



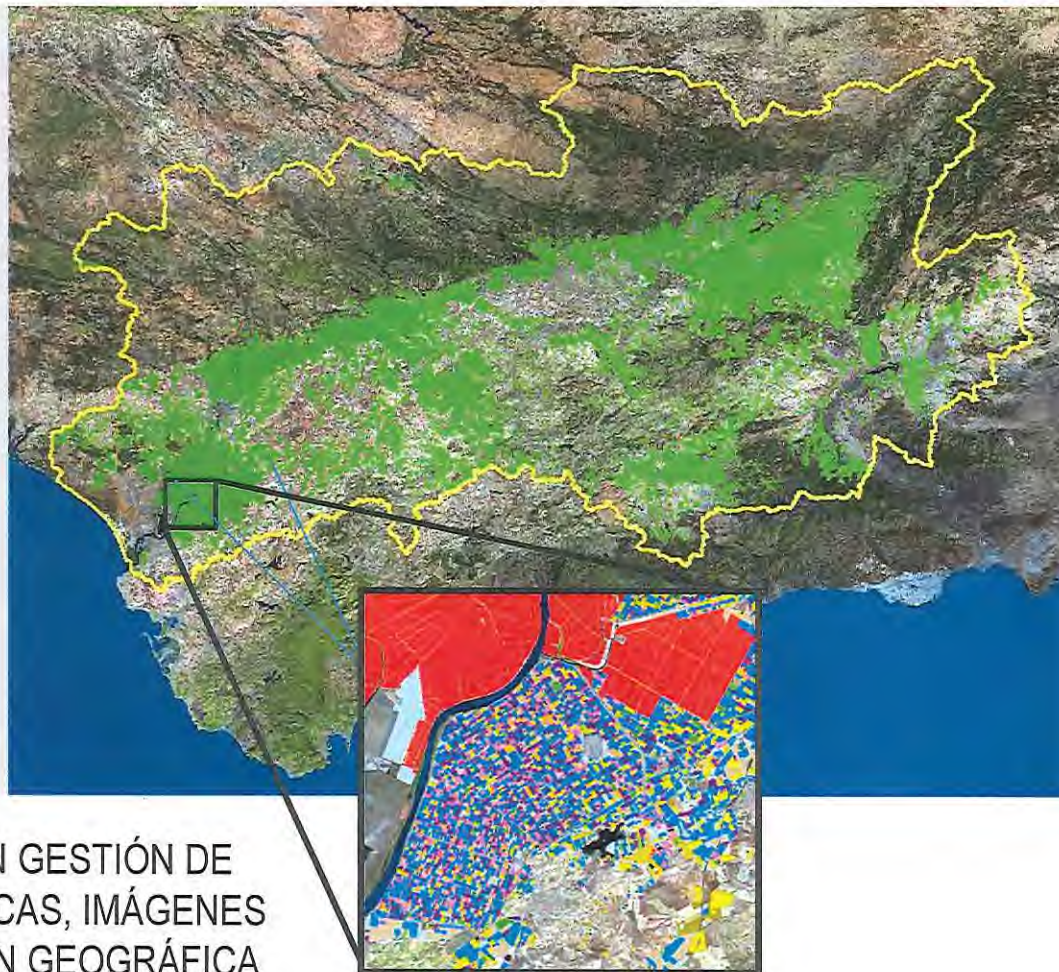
GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA

CONFEDERACIÓN
HIDROGRÁFICA DEL
GUADALQUIVIR, O.A.

OFICINA DE
PLANIFICACIÓN
HIDROLÓGICA

La teledetección en el seguimiento de los regadíos en la cuenca del Guadalquivir



JORNADA TÉCNICA SOBRE INNOVACIÓN EN GESTIÓN DE
REGADÍOS MEDIANTE REDES AGROLIMÁTICAS, IMÁGENES
DE SATÉLITE Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Madrid, 28 de noviembre de 2018

ÍNDICE



1

DETERMINACIÓN DE SUPERFICIE
Y ET DE REGADÍOS EN LA CUENCA



2

SEGUIMIENTO DE REGADÍOS Y MASAS DE
AGUA SUPERFICIAL EN DOÑANA

1

**Determinación de superficie
y evapotranspiración
de los regadíos en la
cuenca del Guadalquivir.**

Campaña 2015.



INTRODUCCIÓN

Determinación de superficies y evapotranspiración de los cultivos en regadío de la cuenca del Guadalquivir mediante teledetección. Campaña de riego 2015.

Objetivo general: Aplicación de un modelo simplificado del FAO56 para el cálculo de la ET de cultivos, con apoyo de teledetección, desarrollado por IFAPA y CSIC y realizado por Tragsatec por encargo de la CHG. Este método ha sido aplicado y evaluado en campañas anteriores.

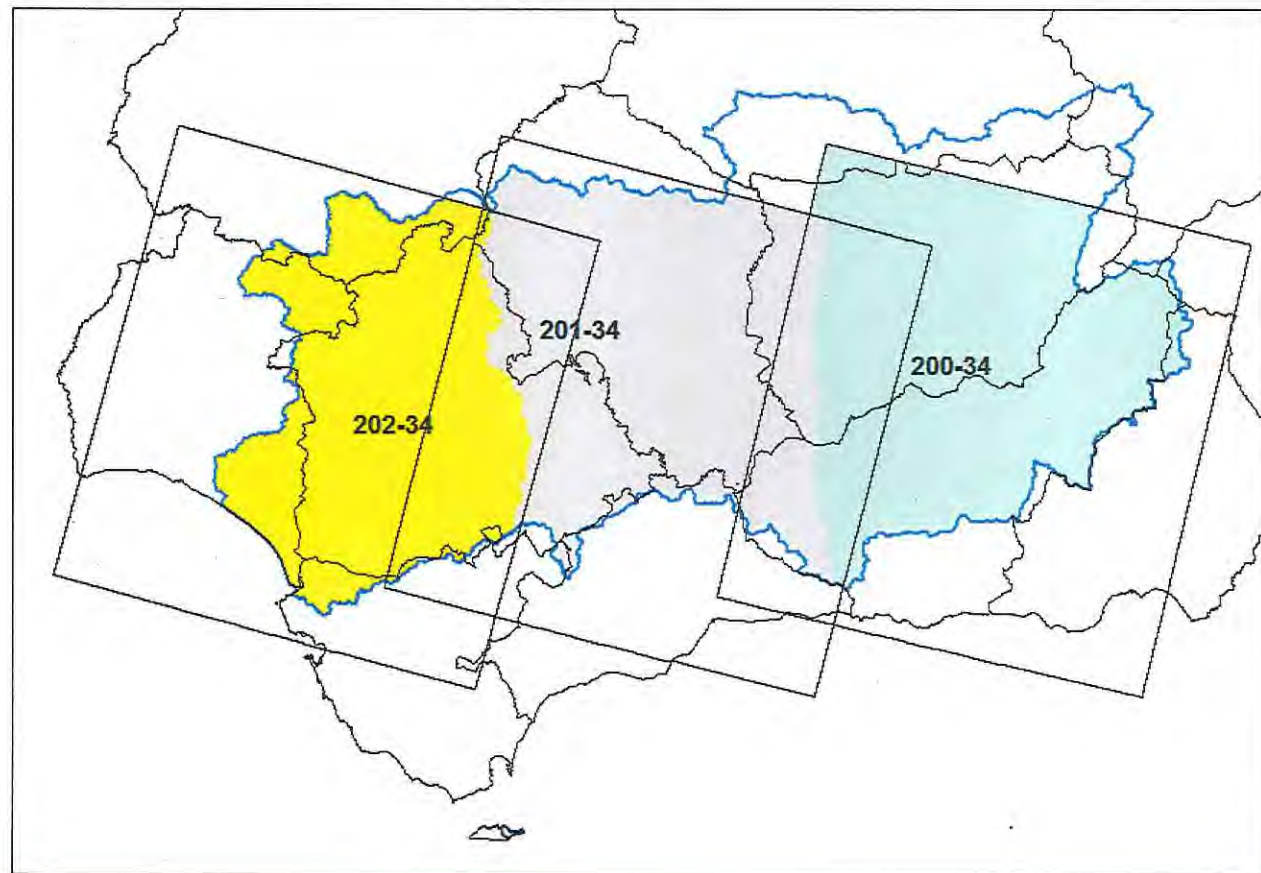
Objetivos específicos:

- 1) Actualización de la superficie regable a clasificar en la campaña 2015.
- 2) Identificación de los cultivos en regadío mediante teledetección.
- 3) Cálculo de la ET y consolidación de resultados

ÁMBITO ESPACIAL Y TEMPORAL

Ámbito espacial: La superficie regable incluida en la demarcación hidrográfica del Guadalquivir localizada en las escenas Landsat 200-34, 201-34, y 202-34, dentro de los límites de la Comunidad Autónoma Andaluza (90%).

Ámbito temporal:
De marzo a
septiembre de 2015.



ESQUEMA DE TRABAJO

Preparación de datos

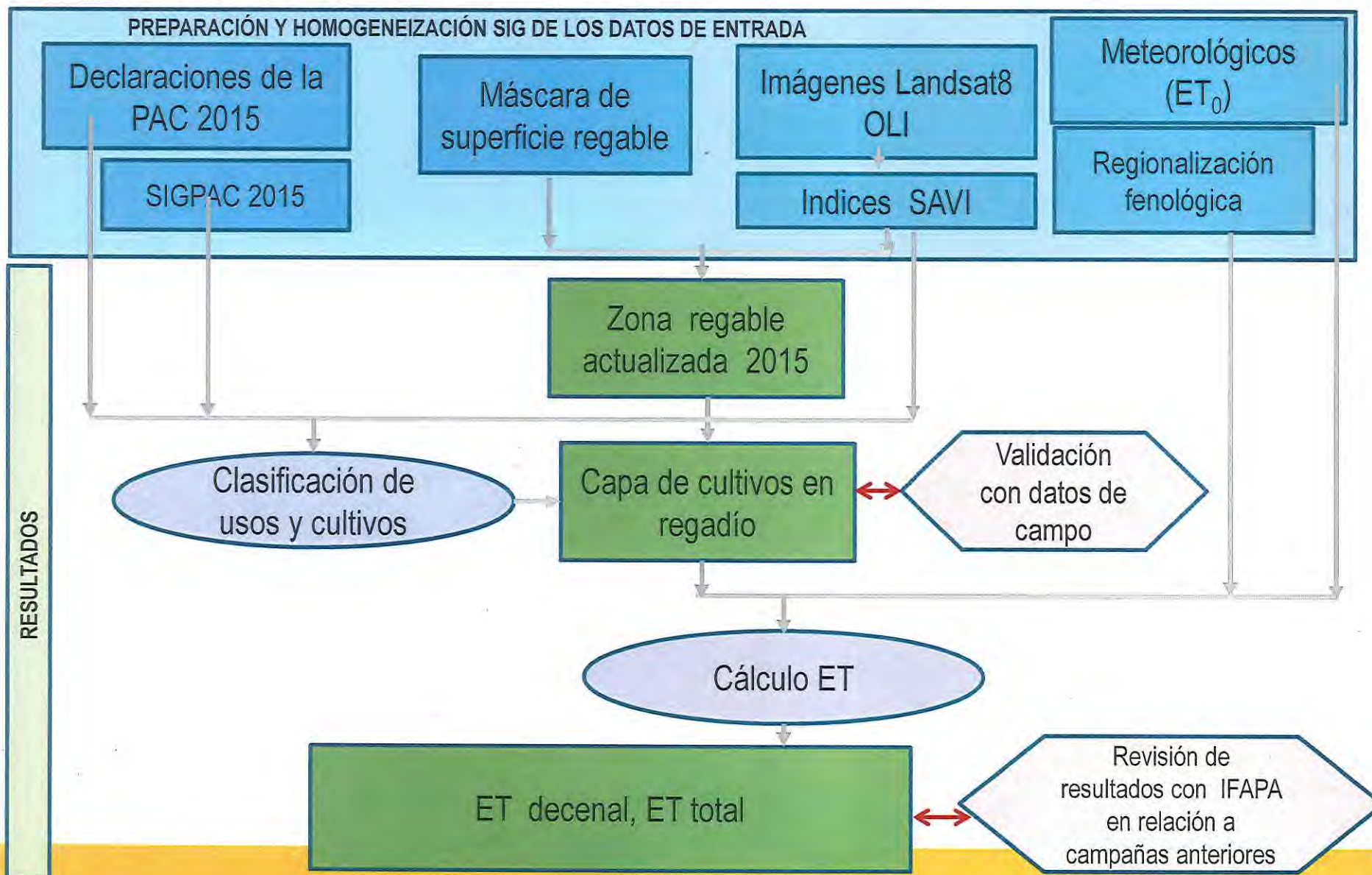
Actualización superficies regables

Clasificación de cultivos en regadío

Cálculo de ET real

Análisis de resultados

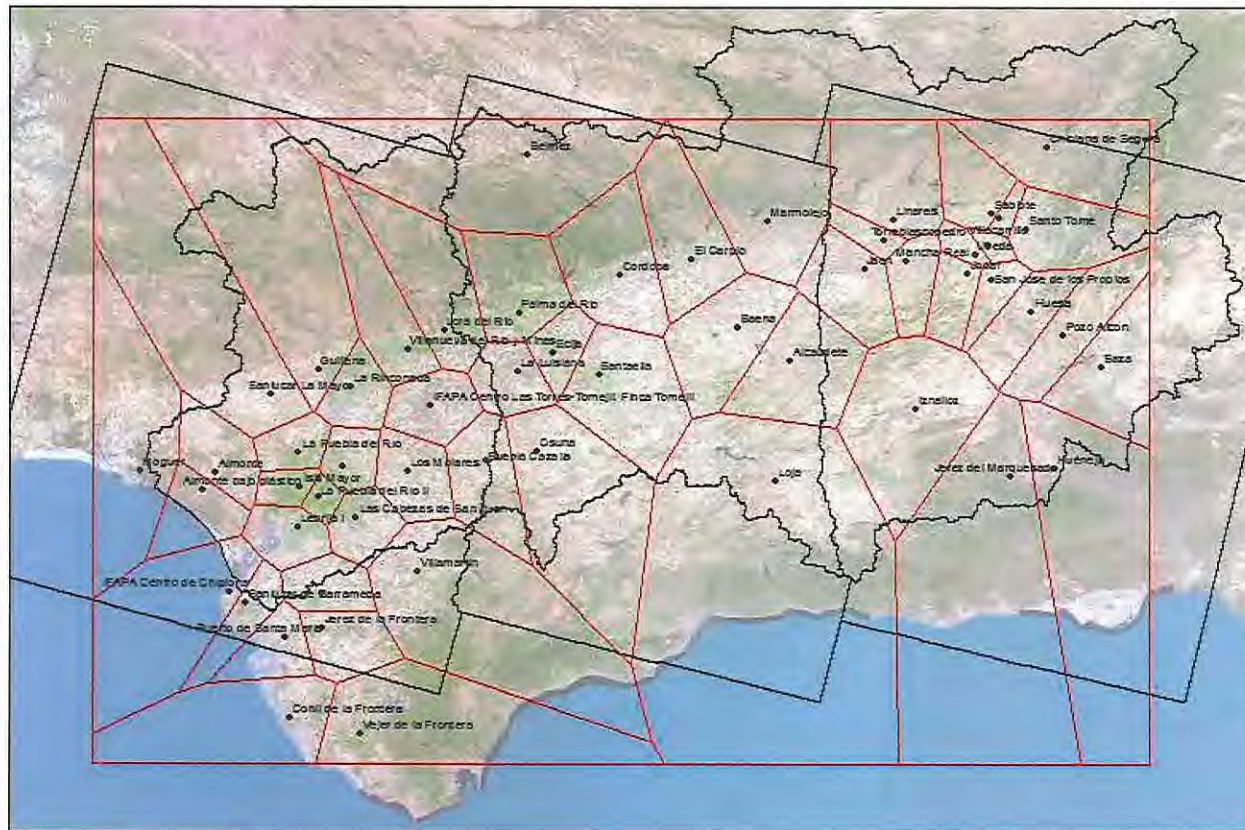
ESQUEMA GENERAL



DATOS PREVIOS

Datos meteorológicos diarios proporcionados por IFAPA: ETo de las 65 estaciones RIA (Red de Información Agroclimática) del 1/1/2015 a 31/12/2015.

Zonificación del ámbito territorial según red de estaciones meteorológicas



ZONAS AGROCLIMÁTICAS

Regionalización agroclimática

Se hace en función de grados día acumulados para tres periodos mensuales: de diciembre a febrero, de febrero a abril y de abril a junio.

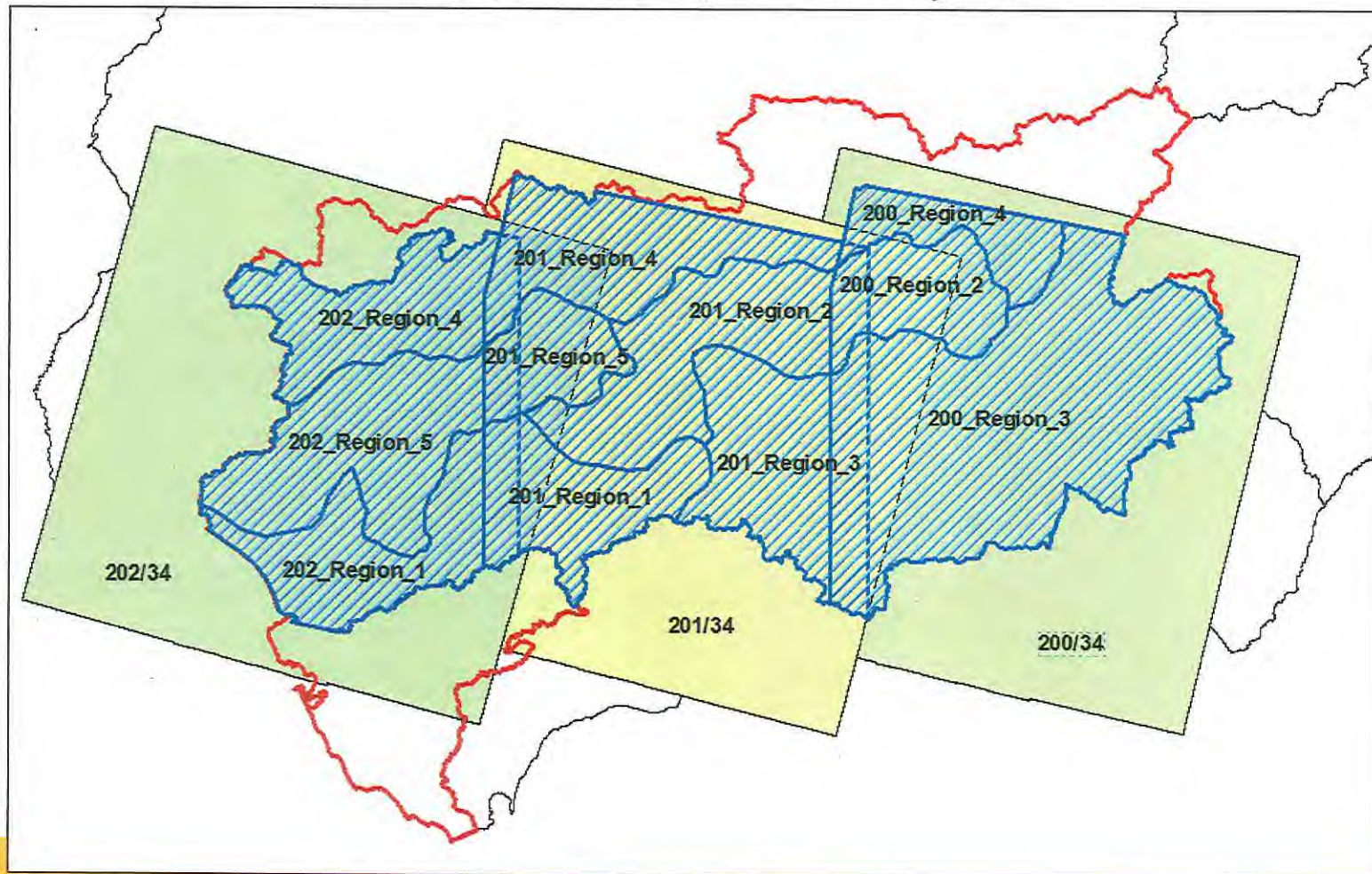


TABLA DE IMÁGENES SELECCIONADAS EN LA CAMPAÑA 2015

	202/34			201/34			200/34		
	Fecha	Sensor	Nubes	Fecha	Sensor	Nubes	Fecha	Sensor	Nubes
MARZO	08/03/2015	Landsat 8	<1%	09/03/2015	Landsat 7	22%	10/03/2015	Landsat 8	<1%
ABRIL	01/04/2015	Landsat 7	0%	02/04/2015	Landsat 8	<1%	19/04/2015	Landsat 7	40%
MAYO	11/05/2015 27/05/2015	Landsat 8	<1%	20/05/2015	Landsat 8	<1%	13/05/2015	Landsat 8	<1%
JUNIO	28/06/2015	Landsat 8	<1%	05/06/2015	Landsat 8	<1%	30/06/2015	Landsat 8	<1%
JULIO	30/07/2015	Landsat 8	<1%	07/07/2015 23/07/2015	Landsat 8	<1% 1%	16/07/2015	Landsat 8	<1%
AGOSTO	15/08/2015	Landsat 8	<1%	16/08/2015	Landsat 7	0%	01/08/2015	Landsat 8	<1%
SEPTIEMBRE	24/09/2015	Landsat 7	4%	25/09/2015	Landsat 8	<1%	02/09/2015 18/09/2015	Landsat 8 Landsat 8	<1% < 1%
OCTUBRE	02/10/2015	Landsat 8	5%						

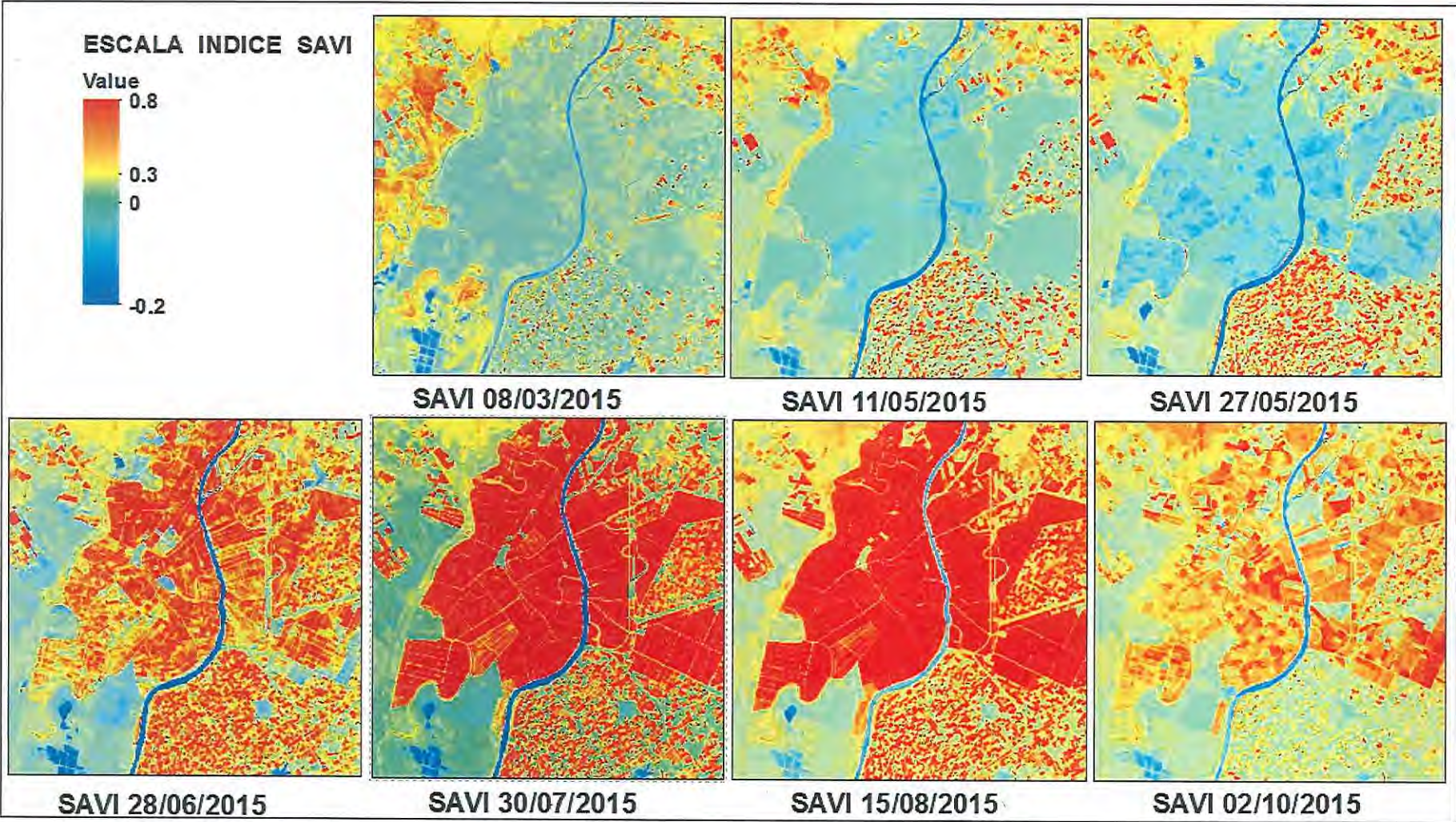
IMÁGENES DE SATÉLITE. PROCESADO: PRODUCTOS DESCARGADOS.

- ✓ Descarga desde http://landsat.usgs.gov/Landsat_Search_and_Download.php
 - Imágenes L7/L8 OLI a Nivel 1 de procesamiento, bandas de calidad y metadatos
 - Reflectancia Top of Atmosphere (TOA)
 - Reflectancia de superficie (BOA), y productos de temperatura de brillo
 - Índices espectrales basados en la reflectancia de superficie (NDVI y SAVI).
- ✓ Generación de la imagen RGB de visualización en color natural, falso color infrarrojo y creación de una máscara de nubes/footprint.
- ✓ Preparación de compuestos SAVI (8/9 fechas por escena) con interpolación temporal de datos en las zonas con nubes.

$$SAVI = \frac{IRp - R}{IRp + R + L} * (1 + L)$$



EJEMPO DE SERIE TEMPORAL SAVI: ARROZALES.



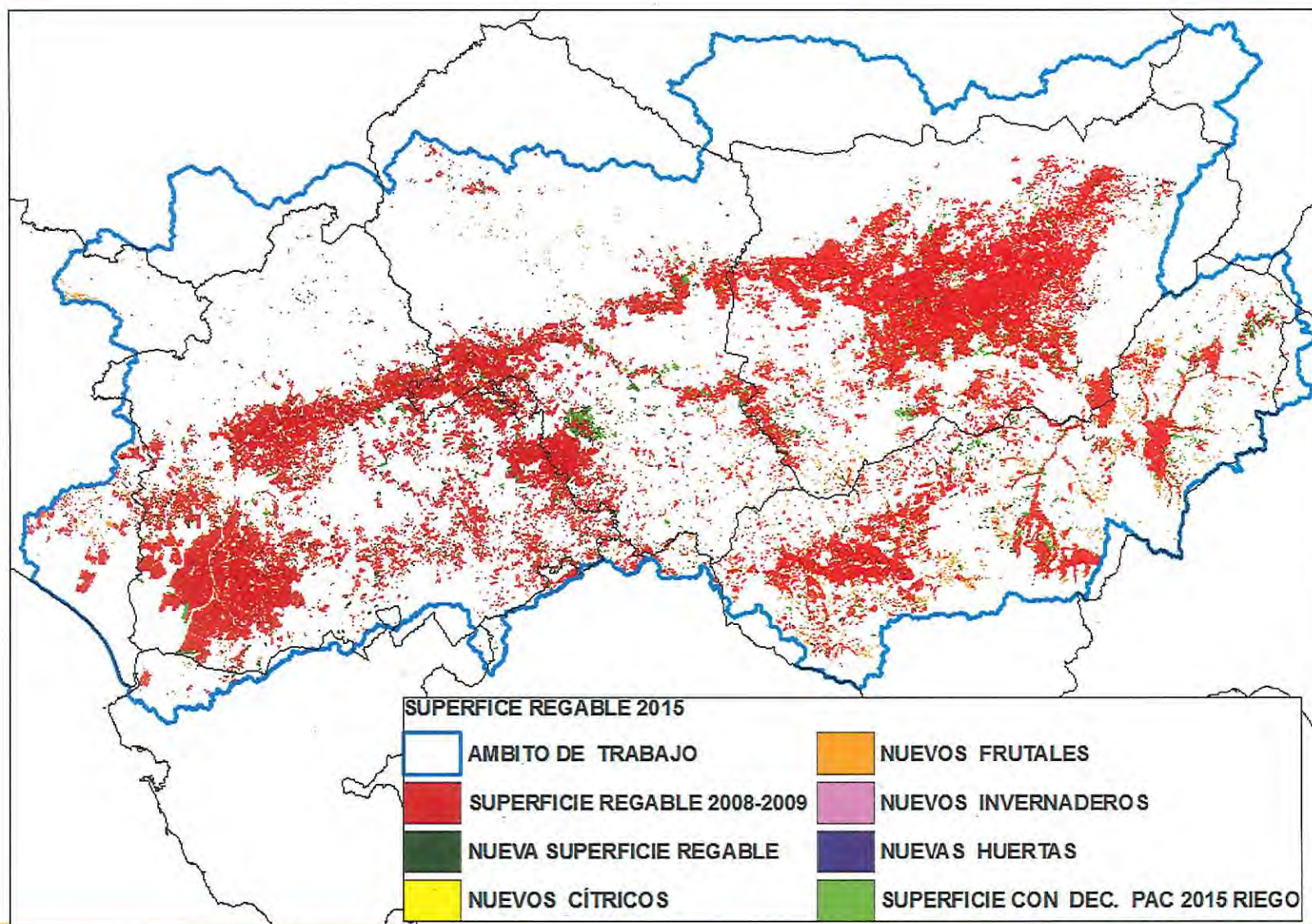
ACTUALIZACIÓN DE LA SUPERFICIE REGABLE

La máscara de superficie regable es la base espacial de la clasificación de cultivos realizada mediante técnicas de teledetección a partir de la información espectral de imágenes Landsat cuyas fechas siguen el desarrollo fenológico de los cultivos.

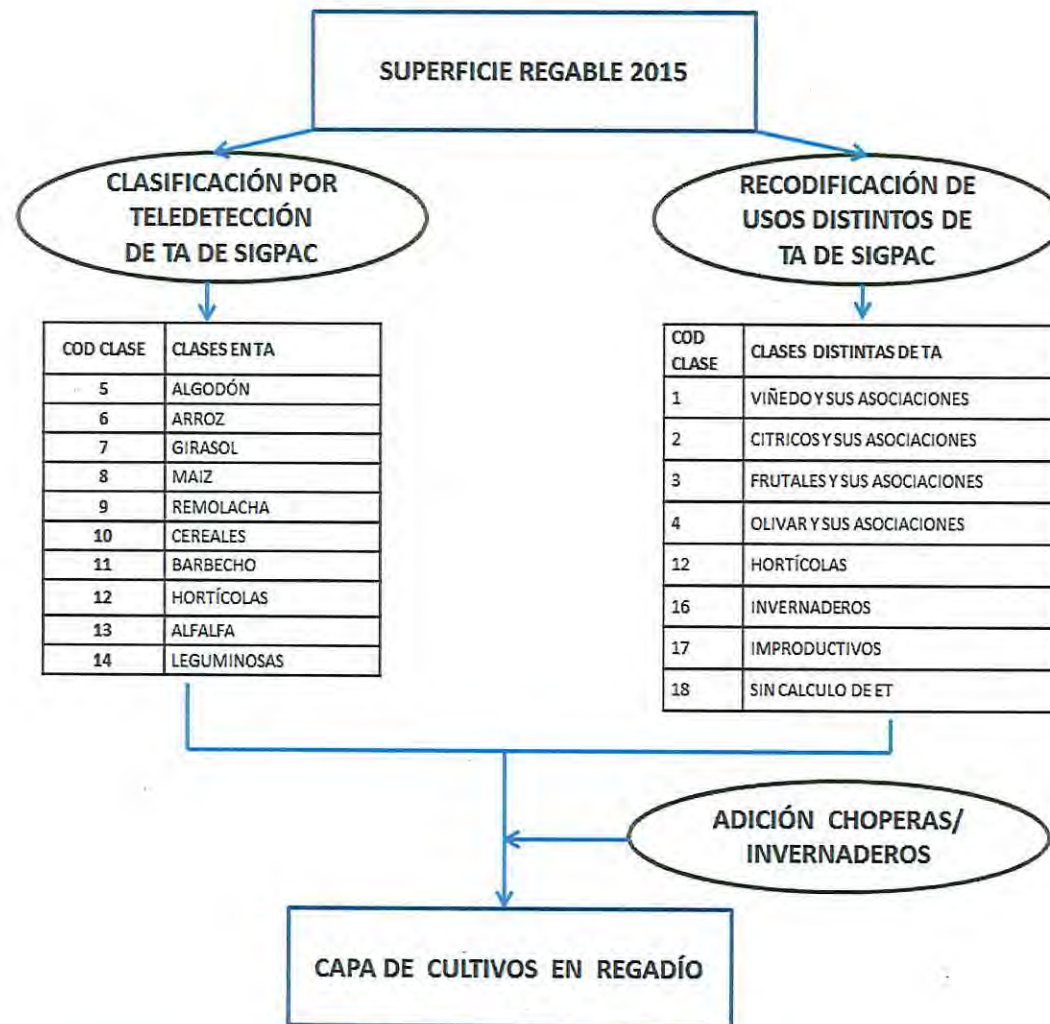
Se parte de la cobertura utilizada en el Plan Hidrológico actualizada con la siguiente información:

- **Por Teledetección, a partir de imágenes 2015:**
 - ✓ Arrozales
 - ✓ Invernaderos
 - ✓ Nuevos regadíos de verano
- **A partir de SIGPAC 2015:**
 - ✓ Cultivos leñosos en regadío: cítricos y frutales
 - ✓ Nuevas huertas
- **Declaraciones PAC 2015 con atributo de regadío**

ACTUALIZACIÓN DE LA SUPERFICIE REGABLE



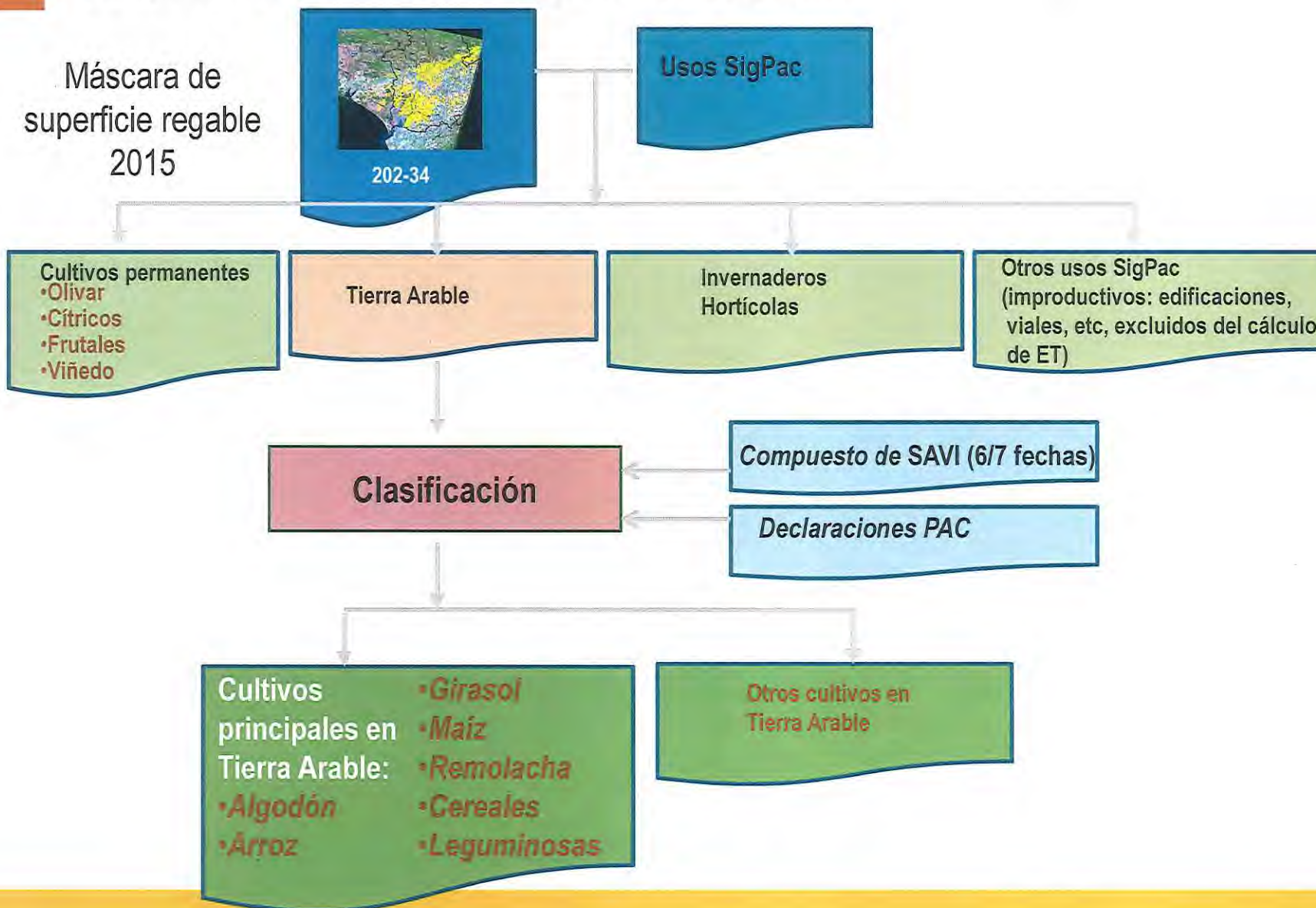
CLASIFICACIÓN DE CULTIVOS. METODOLOGÍA.



Los pasos del proceso de clasificación son los siguientes:

- ✓ Definición de clases o cultivos objetivo: 15.
- ✓ Caracterización de la evolución temporal de los cultivos objetivo
- ✓ Clasificación y proceso de asignación
- ✓ Validación de la clasificación resultante.

CLASIFICACIÓN DE CULTIVOS. METODOLOGÍA.





CLASIFICACIÓN DE CULTIVOS. METODOLOGÍA.

Compuestos SAVI multitemporales



Detalle:

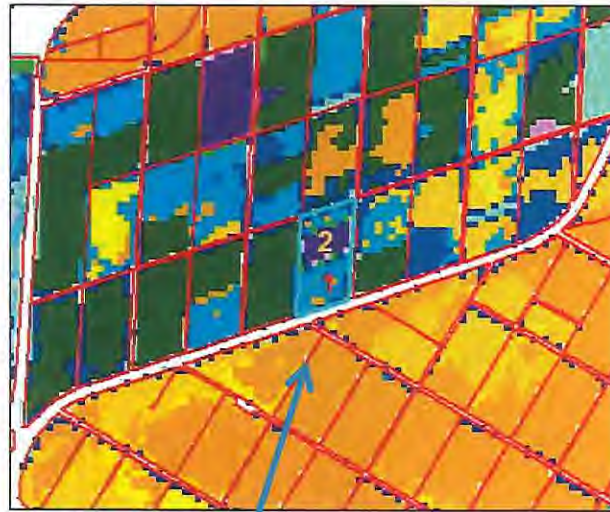


Zoom compuesto SAVI



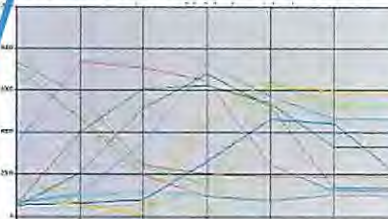
Declaraciones PAC

Clasificación 15 clases



- Declaraciones PAC
- Clasificación iso 15 clases**
- Arroz_algodon
- Arroz_algodon
- Arroz_algodon
- Arroz_algodon_maiz
- Giso_o_otros
- Cereales_barbecho
- Giso_o_maiz_otros
- Cereales_maiz_barbecho_otros
- Giso_o_maiz_otros
- Barbecho_cereales
- Cereales
- Algodon_remolacha
- Cereales
- Maiz_barbecho_otros
- Remolacha_maiz_otros

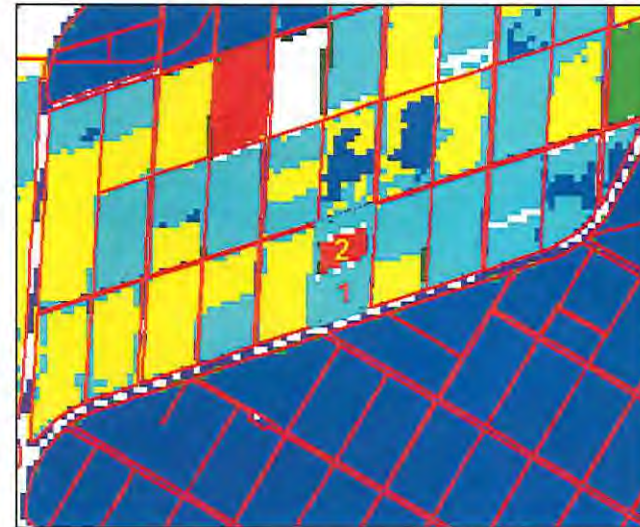
Curvas de SAVI en las distintas clases



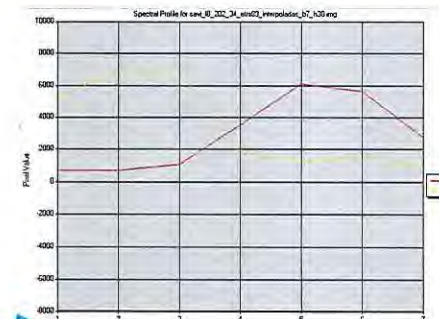
Parcela	Cultivos declarados en la PAC
941384814	Algodón Remolacha

Parcela seleccionada

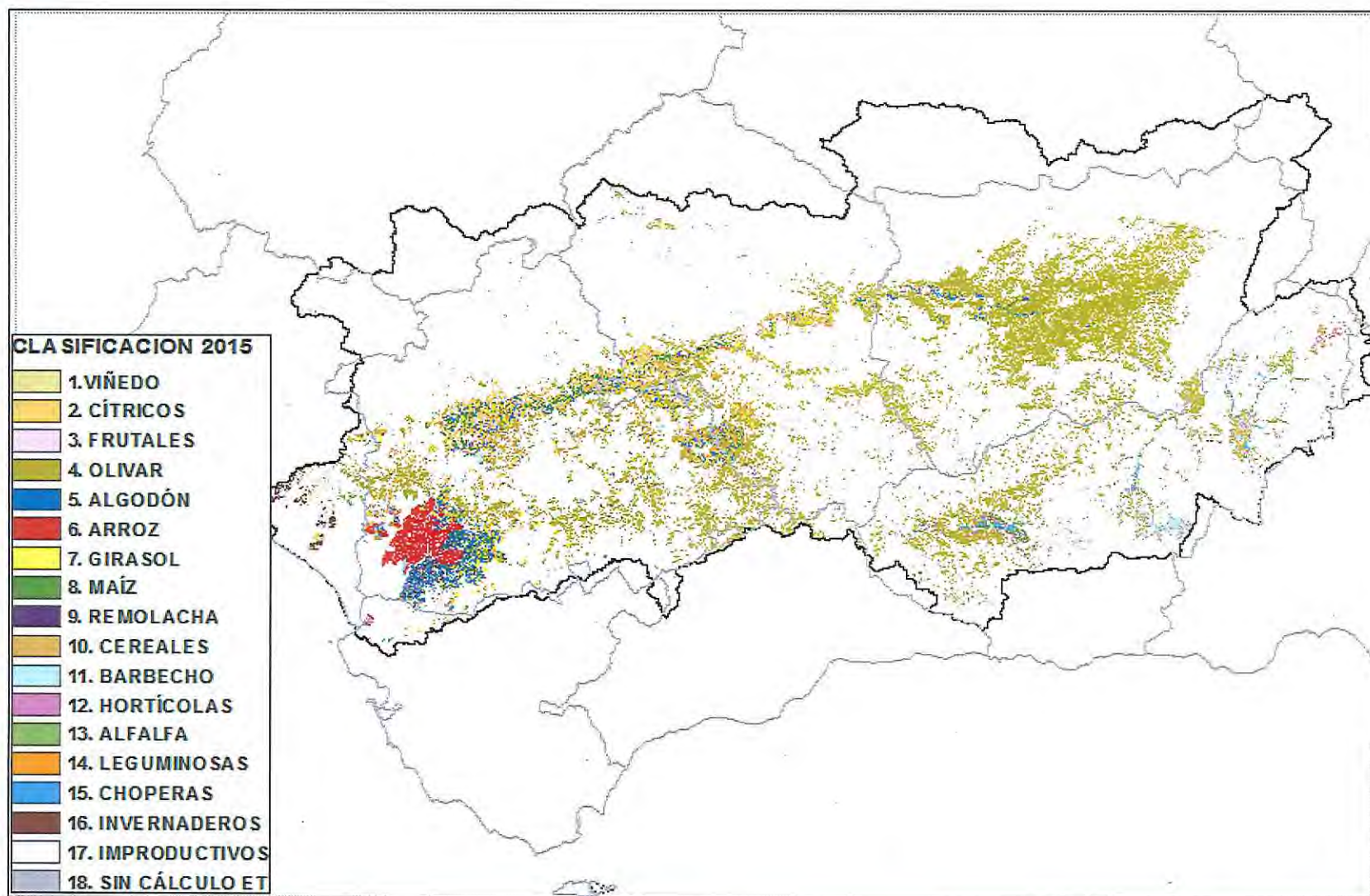
Resultado final



- Declaraciones PAC
- otros usos sigpac
- cítricos
- otros frutales
- olivar
- TA algodón
- TA arroz
- TA giso o
- TA maiz
- TA remolacha
- TA otros
- TA otros



CLASIFICACIÓN DE CULTIVOS. RESULTADO.



CLASIFICACIÓN DE CULTIVOS. PRECISIÓN DE RESULTADOS.

CULTIVO	PRECISIÓN DE IDENTIFICACIÓN	OBSERVACIONES
Arroz	99,91 %	
Algodón	94,62 %	
Remolacha	91,79 %	
Cereales	91,67 %	
Girasol	84,89 %	
Maíz	83,33 %	
Alfalfa	76,24 %	Confusión con cereales, barbecho y algodón, principalmente
Leguminosas	72,16 %	Confusión con maíz y barbecho
Hortícolas	63,38 %	Confusión con algodón, maíz, barbecho
Barbecho	46,09 %	Confusión con otras clases



CALCULO DE ET REAL. METODOLOGIA.

CÁLCULO EVAPOTRANSPIRACIÓN

Modelo FAO: modelo dual

(Wright, 1982; Allen et al. 1998)

Coefficiente de cultivo basal +
coeficiente de evaporación

$$ET = K_c \times ETo$$

Coefficiente de cultivo (dual) x
Evapotranspiración de referencia

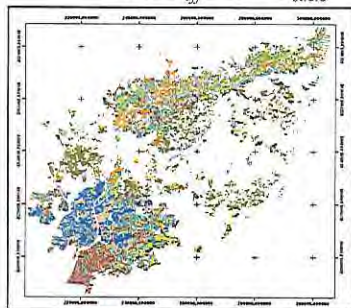
$$(K_{cb} + K_e) \times ETo$$

Estaciones RIA



Respuesta espectral SAVI

$$K_{cb} = \frac{K_{cb\max}}{SAVI_{eff} - SAVI_{suelo}} (SAVI - SAVI_{suelo})$$



Grupo de cultivos	Parámetro (FAO)
Un cultivar, no subcultivo	1,16
Cereales	0,7
Plantas caducas	0,9
Olivos	0,85
Algodón	1,15
Arroz	1,15
Sesuvio	1,10
Miélz	1,15
Maníolera	1,15
Cereales	1,10

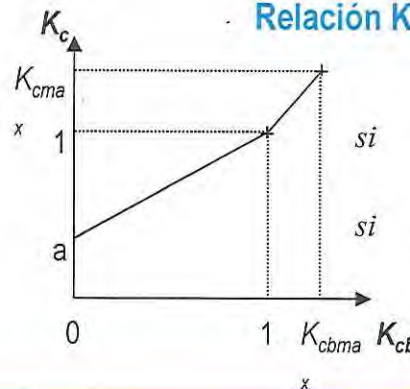
Balace de agua en el
suelo

Modelo sintético para el cálculo de Kc a partir
de Kcb y parámetro "a"

SAVI: imagen satélite
SAVI_{suelo}: 0,1
SAVI_{eff}: 0,65
Kcb_{max}: f(cultivo)

Mapa de Kcb distribuido

Relación Kcb / Kc



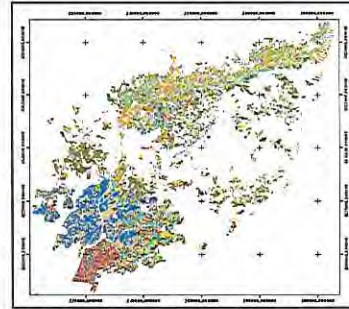
si $K_{cb} < 1$ $K_c = a + (1 - a)K_{cb}$

si $K_{cb} > 1$ $K_c = \frac{K_{c\max} - 1}{K_{cb\max} - 1} K_{cb} + \frac{K_{cb\max} - K_{c\max}}{K_{cb\max} - 1}$

Parametro "a"

CALCULO DE ET REAL.

1) Calcula un ráster de Kcb para cada fecha de imagen.



2) La Kc para cada fecha de imagen se calcula a partir de la Kcb y del parámetro "a", calculado para cada zona agroclimática.

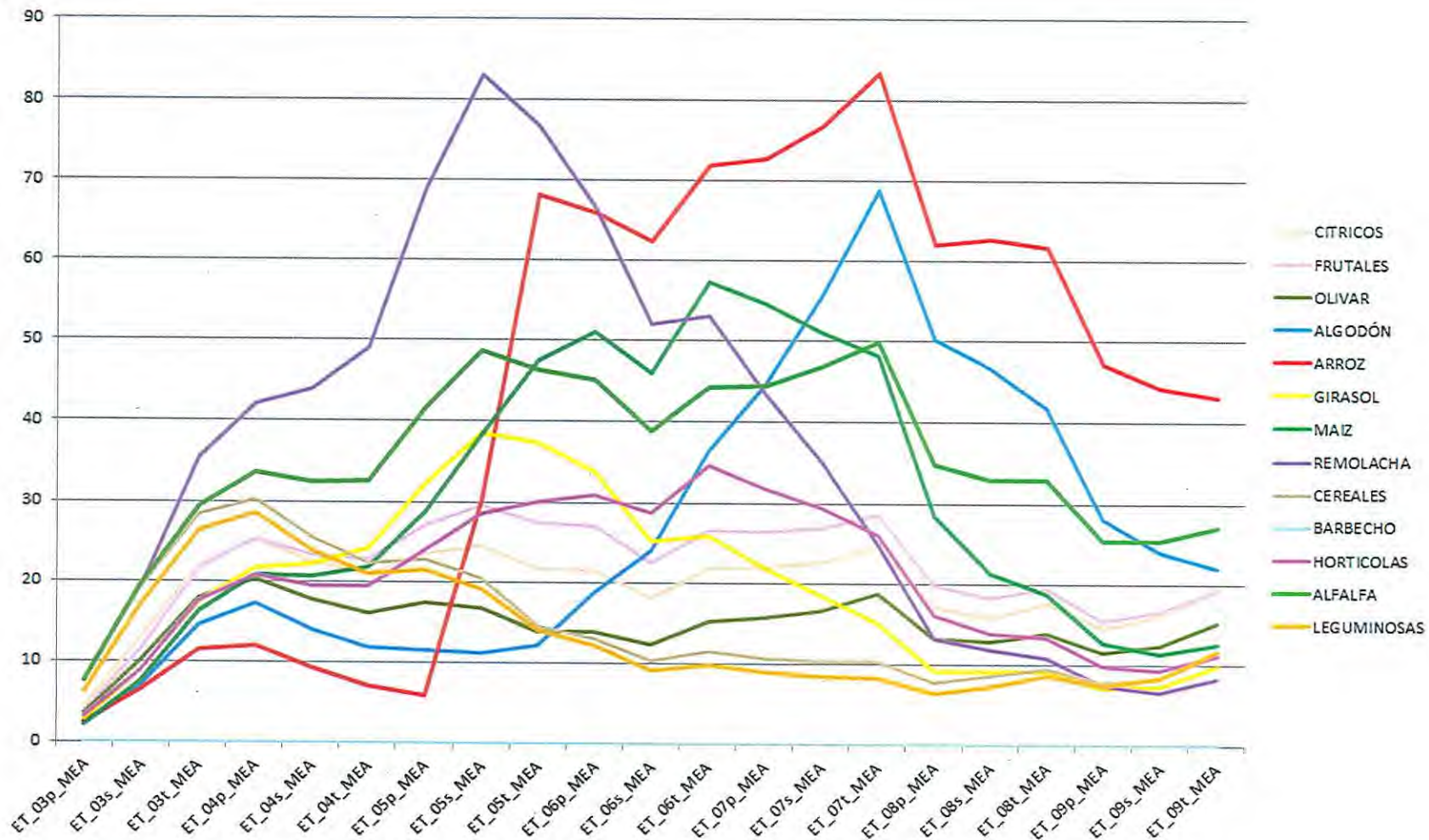
3) Cálculo del Kc diario mediante interpolación temporal de las de las fechas de imágenes.

4) La Kc diaria se multiplica por la Eto diaria de la estación más cercana. Las imágenes de ET diaria resultantes no se almacenan si no que se acumulan por decenas (para ocupar menos espacio en disco).

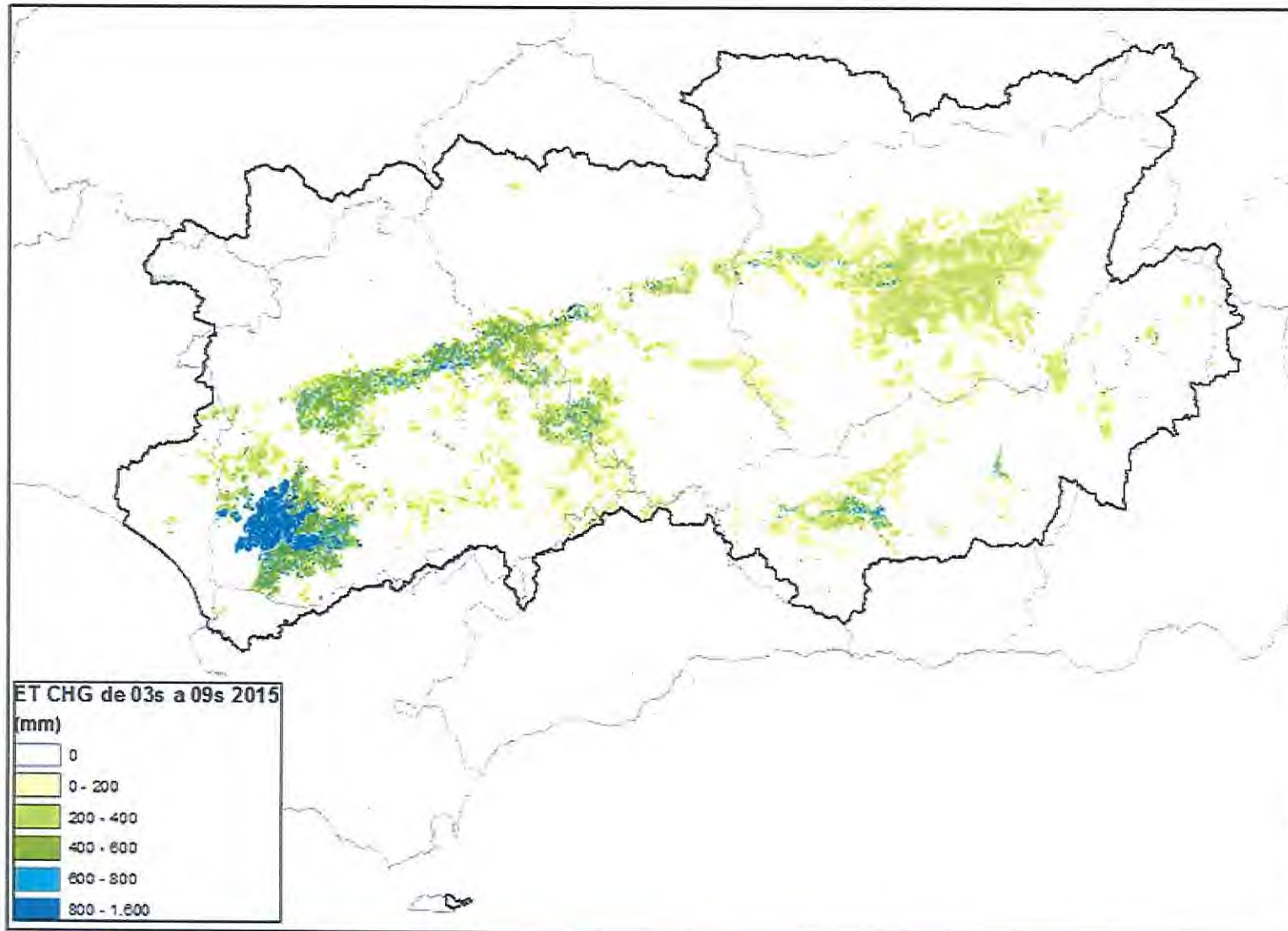
Programa implementado en ENVI 5.0 e IDL 8.2



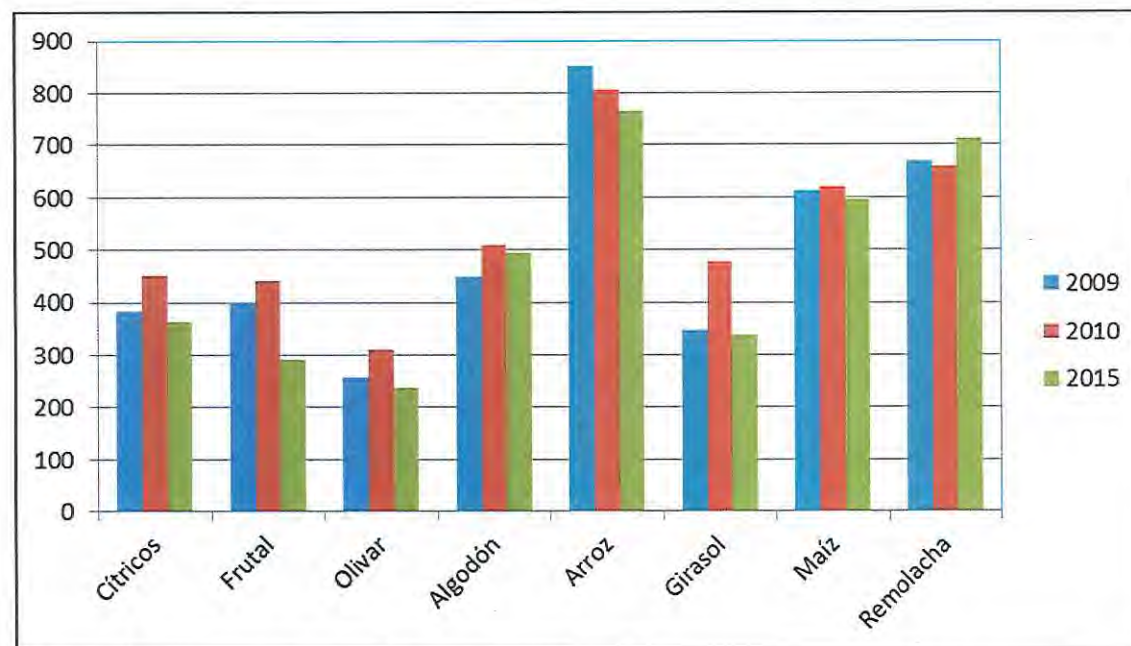
ANALISIS DE RESULTADOS. EVOLUCIÓN CULTIVO ET DECENAL.



CALCULO DE ET. MOSAICOS DE ET FINAL.



ANALISIS DE RESULTADOS. COMPARACIÓN ET 2009/2010/2015.



	2009	2010	2015	
	21 Marzo-31 Agosto	21 Marzo-31 Agosto	21 Marzo-31 Agosto	11 de Marzo-21 de Septiembre
Cítricos	383	452	363	431
Frutal	399	441	293	337
Olivar	258	311	239	273
Algodón	449	510	495	582
Arroz	853	805	764	916
Girasol	346	477	338	373
Maíz	614	619	597	646
Remolacha	669	658	713	764

2

Seguimiento de regadíos y masas de agua superficial en el entorno de Doñana.



INTRODUCCIÓN

Seguimiento de regadíos y masas de agua superficial en el entorno de Doñana.

Realizado por Tragsatec por encargo de la CHG. Tres áreas de trabajo:

- Identificación de parcelas de arroz.
- Identificación y seguimiento de la superficie cultivada bajo plástico en el entorno de Doñana.
- Seguimiento de la superficie inundada en las lagunas de los Mantos Eólicos de Doñana y de la masa vegetal de su entorno.

2.1

Identificación de parcelas de arroz en el entorno de Doñana.



PARCELAS DE ARROZ SIN CONCESIÓN

Para el seguimiento de los cultivos de arroz en el Bajo Guadalquivir se han utilizado imágenes Sentinel-2.

Se realiza un seguimiento del ciclo completo del cultivo, con el objetivo de diferenciar el cultivo de arroz del resto de cultivos en la zona.

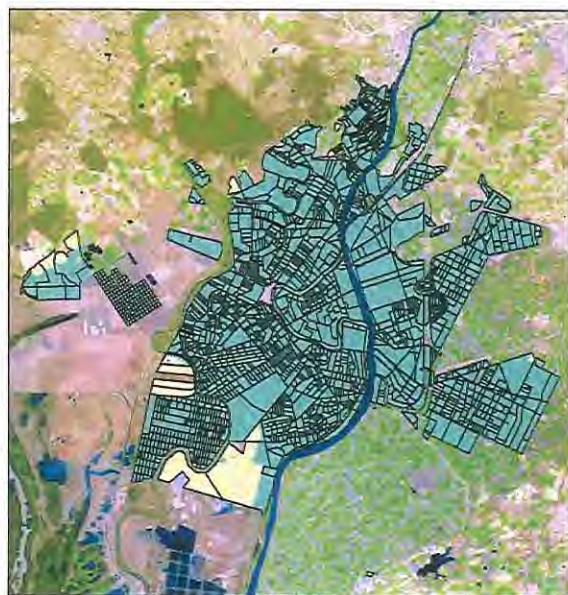
Para ello se realiza en primer lugar la detección de la superficie de inundación previa del cultivo, para posteriormente analizar el cultivo emergido sobre esta superficie y así diferenciarlo del resto de cultivos.

En las diapositivas siguientes se pueden observar los resultados de las dos fases de seguimiento (fase de inundación y fase de cultivo), así como el resultado final que muestra el cultivo de arroz.

CAMPAÑA CULTIVO ARROZ 2017

En los mapas inferiores se pueden observar las superficies detectadas en cada una de las dos fases y la superficie final asignada como cultivo de arroz.

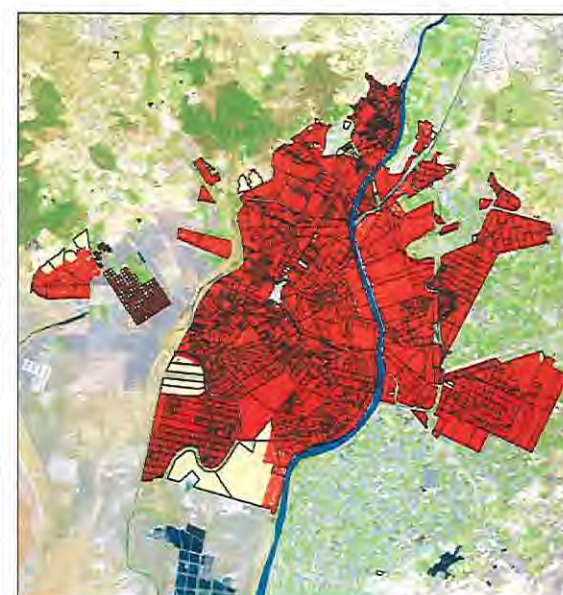
Estos mapas muestran como no toda la superficie inundada (39.124 ha) ni cultivada (38.277 ha) en el ámbito de estudio se corresponde con cultivo de arroz (37.857 ha).



Imágenes Sentinel 2	ha
01/06-11/06-21/06	
Superficie inundada	39.123,77
Superficie no inundada	3.708,59
Total	42.832,36



Imágenes Sentinel 2	ha
20/08-04/09-19/09	
Superficie cultivada	38.277,09
Superficie no cultivada	4.555,27
Total	42.832,36



Imágenes Sentinel 2	ha
01/06-11/06-21/06-20/08-04/09-19/09	
Arroz	37.854,85
No arroz	4.975,70
Total	42.832,36

CAMPAÑA CULTIVO ARROZ 2018

En los mapas inferiores se pueden observar las superficies detectadas en cada una de las dos fases y la superficie final asignada como cultivo de arroz.

Estos mapas muestran como no toda la superficie inundada (38.223 ha) ni cultivada (38.031 ha) en el ámbito de estudio se corresponde con cultivo de arroz (36.779 ha).



Imagenes Sentinel 2	ha
16/06-21/06-26/06	
Superficie inundada	38.223,00
Superficie no inundada	4.277,00
Total	42.500,00



Imagenes Sentinel 2	ha
05/08-30/08	
Superficie cultivada	38.031,00
Superficie no cultivada	4.469,00
Total	42.500,00



Imagenes Sentinel 2	ha
16/06-21/06-26/06 y 05/08-30/08	
Arroz	36.779,00
No arroz	5.721,00
Total	42.500,00

2.2

Identificación y seguimiento de cultivos bajo plástico en el entorno de Doñana.



CULTIVOS BAJO PLÁSTICO EN DOÑANA (CBP)

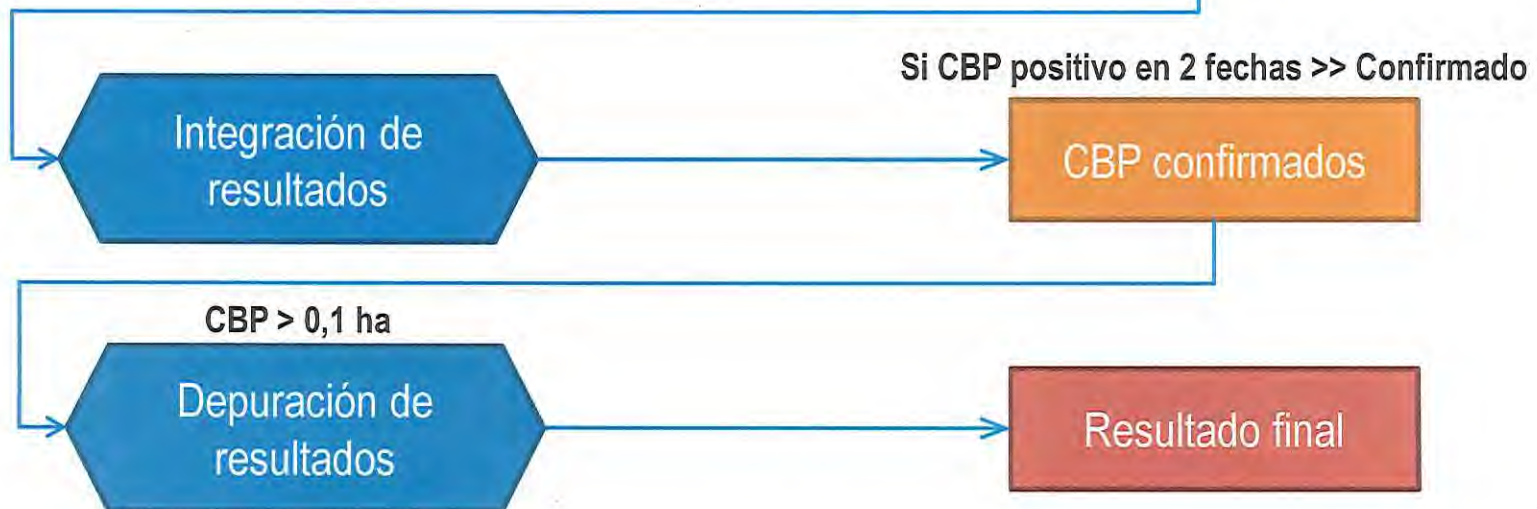
- ✓ Uso de imágenes Landsat8 y Sentinel-2.
- ✓ Se ha implementado una metodología adaptada al entorno de Doñana que clasifica los CBP utilizando la respuesta de este tipo de cubiertas en las bandas del visible con el apoyo del infrarrojo medio (IRM) que según avanza el CBP permite diferenciar los que presentan cultivo y los que no.
- ✓ Los umbrales se ajustan según evoluciona el cultivo. Además el apoyo del Índice Modificado de Agua de Diferencia Normalizada (MNDWI) permite eliminar falsos positivos asociados a láminas de agua (balsas, lagunas, etc.).
- ✓ La metodología fija la necesidad de tener un positivo en al menos dos fechas para confirmar la presencia de CBP.
- ✓ Para la depuración de los falsos positivos asociados a la resolución mínima del satélite, se han eliminando los objetos con superficie inferior a 1.000 m².

CULTIVOS BAJO PLÁSTICO EN DOÑANA (CBP)

Imágenes seleccionadas para la campaña

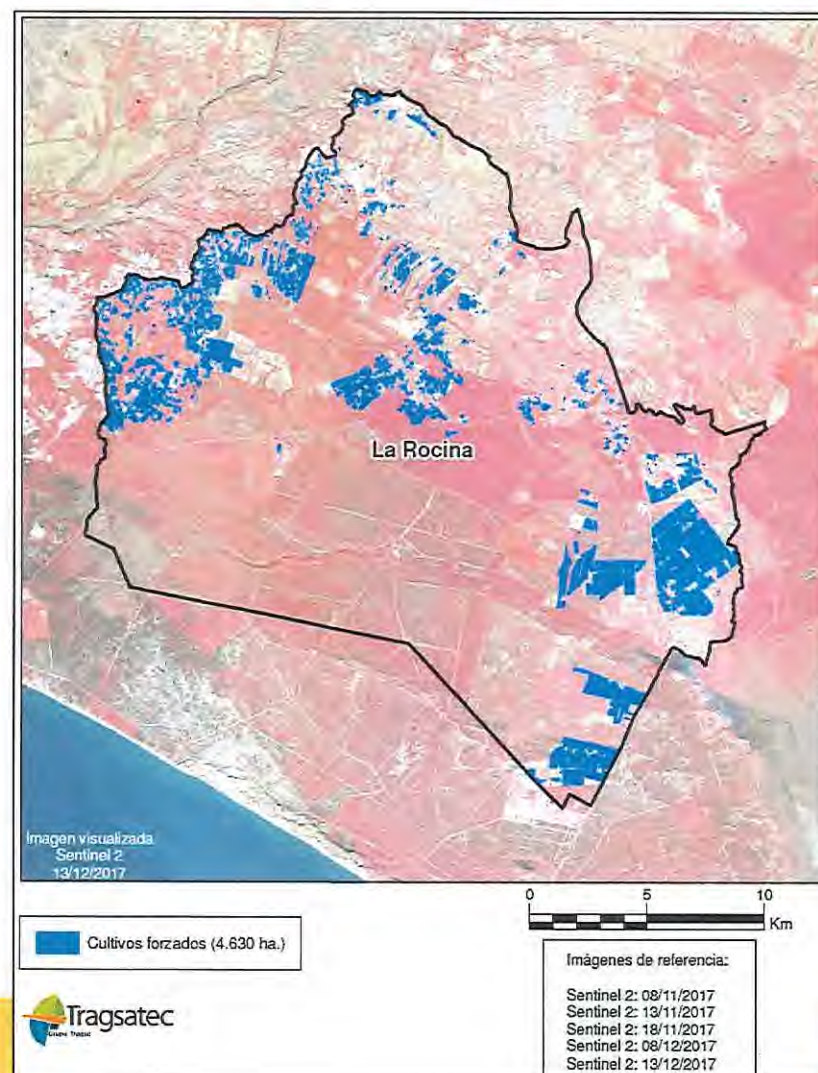
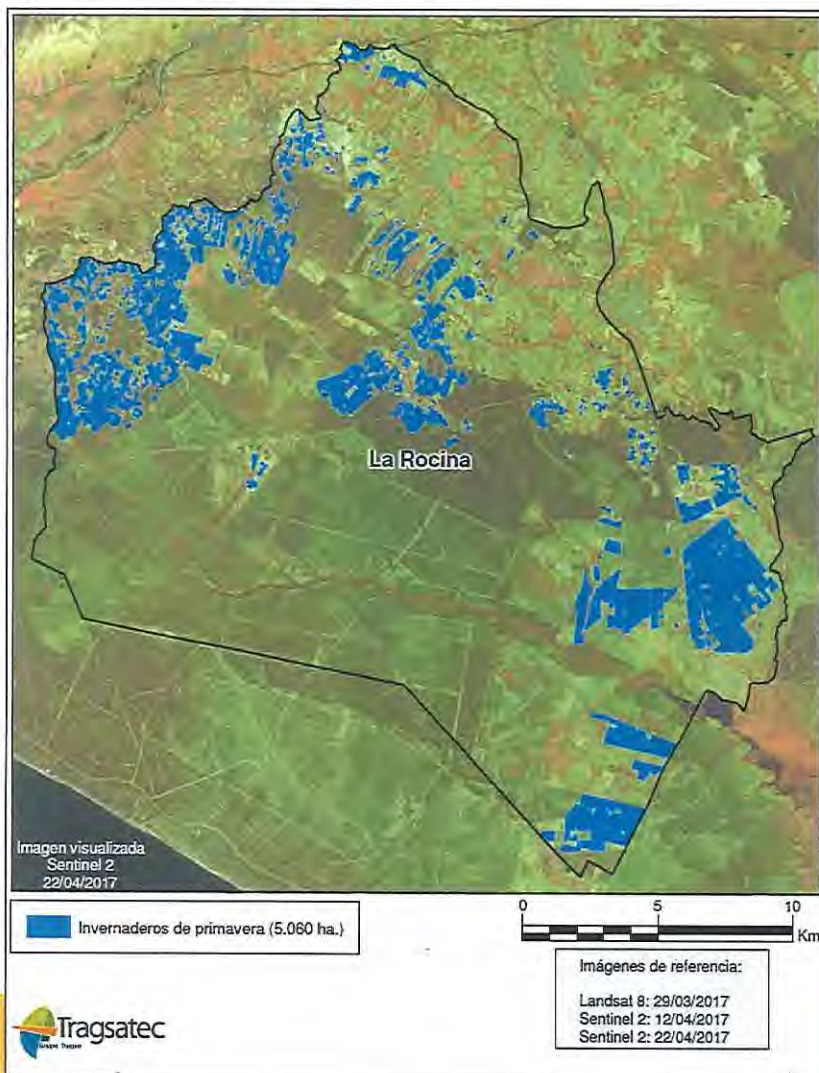


Resultado del algoritmo en cada una de las fechas



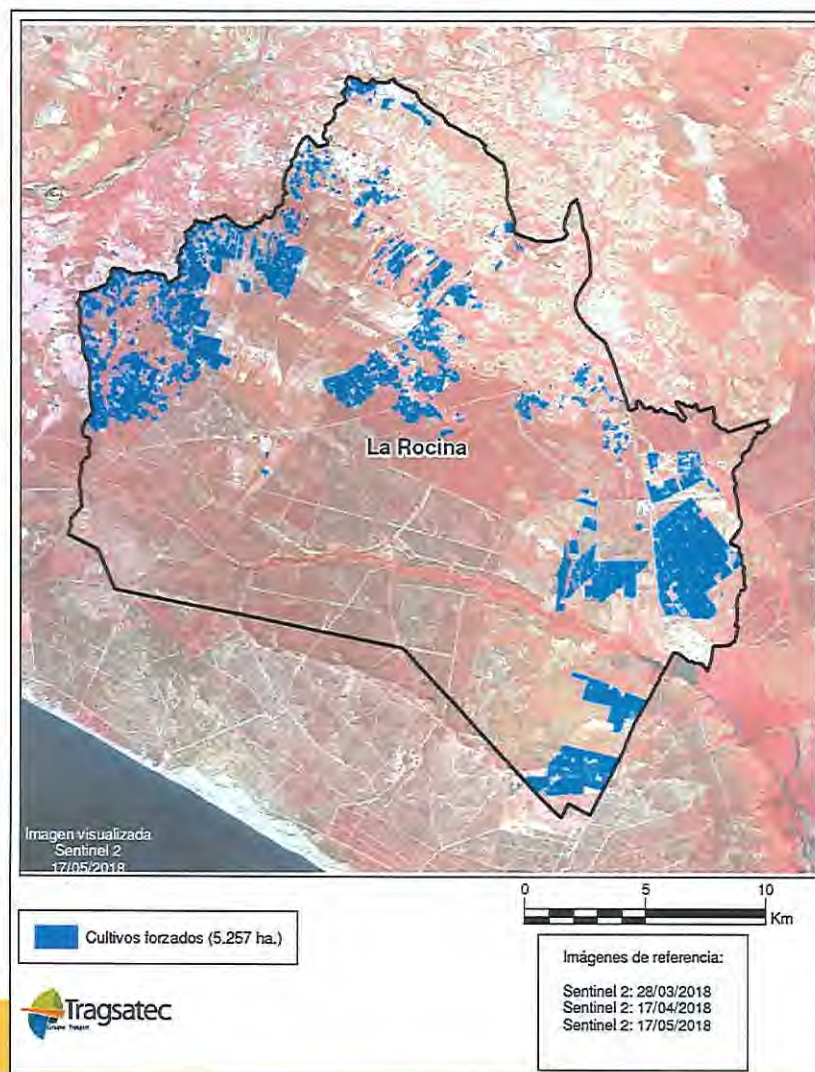
CBP PRIMAVERA – OTOÑO 2017

En las campañas de 2017, se ha detectado una diferencia de 430 ha entre los CBP de primavera y de otoño.



CBP PRIMAVERA 2018

En la campaña de 2018 de primavera se ha detectado un incremento de 197 ha respecto a los CBP de primavera de 2017.



2.3

Seguimiento de la superficie inundada en las lagunas de los Mantos Eólicos de Doñana y de la masa vegetal de su entorno.



SUPERFICIE LAGUNAS DOÑANA

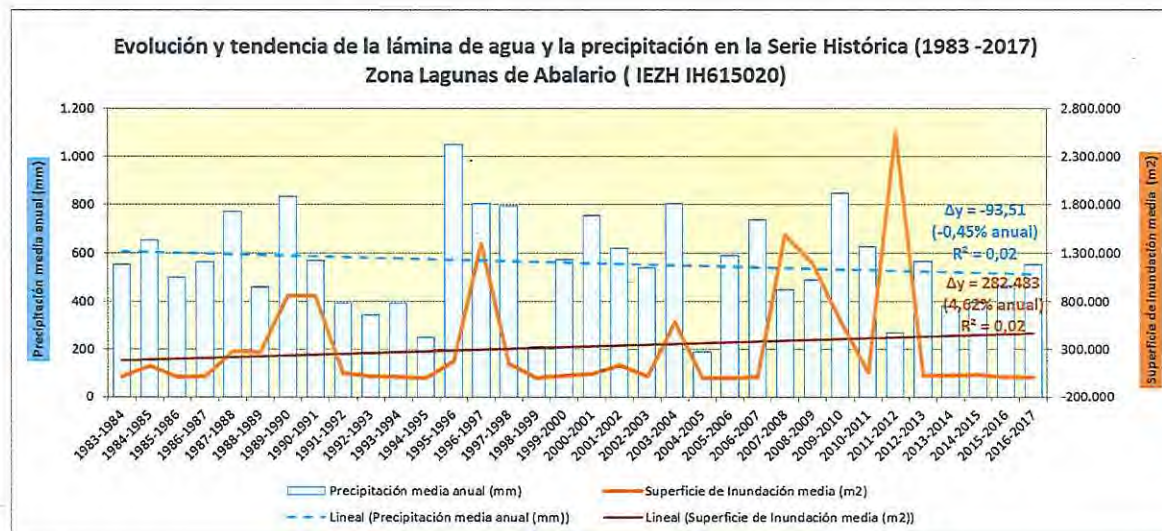
Estudio de la evolución histórica desde 1984 hasta 2017.

El estudio se ha llevado a cabo con

- Imágenes Sentinel (Sentinel-2A, disponibles desde 2015 y Sentinel-2B, disponibles desde 2017) para el seguimiento de la superficie de inundación en las lagunas
- Imágenes Landsat 7 ETM+ para el análisis de la vegetación de las subcuencas peridunares.

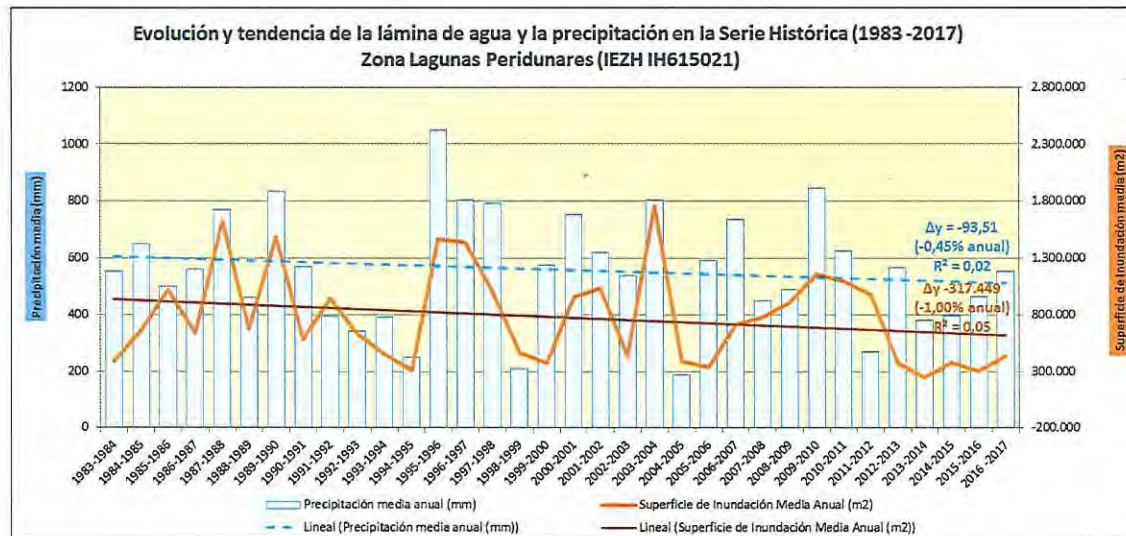
SUPERFICIE LAGUNAS DOÑANA

Lagunas de Abalarío (superficie 8.686 ha): leve ascenso de la superficie inundada (4,62 % anual)



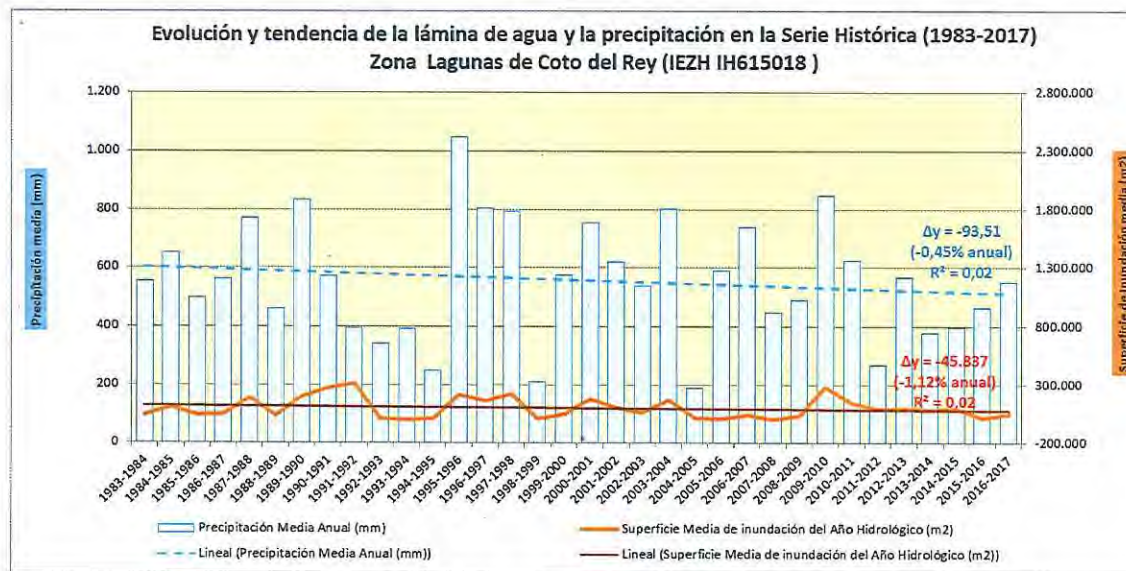
SUPERFICIE LAGUNAS DOÑANA

Lagunas peridunares (superficie 15.227 ha): descenso de la superficie inundada (-1,00 % anual)



SUPERFICIE LAGUNAS DOÑANA

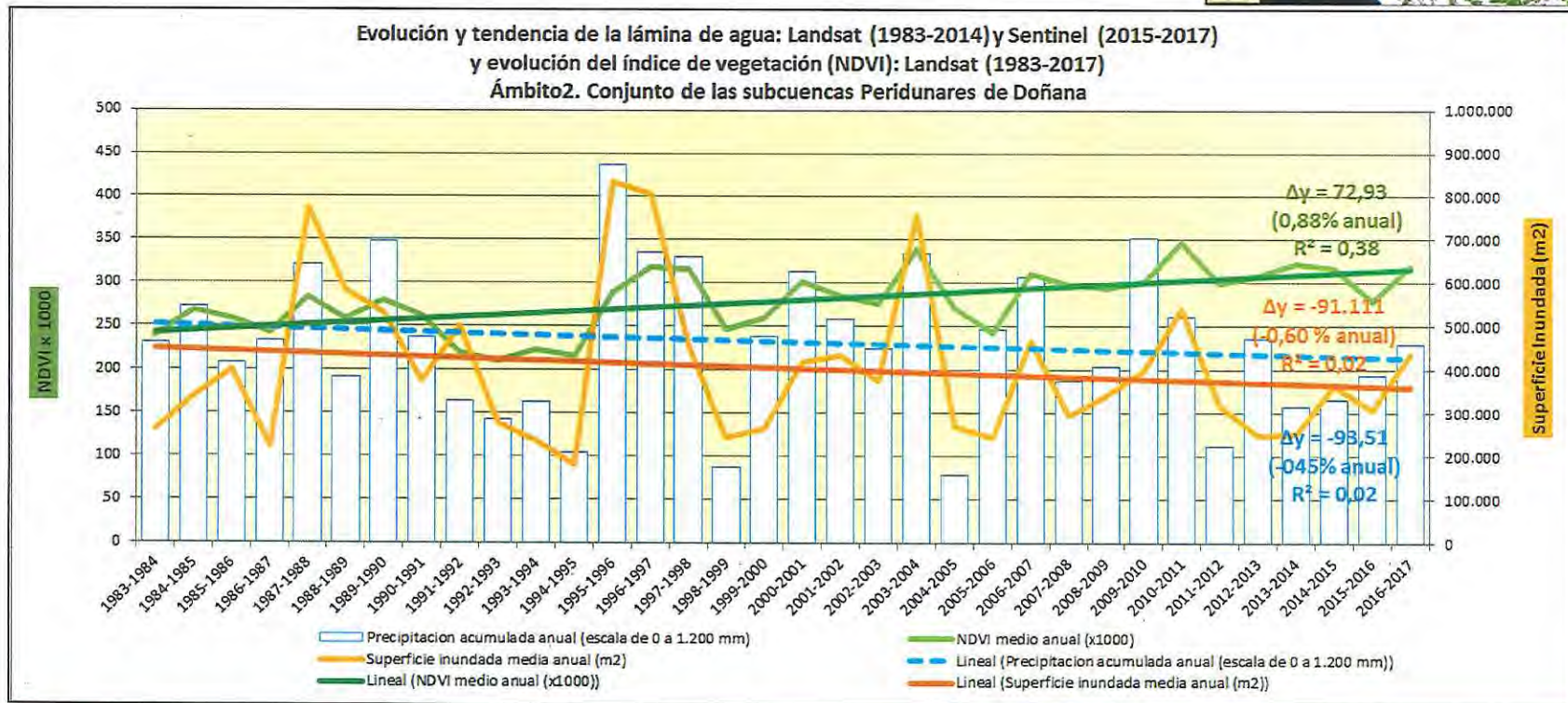
Lagunas de Coto del Rey (superficie 10.518 ha): descenso de la superficie inundada (-1,12% anual)



SEGUIMIENTO SUBCUENCAS PERIDUNARES DE DOÑANA

Análisis integrado de la lámina de agua, NDVI y pluviometría del conjunto de las subcuencas peridunares de Doñana

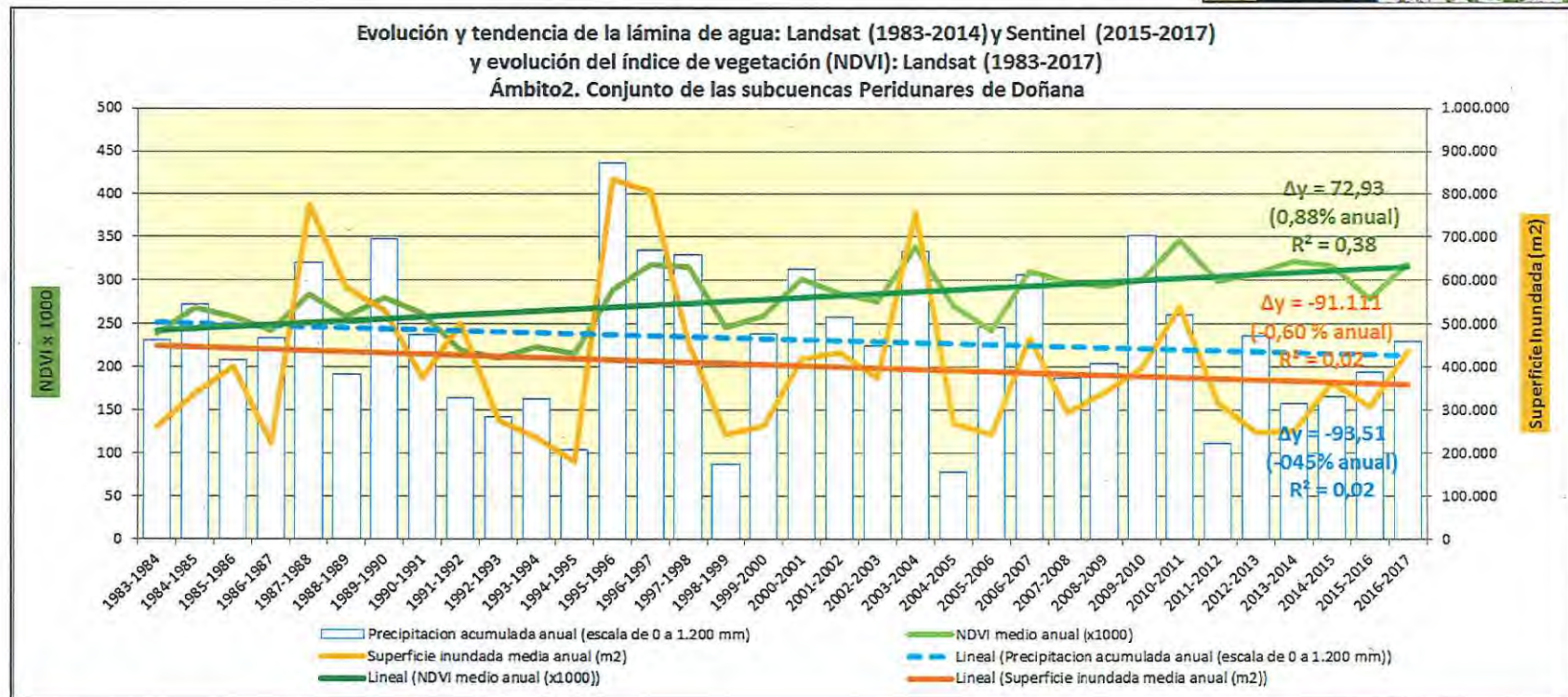
- Descenso de la precipitación (-0,45% anual)
- Descenso de la superficie inundada (-0,60 % anual)
- Incremento del NDVI (0,88 %)



SEGUIMIENTO SUBCUENCAS PERIDUNARES DE DOÑANA

Análisis integrado de la lámina de agua, NDVI y pluviometría del conjunto de las subcuencas peridunares de Doñana

- Descenso de la precipitación (-0,45% anual) → Estadísticamente poco significativo
- Descenso de la superficie inundada (-0,60 % anual) } Estadísticamente significativo
- Incremento del NDVI (0,88 %)





Gracias por su atención.

Alfonso Sancho Miró

Jefe de la Sección de Estudios

Oficina de Planificación Hidrológica

Confederación Hidrográfica del Guadalquivir

asancho@chguadalquivir.es

955 637 540



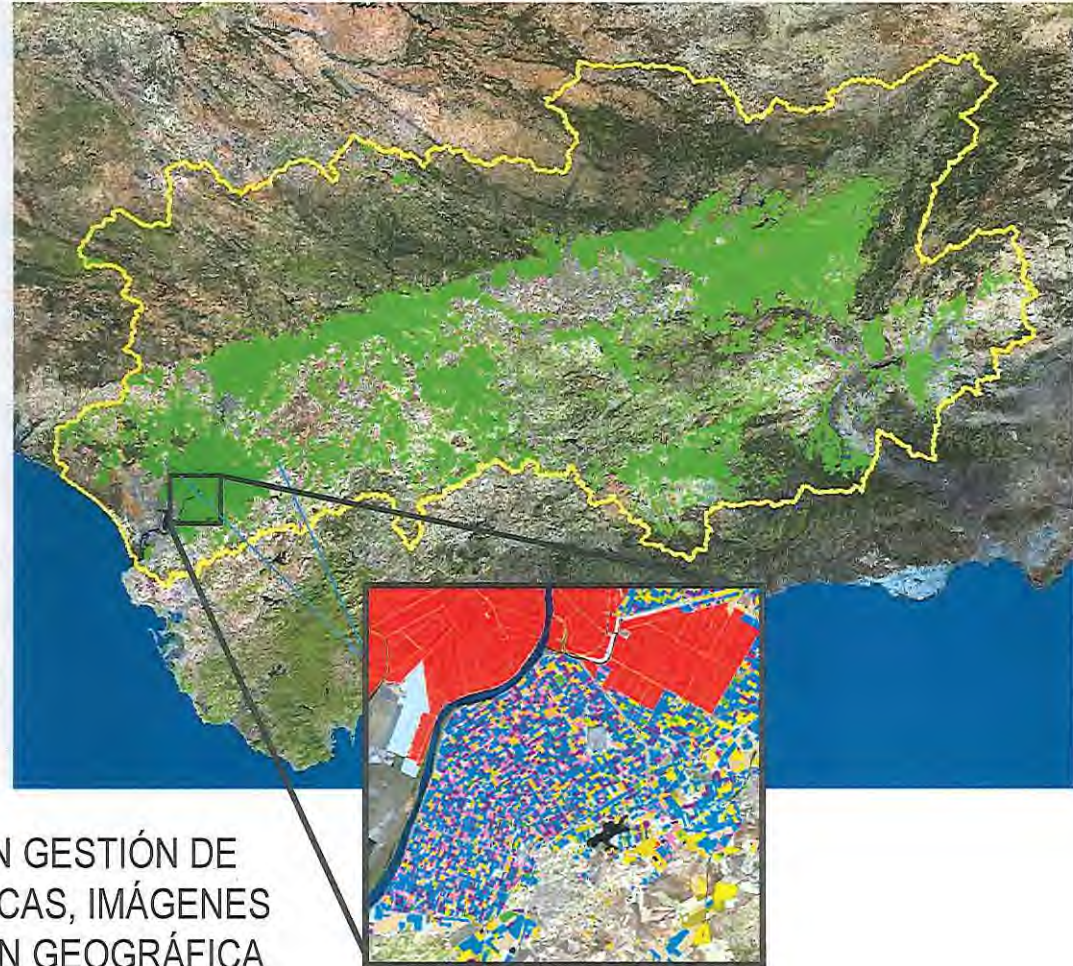
GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA

CONFEDERACIÓN
HIDROGRÁFICA DEL
GUADALQUIVIR, O.A.

OFICINA DE
PLANIFICACIÓN
HIDROLÓGICA

La teledetección en el seguimiento de los regadíos en la cuenca del Guadalquivir



JORNADA TÉCNICA SOBRE INNOVACIÓN EN GESTIÓN DE
REGADÍOS MEDIANTE REDES AGROLIMÁTICAS, IMÁGENES
DE SATÉLITE Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Madrid, 28 de noviembre de 2018