



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA

Aplicaciones de la teledetección en la planificación hidrológica

e-mail: tortega@miteco.es

Jornada sobre Innovación en Gestión de Regadíos mediante Redes Agroclimáticas, Imágenes de Satélite y Sistema de Información Geográfica

29 de noviembre de 2019, Madrid, España

Índice

- Breve exposición de la política europea del agua: la Directiva 2000/60/CE, y otra normativa vinculante
- Marco Institucional para la gestión del agua en España
- Aplicaciones de la teledetección a la planificación hidrológica
- Control del uso del agua
- Lecciones aprendidas

Breve exposición de la política europea del agua

Política hídrica de la UE: Directiva 2000/60/CE

- Establece un marco de acción de la UE en materia de política hídrica
- Transpuesta al marco jurídico español mediante la revisión de la Ley de Aguas en 2001
- En España, los organismos competentes de su implementación son:
 1. La Dirección General del Agua del Ministerio para la Transición Ecológica, a través de las Confederaciones Hidrográficas (varias CCAA incluidas, -inter-)
 2. Agencias Regionales de Agua (una sola región administrativa, -intra-)
- La Comisión Europea supervisa su implementación desde la unidad Agua de la Dirección General del Medio Ambiente (EC-DG ENV)
- Planteamiento pionero de la protección del agua por demarcación hidrográfica.

Objeto de la DMA

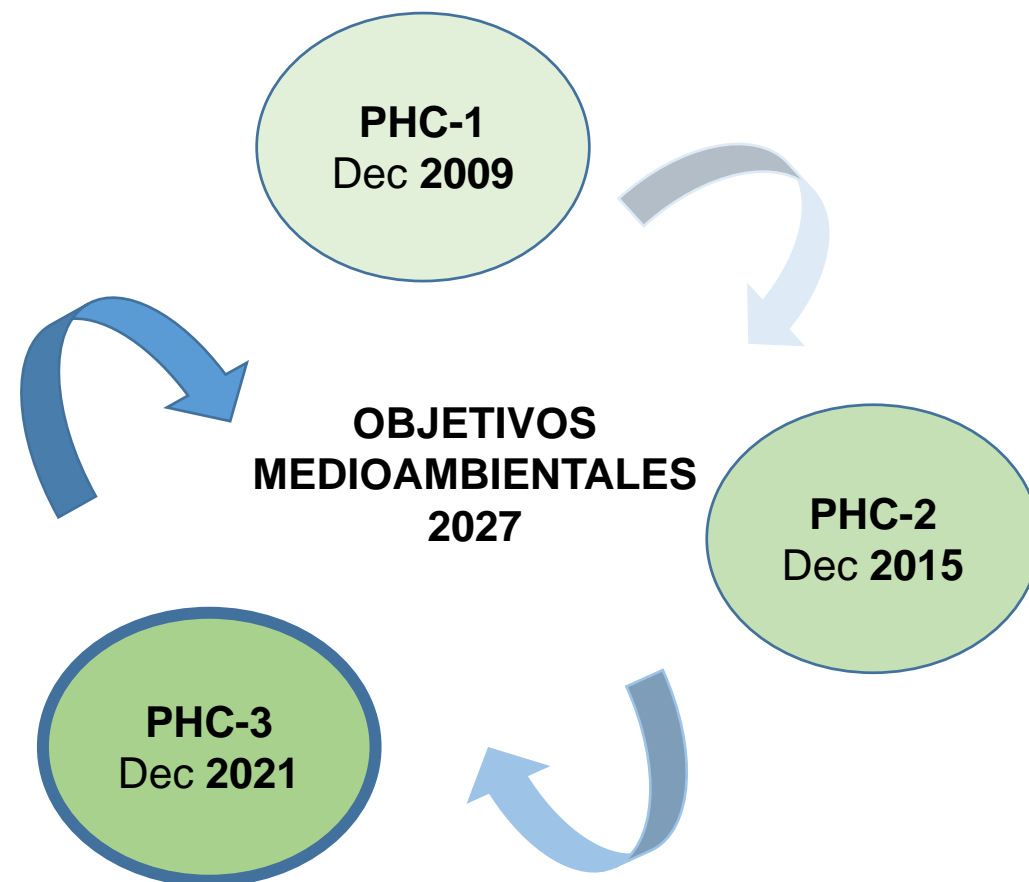
- Prevenir el deterioro adicional, y proteger y mejorar el estado de los ecosistemas acuáticos
- Garantizar la reducción progresiva de la contaminación del agua subterránea y evitar nuevas contaminaciones
 - Promover el uso sostenible del agua basado en la protección a largo plazo de los recursos hídricos disponibles y garantizar el suministro (cantidad)
 - Tomar las medidas específicas de reducción progresiva de los vertidos, las emisiones y las pérdidas de sustancias prioritarias (calidad)
- Lograr los objetivos de los acuerdos internacionales pertinentes, incluidos los relativos a la prevención y erradicación de la contaminación del medio ambiente marino

Normativa relacionadas con la DMA:

- Directiva 91/676/CEE, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos procedentes de fuentes agrarias
- Decisión 2455/2001/CE, aprueba la lista de sustancias prioritarias en el ámbito de la política de aguas, y modifica la Directiva 2000/60/CE
- Directiva 2013/39/UE, modifica las D2000/60/CE y D2008/105/CE en cuanto a las sustancias prioritarias (Aguas superficiales: R/L/T/C)*:
 - (R/L/T/C)*: Ríos/Lagos/Aguas de Transición/Aguas Costeras
 - RD 817/2015, establece los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental
- Directiva 2014/80/UE, modifica el Anexo II de la D2006/118/CE (Aguas subterráneas)
 - RD 1075/2015 y RD 1514/2009, respectivamente

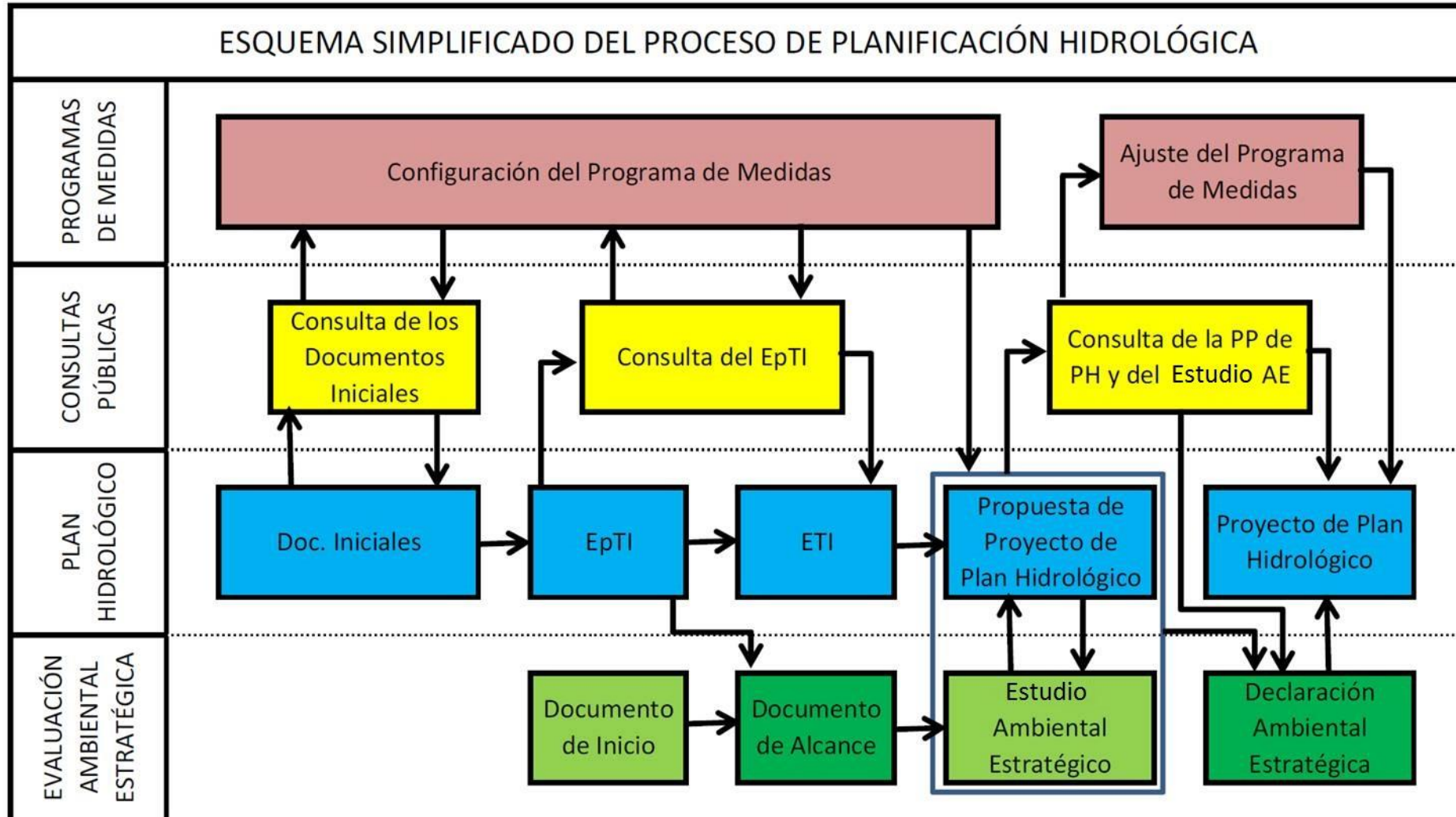
Los Planes Hidrológicos de cuenca

- 1998: Planes Hidrológicos
- 2000: Directiva 2000/60/CE:
 - Planes hidrológicos de Cuenca (RBMP) cada 6 años (art.13)
 - ✓ PHC-1 (2009-2015)
 - ✓ PHC-2 (2015-2021)
 - ✓ **PHC-3 (2021-2027)**
 - Consecución de los objetivos medioambientales (art.4)



Etapas del proceso de planificación

- PHC-3 (2021-2027): Próxima consulta EpTI



Marco institucional

Marco Institucional

25 Demarcaciones Hidrográficas → • 25 Planes Hidrológicos de cuenca:



- Aprobados por acuerdo del CM (excepto en Canarias)
- 12 Inter-comunitarios (en naranja)
- 13 Intra-comunitarios (en blanco)

El Comité de Autoridades Competentes

- Real Decreto 126/2007: composición y funciones

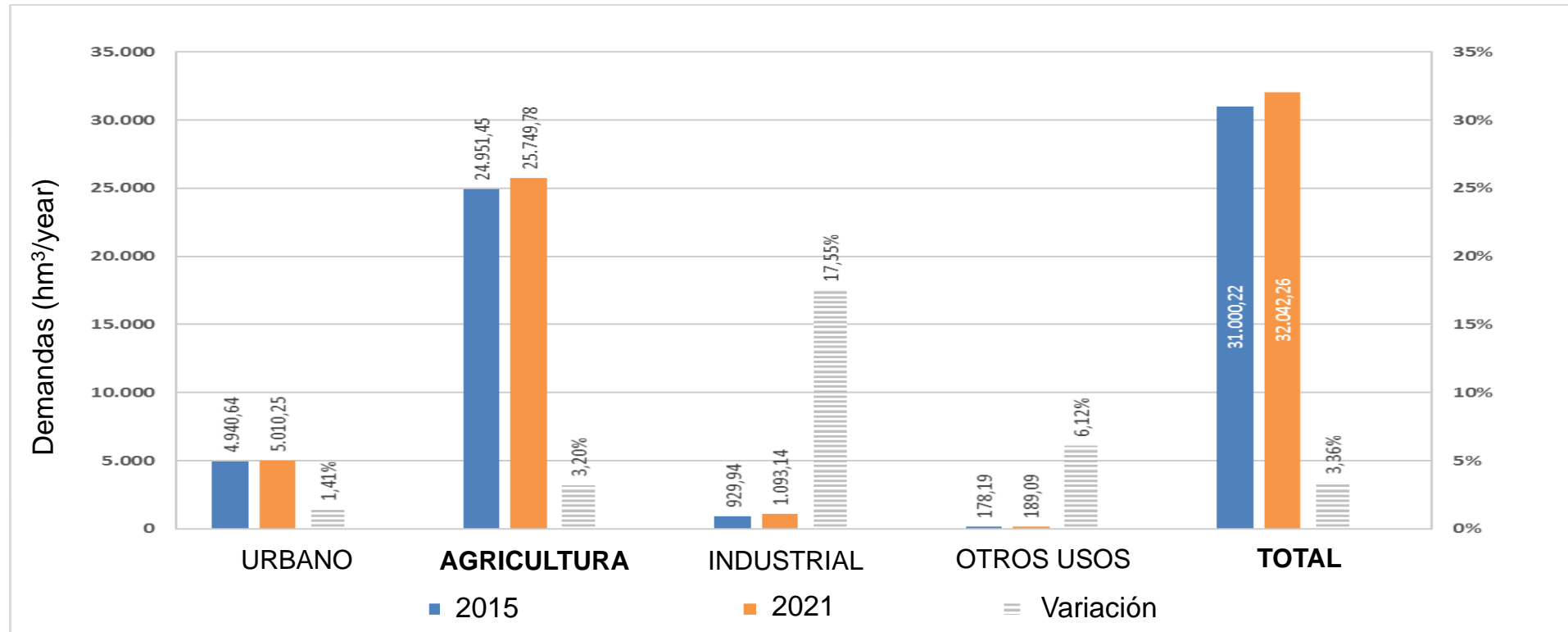


- Aportar la información requerida por el CAD para la elaboración de los planes
- Cooperar para la elaboración del ETI, y de los Programas de Medidas (PdM)

Aplicaciones de la teledetección a la planificación hidrológica

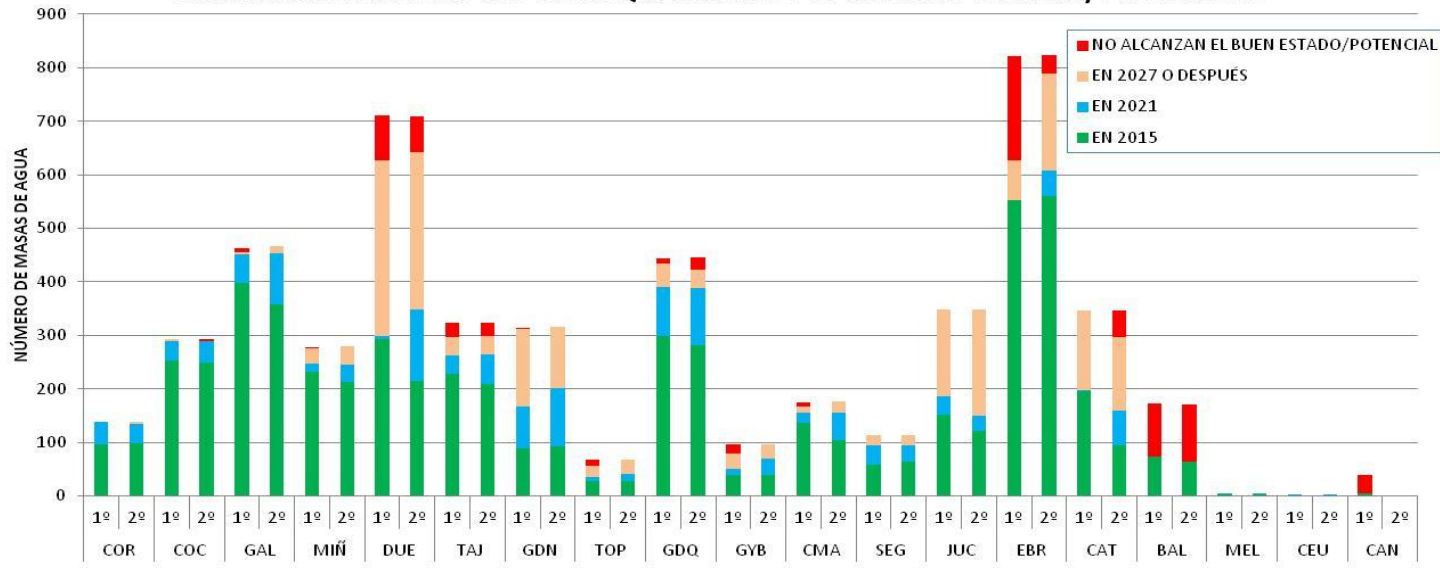
Demandas de agua en España

- La agricultura es el mayor usuario de agua y representa el 80% del total de las extracciones de agua dulce en España



Objetivos Medioambientales

MASAS DE AGUA SUPERFICIAL QUE ALCANZAN EL BUEN ESTADO/POTENCIAL



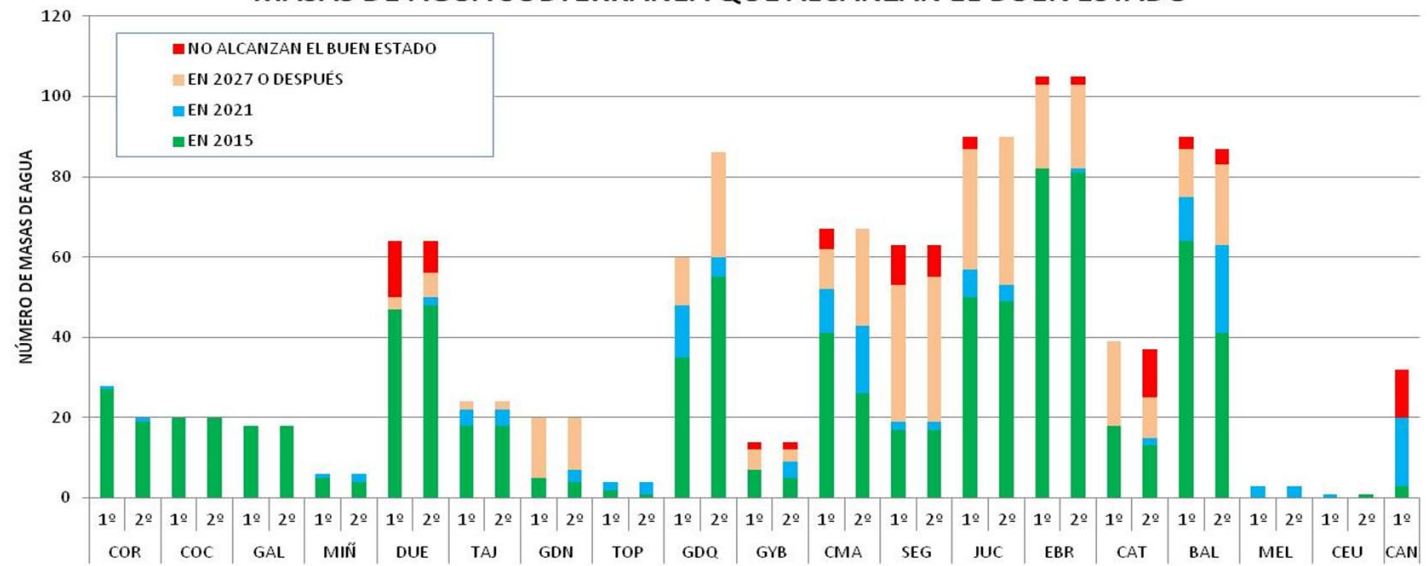
- 4028 (m.a- Superficiales)
 - Se imponen Q eco en el 73 % de las masas de agua superficial

- 761 (m.a- Subterráneas)

- Extensión de medidores de flujo y control del uso del agua

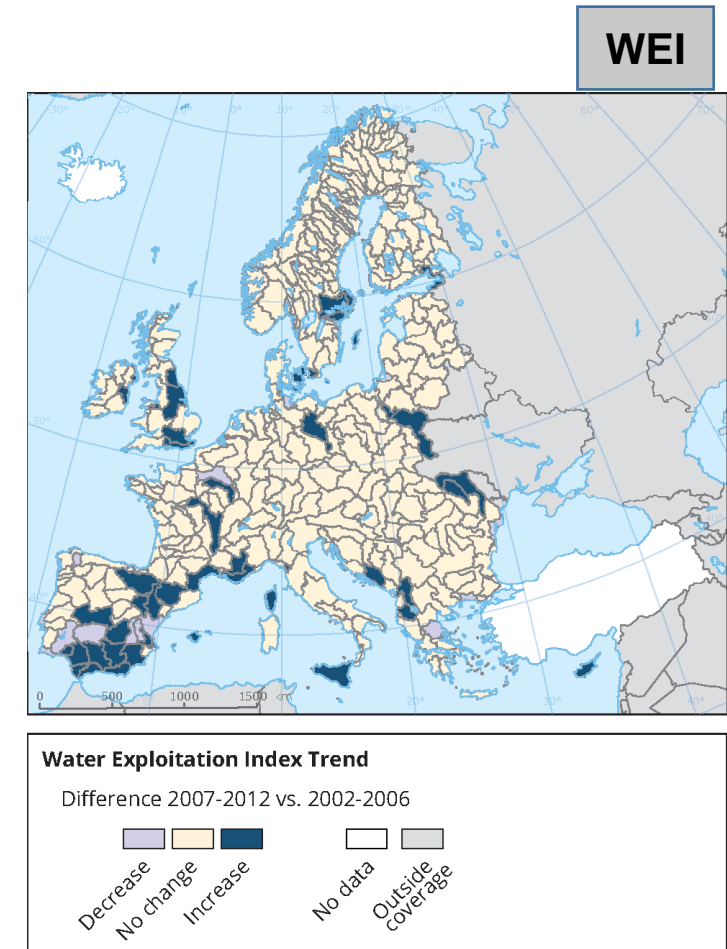
Fuente: Síntesis de los planes hidrológicos españoles. Segundo ciclo de la DMA (2015-2021). MITECO, 2018

MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA QUE ALCANZAN EL BUEN ESTADO



Control del uso del agua

- EU COM(2012) 673: “A Blueprint to Safeguard Europe's Water Resources”
 - Excesiva abstracción de agua
 - Confianza en las imágenes satelitales
 - (...) (2015)
- EU SWD (2019) 30 : “European Overview - River Basin Management Plans”
 - Ampliar el uso de medidores de flujo (especialmente para la agricultura)
 - Mejorar la gestión cuantitativa y la planificación (especialmente en las demarcaciones con >>>WEI)



Restricción hidro-meteorológica

Índice de Evaporación de Precipitación Estandarizada (SPEI)

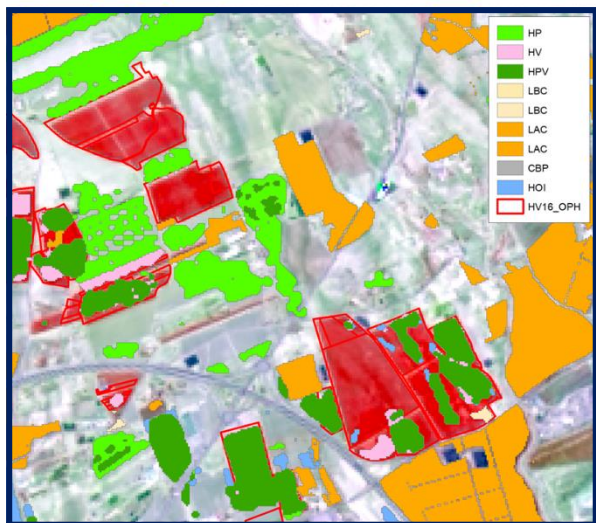
- Las evidencias y proyecciones climáticas e hidrológicas muestran una reducción significativa en la disponibilidad de recursos hídricos y una mayor frecuencia de ocurrencia de sequías con graves impactos en los usos del agua.



Fuente: EU H2020 Proyecto DESEMON
(<https://monitordesequia.csic.es>)

Ámbito de las Confederaciones

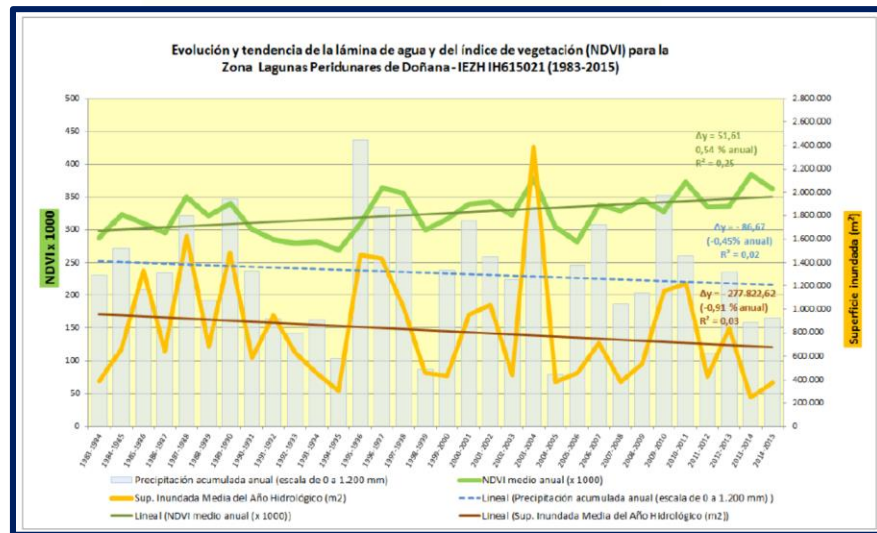
- Contrastes realizados en el marco de distintos encargos



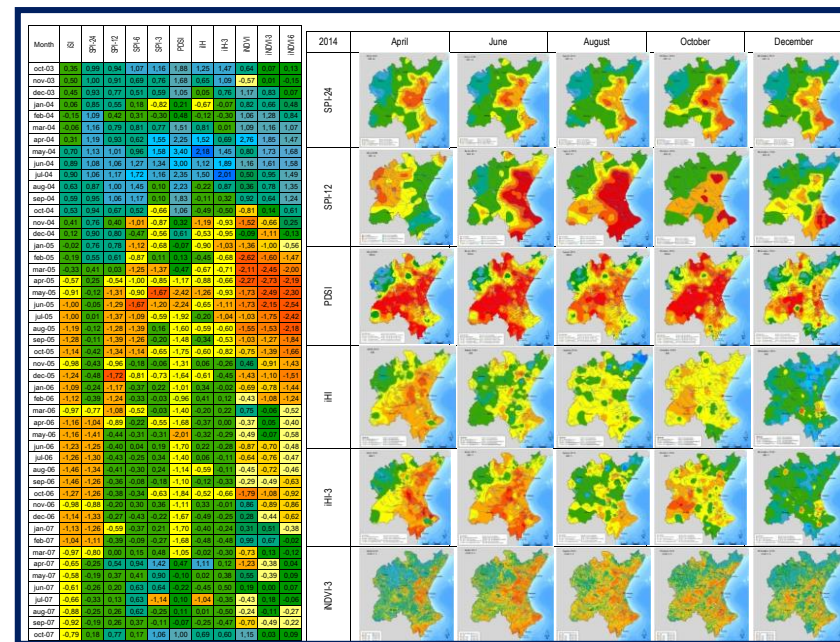
Fuente: CH-Segura. Identificación de cultivos herbáceos de verano



Fuente: CH-Duero (2017-2019)



Fuente: CH-Guadalquivir. Seguimiento de superficie inundadas de las lagunas y de la cobertura vegetal a través de imágenes Landsat (1984-2015)



Fuente: Ortega et al., 2015. "Improvement of the drought indicators system in the Júcar River Basin, Spain (2002-2015)"



Fuente: CH-Júcar-UCLM (1996-2018)

Aplicación de la teledetección

3^{er} ciclo planificación (2015-2021)

- Desarrollar y aplicar una metodología armonizada para estimar las necesidades de agua de los cultivos a través de tecnologías de teledetección en España:
 - Definición de una clasificación de cultivos basada en valores NDVI
 - Contraste volumétrico con mediciones reales del consumo de agua
 - Planificación y revisión de dotaciones de agua para riego en el escenario actual de cambio climático
- Consolidar un grupo de trabajo técnico a escala de Demarcación:
 - Mejorar el conocimiento sobre el uso del agua a través de la observación de la tierra
 - Ampliar la cobertura de los sistemas de medición de agua en la agricultura
 - Fomentar el uso eficiente del recurso
- Fomentar la innovación y la investigación: proyectos financiados por la UE

Conjunto de datos

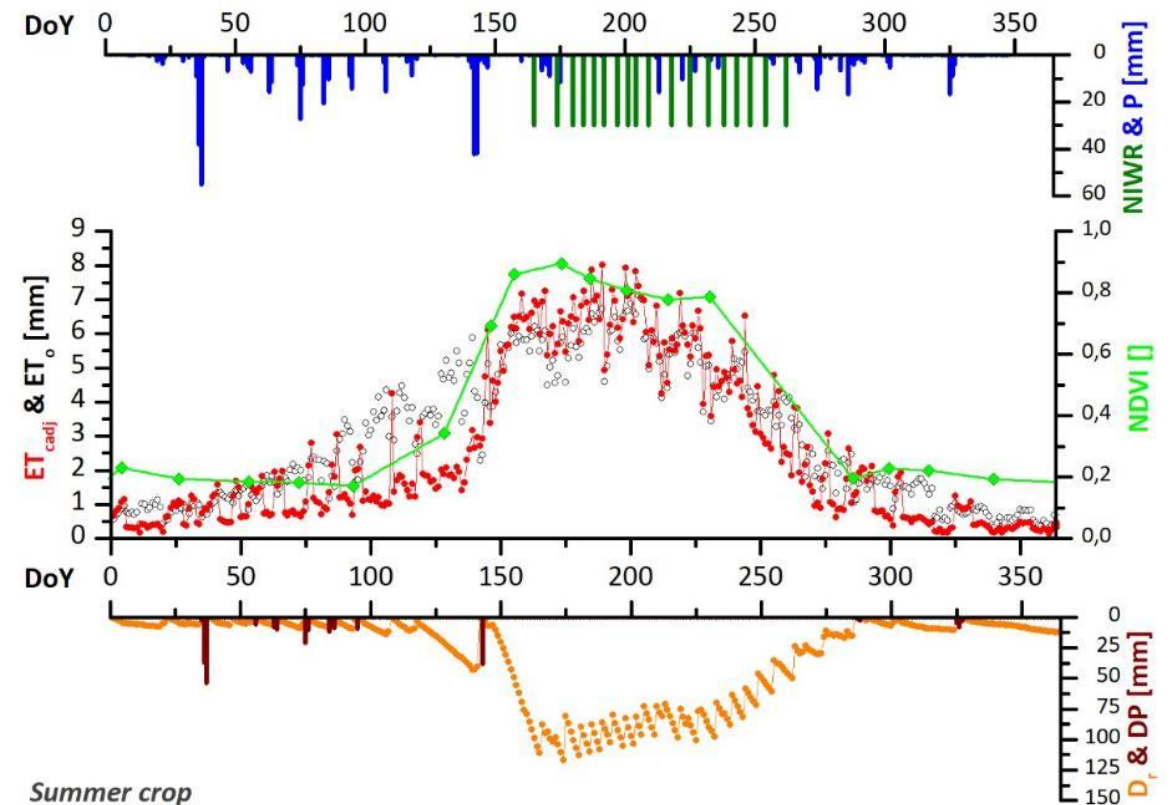
- Programa EU Copernicus
 - Imagen satélite gratuitas
<https://www.copernicus.eu/en/services>
 - Servicio “Land monitoring” (39 M€, 2019)
 - Imágenes Sentinel-2 (10x10 m)
- Programa USA-Landsat
 - Landsat-8 images (30x30 m)
- Proyecto Spider-Siar
 - Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación
 - Universidad de Castilla-La Mancha
<http://maps.spiderwebgis.org/webgis/>
- Proyecto EU H2020 Diana
<https://diana-h2020.eu/es/zonas-piloto/>



Proyecto Spider-Siar



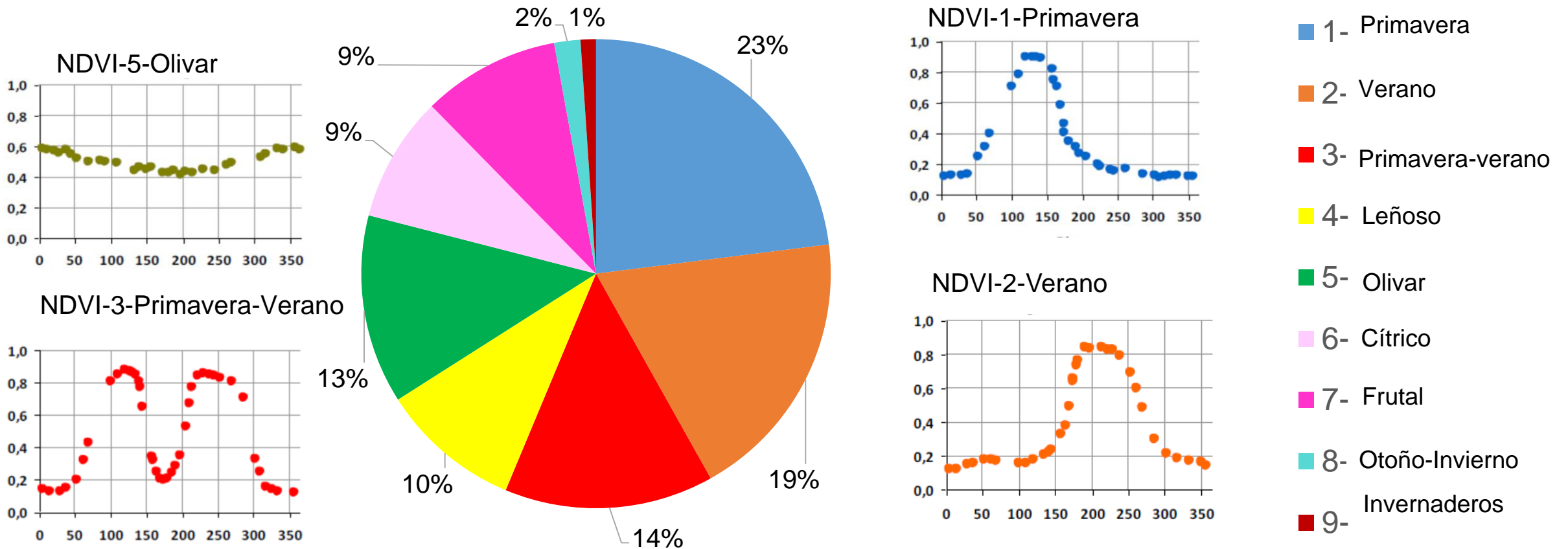
- Balance de humedad asistido por teledetección (NDVI):
 1. “Superficie total en regadío” mensual y anual
 2. “Necesidades netas modeladas de agua de riego” (*NWIR*) basado on FAO-56
- Datos meteorológicos diarios de la red SIAR



Fuente: Garrido-Rubio, et al., 2018. Balance de humedad en suelo basado en teledetección para la contabilidad del agua de riego en la Península Ibérica

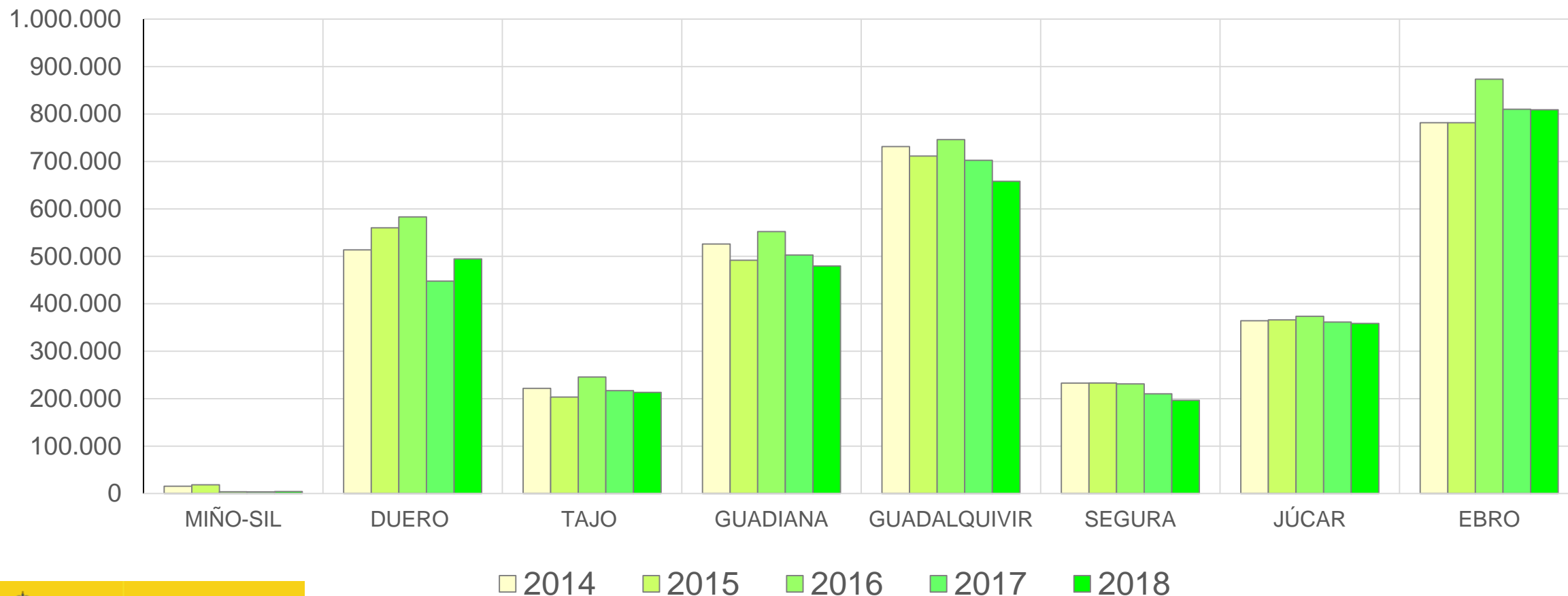
Clasificación de usos del suelo

- Desarrollo vegetativo similar a lo largo del año



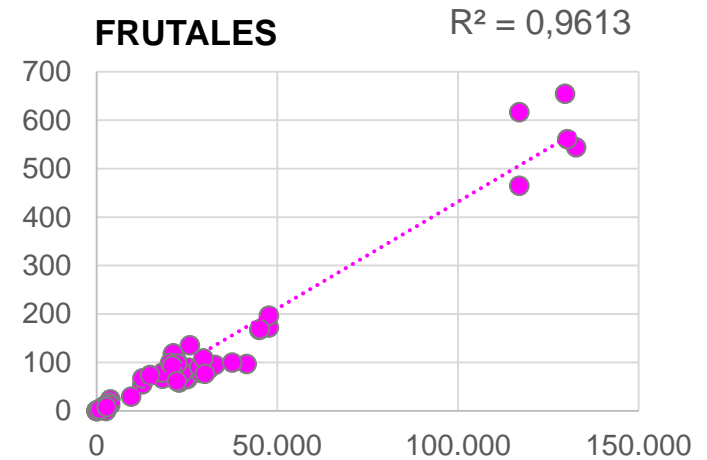
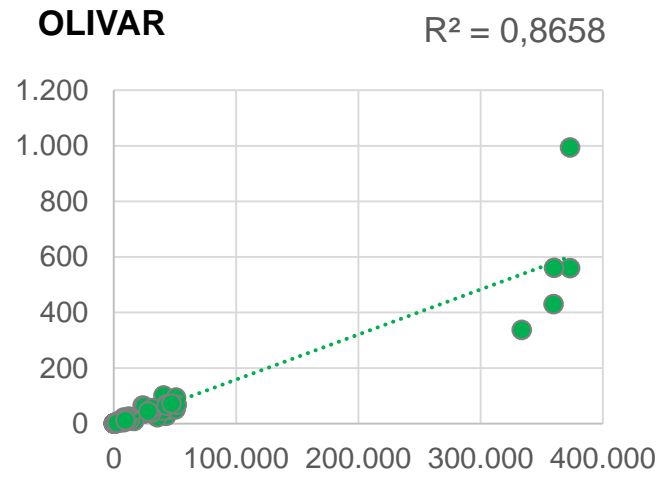
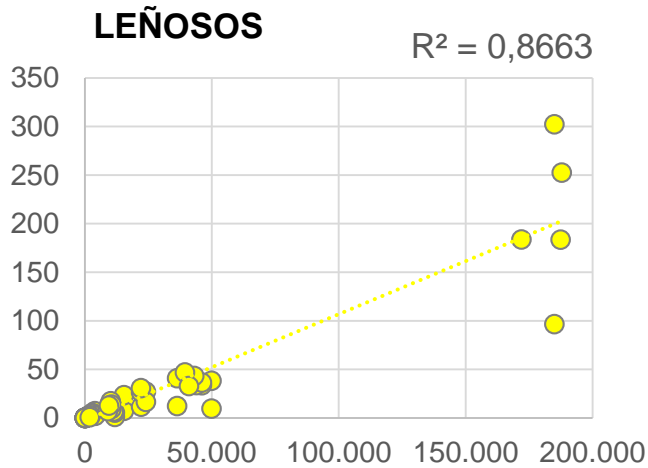
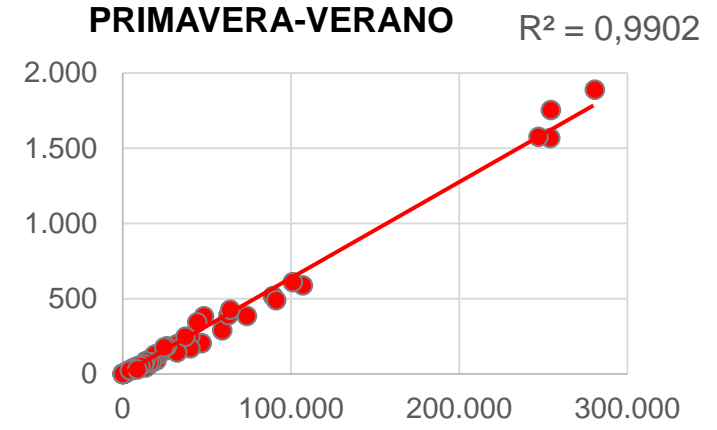
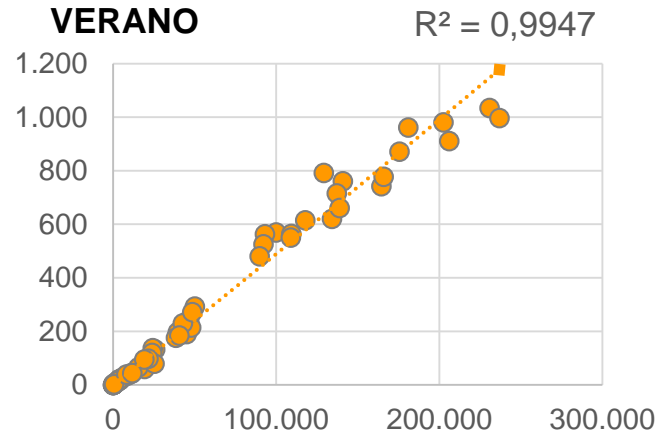
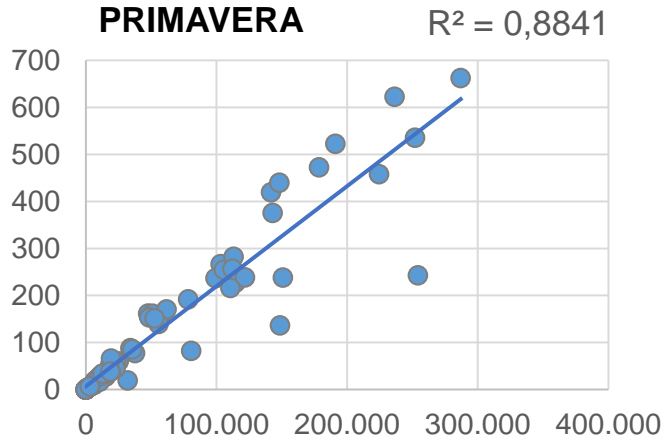
España: Evolución de la superficie regada

- Proyecto Spider-Siar: Balance de humedad en suelo asistido por teledetección



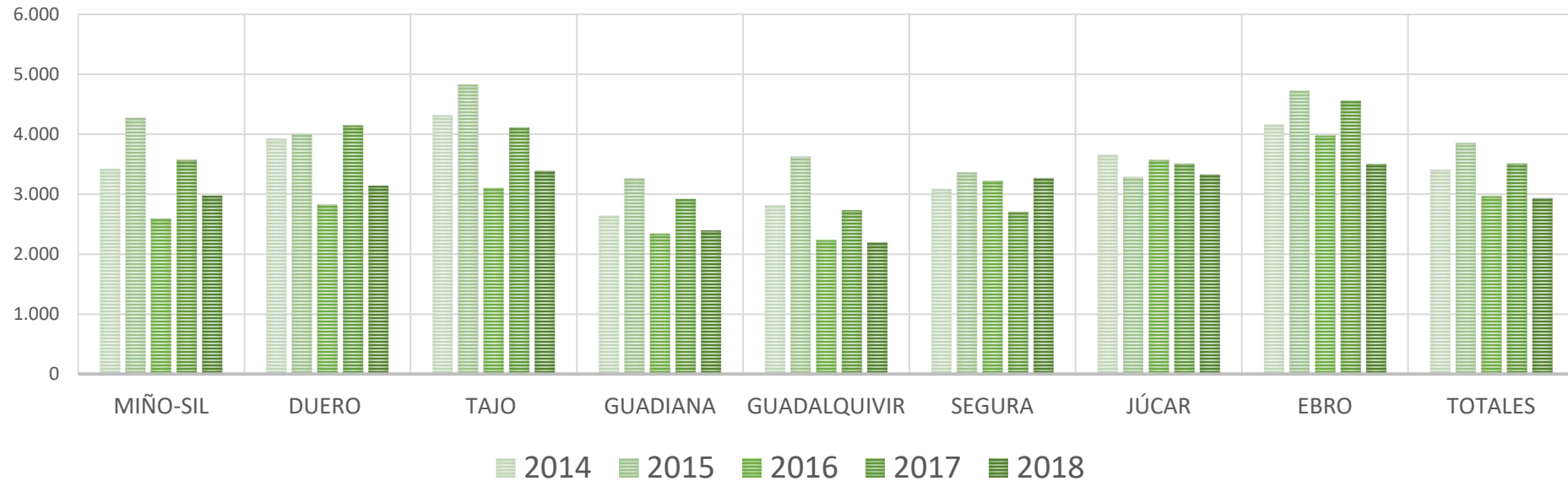
Relación Superficie-Necesidades Netas

- ¿Condiciones hidro-meteorológicas?



Necesidades netas medias (m³/ha)

DEMARCARCIONES HIDROGRÁFICAS



	TOTALES 2014			TOTALES 2015			TOTALES 2016			TOTALES 2017			TOTALES 2018		
	Superficie (ha)	Volumen (hm ³)	Nec. Netas (m ³ /año)	Superficie (ha)	Volumen (hm ³)	Nec. Netas (m ³ /año)	Superficie (ha)	Volumen (hm ³)	Nec. Netas (m ³ /año)	Superficie (ha)	Volumen (hm ³)	Nec. Netas (m ³ /año)	Superficie (ha)	Volumen (hm ³)	Nec. Netas (m ³ /año)
MIÑO-SIL	15.385,50	52,66	3.422,7423	18.555,66	79,38	4.278,0549	3.838,01	9,95	2.591,3467	3.585,87	12,81	3.571,6025	4208,32	12,53	2.977,6715
GALICIA-COSTA	923,94	2,29	2.477,5132	798,75	2,53	3.161,2372	902,97	2,13	2.360,1911	1.211,33	2,79	2.299,3920	1995,09	4,56	2.283,3490
CANTÁBRICO ORIENTAL	98,91	0,07	661,3012	656,82	3,61	5.492,5651	1.704,21	8,22	4.820,6595	4.992,26	30,08	6.026,1780	4761,51	21,10	4.430,9945
CANTÁBRICO OCCIDENTAL	209,88	0,40	1.912,2213	3.738,78	20,27	5.421,1983	1.225,98	5,09	4.150,7402	3.028,03	10,36	3.422,6569	1006,78	3,44	3.417,0294
DUERO	513.504,09	2.016,38	3.926,6980	560.197,98	2.247,76	4.012,4367	583.120,04	1.646,58	2.823,7359	447.668,01	1.856,43	4.146,8885	494611,67	1.554,47	3.142,8094
TAJO	221.643,00	956,63	4.316,0916	203.482,44	982,36	4.827,7162	245.581,90	761,43	3.100,5074	217.017,22	893,33	4.116,4021	213355,16	724,01	3.393,4646
GUADIANA	525.974,22	1.389,73	2.642,2028	491.911,56	1.608,47	3.269,8295	552.157,72	1.292,71	2.341,1941	502.916,09	1.469,16	2.921,2783	479708,06	1.150,32	2.397,9630
GUADALQUIVIR	731.288,97	2.060,12	2.817,1087	711.365,67	2.579,48	3.626,0970	746.160,94	1.666,40	2.233,2989	702.458,57	1.919,84	2.733,0357	658102,79	1.447,77	2.199,9200
CUENCAS MEDITERRÁNEAS ANDALUZAS	120.019,23	270,05	2.250,0953	121.448,97	321,11	2.643,9727	138.582,76	305,65	2.205,5663	124.828,20	293,46	2.350,9135	127813,96	291,27	2.278,8703
GUADALETE Y BARBATE	67.111,65	255,87	3.812,6284	63.966,33	270,73	4.232,3590	71.262,29	182,55	2.561,6514	61.133,92	197,98	3.238,4647	53645,95	174,52	3.253,2602
TINTO, ODIEL Y PIEDRAS	31.481,28	82,07	2.607,1013	31.359,33	109,69	3.497,8396	37.026,77	65,05	1.756,9163	35.139,76	80,84	2.300,4696	33625,46	73,15	2.175,3397
SEGURA	232.669,71	717,99	3.085,8616	233.109,09	784,30	3.364,5160	231.053,59	743,71	3.218,7797	210.345,32	570,16	2.710,5820	196538,49	642,34	3.268,2877
JÚCAR	364.152,69	1.332,44	3.659,0168	366.186,87	1.203,96	3.287,8167	373.691,81	1.332,63	3.566,1250	361.575,07	1.269,22	3.510,2572	358461,43	1.193,47	3.329,4121
EBRO	781.502,85	3.252,38	4.161,7034	781.653,87	3.698,02	4.731,0170	873.434,45	3.468,10	3.970,6446	810.150,05	3.694,36	4.560,0875	808864,18	2.836,06	3.506,2285
CUENCAS INTERNAS CATALUÑA	89.420,58	206,93	2.314,1326	87.415,29	261,36	2.989,8354	93.609,02	231,95	2.477,8175	91.808,53	261,98	2.853,5274	79668,96	192,98	2.422,2249
TOTALES	3.695.386,50	12.596,02	3.408,5791	3.675.847,41	14.173,00	3.855,7100	3.953.352,46	11.722,14	2.965,1131	3.577.858,23	12.562,79	3.511,2609	3.516.367,81	10.322,00	2.935,4140

Control del uso del agua

Normativa: Control efectivo de caudales

- Necesidad de control efectivo de los caudales consumidos, utilizados o retornados

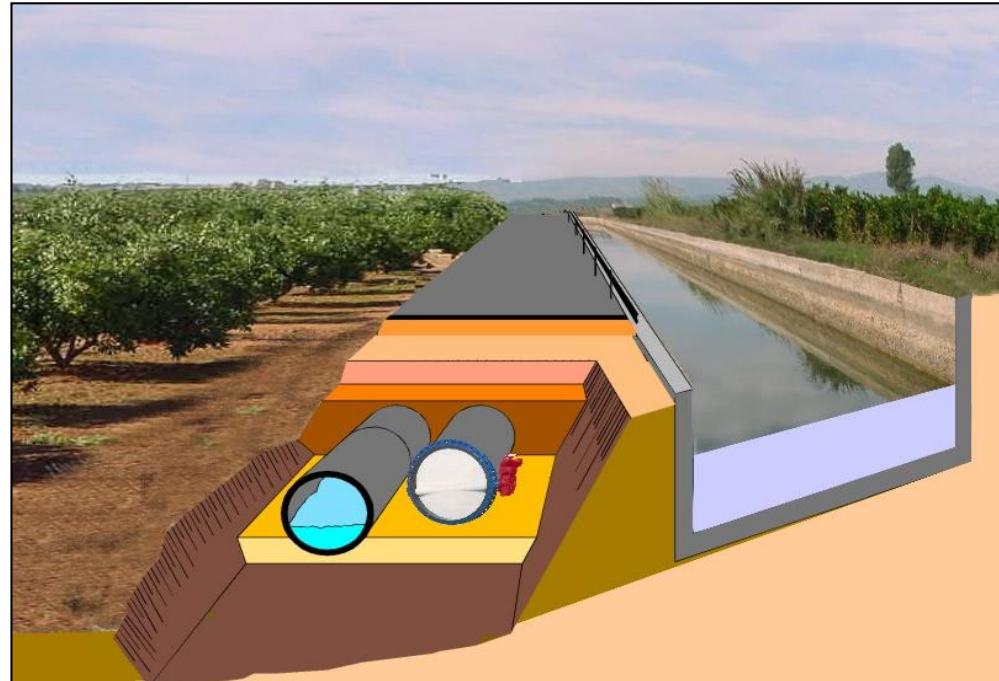
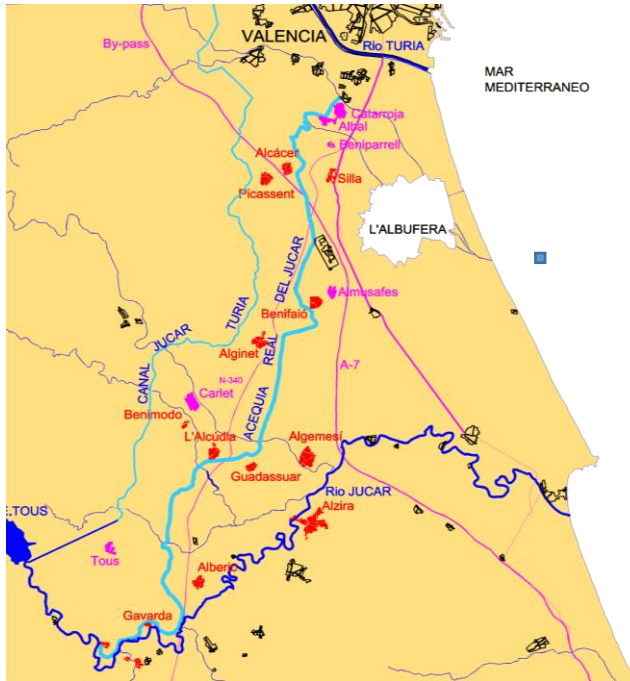
¿Q consumidos?:

¿Q concesionales?

- (1) Real Decreto Legislativo 1/2001
- (2) Reglamento de Dominio Público Hidráulico
- (3) Ley 11/2005, por la que se modifica la Ley 10/2001, del Plan Hidrológico Nacional
- (4) Orden ARM/1312/2009

Esquema: Modernización Acequia Real Júcar

- CONDUCCIÓN EN ALTA: Consiste en las obras de derivación en la salida del Túnel de la Escala (sistema de salida Tous), depósito de regulación, bajante presurizada (bi-colectora) con bifurcación en dos bi-colectoras Norte y Sur de trazados paralelos al actual canal principal de la ARJ, y sus tomas de servicio clasificadas en coyunturales y de riego a presión distribuidas a lo largo del trazado.

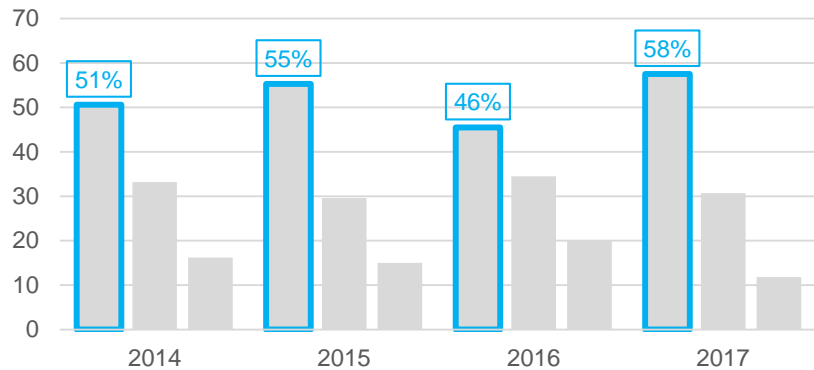


i estadística: modelado vs. medido

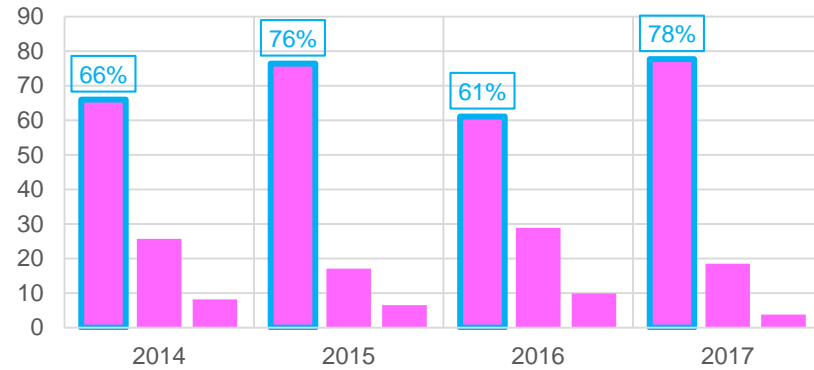
- **Acequia Real del Júcar:** Los cultivos más representativos en el área estudiada son cítricos y frutales de hueso (caqui) ~ 2.500 has

- Índice a escala de parcela:
$$i = \frac{V_{Mod} - VM_{ed}}{V_{Med}}$$

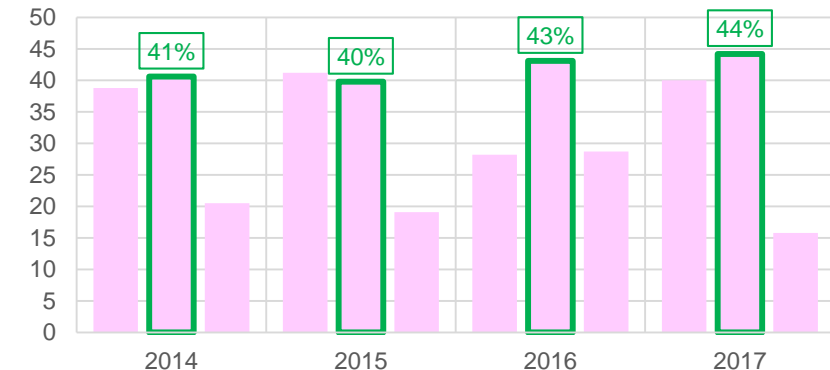
Total



Persimmon



Citric



from -100 % to -20] % from -20 % to + 20 % from +20] % to + 100%

from -100 % to -20] % from -20 % to + 20 % from +20] % to + 100%

from -100 % to -20] % from -20 % to + 20 % from +20] % to + 100%

- ¿Estimación de la Superficie?; Errores: ¿modelo? ¿medida?; ¿Prácticas agrícolas?

Conclusiones

Lecciones aprendidas

- La revisión de los **PHC** de las DDHH españolas debe definir las **demandas de agua** del período 2021-2027, y asegurar el cumplimiento de los OMAs
- La combinación de técnicas de **TD** con **volúmenes** de agua aplicada, mejora el conocimiento del uso del agua en agricultura, y genera información de utilidad para los usuarios y gestores
- Las **imágenes Sentinel-2** son herramientas útiles y gratuitas, para la identificación en tiempo real de la superficie “regada”, variable fundamental para la planificación hidrológica
- El **proyecto SPIDER-SIAR** calcula a escala territorial de píxel, el área total “regada” basada en valores satelitales del índice NDVI, y las necesidades netas de agua de riego modeladas sobre la base de la evapotranspiración de los cultivos
- La elaboración de un **mapa de dotaciones netas por cultivo** utilizando TD y datos meteorológicos, como los proporcionados por la red SIAR, es factible técnicamente aplicando una **metodología homogénea** en España

Lecciones aprendidas

- En la Península Ibérica, la superficie total “regada” deducida por teledetección en media para el periodo de estudio (2014-2018), es del orden de **3,7 Mha**. El total de las necesidades netas de agua de riego, deducidas por modelación, son en media del orden de **12 Km³**, siendo la relación superficie-volumen, lineal, para todos los tipos de cultivo, y de mayor pendiente en cultivos herbáceos que en leñosos
- Existen **diferencias interanuales** en las estimaciones de las necesidades netas del agua de riego en España, que podrían asociarse a variaciones de las **condiciones hidro-climáticas** en el periodo de estudio
- Los resultados de **consumo de agua** podrían estar condicionados por comportamientos individuales de los usuarios y **prácticas agrícolas**, las condiciones hidro-climáticas u otras variables ambientales específicas que deberían estudiarse
- La **participación activa de los usuarios** y las autoridades del agua, es necesaria para la definición de una metodología homogénea en España que permita el control del uso del agua