

Trabajo Fin de Máster

Identificación de parcelas de regadío regadas en la
cuenca del río Huerva durante el año 2018 mediante
S.I.G. y Teledetección

Identification of irrigated plots irrigated in the
Huerva river basin during the year 2018 by G.I.S.
and Remote Sensing

Autor/es

Néstor Gascón Felipe

Director/es

Miguel Sánchez Fabre

Facultad de Filosofía y Letras
2018/2019

RESUMEN

En este trabajo, se analizan las parcelas de regadío según la base de datos del catastro, para conocer las parcelas y la superficie de regadío que se ha regado a lo largo del año 2018 en la cuenca del río Huerva, para que así los organismos competentes, como es el caso de la Confederación Hidrográfica del Ebro, puedan gestionar de una manera más eficiente los recursos hídricos de los que se disponen. Para obtener la cartografía final, en la cual se especifican las parcelas regadas y el tipo de regadío, se han utilizado imágenes satelitales Sentinel-2, con las que se ha foto-interpretado el parcelario catastral mediante composiciones de bandas y el índice de vegetación NDVI, además de apoyarse en la ortofoto de mayor actualidad posible como es PNOA 2018.

Los resultados muestran que hay una importante superficie y número de parcelas que no han sido irrigadas durante el año 2018, mostrando el abandono parcelario vinculado con el envejecimiento de la población española en el medio rural. Hay grandes diferencias entre diferentes zonas del área de estudio, debido a los tipos de cultivos que pueden darse en ellas.

Este trabajo permite la comparación de este método de identificación de cultivos de regadíos regados durante un determinado tiempo, con otros modelos o información que intentan cuantificar la superficie regada. Además también se observan las fortalezas como las carencias que tiene este modelo, aportando posibles soluciones para su mejoría.

Palabras clave: Parcelas de regadío, regado, catastro, Sentinel, agricultura, teledetección

ABSTRACT

In this work the irrigated plots are analyzed according to the cadastre database, to know the plots and the irrigated area that is irrigated throughout the year 2018 in the Huerva river basin, so that the competent bodies, such as In the case of the Ebro Hydrographic Confederation they can manage the available water resources in a more efficient way. To obtain the final cartography, in which the irrigated plots and the type of irrigation are specified, Sentinel-2 satellite images have been used, with which the cadastral plot has been photo-interpreted using band compositions and the NDVI vegetation index , in addition to relying on the most current orthophoto as possible as PNOA 2018.

The results show that there is an important area and number of plots that have not been irrigated during 2018, showing the abandonment of land associated with the ageing of the Spanish population in rural areas. There are large differences between different areas of the study area, due to the types of crops that can occur in them.

This work allows the comparison of this method of identifying irrigated crops for a certain time, with other models or information that attempt to quantify the irrigated area. In addition, strengths such as the shortcomings of this model are also observed, providing possible solutions for its improvement.

Key words: *Irrigated plots, irrigated, cadastre, Sentinel, agriculture, remote-sensing*

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.	INTRODUCCIÓN	2
2.	JUSTIFICACIÓN	3
3.	ANTECEDENTES.....	4
4.	OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	5
5.	ÁREA DE ESTUDIO.....	6
5.2.	Hidrología:.....	8
5.2.1.	Estado de las masas de agua:.....	10
5.2.2.	Embalses:	11
5.2.3.	Acuíferos:.....	11
5.2.4.	Abastecimiento mancomunado:	13
5.3.	Agricultura:	14
5.4.	Clima: Temperaturas y precipitaciones.....	15
5.5.	Población:.....	15
6.	FUENTES Y METODOLOGÍA.....	20
6.1.	Proceso metodológico:.....	20
6.2.	Fuentes de información	21
6.3.	Tratamiento de la información	22
6.4.	Herramientas de trabajo:	29
6.5.	Método de Identificación y Análisis de cultivos de regadíos:.....	30
6.5.1.	Fotointerpretación:.....	30
6.5.2.	NDVI:	35
6.5.3.	Trabajo de campo:	35
7.	RESULTADOS.....	36
7.1.	Fenología:.....	36
7.2.	Análisis de regadíos:	40
7.3.	Cartografía de los resultados:	46
7.4.	Resultados de los métodos comparativos:.....	52
7.5.	Comparación resultados por modelos:.....	55
7.6.	Análisis crítico del método utilizado:	56
8.	CONCLUSIONES	58
9.	BIBLIOGRAFÍA	59
	ANEXO I: Cartografía de los Índices de Vegetación (NDVI) obtenidos por fecha.....	61
	ANEXO II: Imágenes obtenidas en las salidas de campo	70

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación área de estudio	6
Figura 2: Mapa de altitudes de la cuenca. MDT25.....	7
Figura 3: Caudal medio anual e irregularidad interanual en la estación de aforo 9215 (Cerveruela) entre los años 1981 y 2015. Anuario de Aforos del CEDEX.	8
Figura 4: Caudal medio mensual en la estación de aforo 9215 (Cerveruela) entre los años 1995 y 2016. Anuario de Aforos del CEDEX.....	9
Figura 5: Evolución caudal río Huerva en la estación de aforo 9215 (Cerveruela) en mayo de 2003 tras unas importantes precipitaciones en parte de la cuenca. Anuario de Aforos del CEDEX	9
Figura 6: Caudal en estiaje en el río Huerva en la estación de aforo 9215 (Cerveruela) en el verano de 2011 tras una época de sequía. Anuario de Aforos del CEDEX.....	10
Figura 7: Masas de agua subterráneas de la cuenca	13
Figura 8: Cartografía de los cultivos de secano y regadío de la cuenca	14
Figura 9: Población por municipios en el año 2018	18
Figura 10: Representación de las capas utilizadas para obtener el resultado final.....	20
Figura 11: Unión de información de las tablas catastrales por campos.....	23
Figura 12: Selección parcelas de regadío.....	23
Figura 13: Espectro electromagnético (Chuvienco E., 1996).	24
Figura 14: Proceso de combinado de imágenes para su estudio.	27
Figura 15: Ubicación hojas PNOA 2018.	28
Figura 16: Visualización regadíos de primavera (RP), imagen 9 de mayo de 2018.	31
Figura 17: Visualización regadíos de primavera-verano (RPV), imagen 23 de junio de 2018.....	31
Figura 18: Visualización regadíos de verano (RV), imagen 2 de agosto de 2018.	32
Figura 19: Visualización regadíos de otoño-invierno (ROI), imagen 12 de diciembre de 2018.....	32
Figura 20: Visualización viñedos de regadío, RGB, imagen 2 de agosto de 2018.	32
Figura 21: Visualización viñedos de regadío, PNOA 2018.	33
Figura 22: Visualización frutales de regadío, PNOA 2018.	33
Figura 23: Visualización olivos de regadío, PNOA 2018.....	33
Figura 24: Visualización de regadíos en invernaderos, imagen 2 de agosto de 2018. ...	34
Figura 25: Parcela regada en 2017, imagen 6 de mayo de 2017.....	34
Figura 26: Misma parcela regada en 2017, pero en barbecho en 2018, imagen del 9 de mayo de 2018.....	35
Figura 27: Visualización parcela de uso recreativo, imagen PNOA 2018.	35
Figura 28: Valores promedio NDVI Primavera.	37
Figura 29: Valores promedio NDVI Primavera – Verano.	37
Figura 30: Valores promedio NDVI Verano.....	38
Figura 31: Valores promedio NDVI Otoño – Invierno.....	38
Figura 32: Valores promedio NDVI Viñedos de regadío.	38
Figura 33: Valores promedio NDVI Olivos de regadío.....	39
Figura 34: Valores promedio NDVI Frutales de regadío.	39
Figura 35: Valores promedio NDVI Doble regadío.	39
Figura 36: Parcelas de regadío regadas en 2018. Cuenca del río Huerva.....	46
Figura 37: Parcelas de regadío regadas en 2018. Tramo Zaragoza – Cadrete.	47
Figura 38: Parcelas de regadío regadas en 2018. Tramo: Cadrete – Muel.	48
Figura 39: Parcelas de regadío regadas en 2018. Tramo: Muel – Villanueva de Huerva.	49

Figura 40: Parcelas de regadío regadas en 2018. Tramo: Villanueva de Huerva – Tosos.	50
Figura 41: Parcelas de regadío regadas en 2018. Tramo: Tosos – Cerveruela.	51
Figura 42: Parcelas de regadío regadas en 2018. Tramo: Cerveruela – Romanos.	52
Figura 43: Parcelas de regadío regadas en 2018. Tramo: Romanos – Ferrerueta de Huerva.	53
Figura 44: Parcelas de regadío regadas en 2018. Tramo: Ferrerueta de Huerva – Fonfría.	54
Figura 45: Superficie de regadío según CLC 2018.	52
Figura 46: Superficie de regadío según SIOSE 14.	53
Figura 47: Regadíos de la cuenca del Huerva por términos municipales (Gis-Ebro de la OPH).	54
Figura 48: Diferencias de superficie de regadío en la cuenca del río Ebro según diferentes modelos a lo largo de los años. Losada. J.A, (2017): “Reunión Proyecto H2020 DIANA (Copernicus), MAPAMA”.....	56
Figura 49: Índice de vegetación en enero de 2018.	61
Figura 50: Índice de vegetación en marzo de 2018.	62
Figura 51: Índice de vegetación en abril de 2018.	63
Figura 52: Índice de vegetación en mayo de 2018.	64
Figura 53: Índice de vegetación en junio de 2018.	65
Figura 54: Índice de vegetación en agosto de 2018.	66
Figura 55: Índice de vegetación en septiembre de 2018.	67
Figura 56: Índice de vegetación en octubre de 2018.	68
Figura 57: Índice de vegetación en diciembre de 2018.	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Población en 2018 y 1999 de los municipios y superficie que ocupan en la cuenca. En la última columna los números en rojo indican retroceso de la población y en verde incremento (1999-2018). Datos obtenidos del INE.	17
Tabla 2: Edad media por rango de población en España y la zona de estudio.	19
Tabla 3: Calendario con imágenes Sentinel-2 disponibles.	26
Tabla 4: Resultados de parcelas de regadío catastrales regadas en 2018.	43
Tabla 5: Número de parcelas según regadío por zonas.	45
Tabla 6: Superficie regada por zonas y regadío.	45
Tabla 7: Resultados del proyecto SIAR-Spider Center para los años 2014, 2015 y 2016 (SPIDER-CENTER-SIAR).	55
Tabla 8: Resultados de cada modelo.	55

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Frutales en Aladrén.....	70
Imagen 2: Ladera sin cultivo en Aladrén.	70
Imagen 3: Frutales en Aladrén.....	70
Imagen 4: Huerta abandonada en Vistabella.	71
Imagen 5: Huerta en Vistabella.	71
Imagen 6: Huerta abandonada en Vistabella.	71
Imagen 7: Zona de juegos en Vistabella.	72
Imagen 8: Parcela abandonada en Vistabella.	72
Imagen 9: Parcela abandonada en Vistabella.	72
Imagen 10: Parcela sin cultivar en Vistabella.....	73
Imagen 11: Parcela abandonada en Vistabella.	73
Imagen 12: Parcela abandonada en Cerveruela.....	73
Imagen 13: Parcela abandonada en Cerveruela.....	74
Imagen 14: Parcela abandonada en Cerveruela.....	74
Imagen 15: Parcela en Cerveruela.	74
Imagen 16: Vegetación de ribera en Cerveruela.	75

1. INTRODUCCIÓN

En la gestión correcta del agua, es importante conocer, además de la cantidad de agua disponible, el uso que se le da. Por ello, conviene saber con la mayor precisión posible todos los usos que utilizan agua, y aproximarse más a las cifras exactas de consumo tanto en cada uno de ellos como en su conjunto. En este caso el uso que va a ser el objetivo es el regadío. Para su conocimiento se disponen de unos datos del Ministerio de Hacienda, mediante el catastro de parcelas de regadío, que presentan limitaciones conocidas y reconocidas por los propios gestores de la fuente de información.

Por ello, se busca ver la diferencia que hay entre las parcelas catalogadas como tal, a las parcelas que realmente hay, y las que se utilizan según el atributo que tiene, en este caso el regadío. Esa tarea se puede acometer mediante técnicas informáticas como son la fotointerpretación con la teledetección, ayudadas por la propia información catastral.

Sin duda, definir con precisión las superficies regadas contribuye a conocer el consumo de agua y a calibrar el costo de la producción. Estos aspectos tienen una gran relevancia tanto económica como social, lo que incrementa el interés de su estudio. Además, el uso del agua conlleva un impacto en el medio natural, que se acentúa en aquellas regiones donde la disponibilidad de recursos hídricos es muy limitada, como sucede en la cuenca hidrográfica que va a ser objeto de nuestro análisis.

Este interés por el uso del agua y la gestión de los recursos hídricos compaginando sus valores ambientales con los socio-económicos, es lo que nos impulsó a realizar el trabajo fin de máster en el marco de la Confederación Hidrográfica del Ebro (en adelante “CHE”), en la modalidad de prácticas. En estas prácticas, realizadas en la sección de Planificación Hidrológica bajo supervisión del técnico José Ángel Losada, Jefe de Servicio de Sistemas de Información Geográfica (en adelante “SIG”), durante tres meses, se propuso la realización de esta tarea debido a la necesidad de esta entidad estatal de mejorar los modelos que permiten obtener la superficie regada para la correcta gestión del agua disponible en la cuenca.

Este trabajo, contiene un gran bloque dedicado al análisis de los aspectos más relevantes de la zona de estudio y otro a las numerosas fuentes de información y métodos empleados para su explotación, para finalmente cuantificar y analizar los resultados obtenidos y compararlos con otros métodos.

2. JUSTIFICACIÓN

El medio rural español, está en constante cambio, ya desde el éxodo rural de los años sesenta del siglo XX, acompañado con una mecanización agrícola que permite realizar con sólo maquinaria agrícola labores que antes necesitaba de muchos agricultores ocupados bastante tiempo. Estos avances tecnológicos, han facilitado la vida a los agricultores, pero también han implicado la reducción de la necesidad de mano de obra, lo que hace que la población activa sin trabajo, no encuentre empleo en el sector primario. Esto impide asentar población en las zonas rurales, en la que décadas atrás se vivía de la agricultura.

Que haya parcelas cultivables, no quiere decir que estas se trabajen, debido al escaso relevo generacional, ya que el medio rural está muy envejecido. (Según el Instituto Nacional de Estadística (en adelante "INE"), para el día 1 de enero de 2019, con datos provisionales, la edad media de los municipios españoles de entre 100 y 500 habitantes, sería de 52'67 años, mientras que para los municipios con una población inferior a los 100 habitantes, la edad media sería de 57'78 años).

También puede haber parcelas abandonadas debido a su dispersión en el terreno, o a su escasa productividad. En muchas zonas de España, concretamente de Aragón, ya que es la región del área de estudio de este trabajo, ya desde tiempos lejanos, hay una red de canales y acequias para el cultivo de parcelas de regadío. El regadío actual, nada que ver tiene con el antiguo, ya que cuenta con la más moderna tecnología de explotación, que permite minimizar el consumo de agua y a la vez lograr la mayor productividad posible de los cultivos.

La zona de estudio de este trabajo que se centra en el tramo alto de la cuenca del Huerva, incluye desde el embalse de Las Torcas, en el término municipal de Tosos, en la provincia de Zaragoza, hasta la cabecera del río, en el término municipal de Fonfría, en la provincia de Teruel. En ella hay muy poca población viviendo. Concretamente 3.637 habitantes en una superficie de 47208,31 hectáreas, lo que supone una densidad de población de 7,70 habitantes por kilómetro cuadrado. Además, es una población muy envejecida.

Esto, propicia que se dejen de cultivar algunas parcelas, dejándolas yermas y salvajes. Estas parcelas, están dadas de alta en el catastro como parcelas de regadío, las cuales tienen derecho a ser regadas, pero debido al abandono por diversas circunstancias, no se riegan ni una sola vez a lo largo de un año. Por ello, se quiere conocer cuántas de estas parcelas, no se riegan ni una sola vez, para así poder lograr un mayor control sobre el agua destinada al regadío de esta zona y lograr así gestionar de manera más eficaz si cabe este bien preciado que es el agua.

En definitiva, si conocer con precisión y detalle las necesidades de agua para el regadío es importante y complejo, aún lo es más en este ámbito donde la disponibilidad del recurso no es elevado y donde las condiciones demográficas dificultan, aún más, determinar con precisión las zonas que realmente se riegan anualmente. Además, la evolución de dicha población hace que la superficie regada, pueda variar también de modo significativo a medio plazo.

Conseguir dar con una metodología que pueda determinar con rigor y precisión la superficie regada en la cuenca del río Huerva y su evolución en el tiempo, ayudará a ordenar el territorio y gestionar sus usos. La búsqueda de esa metodología adecuada, se hará pensando en particular en

la zona de estudio, pero sin perder la perspectiva de que deberá ser una metodología que pueda aplicarse en otras zonas con condiciones ambientales y socio-culturales diferentes.

3. ANTECEDENTES

Hasta la fecha, no se han calculado con exactitud las hectáreas de cultivos de regadíos que se riegan anualmente. Según las fuentes que calculen la diferencia de áreas regadas, esta puede llegar a ser muy importante, bien por el poco detalle de las capas que delimitan las parcelas, o bien por falta de información. Esto es un gran problema en un país como España, debido a la escasez de precipitaciones en gran parte del territorio, como es el caso de la cuenca del estudio. Aunque a priori hay fuentes que potencialmente pueden ofrecer información sobre las áreas regadas, estas presentan limitaciones muy grandes cuando los datos que se intentan obtener pretenden ser precisos y detallados tanto territorial como temporalmente. Esto sucede, por ejemplo con información del catastro de rústica, muy aprovechable, pero que no se actualiza de forma anual, lo cual impide conocer la cantidad de parcelas que cada año se riegan y su superficie total. Lo mismo ocurre con, entre otras, las capa del Corine Land Cover, o del Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España (en adelante “SIOSE”).

Y es ahí donde la aportación de las nuevas tecnologías va a suponer una mejora en el conocimiento tanto de las áreas de regadío como de su uso real. El empleo de las técnicas que siempre se han utilizado, ayudado ahora por nuevas tecnologías, como la teledetección, que puede aportar información continuada, permitirá contar con unos datos más fidedignos que nunca lo hayan sido, lo que posibilitará ajustar el uso del agua y atender a la demanda de agua de la manera más exacta posible. Esto significaría incrementar la rentabilidad del uso del agua, al mismo tiempo que una mejor conservación del recurso para que pueda seguir realizando su importante papel ambiental y ecológico.

4. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

Los **objetivos principales** son dos: Averiguar las parcelas catastrales de regadío regadas durante el año 2018 en la cuenca del río Huerva, y descubrir si el método utilizado en este trabajo mejora los datos obtenidos con otros métodos o fuentes.

Como objetivo secundario, está realizar un análisis de la evolución temporal de los cultivos de la zona de regadío de la cuenca. También, detectar errores en la definición de parcelas del catastro, tanto aquellas apuntadas como regadío que no se riegan, como aquellas no definidas como tales y que sí son regadas periódicamente. Y, finalmente, además de ver la mayor o menor bondad del método utilizado, evidenciar las grandes posibilidades de análisis que la teledetección ofrece en este y en otros temas aplicados, relacionados con la gestión de los recursos hídricos.

Estos objetivos principales, se plantean asociados a la **hipótesis** de que los organismos de gestión hídrica necesitan mejorar los modelos de estimación de regadíos en funcionamiento. Esta hipótesis se debe a la diferencia de cifras de regadíos en una misma cuenca hidrográfica según las fuentes de información y modelos que se consulten, y la falta de acuerdo entre confederaciones para lograr trabajar todos de la misma manera en este tema.

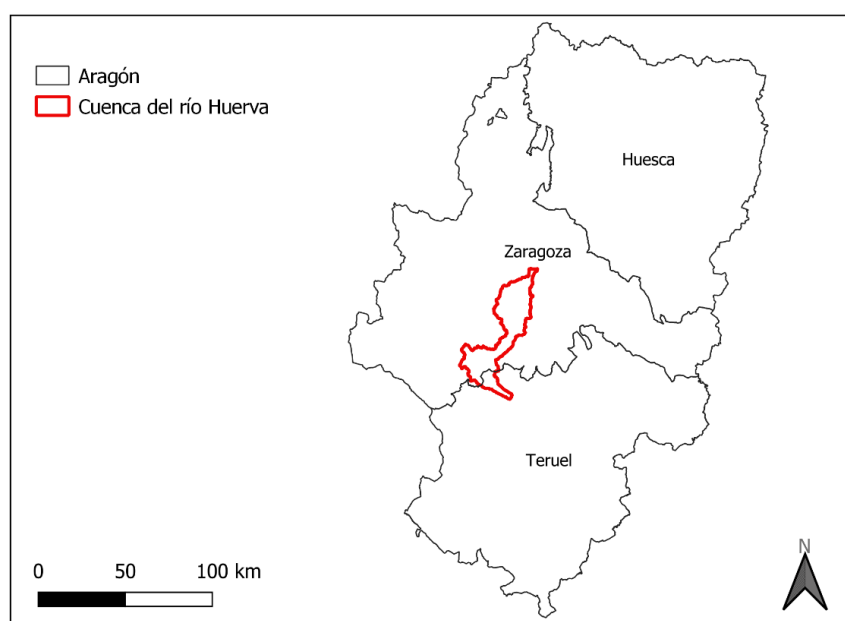
Con la elaboración de este trabajo, se persigue averiguar la extensión y las parcelas en la cuenca del Huerva destinadas para el regadío, pueden ser zonas regadas o no, pero siempre zonas que en el catastro son calificadas de regadío. Con ello, puede haber zonas de regadío no declaradas en el catastro y regadas, o zonas declaradas como regadío, no regadas y/o abandonadas. Para ello, se tienen en cuenta los datos del catastro, imágenes del Plan Nacional de Ortofografía Aérea máxima actualidad, 2018 (en adelante “PNOA”) e imágenes de satélite Sentinel 2A para mediante la fotointerpretación teledetección poder observar las zonas o parcelas regadas mediante la combinación de bandas 8A-11-2, con la cual se detecta la vegetación húmeda, destacando sobre el resto de las cubiertas.

Con esto, se pretende extraer con mayor exactitud las hectáreas destinadas a regadío para un mejor conocimiento de los recursos hídricos utilizados para tal fin, las cifras obtenidas con las registradas con otros métodos y/o fuentes ya existentes. Además, la evolución de esas cifras podría ser un indicador de despoblamiento, ya que el tramo alto del Huerva forma parte de la España despoblada. Así, podrían observarse parcelas abandonadas debido a la falta de relevo generacional. También, permite diferenciar los diferentes tipos de cultivos presentes en la zona de estudio, pudiendo observar las diferencias según la fenología de cada uno.

5. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio, es la cuenca hidrológica del río Huerva, entre las provincias de Zaragoza y Teruel (Aragón), siendo parte de la Cuenca hidrográfica del Ebro (Fig. 1). A continuación, se repasan, aunque de forma muy sucinta, algunas de sus principales características tanto relativas al medio natural como a los aspectos socio-económicos.

UBICACIÓN CUENCA DEL RÍO HUERVA



Fuente: Instituto Geográfico Nacional, Confederación Hidrográfica del Ebro. Proyección Cartográfica: WGS84(UTM Zone 30N). Elaborado por Néstor Gascón. Noviembre 2019

Figura 1: Ubicación área de estudio

5.1. Características físicas de la cuenca:

El río Huerva, tiene una longitud de 128 km y su cuenca una extensión de 106016,21 Ha. según la capa de Cuencas y Subcuencas hidrográficas (subcuencas vertientes a zona norte del Mediterráneo) descargada del servicio de descargas gratuitas del Ministerio para la Transición Ecológica (en adelante “MITECO”). El nacimiento se encuentra en la Fuente de la Silla, en las proximidades de la localidad turolense de Fonfría, desembocando en el río Ebro en la localidad de Zaragoza. La altitud máxima, se encuentra próxima a su nacimiento, en la Sierra Pelarda, concretamente en el monte Retuerta a 1.506 metros sobre el nivel del mar (en adelante “m.s.n.m.”), y la menor altitud en su desembocadura con 187 m.s.n.m. Todo el tramo alto de la cuenca, está situado por encima de los 1.000 m.s.n.m., en tanto que prácticamente toda la superficie del tramo bajo está por debajo de los 500 m.s.n.m. (Fig. 2)

La dirección dominante en el discurrir del río Huerva es sur-norte, excepto en el tramo alto que lleva una dirección este-oeste hasta llegar al Campo de Romanos donde se dirige hacia el norte para tomar rumbo oeste-este en Cerveruela, y tras pasar el municipio zaragozano de Vistabella, toma rumbo norte hasta su desembocadura. Datos del Plan Piloto del Río Huerva (2006).

Por su parte, la cuenca se orienta en dirección suroeste-noroeste adquiriendo una forma muy alargada y estrecha, lo que condiciona la inexistencia de afluentes largos.

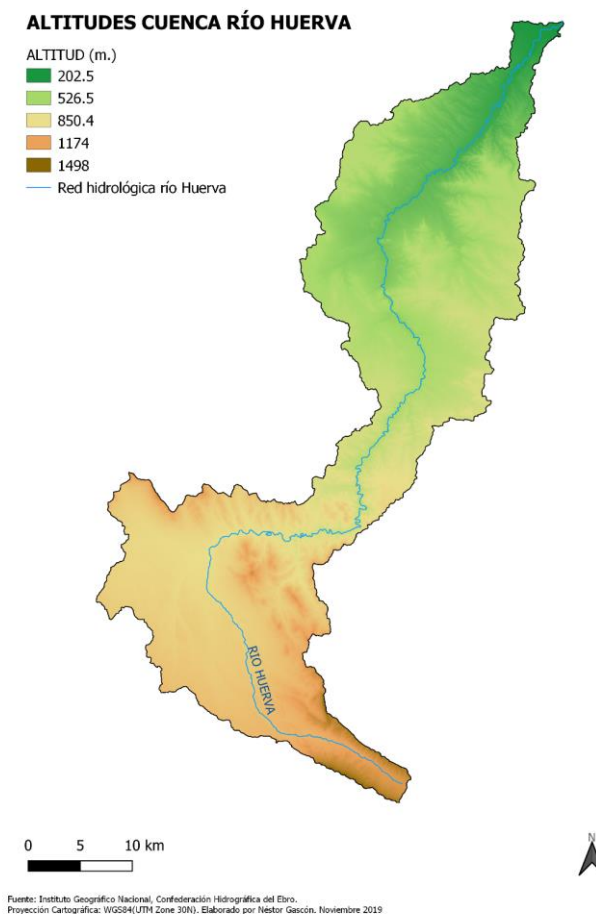


Figura 2: Mapa de altitudes de la cuenca. MDT25.

5.2. Hidrología:

El río Huerva cuenta con varias estaciones de aforo dispuestas a lo largo de su recorrido: 9105 (Mezalocha), 9124 (Las Torcas), 9215 (Cerveruela), 9216 (Zaragoza), 9245 (Santa Fe). Esto permite caracterizar el comportamiento hidrológico de este río. Todas ellas están incluidas en la Red Oficial de Estaciones de Aforo (ROEA), por lo que sus registros están disponibles en el Sistema de Anuario de Aforos. Y algunos de estos aforos, concretamente 9105 (Mezalocha), 9124 (Las Torcas), 9215 (Cerveruela), 9216 (Zaragoza), están incluidos en el Sistema Automático de la Información Hidrológica de la Cuenca Hidrográfica del Ebro (en adelante SAIH Ebro), lo que significa que en ellos la toma de datos se encuentra automatizada y podemos disponer de los mismos en tiempo real.

Al ser un río mediterráneo de la margen derecha del Ebro, cuenta con un bajo caudal anual, llegando a presentar estiaje en la parte natural del río, aguas arriba del Embalse de las Torcas, al igual que puede presentar crecidas tras intensos episodios de lluvias, los cuales son menos frecuentes. En concreto, los datos a mostrar son de la estación de aforo de Cerveruela, donde el río todavía es natural.

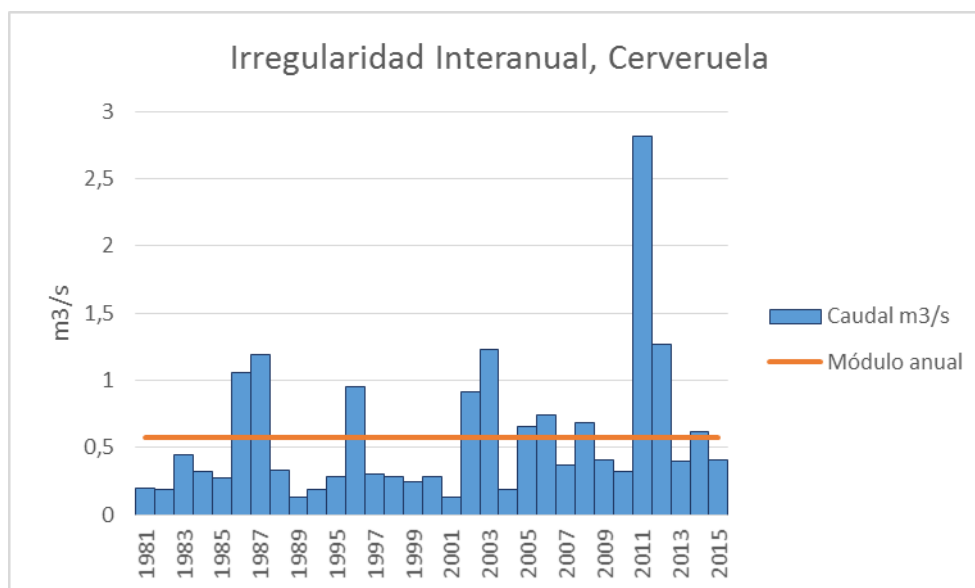


Figura 3: Caudal medio anual e irregularidad interanual en la estación de aforo 9215 (Cerveruela) entre los años 1981 y 2015. Anuario de Aforos del CEDEX.

En la (Fig. 3), puede observarse como el río tiene unos caudales anuales bajos, donde el promedio es de $0,575 \text{ m}^3/\text{s}$. destacan algunos años con un mayor caudal medio debido a episodios de importantes precipitaciones, especialmente debido a tormentas donde en unas horas se puede multiplicar el caudal, pero durante el resto del año el río vuelve a caudales normales dentro de sus características.

En la (Fig. 4) se puede comprender el funcionamiento del caudal del río Huerva totalmente natural, destacando los estiajes en verano debido a las escasas precipitaciones, y por el contrario puede apreciarse el pico de caudal en primavera, en el mes de mayo, gracias a que se producen importantes precipitaciones en la cuenca.

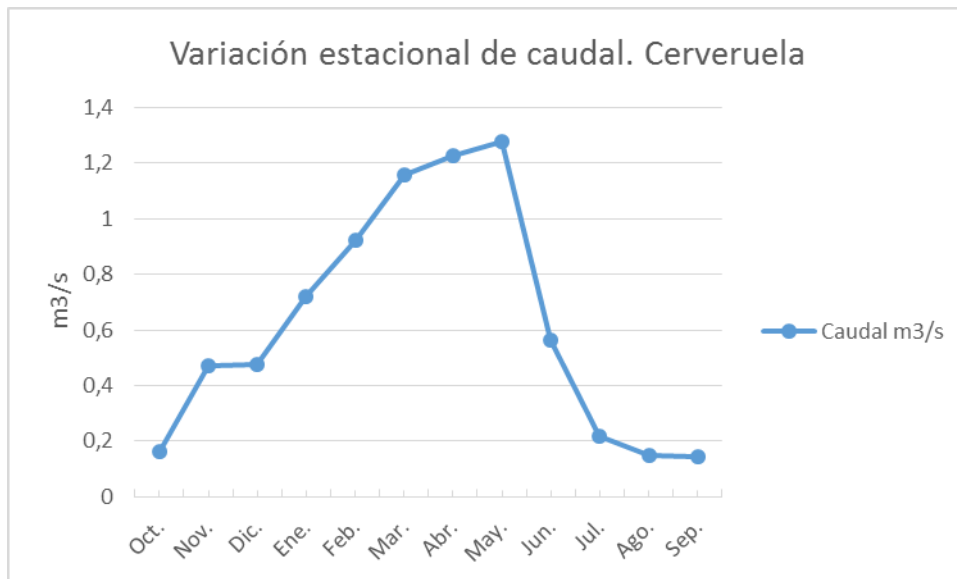


Figura 4: Caudal medio mensual en la estación de aforo 9215 (Cerveruela) entre los años 1995 y 2016. Anuario de Aforos del CEDEX.

También se pueden apreciar fenómenos extremos, crecidas y estiajes:

En el caso de las crecidas se puede mencionar la importante que hubo en mayo de 2003, tras unas lluvias torrenciales en algunas zonas de la cuenca aguas arriba del embalse de las Torcas, el cual tuvo que desembalsar de emergencia un importante caudal de agua, anegando tierras y algunos edificios aguas abajo (Fig.5).

En cuanto los estiajes, es un fenómeno normal en toda la parte de la cuenca que está aguas arriba del primer embalse, pudiendo destacar el acontecido durante el verano del año 2011, en el que el cauce estuvo por debajo del umbral de estiaje desde julio hasta octubre. El umbral de estiaje, indica el caudal diario medio mínimo mensual, está en 0,08 m³/s en la estación de aforo 9215 en Cerveruela (Fig 6).

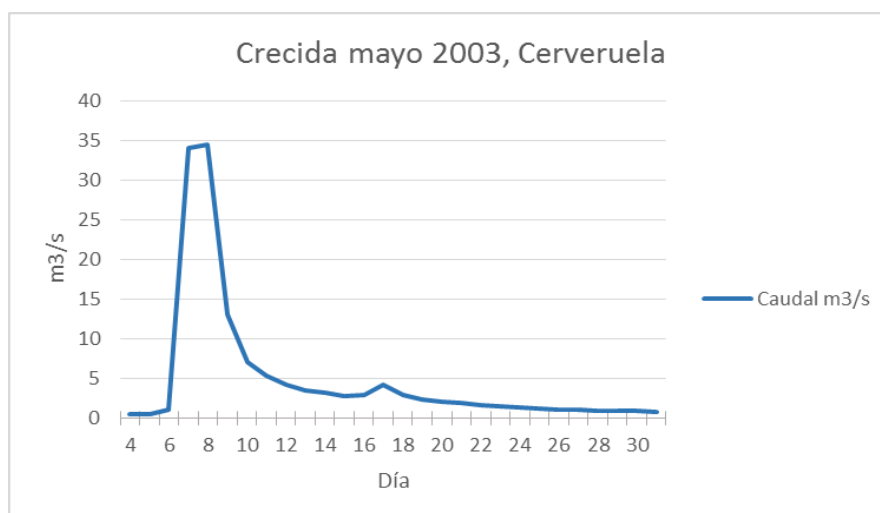


Figura 5: Evolución caudal río Huerva en la estación de aforo 9215 (Cerveruela) en mayo de 2003 tras unas importantes precipitaciones en parte de la cuenca. Anuario de Aforos del CEDEX

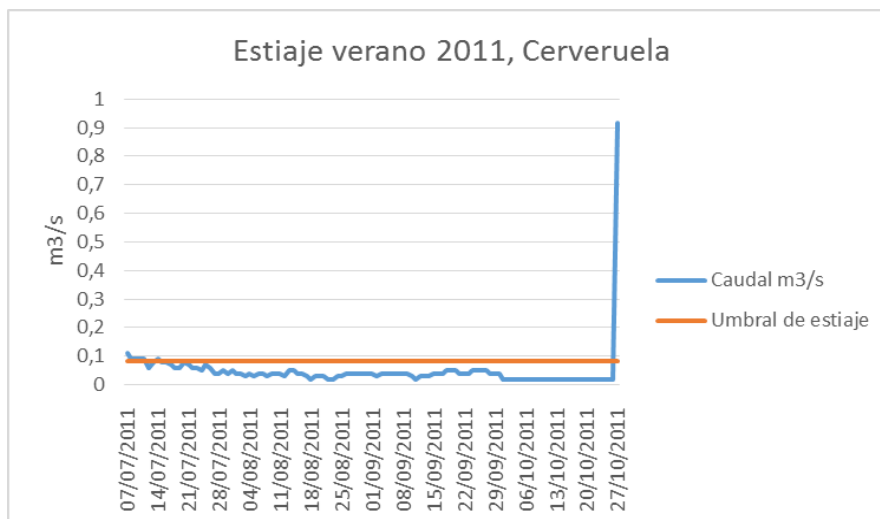


Figura 6: Caudal en estiaje en el río Huerva en la estación de aforo 9215 (Cerveruela) en el verano de 2011 tras una época de sequía. Anuario de Aforos del CEDEX.

5.2.1. Estado de las masas de agua:

Los datos empleados en este apartado se han extraído del Plan Piloto del Río Huerva (2006). Entre la información que recoge se incluye la definición del estado de las masas de agua, tarea impuesta por la Directiva Europea Marco del Agua (2000/60/CE). Dicho estado tiene mucho que ver con la gestión y los usos del agua, motivo por el que le dedicamos este pequeño apartado. Incluso puede condicionar dichos usos, y entre ellos el riego, ya que la citada directiva europea obliga a la conservación y a evitar un mayor deterioro del observado en las diferentes masas de agua. Para este apartado, se ha dividido la cuenca en tres tramos.

Cabecera – Las Torcas

Sufre presiones significativas, con una importante carga ganadera, tanto de ganado porcino como de explotaciones de gallinas, como en el caso de Villarreal de Huerva. Además, cuenta con la existencia de azudes, pudiendo llegar a secar el cauce.

Los indicadores biológicos indican que, en general, el estado de la masa de agua es entre bueno y muy bueno y, por tanto, se cumplen los objetivos medioambientales de la Directiva Marco del Agua. Sin embargo, en los momentos del año de mayor estiaje y en algunos tramos especialmente afectados por la derivación de agua para riego, puede llegar a no alcanzarse el buen estado

Las Torcas – Embalse de Mezalocha

Existen vertidos de abastecimientos urbanos de una población equivalente menor de 2.000 habitantes, zonas de secano importantes, extracciones de agua para abastecimiento y pequeños regadíos de la vega, con azudes.

Los datos de calidad del río ponen de relieve que el estado biológico no siempre cumple los objetivos ambientales de la Directiva Marco del Agua. En ocasiones se han dado problemas de mortandad de peces debido a que los caudales son excesivamente reducidos.

Embalse de Mezalocha – Desembocadura

Las principales presiones son los vertidos, la existencia de una importante actividad industrial, algunas de ellas con sustancias peligrosas, la existencia de azudes y protecciones de márgenes. Problema de constricción del cauce natural por las urbanizaciones y polígonos industriales, especialmente en el tramo más bajo.

Serios problemas tanto en la calidad fisicoquímica como ecológica, deteriorándose notablemente a partir de Botorríta. La masa de agua no cumple los objetivos medioambientales de la Directiva Marco del Agua.

5.2.2. Embalses:

La cuenca del río Huerva, cuenta con dos embalses: El embalse de Las Torcas, en el término municipal de Tosos, y el embalse de Mezalocha, ubicado en el municipio con el mismo nombre. Ambos embalses están destinados al regadío.

Embalse de Las Torcas: Tiene una capacidad de 6,669 Hm³ tras las obras realizadas después de las inundaciones de 2003, en las que se redujo la capacidad que era de 7,6 Hm³ y está ubicado en el tramo medio del río Huerva. Se terminó en 1945, es propiedad del estado y sirve agua para unas 1961 Ha. de regadío (Según el Plan Hidrológico del río Huerva, 2006). Se han realizado varios planes de recrecimiento que podrían permitir doblar su capacidad. En el año 2018 desembalsó un total de 24,58 Hm³, datos extraídos del SAIH Ebro.

Embalse de Mezalocha: Tiene una capacidad de 4 Hm³. Es propiedad del Sindicato de Regantes del río Huerva. El destino principal es el regadío. Se terminó el embalse actual en 1906. En el año 2018 desembalsó un total de 12,24 Hm³.

Evidentemente, estos dos “pequeños embalses” son la clave para la puesta en regadío de distintos sectores de la cuenca del Huerva. Por tanto, todo el análisis posterior de zonas regadas estará basado en la disponibilidad de agua que ofrezcan estos dos embalses.

5.2.3. Acuíferos:

Son varios los acuíferos definidos en el interior de los límites de la cuenca del río Huerva. Se relacionan a continuación haciendo una sucinta referencia a su distribución (Fig. 7) y a su estado de conservación en función de las presiones recibidas.

Masa de agua subterránea Oriche – Anadón:

Esta masa de agua no sufre presiones significativas y no presenta riesgo de no cumplir los objetivos ambientales. Las actividades agrarias en su mayoría están destinadas a la agricultura de secano.

Masa de agua subterránea Huerva – Perejiles:

Esta masa de agua no sufre presiones significativas. La mayor parte del suelo agrícola está ocupado por cultivos de secano. Los regadíos están limitados a las vegas del Huerva y sus afluentes, habiendo numerosas captaciones mediante pozos de escasa profundidad en terrenos aluviales que se destinan al riego.

Masa de agua subterránea Sierras Paleozoicas de la Virgen y Vicort:

Presiones poco relevantes. Agricultura de regadío reducida a pequeñas partes del aluvial del río, de reducida extensión y carentes de continuidad

Masa de agua subterránea Campo de Cariñena:

Esta masa de agua sufre presiones pudiendo estar en riesgo de no alcanzar los objetivos químicos. Además hay una importante presión derivada de una creciente agricultura de regadío, como es el viñedo de vino y frutales. Esto conlleva la existencia de numerosos pozos.

Masa de agua subterránea Aluvial del Ebro – Zaragoza:

Significativas presiones. Está en riesgo de no alcanzar los objetivos químicos debido a la existencia de contaminación difusa. Gran crecimiento del suelo residencial e industrial. Existencia de numerosos pozos en el aluvial, a escasa profundidad. Mala calidad natural de las aguas subterráneas debido a la excesiva concentración de sales.

En resumen, se puede decir que las presiones sobre los acuíferos existentes en la cuenca son bastante reducidas o nulas en aquellos ubicados en el tramo alto de la cuenca. La situación cambia diametralmente en los acuíferos situados en los tramos medio y bajo de la cuenca, en relación directamente proporcional con el incremento de las hectáreas regadas.

MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEAS

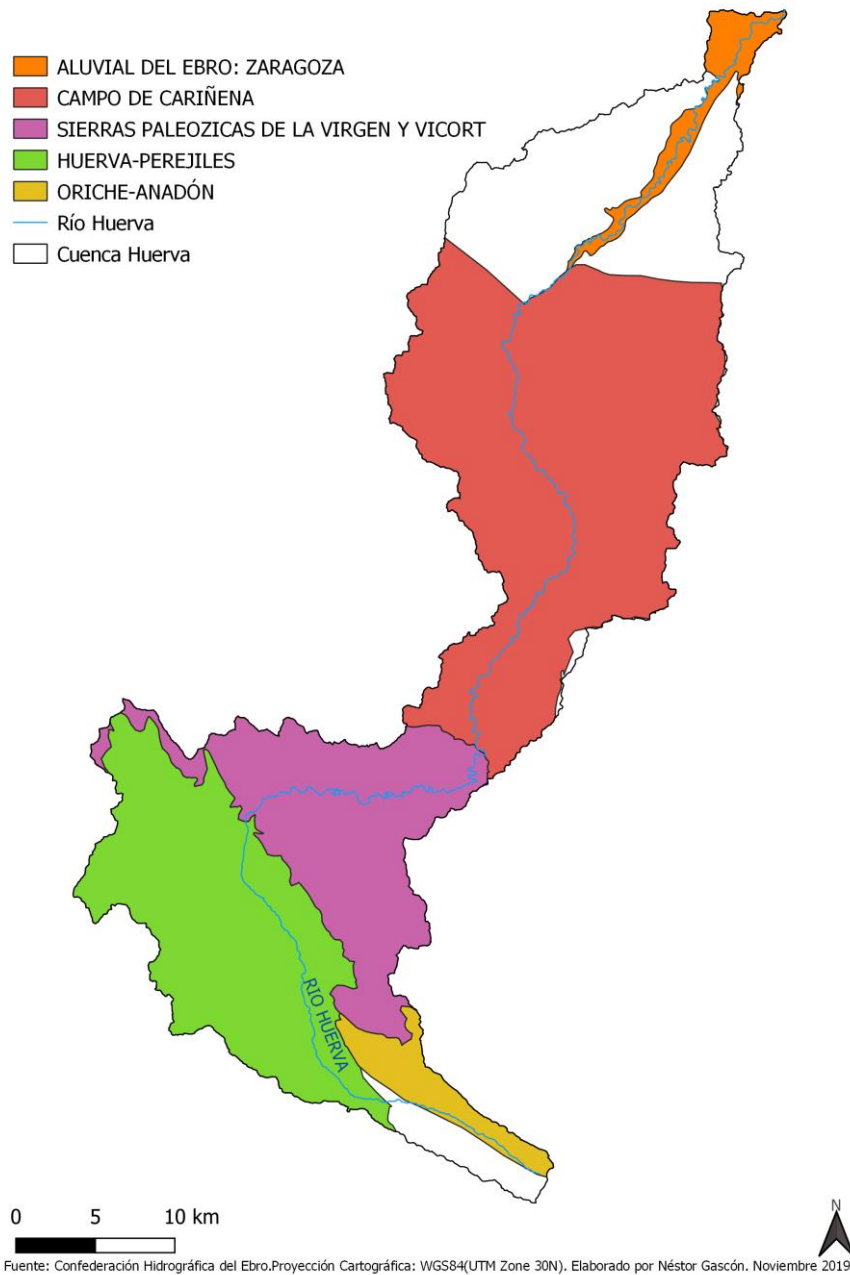


Figura 7: Masas de agua subterráneas de la cuenca

5.2.4. Abastecimiento mancomunado:

Desde el embalse de Las Torcas, existe una derivación para el abastecimiento de varias localidades, como son: Aguilón, Fuendetodos, La Puebla de Albortón, Valmadrid y Villanueva de Huerva.

5.3. Agricultura:

En la zona de estudio, según datos del catastro, hay un total de 51208,20 Ha. destinadas al cultivo, donde hay dos tipos: Secano y regadío.

PARCELAS DE CULTIVO (SECANO Y REGADÍO) ZONA DE ESTUDIO, 2018

(Parcelas de cultivo según el Catastro)

Elaborado por Néstor Gascón Felipe para C.H.E.
Fuentes: C.H.E., Ministerio de Hacienda, IGN, Copernicus.
Proyección: WGS84 / UTM Zona 30N

	Superficie (Ha)	Parcelas
CULTIVOS TOTALES	51208,20	38565
CULTIVOS SECANO	48595,28	31448
CULTIVOS REGADÍO	2612,92	7117

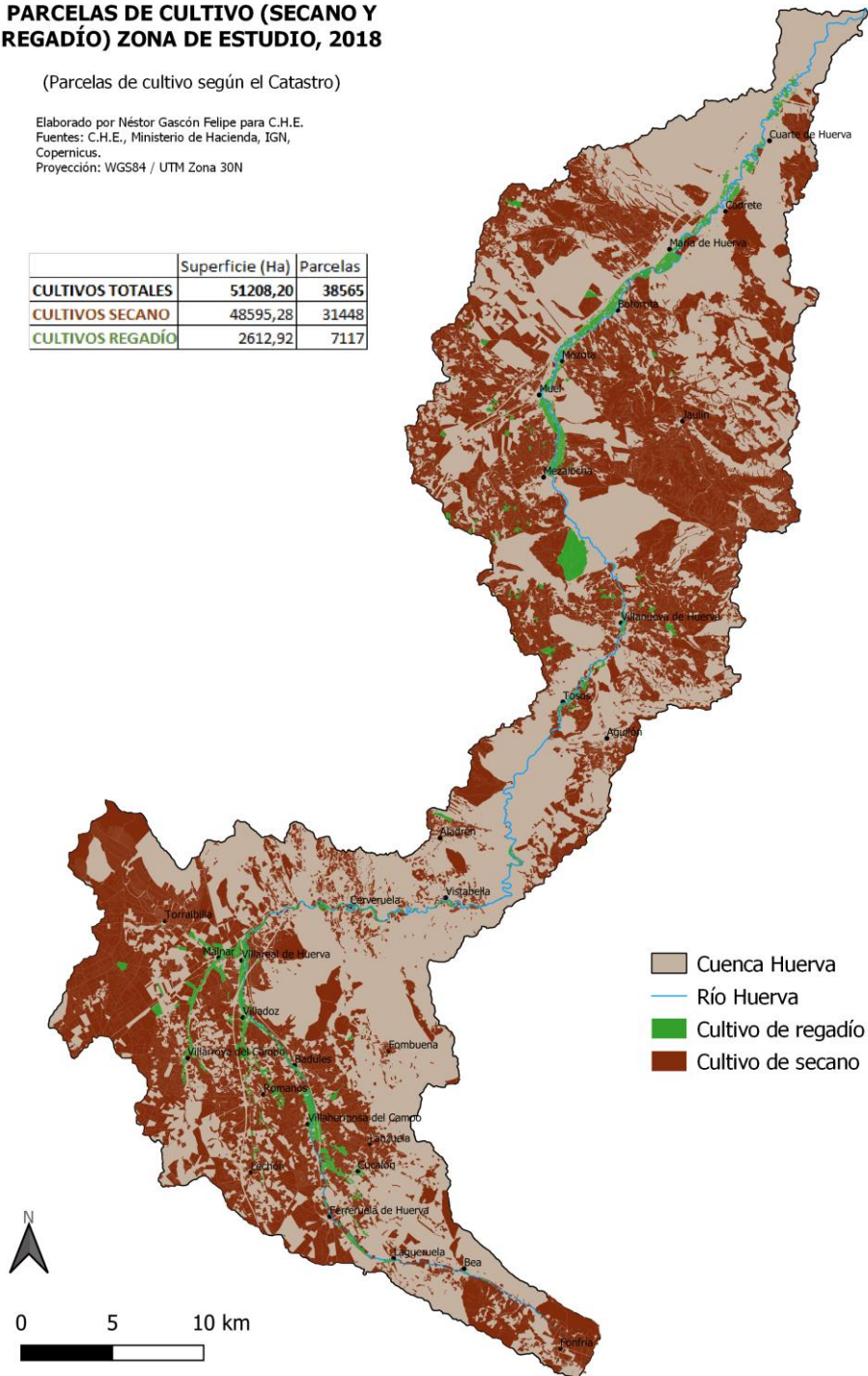


Figura 8: Cartografía de los cultivos de secano y regadío de la cuenca

La mayor parte de la tierra destinada al cultivo en esta zona, está destinada al secano con una superficie de 48595,28 Ha (un 94,90 % de la superficie de cultivo). Por otra parte, también hay zonas de regadío, aunque ocupando menor superficie, apenas 2612,92 Ha. (un 5,10 % de la superficie de cultivo), especialmente en las vegas del río Huerva o de algún pequeño afluente (Fig. 8).

Entre los cultivos de secano, domina el cultivo de cereal, especialmente en la parte alta de la cuenca, en las llanuras del Campo de Romanos. Además de olivos, almendros y vid. Sobre esta última, destacar que algunos de los municipios del área de estudio pertenecen a la Denominación de Origen Protegida del Campo de Cariñena, o por ejemplo, a la finca Aylés, en el término municipal de Mezalocha, donde se produce el vino de pago, Pago de Aylés. En cuanto al cultivo de regadío, destaca el destinado a la huerta, especialmente de consumo familiar, así como algunos cultivos de leñosas de regadío, ya que en los últimos años se han cultivado parcelas de vid en zonas de regadío próximas al río Huerva. También ha aumentado el cultivo de cereal de regadío en el tramo alto, en el Campo de Romanos, donde alterna con el cultivo de secano.

5.4. Clima: Temperaturas y precipitaciones

La cuenca del río Huerva, tiene una precipitación media de 411 mm/año para el periodo 1920-2002, según recoge el informe del Plan Hidrológico Piloto del Río Huerva, variando de los 463 mm/año en las zonas de cabecera hasta los 341 mm/año en la desembocadura. El máximo de precipitaciones se da en los meses de primavera, especialmente entre abril y junio. Mientras, por el contrario, el mínimo se produce en los meses de febrero y de julio. Con lo cual es un régimen mediterráneo de máximo primaveral afectado por una fuerte “continentalización”.

Estos valores de precipitación anual relativamente bajos hacen prever una disponibilidad de caudal también baja. De modo que no cabe esperar que habitualmente la cantidad de agua que discurre por la red de drenaje de la cuenca del río Huerva sea elevada.

La temperatura media, oscila entre los 10°C en cabecera a los 15°C en desembocadura, dándose las mayores temperaturas en los meses de verano, especialmente en julio y agosto, mientras las temperaturas mínimas se dan en invierno, diciembre y enero.

Si a la estacionalidad de las precipitaciones añadimos el marcado ascenso de los valores de temperatura en verano, no debe extrañarnos que el caudal natural del río Huerva durante el estío sea bajo. Eso sí, durante una parte de esta estación, el agua que discurre por el cauce es más de la que correspondería en régimen natural, ya que los desembalses de agua para riego son destacados. Eso conduce a una importante alteración del régimen fluvial del Huerva tanto en su tramo medio como en el bajo, conservando exclusivamente su naturalidad en el tramo alto.

5.5. Población:

La cuenca, desde la perspectiva de su población, se puede dividir en dos tramos: desde la cabecera hasta el embalse de Las Torcas, y desde el mismo embalse hasta la desembocadura en Zaragoza.

En el primer tramo, se encuentra la zona con mayor altitud, y los municipios con menor población. En ellos la actividad principal es la agricultura, especialmente en las llanuras del Campo de Romanos, el cual se encuentra dividido por la Autovía Mudéjar y por la línea ferroviaria que une Zaragoza con Valencia. La mayor parte de la población en los pueblos de cabecera son personas de la tercera edad. En el mencionado Campo de Romanos, hay mayor complejidad y dinamismo demográfico, destacando la población inmigrante que trabaja para las empresas agrícolas y ganaderas que hay en la zona, lo cual permite mantener o incluso ganar población, y bajar la edad media de algunos municipios de forma considerable.

Los municipios más próximos al Embalse de las Torcas, tienen características similares a los de cabecera, si bien es cierto existen numerosos alojamientos de turismo rural, y en el caso de Cerveruela, llama la atención lo que ha aumentado la población en los últimos años, con la llegada de pobladores “neorrurales” para trabajar en el municipio con diferentes tareas.

En el segundo tramo, los municipios se encuentran en las márgenes del propio río, teniendo mayor población en cuanto este se acerca a su desembocadura debido a la cercanía de la ciudad de Zaragoza. En este tramo más bajo, la presencia de industria se asocia a la de población joven.

Entre los dos embalses, la actividad predominante es el cultivo de la vid, además de la huerta de consumo propio, la cual es de una alta calidad debido a los suelos arcillosos de la zona. La población está en descenso pero menos acusado que el de la zona de cabecera. También es importante la población inmigrante activa para trabajar en agricultura y en la construcción, además de en el sector servicios.

A partir de Muel, la población crece en todos los municipios debido a la cercanía con Zaragoza y las buenas conexiones gracias a la Autovía Mudéjar. Además de la cercanía de la ciudad, lo cual permite que la población joven pueda mudarse a estos pueblos debidos a los bajos precios de las viviendas comparadas con las viviendas urbanas, también la instalación de industria en el corredor del Huerva propicia un gran aumento y rejuvenecimiento de la población.

Municipios:

La cuenca cuenta con cuarenta y nueve municipios, aunque algunos tienen una presencia podría decirse que testimonial, con lo que no van a tener significación a la hora de realizar este trabajo, pues ni siquiera tienen zonas cultivadas ni cultivables en el área de estudio (Tabla 1).

PROVINCIA	MUNICIPIO	POB. 2018	SUP.(Ha.) CUENCA	POB.1999	VARIA.
Zaragoza					
	Aguilón	235	2.477,43	277	42
	Aladrén	52	1.642,83	62	10
	Anento	95	407,82	102	7
	Badules	83	2.008,91	116	33
	Botorríta	498	1.981,02	487	11
	Cadrete	3891	1.185,66	1572	2319
	Cerveruela	35	2.342,17	6	29
	Codos	183	7,58	287	104
	Cuarte de Huerva	13055	894,67	1760	11295

Encinacorba	189	6,72	321	132
Fombuena	54	2.631,72	20	34
Fuendetodos	121	744,92	175	54
Herrera de los Navarros	506	2.083,40	611	105
Jaulín	237	4.583,01	305	68
Langa del Castillo	132	1.960,96	190	58
Lechón	53	1.716,06	53	0
Longares	763	722,43	884	121
Luesma	34	711,86	23	11
Mainar	151	3.392,27	185	34
Manchones	98	79,56	159	61
María de Huerva	5663	10.771,48	922	4741
Mezalocha	240	6.063,76	315	75
Mozota	130	868,16	114	16
Muel	1333	5.862,95	1105	228
Muela, La	5479	3.843,99	1205	4275
Nombrevilla	29	1.030,13	35	6
Paniza	634	376,76	711	77
Retascón	74	1.849,63	77	3
Romanos	119	1.953,31	146	27
Torralbilla	61	2.551,63	71	10
Tosos	180	3.817,31	203	23
Valmadrid	112	27,34	68	44
Villadoz	88	1.718,44	86	2
Villanueva de Huerva	463	7.834,53	593	130
Villarreal de Huerva	274	2.712,12	177	97
Villarroya del Campo	68	1.688,91	89	21
Vistabella	49	2.180,88	35	14
Zaragoza	666880	7.149,12	603367	63513
Teruel				
Allueva	29	4,12	13	16
Bádenas	20	15,80	24	4
Bea	31	2.266,44	44	13
Calamocha	4319	0,21	4055	264
Cucalón	80	2.780,14	77	3
Ferreruela de Huerva	63	1.422,79	86	23
Fonfría	28	1.314,93	33	5
Lagueruela	78	1.345,61	70	8
Lanzuela	24	1.040,09	30	6
Loscos	129	44,77	220	91
Villahermosa del Campo	94	1.919,92	98	4
TOTAL		106.036,29		

Tabla 1: Población en 2018 y 1999 de los municipios y superficie que ocupan en la cuenca. En la última columna los números en rojo indican retroceso de la población y en verde incremento (1999-2018). Datos obtenidos del INE.

POBLACIÓN POR MUNICIPIO (INE 2018)

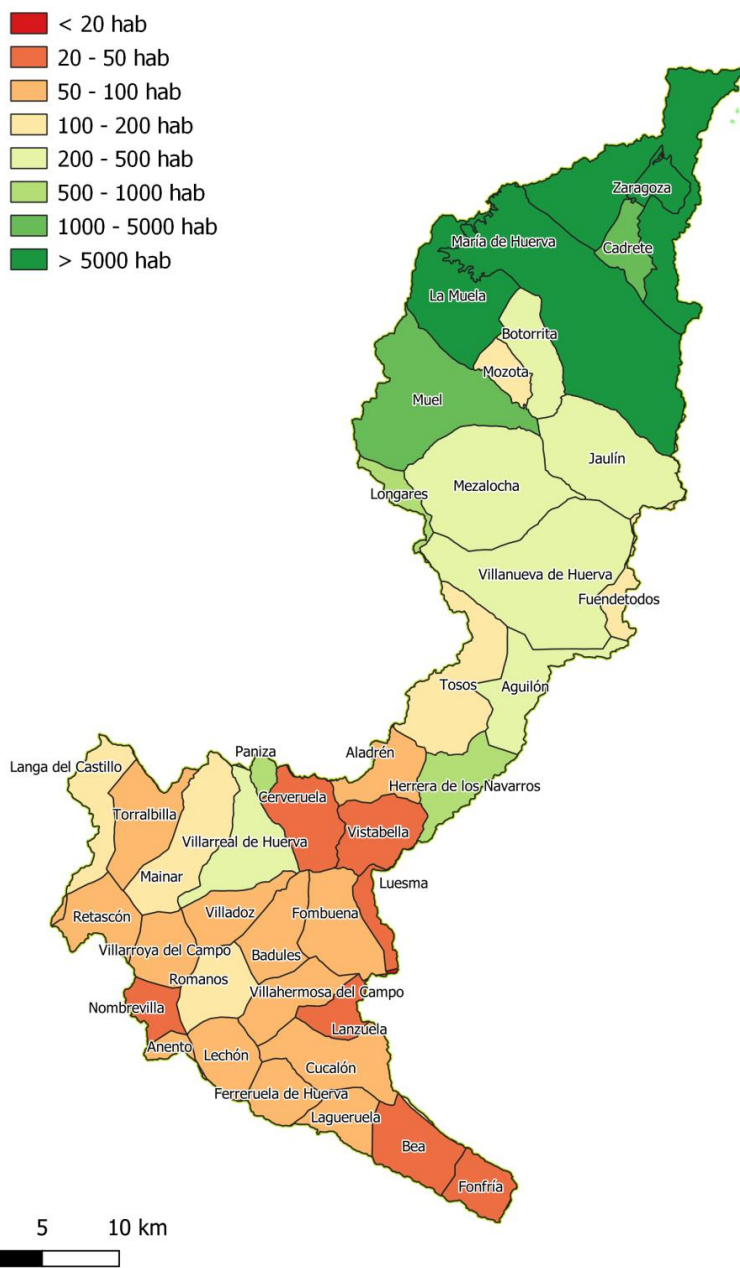


Figura 9: Población por municipios en el año 2018

En cuanto a los datos poblacionales, excluyendo Zaragoza y Calamocha, hay 47 municipios, de los cuales 39 tienen menos de 500 habitantes según los datos provisionales del INE a fecha 1 de enero de 2019, los cuales son el 83% del total de municipios de la cuenca. De estos, 16 (76,6%) tienen entre 500 y 100 habitantes, mientras que 23 (48,95) no llegan a 100 habitantes.

POBLACIÓN	ESPAÑA (2019)	Edad Prov. Zaragoza (2018)	Edad Prov. Teruel (2018)	Edad Zona Estudio (2018)
100-500	52,67	53,55	59,9	56,7
<100	57,78	56,04	54,2	55,1

Tabla 2: Edad media por rango de población en España y la zona de estudio

La edad media en España, a 1 de enero de 2019, es de 43,35 años, mientras en los municipios de la zona de estudio que tienen una población inferior a 500 habitantes es de 55,9 años, lo cual es un gran indicador de la tipología de la zona rural. Comparando la población de la cuenca del río Huerva entre los municipios con una población entre 100 y 500 habitantes, y los que la tienen inferior a 100 habitantes, con los de similar rango de todo el territorio español, se puede observar, que en el primer grupo de municipios, la edad media es mayor en la zona de estudio (56,7 años frente a 52,67) mientras que en los segundos municipios la edad media es menor en la zona de estudio (55,1 frente a 57,78) (Tabla 2).

Además, la cuenca se divide en dos territorios bien diferenciados (Fig. 9): las poblaciones situadas entre el embalse de las Torcas y la desembocadura (sin contar la ciudad de Zaragoza) y los municipios entre el mismo embalse y la cabecera de la cuenca (sin contar Calamocho).

Embalse de Las Torcas – desembocadura:

15 municipios, con un total de 32.400 habitantes, el 89,9% del total de la cuenca, y una superficie de 51678,65 hectáreas, el 52,3%, siendo la densidad poblacional 62,70 habitantes por kilómetro cuadrado. La edad media es de 36,64 años, debido al crecimiento con nuevos pobladores jóvenes en los municipios de la zona baja del Huerva, próxima a Zaragoza, destacando el caso de Cuarte de Huerva.

Cabecera – Embalse de Las Torcas:

32 municipios, con un total de 3.637 habitantes, el 10,1 % del total de la cuenca, y una superficie de 47208,31 hectáreas, el 47,7%, siendo la densidad poblacional 7,70 habitantes por kilómetro cuadrado. La edad media es de 53,27 años.

Sin ninguna duda esta distribución de la población va a tener una gran relación con la presencia e importancia de las zonas regadas en diferentes sectores de la cuenca.

6. FUENTES Y METODOLOGÍA

6.1. Proceso metodológico:

La variedad de fuentes de información y técnicas para su análisis en este trabajo hace que las metodologías empleadas sean muy diversas, por ello primero se van a explicar las fuentes y su obtención, para posteriormente profundizar en la metodología aplicada en este trabajo.

Para la realización de este estudio, se ha utilizado información que aportan los datos del catastro de rústica, como son la delimitación de las parcelas y su uso, así como programas informáticos para la generación de cartografía y tratamiento de imágenes satélite como es el sistema de información geográfica de software libre QGIS. Las imágenes de satélite, se han descargado de manera gratuita desde el centro de descargas del programa “Copernicus” de la Agencia Espacial Europea. Estas imágenes, ya están listas para utilizarse, por lo que no es necesario utilizar ningún programa para la corrección de factores que influyen en este tipo de imágenes, como puede ser la influencia de la atmósfera terrestre.

Con la combinación de toda esta información, imágenes y herramientas, que se detallan en mayor medida a continuación (Fig. 10), se ha logrado llegar al resultado propuesto en este trabajo. Para obtener ese resultado final, se ha tenido en cuenta el método de trabajo del programa Spider Center-SIAR (Servicio Integral de Asesoramiento al Regante) en cuanto a la cartografía de los diferentes tipos de cultivos de regadío, con la leyenda que ellos utilizan. Dicho programa ha realizado trabajos pilotos en algunas zonas del territorio español. Para la definición del tipo de cultivo específico de regadío existente en cada punto, así como para concretar si es un cultivo actualmente regado o no, se han utilizado tanto el tratamiento de las imágenes y fotointerpretación de estas, como un índice de vegetación, el NDVI.

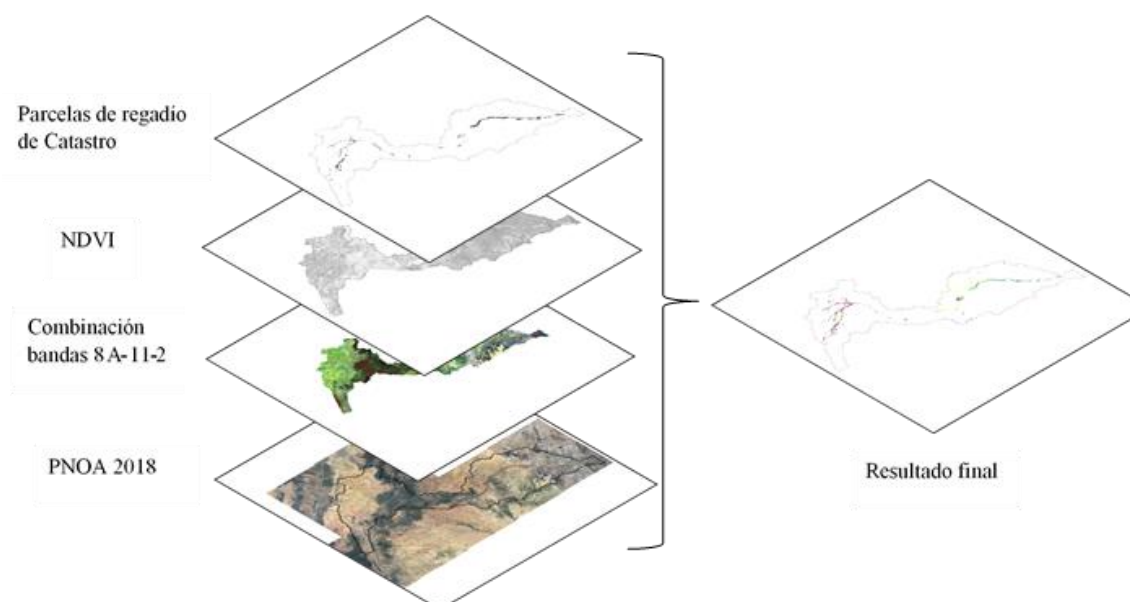


Figura 10: Representación de las capas utilizadas para obtener el resultado final.

6.2. Fuentes de información

Para la realización de este trabajo, además de utilizar específicamente aquellas fuentes de información para la descarga de datos necesarios, tratamiento y su posterior análisis para la obtención de los resultados por el método que se consideraba como hipótesis más adecuado, también se han usado otras fuentes de información cuyos datos y tratamiento permiten comparar el modelo que se expone en este trabajo, con otros modelos ya existentes. Las fuentes son las siguientes:

Capas catastrales:

La adquisición de estos datos, del año 2018, se ha realizado mediante descarga desde la Sede Electrónica Catastral, dependiente del Ministerio de Hacienda. Estos, son los utilizados en la Oficina de Planificación Hidrológica de la Confederación Hidrográfica del Ebro a la hora de conocer las parcelas de regadío que hay en su cuenca. Han sido facilitados para la elaboración de este trabajo por José Ángel Losada García, de la CHE. Concretamente, la información recibida, compuesta por una capa (en formato “shapefile”) con polígonos representativos de las parcelas, y de tablas con la información geométrica de estas, ha sido la siguiente:

- Agrupaciones de parcelas (manzanas de urbana y polígonos de rústica).
- Parcelas catastrales.
- Descripción de los códigos de cultivo.
- Código de cultivo o aprovechamiento de cada “subparcela” de cultivo.
- “Subparcelas” de cultivo (zonas de igual cultivo o aprovechamiento dentro de una parcela).

Imágenes:

La obtención de imágenes, se ha efectuado utilizando el servidor de la Agencia Espacial Europea (en adelante “ESA” por sus siglas en inglés) Copernicus Open Access Hub, donde están disponibles las imágenes Sentinel-2A y Sentinel-2B, las cuales ya están corregidas radiométricamente, lo cual permite el uso de estas sin tener que realizar todas esas correcciones. El trabajo, necesita de imágenes de diferentes periodos separados en el tiempo, debido a que se pretende conocer la superficie regada en el año 2018 al menos una vez, año para el que se dispone de imágenes de varias fechas repartidas a lo largo del mismo.

Además de la descarga de las imágenes satélite para interpretar el área de estudio mediante la teledetección, también se ha apoyado este trabajo en las imágenes del PNOA de máxima actualidad, año 2018, con una resolución de 0’25 metros. Estas imágenes son accesibles desde la sección “centro de descargas” de la página web del Centro Nacional de Información Geográfica (en adelante “CNIG”).

CORINE Land Cover, 2018:

Es el mapa de ocupación del suelo correspondiente al proyecto europeo del mismo nombre, con una nomenclatura de 44 clases. Este proyecto, es responsabilidad desde 1995 de la Agencia Europea del Medio Ambiente con el objetivo fundamental de obtener una base de datos europea de ocupación del suelo a escala 1:100.000, útil para el análisis territorial y la gestión de políticas europeas. (Centro Nacional de Información Geográfica, Ministerio de Fomento).

SIOSE 2014:

Es el Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España, integrado dentro del Plan de Observación del Territorio (PNOT) cuyo objetivo es generar una base de datos de Ocupación del Suelo para toda España a escala de referencia 1:25.000, integrando la información disponible de las Comunidades Autónomas y la Administración General del Estado. (Ministerio de Fomento)

Plan Hidrológico del Río Huerva:

Este documento, se realizó desde la Confederación Hidrográfica del Ebro en el ámbito de la Directiva Marco del Agua para la elaboración del Plan Hidrológico de la cuenca del Ebro aprobado en el año 2009. Recoge con la propuesta de actuaciones concretas a llevar a cabo para conseguir tanto el buen estado del dominio público hidráulico, la satisfacción de las demandas de agua y el equilibrio y armonización del desarrollo regional y sectorial.

SPIDER-CENTER – SIAR:

Es un proyecto que realiza el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, con la Subdirección General de Regadíos y Economía del Agua, Centro Nacional de Tecnología de Regadíos, Grupo Tragsa y la Universidad de Castilla-La Mancha. Este proyecto está encaminado en la innovación en el regadío para obtener un uso más eficiente del agua integrando la Red SIAR, Teledetección y SIG.

La Red SIAR está formada por estaciones meteorológicas y es un sistema de información agroclimática para el regadío.

Este proyecto, comenzó a publicar sus resultados para el año 2014, teniendo además los resultados de los años posteriores: 2015 y 2016, con los cuales se comparan los obtenidos en este trabajo sobre la cuenca de estudio del río Huerva.

La obtención de estas capas ha sido a través de las prácticas realizadas en la Confederación Hidrográfica del Ebro gracias a la aportación de José Ángel Losada García, donde la CHE tiene disponible esta información y me ha dado acceso a ella.

Encuesta sobre Superficies y Rendimientos Cultivos (ESYRCE):

Se realiza con periodicidad anual desde el año 1990 en colaboración con los Servicios Estadísticos de las Comunidades Autónomas. Se basa en una investigación en campo, en la que se toma información directamente a pie de parcela en una muestra georreferenciada del territorio nacional, realizada en los meses de mayo a agosto. Los resultados obtenidos constituyen una fuente de datos objetiva que complementa otras informaciones estadísticas del Ministerio para la obtención de los datos oficiales, que se publican posteriormente en el Anuario de Estadística del Ministerio correspondiente.

6.3. Tratamiento de la información

Capas catastrales:

Una vez adquirida toda la información necesaria para cada municipio que integra la cuenca del río Huerva, se ha extraído y se han unido los ficheros de formato “shapefile”, en concreto de la

capa llamada :”Subparcela”, que es la que contienen la información de forma y coordenadas de cada parcela para así formar una única capa con todos los municipios. Tras ello, se han incorporado las tablas “Rusubparcela” (unida a “Subparcela” por el campo “REFCAT”) y “Rucultivo” (unida a “Rusubparcela” por el campo “CC”) con todos los datos a la capa con las parcelas de todos los municipios (Fig.11). Así pues, se han seleccionado solamente las parcelas declaradas como parcelas de regadío (Fig.12).

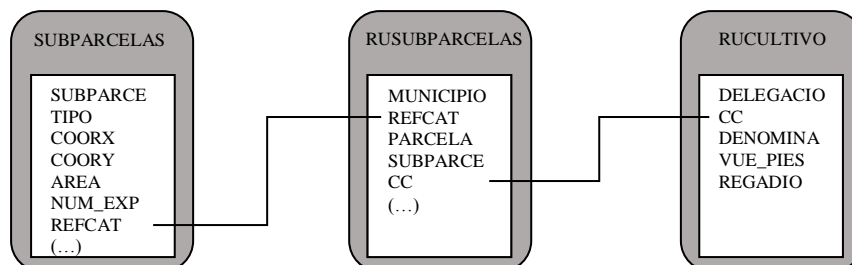


Figura 11: Unión de información de las tablas catastrales por campos

De esta manera, ya se dispone de todas las parcelas catastrales de regadío, las cuales son las que hay que analizar una por una para conocer si realmente se riegan al menos una vez al año.

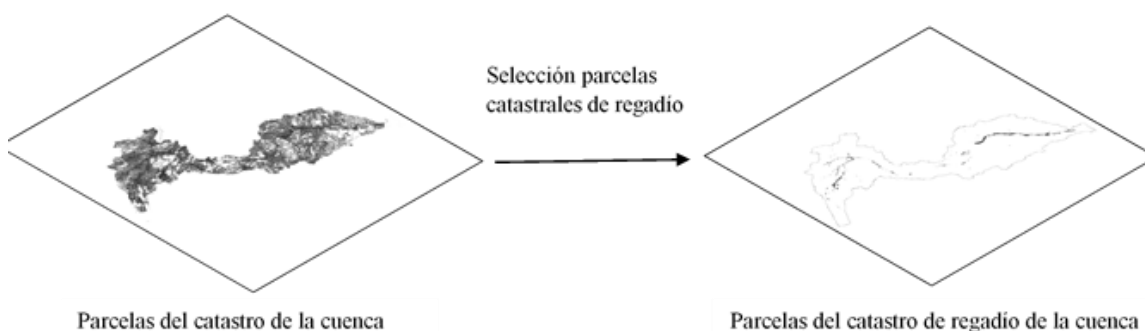


Figura 12: Selección parcelas de regadío.

Imágenes:

Mediante la teledetección, se han utilizado diferentes imágenes para la realización de este trabajo. La teledetección aplicada a la observación de la Tierra: Es la interpretación y comprensión de medidas realizadas por instrumentos remotos de la radiación electromagnética reflejada desde o emitida por objetos en las superficies terrestres, oceánicas o glaciares de la Tierra o de la propia atmósfera (Mather 2004).

El espectro electromagnético (Fig.13) es la organización de energía en bandas según la longitud de onda o frecuencia, (Chuvienco E., 1990) está constituido por:

- los rayos gamma, X, ultravioletas...
- espectro visible (percibido por nuestro ojo) de 0,4 a 0,7 μm . Es la longitud de onda en la que se produce la mayor radiación solar. En función de los colores asociados a estas longitudes de onda se divide en:
 - o azul (0,4 a 0,5 μm)
 - o verde (0,5 a 0,6 μm)
 - o rojo (0,6 a 0,7 μm)

- infrarrojo próximo, reflejado (0,7 a 1,3 μm), fotográfico (0,7 a 0,9 μm);
- infrarrojo medio (1,3 a 8 μm), convergen reflexión de luz solar y emisión, de 1,3 a 2,5 μm SWIR (Short Wave Infrared);
- infrarrojo térmico (8 a 14 μm , de carácter emitido);
- microondas-radar (desde 1 m);
- radar y longitudes de onda empleadas en telecomunicaciones (en m o km).

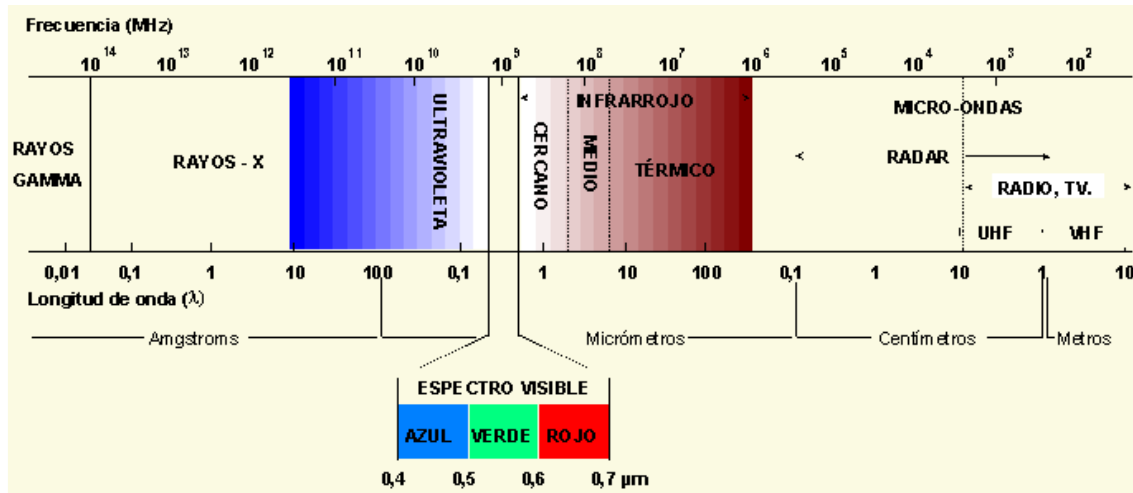


Figura 13: Espectro electromagnético (Chuvieco E., 1996).

Sentinel-2:

La misión Sentinel-2 fue lanzada desde dos satélites. El primero, el Sentinel-2A, fue lanzado el 23 de junio de 2015 en el cohete espacial Vega, mientras que el satélite Sentinel-2B, fue lanzado el 7 de marzo de 2017, también en el cohete espacial Vega. Todavía está en activo.

La órbita es heliosincrónica, con una altitud de 786 kilómetros Y una inclinación de 98'62 grados Período de revisita de 10 días cada satélite, lo cual hace que sea cada 5 días, descendiendo a 2-3 días en latitudes medias. Pasando por el nodo descendiente a las 10:30 a.m. hora local.

Sentinel-2, tiene trece bandas espectrales, las cuales son las siguientes:

- Banda 1: Visible, ultra azul, costa y aerosol (longitud de onda central 0'443 μm), 60 metros de resolución de píxel.
- Banda 2: Visible, azul (longitud de onda central 0'490 μm), 10 metros de resolución de píxel.
- Banda 3: Visible, verde (longitud de onda central 0'560 μm), 10 metros de resolución de píxel.
- Banda 4: Visible, rojo (longitud de onda central 0'665 μm), 10 metros de resolución de píxel.
- Banda 5: Infrarrojo próximo (longitud de onda central 0'705 μm), 20 metros de resolución de píxel.
- Banda 6: Infrarrojo próximo (longitud de onda central 0'740 μm), 20 metros de resolución de píxel.

- Banda 7: Infrarrojo próximo (longitud de onda central 0'783 μm), 20 metros de resolución de píxel.
- Banda 8: Infrarrojo próximo (longitud de onda central 0'842 μm), 10 metros de resolución de píxel.
- Banda 8A: Infrarrojo próximo (longitud de onda central 0'865 μm), 20 metros de resolución de píxel.
- Banda 9: SWIR (longitud de onda central 0'940 μm), 60 metros de resolución de píxel.
- Banda 10: SWIR (longitud de onda central de 1'375 μm), 60 metros de resolución de píxel.
- Banda 11: SWIR (longitud de onda central de 1'610 μm), 20 metros de resolución de píxel.
- Banda 12: SWIR (longitud de onda central de 2'190 μm), 20 metros de resolución de píxel.

Información obtenida de: Sentinel-2 User Handbook.

Las imágenes Sentinel-2 seleccionadas son las siguientes: Primavera, el día 9 de mayo de 2018. Para primavera-verano, se ha seleccionado la imagen del día 23 de junio de 2018, para los cultivos de verano se ha elegido la fecha del 2 de agosto de 2018 y finalmente, para los cultivos de otoño-invierno se ha escogido la imagen del día 12 de diciembre de 2018.

Además, se ha intentado escoger una imagen de cada mes para poder observar lo más fidedignamente posible la curva de la fenología de cada tipo de cultivo. Si bien es cierto que no en todos los meses había alguna imagen disponible, debido a la presencia de nubes en gran parte de las imágenes, lo cual imposibilita la tarea (Tabla 3). Para comparar las imágenes con las de otros años, se han seleccionado imágenes del año 2017 y 2019, para poder aproximarse más a un resultado más real, pues hay parcelas que no se riegan durante todo un año debido a que se ha dejado en barbecho, con lo cual otros años sí que se riegan.

Composición de color (RGB):

La composición de color (RGB) es la composición de los colores primarios de la luz (Rojo, Green, Blue). De esta manera, permitimos percibir los colores tal como los vemos con nuestros ojos. En cambio, se puede modificar la longitud de onda de la composición para poder observar mediante la teledetección diferentes cubiertas terrestres, marítimas, glaciares, estado de la atmósfera, etc.

Para trabajar con las imágenes, se ha realizado la siguiente composición de colores de Sentinel-2: 8A-11-2. Así se logra ver la vegetación sana para apreciar la vegetación con un gran vigor vegetal en la fecha seleccionada, lo cual indica que está siendo regada (Fig.14).

De esta manera, se aprecian sobre la imagen, las zonas regadas con unos tonos naranjas y rojizos, destacando sobremanera del resto de la vegetación, la cual se aprecia en diferentes tonalidades de color verde, o sobre el resto de cultivos. Esto se debe a que al tener la banda del infrarrojo próximo el lugar del rojo (R) refleja la vegetación intensamente debido a la clorofila, con diferentes tonalidades para según el tipo de vegetación, cuanto más clorofila contiene, más intenso es, con unos colores naranjas y rojizos. Con la banda del SWIR en la del verde (G)

aumenta la sensibilidad para identificar el crecimiento de las plantas. Por último, la banda del azul (B) en el azul permite observar las masas de agua con unos colores oscuros, prácticamente negros.

Leyenda calendario:

Sentinel-2A	Sentinel-2B	Nubes	Sin nubes	Seleccionado
-------------	-------------	-------	-----------	--------------

ENERO 2018						
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

FEBRERO 2018						
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28				

MARZO 2018						
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	

ABRIL 2018						
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30						

MAYO 2018						
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31			

JUNIO 2018						
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	

JULIO 2018						
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31					

AGOSTO 2018						
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		

SEPTIEMBRE 2018						
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30

OCTUBRE 2018						
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

NOVIEMBRE 2018						
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30		

DICIEMBRE 2018						
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
31						

Tabla 3: Calendario con imágenes Sentinel-2 disponibles.

Para la selección de las imágenes, ha prevalecido que cada imagen sea de las siguientes épocas del año, donde puede observarse el mayor vigor vegetal para cada tipo de cultivo antes de su recolección: Primavera (abril-primer quincena de mayo) otra de primavera-verano (sobre el cambio de estación), otra de verano (final de julio o primera quincena de agosto) y otra de final de otoño para los regadíos de otoño-primavera.

De esta manera, se pueden observar diferentes tipos de cultivos de regadío de la zona. Además, la imagen ha de estar totalmente limpia de nubes en la zona de estudio. Preferentemente, se escoge la imagen Sentinel-2 ya que tiene una resolución más detallada que Landsat-8 (20 metros Sentinel-2 y 30 metros Landsat-8).

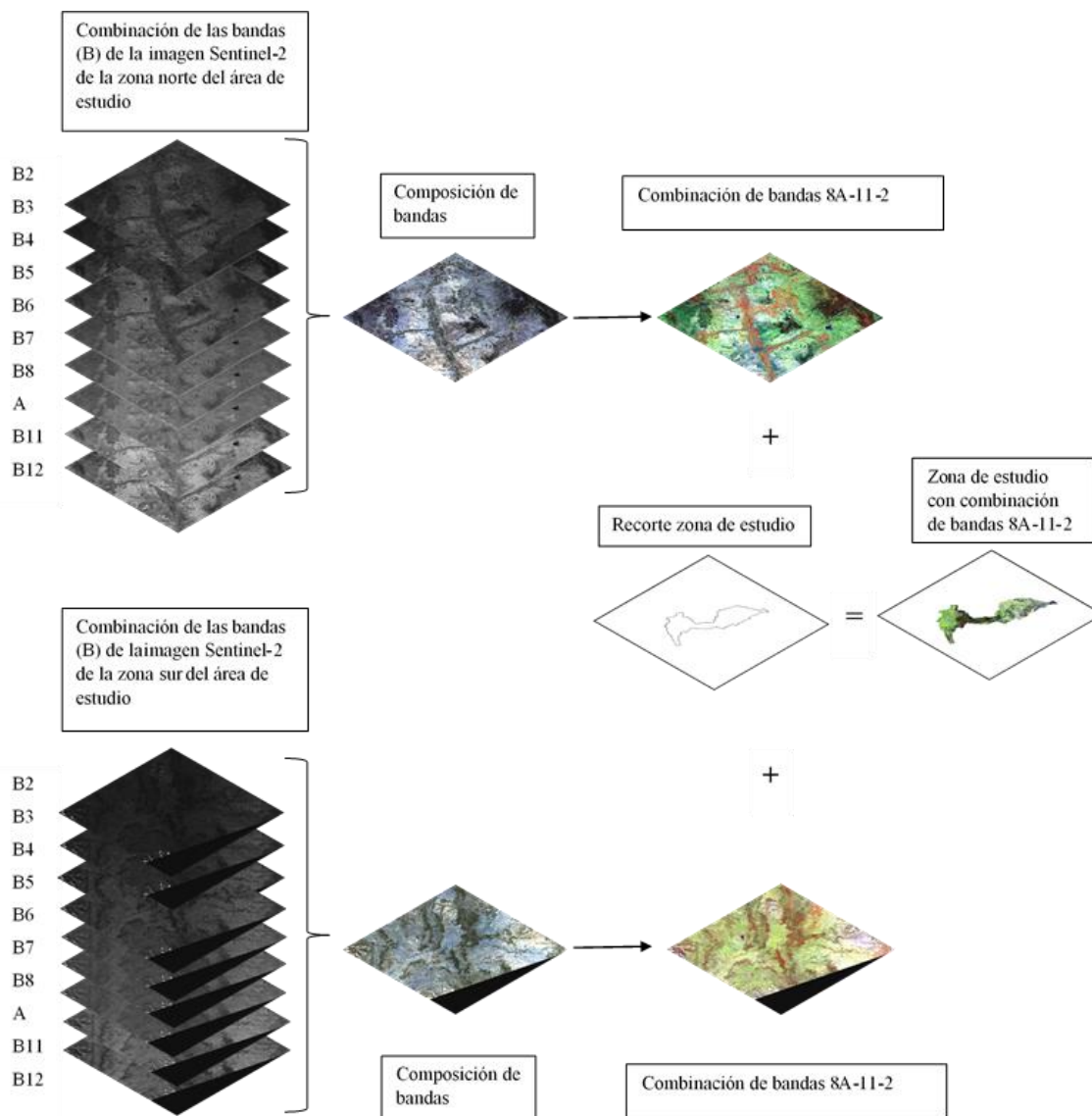
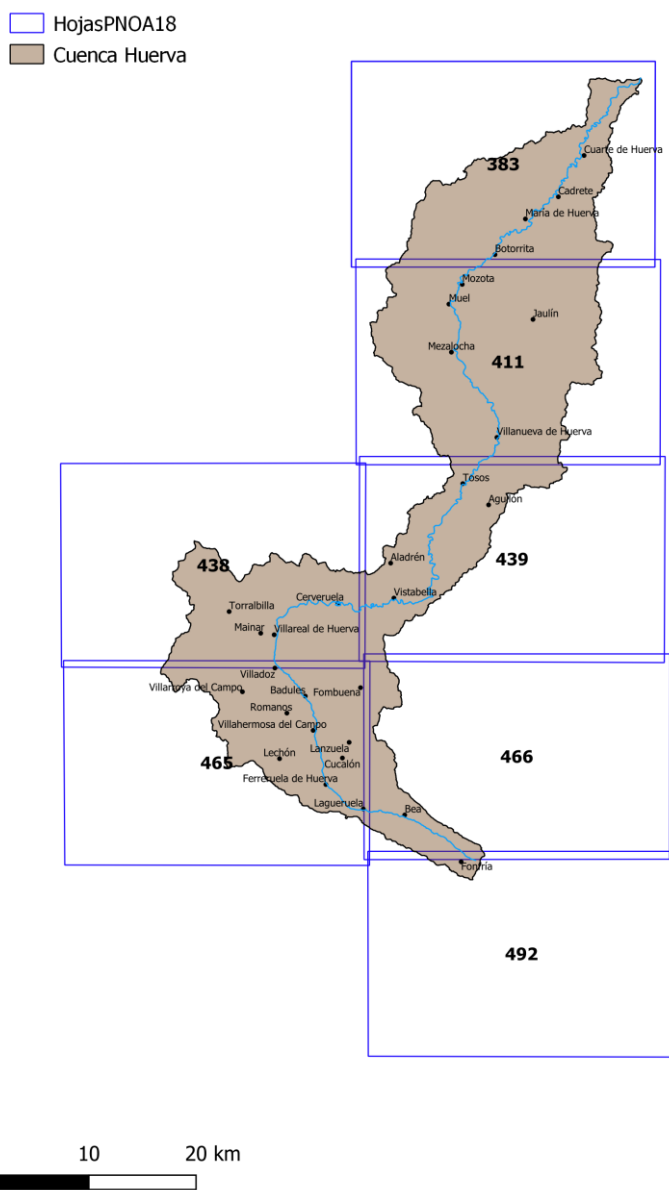


Figura 14: Proceso de combinado de imágenes para su estudio.

Además, se han utilizado ortofotos del PNOA máxima actualidad, año 2018, debido a que pueden apreciarse mejor los diferentes tipos de vegetación que hay en las zonas que tienen potencial para ser catalogadas como regables, pues puede haber zonas que aparecen como regables mediante teledetección, pero que en verdad sólo se trate de vegetación de ribera que se encuentre en parcelas que están abandonadas en la actualidad.

Para conformar el mosaico de imágenes del PNOA, ha sido necesaria la descarga de siete que cubran la totalidad del área de estudio. Son las siguientes: 383, 411, 438, 439, 465, 466 y 492. (Fig. 15)

UBICACIÓN Y NUMERACIÓN HOJAS PNOA 2018



Fuente: Instituto Geográfico Nacional, Confederación Hidrográfica del Ebro.
Proyección Cartográfica: WGS84(UTM Zone 30N). Elaborado por Néstor Gascón. Noviembre 2019

Figura 15: Ubicación hojas PNOA 2018.

CORINE Land Cover, 2018:

Con la descarga de esta capa, se ha seleccionado solamente la información concerniente al área de estudio, para tras ello seleccionar sólo los elementos que representan a zonas de regadío, que se corresponden a los códigos 212 (Terrenos regados permanentemente), 221 (Viñedos), 222 (Frutales), 223 (Olivares), ya que son los que se necesitan para el análisis y comparación.

SIOSE 2014:

En esta capa, al igual que con la anterior, se ha tomado sólo la información que requiere el área de estudio, con lo que tras ello, se han seleccionado los elementos según sus atributos que representan a zonas de regadío, que se corresponden a los códigos 32 (regadío regado) y 33 (regadío no regado).

SPIDER CENTER – SIAR:

Esta información ya se ha obtenido elaborada, solo quedaba visualizarla en el programa de visualización, QGIS en este caso. Para la elaboración de la información, han generado una cartografía de usos de suelo en regadío, a escala 30x30 m. Para su construcción, la metodología se basa en la combinación de una clasificación basada en secuencias multitemporales de imágenes NDVI, junto con el análisis e integración de múltiples fuentes cartográficas mediante herramientas SIG.

6.4. Herramientas de trabajo:

QGIS:

Una vez se tienen las imágenes, es posible visualizarlas y analizarlas desde el programa GIS. En este caso se ha utilizado QGIS 3.4 debido a que es un software libre y dispone de todas las herramientas necesarias para llevar a cabo este trabajo.

El primer paso, es construir un ráster con todas las bandas que posee cada imagen. Así se obtiene un multibanda para poder utilizar la composición de bandas deseada para el trabajo. Tras recortar el multibanda, se recorta el área de estudio, para así poder centrarse sólo en ella.

A la hora de discriminar las parcelas, se tiene en cuenta el color con las imágenes Sentinel, mientras que con la ortofoto del PNOA de 0,25 metros de resolución, nos ayuda con la rugosidad de la vegetación y la ubicación, ya que puede haber conflictos especialmente con la vegetación de ribera, la cual tiene un gran vigor vegetal tanto en primavera como verano, pero no son parcelas de regadío. Además, hay parcelas generalmente de huerta que por su pequeño tamaño, no puede discriminarse bien con las imágenes Sentinel, las cuales tienen una resolución de 20 metros. Otro problema, es la vegetación natural que crece sobre parcelas catalogadas según el catastro como regable, pero que están abandonadas, ya que en algún caso pudiera haber cultivo de frondosas, como es el caso de los chopos, pero en la mayoría de los casos se debe a vegetación salvaje que aparece en parcelas que ya no se cultivan.

Con este programa, se han elaborado todas las salidas cartográficas que como figuras o mapas aparecen en el trabajo.

Microsoft Office Excel 2013:

Tras extraer toda la información NDVI de los píxeles de cada una de las imágenes, se han tratado en esta hoja de cálculo para el análisis y visualización de estos datos para poder observar el ciclo fenológico de cada tipo de regadío. Además de agilizar los cálculos, el uso del programa Excel, permite archivar la información disponible y, si se continúa el trabajo, añadir nueva información y combinarla en el análisis con la ya existente.

6.5. Método de Identificación y Análisis de cultivos de regadíos:

Tras recopilar toda la información disponible en diversas fuentes de datos, tratar la información del Catastro y las de diferentes imágenes, e introducir todos los materiales gráficos en el soporte QGIS y la información alfanumérica en Excel, se ha definido el método concreto con el que se iba a identificar y analizar la presencia de cultivos realmente regados en la zona de estudio. El mismo contempla varios pasos y acciones.

6.5.1. Fotointerpretación:

Para la identificación de los regadíos de cada época, se ha trabajado con imágenes Sentinel 2A y 2B, nivel 2A ya que están corregidas radiométricamente, en composición RGB (8A-11-2), para cubrir los ciclos fenológicos de los cultivos de la zona, y así poder observar las parcelas que se han cultivado teniendo en cuenta el mayor vigor vegetal en cada época y zona. Para ello, se superpone sobre la imagen la capa catastral de regadíos. También se ha apoyado la visualización con el cálculo del NDVI, con lo cual da a cada píxel un valor de la vegetación, pudiendo así realizar un cálculo del ciclo fenológico de cada cultivo, para así poder incluirlo en la categoría correspondiente.

Los cultivos se han dividido de la siguiente manera:

- RP (Regadío de Primavera): Imágenes Sentinel-2B del día 24 de abril y 9 de mayo de 2018 (Fig. 16).
- RPV (Regadío de Primavera Verano): Imagen Sentinel-2A del día 23 de junio de 2018 (Fig. 17).
- RV (Regadío de Verano): Imagen Sentinel-2A del día 2 de agosto de 2018 (Fig. 18).
- ROI (Regadío de Otoño-Invierno): Imagen Sentinel-2B del día 12 de diciembre de 2018 (Fig. 19).
- VR (Viñedo de Regadío) (Fig. 20 y 21).
- FR (Frutales de Regadío) (Fig. 22).
- OR (Olivar de Regadío) (Fig. 23).
- INV (Invernaderos) (Fig. 24).

Las parcelas no regadas durante el año 2018 se han dividido en las siguientes categorías:

- R17: Parcelas regadas en el año 2017 y no en el 2018. (Imágenes Sentinel-2A del 6 mayo, 18 de junio, 4 de agosto y 5 de diciembre de 2017) (Fig.25 y 26).
- R19: Parcelas regadas en el año 2019 y no en el 2017 ni 2018. (Imágenes Sentinel-2A del 6 de mayo y del 28 de junio de 2019).
- SC (Sin cultivo): Parcelas sin regar en ninguno de los tres años.

- REC: Parcelas destinadas a usos recreativos o viviendas (Fig 27).
- NR: No son parcelas cultivables.

Para las Parcelas de regadío con viñedo, olivar y frutal, se ha tenido en cuenta la textura desde la ortofoto PNOA, si bien es cierto que para el viñedo, también se ha tenido en cuenta la imagen Sentinel de agosto ya que es cuando tiene mayor vigor vegetal que el resto de las fechas. En cuanto a las parcelas recreativas, también se ha tenido en cuenta la visualización desde PNOA, siendo evidente que no es un cultivo, sino una edificación, que además tiene un terreno en algunos casos.

A continuación se muestran ejemplos de parcelas categorizadas para cada tipo de regadío:

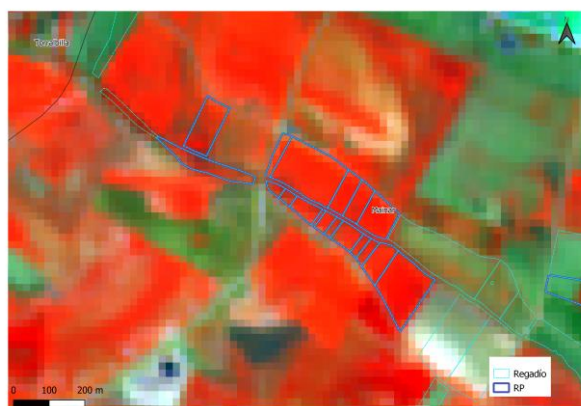


Figura 16: Visualización regadíos de primavera (RP), imagen 9 de mayo de 2018.

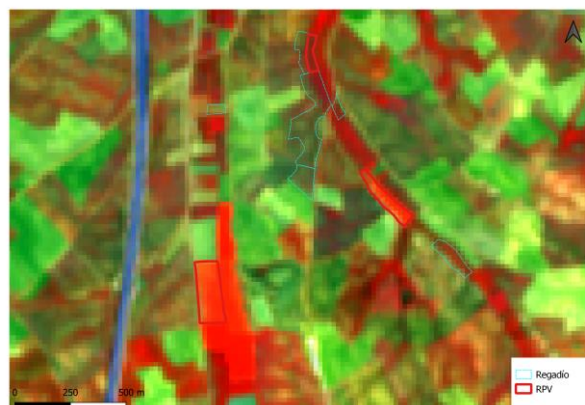


Figura 17: Visualización regadíos de primavera-verano (RPV), imagen 23 de junio de 2018.



Figura 18: Visualización regadíos de verano (RV), imagen 2 de agosto de 2018.



Figura 19: Visualización regadíos de otoño-invierno (ROI), imagen 12 de diciembre de 2018.

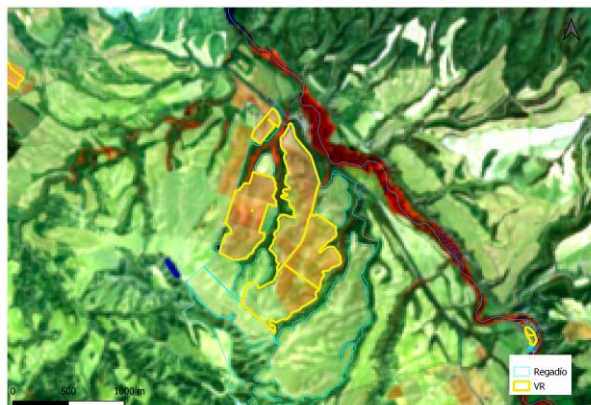


Figura 20: Visualización viñedos de regadío, RGB, imagen 2 de agosto de 2018.

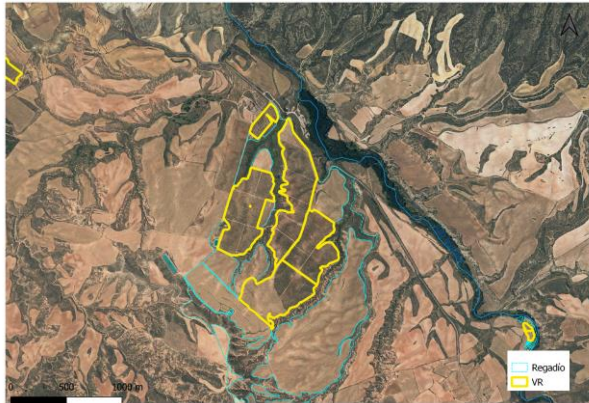


Figura 21: Visualización viñedos de regadío, PNOA 2018.



Figura 22: Visualización frutales de regadío, PNOA 2018.

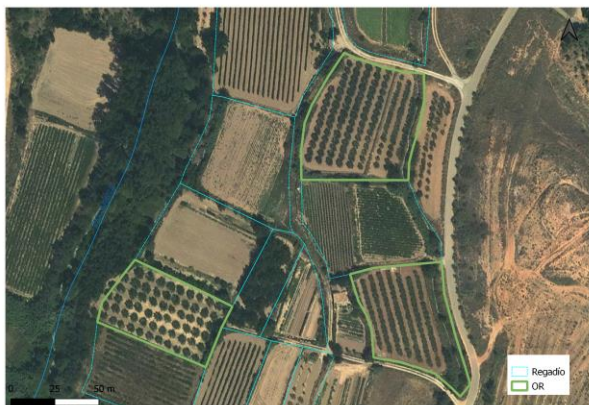


Figura 23: Visualización olivos de regadío, PNOA 2018.



Figura 24: Visualización de regadíos en invernaderos, imagen 2 de agosto de 2018.

Parcelas no regadas en 2018:

Para las parcelas que no aparecen con ningún tipo de regadío (sin cultivo, “SC” en adelante) en el año 2018, se ha creado una capa en la que solo aparecen ellas. Esta capa, se ha superpuesto sobre imágenes Sentinel-2 en RGB (8A-11-2) del año 2017, de las mismas fechas que en el año 2018, para así poder detectar parcelas que no se han regado en 2018 debido a que están en barbecho, observando que sí que eran regadas en el año anterior. Con esto, se pretende realizar una mayor aproximación a la realidad, ya que cada cultivo, según el agricultor, tiene una rotación, pero sigue regándose.

Las otras parcelas que no se han regado, podemos distinguir dos tipos: Las parcelas que están formadas por chalets o edificaciones humanas (en adelante “REC”, abreviatura de recreativo), y las parcelas que están yermas o abandonadas.

Otras parcelas no incluidas en esta nueva capa generada, se han etiquetado como No Regadío (en adelante “NR”). Estas parcelas están en algunos casos por errores de actualización en el catastro, o bien por abandono debido a obras como es en el caso de algunas parcelas en las inmediaciones de la Autovía Mudéjar.

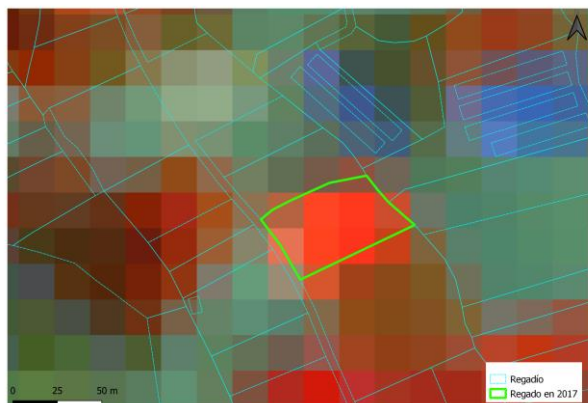


Figura 25: Parcela regada en 2017, imagen 6 de mayo de 2017.

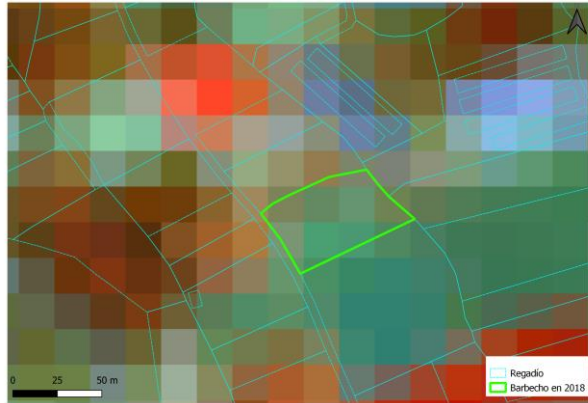


Figura 26: Misma parcela regada en 2017, pero en barbecho en 2018, imagen del 9 de mayo de 2018.

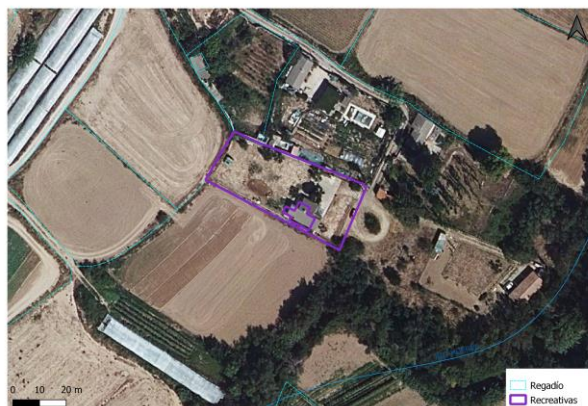


Figura 27: Visualización parcela de uso recreativo, imagen PNOA 2018.

6.5.2. NDVI:

Con la ayuda del NDVI: Normalized Difference Vegetation Index, se ha podido apoyar la decisión sobre qué tipo de cultivo hay en cada parcela, además de con la composición de color 8A-11-2, pues en bastantes casos daba lugar a duda. Este índice de vegetación, se obtiene dividiendo la resta de las bandas 8 y 4 entre la suma de las bandas 8 y 4. El resultado, es un valor entre -1 y 1, siendo 1 el valor más alto que representa el vigor vegetal y 0 el que representa que no hay vegetación. Los valores negativos representan el agua. Cada valor, se aplica a cada píxel de la imagen, en este caso de 20 x 20 metros. (Anexo 1, pág. 61) (Fig.49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56 y 57)

6.5.3. Trabajo de campo:

Se han visitado zonas conflictivas del área de estudio para poder observar “in situ” lo que en las imágenes era complicado conocer. Concretamente, se ha visitado parte del tramo que componen los municipios de Aladrén, Vistabella y Cerveruela, además del conocimiento experto que se tiene del municipio de Tosos, para poder ver ciertas parcelas test, seleccionadas anteriormente, que podrían estar abandonadas, especialmente en zonas de huerta y frutales, o que bien pudiera tratarse de vegetación de ribera natural, y no de explotaciones. (Anexo 2, pág. 70)

7. RESULTADOS

Tras realizar todos los pasos mencionados anteriormente, se han obtenido los resultados del trabajo. Estos resultados son lo más aproximados a la realidad que ha sido posible con esta metodología, si bien es cierto, se han encontrado problemas, los cuales son necesarios abordar para mejorar el método y ser todavía más exactos. Con todo, el método se ha mostrado más útil y preciso que otros de los mencionados o de los usados en otros momentos por la propia Confederación Hidrográfica del Ebro. En este apartado se van a mostrar los datos obtenidos y la cartografía correspondiente, para posteriormente criticar el modelo con los problemas y las posibles soluciones para mejorarlo.

7.1. Fenología:

El área de estudio, es predominantemente de secano y se conoce que hay diferentes tipos de cultivos, dependiendo especialmente de la altitud y la cercanía o lejanía de la ciudad. Históricamente los regadíos se basaban al cultivo de la huerta, en las proximidades de los municipios, pero en las últimas décadas ha aumentado el cultivo de regadío para parcelas de cereal como de leñosas y frutales. Esto ha condicionado una mayor necesidad hídrica en la cuenca, ya que en la mayoría de municipios la población no ha aumentado, pero sí la presión agrícola, además de por la ganadería extensiva.

En la zona más alta o de cabecera, se encuentran cultivos de cereales de regadío, especialmente en el Campo de Romanos, que es una llanura con una altitud entre los 900 y los 1000 metros sobre el nivel del mar. En el tramo medio, entre los dos embalses, destaca el cultivo de la vid de regadío, además de otros frutales. Lo mismo sucede en la parte baja, con la diferencia de que a medida que el río se acerca a Zaragoza, las parcelas de regadío van tornándose en parcelas recreativas.

A lo largo de todo el curso del río Huerva, hay una clara presencia de parcelas de regadío para consumo propio, lo que se conoce como la huerta, destacando una gran presencia desde aguas abajo del embalse de Las Torcas.

Para obtener la fenología de cada cultivo de la cuenca, se ha obtenido el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI). Su cálculo se realiza con una fórmula, la cual es la siguiente con las imágenes Sentinel 2:

$$\text{Banda 8} - \text{Banda 4} / \text{Banda 8} + \text{Banda 4}$$

El resultado oscila entre los valores -1 y 1, siendo 1 el máximo de vigor vegetal en un píxel, y -1 el mínimo.

Así pues, se ha realizado el NDVI para una imagen por mes siempre que ha sido posible, ya que algunos meses no tenían ninguna imagen limpia de nubes, y así poder obtener la fenología de cada cultivo.

Las imágenes del año 2018 utilizadas para el cálculo del ciclo fenológico son las siguientes:

- 24 de enero
- 7 de marzo
- 24 de abril
- 9 de mayo
- 23 de junio
- 2 de agosto
- 1 de septiembre
- 3 de octubre
- 12 de diciembre

Con estos datos, se han realizado las gráficas consiguientes (Fig. 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34 y 35) para cada tipo de cultivo, pudiendo compararlos para así verificar sobre los resultados, que se trata realmente del cultivo en cuestión. Los valores mostrados oscilan entre 0 y 1, ya que los valores negativos hacen mención a las masas de agua. La fecha con el valor más alto, más cercano a 1, muestra el mayor vigor vegetal promedio de cada regadío.

*En los regadíos de verano, están incluidas las parcelas de regadío de huerta para consumo propio, siendo mayoría, con lo cual hace variar el vigor vegetal ya que no recubren la totalidad de la parcela, alternándose la vegetación cultivada con el suelo desnudo modificando así la media del NDVI en esos cultivos, de una manera distinta a otros cultivos como los cereales que sí que recubren la gran totalidad de la parcela.

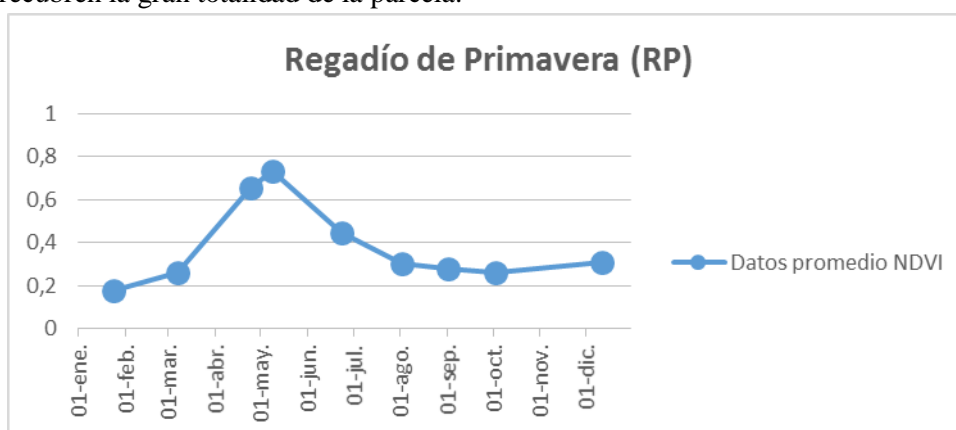


Figura 28: Valores promedio NDVI Primavera.

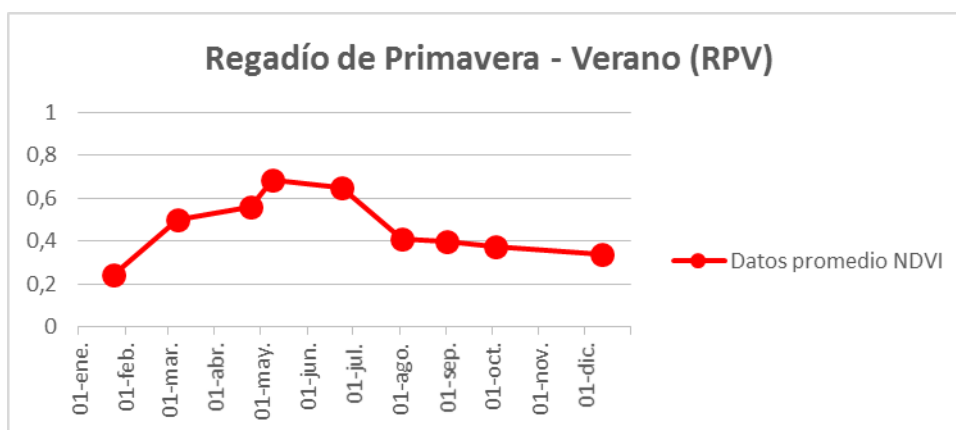


Figura 29: Valores promedio NDVI Primavera – Verano.

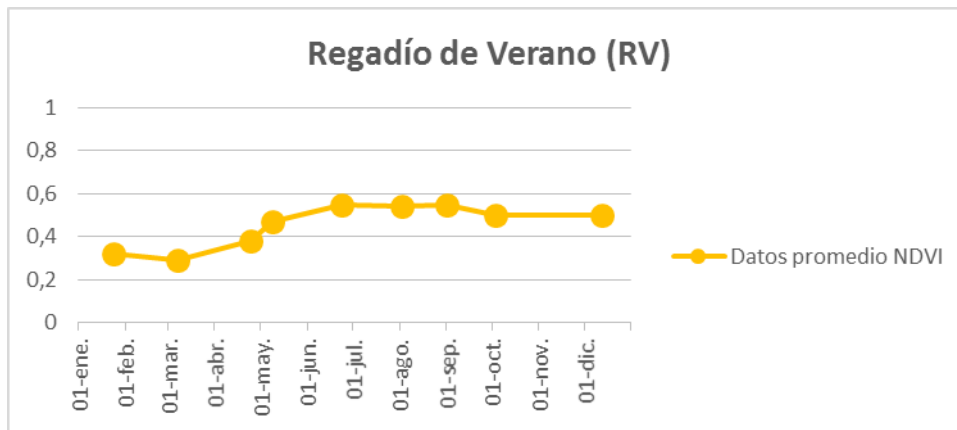


Figura 30: Valores promedio NDVI Verano.

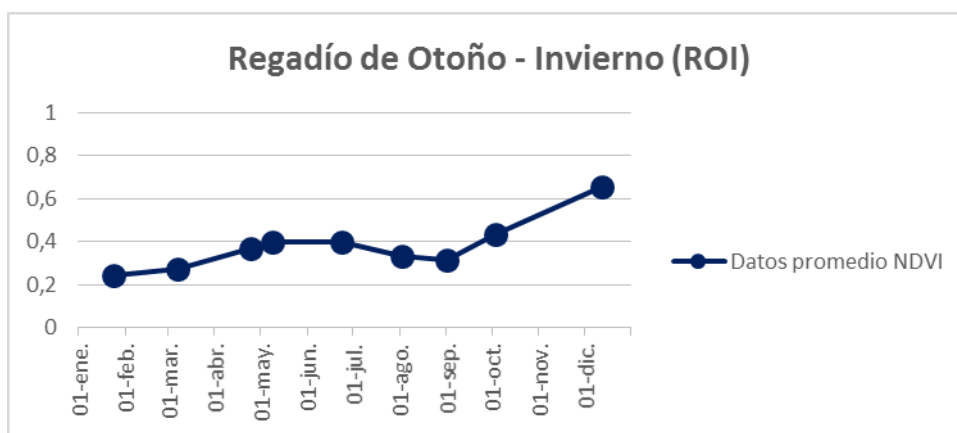


Figura 31: Valores promedio NDVI Otoño – Invierno.

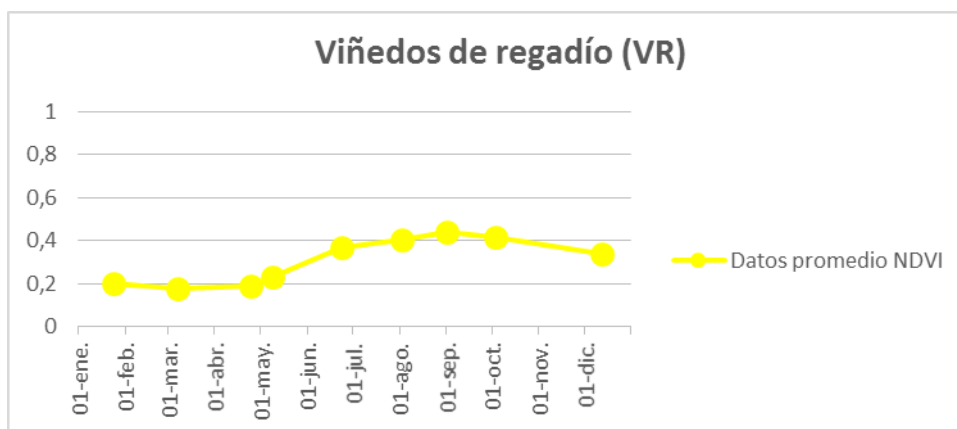


Figura 32: Valores promedio NDVI Viñedos de regadío.

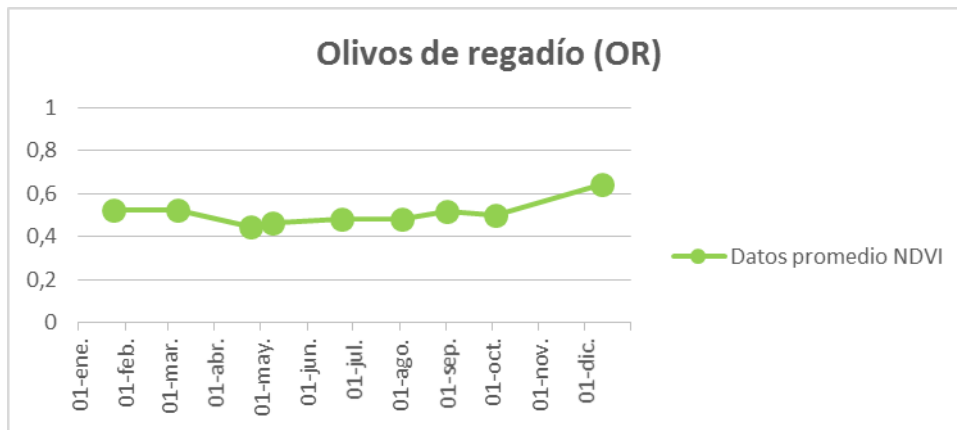


Figura 33: Valores promedio NDVI Olivos de regadío.

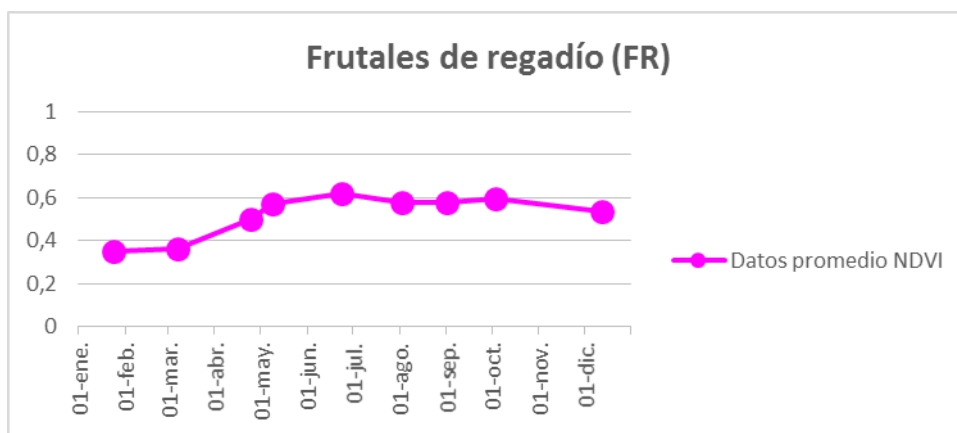


Figura 34: Valores promedio NDVI Frutales de regadío.

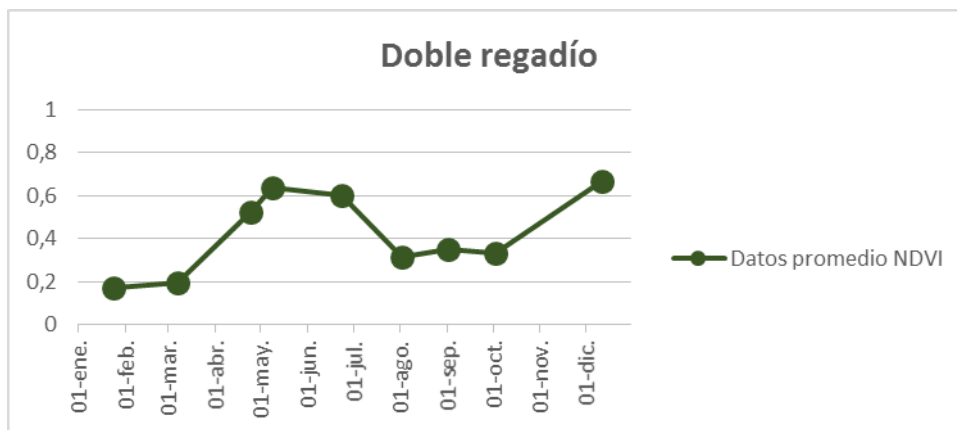


Figura 35: Valores promedio NDVI Doble regadío.

7.2. Análisis de regadíos:

En primer lugar, hay que diferenciar cuatro conceptos que pueden llevar a confusión y que es importante distinguir para este trabajo. Estos son los siguientes empleados y definidos por Bea Martínez. M, Rodríguez Esteban. J.A. y Montesinos Aranda. S. (2013) en su trabajo: “Uso de técnicas de información geográfica para la discriminación de superficies regadas”:

- Regadío
- Área regada
- Superficie en regadío
- Superficie regable

El término “regadío” se define como un terreno fertilizado para el riego. Sin embargo, cuando se alude al regadío como un uso de suelo, se hace referencia a una clase de uso que se representa gráficamente como una envolvente o polígono, donde la clase dominante son cultivos de regadío, pero donde pueden existir otras clases que por su poca abundancia o pequeño tamaño no son representadas.

El “área regada” correspondería a los terrenos que se están regando en un momento determinado. Así, el área regada en un territorio durante la primavera es distinta del área regada durante el verano, ya que encontramos cultivos diferentes con variaciones significativas de ciclo fenológico y culturas agrícolas.

El concepto “superficie en regadío” corresponde a los terrenos realmente regados en un periodo de tiempo. Desde un punto de vista matemático, se define como el sumatorio espacial de las áreas regadas que se suceden dentro de un periodo determinado. Así, si somos capaces de identificar los cultivos presentes a lo largo de un año dentro de una zona, la unión de todas las parcelas que aparecen cultivadas nos da la superficie en regadío para ese periodo (en este caso, un año).

Por último, la “superficie regable” se corresponde con toda aquella superficie que tiene potencialidad para ser regada, entendiéndose como potencialidad la existencia de acceso al agua y de sistemas de riego en condiciones de ser utilizados.

La cuenca de estudio, como ya se ha indicado anteriormente, tiene una extensión de 106016,21 Ha. de las que tan sólo 2612,92 Ha. (2,46% de la superficie de la cuenca) son regadas según la capa y datos del catastro. De la superficie total que aporta a este trabajo la citada capa catastral, se demuestra que no toda ha sido regada durante el año 2018, ya que durante ese año se ha regado al menos una vez una superficie de 1.876,18 Ha. lo que equivale al 70,43% de la superficie total. Este dato, está compuesto por un total de 3769 parcelas, que sobre el total de 7117 parcelas, equivale al 52,85% del total (Tabla 4).

Esta diferencia, demuestra que se han abandonado muchas pequeñas parcelas que estaban destinadas como huertas para consumo propio, ya que casi la mitad de las parcelas no regadas durante el año 2018, equivalen sólo al casi 30% de la superficie no regada. Esto se debe principalmente al abandono de la huerta debido al envejecimiento de la población, fallecimientos o que los herederos se desvinculen del medio rural o bien no puedan o no deseen

continuar con la labor de estas tierras. También, muestra otro factor importante en la agricultura actual, que es el del cultivo de grandes tierras para una mayor productividad debido a la mayor inversión en cuanto a maquinaria. Especialmente sucede esto en las parcelas de cereales y de las vides, la cuales tienen una gran representación en esta zona, siendo cada vez más importante.

Es cierto que estos resultados hacen ver las parcelas regadas durante el año 2018, pero eso no significa que el resto de parcelas estén abandonadas o en fase de abandono. Esas parcelas pueden estar durante un año o varios en barbecho, por lo que no se siembra nada para dejar descansar la tierra y no menguar la productividad de esta, con lo que no se riega durante toda un año. Se han detectado tierras de barbecho, las cuales sí se han regado en el año 2017 y/o 2019, con lo cual aumenta la superficie de regadío no abandonada, teniéndola así en cuenta para la gestión y reservas hídricas para posteriores campañas.

En el año 2017, se regaron un total de 129,70 Ha. formadas por 354 parcelas que en el año 2018 eran de barbecho, mientras que en el año 2019, se regaron un total de 27,36 Ha. formadas por 88 parcelas que en el año 2018 eran de barbecho.

Sumando la superficie regada en el año 2018, con las parcelas en barbecho regadas en los años 2017 y 2018, forman un total de 1.997,44 Ha. en 4197 parcelas de regadío que son susceptibles a ser regadas durante un año.

A continuación, se van a exponer los tipos de regadíos según los cultivos, para posteriormente hacer el análisis de estos según zonas diferenciadas de la cuenca de estudio.

Regadíos de Primavera (RP), formados en su mayoría por cereales, han dado tanto en la composición de color utilizada una visualización de colores naranjas y rojos intensos, así como en el índice NDVI unos valores más elevados que en el resto, con lo que muestra que se han recolectado en las siguientes fechas, antes del siguiente tipo de cultivo de regadío. La superficie de parcelas regadas en la primavera ha sido de 709,32 Ha (37,81 % de la superficie regada en el año 2018), repartidas en 1182 parcelas (31,36 % de las parcelas regadas).

Regadíos de Primavera – Verano (RPV), formados al igual que el anterior por cereales, los cuales se recogen más tarde según muestra tanto la composición de color utilizada, como el índice NDVI, si bien es cierto, que en esta fecha el índice del NDVI desciende respecto a los regadíos de primavera, pero sólo significa que los cereales han pasado el “greening” que es cuando mayor verdor tienen para ir secándose, de ahí que de unos valores inferiores, ya que es cuando se cosechan. La superficie de parcelas regadas en la primavera-verano ha sido de 587,45 Ha. (31,31 % de la superficie regada en el año 2018), repartidas en 1554 parcelas (41,23 % de las parcelas regadas).

Regadíos de Verano (RV), estos regadíos, son en su mayoría de parcelas de huerta para consumo propio en gran parte de la cuenca, si bien es cierto que en las zonas bajas de la cuenca se producen verduras y hortalizas para la venta, como en el caso de Cadrete. Estos regadíos se encuentran en las proximidades de los municipios, a orillas del río Huerva o de alguno de sus pocos tributarios. En muchas parcelas, había problemas de identificación, debido a su pequeño tamaño, por lo que en algunos casos ha sido pertinente ir in situ hasta una muestra de parcelas

aleatorias en diferentes municipios para conocer las que se cultivan y las que están yermas, en estado de abandono provisional o definitivo. La superficie de parcelas regadas en el verano ha sido de 108,62 Ha. (5,79 % de la superficie regada en el año 2018), repartidas en 459 parcelas (12,18 % de las parcelas regadas).

Regadíos de Otoño-Invierno (ROI), apenas hay en la cuenca de estudio, de hecho están repartidos en dos zonas bien diferenciadas, en el entorno de Muel y Mezalocha, y en el Campo de Romanos, en la zona alta del estudio. La superficie de parcelas regadas en el otoño ha sido de 40,69 Ha. (2,17 % de la superficie regada en el año 2018), repartidas en 35 parcelas (0,93 % de las parcelas regadas).

Olivos de Regadío (OR), cada vez va predominando más el cultivo del olivo ayudado con regadío. Estos están repartidos en el tramo medio y tramo bajo de la cuenca, especialmente en el entorno de Muel y Mezalocha. Este árbol, a diferencia de otros de la zona, es una perennifolia, por lo que no pierde las hojas y es complicado ver con las composiciones de color una diferencia de vigor vegetal en ellos, al igual que sucede con el índice NDVI, por lo que para su localización se ha realizado con la visualización de la ortofoto del PNOA de 2018 para distinguirlos con su rugosidad y ayudados con la información parcelaria de la capa catastral. La superficie de parcelas regadas de olivo, ha sido de 34,64 Ha. (1,85 % de la superficie regada en el año 2018), repartidas en 97 parcelas (2,57 % de las parcelas regadas).

Viñedos de Regadío (VR), en gran aumento durante los últimos años, y ubicados en los tramos medios y bajos de la cuenca, estando presentes con una gran importancia en el tramo medio, donde gran parte de la economía agrícola de la zona se basa en la uva, tanto de secano como de regadío. Para la visualización se ha utilizado tanto la composición de color, como el NDVI, ayudados también con la ortofoto del PNOA de 2018. La superficie de parcelas regadas de viñedo, ha sido de 332,55 Ha. (17,72 % de la superficie regada en el año 2018), repartidas en 233 parcelas (6,18 % de las parcelas regadas).

Frutales de Regadío (FR), al igual que los dos anteriores, están repartidos por los tramos medios y bajos de la cuenca, donde destacan frutales de cáscara como el almendro y otros como por ejemplo los manzanos, los cuales están ubicados entre las huertas. Para el caso de los almendros, al ser de hoja caduca se puede hacer uso de la composición de color además del índice NDVI, pero siempre ayudado con la información catastral además de con la ortofoto del PNOA 2018, estas dos últimas, han sido las que han ayudado a interpretar el resto de frutales además del trabajo de campo visitando parcelas susceptibles de estar cultivadas de ellos.

La superficie de parcelas regadas de frutales, ha sido 82,64 Ha. (4,40 % de la superficie regada en el año 2018), repartidas en 213 parcelas (5,65 % de las parcelas regadas).

Invernaderos (INV), aparecen de forma testimonial, pero bien es cierto que hay algunos en el tramo medio-bajo de la cuenca. La visualización de ellos es bien sencilla, ya que tanto en composición de color se ven de un color entre rosa y violeta, y con la ortofoto del PNOA 2018 se ve de manera evidente tanto la forma como el color blanquecino de los plásticos que recubren dichas parcelas.

La superficie de parcelas regadas con invernaderos, ha sido de 3,71 Ha. (0,20 % de la superficie regada en el año 2018), repartidas en 12 parcelas (0,32 % de las parcelas regadas).

El resto son parcelas de regadío no regadas durante 2018, bien por estar en barbecho como se ha mencionado anteriormente, bien por estar abandonadas, bien por error de la capa del catastro, o bien porque son parcelas de uso recreativo, como las fincas o viviendas, especialmente ubicadas en la zona baja de la cuenca debido a la presión poblacional que ejerce la cercanía de la ciudad de Zaragoza. Estas parcelas están registradas como parcelas de regadío en el catastro, pero bien es cierto que no son cultivos como el resto, aunque no las exime para que puedan tener un pequeño huerto o algún frutal.

A continuación, se va a mostrar la tabla con los resultados obtenidos con este método. La cartografía de los resultados obtenidos se muestra más adelante, en el apartado 7.3 (Fig. 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43 y 44).

<i>Cultivo</i>	<i>Superficie (Ha.)</i>	<i>% Sup</i>	<i>% Sup regado</i>	<i>Parcelas</i>	<i>% Parcelas</i>	<i>% Parcelas regadas</i>
RV	108,62	4,16%	5,79%	459	6,45%	12,18%
RP	709,32	27,15%	37,81%	1182	16,61%	31,36%
RPV	587,45	22,48%	31,31%	1554	21,84%	41,23%
ROI	40,69	1,56%	2,17%	35	0,49%	0,93%
OR	34,64	1,33%	1,85%	97	1,36%	2,57%
VR	332,55	12,73%	17,72%	233	3,27%	6,18%
FR	82,64	3,16%	4,40%	213	2,99%	5,65%
INV	3,70	0,14%	0,20%	12	0,17%	0,32%
SC (Sin cultivo)	647,04	24,76%		3291	46,24%	
<i>Regadas en 2017</i>	129,70	4,96%		354	4,97%	
<i>Regadas en 2019</i>	27,36	1,05%		88	1,24%	
<i>No regadas</i>	489,98	18,75%		2849	40,03%	
<i>Uso recreativo</i>	8,11	0,31%		87	1,22%	
NR (No es regadío)	89,70	3,43%		57	0,80%	
Doble cultivo	23,43	0,90%		16	0,22%	
Total inventario	2.636,36	100,90%		7133	100,22%	
Total regadío capa catastral	2.612,92	100,00%		7117	100,00%	
TOTAL REGADO	1.876,18	71,80%		3769	52,96%	
Con Regadas 2017 y 2019 y no en el 2018 (Barbecho)	2.033,24	77,81%		4211	59,17%	

Tabla 4: Resultados de parcelas de regadío catastrales regadas en 2018.

Para realizar un análisis más exhaustivo de los resultados, se han observado los resultados a nivel de diferentes zonas de toda la cuenca del río Huerva. Así se pretende observar las diferencias parcelarias y de cultivos a lo largo de toda el área de estudio, debido a factores naturales como puede ser la altitud o los diferentes suelos, o los factores sociales: como la diferencia de cultivo según hay más o menos presión humana.

La cuenca, se ha dividido en cuatro zonas: Cabecera – Campo de Romanos, Cerveruela – Embalse de las Torcas, Embalse de las Torcas – Mezalocha, Muel – Zaragoza. Esta división, no ha sido aleatoria, sino que se ha tenido en cuenta la altitud, orografía y la cercanía a Zaragoza.

En la “Zona 1”, ubicada entre la cabecera y el Campo de Romanos, se puede apreciar un claro dominio de los cultivos de cereales, con una alternancia entre los regados para recogerlo tras la fecha de primavera-verano y los recogidos en una fecha algo más temprana, regados durante la primavera. En cuanto a los cultivos regados en verano, tienen muy poca presencia, siendo en su mayoría se basan en las huertas de consumo propio y algunos cereales con recolección más tardana. Los frutales y leñosas apenas tienen presencia, donde hay alguna parcela tan sólo de frutales. El relieve llano de este territorio, y las condiciones climáticas, más frías, benefician el cultivo de los cereales que, entre los cereales regados en primavera, como los regados en primavera – verano, constituyen un total del 71,26 % de las parcelas y el 79,22 % de la superficie de regadío regadas durante el año 2018 en esta zona.

La “Zona 2”, situada entre Cerveruela y el Embalse de Las Torcas, está marcada por una orografía algo complicada, ya que el río Huerva ha excavado en la roca para crear este valle, ayudado por una gran cantidad de barrancos. Todo esto, impide que haya amplias extensiones de cultivos, por lo que la mayoría de los que aquí se encuentran son de huerta de consumo propio, con frutales en algunos casos. Si bien es cierto que hay bastante abandono, debido a la escasa y envejecida población que se encuentra en el entorno, hallando huerta, frutales y otras zonas conquistadas por la vegetación salvaje en unos casos, y de ribera en otros, estando más de la mitad de parcelas de regadío en abandono. Exactamente lo están el 58,14 % de las parcelas y el 34 % de la superficie de regadío regada en esta zona. En las zonas en las que el valle es más amplio pueden encontrarse cultivos de cereal. En esta zona comienza a aparecer algún viñedo de regadío, debido a unas condiciones climáticas más suaves que en la zona de cabecera y a su cercanía a Cariñena, pero su presencia es casi testimonial.

La “Zona 3”, localizada entre el Embalse de Las Torcas y el municipio de Mezalocha, ya está favorecida por el regadío por la existencia de los dos embalses que tiene el río Huerva, lo cual permite poder disponer de cantidades de regadío prácticamente aseguradas durante todo el año, aunque alguna vez hay restricciones debido a sequías, ya que esta zona no se caracteriza por tener importantes precipitaciones. Nos encontramos en una zona en la que se ubican algunos municipios que componen la Denominación de Origen Protegida de Cariñena, una de las zonas vinícolas más importantes de Aragón, y de España, lo cual hace que marque el tipo de cultivo que se halla en este sector.

Destacan los regadíos de verano, especialmente con el cultivo de la uva, que desde hace unos años está aumentando el número de parcelas y superficie de viñas regadas, siendo un 11,43 % parcelas de viñedo regadas, equivalente al 44,08 % de la superficie total regada de la zona. No hay que olvidarse de la presencia de la finca Ayles, donde se produce el primer vino de Pago de Aragón. También, es importante el cultivo en la huerta de estos municipios, siempre para consumo propio en la mayoría de los casos, pero que necesita de cantidades hídricas durante todo el verano, siendo un 16,73 % de las parcelas regadas, semejante a una superficie de un 2,44 % de la total regada en esta zona. También hay cultivos de cereales de regadío, especialmente en el entorno de Mezalocha. No hay que menospreciar la presencia de olivos y frutales, donde destacan los almendros de regadío, especialmente entre Mezalocha y Muel.

En la “Zona 4”, dispuesta entre Muel y Zaragoza, se observa perfectamente cómo va cambiando el tipo de cultivo a medida que avanzamos hacia la ciudad. En Muel contamos con un mosaico de cultivos: algunos cereales, huerta de consumo propio, invernaderos, frutales, olivos, e incluso viñas. Pero al ir descendiendo podemos atisbar la presencia de parcelas recreativas con viviendas construidas a ambas orillas del río, en zonas con riesgo de inundación en algunos casos. En la zona más baja, la que antiguamente era de cultivo, desde hace décadas está colonizada por industria y desde hace menos tiempo por urbanizaciones o ampliaciones de municipios como el caso de Cuarte de Huerva o Cadrete. Hay una mayoría de parcelas no regadas en el año 2018, siendo un 62,9 % de las parcelas, y un 45,59 % de la superficie de esta zona.

Los resultados por zonas de cada tipo de cultivo de regadío, puede obtenerse en la siguiente tabla, tanto con número de parcelas (Tabla 5) como por superficie (Tabla 6):

PARCELAS	RP	RPV	RV	ROI	OR	VR	FR	INV	DOB	S.C.	2017	2019	REC	No r.	TOTAL
Cabecera - Campo de Romanos	605	1322	103	12			16		13	646	182	18	4		2704
Cerveruela - Embalse de Las Torcas	120	115	62			4	10			432		2			743
Embalse de Las Torcas - Mezalocha	30	64	205	10	18	140	55	2		701	64	42	11		1225
Muel - Zaragoza	427	53	89	13	79	89	132	10	3	1512	108	26	72		2404
TOTAL	1182	1554	459	35	97	233	213	12	16	3291	354	88	87	57	7133

Tabla 5: Número de parcelas según regadío por zonas.

SUPERFICIE (Ha.)	RP	RPV	RV	ROI	OR	VR	FR	INV	DOB	S.C.	2017	2019	REC	No reg.	TOTAL
Cabecera - Campo de Romanos	336,34	541,64	69,31	23,88			3,2		87,82	133,95	58,47	7,07	0,5		1108,32
Cerveruela - Embalse de Las Torcas	19,62	16,56	3,18			18,45	4,03			31,85		0,52			93,69
Embalse de Las Torcas - Mezalocha	151	7,05	14,05	2,35	3,78	254,07	12,95	0,09		130,97	18,98	12,23	0,49		576,31
Muel - Zaragoza	202,36	22,2	22,08	14,46	30,86	60,03	62,46	3,61	1,88	350,27	52,25	7,54	7,12		768,33
TOTAL	709,32	587,45	108,62	40,69	34,64	332,55	82,64	3,7	89,7	647,04	129,7	27,36	8,11	89,7	2636,35

Tabla 6: Superficie regada por zonas y regadío.

7.3. Cartografía de los resultados:

PARCELAS DE REGADÍO REGADAS DURANTE EL AÑO 2018

(Parcelas de regadío según el Catastro)

Elaborado por Néstor Gascón Felipe para C.H.E.
Fuentes: C.H.E., Ministerio de Hacienda, IGN, Copernicus.
Proyección: WGS84 / UTM Zona 30N

Cultivo 2018	Superficie (Ha.)
RV	108,62
RP	709,32
RPV	587,45
ROI	40,69
OR	34,64
VR	332,55
FR	82,64
INV	3,7
SC (Sin Cultivo)	647,04
Regadas en 2017	129,7
Regadas en 2019	27,36
No regadas	489,98
Uso recreativo	8,11

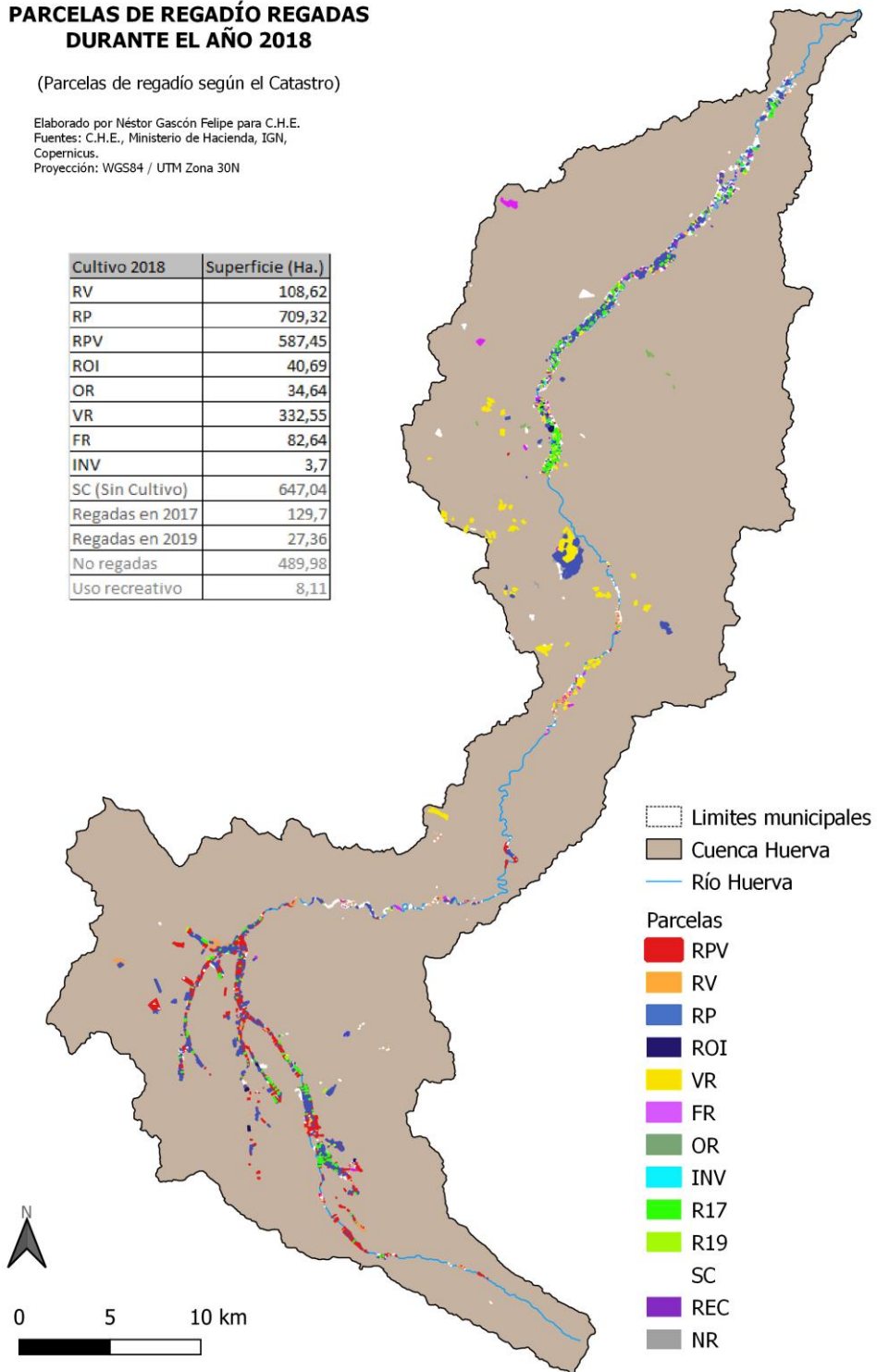





Figura 36: Parcelas de regadío regadas en 2018. Cuenca del río Huerva.

PARCELAS DE REGADÍO REGADAS DURANTE EL AÑO 2018

TRAMO 1: ZARAGOZA-CADRETE

(Parcelas de regadío según el Catastro)

Elaborado por Néstor Gascón Felipe para C.H.E.
Fuentes: C.H.E., Ministerio de Hacienda, IGN,
Copernicus.
Proyección: WGS84 / UTM Zona 30N

-  Municipios
-  Cuenca Huerva
-  Río Huerva

Parcelas

-  RPV
-  RV
-  RP
-  ROI
-  VR
-  FR
-  OR
-  INV
-  R17
-  R19
-  SC
-  REC
-  NR

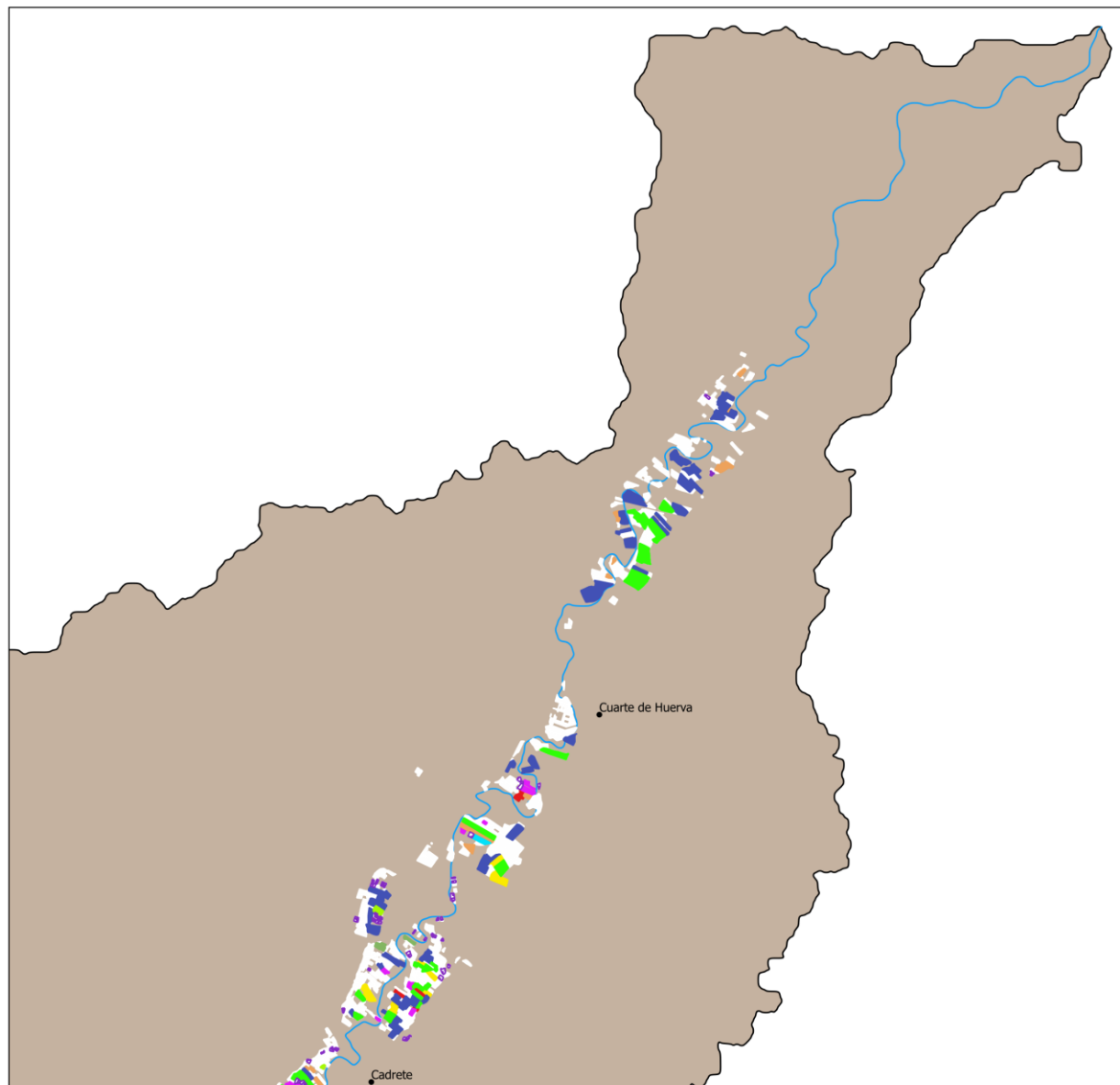
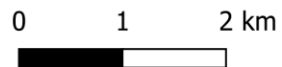
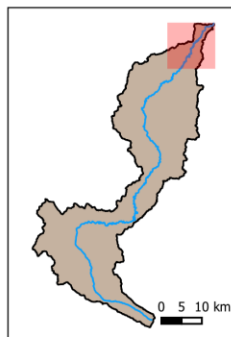





Figura 37: Parcelas de regadío regadas en 2018. Tramo Zaragoza – Cadrete.

PARCELAS DE REGADÍO REGADAS DURANTE EL AÑO 2018

TRAMO 2: CADRETE - MUEL

(Parcelas de regadío según el Catastro)

Elaborado por Néstor Gascón Felipe para C.H.E.
Fuentes: C.H.E., Ministerio de Hacienda, IGN, Copernicus.
Proyección: WGS84 / UTM Zona 30N

-  Municipios
-  Cuenca Huerva
-  Río Huerva

Parcelas

-  RPV
-  RV
-  RP
-  ROI
-  VR
-  FR
-  OR
-  INV
-  R17
-  R19
-  SC
-  REC
-  NR

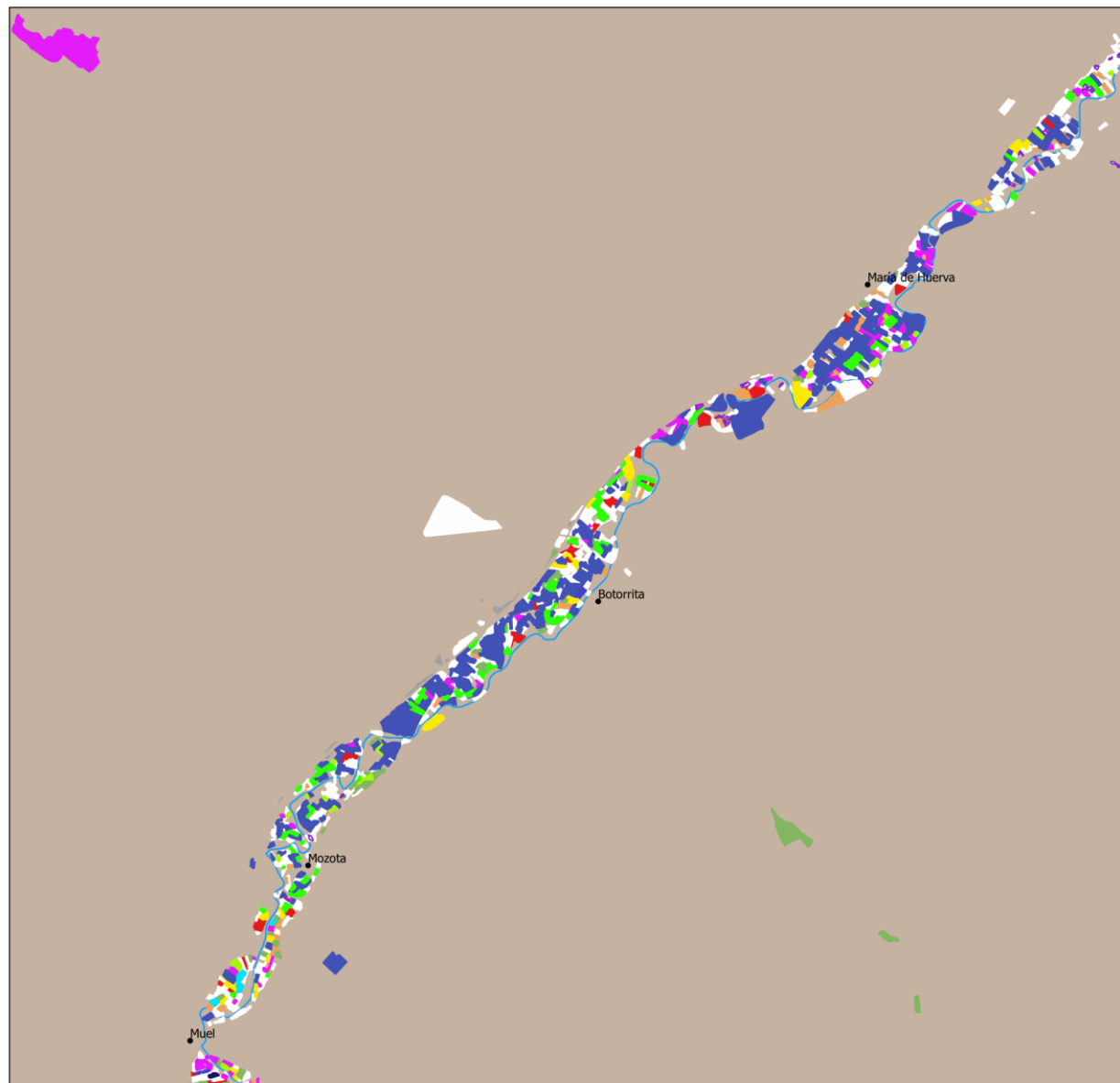
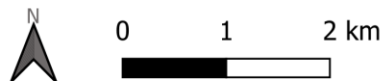
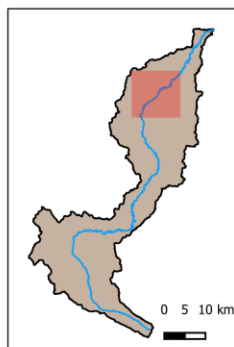





Figura 38: Parcelas de regadío regadas en 2018. Tramo: Cadrete – Muel.

PARCELAS DE REGADÍO REGADAS DURANTE EL AÑO 2018

TRAMO 3: MUEL - VILLANUEVA

(Parcelas de regadío según el Catastro)

Elaborado por Néstor Gascón Felipe para C.H.E.
 Fuentes: C.H.E., Ministerio de Hacienda, IGN, Copernicus.
 Proyección: WGS84 / UTM Zona 30N

-  Municipios
-  Cuenca Huerva
-  Río Huerva

Parcelas

-  RPV
-  RV
-  RP
-  ROI
-  VR
-  FR
-  OR
-  INV
-  R17
-  R19
-  SC
-  REC
-  NR

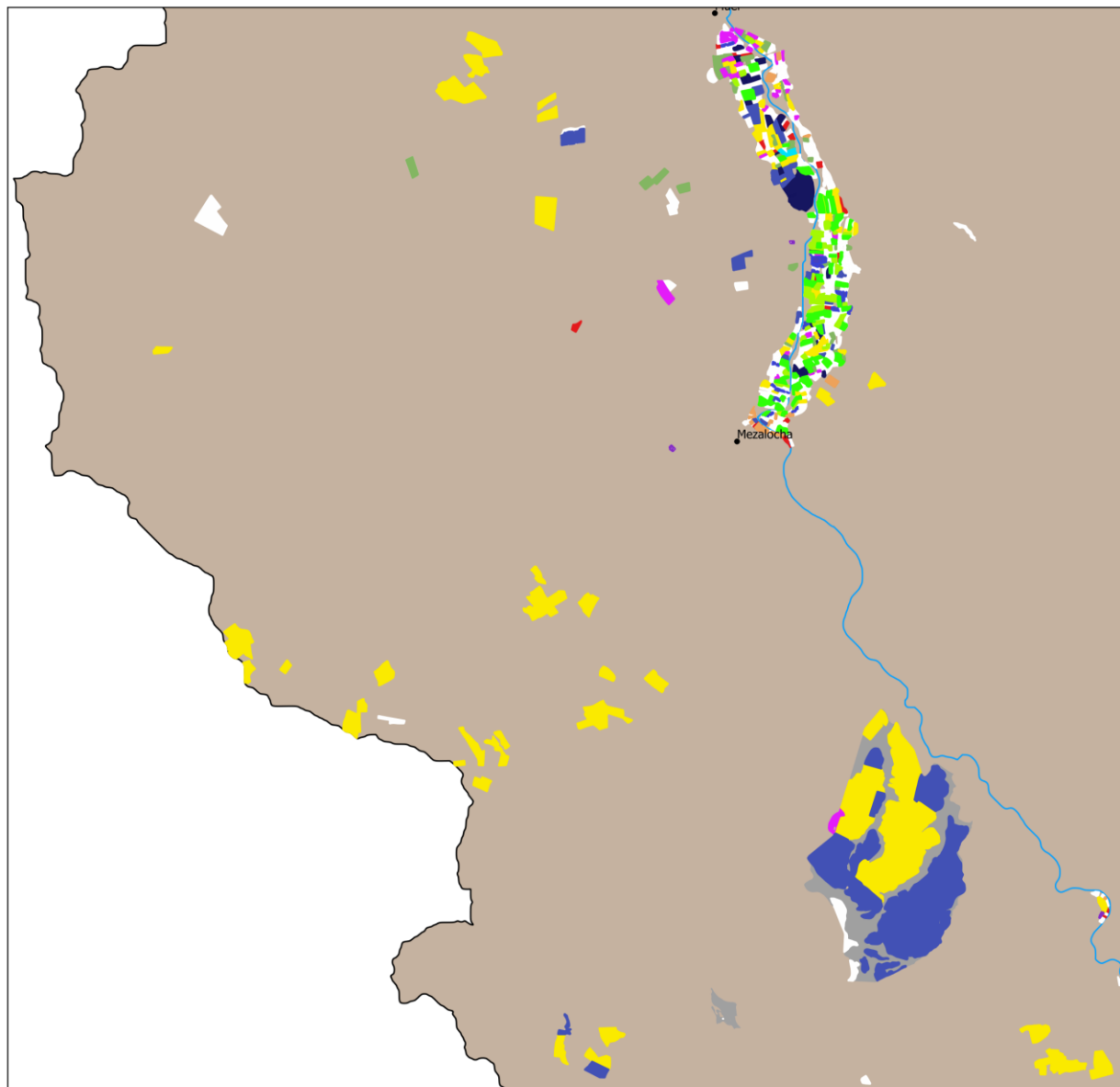
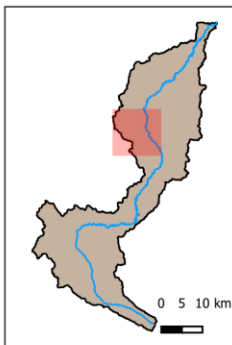





Figura 39: Parcelas de regadío regadas en 2018. Tramo: Muel – Villanueva de Huerva.

PARCELAS DE REGADÍO REGADAS DURANTE EL AÑO 2018

TRAMO 4: VILLANUEVA - TOSOS

(Parcelas de regadío según el Catastro)

Elaborado por Néstor Gascón Felipe para C.H.E.
 Fuentes: C.H.E., Ministerio de Hacienda, IGN, Copernicus.
 Proyección: WGS84 / UTM Zona 30N

-  Municipios
-  Cuenca Huerva
-  Río Huerva

Parcelas

-  RPV
-  RV
-  RP
-  ROI
-  VR
-  FR
-  OR
-  INV
-  R17
-  R19
- SC
-  REC
-  NR

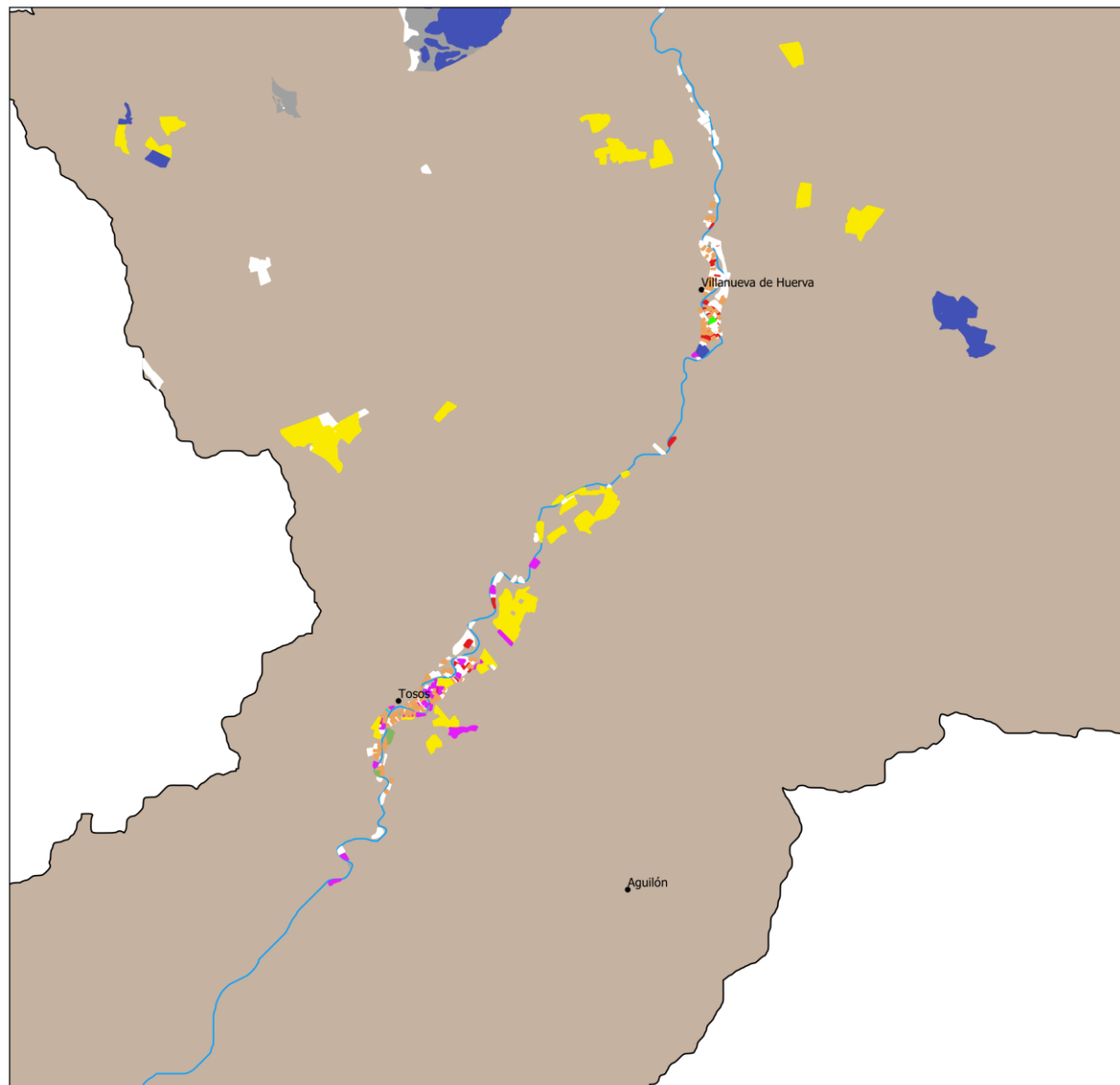
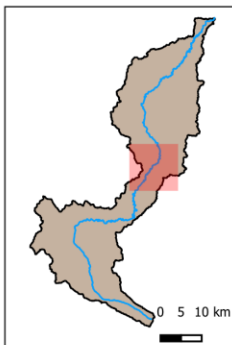


Figura 40: Parcelas de regadío regadas en 2018. Tramo: Villanueva de Huerva – Tosos.

PARCELAS DE REGADÍO REGADAS DURANTE EL AÑO 2018

TRAMO 5: TOSOS - CERVERUELA

(Parcelas de regadío según el Catastro)

Elaborado por Néstor Gascón Felipe para C.H.E.
Fuentes: C.H.E., Ministerio de Hacienda, IGN, Copernicus.
Proyección: WGS84 / UTM Zona 30N

- Municipios
- Cuenca Huerva
- Río Huerva

Parcelas

- RPV
- RV
- RP
- ROI
- VR
- FR
- OR
- INV
- R17
- R19
- SC
- REC
- NR

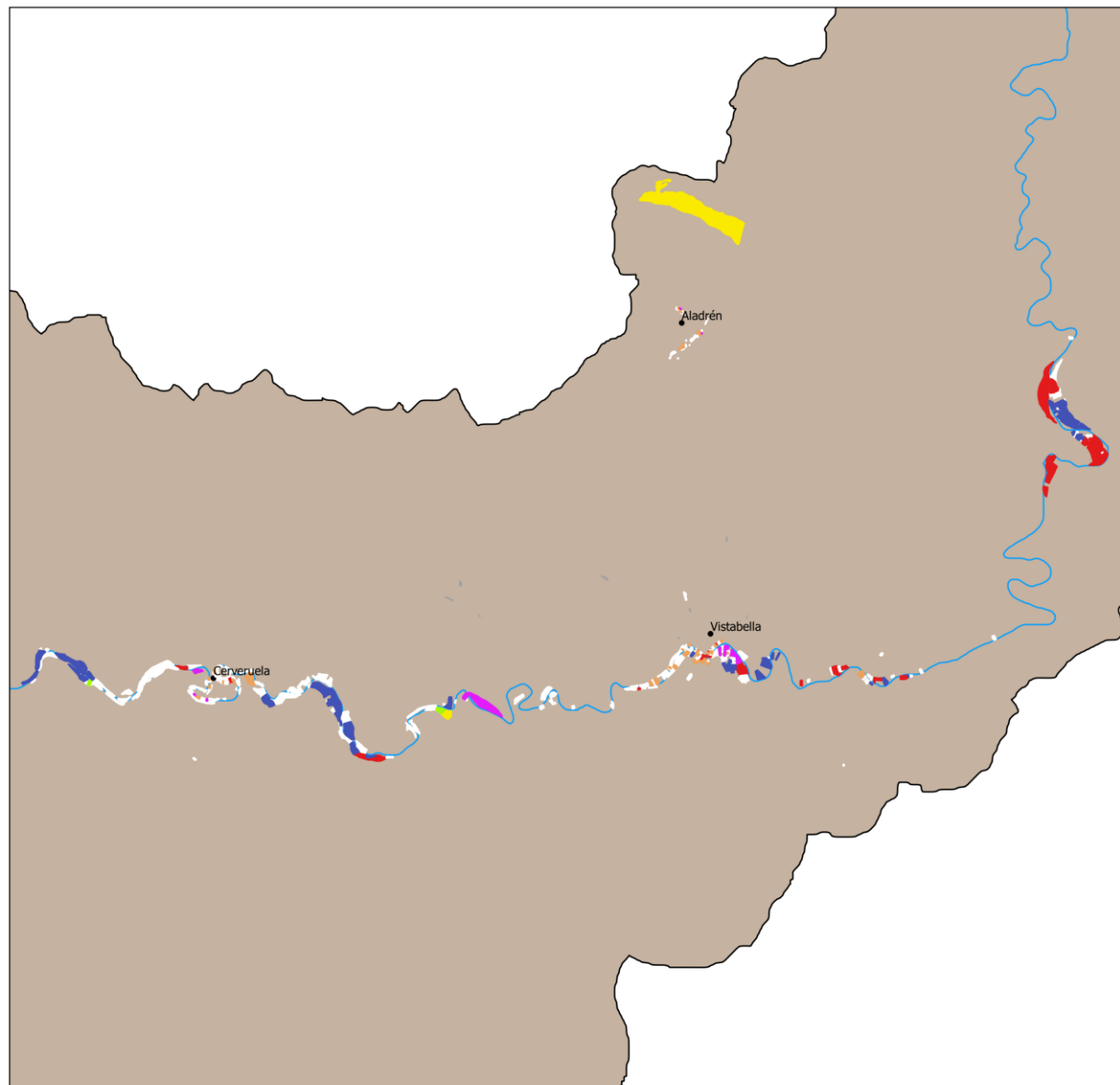
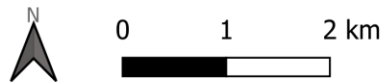
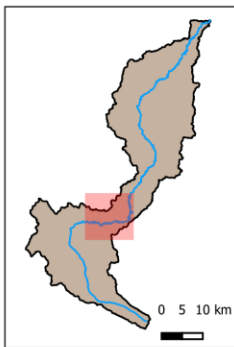





Figura 41: Parcelas de regadío regadas en 2018. Tramo: Tosos – Cerveruela.

PARCELAS DE REGADÍO REGADAS DURANTE EL AÑO 2018

TRAMO 6: CERVERUELA - ROMANOS

(Parcelas de regadío según el Catastro)

Elaborado por Néstor Gascón Felipe para C.H.E.
 Fuentes: C.H.E., Ministerio de Hacienda, IGN, Copernicus.
 Proyección: WGS84 / UTM Zona 30N

-  Municipios
-  Cuenca Huerva
-  Río Huerva

Parcelas

-  RPV
-  RV
-  RP
-  ROI
-  VR
-  FR
-  OR
-  INV
-  R17
-  R19
-  SC
-  REC
-  NR

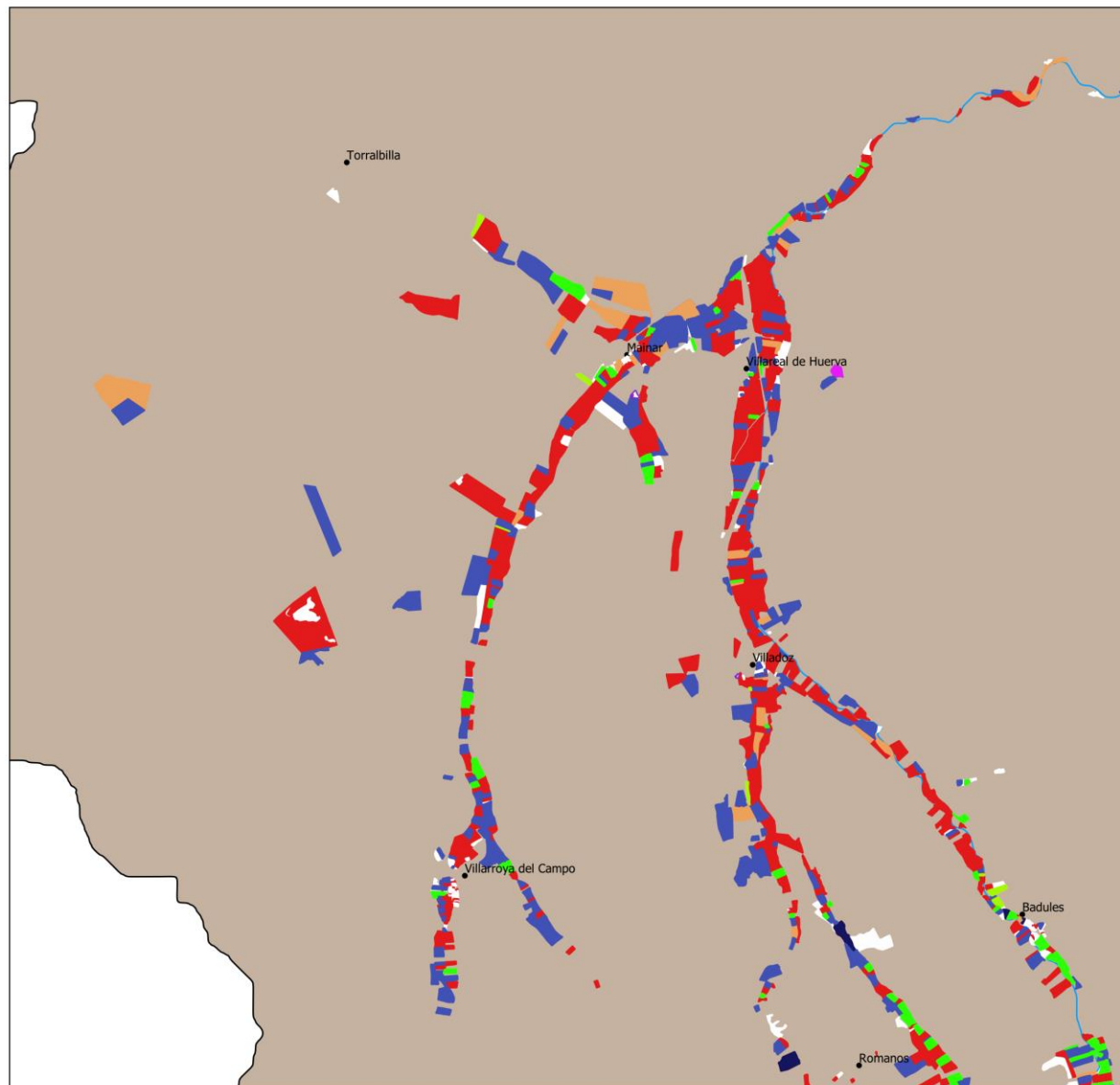
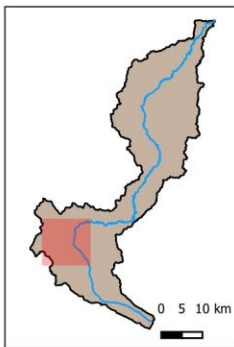





Figura 42: Parcelas de regadío regadas en 2018. Tramo: Cerveruela – Romanos.

PARCELAS DE REGADÍO REGADAS DURANTE EL AÑO 2018

TRAMO 7: ROMANOS - FERRERUELA

(Parcelas de regadío según el Catastro)

Elaborado por Néstor Gascón Felipe para C.H.E.
 Fuentes: C.H.E., Ministerio de Hacienda, IGN, Copernicus.
 Proyección: WGS84 / UTM Zona 30N

-  Municipios
-  Cuenca Huerva
-  Río Huerva

Parcelas

-  RPV
-  RV
-  RP
-  ROI
-  VR
-  FR
-  OR
-  INV
-  R17
-  R19
-  SC
-  REC
-  NR

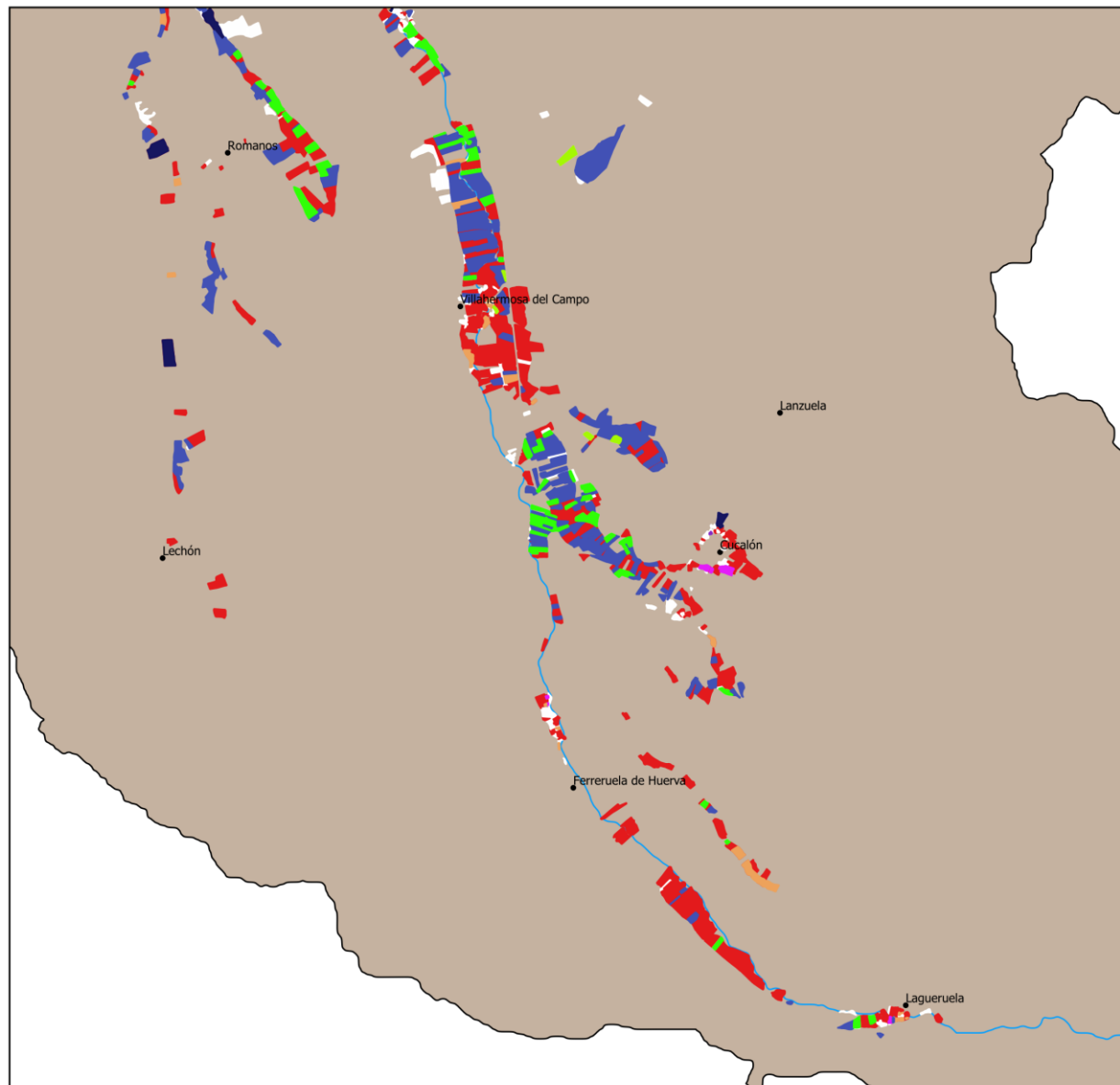
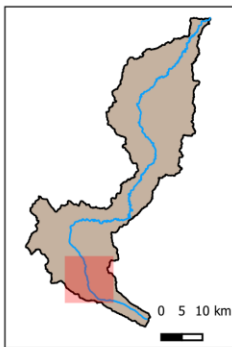





Figura 43: Parcelas de regadío regadas en 2018. Tramo: Romanos – Ferreruela de Huerva.

PARCELAS DE REGADÍO REGADAS DURANTE EL AÑO 2018

TRAMO 8: FERRERUELA - FONFRÍA

(Parcelas de regadío según el Catastro)

Elaborado por Néstor Gascón Felipe para C.H.E.
Fuentes: C.H.E., Ministerio de Hacienda, IGN, Copernicus.
Proyección: WGS84 / UTM Zona 30N

-  Municipios
-  Cuenca Huerva
-  Río Huerva

Parcelas

-  RPV
-  RV
-  RP
-  ROI
-  VR
-  FR
-  OR
-  INV
-  R17
-  R19
-  SC
-  REC
-  NR

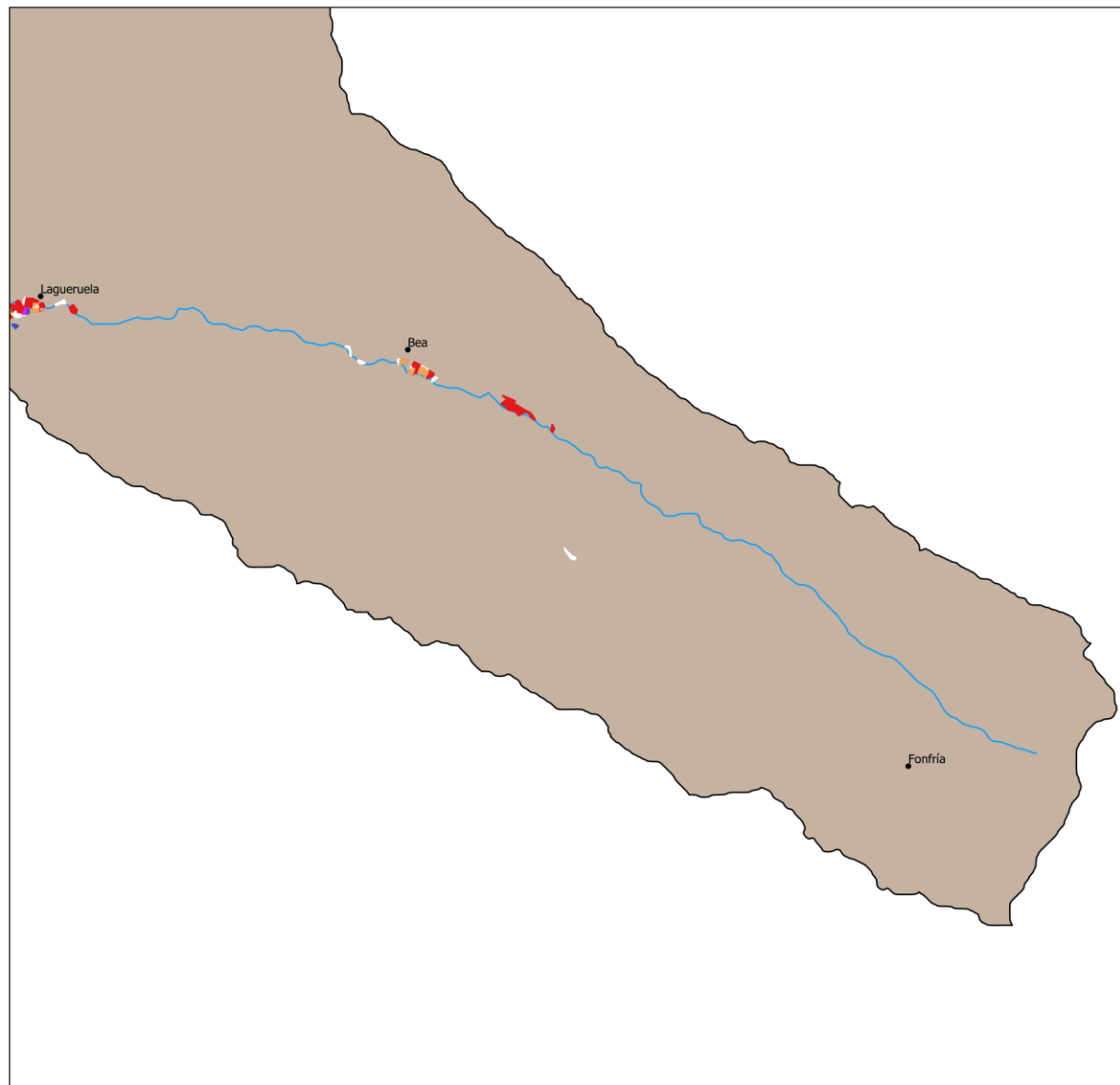


Figura 44: Parcelas de regadío regadas en 2018. Tramo: Ferreruela de Huerva – Fonfría

7.4. Resultados de los métodos comparativos:

Capas catastrales, 2018:

Con la información obtenida, se ha calculado una superficie de parcelas de regadío de 2612,92 hectáreas. Se ha comprobado en este trabajo, que hay una importante parte de esta superficie que no se riega en el año 2018, ya que es la capa base que se utiliza en el método con el que se ha trabajado, además de omitir zonas no catalogadas en el catastro como regadío.

CORINE Land Cover, 2018:

Con esta capa, la superficie de regadío está formada por 3594.83 hectáreas en el área de estudio. Se observa que hay una sobre-dimensión de los resultados, ya que en los viñedos, no hace distinción entre los viñedos de regadío y los viñedos de secano, con los que parte del resultado también incluye viñedos de secano (Fig.45).

SUPERFICIE DE REGADÍO SEGÚN CORINE LAND COVER 2018

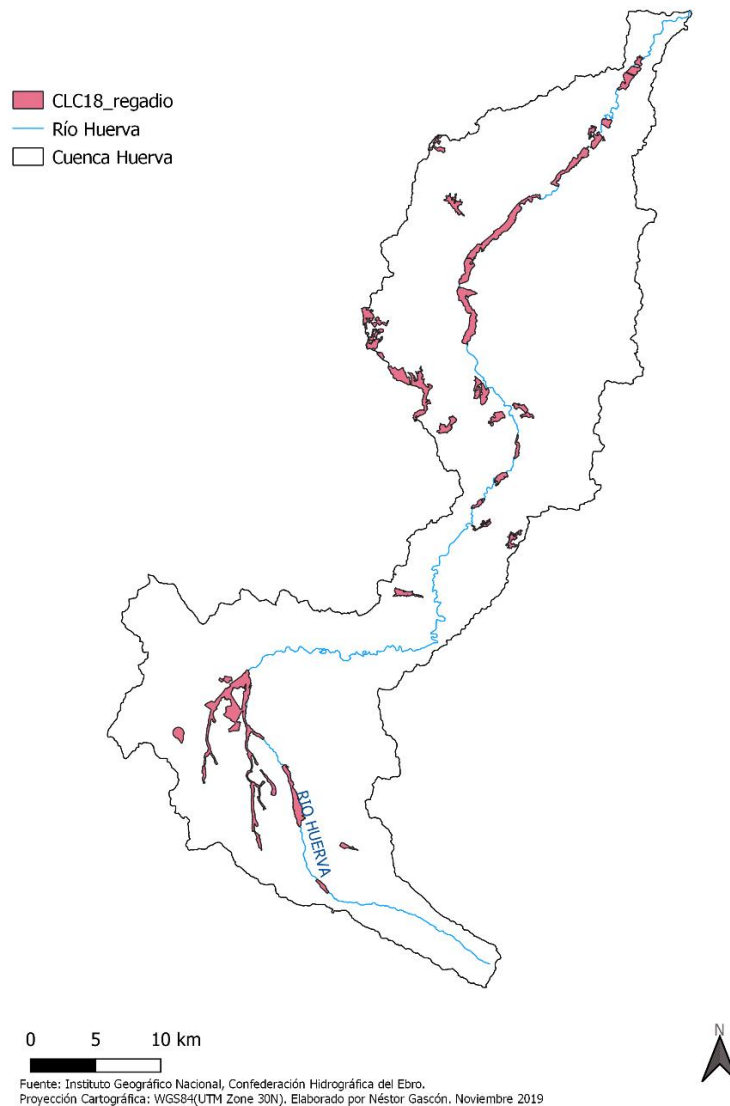


Figura 45: Superficie de regadío según CLC 2018.

SIOSE 2014:

Con esta capa, la superficie de regadío está formada por 2420.06 hectáreas en el área de estudio. Esta capa omite pequeñas parcelas, especialmente de huerta de consumo propio, y el detalle es más inexacto que con la capa catastral utilizada, pero incluye parcelas que no aparecen registradas en el catastro, las cuales también son de regadío (Fig.46).

SUPERFICIE DE REGADÍO SEGÚN SIOSE 14

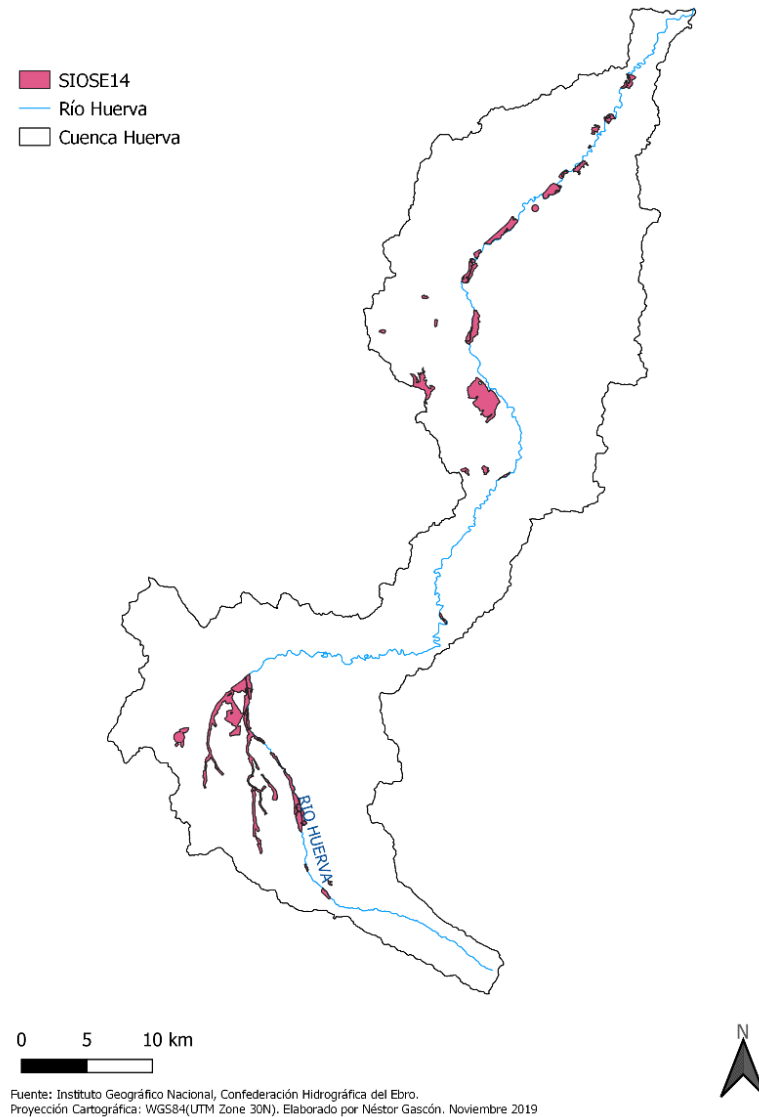


Figura 46: Superficie de regadío según SIOSE 14.

Plan Hidrológico del Río Huerva:

Estima que la superficie de regadío de las comunidades de regantes está formada por 2441 hectáreas. El resultado es mayor que el obtenido en el método realizado en este trabajo, debido a que no hace distinciones en ninguna zona de regadío de si se irrigan las parcelas o no, lo cual resta precisión a la superficie estimada (Fig.47).

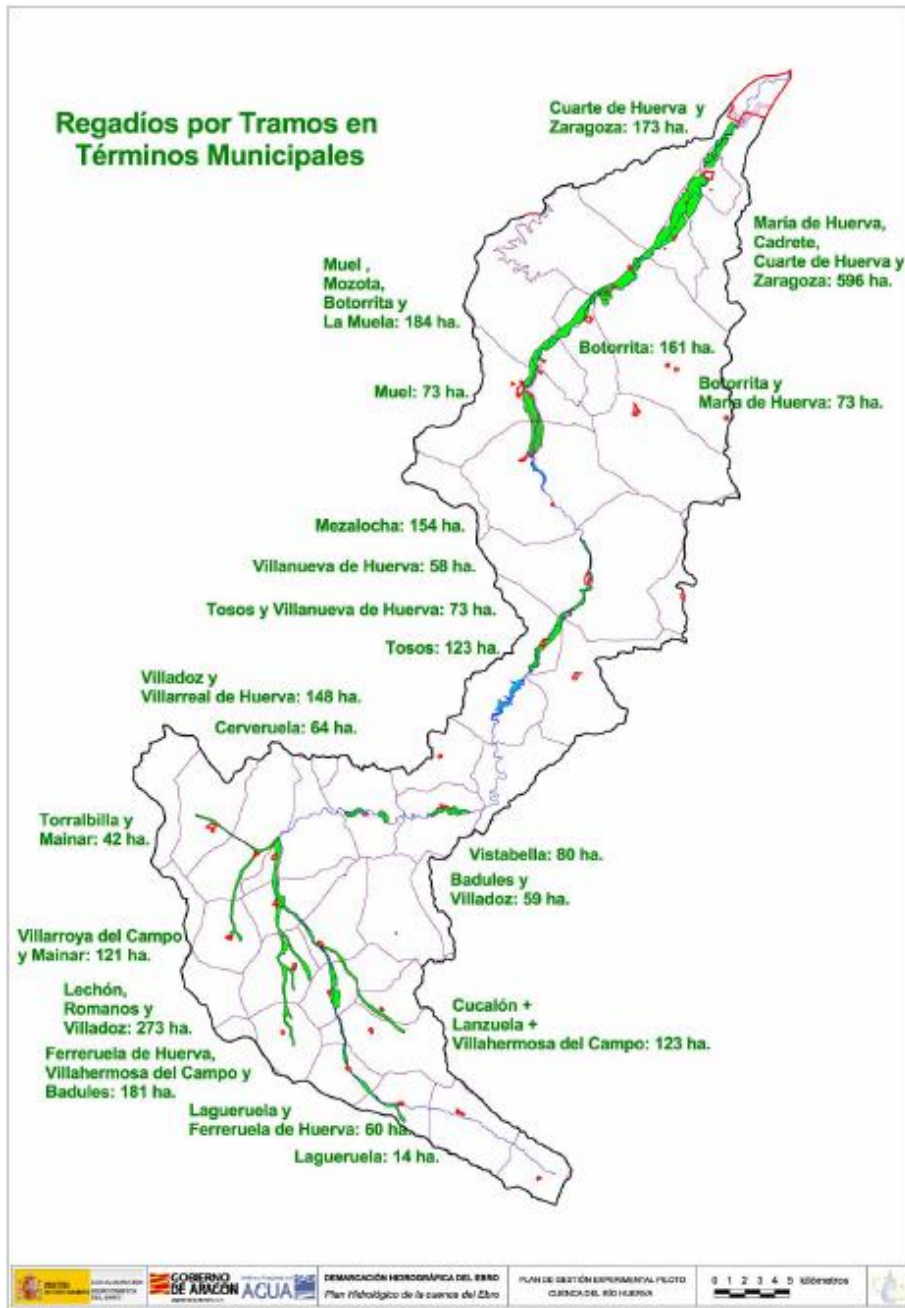


Figura 47: Regadíos de la cuenca del Huerva por términos municipales (Gis-Ebro de la OPH).

Spider Center – SIAR:

La metodología de este método es la siguiente:

Generación de un mapa de usos de suelo en regadío, a escala 30x30 m. Para su construcción, la metodología se basa en la combinación de una clasificación basada en secuencias multitemporales de imágenes NDVI, junto con el análisis e integración de múltiples fuentes cartográficas mediante herramientas SIG.

Los datos para los cultivos de regadío de este proyecto para la cuenca de estudio son los siguientes (Tabla 7):

	2014	2015	2016
<i>Cultivo</i>	<i>Superficie (Ha.)</i>		
RV	229,31	178,82	167,96
RP	1.264,29	1.117,17	1.617,45
RPV	340,18	727,04	486,86
ROI	-	-	-
OR	30,46	30,31	55,46
VR	341,68	342,14	367,96
FR	50,73	50,72	128,06
INV	4,37	2,73	0,57
Total regado (Ha.)	2.261,03	2.448,92	2.824,32

Tabla 7: Resultados del proyecto SIAR-Spider Center para los años 2014, 2015 y 2016 (SPIDER-CENTER-SIAR).

7.5. Comparación resultados por modelos:

Tras la obtención y/o análisis de la información trabajada, los resultados de cada modelo son los siguientes (Tabla 8):

MODELO	SUPERFICIE REGADA
Modelo del trabajo (2018)	1876,18 Ha.
Capa catastral, 2018	2612,92 Ha.
CORINE Land Cover 2018	3594,83 Ha.
SIOSE 2014	2420,06 Ha.
P.H. río Huerva	2441 Ha.
SPIDER CENTER – SIAR (2016)	2824 Ha.

Tabla 8: Resultados de cada modelo.

Con estos datos, se observa una sobreestimación de regadíos en los demás modelos, sin olvidar que hay cultivos de regadío regados que están fuera de las parcelas de regadío catastrales, con lo cual se omiten en el modelo seguido para este trabajo.

A nivel total de la cuenca del río Ebro, a la que pertenece la cuenca de estudio, pueden apreciarse significativas variaciones en cuanto al cálculo de la superficie de regadío según la fuente de estudio, donde puede observarse que hay una gran diferencia entre ellas. Observando la diversidad de los datos que se disponen para la cuenca de estudio (Tabla 8), puede ser

extrapolable la extensión que cada fuente da para la cuenca del Ebro (Fig.48), a la cuenca del Huerva.

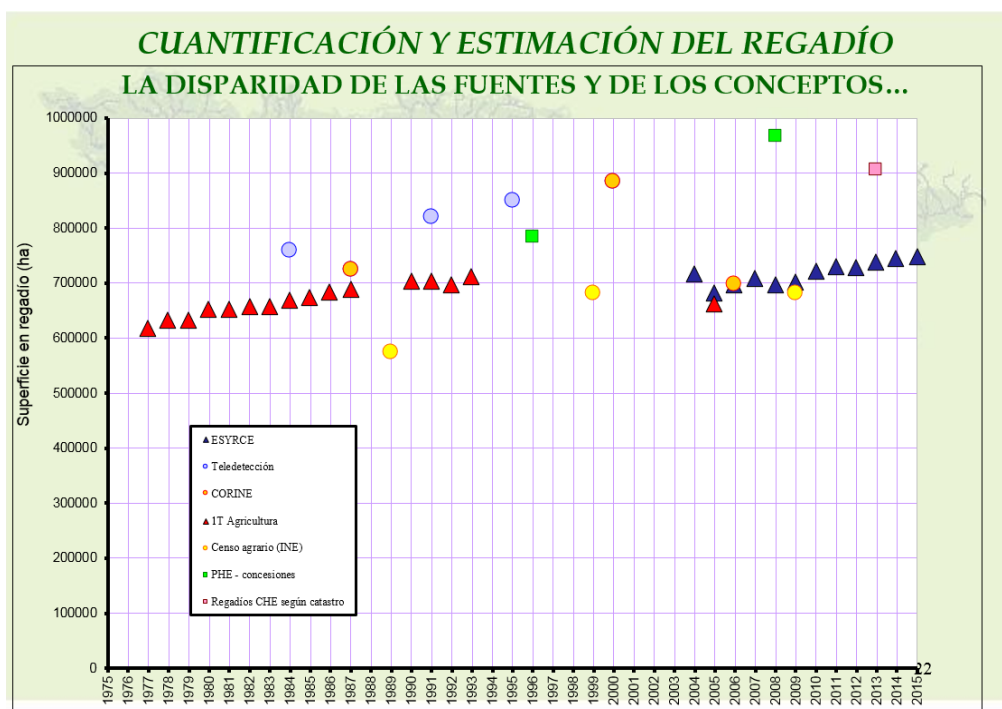


Figura 48: Diferencias de superficie de regadío en la cuenca del río Ebro según diferentes modelos a lo largo de los años. Losada. J.A, (2017): “Reunión Proyecto H2020 DIANA (Copernicus), MAPAMA”.

7.6. Análisis crítico del método utilizado:

Finalmente, se analiza este modelo utilizado para el conocimiento de la superficie de regadío regada en el año 2018. Si bien es el más fiable de todos los que se han manejado, se ha observado que este modelo aún tiene un amplio margen de mejora, para una mayor exactitud a la hora de conocer los resultados más fieles. Además, esta metodología ha sido posible al realizarse sobre una pequeña cuenca hidrológica como es la del río Huerva, pero sería casi imposible llevarlo a cabo a una más grande como son las grandes cuencas hidrográficas españolas, como es el caso de la cuenca del río Ebro, ya que no se puede ir parcela por parcela de una manera segura y eficaz, siendo de un gran coste de tiempo y económico.

Además, con la información obtenida del catastro, se omite otra información como es la declaración de la PAC, la cual es muy importante para el conocimiento y seguimiento de estas parcelas. Sin dejar de lado que la capa catastral es inexacta, ya que los polígonos parcelarios no omiten zonas no cultivables y desvirtúan el resultado total de las superficies cultivables, aparte de que en una misma parcela, en muchos casos puede haber varios cultivos diferentes, tanto de fecha como de variedad. Tampoco omite parcelas en las que anteriormente había cultivo de regadío, pero hoy en día hay alguna instalación municipal como parques o aparcamientos o bien en esas parcelas hay alguna vivienda de uso recreativo.

En cuanto a las imágenes de satélite utilizadas hay cierta dificultad de apreciar las parcelas de regadío en la huerta debido a su pequeño tamaño, siendo inferior a la resolución de las imágenes. Con lo cual se procede al criterio experto, visita in situ a la propia zona, y a la

ortofoto con mejor resolución y más actualizada posible (PNOA2018). Otro factor a tener en cuenta es que no siempre hay disponibilidad de imágenes debido a la presencia de nubes, pudiendo haber algún periodo de tiempo importante sin imágenes completas de la zona sin nubes.

Como puntos a favor de este método:

- permite observar de manera sencilla las diferencias del cultivo en una misma parcela en diferentes fases fenológicas.
- Distingue la vegetación cultivada de regadío respecto a la propia vegetación que se encuentra de forma permanente, como bosques, por ejemplo, pudiendo saber el estado de los cultivos en cualquier fase de su ciclo fenológico.
- También permite comparar entre diferentes cultivos.

En definitiva, este modelo puede utilizarse como base, pero ayudado de otras informaciones como las que aporta el Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas (SIGPAC), con toda la información de la declaración de la Política Agraria Común (PAC), donde las parcelas son más exactas y no se omiten otras parcelas que sí omite el catastro porque no están registradas en él. Además, es necesario el uso y ayuda de herramientas informáticas, para una elaboración más rápida y eficaz cuando se trata de grandes extensiones, como con la elaboración de scripts mediante programación informática utilizando además de las capas ya mencionadas, índices como por ejemplo el NDVI y muchas más fechas de imágenes satelitales para una mayor precisión a la hora de conocer los regadíos para cada tipo de cultivo. Tampoco debe olvidarse nunca realizar trabajos de campo, para conocer in-situ el estado de lo que se observa en las imágenes satelitales, pues es la mejor forma de comprobar que se está realizando correctamente el trabajo y los resultados van a ser satisfactorios.

Como crítica final, es evidente que el modelo que deben de utilizar todas las confederaciones hidrográficas españolas, ha de ser el mismo, totalmente uniforme y debería de estudiarse a fondo para lograr unos resultados idénticos en cada parte del territorio español y así poder lograr una gestión lo más eficaz posible del uso del agua ya que en un país con tanta agricultura y con una escasez de precipitaciones en gran parte del año, es de vital importancia el ahorro de agua tanto a nivel personal, como a nivel de la administración.

En definitiva, la aplicación del modelo en la cuenca del río Huerva ha servido para mostrar sus bondades, pero también para detectar puntos de mejora. Supone pues una aportación en el intento de obtener la mejor metodología posible para analizar la superficie de las zonas regadas, que tendrá que ser factible, no compleja y válida para todo el territorio gestionado por las distintas Confederaciones Hidrográficas.

8. CONCLUSIONES

Consideramos que se ha logrado cumplir los objetivos principales de este trabajo. El primero de ellos obtener las parcelas catastrales de regadío regadas durante el año 2018 en la cuenca del río Huerva, donde se ha observado que hay una importante superficie y número de parcelas que no se han irrigado durante el año de estudio.

También se ha comprobado que este método, mejora los modelos con los que se ha comparado, que eran los empleados hasta ahora, y aporta nueva información, si bien es cierto que todavía puede ser mejorable en cuanto a metodología y exactitud de los resultados.

Además, se ha logrado realizar un análisis de la evolución estacional de los cultivos de la zona de regadío de la cuenca, donde destacan los cultivos dedicados a los cereales con una necesidad hídrica importante para la zona estudiada, además de la huerta de consumo propio.

Tras conocer los resultados, se llega a la conclusión de que la hipótesis lanzada en este trabajo es una realidad, ya que es necesario mejorar los métodos para conocer lo más exactamente posible tanto las parcelas, como la superficie de regadío regadas durante un año o una campaña agrícola para lograr una gestión más eficaz de los recursos hídricos. Especialmente en un país como España, concretamente en la cuenca del Ebro, donde hay una importante presión tanto humana como agrícola y el clima es semiárido en gran parte del territorio.

Desde un punto de vista metodológico, al realizar el trabajo se aprecia la enorme aportación que el uso de la cartografía y los SIG suponen para cualquier estudio que tiene un componente territorial. Son un gran soporte visual a afirmaciones y valores numéricos, favoreciendo su comprensión y evidenciando su distribución sobre el terreno.

Por otra parte, se ha observado como hay un importante porcentaje de las parcelas catastrales de regadío que no se riegan, con lo que habría que tenerlo en cuenta especialmente en desembalses o gestión de las acequias.

E incluso, se ha observado en la realización de este trabajo, que según las capas catastrales de regadío, hay parcelas no catalogadas por el catastro como regadío, que sí se riegan, lo cual significa que hay un uso añadido de los recursos hídricos que no se pueden apreciar con este método utilizado, esto no quiere decir que incumplan cualquier ley, ya que pueden estar dados de alta en la PAC como cultivos de regadío, pero sin aparecer en el registro catastral como regadío.

Este trabajo, puede suponer un paso adelante para que los organismos de gestión hidrológicas estatales, como es el caso de la CHE en este caso, decidan conjuntamente apostar decididamente por un consenso en la metodología de trabajo a la hora de conocer las necesidades hídricas, y una gestión del agua lo más eficiente posible, añadiendo métodos y fuentes de información utilizadas en este trabajo e investigar en nuevas metodologías para su inclusión y lograr la mayor exactitud posible de los datos.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Bea. M y Rodríguez. J.A. y Montesinos. S. (2013): “Uso de técnicas de información geográfica para la discriminación de superficies regadas”. GeoFocus (Artículos), nº 13-1, p. 220-245.
- CEDEX (2016): Anuario de Aforos: <http://ceh-flumen64.cedex.es/anuarioaforos/afo/estaf-gr_cuenca_ambito.asp>
- Confederación Hidrográfica del Ebro, Gobierno de Aragón (2006): “Plan Hidrológico Piloto del Río Huerva”
- Chuvieco. E, (1990): “Fundamentos de Teledetección Espacial”.
- Chuvieco. E, (1996): “Fundamentos de Teledetección Espacial – 3ª Edición revisada”
- ESA: <<https://earth.esa.int/web/sentinel/technical-guides/sentinel-2-msi/level-2a/algorithm>>
- ESA: <<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2/satellite-description>>
- ESA: <https://sentinel.esa.int/documents/247904/685211/Sentinel-2_User_Handbook>
- Losada. J.A, (2017): “Reunión Proyecto H2020 DIANA (Copernicus), MITECO”
- Losada. J.A, (2019): “5ª Reunión de Teledetección y Planificación Hidrológica, MITECO”
- Mather. Paul M, (2004): “Computer Processing of Remotely-Sensed Images: An Introduction”
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Subdirección General de Regadíos y Economía del Agua, Centro Nacional de Tecnología de Regadíos, CENTER, Grupo Tragsa, Universidad de Castilla-La Mancha (2016): “Innovación en el Regadío, Un uso más eficiente del agua integrando Red SIAR, Teledetección y SIG. Proyecto SPIDER-CENTER”.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2018): “Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos, ESYRCE”
- Ministerio para la Transición Ecológica: Sistema de Anuario de Aforos <<https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/evaluacion-de-los-recursos-hidricos/sistema-informacion-anuario-aforos/>>
- Montesinos. S, Arqued. V, y Rodríguez. L, (2009): “Estimación de Superficies de Regadío en la Cuenca del Duero mediante Teledetección y SIG”
- Montesinos. S y Bea. M, (2008): “Aplicaciones Operativas de la Teledetección en la Planificación y Gestión del Medio Hídrico”
- Pérez. E, (2016): “Identificación temprana de Cultivos mediante Teledetección en apoyo a la implementación de la PAC en Riegos del Alto Aragón”
- SAIH Ebro: <<http://www.saihebro.com/saihebro/index.php?url=/datos/ficha/estacion:E014>>
- Sede Electrónica del Catastro (2011): Descargas de Cartografía en Formato Shapefile. Manual del Usuario. Versión 1.0
- Sede Electrónica del Catastro (2014): Modelo de Datos de Cartografía Vectorial (Formato Shapefile). Versión 2.0
- Zapata. N y Lorenzo. M, (2019): “Clasificación de los regadíos del Ebro aragonés”

Páginas y enlaces de descargas utilizados:

Anuario de Aforos CEDEX (Datos río Huerva Cerveruela:

<<http://ceh-flumen64.cedex.es/anuarioaforos/afo/estaf-datos.asp?indroea=9215>>

CHE (Delimitación cuenca, acuíferos): <<http://iber.chebro.es/geoportal/>>

ESA Copérnicus (Imágenes Sentinel 2): <<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>>

IDEAragón (Entidades de población y municipios): <<https://idearagon.aragon.es/descargas>>

IGN (Corine Land Cover 2018, SIOSE 14m PNOA 2018, Modelo Digital del Terreno 25 metros): <<http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp>>

INE (Datos de población):

<https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/categoria.htm?c=Estadistica_P&cid=1254734710990>

Sede Catastro (Datos catastrales): <<https://www.sedecatastro.gob.es/>>

ANEXO I: Cartografía de los Índices de Vegetación (NDVI) obtenidos por fecha.

**ÍNDICE DE VEGETACIÓN (NDVI)
Enero 2018**

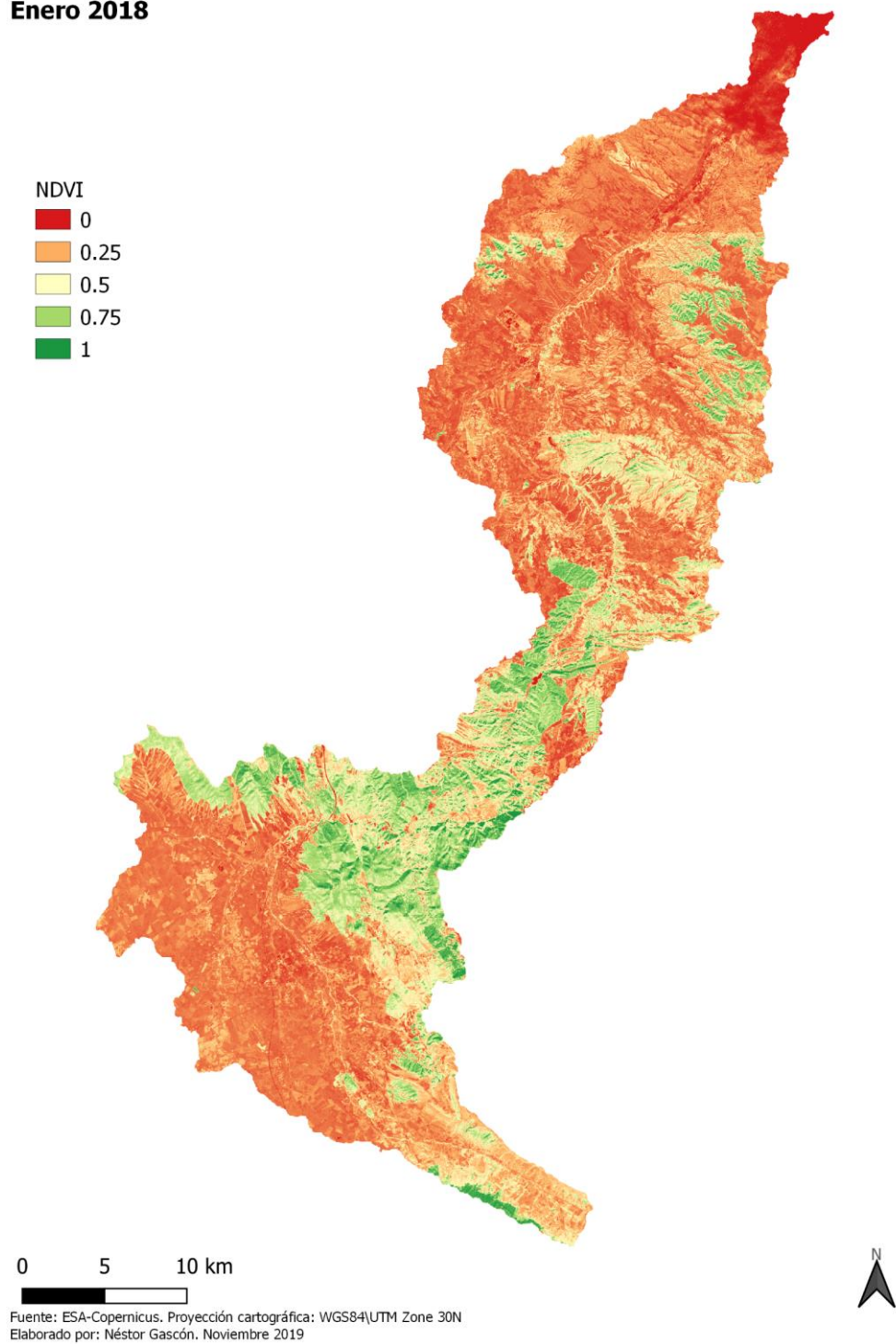


Figura 49: Índice de vegetación en enero de 2018.

ÍNDICE DE VEGETACIÓN (NDVI) Marzo 2018

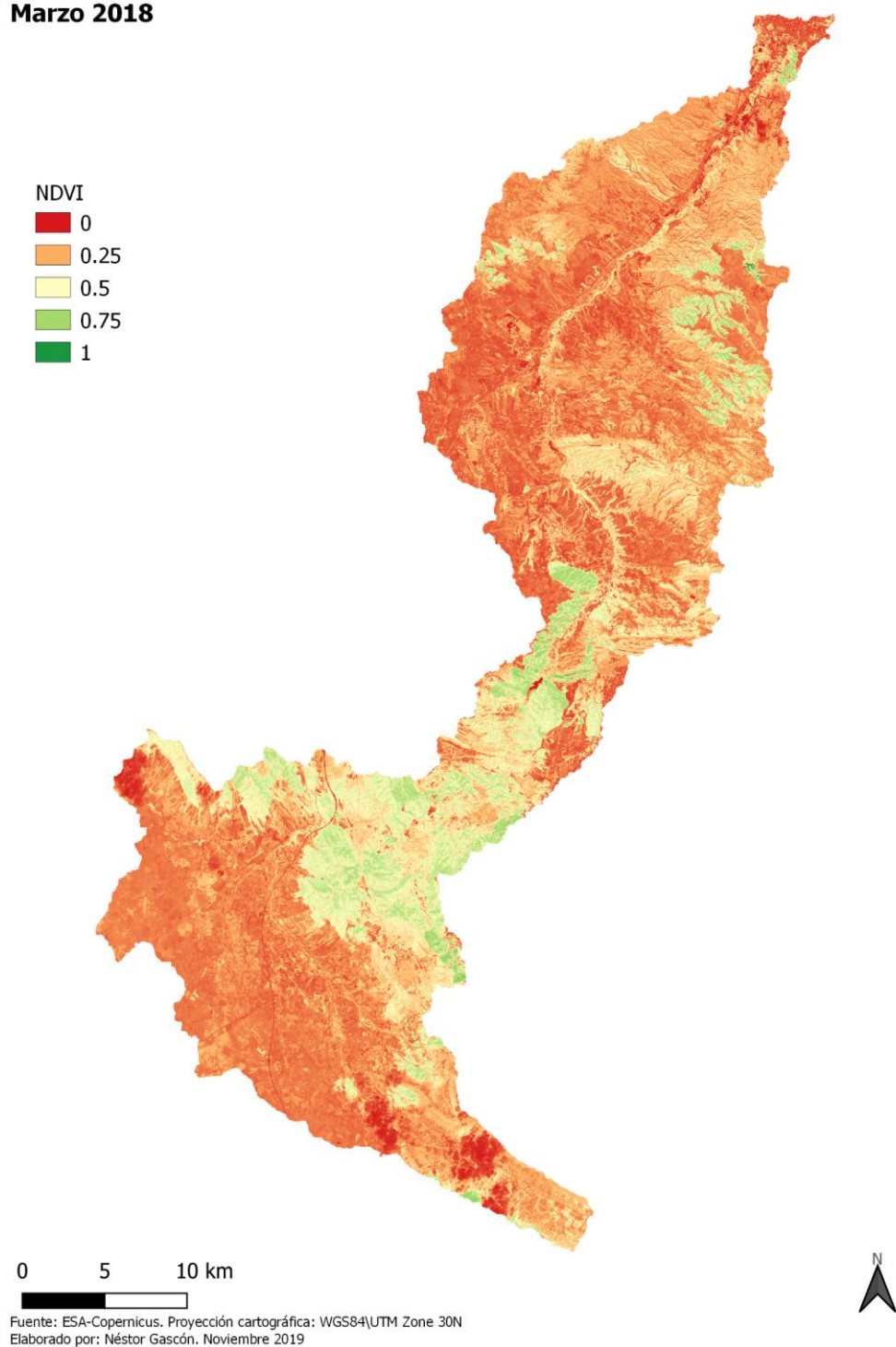


Figura 50: Índice de vegetación en marzo de 2018.

**ÍNDICE DE VEGETACIÓN (NDVI)
Abril 2018**

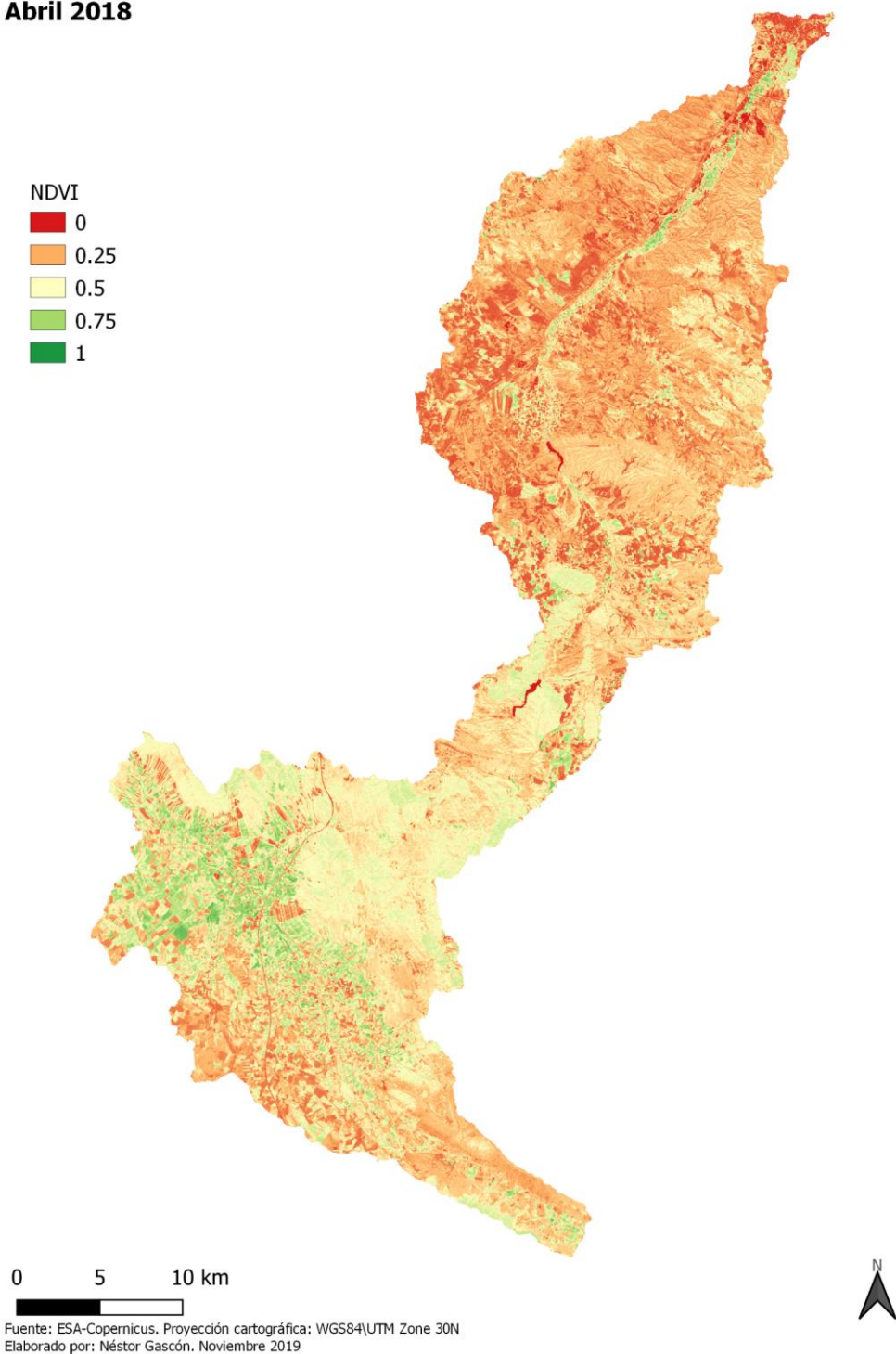
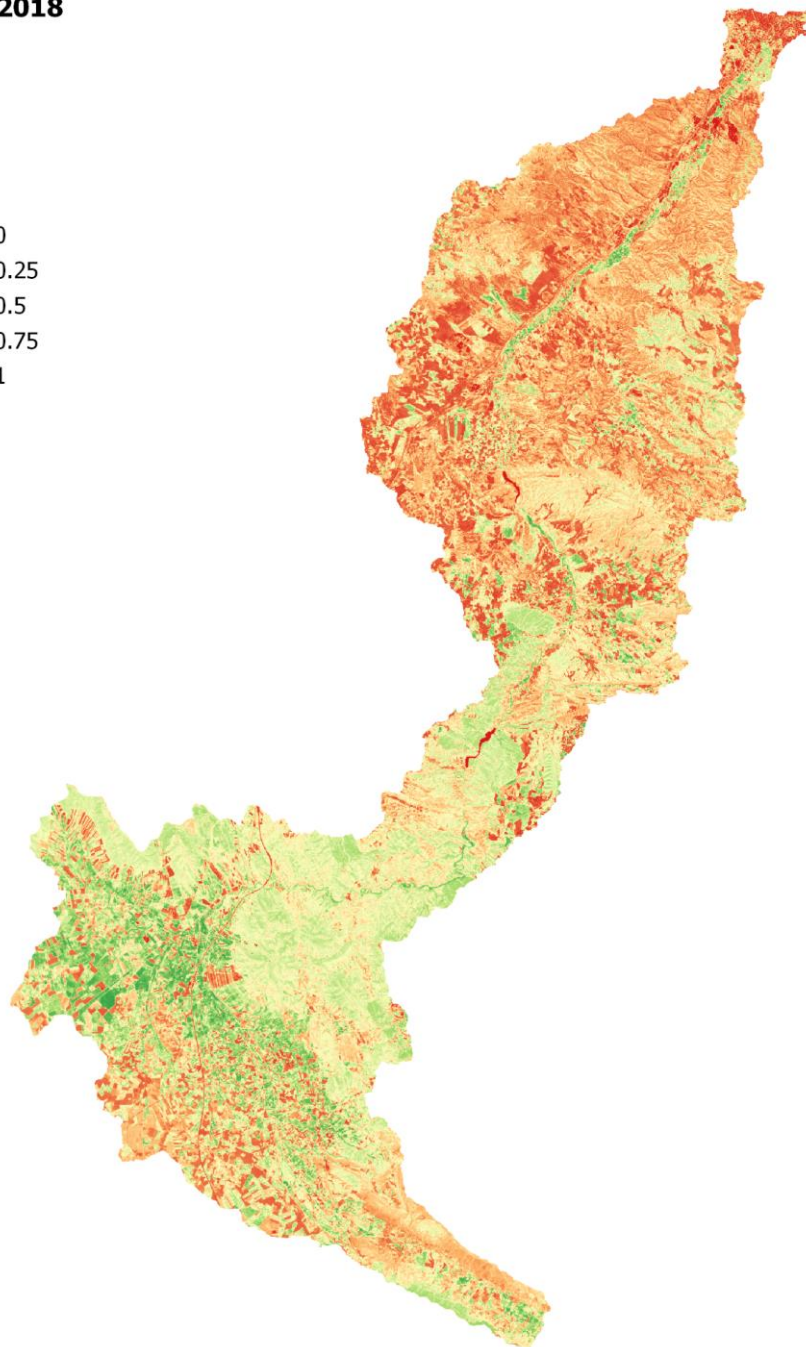


Figura 51: Índice de vegetación en abril de 2018.

ÍNDICE DE VEGETACIÓN (NDVI)
Mayo 2018



0 5 10 km

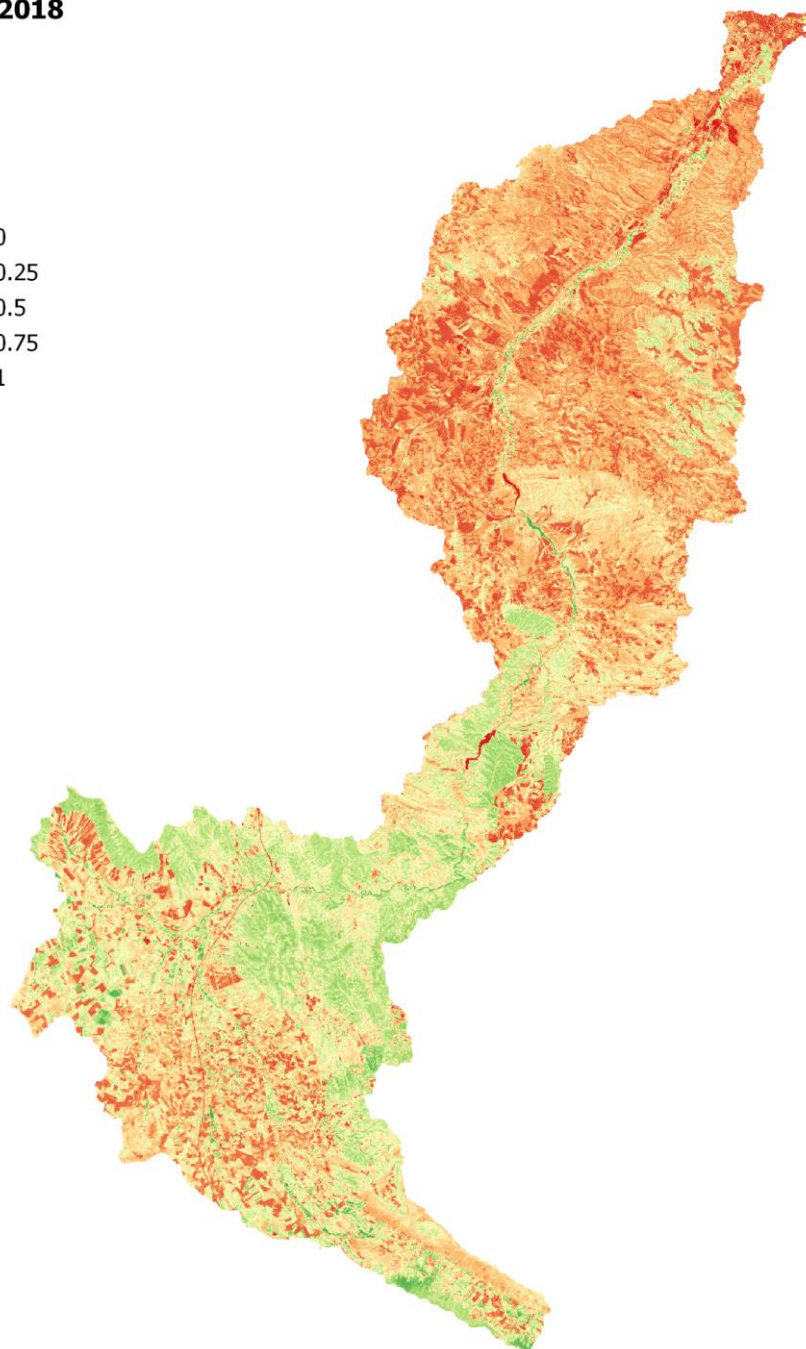


Fuente: ESA-Copernicus. Proyección cartográfica: WGS84\UTM Zone 30N
Elaborado por: Néstor Gascón. Noviembre 2019



Figura 52: Índice de vegetación en mayo de 2018.

**ÍNDICE DE VEGETACIÓN (NDVI)
Junio 2018**



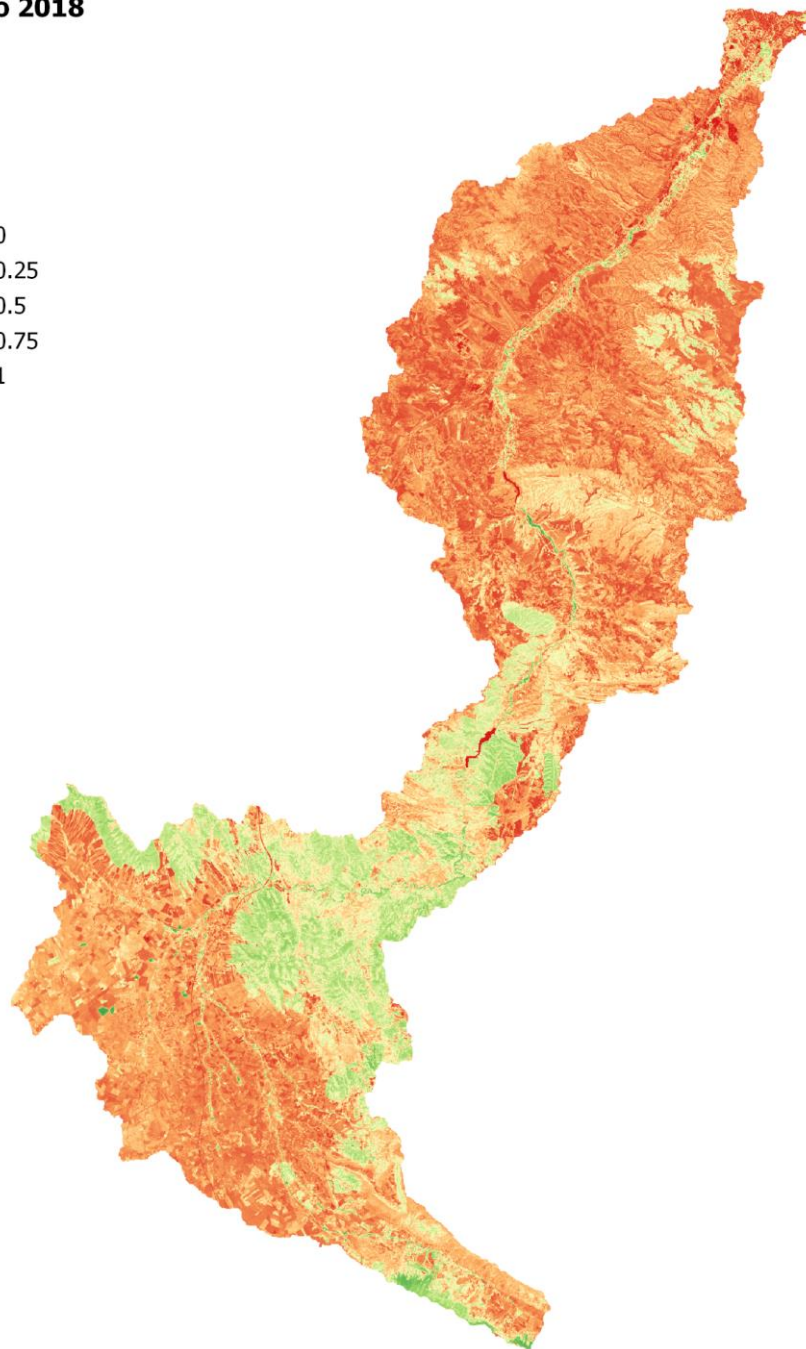
0 5 10 km

Fuente: ESA-Copernicus. Proyección cartográfica: WGS84\UTM Zone 30N
Elaborado por: Néstor Gascón. Noviembre 2019



Figura 53: Índice de vegetación en junio de 2018.

**ÍNDICE DE VEGETACIÓN (NDVI)
Agosto 2018**



0 5 10 km



Fuente: ESA-Copernicus. Proyección cartográfica: WGS84\UTM Zone 30N
Elaborado por: Néstor Gascón. Noviembre 2019



Figura 54: Índice de vegetación en agosto de 2018.

ÍNDICE DE VEGETACIÓN (NDVI) Septiembre 2018

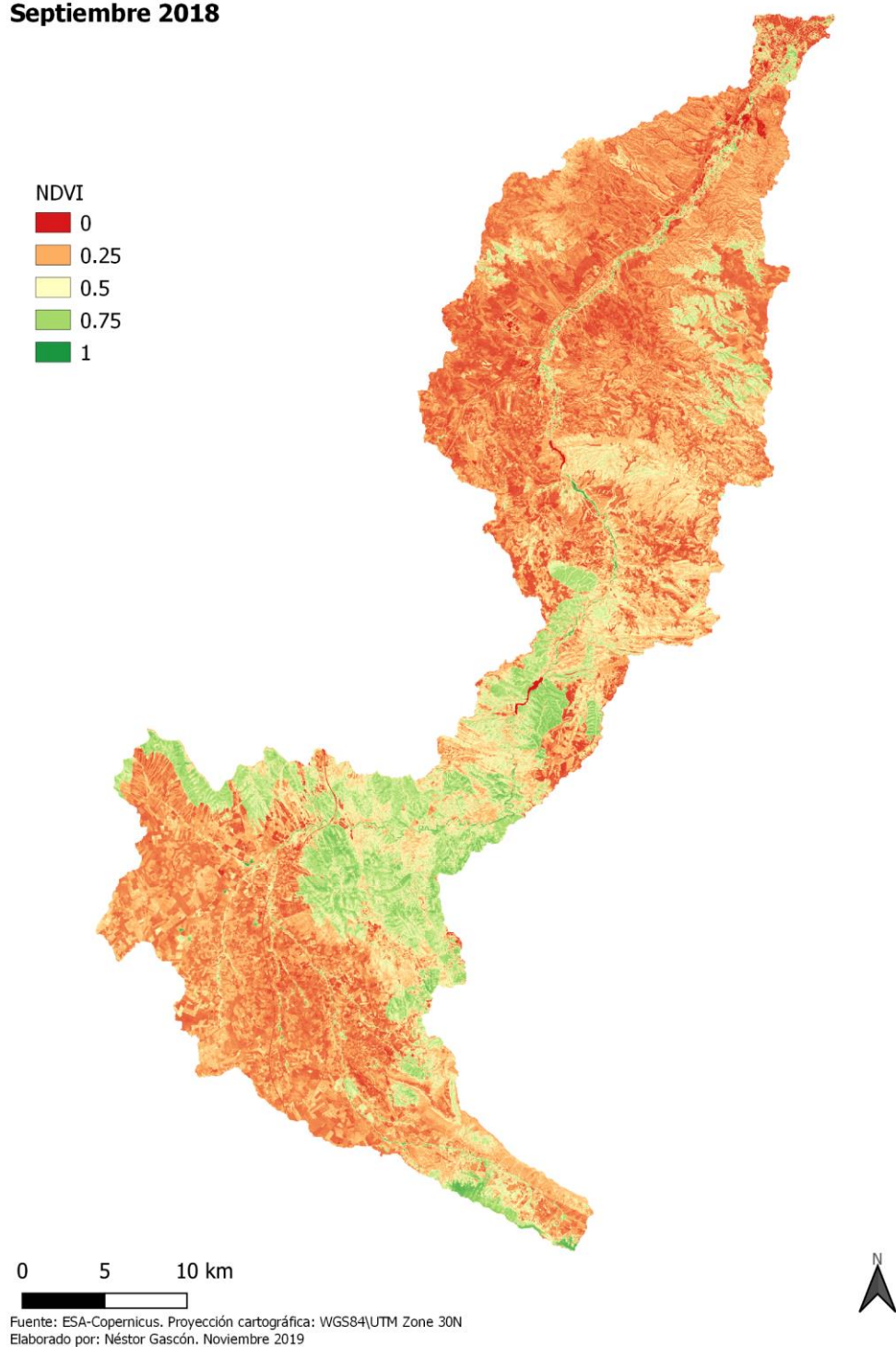


Figura 55: Índice de vegetación en septiembre de 2018.

ÍNDICE DE VEGETACIÓN (NDVI)
Octubre 2018

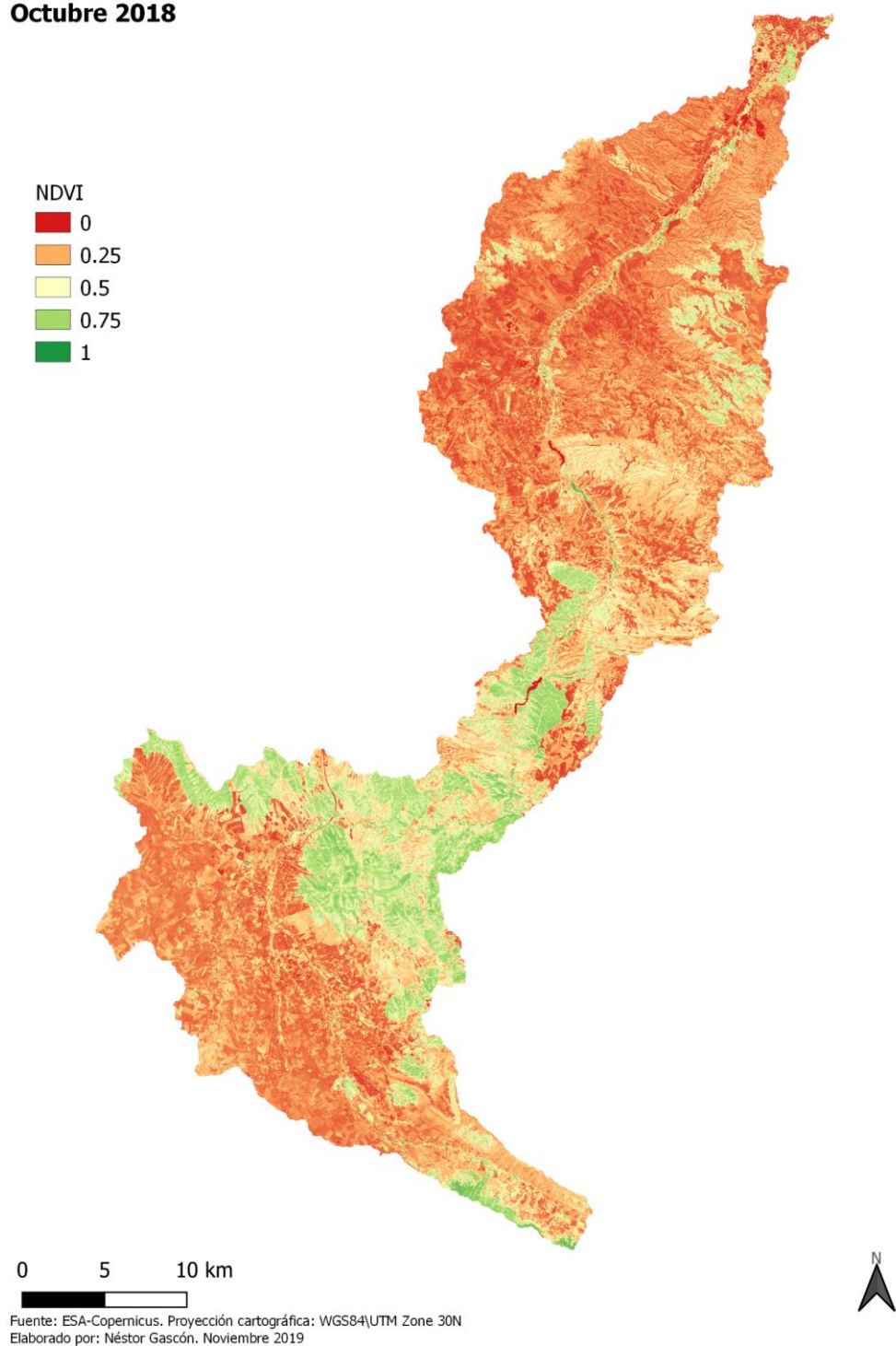


Figura 56: Índice de vegetación en octubre de 2018.

ÍNDICE DE VEGETACIÓN (NDVI) Diciembre 2018

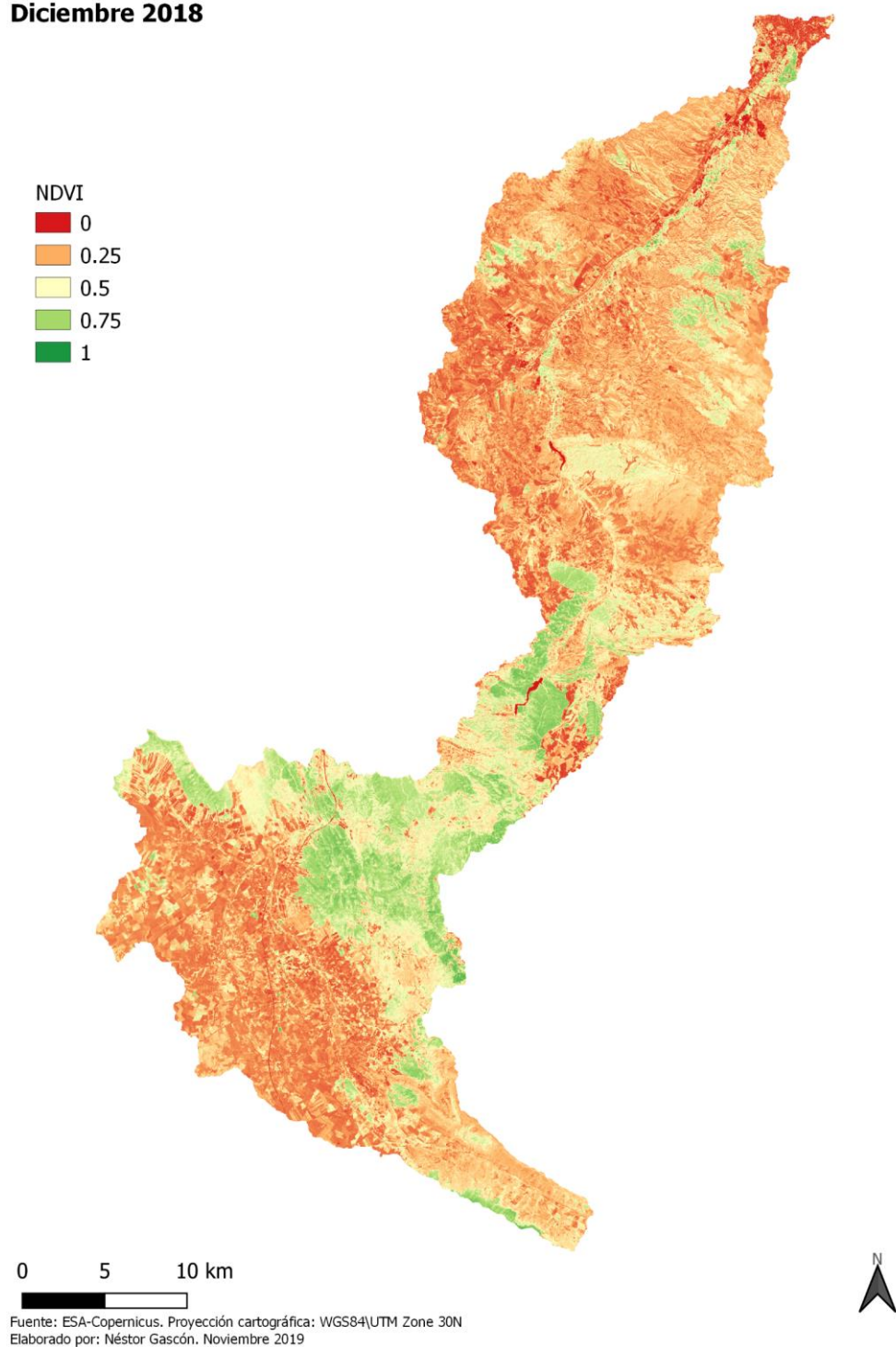


Figura 57: Índice de vegetación en diciembre de 2018.

ANEXO II: Imágenes obtenidas en las salidas de campo



Imagen 1: Frutales en Aladrén.



Imagen 2: Ladera sin cultivo en Aladrén.



Imagen 3: Frutales en Aladrén.



Imagen 4: Huerta abandonada en Vistabella.



Imagen 5: Huerta en Vistabella.



Imagen 6: Huerta abandonada en Vistabella.



Imagen 7: Zona de juegos en Vistabella.



Imagen 8: Parcela abandonada en Vistabella.



Imagen 9: Parcela abandonada en Vistabella.



Imagen 10: Parcela sin cultivar en Vistabella.



Imagen 11: Parcela abandonada en Vistabella.



Imagen 12: Parcela abandonada en Cerveruela.



Imagen 13: Parcela abandonada en Cerveruela.



Imagen 14: Parcela abandonada en Cerveruela.



Imagen 15: Parcela en Cerveruela.



Imagen 16: Vegetación de ribera en Cerveruela.

AGRADECIMIENTOS:

Este trabajo no hubiera sido posible sin la enorme ayuda de mi tutor, Miguel Sánchez Fabre, además de mi tutor de prácticas en la Confederación Hidrográfica del Ebro, José Ángel Losada García. También agradecer la absoluta disponibilidad a cualquier consulta sobre teledetección a Juan de la Riva.

Finalmente, dar las gracias a mi novia y familia por su gran paciencia durante estos meses.