



Más allá del agua: teledetección aplicada al mapeo de ecosistemas de humedales y al seguimiento de su estado y presiones

Sesión: Seguimiento de humedales

Christoph Schröder, Antonio Sánchez, Virginia García

LA OBSERVACIÓN REMOTA APLICADA AL SEGUIMIENTO DE LOS ECOSISTEMAS

27 de abril 2022 – CENEAM (Valsaín)

- ❑ *Contexto: definiciones, nomenclatura y delimitación*
- ❑ *Técnicas de seguimiento: Herramientas e indicadores*
- ❑ *Conclusiones*

Convenio de Ramsar

*Un humedal es una zona de la superficie terrestre que está **temporal o permanentemente inundada**, regulada por factores climáticos y en constante interrelación con los seres vivos que la habitan.*



Inventario nacional de zonas húmedas



- a) *Las marismas, turberas o aguas rasas, ya sean **permanentes o temporales**, estén integradas por aguas remansadas o corrientes, y ya se trate de aguas dulces, salobres o salinas, naturales o artificiales. Las márgenes de dichas aguas y las tierras limítrofes en aquellos casos en que, previa la tramitación del expediente administrativo oportuno, fuera así declarado como tal, por ser necesario para evitar daños graves a la fauna, a la flora o a la propia dinámica del humedal.*
 - b) *Las áreas costeras situadas en la zona intermareal*
- El concepto fundamental de un humedal no es el agua como tal sino la **humedad**, que puede provenir de aportaciones de **agua superficial o subterránea**, dando lugar ecosistema híbrido entre los puramente acuáticos y los terrestres

Humedales costeros

Aguas marinas someras, arrecifes de coral, costas marinas rocosas, estuarios, zonas intermareales, lagunas costeras salobres/saladas y lagunas costeras de agua dulce.



Humedales interiores

Deltas, ríos/arroyos, lagos permanentes y estacionales (salinos o dulces), pantanos, charcas, turberas, sistemas hídricos subterráneos en cuevas.



Humedales artificiales

Tierras agrícolas inundadas estacionalmente, salinas, áreas de almacenamiento de agua (balsas de riego, presas, estanques artificiales).



¹ Real Decreto 435/2004, de 12 de marzo, por el que se regula el Inventario nacional de zonas húmedas

Servicios ecosistémicos

Mitigación y adaptación al cambio climático.

Diversidad biológica.

Amortiguación de las inundaciones.

Estabilización de costas y protección contra temporales.

Provisión de alimentos y agua, materiales y medicinas.

Valores culturales.

Recreación y turismo.



Principales presiones:

- Cambios de uso del suelo (urbanización, deforestación, agricultura, rellenos, etc.)
- Alteraciones en la dinámica del agua (explotación, desvíos, etc.)
- Explotación de recursos (pesca, maderas, pastos, turba, etc.)
- Contaminación agrícola, industrial y doméstica
- Introducción de especies exóticas invasoras
- Cambio climático.

Se estima que desde 1700 se ha perdido hasta el 87% de los humedales (un 35% desde 1970).

Esto supone una pérdida tres veces más rápida que la de los bosques naturales.



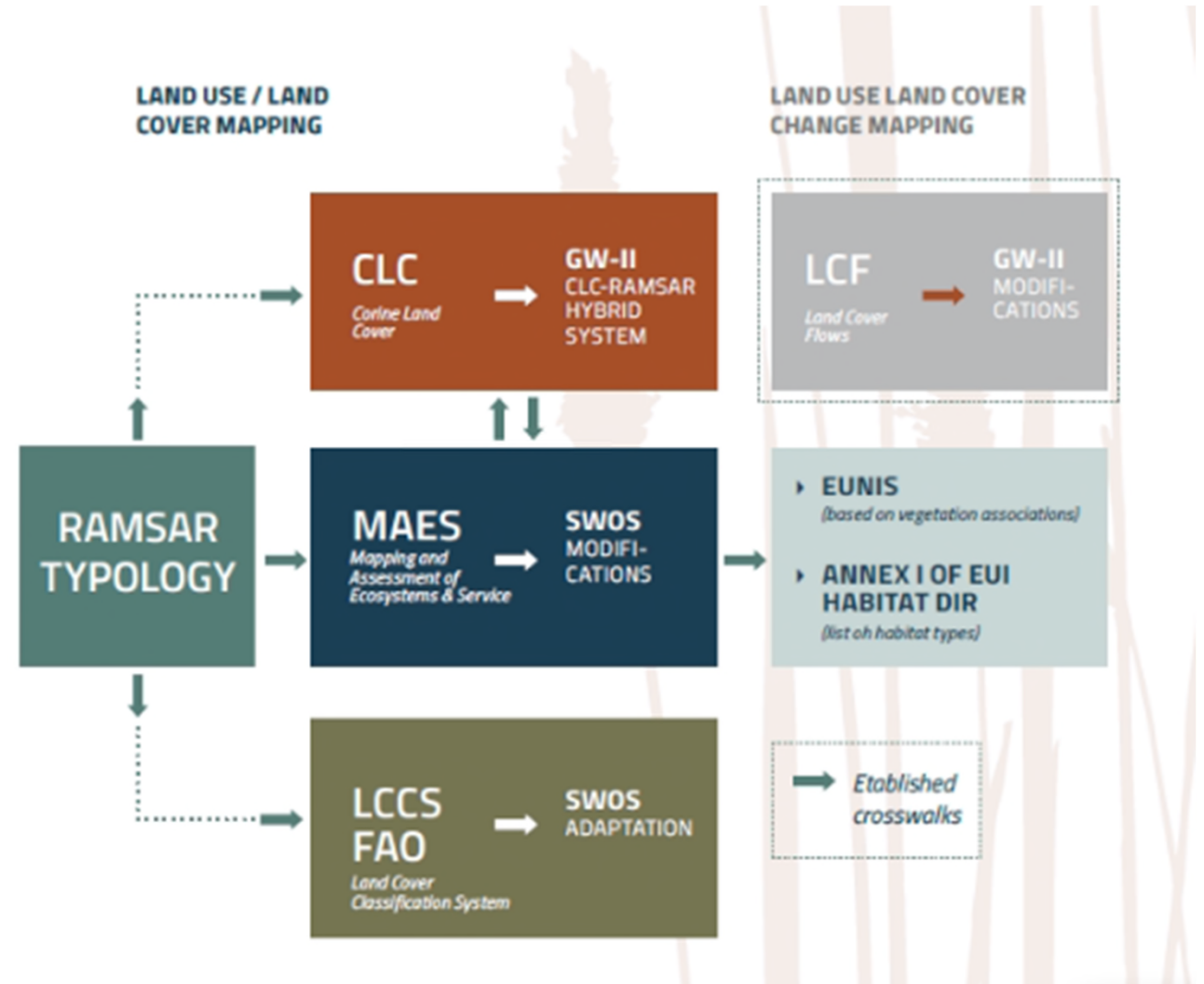


CONCEPTOS RELEVANTES

¿Cómo enfocar el estudio de humedales?

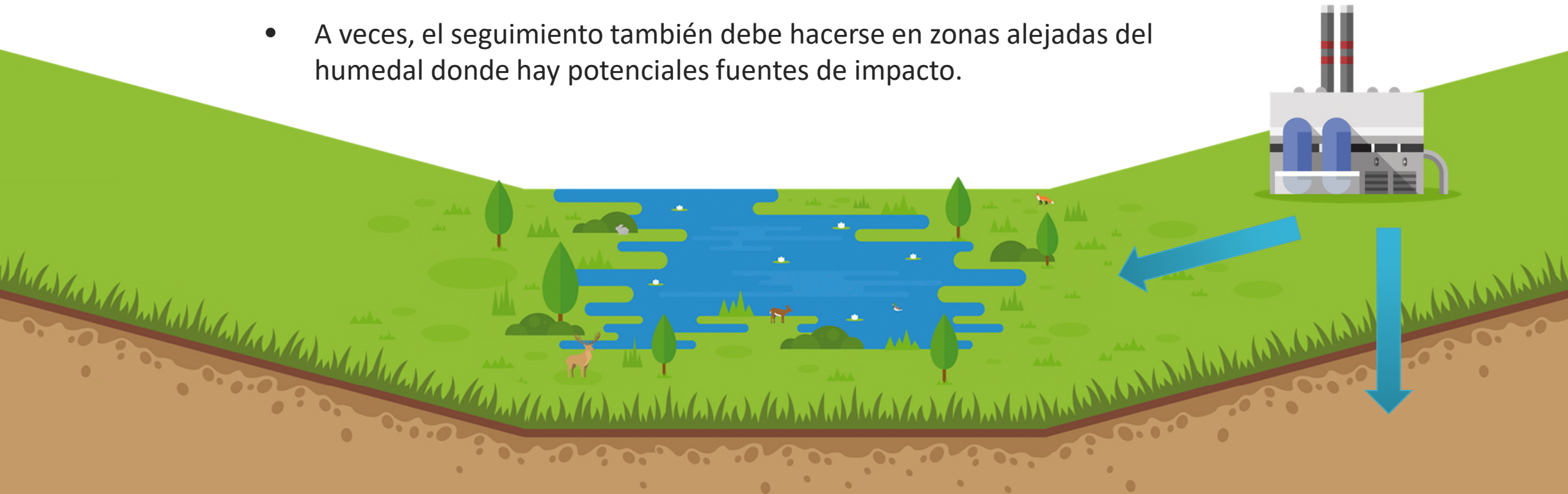
Definir una nomenclatura de trabajo

- **Necesaria** para delimitar humedales, realizar inventarios o mapas de usos y coberturas del suelo.
- La **nomenclatura RAMSAR** es ampliamente utilizada a nivel global.
- Se utilizan **diferentes sistemas de clasificación** según el país o la región → Es importante conocer los detalles si tenemos que tratar datos de diferente origen y para diferentes objetivos.



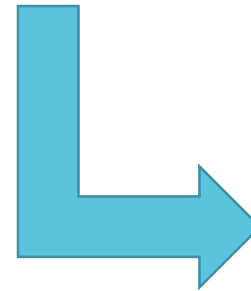
Definir el área del humedal

- El humedal no sólo es una masa de agua o una zona de suelo húmedo. Debemos entender las conexiones existentes con otros sistemas o elementos del medio que, en ocasiones, pueden parecernos ajenos en un primer momento.
 - A veces, el seguimiento también debe hacerse en zonas alejadas del humedal donde hay potenciales fuentes de impacto.



Estudiar la dinámica del humedal

- Características → masas de agua, tipo de suelo, vegetación, fauna, etc.
- Presiones → actividades humanas en la zona y tendencias.
- Hidrodinámica → Estacionalidad y cómo afecta al humedal



- De dónde viene el agua.
- Periodos de inundación.
- Niveles medios, máximos y mínimos.
- Cambios en la vegetación y en la humedad del suelo.
- Cambios en los usos/actividades humanas según la época del año.



TÉCNICAS DE SEGUIMIENTO

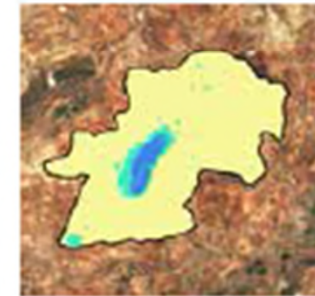
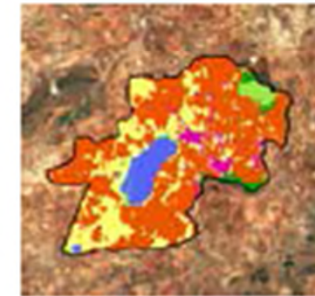
Herramientas e indicadores



FROM SATELLITE
IMAGES
TO SEGMENTS



FROM
SEGMENTS
TO MAPS



SWOS tools using a segment based approach, satellite data from one or more sensors and different acquisition dates will be combined to delineate segments = areas with similar properties. Different nomenclatures (page 12) are available to derive maps for different thematic applications. Ground knowledge is integrated to increase the mapping accuracy and to validate the mapping results. The derived maps build the basis for statistical evaluations and indicator calculations.



FROM MAPS TO
INDICATORS

SWOS

Grant agreement ID: 642088



Closed project

Start date

1 June 2015

End date

30 November 2018

Funded under

H2020-EU.3.5.5.

Overall budget

€ 4 979 189,36



EU contribution

€ 4 979 189,36

Coordinated by

JENA-OPTRONIK GMBH

Germany



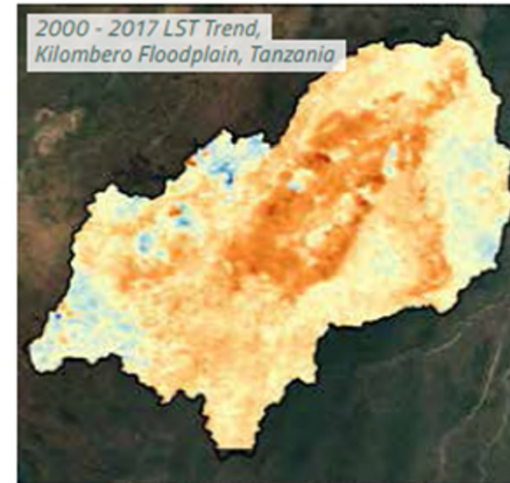
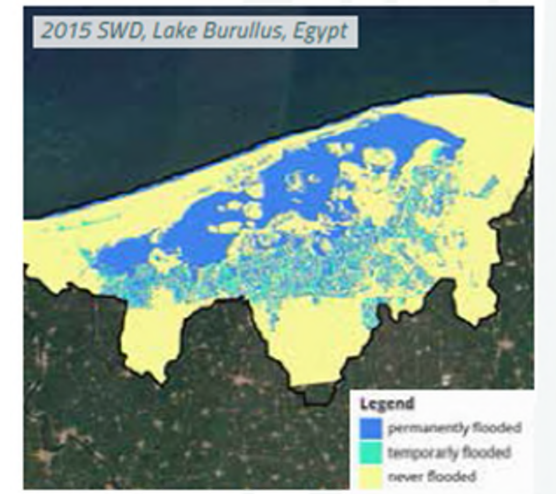
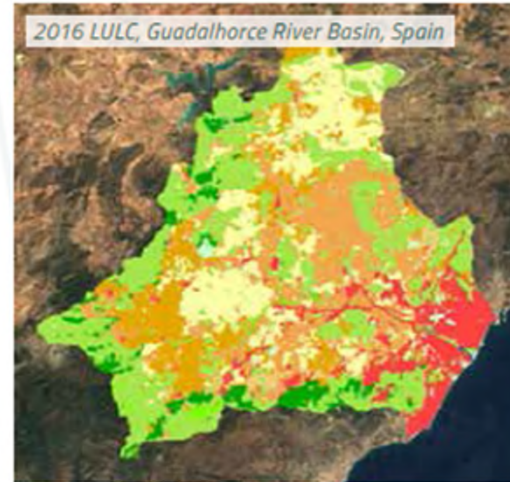
Indicator: State of all indicator classes (EMFSAE-CLC)

MINIS CLC [m] 1975 1989 2007 2015

Class	1975	1989	2007	2015
Urbans	17850 ha	24791 ha	90535 ha	227094 ha
Natural wetland (vegetated)	1,20852 ha	1,06252 ha	1,263,71 ha	1,274,32 ha
Natural wetland not vegetated	1,30339 ha	1,277,71 ha	1,209,16 ha	1,226,32 ha
Artificial wetland/linear bodies		0,91 ha	4,96 ha	25,96 ha
Agriculture	16,29036 ha	16,00424 ha	15,540,16 ha	15,476,06 ha

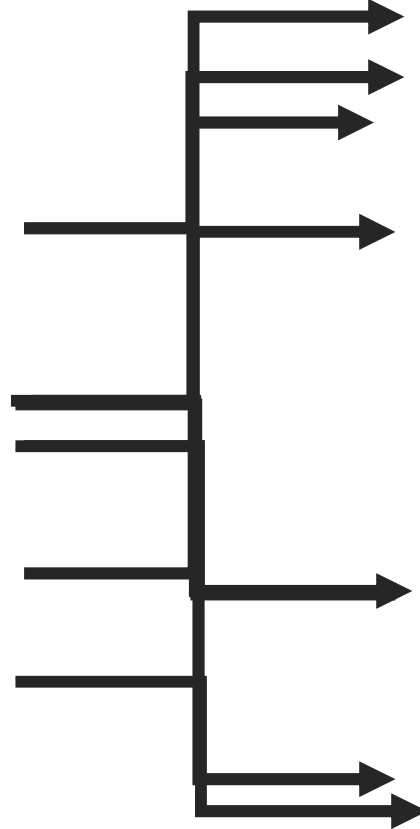
Productos de mapeo

- Usos y coberturas (LULC)
- Cambios de usos y coberturas (LULCC)
- Área potencial de humedales
- Dinámica de agua superficial (SWD)
- Humedades superficial del suelo (SSM)
- Temperatura superficial terrestre (LST)
- Calidad de agua (WQ)



Productos de mapeo

- Usos y coberturas (LULC)
- Cambios de usos y coberturas (LULCC)
- Área potencial de humedales
- Dinámica de agua superficial (SWD)
- Humedades superficial del suelo (SSM)
- Temperatura superficial terrestres (LST)
- Calidad de agua (WQ)



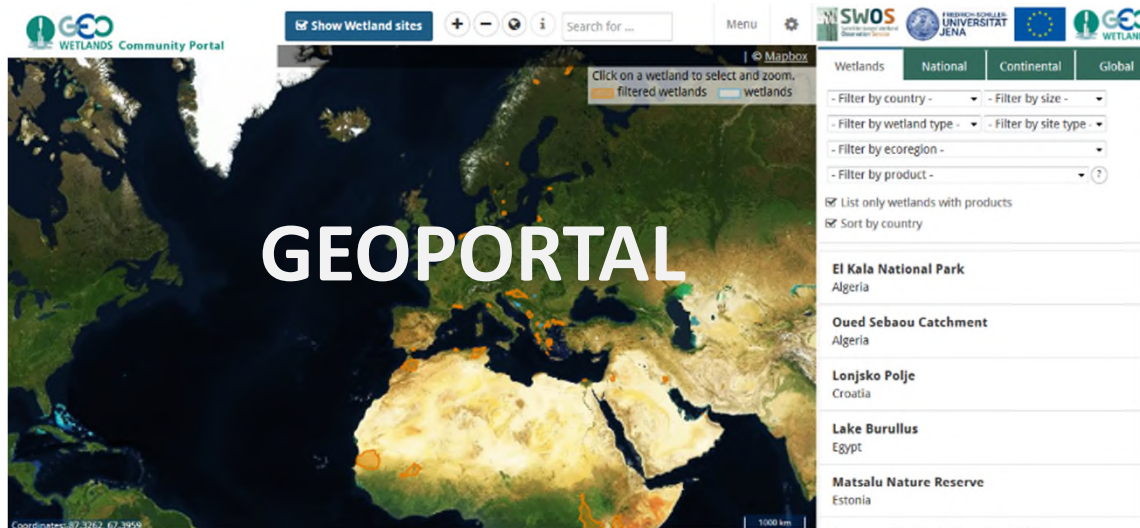
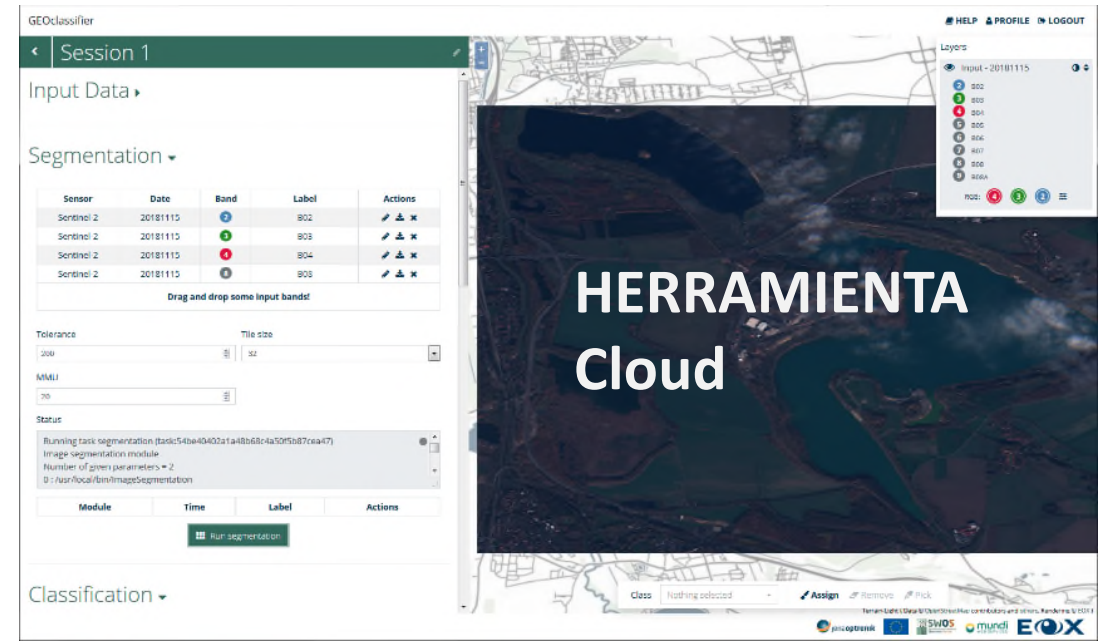
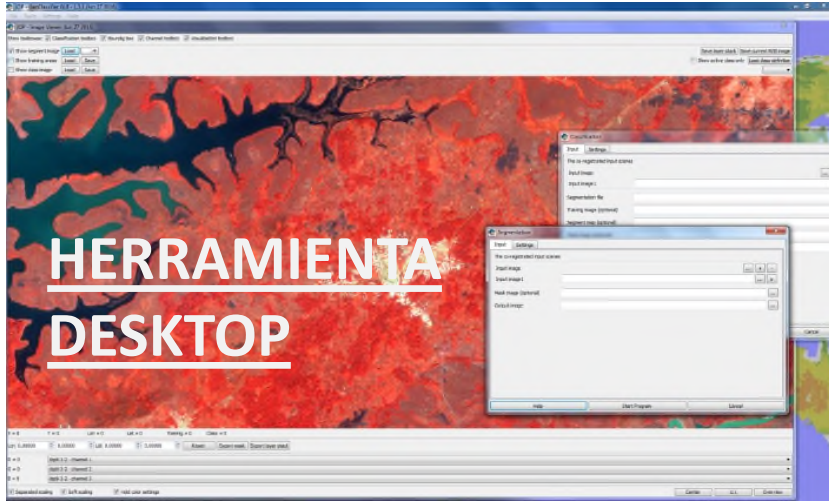
PRESSURE INDICATORS

- Wetland change to Agriculture & Urban
- Wetlands artificialization and degradation
- Change in wetland area
- Status of Wetland Threats
- Anthropogenic Impact
- Status and Trend of Water Quality

CONDITION INDICATORS

- Ecosystem Fragmentation
- Wetland connectivity
- Extent of Open Water
- Total wetlands extent
- Change to natural wetland area
- Soil Moisture
- Biodiversity State

HERRAMIENTAS SWOS



CASO DE ESTUDIO – FUENTE DE PIEDRA



UNIVERSIDAD DE MÁLAGA



Fuente de Piedra es una laguna salina situada en el sur de España, en la provincia de Málaga, con una extensión aproximada de 1.400 ha.

Es el hogar de la colonia de flamenco rosa más grande de la Península Ibérica y la segunda de Europa.

Además, es un lugar de paso y nidificación de muchas especies de aves.

Designaciones a nivel nacional, europeo e internacional:

- Reserva natural
- Natura 2000
- Área De Protección Especial
- Lugar de importancia comunitaria
- Sitio RAMSAR



Fuente de Piedra se localiza en una **cuenca endorreica***, por lo que se origina por la acumulación del agua de lluvia en el subsuelo y el afloramiento del nivel freático.

Las principales amenazas del humedal son la **sobreexplotación** de los recursos hídricos del acuífero y la **contaminación** por fertilizantes y pesticidas de la agricultura.

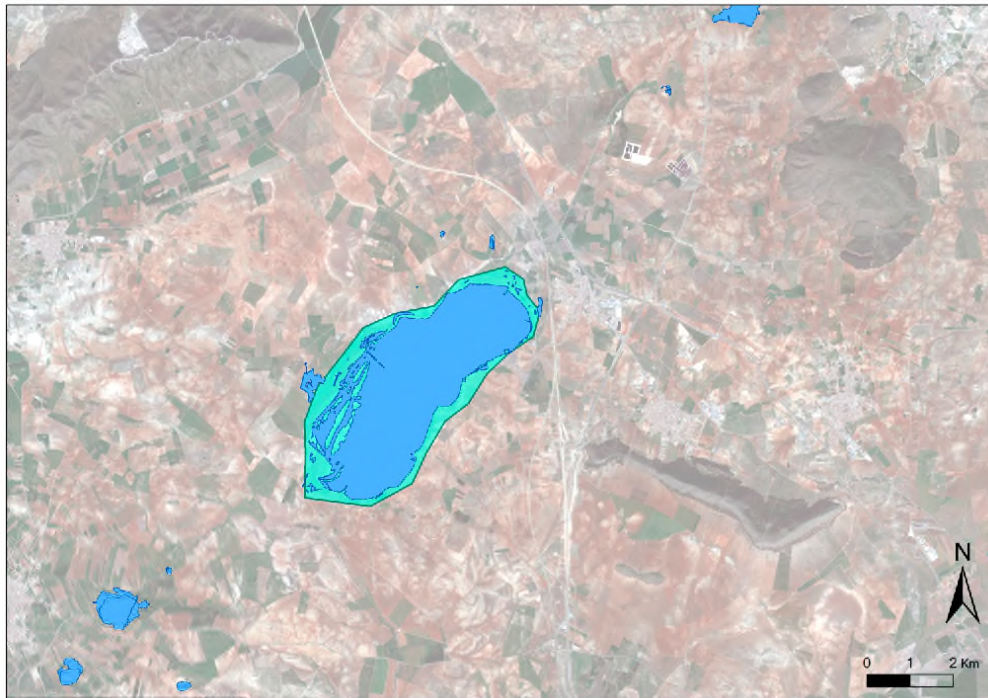
** El agua no tiene salida fluvial hacia el mar*



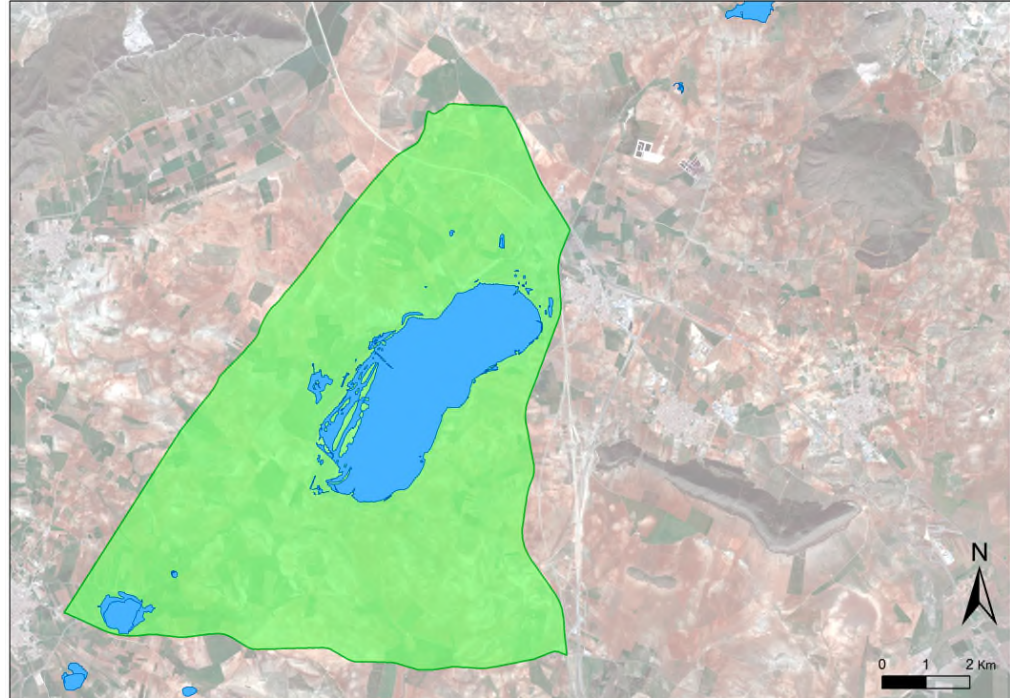
Delimitación del área de estudio

Las designaciones y figuras de protección no tienen en cuenta las variables ambientales que afectan al humedal.

Límites Sitio RAMSAR



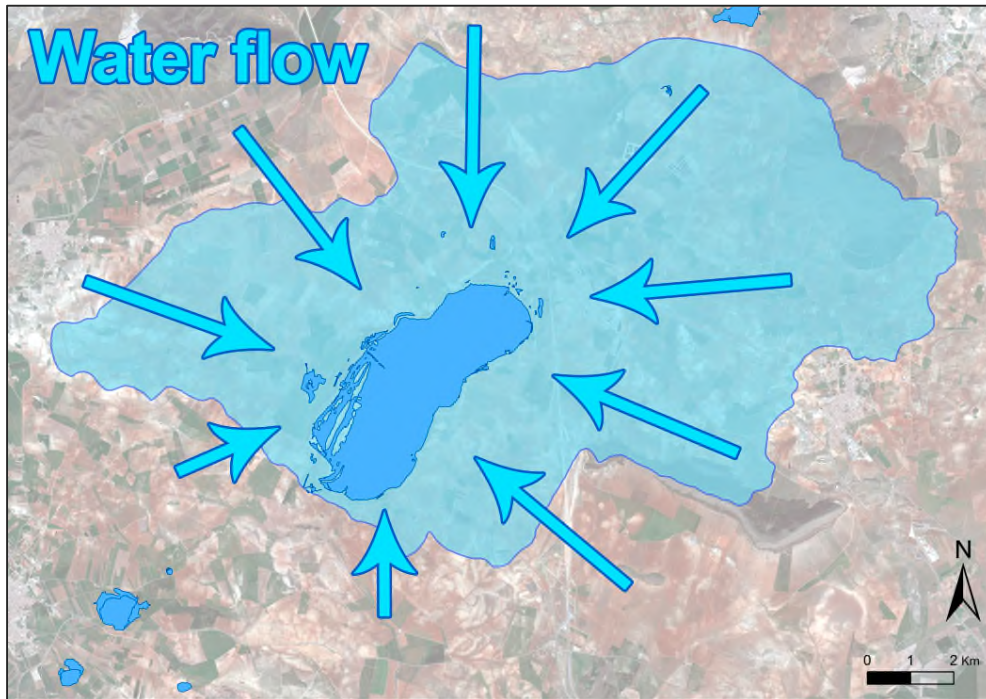
Límites Reserva Natural



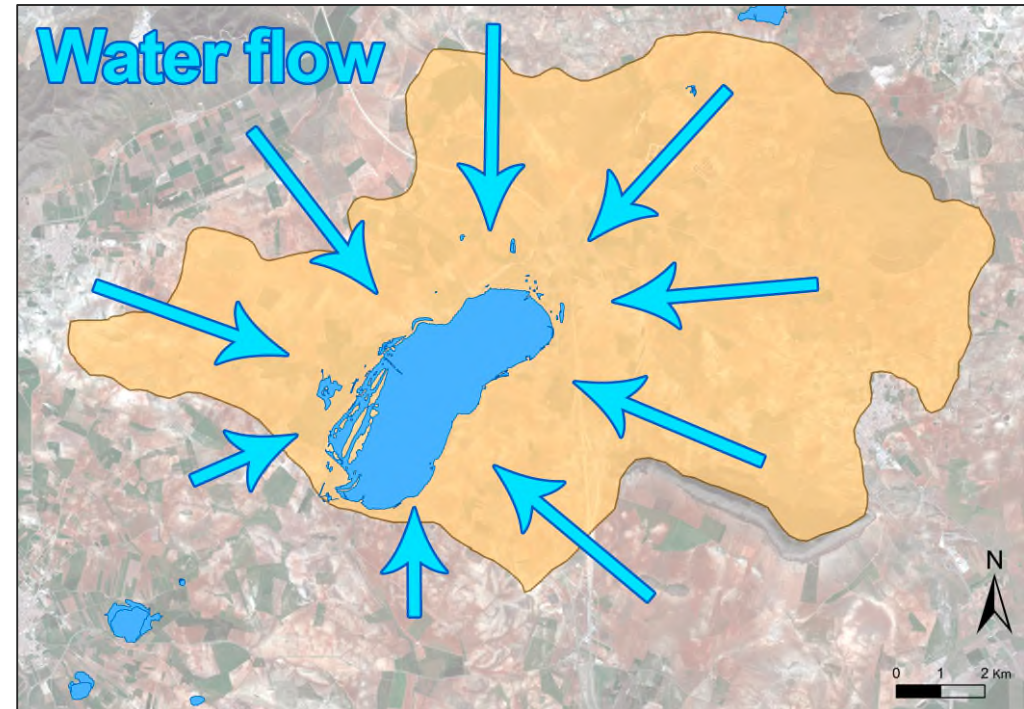
Delimitación del área de estudio

Estas delimitaciones administrativas difieren totalmente del área de influencia hidrológica de la laguna y omiten el municipio y muchas tierras de cultivo que afecta directamente al humedal.

Límites Cuenca Hidrológica

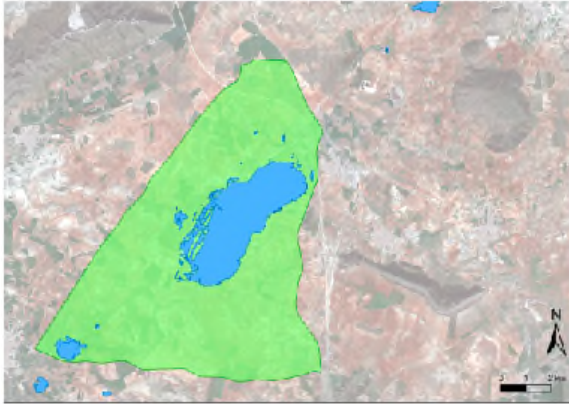


Límites Acuífero

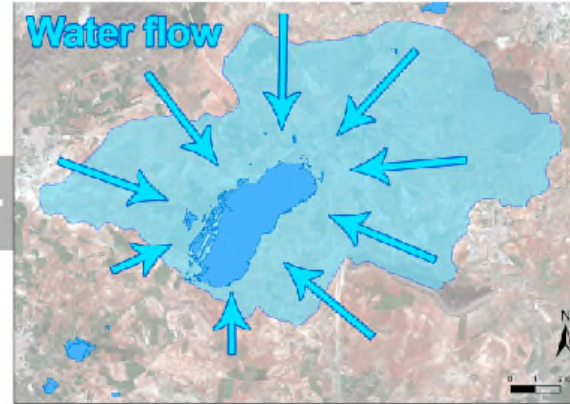


CASO DE ESTUDIO – FUENTE DE PIEDRA

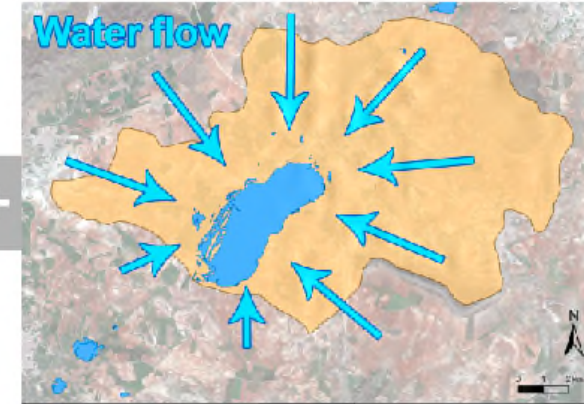
Área protegida



Cuenca hidrológica



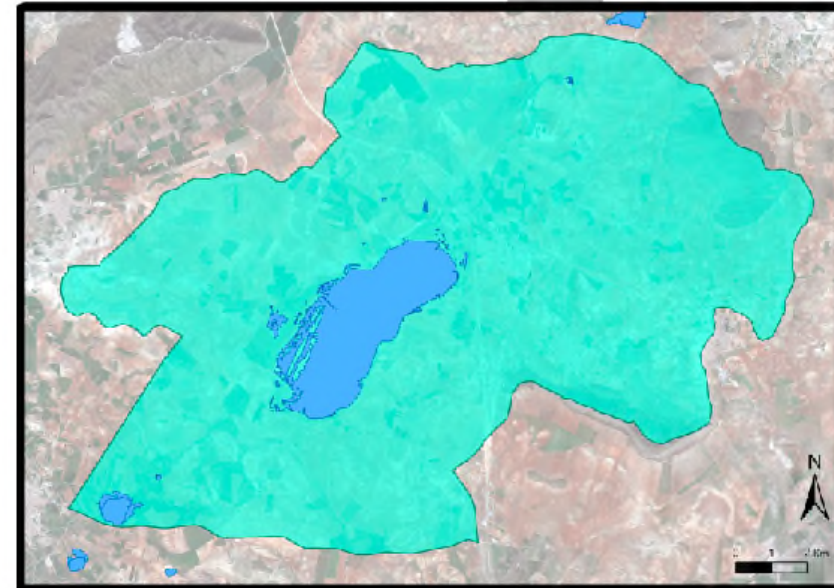
Acuífero



Límite RAMSAR



Área de estudio (SWOS)



Clasificación de usos del suelo

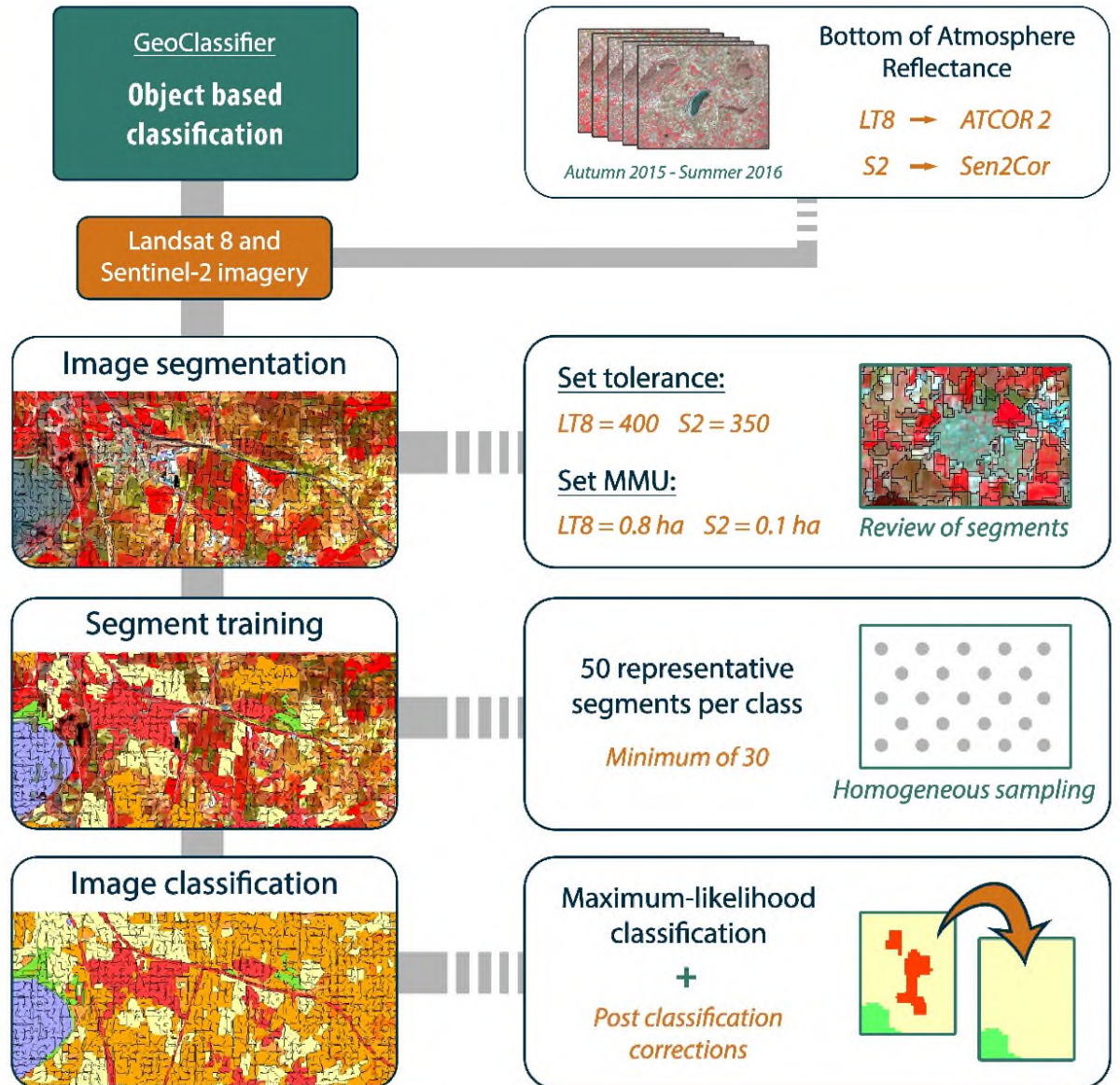
Como caso de estudio del proyecto SWOS, el objetivo era comprobar la efectividad de los mapas generados a partir de técnicas de teledetección para el monitoreo de usos y coberturas del suelo y la detección de cambios.

Se hizo un estudio retrospectivo desde la década de 1980 hasta 2020 utilizando imágenes Landsat y Sentinel, según la fecha:

- Landsat: 1980s, 1990s, 2000s
- Sentinel 2: 2010s

También se realizó un estudio para comparar los resultados obtenidos con Landsat 8 y Sentinel 2.

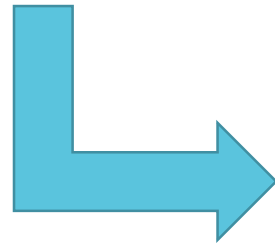
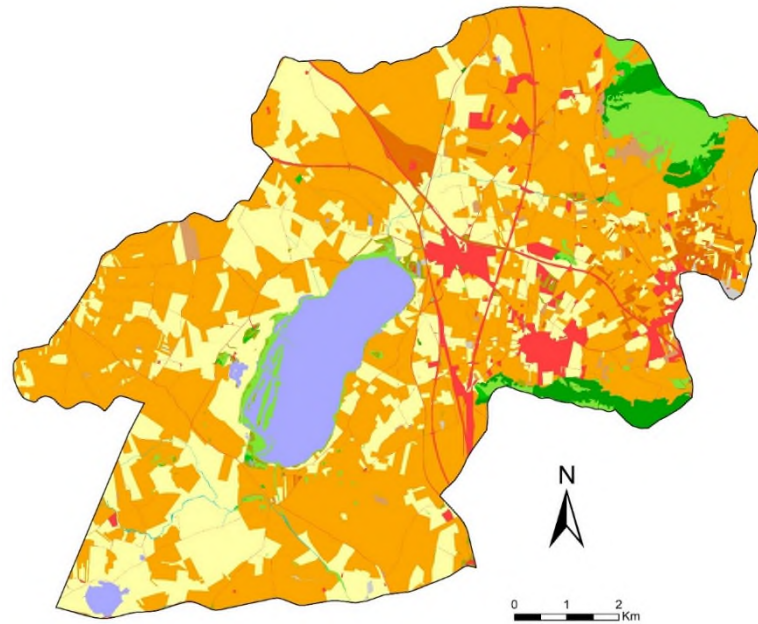
Los mapas se generaron mediante una clasificación basada en objetos.



Clasificación de usos del suelo

SIOSE Andalucía 2011

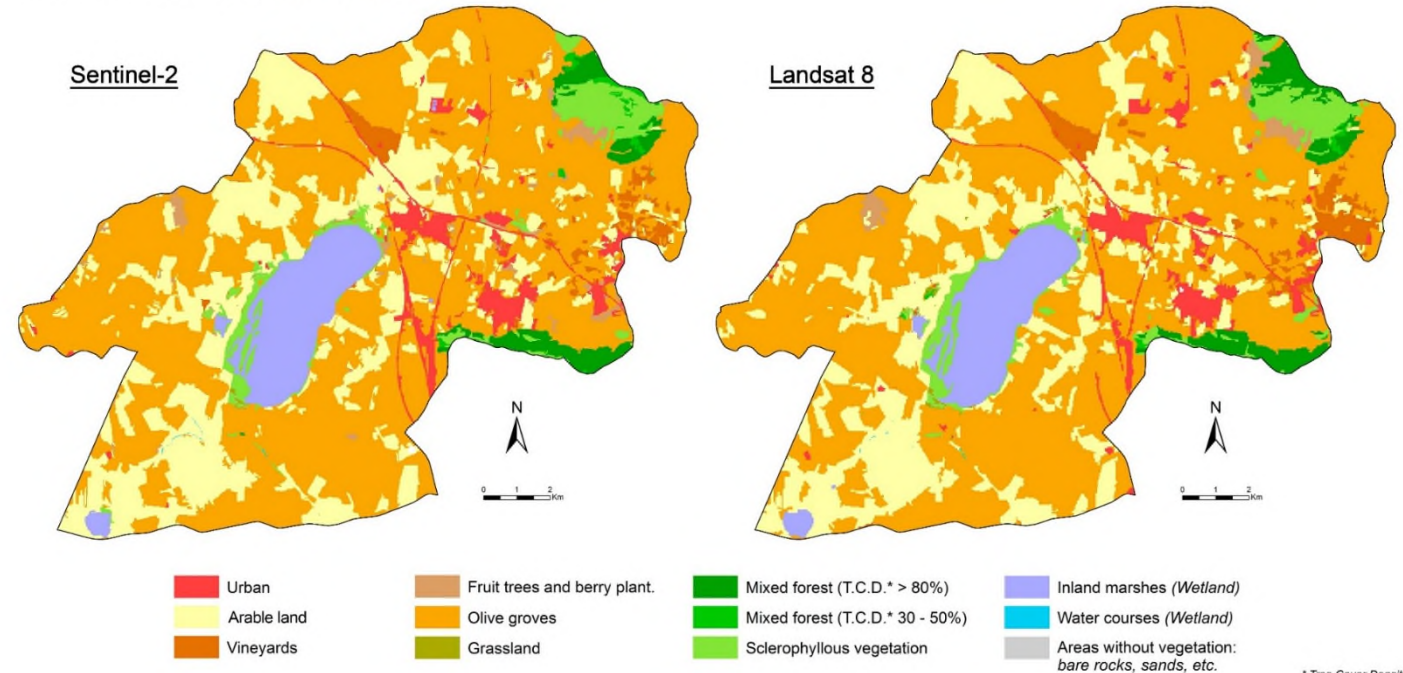
Sistema de Información de Ocupación del Suelo en España



La validación con los inventarios de suelo disponibles muestran resultados muy buenos, con precisiones próximas al 90%.

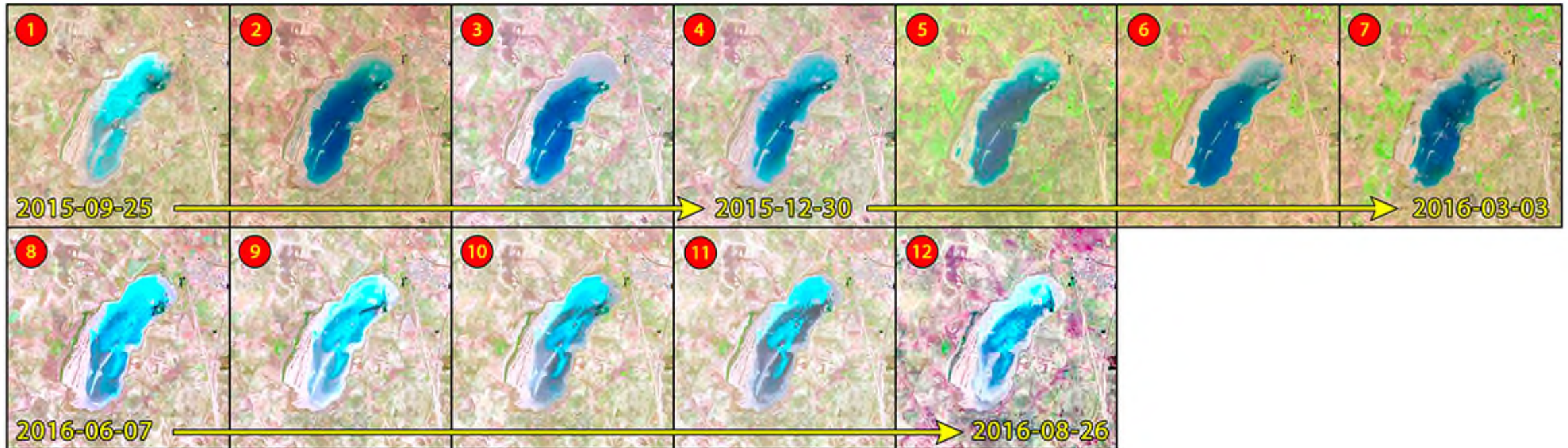
No se apreciaron grandes diferencias entre Landsat y Sentinel para este tipo de aplicaciones más generales.

LULC Map 2015 - 2016 (MAES nomenclature)



Dinámica de agua superficial

El humedal muestra una clara estacionalidad. El nivel de agua en la laguna crece con las primeras de otoño y alcanza su máximo nivel a mediados de primavera. En verano, comienza a secarse y queda una pequeña lámina de agua (aparecen depósitos de sal en el vaso de la laguna).



Serie de imágenes Sentinel 2

Dinámica de agua superficial

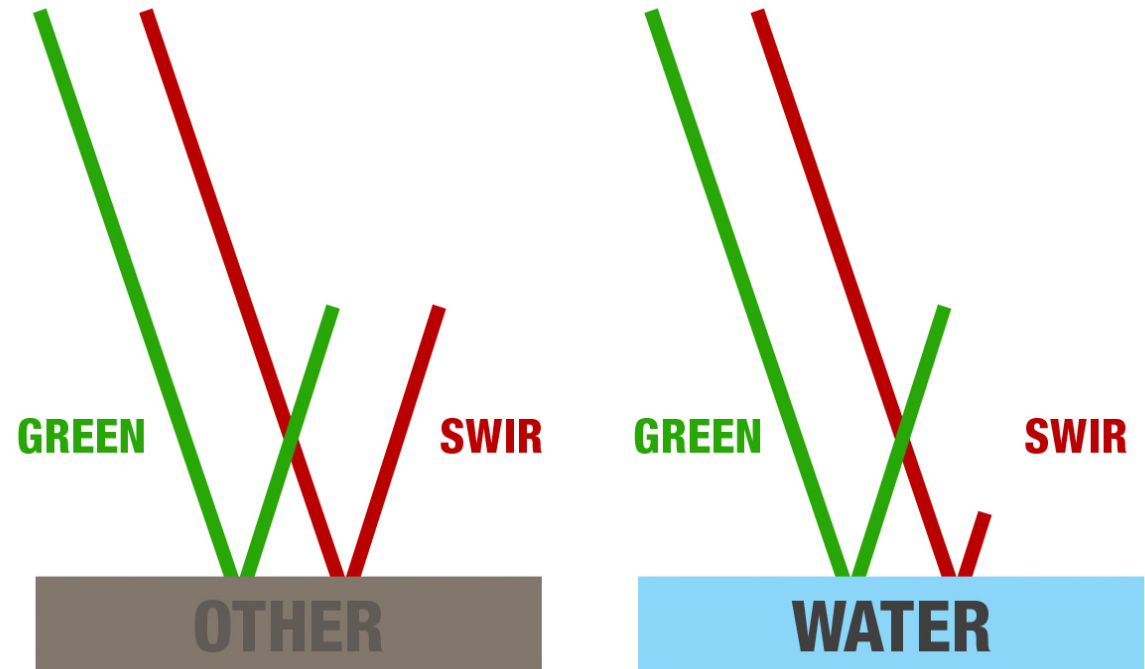
El agua es una de los elementos más sencillos de identificar usando teledetección. Entre los métodos que existen, uno de los más fiables y directos es el “Índice diferencial de agua normalizado” (NDWI), en concreto la versión modificada de Hanqiu, 2006 (MNDWI), que elimina el ruido provocado por la señal de zonas construidas y la vegetación.

$$MNDWI = \frac{Green - SWIR}{Green + SWIR}$$

Este índice aprovecha la gran absorción del espectro SWIR (shortwave infrared) por parte del agua, que hace que la diferencia de absorción respecto al Verde sea mucho mayor que en otras coberturas del terreno.

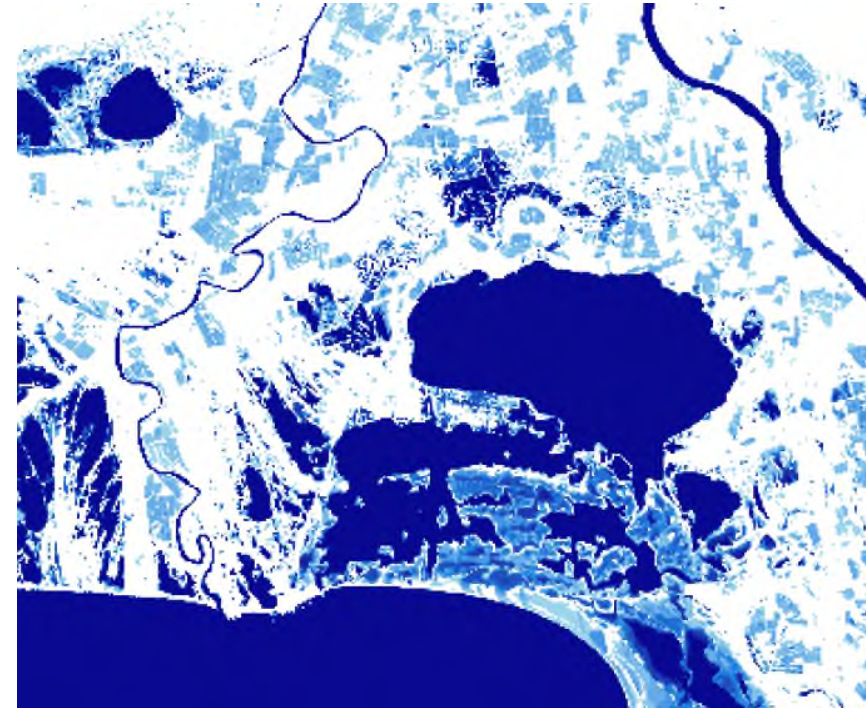
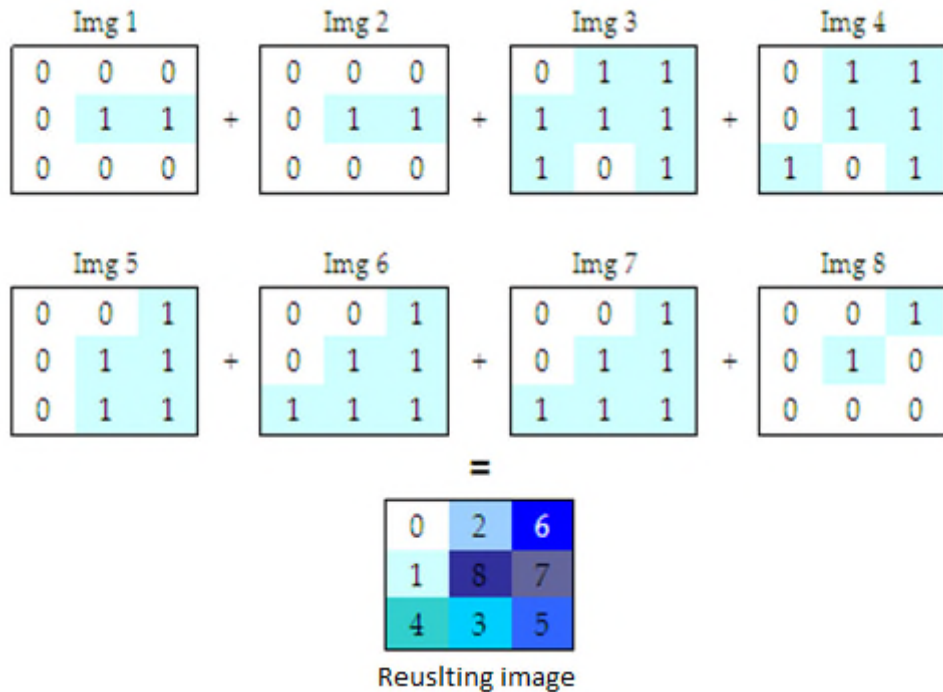
Esta diferencia es utilizada para separar el agua superficial del resto de la imagen.

El NDWI clásico se calcula utilizando la banda NIR (near infrared).



Dinámica de agua superficial

Series temporales del MNDWI puede combinarse para generar mapas de dinámica del agua. Esto es especialmente útil para estudiar los niveles de inundación a lo largo del año. Lo ideal es tener imágenes que cubran año un ciclo hidrológico para poder reflejar bien los cambios estacionales.

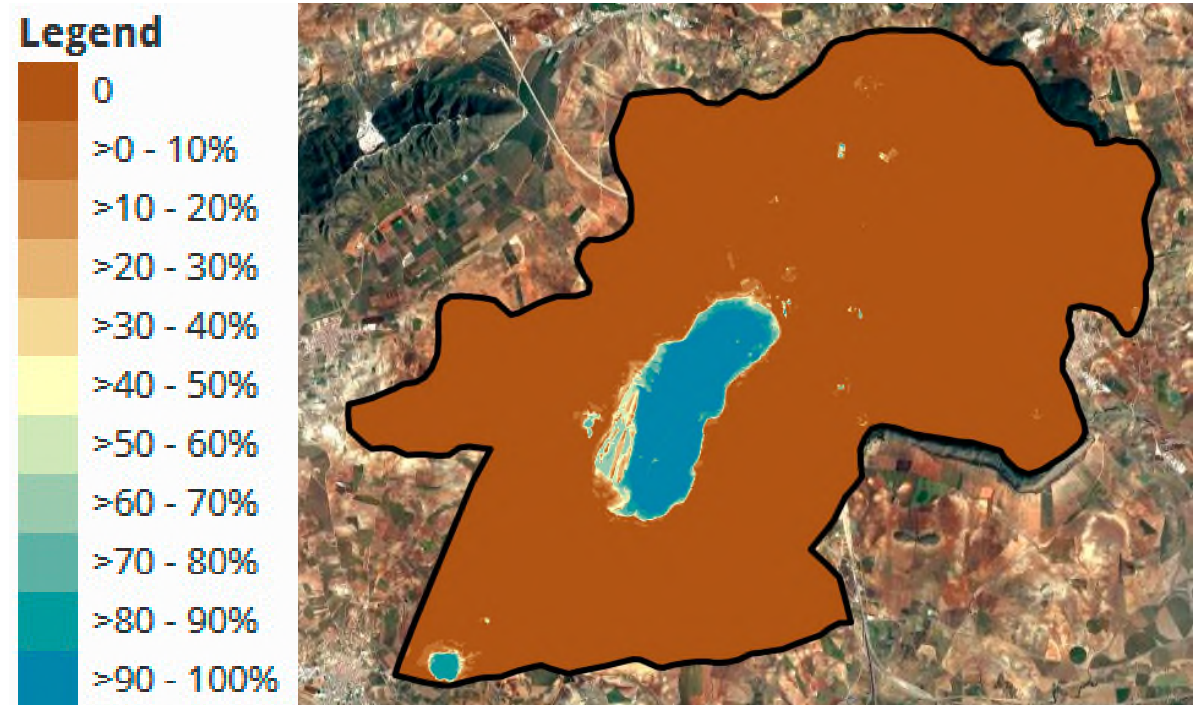
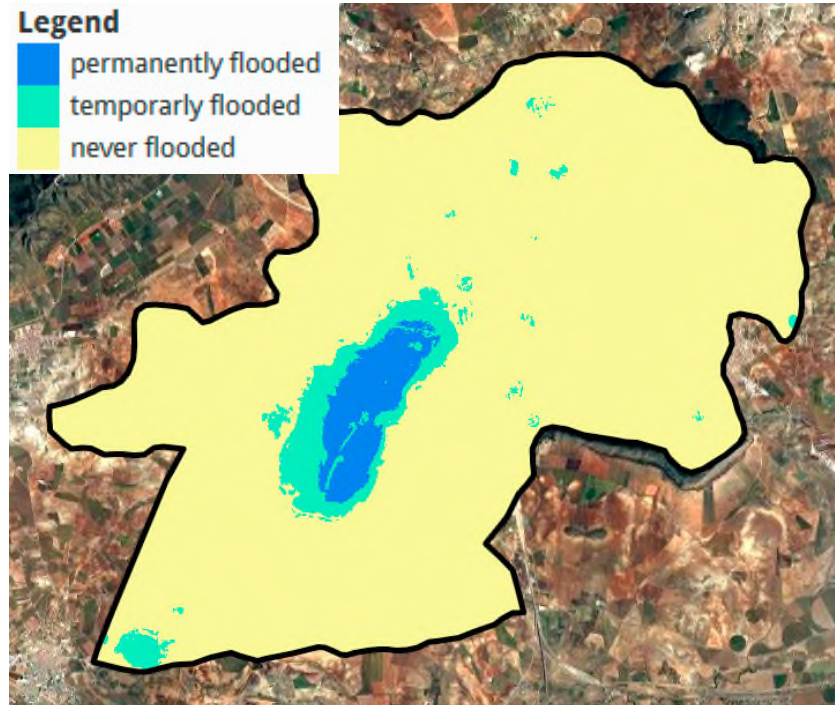


Usando datos de radar de Sentinel 1, también es posible generar este tipo de mapas, con la ventaja de que el radar puede atravesar las nubes.

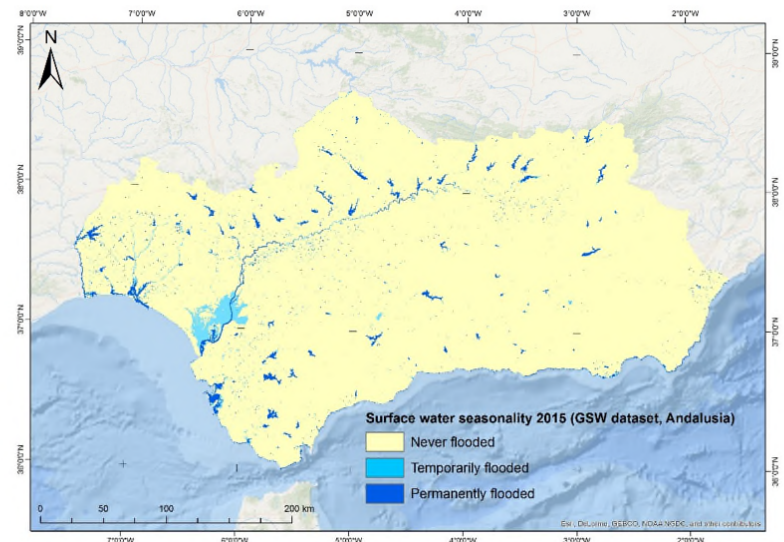
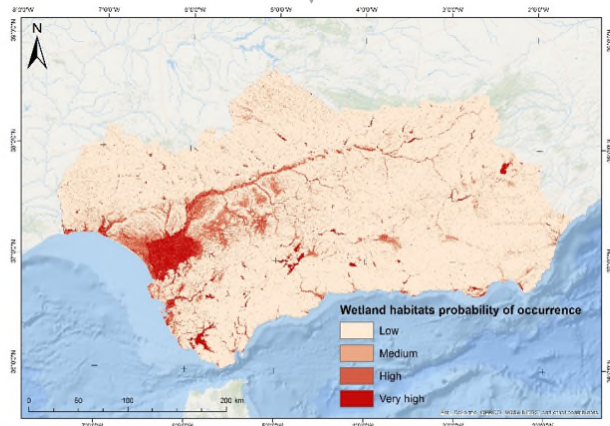
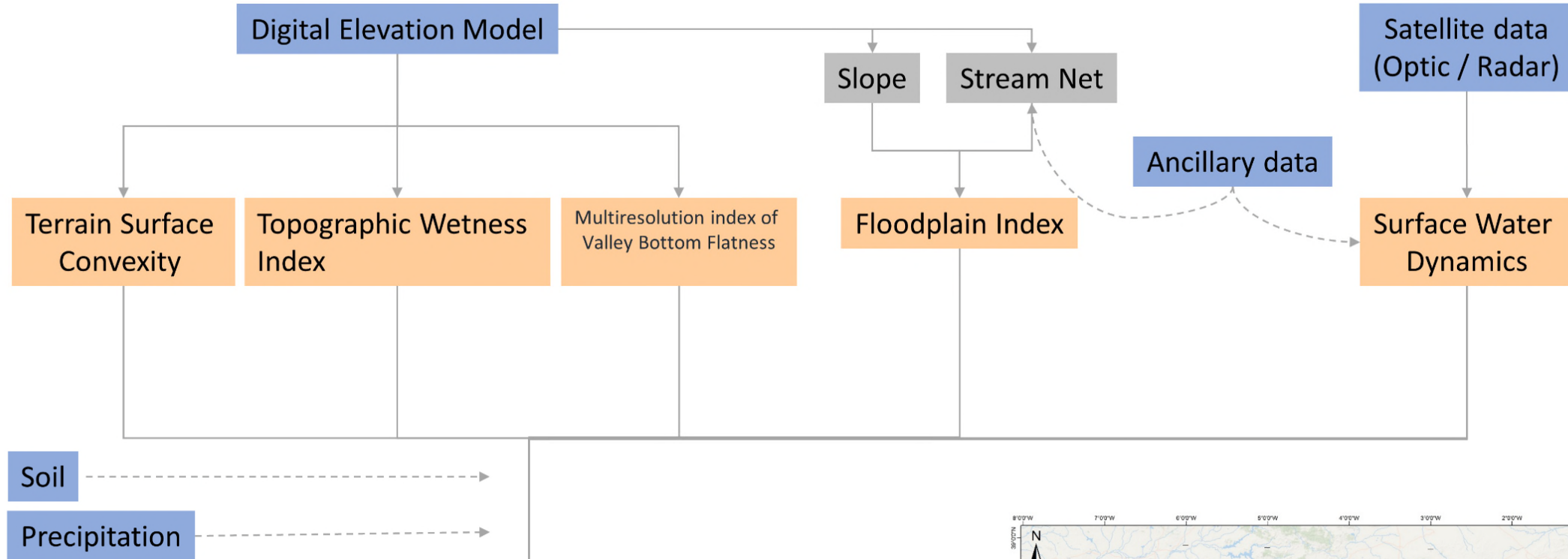
Dinámica de agua superficial

Los mapas de dinámica del agua superficial nos muestran zonas de inundación permanente o temporal, así como aquellas zonas que no se inundan. También nos muestran el porcentaje o el periodo de tiempo que dura la inundación (0% = nunca; 100% = permanente).

Al comparar mapas de diferentes fechas podemos detectar si los niveles de agua habituales cambian por algún motivo.

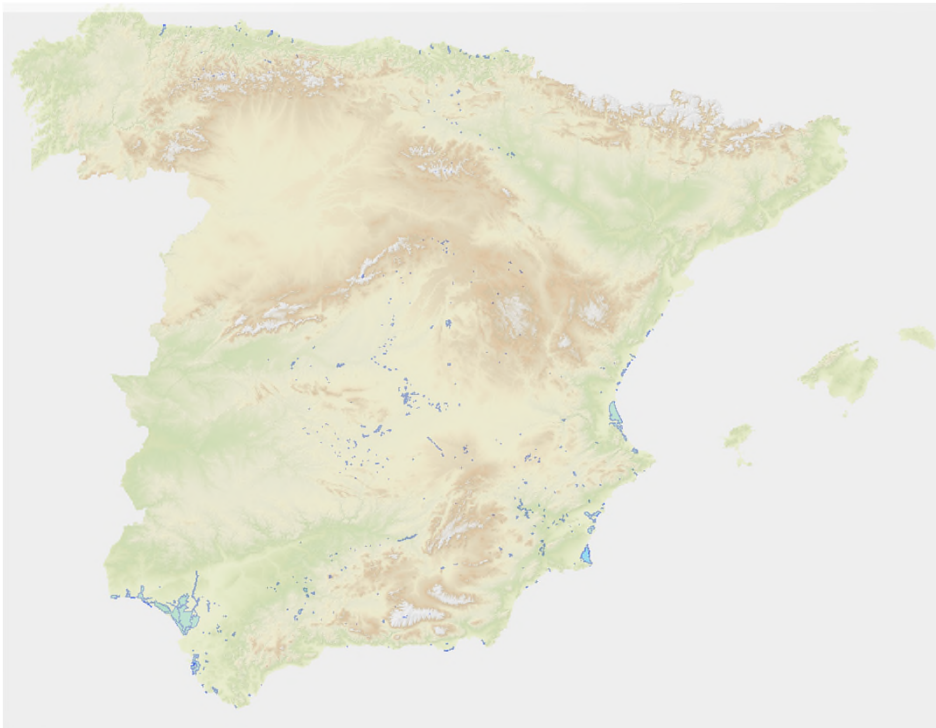


MAPA DE PROBABILIDAD DE HUMEDALES

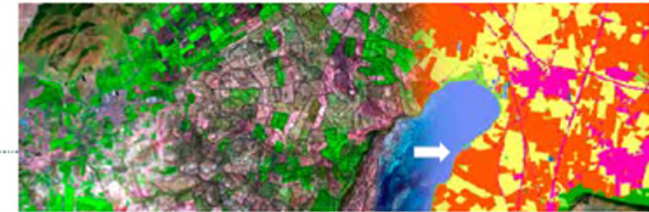


Utilización de técnicas de Big Data para la generación de mapas e indicadores con amplia cobertura:

- Andalucía: propuesta de sistema de seguimiento de agua superficial (INDALO)
- Cuenca mediterránea: Mapa de humedales mediterráneos (EnBIC2-Lab / EEA)
- España: Sistema de seguimiento de humedales (¿?)

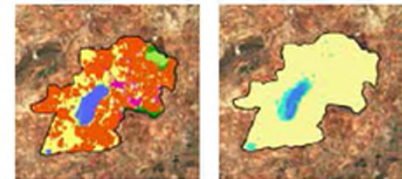


FROM SATELLITE IMAGES TO SEGMENTS



FROM SEGMENTS TO MAPS

SWOS tools using a segment based approach, satellite data from one or more sensors and different acquisition dates will be combined to delineate segments = areas with similar properties. Different nomenclatures (page 12) are available to derive maps for different thematic applications. Ground knowledge is integrated to increase the mapping accuracy and to validate the mapping results. The derived maps build the basis for statistical evaluations and indicator calculations.



FROM MAPS TO INDICATORS



Indicator: State of all indicator classes (RAMSAR-CLC)

DATA: 1975, 1989, 2002, 2013

Class	1975	1989	2002	2013
Water	12855 ha	20781 ha	60835 ha	33199 ha
Natural wetland / vegetated	1,28876 ha	1,04234 ha	1,26871 ha	1,27643 ha
Natural wetland / non-vegetated	1,34039 ha	1,27271 ha	1,20816 ha	1,22632 ha
Artificial wetland / water bodies	1038 ha	436 ha	25,90 ha	
Agriculture	14,29036 ha	11,02424 ha	15,54316 ha	15,47670 ha

- ❑ *Necesidad de **definición** clara de los tipos de humedales y del grado de “granularidad” de la **clasificación** utilizada*
- ❑ *Identificación y definición de **indicadores***

- ❑ *Del mapeo/inventario hacia indicadores de seguimiento.*
 - ❑ *El inventario nacional como base para completarlo, especialmente y incluyendo la delimitación ecosistémica/eco-hidrológica*
 - ❑ *Upscaling de metodologías/algoritmos existentes para su aplicación al territorio español (Big Data/Machine Learning)*

Gracias por su atención



UNIVERSIDAD DE MÁLAGA



FEATURED WORK ▾

PROJECTS

RESOURCES

NEWS

ABOUT US

WORK WITH US ▾



WETLANDS

Applying an ecosystem-based approach to water and land interfaces

christoph.schroder@uma.es

www.etc.uma.es

@ETC_UMA