñosos.....	40
<b>Figura 12.</b> Distribución de frecuencias de valores NDVI para los cultivos viña, olivo, almendro y frutal en la Comarca Requena-Utiel.....	45
<b>Figura 13.</b> Diagrama de flujo sobre el proceso de clasificación de los cultivos leñosos en la Comarca Requena-Utiel.....	46
<b>Figura 14.</b> Distribución de las zonas que fueron revisadas en campo. En verde las parcelas revisadas en la primera visita, en morado las parcelas revisadas en la segunda visita y en azul las parcelas revisadas en la tercera visita.....	47
<b>Figura 15.</b> Curvas de NDVI considerando todos los puntos correspondientes a la clase viñedo para la zona Vinalopó.....	54
<b>Figura 16.</b> Curvas de NDVI considerando únicamente los puntos identificados en parcelas de viñedo de regadío por SIGPAC en la zona Vinalopó. Período 2014-2018.....	54

<b>Figura 17.</b> Clasificación ráster para toda la Demarcación Hidrográfica del Júcar año 2010.....	69
<b>Figura 18.</b> Clasificación ráster para toda la Demarcación Hidrográfica del Júcar año 2015.....	70
<b>Figura 19.</b> Clasificación ráster para toda la Demarcación Hidrográfica del Júcar año 2017.....	71
<b>Figura 20.</b> Clasificación vector para la zona Requena-Utiel.....	72
<b>Figura 21.</b> Comparativa entre puntos de Captación Subterránea versus Mapa de cultivos Leñosos mediante Teledetección. Zona Requena-Utiel.....	73
<b>Figura 22.</b> Comparativa entre Parcelas con concesión Administrativa de Riego versus Mapa de cultivos Leñosos mediante Teledetección. Zona Requena-Utiel.....	73
<b>Figura 23.</b> Ficha Regadíos del embalse de Ulldecona (UDA 082002A).....	74
<b>Figura 24.</b> Ficha Regadíos del Canal Camp de Turia (UDA 082029A).....	75
<b>Figura 25.</b> Ficha Regadíos del Canal Júcar-Turia (UDA 082052A).....	75
<b>Figura 26.</b> Ficha C.R. Acequia Real del Júcar (UDA 082054B).....	76
<b>Figura 27.</b> Ficha Riegos subterráneos del Alto Vinalopó (UDA 082075A).....	76
<b>Figura 28.</b> Ficha Riegos del Medio Vinalopó (UDA 082076A).....	77

## ANEXO I. PROCESADO DE IMÁGENES

### 1. DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA DEL PROCESADO

En la figura siguiente, se muestra el diagrama de flujo del procesamiento básico de imágenes propuesto, para los satélites Sentinel – 2A (S2a), Sentinel – 2B (S2b), Landsat 8 (L8) y Landsat 5 (L5).



**Figura 1.** Diagrama del procesamiento básico de imágenes del satélite Landsat 5 (L5), Landsat 8 (L8) y de los Sentinel – 2 (S2). Los diferentes colores muestran los procesados realizados (azul), los productos intermedios obtenidos (verde) y los productos básicos finales generados (naranja).

### 2. IMÁGENES EMPLEADAS

Las imágenes multispectrales del satélite Sentinel – 2 (S2a + S2b) forman el cuerpo principal de las imágenes procesadas para realizar la clasificación de cultivos 2017, pero además, se han procesado imágenes del satélite Landsat 8 y Landsat 5 para los años 2010 y 2015. En la siguiente tabla se describen los detalles generales de los satélites empleados.

**Tabla 1.** Descripción general de los satélites empleados.

Satélite	Landsat 5 TM	Landsat 8 OLI	Sentinel – 2A MSI	Sentinel – 2B MSI
<b>Barrido</b>	170 x185 Km (sin dividir la imagen completa forma lo que la NASA llama escena)	180 x 180 Km (sin dividir, la imagen completa forma lo que la NASA llama escena)	290 x 290 Km (dividido en gránulos de aproximadamente 100 x 100 Km)	290 x 290 Km (dividido en gránulos de aproximadamente 100 x 100 Km)
<b>Bandas espectrales y longitud de onda central (nm)</b>	7 bandas NIR: 830,0 Rojo: 660,0 Verde: 560,0	8 bandas + Pancromática NIR: 864,67 Rojo: 654,59 Verde: 561,41	13 bandas NIR: 835,1 Rojo: 664,5 Verde: 560,0	13 bandas NIR: 833,0 Rojo: 665,0 Verde: 559,0
<b>Resolución espacial</b>	30 m	30 m	10 m	10 m
<b>Tiempo de revisita</b>	16 días	16 días	10 días	10 días

### 3. ADQUISICIÓN DE IMÁGENES

La adquisición de imágenes depende del satélite a emplear. En todos los casos, el criterio mínimo para la descarga de las imágenes ha sido la realización de una inspección visual previa de la imagen para saber si estaba cubierta en su gran mayoría por nubes y descartar su adquisición en tal caso. Por norma general, si la cobertura nubosa es superior al 80% se descartan automáticamente las imágenes.

En cuanto a la descarga de las imágenes Landsat 5 y 8 existen diferentes posibilidades para su adquisición. El primero consiste en emplear la web del USGS llamada *Global Visualization Viewer (Glovis)* (<http://glovis.usgs.gov/>). Dicha web es una herramienta de búsqueda de imágenes y pedido de éstas cuya característica fundamental es que la imagen es proporcionada en un breve tiempo tras la pasada del satélite. En segundo lugar, también se han descargado imágenes de forma masiva desde la web *USGS Earth Resources Observation and Science (EROS) Center Science Processing Architecture (ESPA)* (<https://espa.cr.usgs.gov/>). Empleando esta otra web es posible adquirir un mayor número de imágenes simultáneamente, aunque el tiempo de espera es superior al de la primera opción. En cuanto a la descarga de las imágenes del satélite Sentinel – 2 (S2A + S2B), la Agencia Espacial Europea (ESA) proporciona la web de acceso y descarga “*Copernicus Open Access Hub*” (<https://scihub.copernicus.eu/>). Dicha web es una herramienta de búsqueda de imágenes y pedido de éstas.

## 4. CORRECCIONES RADIOMÉTRICAS

En S2a no se llevan a cabo correcciones radiométricas pues se hace una descarga de las reflectividades ToA directamente. Sin embargo, para L5 y L8 se aplican unos coeficientes de corrección proporcionados por USGS mediante un fichero de metadatos (\*MLT.txt). En consecuencia obtenemos directamente, desde Números Digitales, las reflectividades ToA tras la extracción de dichos coeficientes y la corrección del ángulo solar también proporcionada por dicho fichero de metadatos. A continuación las ecuaciones empleadas.

Eq. 1

$$\rho\lambda' = M_{\rho} \cdot Q_{cal} + A_{\rho}$$

Donde:

$\rho\lambda'$ : reflectancia espectral ToA captada por el sensor en la banda  $\lambda$ , sin corrección para el ángulo solar,  $W/(m^2 \text{ sr } \mu\text{m})$ .

$M_{\rho}$ : Factor multiplicativo específico por banda para el re-escalado (en el fichero de metadatos el campo denominado REFLECTANCE\_MULT\_BAND\_x, donde x es el número de banda)

$Q_{cal}$ : Valores cuantificados y calibrados del producto estándar, números digitales (ND)

$A_{\rho}$ : Factor aditivo específico por banda para el reescalado (en el fichero de metadatos el campo denominado REFLECTANCE\_ADD\_BAND\_x, donde x es el número de banda)

Eq. 2

$$\rho_{\lambda} = \frac{\rho\lambda'}{\cos(\theta_{sz})} = \frac{\rho\lambda'}{\sin(\theta_{se})}$$

Donde:

$\rho\lambda'$ : Reflectividad ToA captada por el sensor en la banda  $\lambda$ , sin unidades.

$\sin(\theta_{sz})$ : elevación local del ángulo solar (proporcionado en los metadatos (SUN\_ELEVATION))

$\cos(\theta_{sz})$ : ángulo local cenital solar,,  $\theta_{sz} = 90^{\circ} - \theta_{se}$

## 5. CORRECCIONES ATMOSFÉRICAS

Los métodos de corrección atmosférica pretenden eliminar o compensar los efectos atmosféricos sobre la imagen obteniendo así una señal en superficie comparable para áreas y fechas de adquisición diferentes. De esta forma obtendremos Reflectividades BoA (por sus siglas en inglés de "*Bottom of Atmosphere*"). La corrección atmosférica adoptada es un método de normalización absoluta que basa la corrección de las series de imágenes en una imagen que se considera como referencia. La reflectividad de cada banda del sensor es corregida en función de superficies consideradas invariantes (Schroeder et al., 2006), los índices de vegetación son corregidos en base a esas superficies (Chen et al., 2005). Este método se basa por tanto en que es posible encontrar superficies en la imagen cuyo índice de vegetación es invariante en el tiempo y que dichas superficies exhiben un rango de valores de índices de vegetación que

abarque una gama dinámica adecuada. El índice de vegetación de dichas superficies invariantes debe ser conocido. Las mejores superficies invariantes son: suelo desnudo y vegetación muy densa, que a su vez presentan la gran ventaja de representar los dos extremos del rango dinámico de valores de índice de vegetación para la superficie terrestre. Los valores obtenidos se toman como patrón y en base a ellos se procede a la normalización de las imágenes.

### **Constelación Multisensor L5, L8, S2a y S2b.**

El reto al que hemos de dar respuesta en este trabajo es construir series temporales de los productos RGB y NDVI derivados de las reflectividades espectrales registradas en las imágenes de los sensores Landsat – 5 (TM), Landsat – 8 (OLI), Sentinel – 2A y Sentinel – 2B (ambos MSI), cuyas características técnicas se describen en la Tabla 2.

El procedimiento utilizado ha sido

1. Elegir un sensor como referencia.
2. Desarrollar una serie de ecuaciones que permitieran transformar los valores de los productos de cada uno de los sensores al de referencia para que estos fueran comparables entre sí.

La elección del sensor de referencia recayó en Landsat 8 por la mayor experiencia existente sobre él, y por coherencia con las series históricas anteriores. Sin embargo, como el programa Sentinel – 2 está cumpliendo sus objetivos y fechas, y dada la mayor resolución espacial y frecuencia temporal de estas imágenes, es prudente comenzar a preparar el cambio a referencia S2.

Para desarrollar la serie de ecuaciones que permitan transformar los valores de los productos de un sensor a otro se ha realizado la comparativa entre imágenes sincronas, esto es tomadas por los diferentes sensores en el mismo día, de tal forma que el recorrido de la radiación solar atraviese la misma atmósfera, pues el tiempo de adquisición solo difiere en alrededor de 20 minutos entre L8 y S2. Intercalibración de los sensores L8, S2A y S2B: Una constelación multisensor. Este documento técnico, cuya principal conclusión conceptual es que cuando las reflectancias e índices de Vegetación (NDVI, SAVI,...) calculadas en el techo de la atmósfera, desde un sensor se compararan con las derivadas del otro, ambas exhiben un comportamiento fuertemente lineal, muchos casos cercanas al 1:1, lo que permite utilizar ecuaciones lineales para hacer comparables ambos sensores.

En el caso de las imágenes RGB, tras el análisis de la secuencia de imágenes en la forma descrita, teniendo en cuenta que este producto RGB tiene un mayor uso cualitativo y dado el similar comportamiento de las reflectividades, se han elegido los mismos coeficientes que multiplican los valores de reflectividades TOA de las bandas con las que se construyen estas imágenes, tanto en S2 como en L8

La magnitud NDVI reviste gran relevancia cuantitativa pues sobre esta variable descansan relaciones que permiten calcular las necesidades de agua de los cultivos. El

proceso de comparación entre valores obtenidos desde ambos satélites en imágenes síncronas se llevado a cabo en diferentes áreas, y evidencia un comportamiento claramente lineal. Por ello se han desarrollado las ecuaciones 3 y 4 que permiten obtener los valores normalizados de forma absoluta desde los valores calculados en el techo de la atmósfera para valores  $NDVI_{TOA}$  dese ambos sensores.

Eq. 3

$$NDVI_{norm} = 1,0597 \cdot NDVI_{TOA,L8} - 0,019$$

Eq. 4

$$NDVI_{norm} = 0,960 \cdot NDVI_{TOA,S2} + 0,084$$

Donde:

$NDVI_{norm}$ : Valor NDVI normalizado, consistente con los valores en superficie del producto NDVI Landsat7-ETM+

$NDVI_{TOA, L8}$ : NDVI calculado desde las reflectancias en el Techo de la Atmósfera (ToA) usando las bandas del Rojo e Infrarrojo cercano del sensor L8-OLI

$NDVI_{TOA, S2}$ : NDVI calculado desde las reflectancias en el Techo de la Atmósfera (ToA) usando las bandas del Rojo e Infrarrojo cercano del sensor S2A y S2B (ambos MSI)

**Tabla 2.** Especificación detallada de los sensores a bordo de los satélites L8, S2 y L7.

Parameter	Landsat 7 ETM+		Landsat 8 OLI		Sentinel 2 MSI	
	Band	Wavelength $\mu\text{m}$	Band	Wavelength $\mu\text{m}$	Band	Wavelength $\mu\text{m}$
<b>Spectral Bands</b>	-	-	1 (coastal / aerosol)	0.43-0.45	B1 (blue)	0.43-0.45
	1 (blue)	0.45-0.52	2 (blue)	0.45-0.52	B2 (blue)	0.46-0.52
	2 (green)	0.52-0.60	3 (green)	0.52-0.60	B3 (green)	0.54-0.58
	3 (red)	0.63-0.69	4 (red)	0.63-0.68	B4 (red)	0.65-0.68
	-	-	-	-	B5 (red edge)	0.70-0.71
	-	-	-	-	B6 (red edge)	0.73-0.75
	4 (NIR)	0.77-0.90	-	-	B7 (red edge)	0.77-0.79
			5 (NIR)	0.84-0.88	B8 (NIR)	0.78-0.90
	-	-	-	-	B8a (NIR)	0.86-0.88
	-	-	-	-	B9 (water vapor)	0.93-0.95
	-	-	9 (cirrus)	1.36-1.39	B10 (cirrus)	1.37-1.39
	5 (SWIR1)	1.55-1.75	6 (SWIR1)	1.56-1.66	B11 (SWIR1)	1.57-1.66
	7 (SWIR2)	2.09-2.35	7 (SWIR2)	2.10-2.30	B12 (SWIR2)	2.10-2.28
	8 (pan)	0.52-0.90	8 (pan)	0.50-0.68	-	-
<b>Landsat ETM+ thermal</b>		<b>Landsat 8 TIRS</b>		-		
6 (TIR)	10.40-12.50	10 (TIR1)	10.3-11.3	-		
		11 (TIR2)	11.5-12.5	-		
<b>GSD at nadir (Spatial Resolution)</b>	30 m VNIR 15m pan 100 m TIR		30 m VNIR 15m pan 100 m TIR		10 m (B2, B3, B4, B8) 20 m (B5, B6, B7, B8a, B11, B12) 60 m (B1, B9, B10)	
<b>Quantization</b>	8 bit		12 bit		12 bit	
<b>Onboard Calibration</b>	Yes		Yes		Yes	
<b>Off-axis viewing</b>	Up to 7.5 deg off nadir		Up to 7.5 deg off nadir		Up to 10.3 deg off nadir (w/o pointing)	
<b>Orbit altitude</b>	705 km		705 km		786 km	
<b>Swath width</b>	185 km		185 km		290 km	
<b>Revisit time</b>	every 16 days (7 - 9 days in overlapping areas)		every 16 days (7 - 9 days in overlapping areas)		1 satellite: every 10 days (3 - 7 days in overlapping areas) 2 satellites: every 5 days (2 - 3 days in overlapping areas)	
<b>Launch</b>	April, 1999		February, 2013		June, 2015	

## 6. PROCESADO DE NDVI

Los *índices de vegetación* se pueden definir como combinaciones de bandas espectrales, cuyo objetivo es el de realzar la contribución de la vegetación fotosintéticamente activa en la respuesta espectral de una superficie y atenuar la de otros factores como el suelo en el que se asienta, las condiciones de iluminación solar, restos de vegetación seca y la atmósfera. El índice de vegetación por diferencias normalizado, NDVI, definido por la Eq. 5 (Rouse et al., 1973) es, con mucho, el índice de vegetación más usado en las aplicaciones de la Teledetección

Resaltar que el NDVI es el índice de vegetación sobre el que más experiencia se ha acumulado en la descripción de parámetros biofísicos de la cubierta vegetal, lo que constituye un argumento adicional en su favor como índice adoptado. Por otro lado, sus valores oscilan entre -1 y +1, lo que ayuda en su interpretación. El NDVI presenta las ventajas de una gran sencillez de cálculo, facilita la interpretación directa de los parámetros biofísicos del cultivo, dada la gran cantidad de experiencia acumulada en su uso, y permite, por tanto, la comparación entre datos obtenidos. Así pues, combinado la reflectividad en las bandas del rojo e infrarrojo cercano, se calcula un mapa de NDVI combinando algebraicamente las bandas según la ecuación Eq. 5. Operando de esta forma, para cada fecha de la que dispongamos de imagen podemos disponer de mapa de NDVI, con lo que finalmente podríamos disponer de una secuencia temporal de mapas de NDVI.

Eq. 5

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$$

Donde:

NIR es la reflectividad en el infrarrojo cercano (banda 4 L5, banda 5 en L8, y banda 8 en S2), y R es la reflectividad en el rojo (banda 3 L5, banda 4 en L8 y S2), en el ancho de banda correspondiente. En consecuencia con las resoluciones espaciales de las bandas empleadas se obtienen imágenes NDVI a 10m de resolución espacial si se emplea S2, e imágenes NDVI a 30m de resolución espacial si se emplea L5 y L8.

## 7. PROCESADO DE RGB

Las combinaciones color, generalmente llamadas RGB, es un importante instrumento que permite el análisis visual de la dinámica de las superficies estudiadas. Por tanto, se presta especial atención a la generación de combinaciones fácilmente interpretables y comparables en el tiempo. La combinación propuesta es la adecuada para la monitorización de la vegetación y de las prácticas agrícolas.

En Landsat 5, se aplica en canal del rojo la banda espectral infrarrojo medio (B5), en el canal del verde la banda espectral infrarrojo cercano (B4) y en el canal del azul sobre la banda de rojo (B3). En Landsat 8, se utiliza la banda espectral del infrarrojo medio (B6)

en el canal del rojo, la banda espectral del infrarrojo cercano (B5) en el canal del verde y la banda espectral del rojo (B4) en el canal del azul. Por otro lado, en Sentinel – 2 (S2A + S2B), se utiliza la banda espectral del rojo (B11) en el canal del rojo, la banda del infrarrojo cercano (B8) en el canal del verde y por último la banda espectral del infrarrojo medio (B4) en el canal del azul. Las imágenes de color RGB de Landsat 5 están obtenidas a 30 m de resolución espectral, las imágenes de color RGB de Landsat 8 están obtenidas a 15 m de resolución espacial tras un proceso de fusión, mientras que las de Sentinel – 2 lo están a 10m.

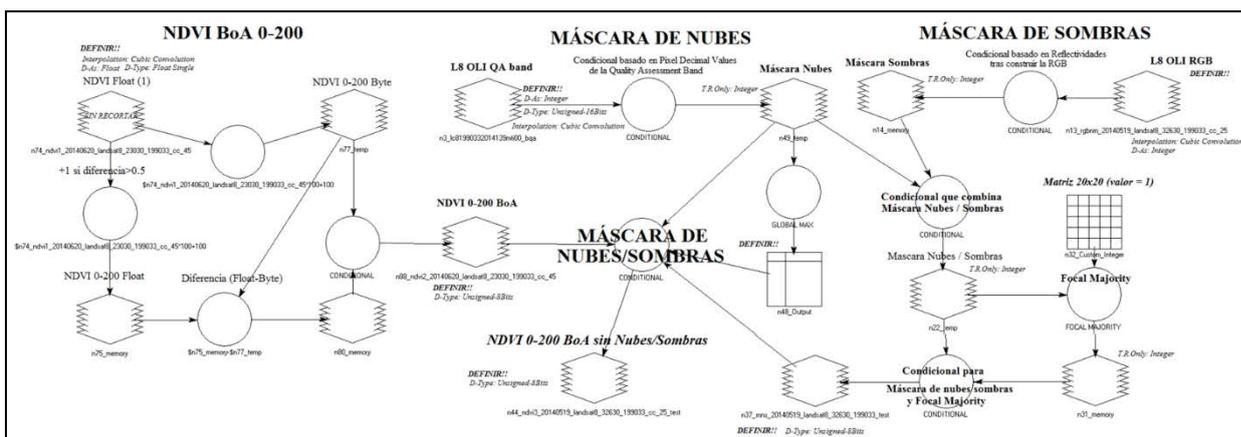
Estas combinaciones resultan ser fácilmente interpretables puesto que permite distinguir la vegetación fotosintéticamente activa (colores verdes brillantes), el suelo desnudo (colores ocres) y la vegetación natural (verde oscuro). Las combinaciones RGB obtenidas se procesan para obtener una visualización adecuada sin necesidad de aplicar ninguna modificación posterior del histograma.

## 8. PROCESADO DE LA MÁSCARA DE NUBES/SOMBRA PARA LANDSAT

La detección de nubes, y de las sombras asociadas, es uno de los retos para el aprovechamiento efectivo de las imágenes de satélite en la observación de la superficie terrestre. Procesos como la clasificación de usos de suelo o la obtención de variables biofísicas y, en general, las aplicaciones en las que se utilicen series multitemporales de imágenes, requieren de la previa detección y eliminación de las nubes y sus sombras. Por ello, se ha generado un procesado que las detecte y elimine de las imágenes NDVI. En consecuencia, la monitorización de las superficies de regadío y la estimación de sus necesidades hídricas presentará un menor número de píxeles con información inválida. La cadena de procesado creada para eliminar las nubes y sombras de la imagen se muestra en la Figura 2, mientras que en la siguiente tabla se muestran las entradas y las salidas del modelo.

**Tabla 3.** Entradas y salidas del modelo máscara de nubes.

Inputs	Outputs
<b>Banda Quality Assessment (BQA)</b>	Tabla (*.tbl)
<b>Imagen RGB 654 (30x30m)</b>	Máscara de nubes/sombras (mns)
<b>Imagen NDVI<sub>BoA 0-200</sub> (30x30m)</b>	NDVI <sub>BoA 0-200</sub> mns (30x30m)



**Figura 2.** Cadena de procesamiento Máscara de Nubes/Sombras

En resumen, la metodología consiste en emplear la banda de calidad que Landsat 8 trae para cada imagen capturada y extraer los píxeles contaminados por nubes. Seguidamente, con la imagen combinación color se detectan las sombras producidas por las nubes. Una vez identificados los píxeles con presencia de nubes o sombras se unen para crear una máscara. Esta máscara final, se aplica a la imagen NDVI para eliminar aquellos píxeles contenidos en ella. Es necesario aclarar que el modelo sólo es aplicable en las imágenes capturadas por el satélite Landsat 8 ya que cada imagen contiene una banda de calidad. El procesamiento de nubes/sombras presenta varias etapas:

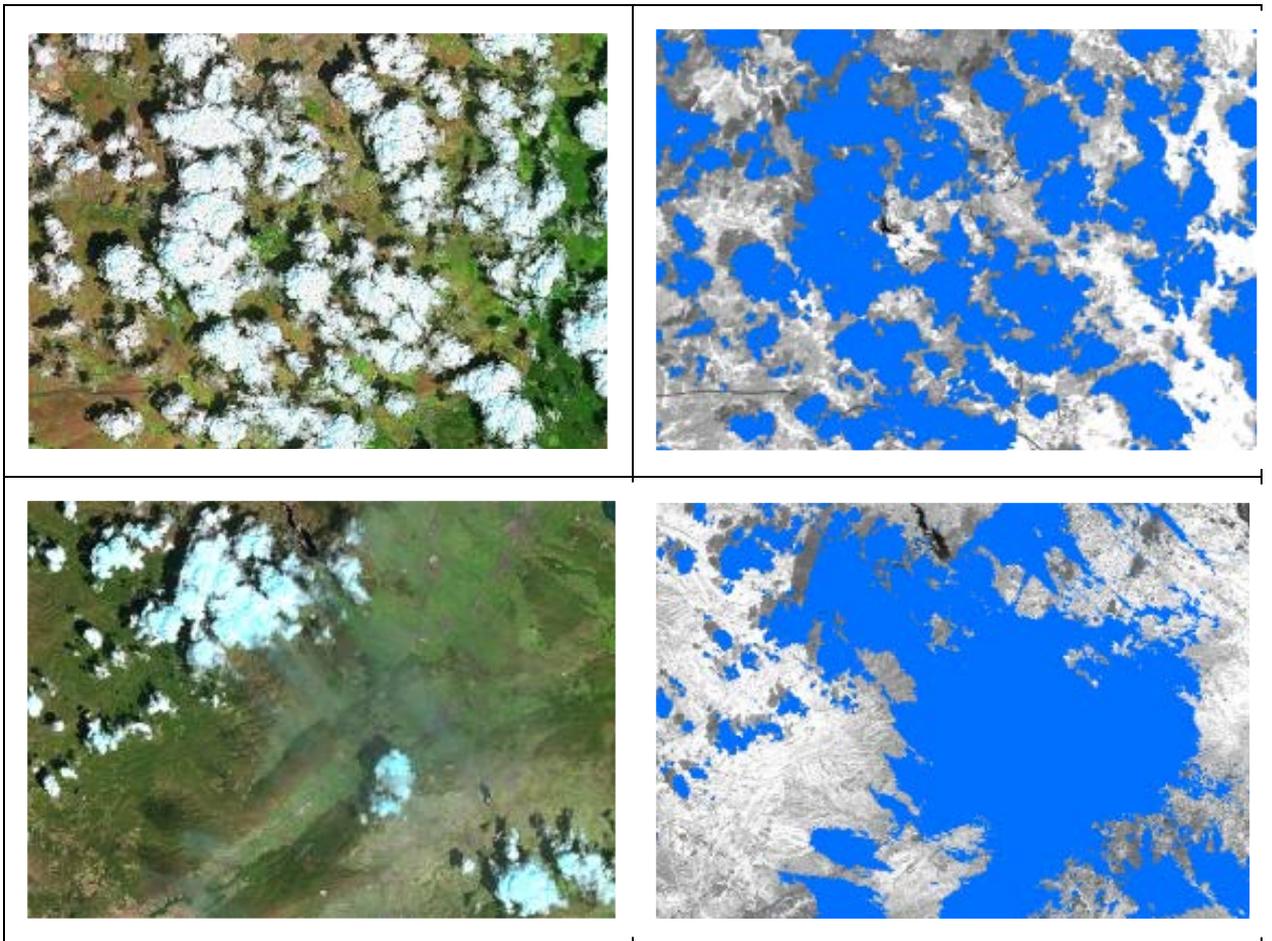
- a) máscara de nubes;
- b) máscara de sombras;
- c) combinación máscara de nubes/sombras (mns); y
- d) aplicación de la mns al NDVI.

### Máscara de nubes

Para obtener la máscara de nubes se utiliza la banda de calidad que incorpora las imágenes de Landsat 8, llamada QA Band (*Quality Assessment*). A esta banda se aplica un condicional, de manera que los píxeles (*pixel Decimal Values*) que incorpora con una alta probabilidad de nubes y cirros son clasificados como nubes. Finalmente, la imagen QA Band es reclasificada. En consecuencia, se asigna a los píxeles de nubes el valor 2, mientras que el valor 1 se asigna zonas sin nubes, y el valor 0 se asigna a la zona exterior sin valores.

Resaltar que los resultados en la determinación están fuertemente influenciados por la tipología de nubes siendo más precisos en su extensión y delimitación cuando las nubes presentan una estructura más definida. Destacar que la máscara de nubes y sombras no se aplicará a las imágenes que no contengan nubes. La forma en la que el procesamiento detecta o no la presencia de nubes es mediante la creación de una tabla con el proceso *Global Max* en ERDAS. Este proceso busca el mayor valor presente en la máscara de nubes y lo escribe en dicha tabla. En consecuencia, esta tabla sólo puede

contener dos valores posibles: 1, cuando la imagen no contiene nubes; o 2, cuando la imagen contiene nubes.



**Figura 3.** Máscara de nubes generada

**Tabla 4.** Máscara de nubes.

Valor reclasificado	Decimal Pixel Value (BQA L8 OLI)
2	61440, 59242, 57344, 56320, 53248, 52256, 52224, 49184, 49152, 48128, 45056, 43040, 39936, 36896, 36864, 32768, 31744, 28672, 26656 y 24576
1	El resto de <i>pixel decimal values</i> salvo valor 1
0	1 (zona exterior de la imagen sin valores)

### Máscara de sombras

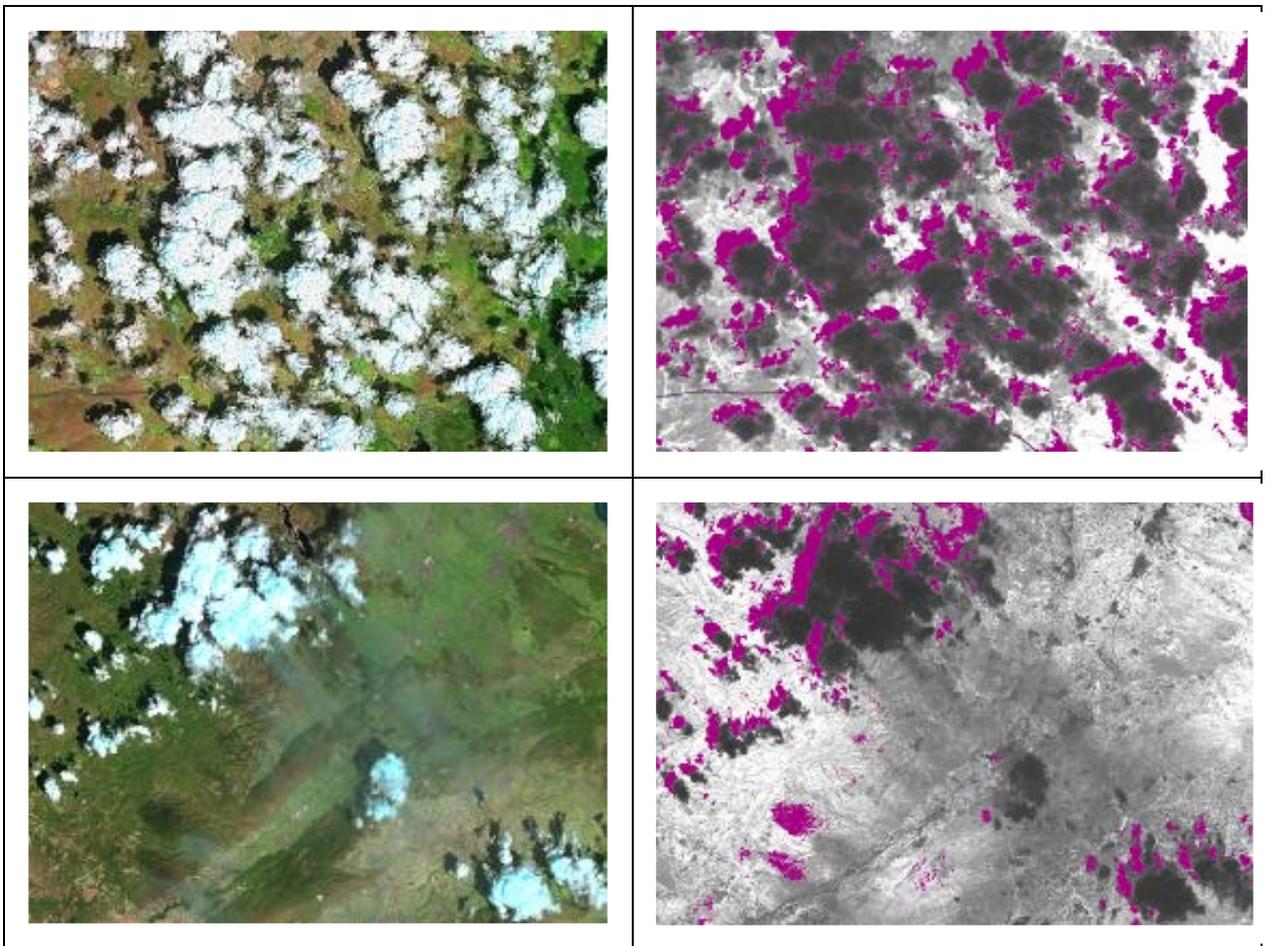
Las sombras son detectadas por el ojo humano con facilidad por predominar los colores oscuros en esas superficies. Por consiguiente, para obtener la máscara de sombras se aplica un condicional a las 3 bandas de reflectividades empleadas en la construcción de la imagen RGB. La respuesta espectral de las sombras está ligada a una menor radiación incidente sobre dichas superficies en sombra. Por ello, las

reflectividades máximas en las que está basada la regla de identificación de sombras en cada banda son las siguientes:

$$\rho_{SWIR} \leq 0.1; \rho_{NIR} \leq 0.15; \text{ y } \rho_R \leq 0.08$$

$$CONDITIONAL \{((rgbmn(1) \leq 40) \& (rgbmn(2) \leq 60) \& (rgbmn(3) \leq 40))0, (rgbmn(1))1\}$$

En la imagen RGB los anteriores valores equivalen a 40, 60 y 40 respectivamente ya que las bandas 6,5 y 4 de la RGB están multiplicadas por 400, 400 y 500 respectivamente. En la siguiente imagen se observa la construcción de la máscara de sombras en el módulo *Model Maker* del programa ERDAS. Así, obtenemos una nueva imagen compuesta de 0 y 1 según haya detectado sombras o no. Los resultados en la determinación están de nuevo fuertemente influenciados por la tipología de las nubes y la fecha del año obteniendo los mejores resultados cuando las nubes están bien definidas estructuralmente y son densas en su composición.



**Figura 41.** Máscara de sombras generada

### Combinación de máscara de nubes y sombras (mns)

Se trata de sumar ambos resultados de la máscara de nubes y de la máscara de sombras para obtener una única imagen a modo de máscara. Sin embargo, antes hay un paso intermedio por el cual se pretende rellenar posibles huecos que hayan quedado sin identificar como nube o sombra, mediante la herramienta *focal majority* del programa ERDAS. De esta forma se construye una máscara de nubes y sombras.

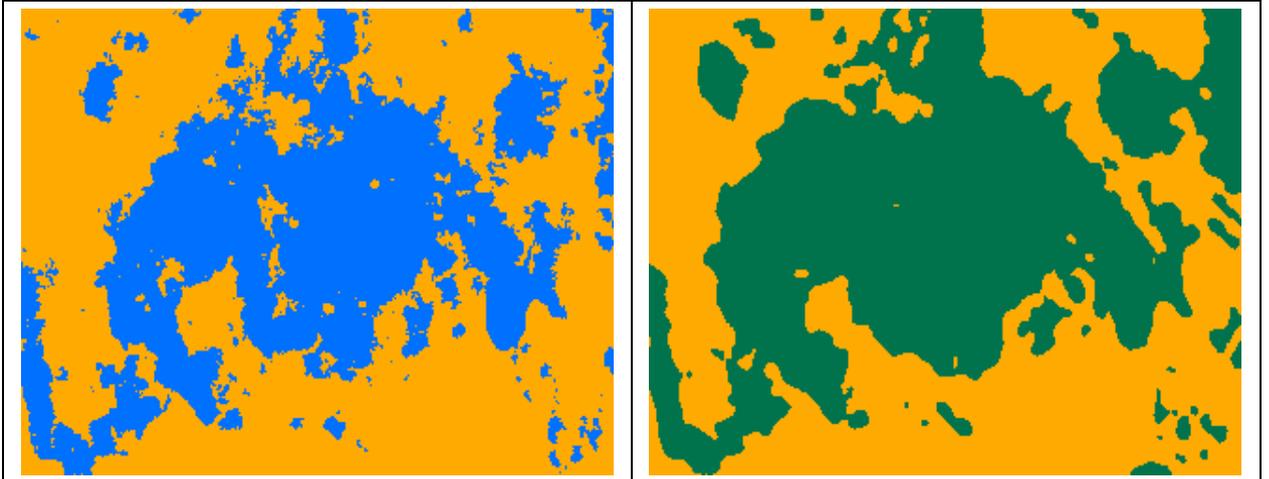
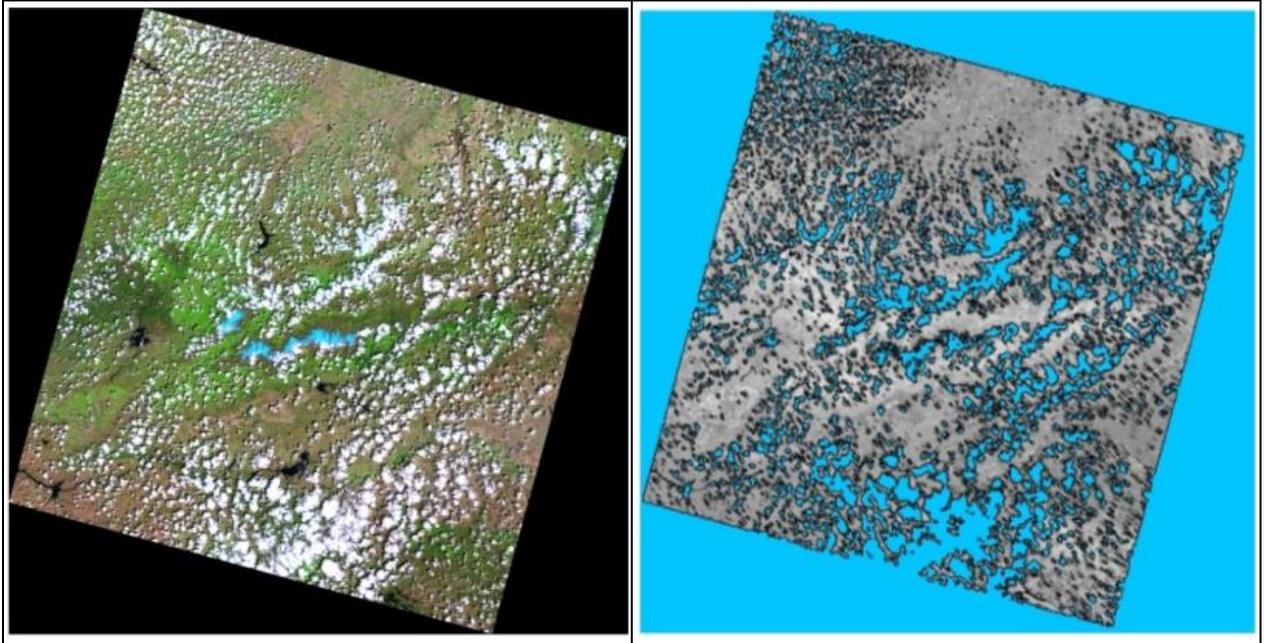


Figura 5. Máscara de nubes y sombras combinada

### Aplicación de la máscara de nubes y sombras a la imagen NDVI

Se trata de combinar la máscara de nubes y sombras con la imagen NDVI corregida atmosféricamente (BoA). En consecuencia, si el proceso ha detectado que la imagen contiene nubes, la máscara se aplica a la imagen NDVI. El resultado final es una imagen NDVI BoA con valores de 0-200 donde se han eliminado las nubes y el exterior de la imagen (píxeles con valor 0).



**Figura 6.** Aspecto final de la máscara de nubes y sombras combinada en toda una imagen

## 9. PROCESADO DE LA MÁSCARA DE NUBES/SOMBRAS EN S2

Tras un análisis de diferentes procedimientos para la detección de nubes y sombras como son Fmask, Sen2Cor y el propio producto inicial de Sentinel – 2a, la metodología escogida para eliminar las nubes y sombras de las imágenes capturadas por el satélite Sentinel – 2 consiste en aplicar la máscara que produce el algoritmo Sen2Cor de corrección atmosférica (<http://step.esa.int/main/third-party-plugins-2/sen2cor/>). Dicha máscara clasifica los píxeles de la imagen en diferentes categorías y con diferentes probabilidades de nubes, nieve, sombras, cirros, píxeles erróneos... Es lo que se conoce como clasificación de la escena (*scene classification*). Así pues, una vez obtenidos aquellos píxeles con presencia de nubes y sombras se aplica la máscara al NDVI normalizado para obtener el producto final. El procesado de nubes/sombras presenta varias etapas:

- a) Módulo Sen2Cor: clasificación de la escena;
- b) Selección de categorías y construcción de la máscara de nubes y sombras (msn);
- c) Aplicación de la mns al NDVI.

Este proceso se ha implementado en la cadena de procesado de las imágenes

### Clasificación de la escena: módulo Sen2Cor

El módulo Sen2Cor, previo a la corrección atmosférica, realiza una clasificación de la escena en base a unas categorías objetivo (ver Figura 7). El algoritmo se basa en una serie de valores umbrales tomando de partida las reflectividades en el techo de la atmósfera de diferentes bandas espectrales. Además, se aplica índices de vegetación (NDVI) y de cobertura nival (NDSI), que junto a los anteriores rangos umbrales asignan

probabilidades a cada píxel para establecer las categorías finales y ejecutar la clasificación de la escena.

Label	Classification
0	NO_DATA
1	SATURATED_OR_DEFECTIVE
2	DARK_AREA_PIXELS
3	CLOUD_SHADOWS
4	VEGETATION
5	BARE_SOILS
6	WATER
7	CLOUD_LOW_PROBABILITY
8	CLOUD_MEDIUM_PROBABILITY
9	CLOUD_HIGH_PROBABILITY
10	THIN_CIRRUS
11	SNOW

**Figura 7.** Categorías de píxel generadas tras la clasificación de escena (imagen tomada del manual Sen2Cor).

### **Selección de categorías y construcción de la máscara de nubes y sombras (msn)**

Tras la categorización de la escena en base a la lista anterior, en el proyecto **SPIDER-SIAR** se ha decidido usar para formar la máscara de nubes y sombras las siguientes categorías:

- 0: píxeles sin datos
- 1: píxeles saturados o defectuosos
- 3: píxeles con presencia de sombras de nubes
- 8: píxeles con media probabilidad de presencia de nubes
- 9: píxeles con alta probabilidad de presencia de nubes
- 10: píxeles con presencia de nubes tipo cirros

Una vez seleccionados los píxeles anteriores de la escena de clasificación, se lleva a cabo una operación de buffer exterior de 100m sobre la categoría 3, píxeles con presencia de nubes. El objetivo es generar un margen de seguridad mayor para eliminar zonas con presencia de sombras. Por último, se generará una máscara de nubes y sombras con valores de 1 para aquellos píxeles libres de nubes y sombras, y con valores de 0 para aquellos píxeles seleccionados tras la construcción de la categorización de escena.

### **Aplicación de la máscara al NDVI: Construcción del NDVI libre de nubes y sombras**

En esta última operación se trata de combinar la máscara de nubes y sombras previamente generada con la imagen NDVI corregida atmosféricamente (BoA). En consecuencia, si el proceso ha detectado que la imagen contiene nubes, la máscara se

aplica a la imagen NDVI. El resultado final es una imagen NDVI BoA con valores de 0-200 donde se han eliminado las nubes y el exterior de la imagen (píxeles con valor 0).

## 10. DESARROLLO DE SOFTWARE: INTEGRACIÓN DE LOS ANTERIORES PROCESOS MANUALES EN UN SOFTWARE PARA PROCESADO AUTOMÁTICO

La generación de productos a partir de las imágenes de satélite se basa en procesos altamente repetitivos. La realización de estos procesos por un especialista requiere, además de una especialización del técnico que los realiza, de un tiempo de gestión y ejecución relativamente grande en comparación con el tiempo real de ejecución de estos procesos, que van desde unos segundos a varios minutos. Todo ello hace que sea más que interesante la automatización de dichos procesos, con la finalidad principal de ahorrar costes por imagen procesada derivados de los recursos humanos necesarios para la realización de estos procesos de forma manual. Dado que el tratamiento de las imágenes Landsat 5 y 8 necesita una mínima intervención humana, principalmente para normalizar las imágenes y realizar un control de calidad de los procesos, la automatización de estos procesos se basa en dos fases, anterior y posterior a esta intervención, denominada **interfase**, y claramente diferenciadas:

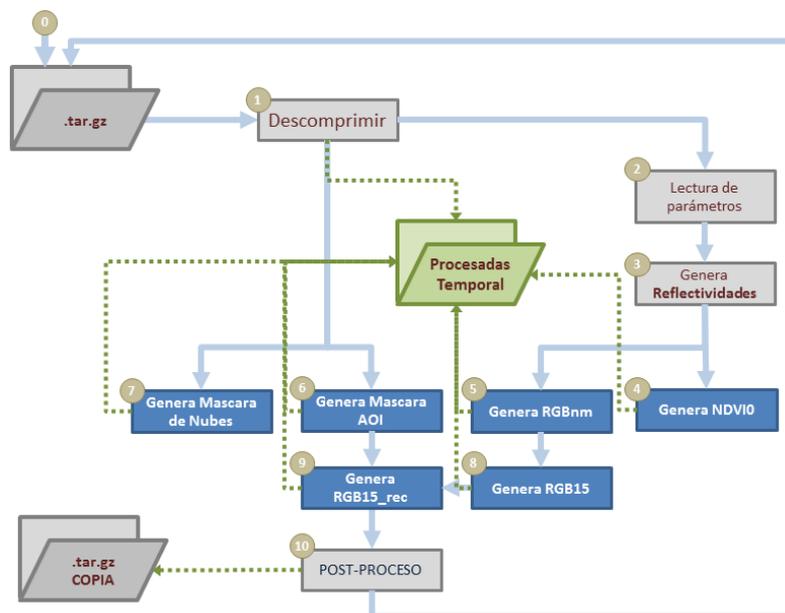
En la **primera fase** (Figura 8), el tratamiento no necesita de una intervención humana. Se parte de una carpeta con los ficheros “.tar.gz” tal cual se descargan de la web en formato comprimido, y se extraen los archivos originales de cada imagen, a partir de los cuales se generan varios productos:

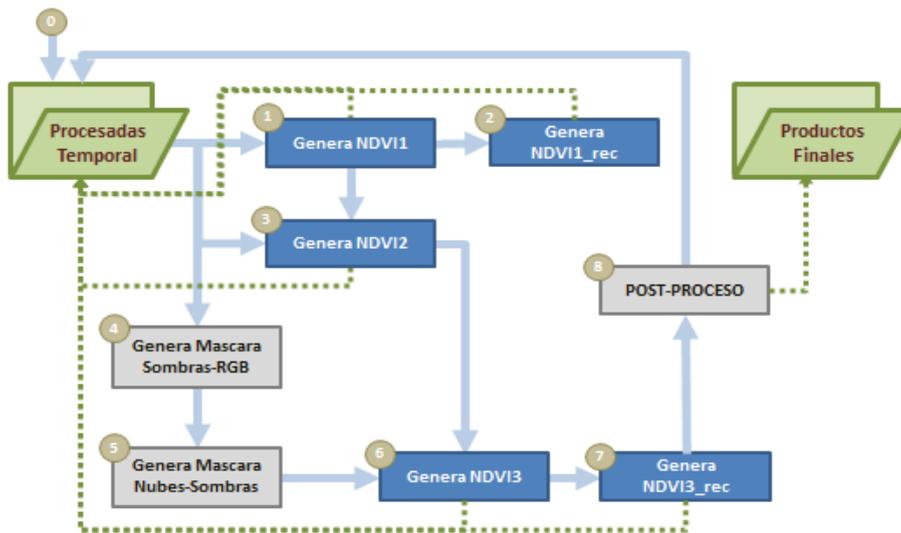
- Composición Color RGB (654) a 30 m, previo cálculo y reescalado de los valores de las reflectividades de dichas bandas, con el fin de realzar el producto visualmente.
- Composición Color RGB (654) a 15 m, tras fusión con la banda pancromática, y previo cálculo y reescalado de los valores de las reflectividades de dichas bandas, con el fin de realzar el producto visualmente.
- Composición Color RGB (654) a 15 m, y posteriormente erosionada en un marco 2 píxeles de grosor, aplicando la Máscara No-Data o AOI.
- Máscara No-Data o AOI (Área of Interest).
- Máscara de Nubes y Sombras, a partir de la banda de calidad “bqa”.
- NDVI previo a la normalización, tras el cálculo de reflectividades de las bandas 5 y 4.

En la **segunda fase** (Figura 8), el tratamiento necesita un fichero de configuración de la normalización que previamente se ha tenido que generar, bajo la supervisión de un técnico. Los productos generados en esta segunda fase son:

- NDVI normalizado.
- NDVI erosionado en un marco de 2 píxeles aplicando la Máscara No-Data o AOI.
- NDVI reescalado entre 0 y 200
- NDVI tras la aplicación de la máscara de nubes y sombras, al NDVI reescalado entre 0 y 200.
- NDVI tras la aplicación de la máscara de nubes y sombras, al NDVI reescalado entre 0 y 200, y erosionado en un marco de 2 píxeles de grosor aplicando la Máscara No-Data o AOI.

Para la ejecución de cada una de estas fases se han creado dos programas de automatización respectivamente y que dependen de un fichero de configuración ("**config.txt**"): Fase 1: "**procesar.py**" y Fase 2: "**normalizar.py**" Para facilitar aún más la labor del técnico, minimizando su intervención, reduciendo así la posibilidad de errores "humanos" no sistemáticos, se ha creado un tercer programa ("**definir.py**") para la generación de los ficheros de normalización necesarios en la segunda fase.





**Figura 2.** Diagrama de flujo del procesado durante la fase 1 (arriba) y 2 (abajo).

## **ANEXO II. DISCREPANCIA ENTRE LA CLASIFICACIÓN DE LEÑOSOS Y LA REALIDAD RESPECTO A VARIAS PARCELAS CULTIVADAS CON ALMENDROS**

### **1. OBJETIVO**

En este anexo se detalla la metodología desarrollada para dar respuesta a los informes emitidos por el Servicio de Policía de Aguas y Cauces Públicos (en adelante SPACP), facilitada por la Confederación Hidrográfica del Júcar (en adelante CHJ), derivados de las visitas de campo efectuadas para la comprobación in situ del mapa de Cultivos Leñosos elaborado mediante Teledetección, correspondiente al año 2017, y referido a la zona de Requena y Utiel, en el que se diferencian aquellos cultivos regados de los no regados.

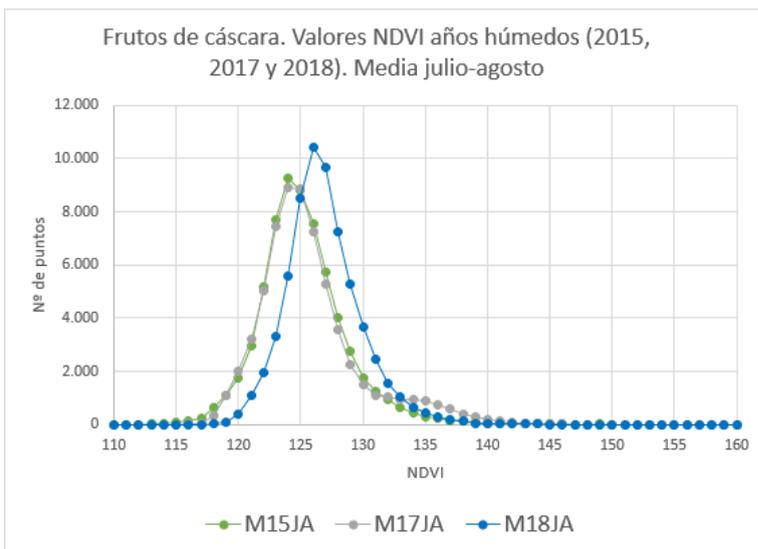
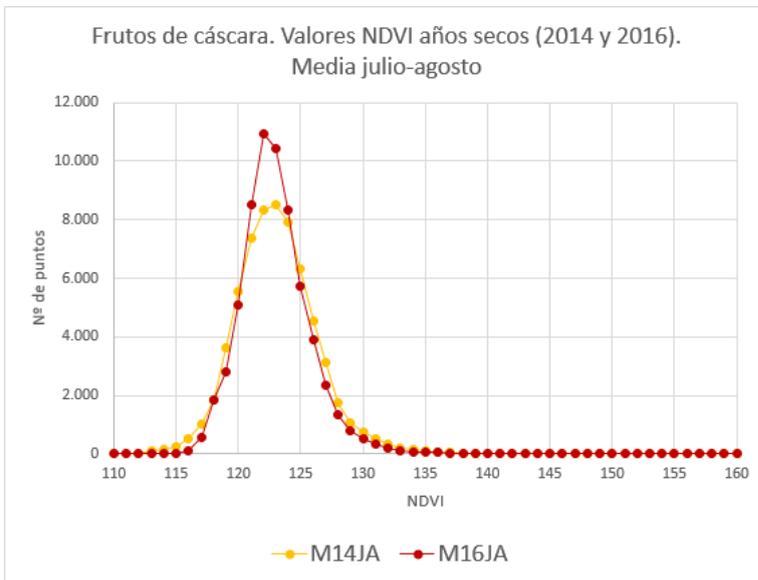
### **2. METODOLOGÍA DESARROLLADA**

Partiendo de la base de datos del SIGPAC, se determinaron los polígonos pertenecientes a la clase “Frutales de cáscara” como aquellos cuyo valor del campo USO\_SIGPAC se correspondiese con FL, FS y FV, definidos por “Frutos secos y olivar”, “Frutos secos” y “Frutos secos y viñedo”, respectivamente; agrupándose todos ellos en la clase de código FRS.

Sobre dichos polígonos se realizó un búfer interno de 15 metros cuyo resultado se utilizó para seleccionar una serie de puntos correspondientes a una malla de dimensiones 30x30 metros, a los que se incorporó la información de la serie temporal de imágenes objeto de estudio (período 2014-2018), representada por el índice de vegetación NDVI.

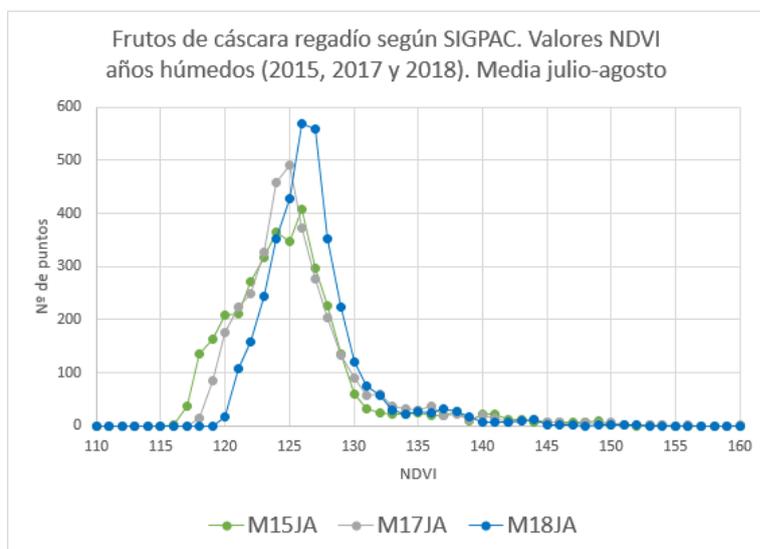
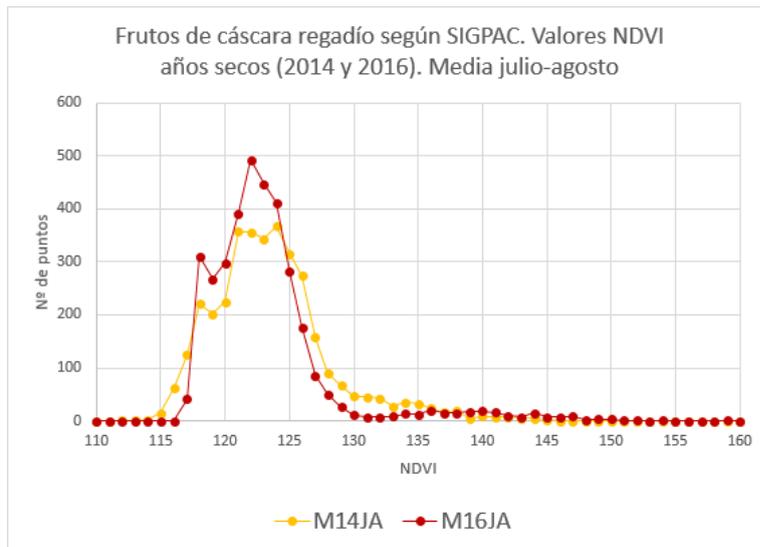
Ambas fuentes de información, base de datos SIGPAC y valores de NDVI de la serie temporal de imágenes, junto con la malla de puntos obtenida, sirvieron para crear diferentes curvas de NDVI (figuras 1 y 2) que ayudaron a entender el comportamiento de la vegetación en la zona objeto de estudio. Dichas curvas representan el número de puntos (que puede traducirse como una variable de superficie) y el valor de NDVI para cada uno de los años. De esta manera se diferenció entre años “secos” (los correspondientes a 2014 y 2016, con valores de NDVI en torno a 0,23) de los años “húmedos” (años 2015, 2017 y 2018, con valores de NDVI superiores a 0,25), tal y como se puede apreciar al observar el desplazamiento hacia la derecha en las curvas de estos últimos años.

Con el objetivo de discriminar qué polígonos se corresponderían con el atributo de regadío, se optó por estudiar el comportamiento de las curvas en dos vertientes: por un lado, teniendo en cuenta todos los puntos y, por otro, representando solamente aquellos pertenecientes a polígonos SIGPAC con un coeficiente de regadío mayor a cero. El conocimiento del valor medio de NDVI junto con la desviación estándar de estas distribuciones sirvieron como punto de partida para diseñar una estrategia (tabla 1) encaminada a obtener la clasificación de cultivos leñosos que, en este caso, quedó definida de la siguiente manera: “Frutal de cáscara de regadío”, “Frutal de cáscara de regadío de apoyo” y “Frutal de cáscara de secano”.



FRUTOS CÁSCARA all		
Media JULIO-AGOSTO		
AÑO	NDVI	$\sigma$
2014	123,1	$\pm 3,3$
2015	125,2	$\pm 3,6$
2016	123,0	$\pm 2,9$
2017	125,7	$\pm 4,2$
2018	126,9	$\pm 3,1$

**Figura 1.** Curvas de NDVI de los puntos estudiados para todos los frutales de cáscara en la zona Requena-Utiel. Período 2014-2018.



FRUTOS CÁSCARA R		
Media JULIO-AGOSTO		
AÑO	NDVI	$\sigma$
2014	123,6	$\pm 4,7$
2015	125,2	$\pm 5,3$
2016	123,2	$\pm 5,1$
2017	125,9	$\pm 5,1$
2018	126,8	$\pm 4,0$

**Figura 2.** Curvas de NDVI de los puntos estudiados para los frutales de cáscara identificados como regadío por SIGPAC en la zona Requena-Utiel.

Posteriormente, la información obtenida de los puntos fue extrapolada a nivel polígono SIGPAC determinando un valor medio de NDVI por parcela para, en función de los mismos, aplicar los criterios de clasificación determinados (tabla 1) obteniendo finalmente la clasificación.

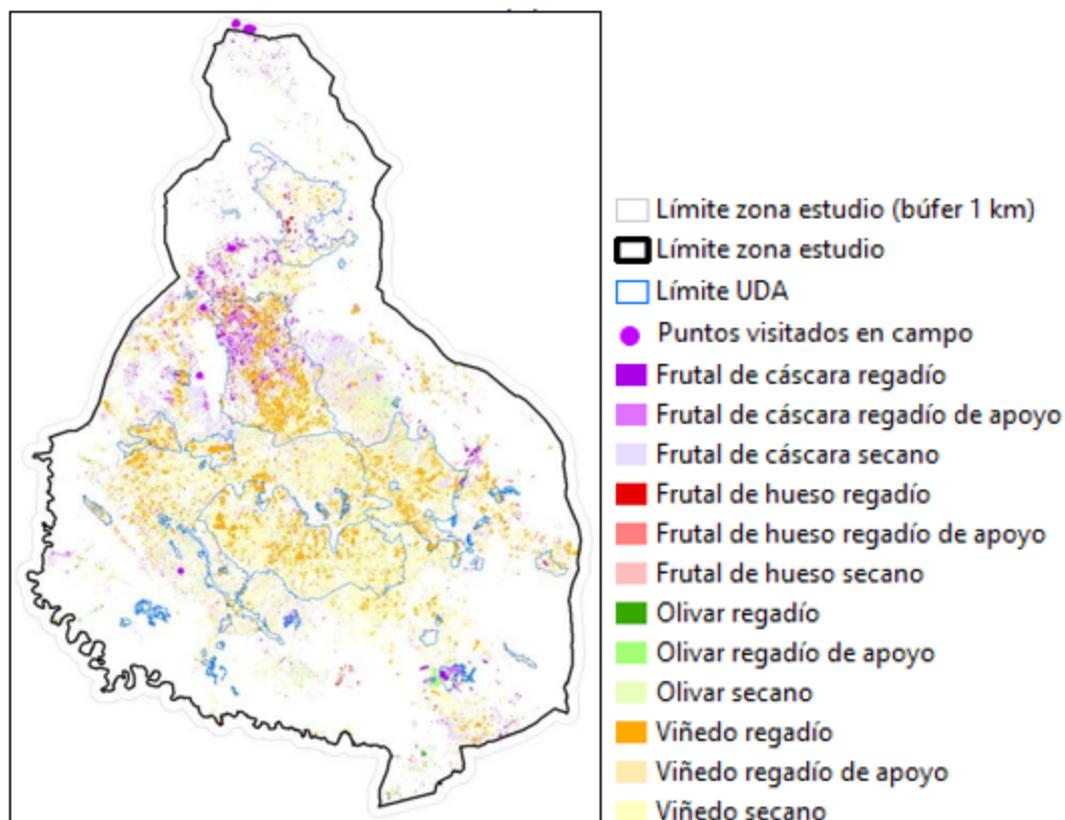
Dichos criterios establecidos vienen recogidos en la Tabla 1:

**Tabla 1.** Criterios de clasificación para frutales de cáscara en la zona Requena-Utiel

Criterio	Orden	Descripción
R1	1	"LEN" ='FRS' AND "M14JA" >125 AND "M15JA" >127 AND "M16JA" >125 AND "M17JA" >127
R3	2	"LEN" ='FRS' AND ("M14JA" >135 OR "M15JA" >135 OR "M16JA" >135 OR "M17JA" >135) AND "C02" = ''
R4	3	"LEN" ='FRS' AND ("M14JA" >127 OR "M16JA" >127) AND "C02" = ''
RA1	4	"LEN" ='FRS' AND COEF_REGAD > 0 AND "C02" = ''
RA2	6	"LEN" ='FRS' AND "C02" = ''
RA3	7	Recintos vistos en campo con estructuras de R (no cumplen condiciones NDVI para R). Se define como RA
S	5	"LEN" ='FRS' AND ("M14JA" <=125 AND "M15JA" <=128 AND "M16JA" <=125 AND "M17JA" <=128) AND "C02" = ''
S1	8	Recintos vistos en campo donde no se aprecian estructuras de R (no cumplen condiciones NDVI para S). Se define como S

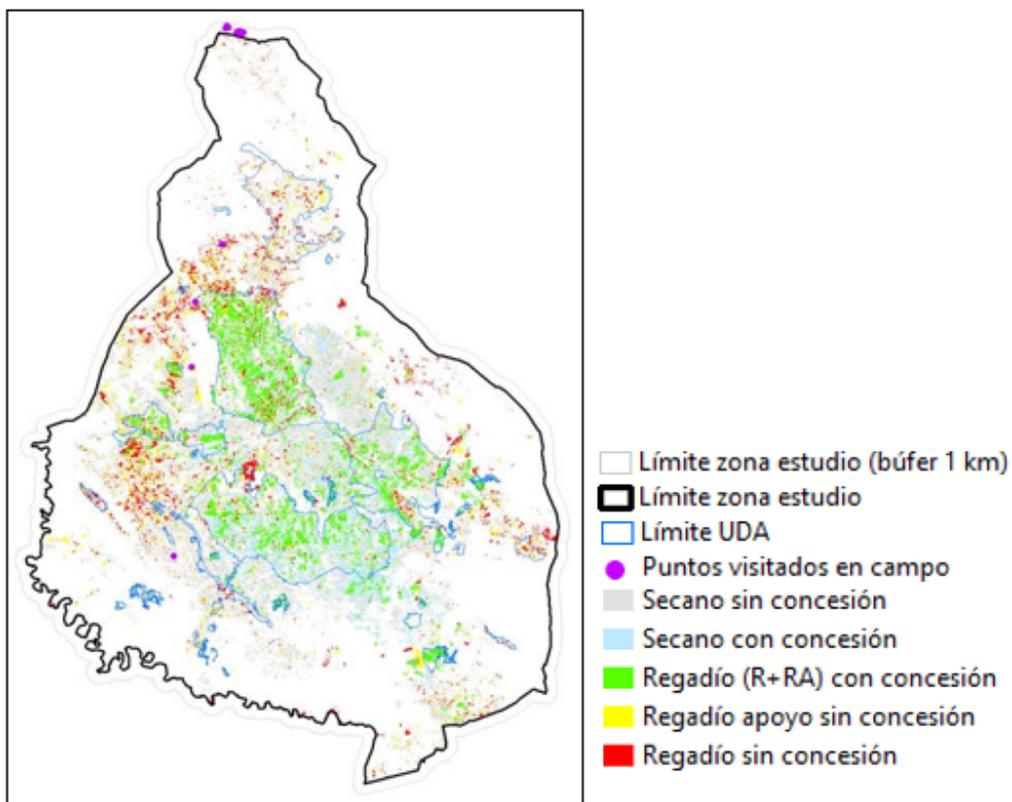
R: regadío. RA: regadío de apoyo. S: secano. MxxJA: media de los valores de NDVI para los meses de julio y agosto del año 20xx.

Siguiendo un proceso similar para el resto de cultivos leñosos, se elaboró un mapa de clasificación para la zona de Requena-Utiel (figura 3).

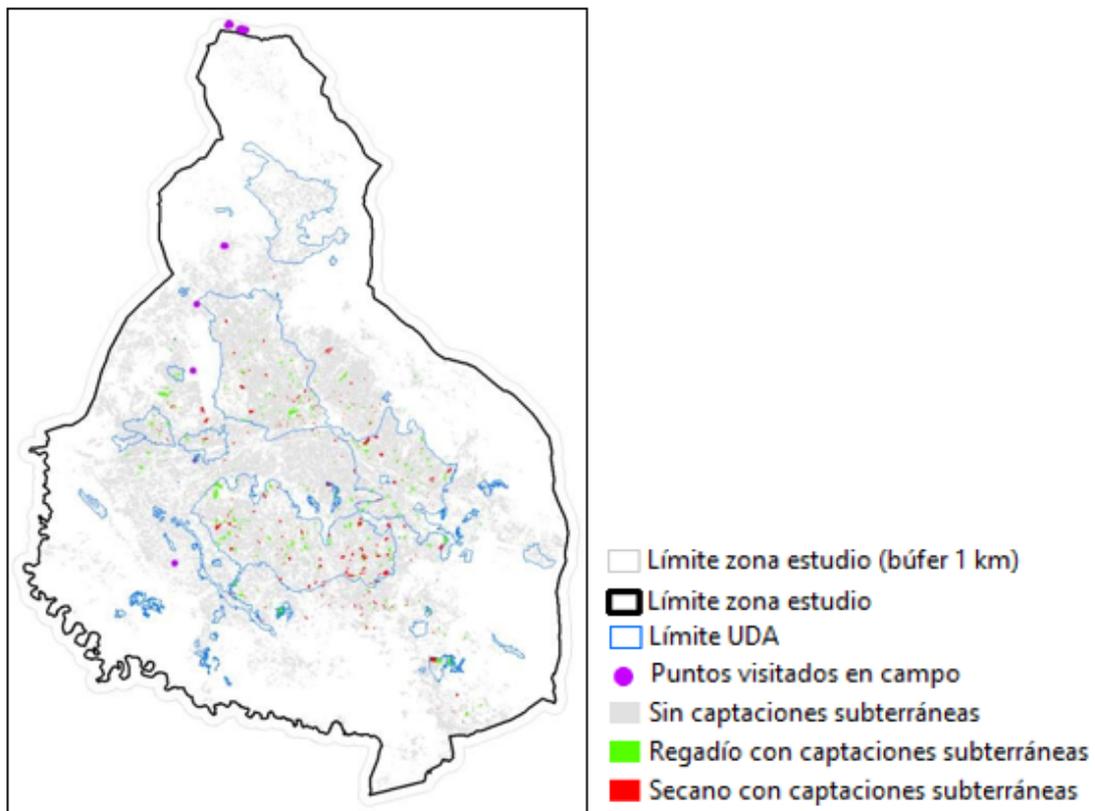


**Figura 3.** Mapa de clasificación de cultivos leñosos para la zona de Requena-Utiel.

Tras la clasificación de Cultivos Leñosos Regados elaborada mediante Teledetección y con ayuda de la información facilitada por la CHJ referida a Parcelas con Concesión Administrativa de Riego se realizó un análisis comparativo entre ellas, con el objetivo de determinar sus discrepancias y acuerdos que pudiera mejorar los trabajos de identificación de las superficies regadas haciendo más eficaz el trabajo de campo para su seguimiento. De esta tarea surgieron dos nuevos mapas: Concesión\_vs\_ClasTD2017 (figura 4) y CaptacionesSubt\_vs\_ClasTD2017 (figura 5), tal y como se detalla en el informe del pasado 22 de mayo de 2019, titulado “Parcelas con Concesión Administrativa de Riego y Puntos de Captación Subterránea versus Mapa Cultivos Leñosos mediante Teledetección. Análisis Comparativo”.



**Figura 4.** Mapa derivado del análisis comparativo entre Parcelas con Concesión Administrativa de Riego y el Mapa de Cultivos Leñosos mediante Teledetección.



**Figura 5.** Mapa derivado del análisis comparativo entre Puntos de Captación Subterránea y el Mapa de Cultivos Leñosos mediante Teledetección.

### **3. INFORMES EMITIDOS POR EL SPACP (INFORMACIÓN FACILITADA POR LA CHJ)**

Este apartado trata de dar respuesta a la información facilitada por la CHJ respecto al trabajo de campo desarrollado y traducido en los informes emitidos por el SPACP. Para ello se ha diseñado una ficha en la que se recoge toda la información por cada una de las parcelas visitadas en campo y en la que se ofrece un análisis individualizado. Por un lado, se presenta la información correspondiente a campo, donde se muestran los límites de la parcela y el punto de visita con sus coordenadas, una imagen del terreno y la valoración correspondiente extraída de los informes del SPACP. Por otro lado, se muestra la información derivada de la clasificación mediante Teledetección, reflejando los valores medios de NDVI, el criterio establecido y el resultado de la clasificación.

En un último apartado, se trata de dar respuesta a la discrepancia entre el trabajo de campo y la clasificación a modo de conclusión.

**Parcela 379, polígono 54**

<b>Ficha 1</b>	<b>Parcela 379, polígono 54</b>
----------------	---------------------------------

<b>Campo</b>	<b>Ubicación parcela y punto</b>	<b>Leyenda</b>	
			Límite de la parcela
			Otras parcelas
		Coordenadas UTM (ETRS89)	
			X = 640.040 Y = 4.368.650
	<b>Imagen campo</b>	<b>Valoración campo</b>	
		<p>El informe de expediente 2018C.GH.00022 con inspección el día 10 de mayo de 2019 revela que “se encuentra plantada de almendros, se ha podido comprobar que no existe aprovechamiento de aguas ni sistema de riego instalado”.</p>	

<b>Clasif.</b>	<b>Valores NDVI medios para la parcela</b>			
	<b>M14JA</b>	<b>M15JA</b>	<b>M16JA</b>	<b>M17JA</b>
	125,7	129,6	126,6	130,8
	Criterio de clasificación		R1	
	Tipo de cultivo leñoso			Frutal de cáscara regadío
	Concesión Vs Clasificación TD			Regadío sin concesión

<b>Conclusión</b>	Podríamos estar ante una parcela donde el cultivo se desarrolla de manera magnífica.
-------------------	--

**Parcela 106, polígono 3**

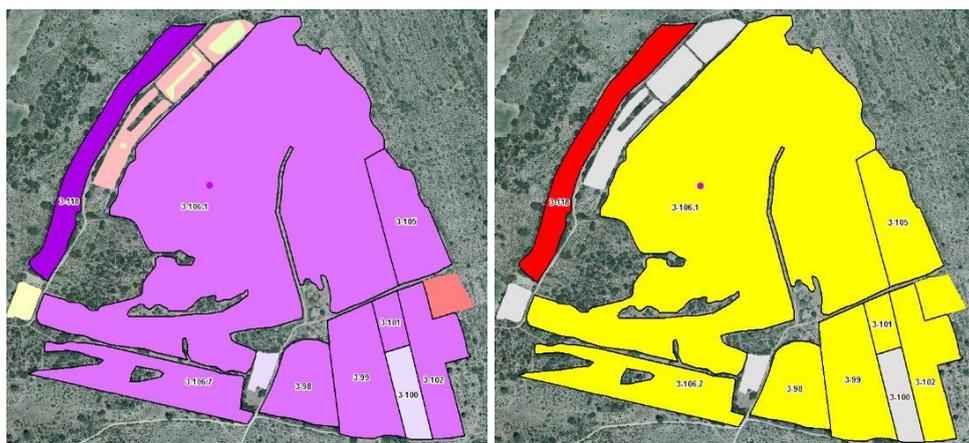
<b>Ficha 2</b>	<b>Parcela 106, polígono 3</b>
----------------	--------------------------------

<b>Campo</b>	Ubicación parcela y punto	Leyenda	
			Límite de la parcela
			Otras parcelas
		Coordenadas UTM (ETRS89)	
		X = 641.679 Y = 4.385.955	
Imagen campo	Valoración campo		
	<p>El informe de expediente 2018C.GH.00022 con inspección el 9 de mayo de 2019 revela que “se ha podido comprobar que dicha parcela está plantada de almendros en seco, no teniendo instalado ningún sistema de riego, comprobadas las parcelas de los alrededores tampoco tienen sistemas de riego”.</p>		

Clasif.	Valores NDVI medios para la parcela			
	M14JA	M15JA	M16JA	M17JA
	125,1	125,6	124,8	126,0
Criterio de clasificación			RA2	
Tipo de cultivo leñoso				Frutal de cáscara regadío de apoyo
Concesión Vs Clasificación TD				Regadío apoyo sin concesión

<b>Conclusión</b>	A tenor de los resultados de NDVI mostrados, se observa que esta parcela se clasificó como de regadío de apoyo por el criterio más restrictivo. Un valor de 125 para el 2014 hubiera supuesto ser clasificada como de secano. Por lo tanto, nos encontramos en el umbral.
-------------------	---

Con respecto a las parcelas de los alrededores a la mencionada arriba, se obtuvieron los mapas mostrados en la figura 6, siendo los valores medios de NDVI y el criterio de clasificación los expuestos en la tabla 2.



**Figura 6.** Clasificación de la parcela 106 del polígono 3 y alrededores.

**Tabla 2.** Valores de NDVI para la parcela 106 del polígono 3 y alrededores y sus correspondientes criterios de clasificación para frutales de cáscara en la zona Requena-Utiel

COD	Valores NDVI medios para la parcela				Criterio
	M14JA	M15JA	M16JA	M17JA	
3-98	125,5	126,4	124,8	127,2	RA2
3-99	125,0	126,2	126,0	127,0	RA2
3-100	124,7	125,5	124,9	126,9	S
3-101	124,2	124,9	125,9	127,8	RA2
3-102	124,6	125,2	125,1	126,7	RA2
3-106.1	125,1	125,6	124,8	126,0	RA2
3-106.7	123,6	125,0	125,3	127,7	RA2
3-118	128,0	127,8	122,9	125,5	R4

Como se comentó en la ficha 2 anterior, aquí igualmente se observa que los valores se encuentran en el umbral. Nótese que el criterio RA2 es el más restrictivo en cuanto al regadío de apoyo, fijando el umbral entre las grandes categorías de secano y regadío.

## Parcela 295, polígono 2

<b>Ficha 3</b>	<b>Parcela 295, polígono 2</b>
----------------	--------------------------------

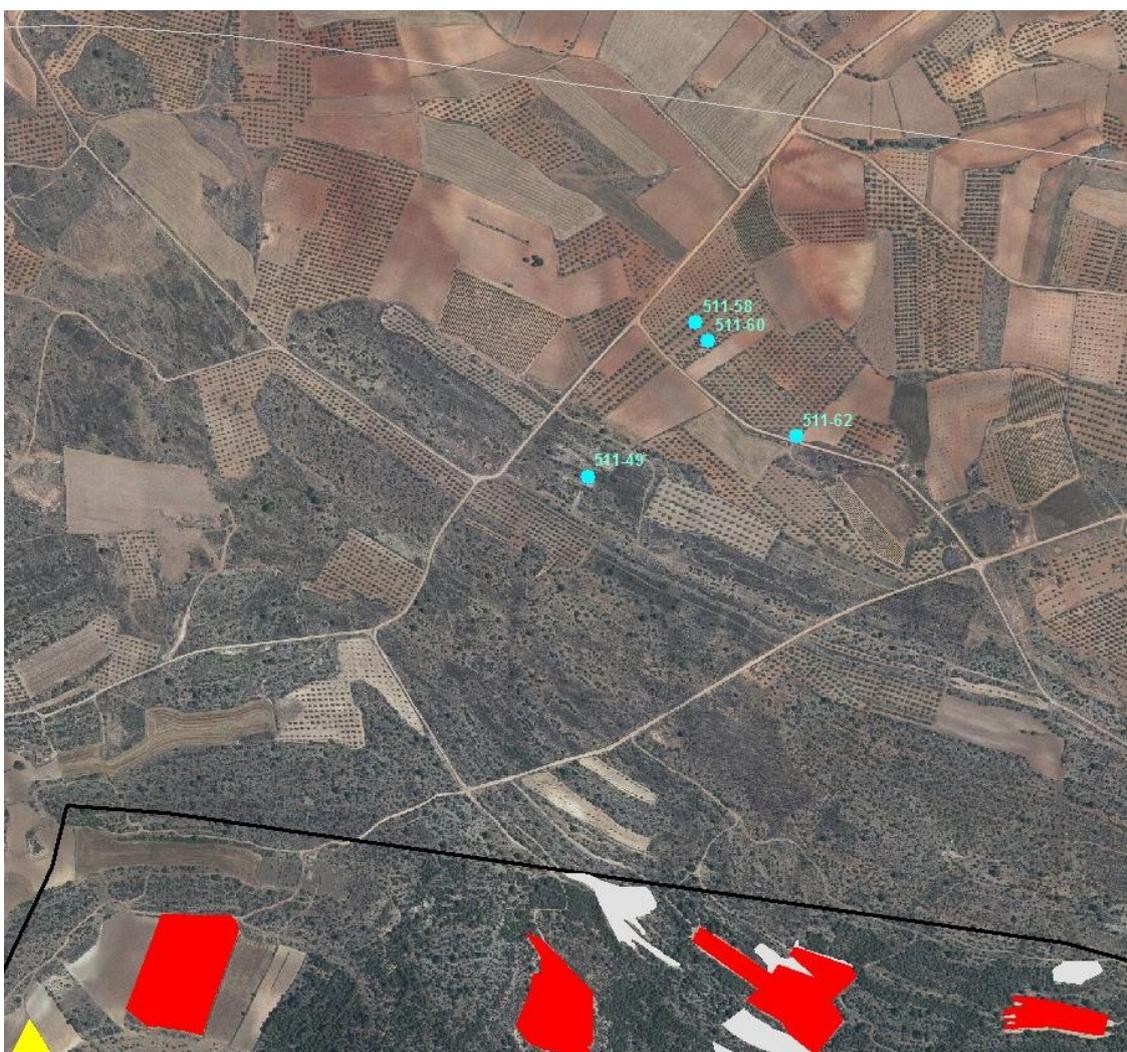
<b>Campo</b>	Ubicación parcela y punto	Leyenda	
			Límite de la parcela
			Otras parcelas
		Coordenadas UTM (ETRS89)	
		X = 642.038 Y = 4.391.887	
Imagen campo	Valoración campo		
	<p>El informe de expediente 2018C.GH.00022 revela que “Realizada inspección sobre el terreno el día 9 de mayo de 2019 de la parcela 295 del polígono 2 en el término municipal de Camporrobles se ha podido comprobar que dicha parcela se encuentra plantada de almendros en seco, no teniendo instalado ningún sistema de riego”.</p>		

Clasif.	Valores NDVI medios para la parcela			
	M14JA	M15JA	M16JA	M17JA
	121,9	126,2	125,2	135,4
	Criterio de clasificación		R3	
	Tipo de cultivo leñoso			Frutal de cáscara regadío
	Concesión Vs Clasificación TD			Regadío sin concesión

<b>Conclusión</b>	<p>Atendiendo al criterio de clasificación y observando la evolución de los valores de NDVI en el período 2014-2017, junto con la imagen de campo, cabe la posibilidad de que los valores de 2017 estuvieran “falseados” por la presencia de vegetación adventicia.</p>
-------------------	---

### Parcelas 49, 58, 60 y 62 del polígono 511

En la figura 7 se muestran los puntos visitados en campo para las parcelas del presente apartado en relación con el límite de la zona de estudio (línea negra gruesa) y el bufer de un kilómetro que se realizó en su día (línea blanca fina). Como se puede observar, el mapa que estudiaba la comparación entre las Parcelas con Concesión Administrativa de Riego y Puntos de Captación Subterránea (información aportada por la CHJ) frente al mapa de Cultivos Leñosos elaborado mediante Teledetección, y que se aportó en su momento junto con su correspondiente informe de fecha 22 de mayo de 2019, no alcanza esta zona.



**Figura 7.** Ubicación de las parcelas 49, 58, 60 y 62 del polígono 511 con respecto a la zona de estudio.

<b>Ficha 4</b>	<b>Parcela 49, polígono 511</b>
----------------	---------------------------------

<b>Campo</b>	<b>Ubicación parcela y punto</b>	<b>Leyenda</b>	
			Límite de la parcela
			Otras parcelas
		<b>Coordenadas UTM (ETRS89)</b>	
			X = 644.758 Y = 4.416.953
	<b>Imagen campo</b>	<b>Valoración campo</b>	
		<p>El informe de expediente 2018C.GH.00022 con inspección el 10 de junio de 2019, revela que “se pudo comprobar que ninguna de las parcelas inspeccionadas disponía de sistema alguno de regadío ni de ningún pozo a la vista”. Añadiendo que “se trata, en general, de almendros en seco”.</p>	

<b>Clasif.</b>	<b>Valores NDVI medios para la parcela</b>			
	<b>M14JA</b>	<b>M15JA</b>	<b>M16JA</b>	<b>M17JA</b>
	-	-	-	-
	Criterio de clasificación		-	
	Tipo de cultivo leñoso		-	-
	Concesión Vs Clasificación TD		-	-

<b>Conclusión</b>	Esta parcela no aparece clasificada por teledetección.
-------------------	--

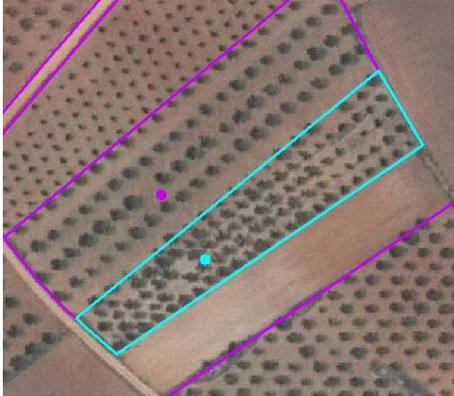
<b>Ficha 5</b>	<b>Parcela 58, polígono 511</b>
----------------	---------------------------------

<b>Campo</b>	<b>Ubicación parcela y punto</b>	<b>Leyenda</b>	
			Límite de la parcela
			Otras parcelas
		Coordenadas UTM (ETRS89)	
			X = 644.895 Y = 4.417.151
			Otros puntos
<b>Imagen campo</b>	<b>Valoración campo</b>		
	<p>El informe de expediente 2018C.GH.00022 con inspección el 10 de junio de 2019, revela que “se pudo comprobar que ninguna de las parcelas inspeccionadas disponía de sistema alguno de regadío ni de ningún pozo a la vista”. Añadiendo que “se trata, en general, de almendros en seco”.</p>		

<b>Clasif.</b>	<b>Valores NDVI medios para la parcela</b>			
	<b>M14JA</b>	<b>M15JA</b>	<b>M16JA</b>	<b>M17JA</b>
	127,4	130,0	128,3	126,2
	Criterio de clasificación		R4	
	Tipo de cultivo leñoso		-	Fruto de cáscara regadío
	Concesión Vs Clasificación TD		-	-

<b>Conclusión</b>	Se encuentra muy próxima al umbral, situado en 127 para los años secos (2014 y 2016).
-------------------	---

<b>Ficha 6</b>	<b>Parcela 60, polígono 511</b>
----------------	---------------------------------

<b>Campo</b>	<b>Ubicación parcela y punto</b>	<b>Leyenda</b>	
			Límite de la parcela
			Otras parcelas
		Coordenadas UTM (ETRS89)	
			X = 644.911 Y = 4.417.127
			Otros puntos
	<b>Imagen campo</b>	<b>Valoración campo</b>	
		<p>El informe de expediente 2018C.GH.00022 con inspección el 10 de junio de 2019, revela que “se pudo comprobar que ninguna de las parcelas inspeccionadas disponía de sistema alguno de regadío ni de ningún pozo a la vista”. Añadiendo que “se trata, en general, de almendros en seco”.</p>	

<b>Clasif.</b>	<b>Valores NDVI medios para la parcela</b>			
	<b>M14JA</b>	<b>M15JA</b>	<b>M16JA</b>	<b>M17JA</b>
		127,5	133,3	130,0
	Criterio de clasificación		R4	
	Tipo de cultivo leñoso		-	Fruto de cáscara regadío
	Concesión Vs Clasificación TD		-	-

<b>Conclusión</b>	Se encuentra muy próxima al umbral, situado en 127 para los años secos (2014 y 2016).
-------------------	---

<b>Ficha 7</b>	<b>Parcela 62, polígono 511</b>
----------------	---------------------------------

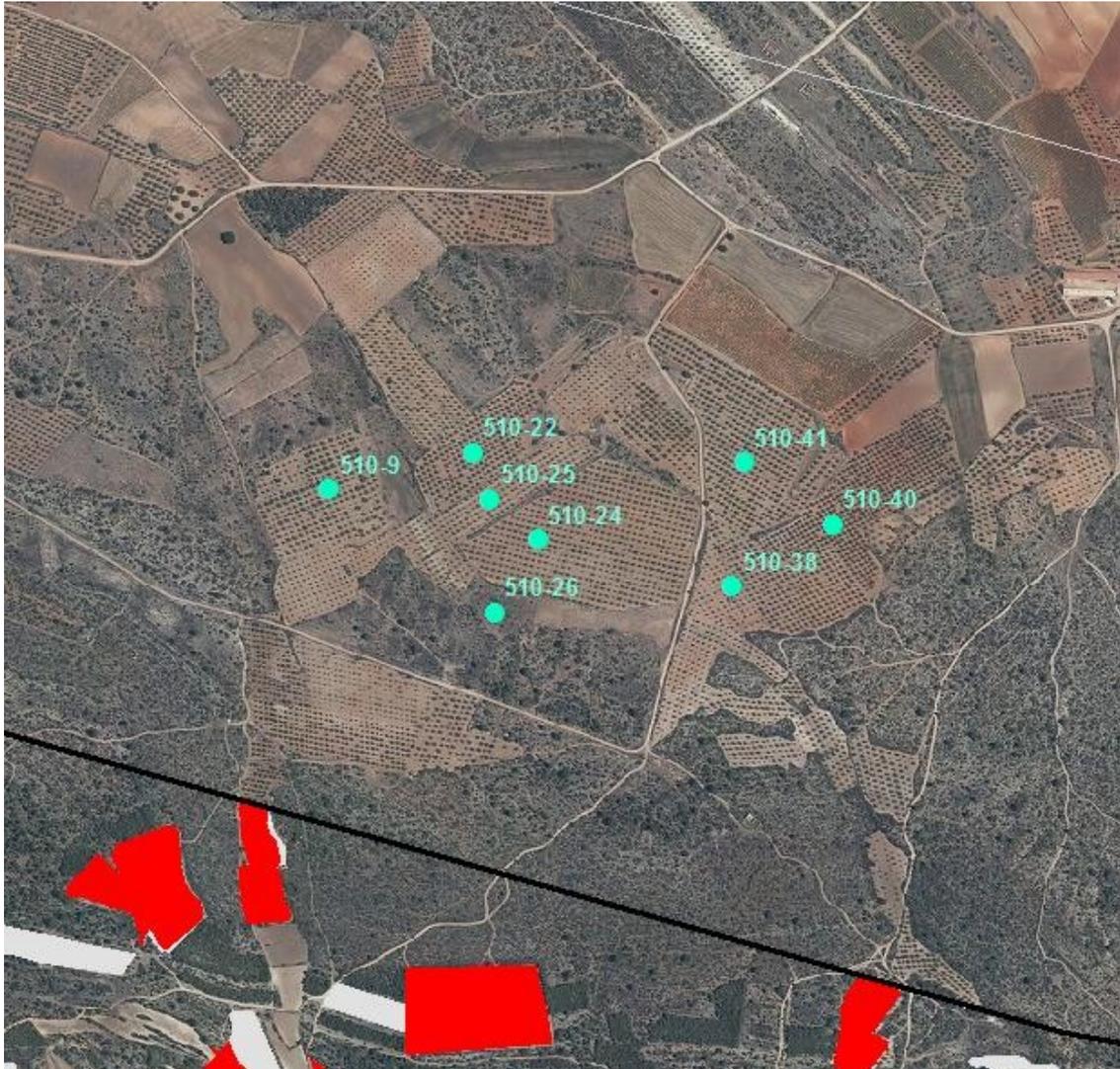
<b>Campo</b>	<b>Ubicación parcela y punto</b>	<b>Leyenda</b>	
			Límite de la parcela
			Otras parcelas
		Coordenadas UTM (ETRS89)	
			X = 645.023 Y = 4.417.005
			Otros puntos
<b>Imagen campo</b>	<b>Valoración campo</b>		
	<p>El informe de expediente 2018C.GH.00022 con inspección el 10 de junio de 2019, revela que “se pudo comprobar que ninguna de las parcelas inspeccionadas disponía de sistema alguno de regadío ni de ningún pozo a la vista”. Añadiendo que “se trata, en general, de almendros en secano”.</p>		

<b>Clasif.</b>	<b>Valores NDVI medios para la parcela</b>			
	<b>M14JA</b>	<b>M15JA</b>	<b>M16JA</b>	<b>M17JA</b>
	130,9	128,9	127,6	129,9
	Criterio de clasificación		R1	
	Tipo de cultivo leñoso		-	Fruto de cáscara regadío
	Concesión Vs Clasificación TD		-	-

<b>Conclusión</b>	<p>A diferencia de las anteriores, en este caso los valores de NDVI se corresponden con un tipo de almendro muy bien desarrollado. Puede que su buen crecimiento esté determinado por otros parámetros.</p>
-------------------	---

### Parcelas 9, 22, 24, 25, 26, 38, 40 y 41 del polígono 510

En la figura 8 se muestran los puntos visitados en campo para las parcelas del presente apartado en relación con el límite de la zona de estudio (línea negra gruesa) y el bufer de un kilómetro que se realizó en su día (línea blanca fina). Como se puede observar, el mapa que estudiaba la comparación entre las Parcelas con Concesión Administrativa de Riego y Puntos de Captación Subterránea (información aportada por la CHJ) frente al mapa de Cultivos Leñosos elaborado mediante Teledetección, y que se aportó en su momento junto con su correspondiente informe de fecha 22 de mayo de 2019, no alcanza esta zona.



**Figura 8.** Ubicación de las parcelas 9, 22, 24, 25, 26, 38, 40 y 42 del polígono 510 con respecto a la zona de estudio.

<b>Ficha 8</b>	<b>Parcela 9, polígono 510</b>
----------------	--------------------------------

<b>Campo</b>	<b>Ubicación parcela y punto</b>	<b>Leyenda</b>	
			Límite de la parcela
			Otras parcelas
		Coordenadas UTM (ETRS89)	
			X = 645.827 Y = 4.416.619
<b>Imagen campo</b>	<b>Valoración campo</b>		
	<p>El informe de expediente 2018C.GH.00022 con inspección el 7 de junio de 2019, revela que “ninguna de las parcelas inspeccionadas disponía de sistema alguno de regadío ni de ningún pozo a la vista”. Añadiendo que “se trata, en general, de almendros en secano”.</p>		

<b>Clasif.</b>	<b>Valores NDVI medios para la parcela</b>			
	<b>M14JA</b>	<b>M15JA</b>	<b>M16JA</b>	<b>M17JA</b>
	130,8	143,3	132,0	129,7
	Criterio de clasificación		R1	
	Tipo de cultivo leñoso		-	Fruto de cáscara regadío
	Concesión Vs Clasificación TD		-	-

<b>Conclusión</b>	<p>Observando que cumple con el criterio más exigente en cuanto a regadío se refiere, podría explicarse por el buen desarrollo de los ejemplares. En la imagen de campo se observan copas muy desarrolladas con abundante vegetación adventicia en las líneas de plantación.</p>
-------------------	--

<b>Ficha 9</b>	<b>Parcela 22, polígono 510</b>
----------------	---------------------------------

<b>Campo</b>	Ubicación parcela y punto	Leyenda	
			Límite de la parcela
			Otras parcelas
		Coordenadas UTM (ETRS89)	
			X = 645.995 Y = 4.416.663
			Otros puntos
Imagen campo	Valoración campo		
	<p>El informe de expediente 2018C.GH.00022 con inspección el 7 de junio de 2019, revela que “ninguna de las parcelas inspeccionadas disponía de sistema alguno de regadío ni de ningún pozo a la vista”. Añadiendo que “se trata, en general, de almendros en seco”.</p>		

<b>Clasif.</b>	<b>Valores NDVI medios para la parcela</b>			
	<b>M14JA</b>	<b>M15JA</b>	<b>M16JA</b>	<b>M17JA</b>
	130,0	134,2	127,7	130,0
	Criterio de clasificación		R1	
	Tipo de cultivo leñoso		-	Fruto de cáscara regadío
	Concesión Vs Clasificación TD		-	-

<b>Conclusión</b>	<p>Observando que cumple con el criterio más exigente en cuanto a regadío se refiere, podría explicarse por el buen desarrollo de los ejemplares.</p> <p>En la imagen de campo se observan ejemplares con gran desarrollo de copa y una cubierta de cereal, que podrían justificar valores elevados de NDVI para esta parcela.</p>
-------------------	--

<b>Ficha 10</b>	<b>Parcela 24, polígono 510</b>
-----------------	---------------------------------

<b>Campo</b>	<b>Ubicación parcela y punto</b>	<b>Leyenda</b>	
			Límite de la parcela
			Otras parcelas
		Coordenadas UTM (ETRS89)	
			X = 646.071 Y = 4.416.561
			Otros puntos
<b>Imagen campo</b>	<b>Valoración campo</b>		
	<p>El informe de expediente 2018C.GH.00022 con inspección el 7 de junio de 2019, revela que “ninguna de las parcelas inspeccionadas disponía de sistema alguno de regadío ni de ningún pozo a la vista”. Añadiendo que “se trata, en general, de almendros en seco”.</p>		

<b>Clasif.</b>	<b>Valores NDVI medios para la parcela</b>			
	<b>M14JA</b>	<b>M15JA</b>	<b>M16JA</b>	<b>M17JA</b>
	127,3	127,1	125,1	125,6
Criterio de clasificación			R4	
Tipo de cultivo leñoso			-	Fruto de cáscara regadío
Concesión Vs Clasificación TD			-	-

<b>Conclusión</b>	Se encuentra en el umbral.
-------------------	----------------------------

<b>Ficha 11</b>	<b>Parcela 25, polígono 510</b>
-----------------	---------------------------------

<b>Campo</b>	<b>Ubicación parcela y punto</b>	<b>Leyenda</b>	
			Límite de la parcela
			Otras parcelas
		Coordenadas UTM (ETRS89)	
			X = 646.015 Y = 4.416.608
			Otros puntos
<b>Imagen campo</b>	<b>Valoración campo</b>		
	<p>El informe de expediente 2018C.GH.00022 con inspección el 7 de junio de 2019, revela que “ninguna de las parcelas inspeccionadas disponía de sistema alguno de regadío ni de ningún pozo a la vista”. Añadiendo que “se trata, en general, de almendros en seco”.</p>		

<b>Clasif.</b>	<b>Valores NDVI medios para la parcela</b>			
	<b>M14JA</b>	<b>M15JA</b>	<b>M16JA</b>	<b>M17JA</b>
	127,0	128,2	127,1	121,9
	Criterio de clasificación		R4	
	Tipo de cultivo leñoso		-	Fruto de cáscara regadío
	Concesión Vs Clasificación TD		-	-

<b>Conclusión</b>	<p>Se encuentra en el umbral.</p> <p>Los valores de NDVI para 2017 justifican la sustitución de la plantación por una más joven, acorde con la imagen de campo. Anterior a 2017 cabría esperar plantaciones similares a los casos anteriores.</p>
-------------------	---

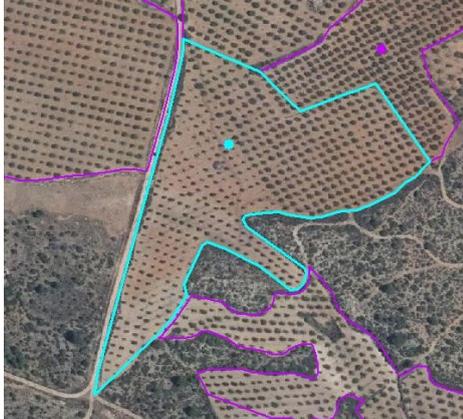
<b>Ficha 12</b>	<b>Parcela 26, polígono 510</b>
-----------------	---------------------------------

<b>Campo</b>	<b>Ubicación parcela y punto</b>	<b>Leyenda</b>	
			Límite de la parcela
			Otras parcelas
		Coordenadas UTM (ETRS89)	
			X = 646.021 Y = 4.416.475
			Otros puntos
<b>Imagen campo</b>	<b>Valoración campo</b>		
	<p>El informe de expediente 2018C.GH.00022 con inspección el 7 de junio de 2019, revela que “ninguna de las parcelas inspeccionadas disponía de sistema alguno de regadío ni de ningún pozo a la vista”. Añadiendo que “se trata, en general, de almendros en seco”.</p>		

<b>Clasif.</b>	<b>Valores NDVI medios para la parcela</b>			
	<b>M14JA</b>	<b>M15JA</b>	<b>M16JA</b>	<b>M17JA</b>
	133,0	136,3	131,4	131,9
	Criterio de clasificación		R4	
	Tipo de cultivo leñoso		-	Frutal de hueso regadío
	Concesión Vs Clasificación TD		-	-

<b>Conclusión</b>	<p>Se trata de un polígono clasificado como frutal por el SIGPAC que, claramente, ha perdido dicha condición (el estado de abandono que muestran las imágenes de campo es obvio, siendo su aspecto más propio de un pasto arbustivo que de un cultivo leñoso).</p> <p>El criterio de clasificación para este caso fue el siguiente:</p> <p>"LEN" ='FRU' AND ("M14JA" &gt;131 OR "M16JA" &gt;131) AND "C02" = ''</p>
-------------------	---

<b>Ficha 13</b>	<b>Parcela 38, polígono 510</b>
-----------------	---------------------------------

<b>Campo</b>	<b>Ubicación parcela y punto</b>	<b>Leyenda</b>	
			Límite de la parcela
			Otras parcelas
		Coordenadas UTM (ETRS89)	
			X = 646.297 Y = 4.416.506
			Otros puntos
<b>Imagen campo</b>	<b>Valoración campo</b>		
	<p>El informe de expediente 2018C.GH.00022 con inspección el 7 de junio de 2019, revela que “ninguna de las parcelas inspeccionadas disponía de sistema alguno de regadío ni de ningún pozo a la vista”. Añadiendo que “se trata, en general, de almendros en seco”.</p>		

<b>Clasif.</b>	<b>Valores NDVI medios para la parcela</b>			
	<b>M14JA</b>	<b>M15JA</b>	<b>M16JA</b>	<b>M17JA</b>
	124,9	130,3	127,5	127,6
	Criterio de clasificación		R4	
	Tipo de cultivo leñoso		-	Fruto de cáscara regadío
	Concesión Vs Clasificación TD		-	-

<b>Conclusión</b>	Se encuentra en el umbral.
-------------------	----------------------------

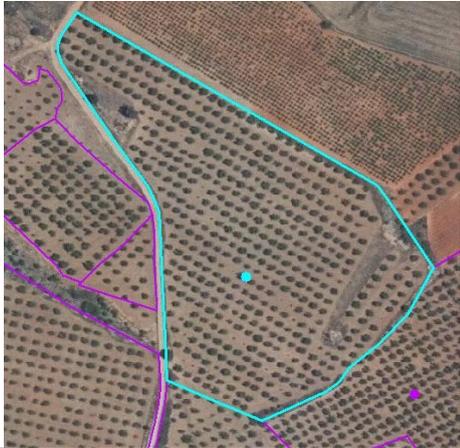
<b>Ficha 14</b>	<b>Parcela 40, polígono 510</b>
-----------------	---------------------------------

<b>Campo</b>	<b>Ubicación parcela y punto</b>	<b>Leyenda</b>	
			Límite de la parcela
			Otras parcelas
		<b>Coordenadas UTM (ETRS89)</b>	
			X = 646.414 Y = 4.416.579
		Otros puntos	
	<b>Imagen campo</b>	<b>Valoración campo</b>	
		<p>El informe de expediente 2018C.GH.00022 con inspección el 7 de junio de 2019, revela que “ninguna de las parcelas inspeccionadas disponía de sistema alguno de regadío ni de ningún pozo a la vista”. Añadiendo que “se trata, en general, de almendros en seco”.</p>	

<b>Clasif.</b>	<b>Valores NDVI medios para la parcela</b>			
	<b>M14JA</b>	<b>M15JA</b>	<b>M16JA</b>	<b>M17JA</b>
		131,6	135,2	134,4
	<b>Criterio de clasificación</b>		R1	
	<b>Tipo de cultivo leñoso</b>		-	Fruto de cáscara regadío
	<b>Concesión Vs Clasificación TD</b>		-	-

<b>Conclusión</b>	Cumpliendo el criterio más exigente en cuanto a regadío se refiere, podría explicarse por el buen desarrollo de los ejemplares.
-------------------	---

<b>Ficha 15</b>	<b>Parcela 41, polígono 510</b>
-----------------	---------------------------------

<b>Campo</b>	<b>Ubicación parcela y punto</b>	<b>Leyenda</b>	
			Límite de la parcela
			Otras parcelas
		Coordenadas UTM (ETRS89)	
			X = 646.311 Y = 4.416.651
		Otros puntos	
	<b>Imagen campo</b>	<b>Valoración campo</b>	
		<p>El informe de expediente 2018C.GH.00022 con inspección el 7 de junio de 2019, revela que “ninguna de las parcelas inspeccionadas disponía de sistema alguno de regadío ni de ningún pozo a la vista”. Añadiendo que “se trata, en general, de almendros en secano”.</p>	

<b>Clasif.</b>	<b>Valores NDVI medios para la parcela</b>			
	<b>M14JA</b>	<b>M15JA</b>	<b>M16JA</b>	<b>M17JA</b>
	130,5	134,3	134,1	132,7
	Criterio de clasificación		R1	
	Tipo de cultivo leñoso		-	Fruto de cáscara regadío
	Concesión Vs Clasificación TD		-	-

<b>Conclusión</b>	<p>Observando que cumple con el criterio más exigente en cuanto a regadío se refiere, podría explicarse por el buen desarrollo de los ejemplares.</p>
-------------------	---

### 3.6.- Parcela 192, 194 y 307 del polígono 51

<b>Ficha 16</b>	<b>Parcela 192, polígono 51</b>
-----------------	---------------------------------

<b>Campo</b>	Ubicación parcela y punto	Leyenda	
			Límite de la parcela
			Otras parcelas
		Coordenadas UTM (ETRS89)	
			X = 644.449 Y = 4.397.143
			Otros puntos
Imagen campo	Valoración campo		
	<p>El informe de expediente 2018C.GH.00022 con inspección el 10 de junio de 2019, revela que “ninguna de las parcelas inspeccionadas disponía de sistema alguno de regadío ni de ningún pozo a la vista”. Añadiendo que “se trata, en general, de almendros en seco”.</p>		

Clasif.	Valores NDVI medios para la parcela			
	M14JA	M15JA	M16JA	M17JA
	126,3	130,5	126,9	139,6
Criterio de clasificación			R1	
Tipo de cultivo leñoso				Fruto de cáscara regadío
Concesión Vs Clasificación TD				Regadío sin concesión

<b>Conclusión</b>	<p>Observando que cumple con el criterio más exigente en cuanto a regadío se refiere, podría explicarse por el buen desarrollo de los ejemplares.</p>
-------------------	---

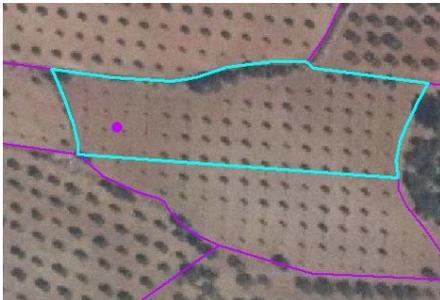
<b>Ficha 17</b>	<b>Parcela 194, polígono 51</b>
-----------------	---------------------------------

<b>Campo</b>	<b>Ubicación parcela y punto</b>	<b>Leyenda</b>	
			Límite de la parcela
			Otras parcelas
		<b>Coordenadas UTM (ETRS89)</b>	
			X = 644.423 Y = 4.397.187
			Otros puntos
<b>Imagen campo</b>	<b>Valoración campo</b>		
	<p>El informe de expediente 2018C.GH.00022 con inspección el 10 de junio de 2019, revela que “ninguna de las parcelas inspeccionadas disponía de sistema alguno de regadío ni de ningún pozo a la vista”. Añadiendo que “se trata, en general, de almendros en secano”.</p>		

<b>Clasif.</b>	<b>Valores NDVI medios para la parcela</b>			
	<b>M14JA</b>	<b>M15JA</b>	<b>M16JA</b>	<b>M17JA</b>
	123,3	126,2	125,7	135,3
	Criterio de clasificación		R3	
	Tipo de cultivo leñoso			Fruto de cáscara regadío
	Concesión Vs Clasificación TD			Regadío sin concesión

<b>Conclusión</b>	Su clasificación como de regadío podría explicarse por el buen desarrollo de los ejemplares.
-------------------	--

<b>Ficha 18</b>	<b>Parcela 307, polígono 51</b>
-----------------	---------------------------------

<b>Campo</b>	<b>Ubicación parcela y punto</b>	<b>Leyenda</b>	
			Límite de la parcela
			Otras parcelas
		Coordenadas UTM (ETRS89)	
			X = 644.604 Y = 4.397.160
	<b>Imagen campo</b>	<b>Valoración campo</b>	
		<p>El informe de expediente 2018C.GH.00022 con inspección el 10 de junio de 2019, revela que “ninguna de las parcelas inspeccionadas disponía de sistema alguno de regadío ni de ningún pozo a la vista”. Añadiendo que “se trata, en general, de almendros en seco”.</p>	

<b>Clasif.</b>	<b>Valores NDVI medios para la parcela</b>			
	<b>M14JA</b>	<b>M15JA</b>	<b>M16JA</b>	<b>M17JA</b>
	121,4	126,3	125,5	137,5
	Criterio de clasificación		R3	
	Tipo de cultivo leñoso			Fruto de cáscara regadío
	Concesión Vs Clasificación TD			Regadío sin concesión

<b>Conclusión</b>	Su clasificación como de regadío podría explicarse por el buen desarrollo de los ejemplares.
-------------------	--

#### 4. RESUMEN DE LOS DATOS DE NDVI DE LAS PARCELAS VISITADAS EN CAMPO

A modo de resumen, en la tabla 3 se muestran conjuntamente los valores medios de NDVI para las parcelas de almendro visitadas en campo. No se muestran la parcela 49 del polígono 511, correspondiente a PR (pasto arbustivo), ni la parcela 26 del polígono 510, perteneciente a la clase Frutal de hueso.

**Tabla 3.** Resumen de los datos derivados del trabajo de campo. Datos generales.

Pol-Par	M14JA	M15JA	M16JA	M17JA	M18JA	Criterio	Sup. (ha)
54-379	125,66	129,63	126,61	130,78	131,19	R1	1,58
3-106	125,13	125,62	124,77	126,02	128,48	RA2	20,53
2-295	121,94	126,20	125,20	135,44	127,96	R3	3,76
511-58	127,43	130,05	128,27	126,29	131,38	R4	0,61
511-60	127,50	133,25	129,95	123,63	127,85	R4	0,36
511-62	130,86	128,75	127,58	129,86	134,50	R1	1,87
510-9	130,80	143,28	132,05	129,69	141,86	R1	2,17
510-22	130,02	134,15	127,68	130,01	134,59	R1	1,19
510-24	127,31	127,13	125,08	125,58	129,98	R4	3,54
510-25	127,03	128,15	127,08	121,94	123,21	R4	1,29
510-38	124,88	130,26	127,55	127,64	132,56	R4	2,64
510-40	131,59	135,16	134,40	136,42	139,20	R1	1,97
510-41	130,46	134,33	134,13	132,73	135,72	R1	2,76
51-192	126,33	130,47	126,90	139,57	134,50	R1	1,12
51-194	123,33	126,21	125,71	135,28	132,21	R3	0,65
51-307	121,42	126,33	125,49	137,49	130,47	R3	0,44
Total							46,48

Según criterios establecidos para regadío:

	Valor que cumple
	Valor limitante
	Valor que no cumple

Donde:

- **Pol-Par**, indica el polígono y parcela que se visitó en campo,
- **MxxJA**, media de los valores de julio y agosto de NDVI de los puntos estudiados en la parcela correspondiente al año 20xx,
- **Criterio**, se refiere al criterio de clasificación seguido para clasificar la parcela. Se muestra desarrollado en el Tabla 1.
- **Sup. (ha)**, superficie de la parcela (en ha).

La leyenda de colores representa los valores de NDVI que justificaron la clasificación de cada parcela, así como aquellos limitantes, es decir, los que se sitúan en el umbral para diferenciar entre regadío y seco. Salvo para aquellas parcelas con un criterio de

clasificación R1, se observa que para el resto los valores se encuentran en el umbral o muy próximos a él.

Realizando el acumulado de las superficies para cada uno de los criterios y obteniendo su valor porcentual obtenemos los datos siguientes (Tabla 4):

**Tabla 4.** Resumen de los datos derivados del trabajo de campo. Acumulado de superficie.

<b>Criterio</b>	<b>Acumulado</b>	<b>%</b>
R1	12,67	27,25
R3	4,84	10,42
R4	8,44	18,16
RA2	20,53	44,17
Total	46,48	100,00

De estos datos, junto con las fichas mostradas anteriormente, podemos concluir lo siguiente:

- El 27% de las parcelas visitadas en campo (correspondientes a un criterio R1) se corresponden con parcelas que presentan ejemplares muy bien desarrollados y en las que no es raro que pueda aparecer vegetación adventicia que haya podido “falsear” los datos medios de NDVI tenidos en cuenta para realizar la clasificación.
- El 44% de la superficie visitada en campo corresponde a una parcela con un criterio RA2, donde se clasificó como regadío de apoyo por pocas décimas. Teniendo en cuenta además a las parcelas de su alrededor, se observa que la disyuntiva regadío-secano en estos casos se encuentra en el umbral para la zona de estudio.
- Del resto (alrededor de un 29%) se observa también que se encuentran en el umbral. En efecto, son pocas las décimas que hacen que el valor medio de NDVI de estas parcelas sirva para considerarlas como regadío.

## **5. VALORACIÓN FINAL**

En relación a las parcelas visitadas en campo podemos llegar a la conclusión de que alrededor de dos tercios de las parcelas visitadas se hayan en el umbral considerado para diferenciar el regadío del secano. El otro tercio podría justificarse por el estado de desarrollo de los ejemplares de las parcelas, así como la posible presencia de vegetación adventicia.

Por último, resaltar la importancia del trabajo de campo desarrollado, ya que podría plantear la posibilidad de ajustar los criterios de clasificación establecidos en un primer momento, aunque para ello sería conveniente la comprobación de más parcelas insitu, ya que, a tenor de los resultados expuestos, estamos manejándonos en el umbral.