



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

IDENTIFICACIÓN Y ESTUDIO DE MASAS DE AGUA MEDIANTE EL EMPLEO DE IMÁGENES RADAR DE SENTINEL-1

GRADO EN INGENIERÍA GEOMÁTICA Y TOPOGRAFIA

AUTOR: JAVIER SOLÁ FERRER	CURSO: 2019-2020
TUTOR: ALFONSO FERNÁNDEZ SARRIÁ	FECHA: DICIEMBRE 2020



"El presente documento ha sido realizado completamente por el firmante; no ha sido entregado como otro trabajo académico previo y todo el material tomado de otras fuentes ha sido convenientemente entrecomillado y citado su origen en el texto, así como referenciado en la bibliografía".



Resumen

En este trabajo se abordarán algunas tareas básicas de procesado de datos radar del satélite Sentinel-1. Se trabajará con software libre (SNAP), con datos de servidores de descarga gratuita y desde la perspectiva de la elaboración de estudios que permitan identificar masas de agua, bien sean continentales o bien sea la interfaz mar-tierra. Se extenderá el estudio a un cierto período temporal.

En este proyecto se presenta la utilización de estas imágenes radar sentinel-1 para la detección de dos zonas inundadas producidas por el temporal Gloria, y su uso para el estudio del ciclo hidrológico de la laguna de Gallocanta.

Los resultados que obtenemos en la identificación de inundaciones son buenos, teniendo en cuenta que las imágenes radar son las únicas que permiten la extracción de imágenes en situaciones climáticas adversas.

Estos resultados indican que el uso de imágenes radar Sentinel-1 para la detección de masas de agua debe tenerse en consideración la realización de un estudio completo y necesario en situaciones donde las condiciones climáticas no permita la utilización de imágenes de mayor resolución espacial.



Índice de Figuras

Figura 1. Sentinel-1. European Space Agency-ESA.....	10
Figura 2. Sentinel-1 Modes. European Space Agency -ESA.....	10
Figura 3. Sentinel-1 Revisit Coverage Frequency. European Space Agency -ESA.	10
Figura 4. Sentinel-1 Polarization. European Space Agency -ESA.....	10
Figura 5. Localización de la zona de estudio. Golfo de Valencia – Sentinel-hub/eo- browser.....	11
Figura 6. Localización de la zona de estudio. Laguna de Gallocanta - Sentinel-hub/eo- browser.	12
Figura 7. Mosaico de las zonas de estudio obtenidas mediante EO Browser.....	13
Figura 8. Icono SNAP. European Space Agency- ESA.	15
Figura 9. Sentinel-1 Toolbox. European Space Agency-ESA.....	15
Figura 10. Sentinel-2 Toolbox. European Space Agency-ESA.....	15
Figura 11. Logo Sentinel Hub – Sentinel Hub.	16
Figura 12. Logo EO Browser – Sentinel Hub.....	16
Figura 13. Sentinel Playground. Espacio de trabajo – Sentinel Hub.	17
Figura 14. EO Browser. Espacio de trabajo – Sentinel Hub.....	17
Figura 15. Copernicus Open Access Hub. Espacio de Trabajo – Open Access Hub.....	18
Figura 16 .Logo ArcMap. ArcGIS by Esri.	19
Figura 17 . Espacio de trabajo ArcMap. ArcGIS by Esri.	19
Figura 18. Flujo de trabajo para la identificación de masas de aguas y línea de agua. ..	20
Figura 19. Copernicus Open Access Hub. Descarga de imágenes – Open Access Hub...21	
Figura 20 . Fichero .ZIP obtenido de la descarga de imágenes Sentinel-1.....	21
Figura 21. Comparativa zona de estudio. SNAP.	21
Figura 22. Valores de los píxeles en escala lineal (izquierda) y no lineal (Derecha).	24
Figura 23. Flujo de trabajo pre-procesamiento.....	24
Figura24 . Mosaico del pre-procesamiento zona de Cullera.....	25



Figura 25. Continuación mosaico de pre-procesamiento de la zona de Cullera.....	26
Figura 26. Stack de las imágenes. Primer caso de estudio.....	26
Figura 27. Composición RGB de las zonas inundadas en la zona de Cullera.....	27
Figura 28. Selección de Zona del Delta del Ebro.	28
Figura 29. Mosaico del pre-procesamiento de la zona del delta del Ebro.	29
Figura 30. Continuación del mosaico de la zona del delta del Ebro.....	30
Figura 31. Stack de las imágenes. Segundo caso de estudio.....	30
Figura 32. Composición RGB del Delta del Ebro.....	31
Figura 33. Descarga de imágenes desde VERTEX – EOSDIS.	32
Figura 34. Laguna de Gallocanta 30/06/2020. Comparación banda polarización VH - VV.	33
Figura 35. Mosaico del pre-procesamiento de la imagen del 30/06/2020.....	34
Figura 36. Mosaico del pre-procesamiento de la imagen del 30/06/2019.....	35
Figura 37. Zoom de la laguna de Gallocanta, método de umbralización. Filtros morfológicos.	36
Figura 38. Máscara final mediante el método de umbrales. Imagen 30/06/2020.	37
Figura 39. Zoom de la laguna de Gallocanta, método de clasificación. Filtros morfológicos.....	38
Figura 40. Máscara final mediante el método de clasificación Random forest. Imagen 30/06/2020.....	38
Figura 41. Máscara final mediante el método de umbrales. Imagen 24/06/2019.	39
Figura 42. Máscara final mediante el método de clasificación Random forest. Imagen 24/06/2019.....	40
Figura 43 .Flujo de trabajo para el análisis de los productos obtenidos.....	41
Figura 44. Selección de las muestra de entrenamiento del primer caso de estudio.	42
Figura 45. Histograma de las muestras de entrenamiento del primer caso de estudio.	42
Figura 46. Resultado de la clasificación mediante el algoritmo de Random forest. Primer caso de estudio.	43
Figura 47. Comparación entre la imagen clasificada y la de referencia. Primer caso de estudio.	44



Figura 48. Puntos de evaluación y Muestra de la tabla de asignación. Primer caso de estudio.....	44
Figura 49. Comparación entre clasificaciones.....	46
Figura 50. Selección de las muestra de entrenamiento del segundo caso de estudio. ...	47
Figura 51 . Histogramas de las muestras de entrenamiento del segundo caso de estudio.....	47
Figura 52. Resultado de la clasificación mediante el algoritmo de Random forest. Segundo caso de estudio.....	47
Figura 53. Comparación entre la imagen clasificada y la imagen de referencia. Segundo caso de estudio.....	48
Figura 54. Puntos de evaluación y Muestra de la tabla de asignación. Primer caso de estudio.....	48
Figura 55. Máscara laguna de Gallocanta obtenida mediante imágenes Sentinel-2.....	50
Figura 56. Máscaras laguna de Gallocanta obtenida mediante imágenes Sentinel-1. ...	51
Figura 57. Comparación verdad terreno imagen 24/06/2019.	52
Figura 58. Comparación verdad terreno imagen 30/06/2020.	52
Figura 59. Ciclo Hidrológico de la laguna de Gallocanta.	53



Índice de Tablas

Tabla 1. Productos empleados en la elaboración del trabajo.....	14
Tabla 2. Característica de la imágenes empleadas en trabajo.....	14
Tabla 3. Listado de las imágenes S-1 empleadas en este caso de estudio.....	32
Tabla 4. Matriz de confusión primer caso de estudio.	45
Tabla 5. Matriz de confusión primer caso de estudio. Modificación de las muestras de entrenamiento.....	46
Tabla 6. Matriz de confusión segundo caso de estudio.	49
Tabla 7. Comparativa de las superficies totales de las máscaras frente a la verdad terreno.....	51
Tabla 8. Comparativa de las superficies erróneamente clasificadas.	53



Índice de Contenidos

Resumen	2
Índice de Figuras	3
Índice de Tablas	6
1. Introducción	8
2. Objetivos	8
3. Datos	9
3.1 Sentinel 1	9
3.2 Área de trabajo	11
3.3 Imágenes de trabajo	13
4. Software	15
4.1 SNAP	15
4.2 Sentinel Hub	15
4.3 Copernicus Open Access Hub	17
4.3 ARCGIS	19
5. Metodología	20
5.1 Primer y Segundo Caso (Descarga)	21
5.2 Primer Caso (Pre-procesamiento)	22
5.3 Primer Caso (Identificación zonas inundadas)	27
5.4 Segundo Caso (Pre-procesamiento)	28
5.5 Segundo Caso (Identificación zonas inundadas)	31
5.6 Tercer Caso (Descarga)	32
5.7 Tercer Caso (Pre-Procesamiento)	33
5.8 Tercer Caso (Extracción línea de agua)	36
6. Resultados	41
6.1 Primer caso	42
6.2 Segundo caso	47
6.3 Tercer caso	50
6.4 Análisis de resultados	54
7. Conclusiones	55
8. Bibliografía	56
9. Cartografía	57



10. Anejos **¡Error! Marcador no definido.**

1. Introducción

La detección de masas de agua supone un gran avance para la vida humana y la ecología medioambiental, ya que está relacionada directamente con modelos hidrológico y agrícolas, programas de control de la fauna, estudios de reservas naturales, entre otros. Por tanto, el estudio mediante imágenes radar conlleva una gran importancia a la hora de buscar la relación entre las variables que representen las masas de agua. Se tiene la concepción de que la detección de agua mediante imágenes satelitales es sencilla, debido a que generalmente aparecen representadas en colores oscuros (retorno de señal nulo). Sin embargo, la señal radar puede detectar la textura, y como sabemos la superficie del agua no siempre está calmada, y existen superficies similares que puede confundirse con masas de agua (Nguyen,2015)

Utilizaremos las imágenes del Sentinel-1 dado que no se ven afectadas por la cobertura nubosa, la condición climática o la hora del día. Estas imágenes serán las más adecuadas en las aplicaciones de detección de masa de agua, como el mapeado de zonas inundadas, que normalmente sucede en momentos de fuertes temporales.

La descarga de las imágenes de los Sentinel está disponibles gratuitamente a través del Copernicus Open Access Hub. Seguidamente emplearemos el Software libre SNAP para la visualización y procesamiento de los datos.

2. Objetivos

El trabajo de fin de grado tiene como objetivo el estudio de la identificación de masas de agua mediante imágenes radar obtenidas por la misión Sentinel-1 y disponibles para su descarga gratuitamente. Concretamente se realizará el estudio de tres casos concretos, los dos primeros enfocados al estudio de las inundaciones provocados por el temporal Gloria, que afectó la costa mediterránea de España, haciendo foco en dos zonas, la zona de Cullera y el delta del Ebro. El tercer caso un estudio temporal de la evolución de las fluctuaciones de agua en la laguna de Gallocanta, que se encuentra entre las provincias de Zaragoza y Teruel.

Obtendremos máscaras de las zonas de agua correspondientes a los tres casos y realizaremos un estudio de las mismas para valorar la eficacia de la identificación de masas de agua mediante imágenes radar y ver que beneficios ofrece esta metodología.



3. Datos

3.1 Sentinel 1

La ESA, European Space Agency, se estableció en 1945 con el propósito de explorar el espacio con la colaboración de los estados miembros. Durante los años que lleva activa la ESA se han realizado una serie de misiones llamadas Sentinel que forman parte del programa llamado Copernicus.

Las misiones Sentinel ejercen diferentes funciones y proporcionan distintos tipos de datos, pero con el único propósito es construir una completa y fiable red de información para los servicios de Copernicus.

Cada una de las misiones están compuestas por al menos una dupla de satélites y así conseguir una la cobertura total y una frecuencia de observación adecuadas. Actualmente existen 6 misiones Sentinel, la más reciente Sentinel fue lanzada el 10 de noviembre de 2020.

Sentinel 1 y 2 presentan una órbita polar, el primero proporciona imágenes radar en tierra y océano durante las 24 horas del día y sin impedimento de la meteorología, el segundo proporciona imágenes multispectrales de alta resolución, y obtención de productos sobre vegetación, coberturas suelo/agua y zonas costeras, por ejemplo. La misión Sentinel 3 tiene como objetivo medir diferentes características del océano, como la topografía de su superficie y su temperatura superficial (también del terreno). El propósito principal del Sentinel 4 y 5 es la motorización atmosférica, el primero en una órbita geoestacionaria y el segundo en una órbita polar. Finalmente, el Sentinel 6 está equipado con un radar altimétrico para la medición de la altura global de la superficie del mar para el estudio oceanográfico y climático (European Space Agency, 2000-2020).

Emplearemos, en su mayor medida, imágenes radar proporcionados por la misión Sentinel 1 (Figura 1). Debido a su alta de frecuencia de pasadas, cobertura, fiabilidad y continuidad, es ideal para lo que nos proponemos (Figura 3).

Es necesario saber qué tipo de productos nos proporciona, que modos de adquisición de imágenes (Figura 2) y esquemas de polarización emplea (Figura 4), y las resoluciones espaciales, temporales y radiométricas de las imágenes. El apéndice 1 nos presenta un resumen de las especificaciones técnicas del Sentinel 1, a partir de esta información poder hacernos una idea del tipo de imágenes debemos emplear para obtener un resultado adecuado.(Sentinel Online-ESA, 2000-2020)



Figura 1. Sentinel-1. European Space Agency-ESA

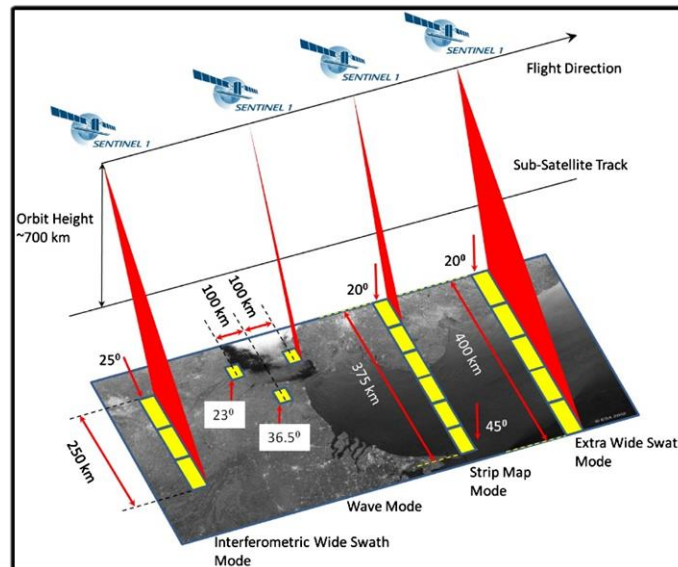


Figura 2. Sentinel-1 Modes. European Space Agency -ESA

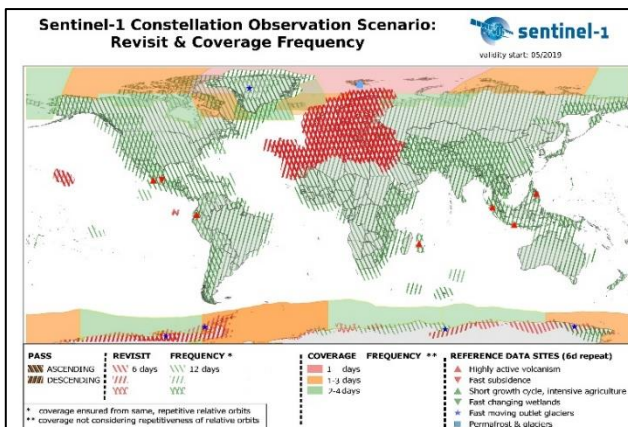


Figura 3 Sentinel-1 Revisit Coverage Frequency.
European Space Agency -ESA

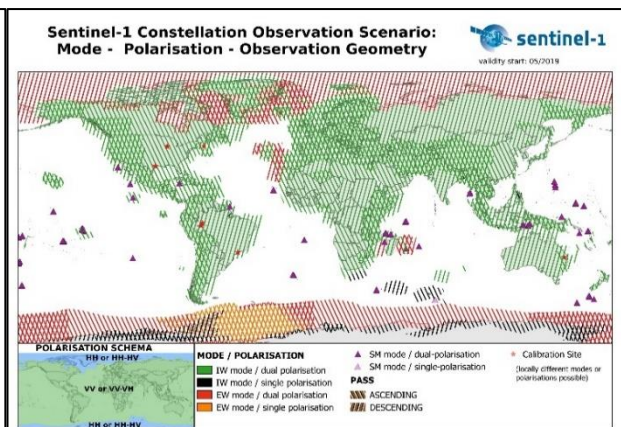


Figura 4. Sentinel-1 Polarization.
European Space Agency -ESA

3.2 Área de trabajo

Golfo de Valencia

El Golfo de Valencia conforma una parte del litoral natural español, está delimitada en el norte por el cabo de Tortosa en el delta del Ebro y en el sur por el cabo de la Nao (Figura 5). Abarca aproximadamente 400 km de línea costera constituida por 46 playas.

Un dato importante que influirá en estudio y análisis de la línea de costa es el comportamiento de las mareas. Las mareas astronómicas oscilan entre 20 y 30 centímetros y junto a las mareas meteorológicas pueden alcanzar 75 centímetros (Ministerio de Medio Ambiente, 2007), por lo tanto, nos encontramos con un comportamiento micromareal propio de costas mediterráneas.



Figura 5. Localización de la zona de estudio. Golfo de Valencia – Sentinel-hub/eo-browser

Laguna Gallocanta

La laguna de Gallocanta es un humedal endorreico y salino, se encuentra en la cuenca de Gallocanta que a su vez se localiza en el sector central de la Cordillera Ibérica, entre las provincias de Zaragoza y Teruel (Figura 6).

La cuenca tiene un clima semiárido semicontinental con precipitaciones medias anuales de 480 mm y oscilaciones pluviométricas, entre 650 mm y 320 mm durante el año. En cuanto a la variación de temperatura anual, consiste en inviernos fríos 5º C de media y mínimas absolutas de -20º C, y veranos calurosos con medias de 21º C y máximas de hasta 40º C (Herrero, Castañeda, Losada & Díaz, 2005).

Debido a las fluctuaciones pluviométricas el volumen de agua de la laguna experimenta grandes oscilaciones a lo largo del año, aumentando su volumen en invierno y disminuyendo en verano, pero se mantiene gracias al aporte hidrológico subterráneo (Casterad Seral, 2009).



Figura 6. Localización de la zona de estudio. Laguna de Gallocanta - Sentinel-hub/eo-browser

3.3 Imágenes de trabajo

Se va a trabajar con imágenes en diferentes fechas y así observar y analizar los cambios producidos por el paso de tiempo o por fenómenos ocurridos en algún momento de este año.

El primer par de imágenes serán del Golfo de Valencia en las fechas 09-01-2020/21-01-2020, estas fechas corresponden al antes y después del temporal Gloria que fue el temporal más fuerte que ha sufrido España desde 1982 y duró desde el 19 de enero de 2020 hasta el 21 de enero, provocando inundaciones y corrimientos de tierra en la costa del levante español (Metereología,2020).

A partir de estas imágenes podremos analizar qué zonas han sido afectadas por inundaciones y como han se han recuperado estas áreas. Los casos de estudio corresponden, el primero a la zona de Cullera y el segundo al Delta de Ebro.

También se obtendrán un conjunto de imágenes de la laguna de Gallocanta en fechas distintas con el objetivo de analizar, como se ha comentado anteriormente, las fluctuaciones de volumen de agua que sufre a lo largo del año.

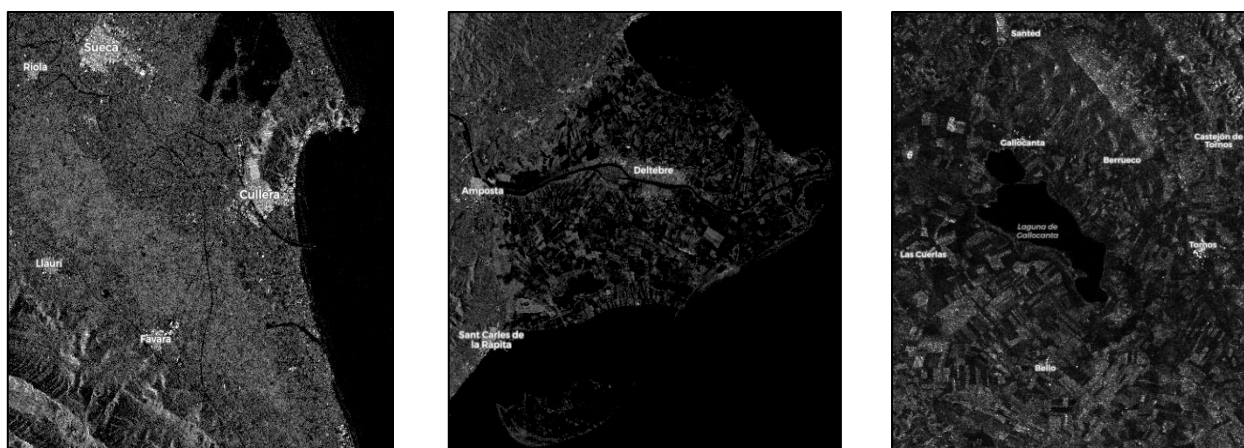


Figura 7. Mosaico de las zonas de estudio obtenidas mediante EO Browser. Primer caso zona Cullera(Izquierda).Segundo caso zona Delta del Ebro (Centro). Tercer caso Zona Laguna Gallocanta(Derecha).



Tabla 1. Productos empleados en la elaboración del trabajo

Caso	Identificador del Producto	Fecha
1	S1B_IW_GRDH_1SDV_20200109T060114_20200109T060139_019736_025508_BD86	24/06/2019
	S1B_IW_GRDH_1SDV_20200121T060114_20200121T060139_019911_025A9D_5E19	30/06/2020
2	S1B_IW_GRDH_1SDV_20200109T060049_20200109T060114_019736_025508_1798	09/01/2020
	S1B_IW_GRDH_1SDV_20200121T060049_20200121T060114_019911_025A9D_ACFA	21/01/2020
3	S1B_IW_GRDH_1SDV_20190624T060904_20190624T060929_016834_01FAD6_2D55	09/01/2020
	S1B_IW_GRDH_1SDV_20200630T060911_20200630T060936_022259_02A3EF_F1FC	21/01/2020

Tabla 2. Característica de la imágenes empleadas en trabajo

Tipo de Producto	Nivel 1 - GRD
Misión	Sentinel-1B
Adquisición	IW
Pasada	Descendente
Polarización	VH VV

4. Software

4.1 SNAP

La ESA desarrolla toolboxes de código abierto gratuito. STEP (Science Toolbox Exploration Platform) es una plataforma de acceso al software.

Las misiones Sentinel tiene una toolbox propia, que consiste en un conjunto de herramientas de procesamiento para la lectura, visualización y análisis de los datos. SNAP (Sentinel Application Platform) es una arquitectura en común para todas las Toolboxes desarrollada por Brockmann Consult, SkyWatch and C-S.

SNAP nos proporcionará todo lo necesario para el procesamiento y el análisis de imágenes Sentinel. Algunas de sus principales características son, rápida velocidad de carga de imagen, avanzado manejo de capas de distintas bandas, operaciones entre bandas, precisión de reproyección y orto-rectificación, entre otras.

La versión de SNAP que se empleará para el tratamiento de las imágenes es la 8.0. Como se ha comentado anteriormente, emplearemos las cajas de herramientas del Sentinel-1 y Sentinel-2. (STEP-European Space Agency, 2000-2020)



Figura 8. Icono SNAP.
European Space Agency-ESA

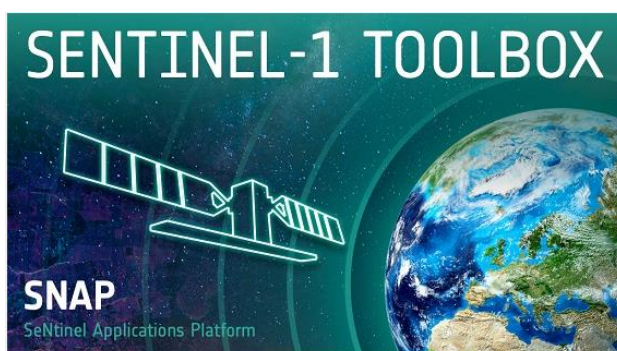


Figura 9. Sentinel-1 Toolbox.
European Space Agency-ESA

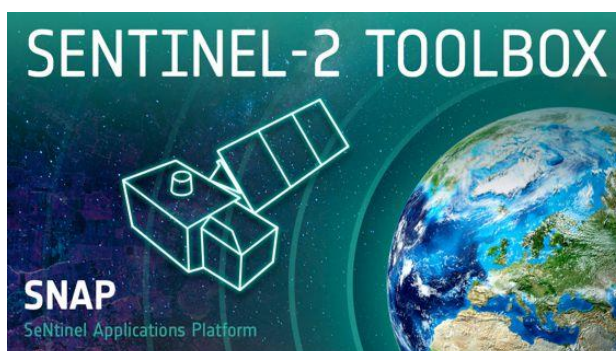


Figura 10. Sentinel-2 Toolbox.
European Space Agency-ESA



4.2 Sentinel Hub

Sentinel Hub es un motor de procesamiento de datos satelitales. Permite el acceso a la visualización y análisis de imágenes de observación terrestre, en especial de Sentinel.

Sentinel Hub nos ofrece dos modos de para la exploración de estas imágenes, Sentinel Playground (Figura 13) y EO Browser (Figura 14). El primero, nos ofrece un simple visor web de imágenes actualizadas diariamente del Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat 8 y otros. EO Browser posibilita navegar y comparar imágenes de máxima resolución de todas las fuentes de datos disponibles.

Emplearemos EO Browser para la visualización y descarga de las imágenes. También te permite personalizar la visualización de las imágenes, ya sea mediante la combinación de las diferentes bandas o mediante la utilización de scripts. Otra útil opción implementada este año es, fijar y comparar, que permite seleccionar imágenes tomadas en diferentes momentos y mostrarlas a la vez y de esta manera compáralas (Sentinel Hub, n.d.).

Sentinel Hub actualmente solo proporciona productos Sentinel-1 Level-1 GRD que ofrece la ESA. Se puede seleccionar el modo de adquisición entre IW y EW para las polarizaciones VV+VH o VV y HH+HV o HH respectivamente, y la dirección de la órbita ascendente o descendente. En cuanto a los productos de Sentinel-2 se nos proporciona LC1, falta de corrección atmosférica, y L2A donde los efectos de la atmósfera han sido corregidos, además se podrá seleccionar el porcentaje de cobertura de nubes.



Figura 11. Logo Sentinel Hub – Sentinel Hub



Figura 12. Logo EO Browser – Sentinel Hub

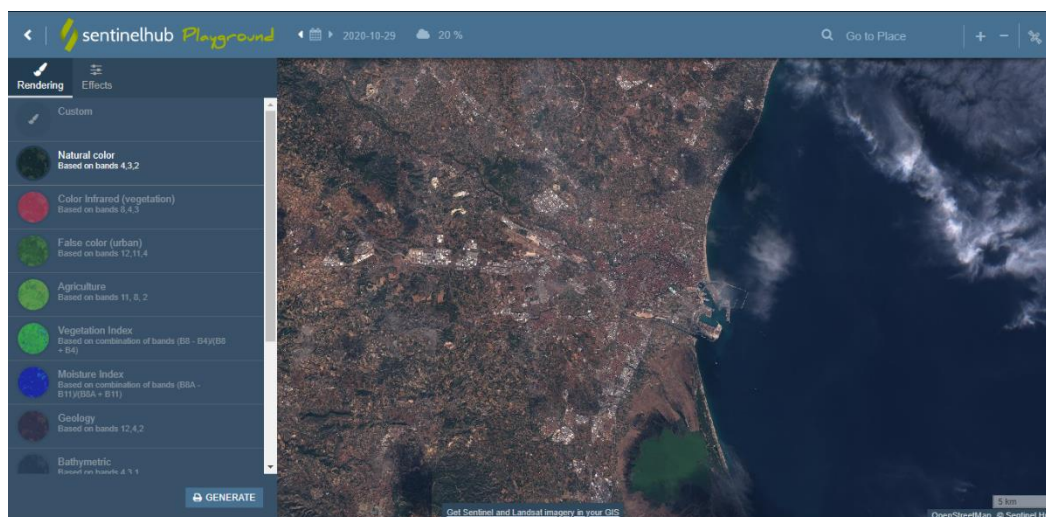


Figura 13. Sentinel Playground. Espacio de trabajo – Sentinel Hub

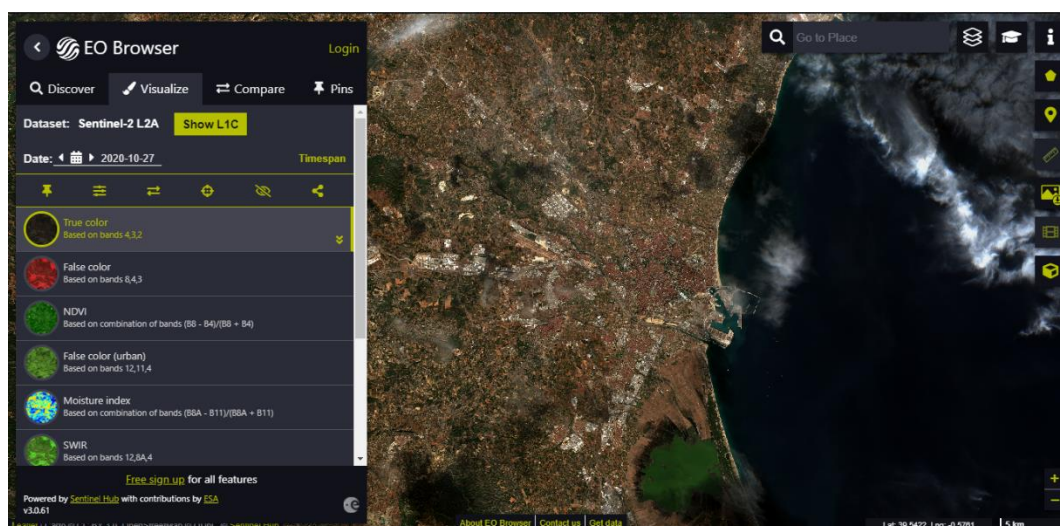


Figura 14. EO Browser. Espacio de trabajo – Sentinel Hub



4.3 ARCGIS

ARCGIS es un sistema de información geográfico desarrollado por Esri. ArcMap es una de las principales aplicaciones que ofrece la versión de escritorio de ARCGIS y es la que vamos a utilizar, concretamente la versión 10.8. Las funciones de ArcMap serán principalmente la visualización y edición de imágenes ráster, y la posterior creación de mapas, con el fin de presentar un resultado adecuado a nuestro ámbito ("ArcGIS Desktop | Documentation", 2020).

También emplearemos herramientas de análisis espacial disponibles por medio de una de sus extensiones, que nos permitirá realizar el análisis de nuestros resultados.



Figura 16 .Logo ArcMap. ArcGIS by Esri

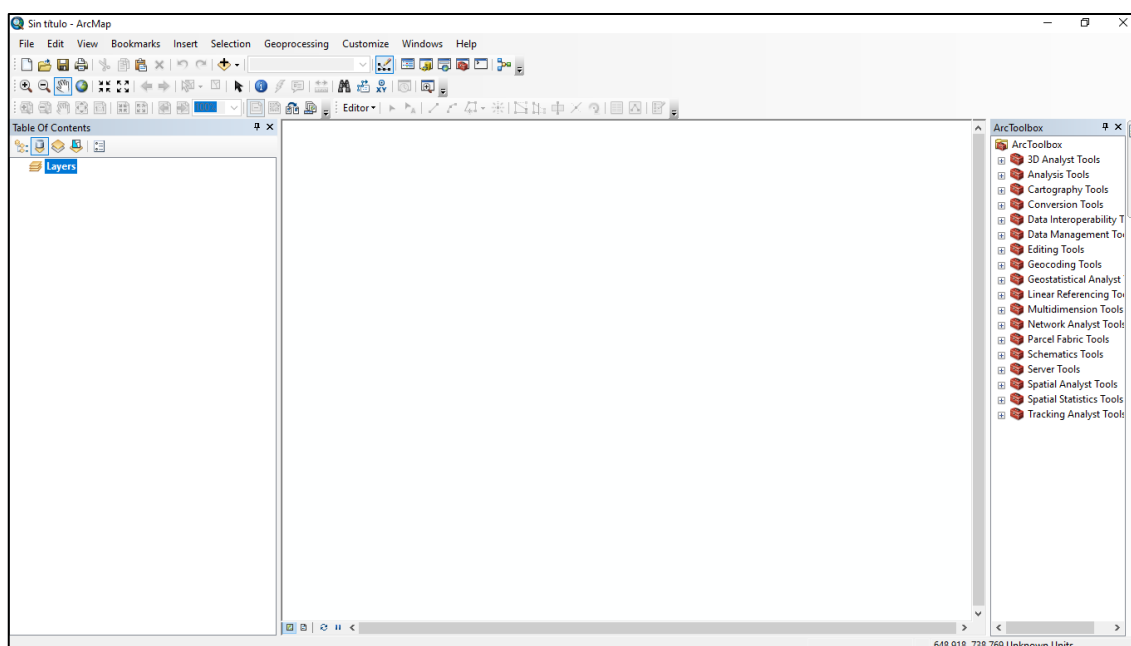


Figura 17 . Espacio de trabajo ArcMap. ArcGIS by Esri

5. Metodología

Para poder identificar las masas de agua a partir de las imágenes radar del Sentinel-1, se seguirá el siguiente flujo de trabajo (Figura 18), donde se explicarán los pasos a seguir para la descarga de imágenes, el preprocesamiento y finalmente la extracción final de las masas de agua.

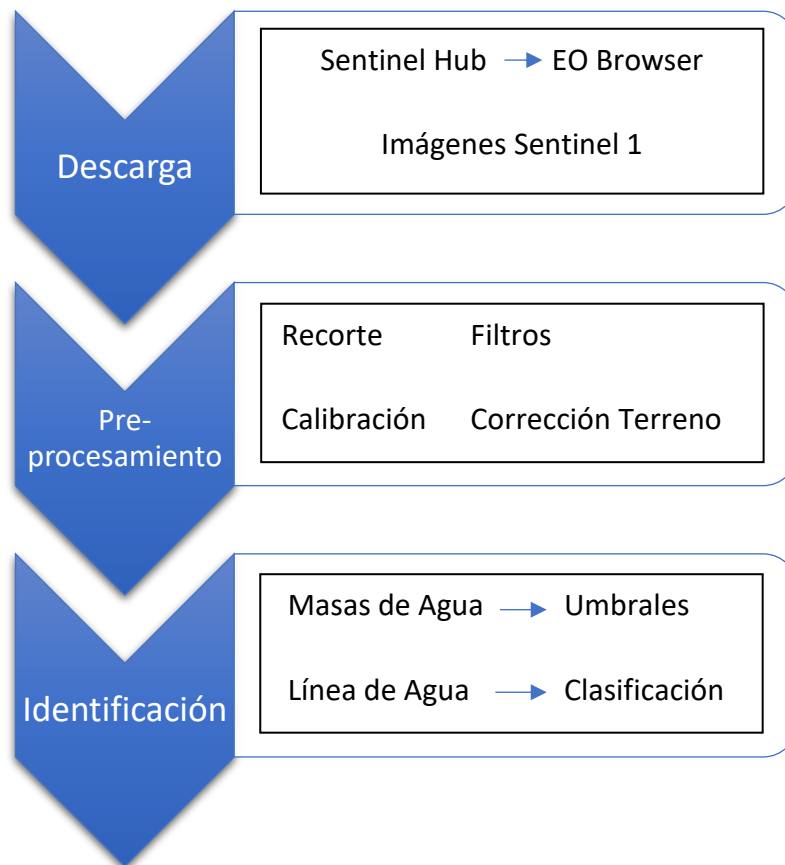


Figura 18. Flujo de trabajo para la identificación de masas de aguas y línea de agua

5.1 Primer y Segundo Caso (Descarga)

Como hemos nombrado anteriormente las imágenes del Sentinel-1 que vamos a emplear en este proyecto proceden del Copernicus Open Access Hub. La descarga de los datos es gratuita, pero requiere de una cuenta de acceso, que habrá que crear con anterioridad.

El estudio de los dos primeros casos que nos hemos propuesto se van realizar en las mismas fechas y en la misma zona de trabajo, el Golfo de Valencia, esto nos facilitará una mayor comodidad a la hora de descargar las imágenes.

En el visor que se nos presenta, seleccionamos el área de la cual queremos obtener las imágenes y especificamos en el panel de búsqueda la fecha de la imagen antes del temporal (9/01/2020) y durante el temporal (21/01/2020), la misión Sentinel-1, el tipo de producto (GRD) y el modo de adquisición de las imágenes (IW) (Figura 19).

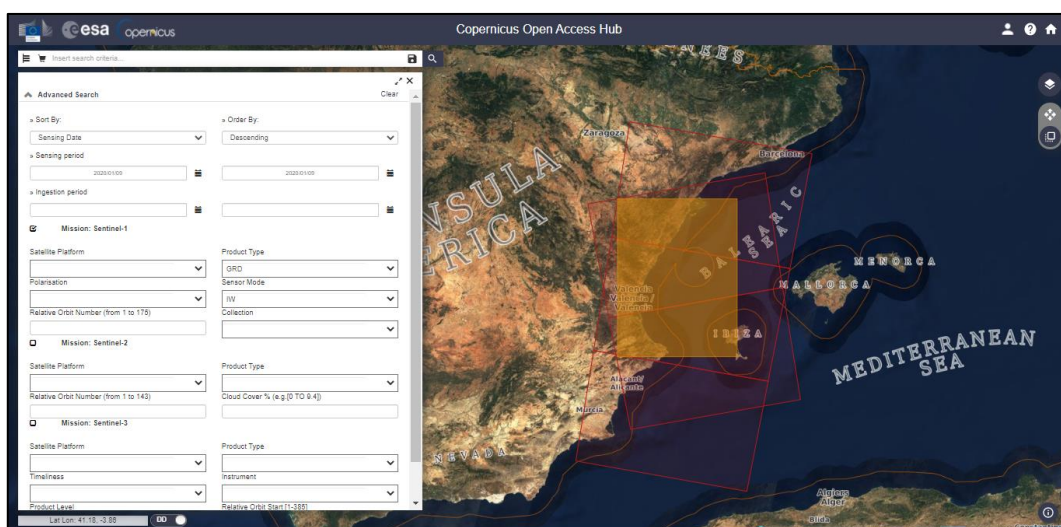


Figura 19. Copernicus Open Access Hub. Descarga de imágenes – Open Access Hub

Como se puede observar en la Figura 19 aparecen dos alineaciones de imágenes, tomadas por las constelaciones S-1A y S-1B. Finalmente seleccionaremos el conjunto de imágenes que representen en su totalidad nuestra zona de trabajo.

El nombre del fichero descargado (Figura 20) corresponde a su identificador, que describe todos los parámetros que hemos elegido.

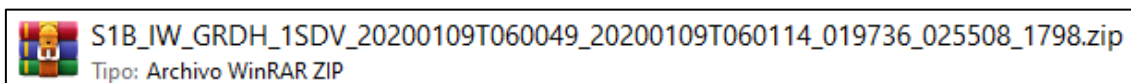


Figura 20. Fichero .ZIP obtenido de la descarga de imágenes Sentinel

5.2 Primer Caso (Pre-procesamiento)

Una vez descargadas las imágenes, hemos de realizar una serie de pasos necesarios de pre-procesamiento para el uso adecuado de los datos Sentinel-1. Este proceso deberá realizarse para cada una de las imágenes que vamos a utilizar. Para ello vamos a crear un Graph (Figura 23) que aplicaremos a todas las imágenes que empleemos durante el proyecto.

Como hemos comentado anteriormente, el pre-procesamiento debe realizarse por igual a todas las imágenes que vamos a emplear, en este primer caso de estudio vamos a trabajar en las zonas afectadas por las inundaciones producidas por el temporal Gloria, en la zona de Cullera, donde observamos claramente las zonas inundadas (Figura 21).

Seleccionaremos las coordenadas que delimitan nuestra área de trabajo y ejecutaremos el recorte, de esta manera reduciremos la carga de procesamiento considerablemente.

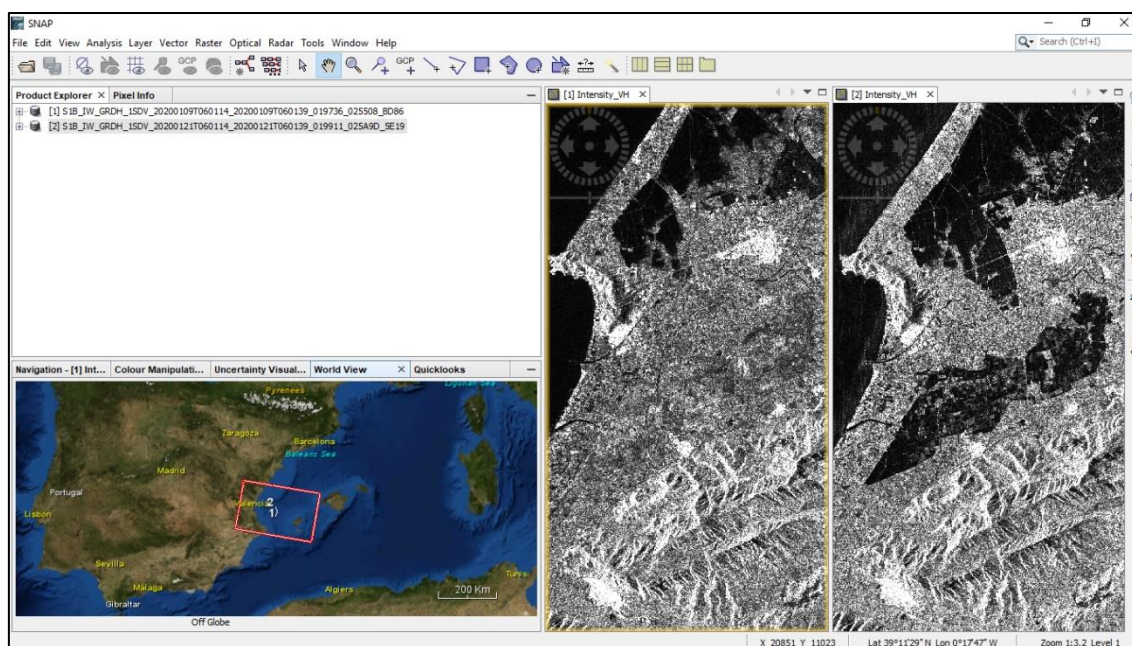


Figura 21. Comparativa zona de estudio. SNAP

Como se puede observar en la Figura 21, las imágenes están invertidas, eso se debe a que las imágenes han sido tomadas por S-1B de órbita descendente. Esto se corregirá más adelante mediante la corrección del terreno (TC).



A continuación, aplicaremos la siguiente lista de pre-procesos a ambas imágenes.

Archivo de Órbita

Los datos de las órbitas de los productos SAR generalmente no son muy precisas, por tanto, aplicando los archivos de órbita precisos mejoramos la precisión de posición y velocidad del satélite.

Reducción de Ruido Térmico

La corrección del ruido se aplica a los productos Sentinel-1 SLC y GRD. Suele afectar principalmente en zonas de agua, por tanto, es necesario tratar las características radiométricas de nuestras imágenes.

Reducción del Ruido Límites S-1 GRD

La compensación de la curvatura de la Tierra durante el procesado de la RAW data puede producir píxeles con valores muy bajos. Este operador crea una máscara mediante umbrales para su eliminación.

Filtro de Moteado

Las imágenes SAR presentan un ruido característico en forma de moteado, que dificultan la interpretación y análisis de las imágenes. La reducción de este ruido se consigue mediante la aplicación de filtros espaciales, como por ejemplo Median, Lee, Frost, etc.

Calibración

La calibración nos permite relacionar directamente los valores de los píxeles con la reflexión de las ondas de radar en la superficie. Es necesario aplicar esta corrección radiométrica para comparar las imágenes de distintos sensores o del mismo, pero en diferentes momentos temporales.

Corrección del terreno

Debido a la topografía del terreno y la inclinación del sensor del satélite se producen distorsiones. Mediante este operador compensaremos las distorsiones para obtener una representación lo más próxima posible a la realidad.

Seleccionaremos el modelo digital de elevaciones y la proyección correspondiente a nuestra zona.

Si observamos el histograma (Figura 22), la mayoría de píxeles en él, tienen valores de reflexión muy bajos, por tanto, tenemos que modificar la escala lineal a una escala logarítmica (dB) en incluirla en la imagen (Figura 25).

A continuación, observamos dos grupos de píxeles diferenciados, corresponden a píxeles de agua (valores bajos) y a píxeles de terreno (valores altos), y ajustamos la visualización mediante la realización de un ajuste en el contraste de los valores de píxeles.

Finalmente combinaremos las imágenes de las dos fechas para su posterior análisis. Para ello emplearemos el operador create stack, que nos permite superponer dos productos (Figura 26).

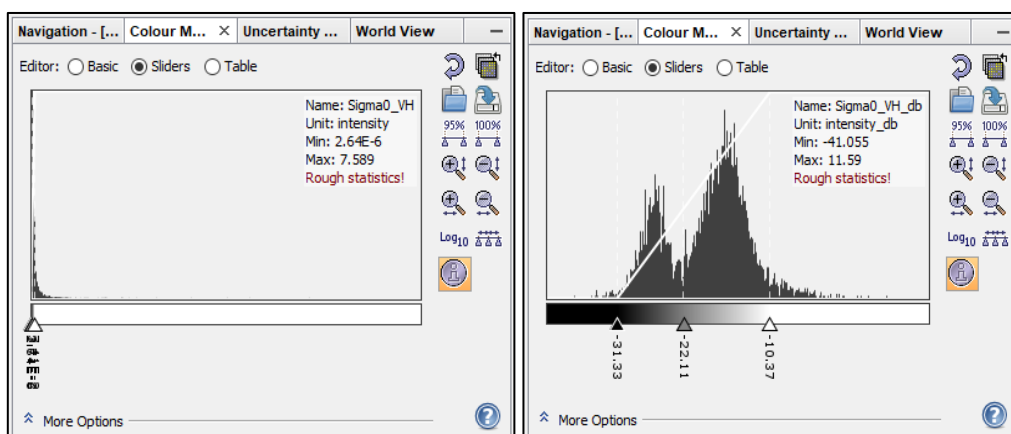


Figura 22. Valores de los píxeles en escala lineal (izquierda) y no lineal (Derecha)

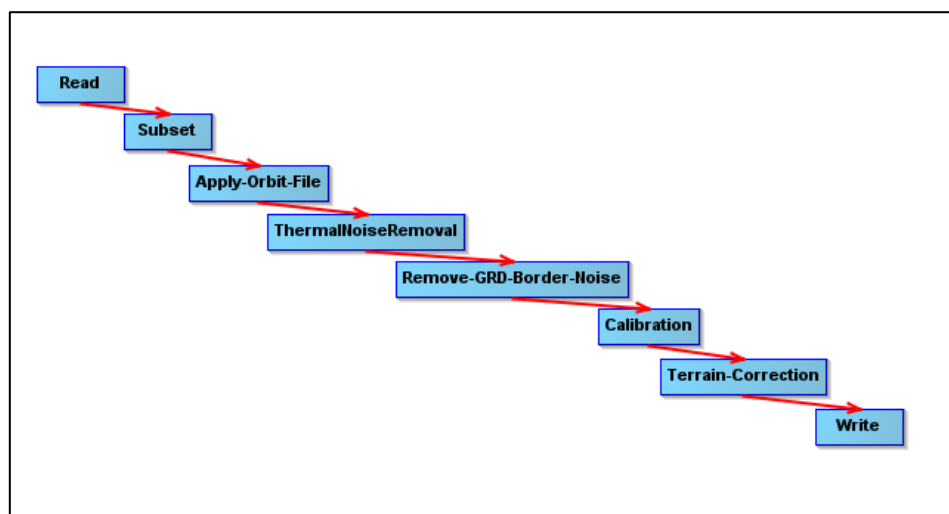


Figura 23. Flujo de trabajo pre-procesamiento

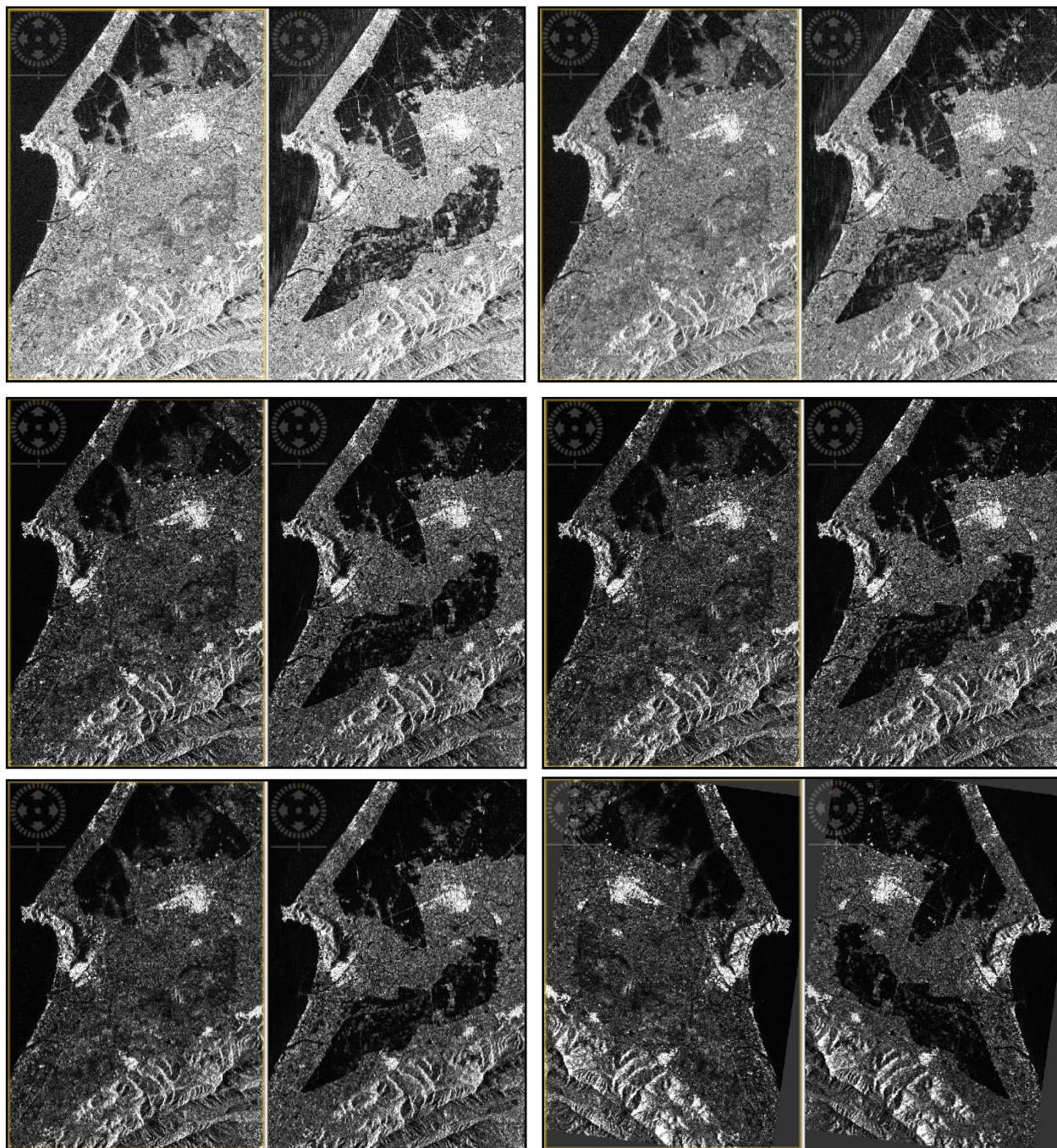


Figura 24. Mosaico del pre-procesamiento zona de Cullera. Imagen original recortada (Arriba izquierda). Aplicamos el archivo de órbita (Arriba derecha). Aplicación del filtro de ruido de la señal (Centro izquierda). Aplicamos filtro de ruido borde (Centro derecha). Aplicación de la calibración (Abajo izquierda). Aplicación de la corrección del terreno y speckle filter (Abajo derecha).

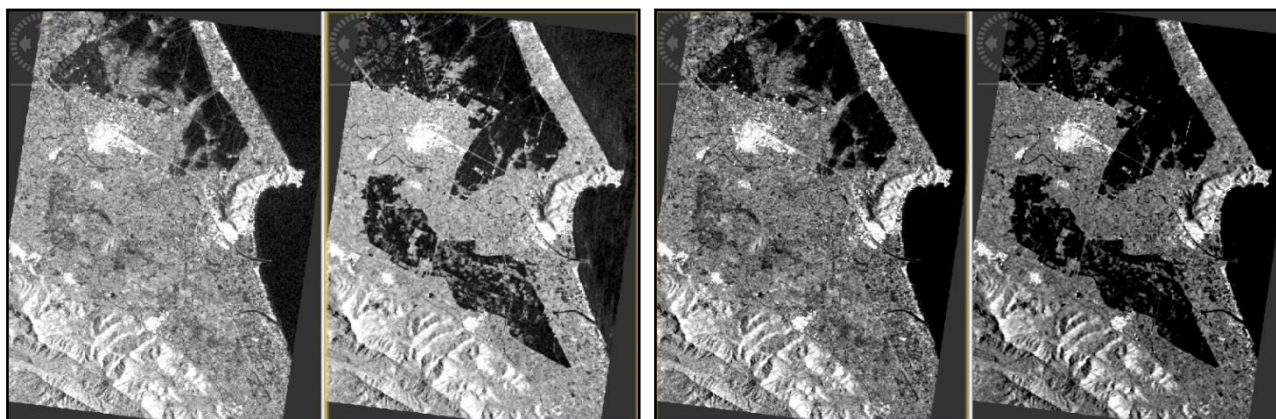


Figura 25. Continuación mosaico de pre-procesamiento de la zona de Cullera. Conversión escala no lineal (dB) (Izquierda). Ajuste de contraste del histograma (Derecha)

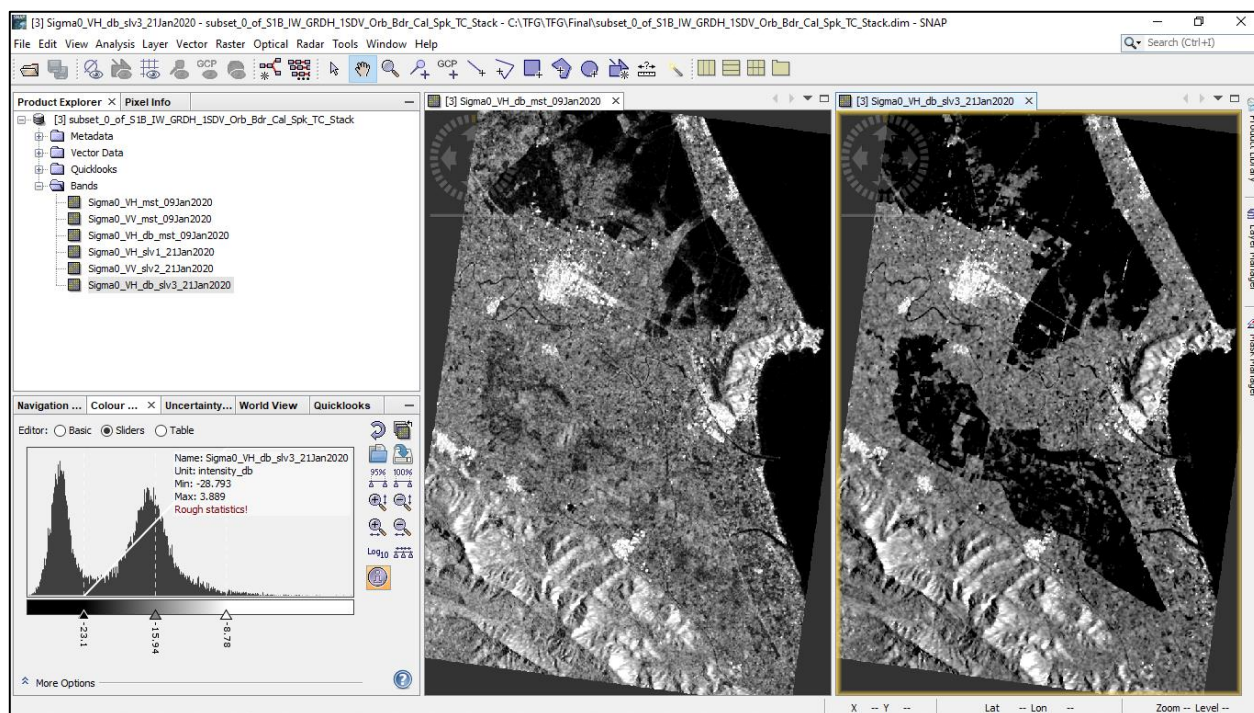


Figura 26. Stack de las imágenes. Primer caso de estudio

5.3 Primer Caso (Identificación zonas inundadas)

Disponemos de las imágenes superpuestas en un único producto, esto nos permite crear una composición RGB con el propósito de destacar las zonas inundadas frente a zonas de agua permanente (Figura 27).

En la banda del Rojo seleccionaremos la imagen antes del temporal y en la banda del verde y azul, la imagen durante el temporal. En esta composición las áreas inundadas aparecerán en rojo, ya que, en la primera imagen, las zonas que van a inundarse tendrán valores altos (terreno) en la banda del rojo y en la segunda imagen, las zonas inundadas tendrán valores bajos (agua) en las bandas del verde y azul. En gris aparecerán las zonas no inundadas debido a que en ambas imágenes los valores de reflexión serán los mismos en los tres canales. Las masas de agua permanente presentarán tonos muy oscuros ya que los valores de reflexión son muy bajos para ambas imágenes. Las diferentes tonalidades cian que presenta la imagen final no están relacionadas con las inundaciones.

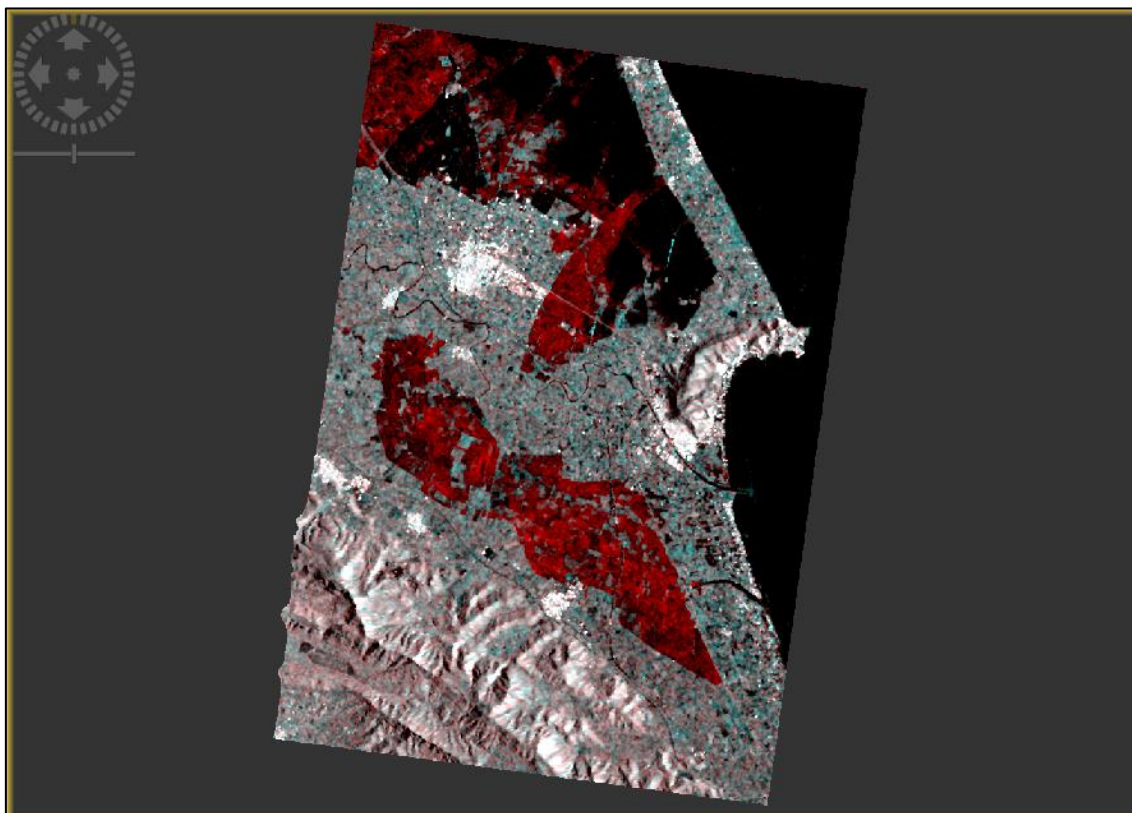


Figura 27. Composición RGB de las zonas inundadas en la zona de Cullera

5.4 Segundo Caso (Pre-procesamiento)

La zona del Delta del Ebro fue afectada notablemente por el temporal Gloria, por lo tanto, servirá como segundo caso de estudio en la comprobación de áreas inundadas. Las fechas de toma de las imágenes son las mismas que el primer caso el 9 de enero y 21 de enero de 2020 (Figura 28).

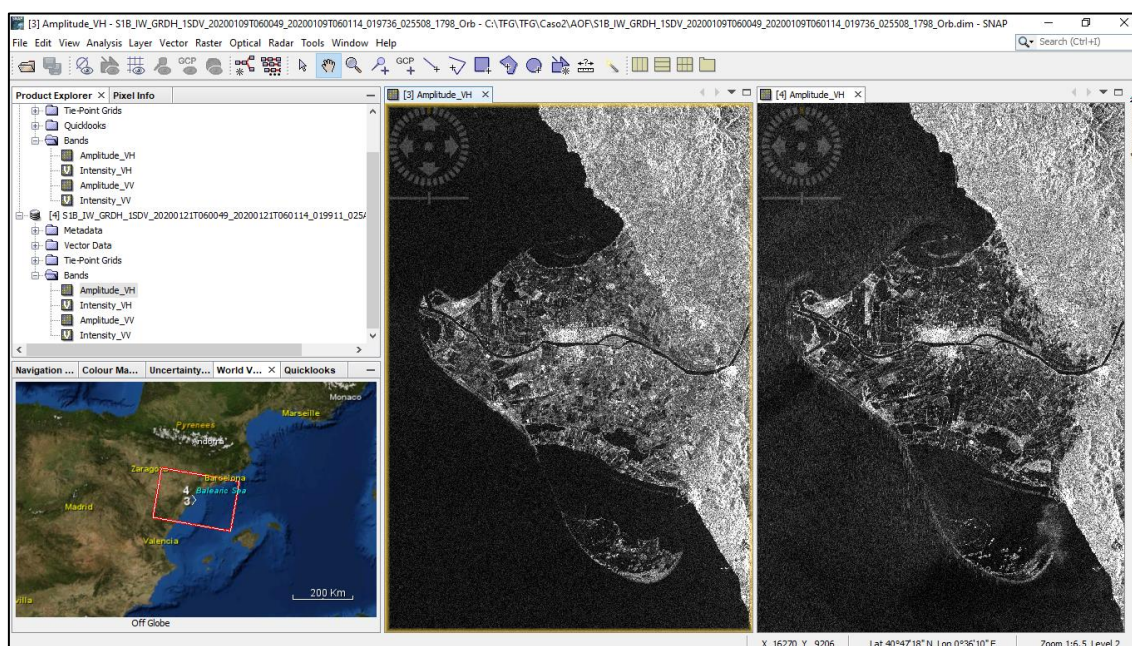


Figura 28. Selección de Zona del Delta del Ebro

A continuación, aplicaremos los mismos pasos de pre-procesamiento empleados en nuestro primer caso de estudio, ya que nuestro objetivo en ambos casos es el mismo, la detección de zonas inundadas. Las únicas diferencias que se podemos apreciar en la ejecución de estos procesos es la distribución de los contrastes, debido principalmente a la diferencia de valores de reflexión de los píxeles en las imágenes.

El proceso de reducción de ruido de los límites *S-1 GRD* genera un producto no deseado por lo tanto no se utilizará en el flujo de pre-procesamiento.

En la Figura 28 también podemos observar la imagen invertida, si miramos los metadatos, podemos apreciar que estas imágenes pertenecen a la misma pasada de la constelación *S-1B*, y, por tanto, también presenta una órbita descendente.

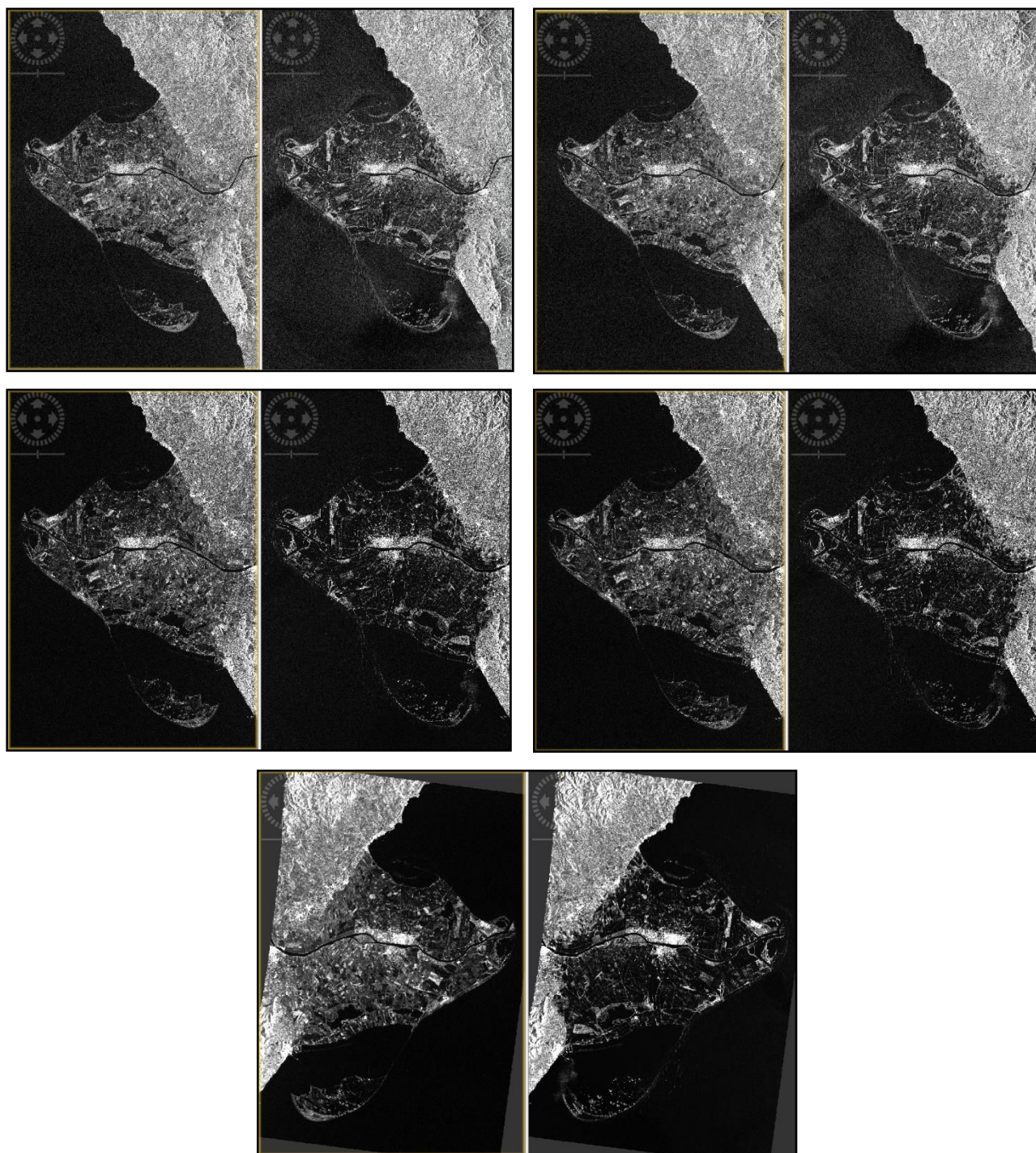


Figura 29. Mosaico del pre-procesamiento de la zona del delta del Ebro. Imagen original recortada (Arriba izquierda). Aplicamos el archivo de órbita (Arriba derecha). Aplicación del filtro de ruido de la señal (Centro izquierda). Aplicación de la calibración (Centro derecha) Aplicación de la corrección del terreno y speckle filter (Abajo).

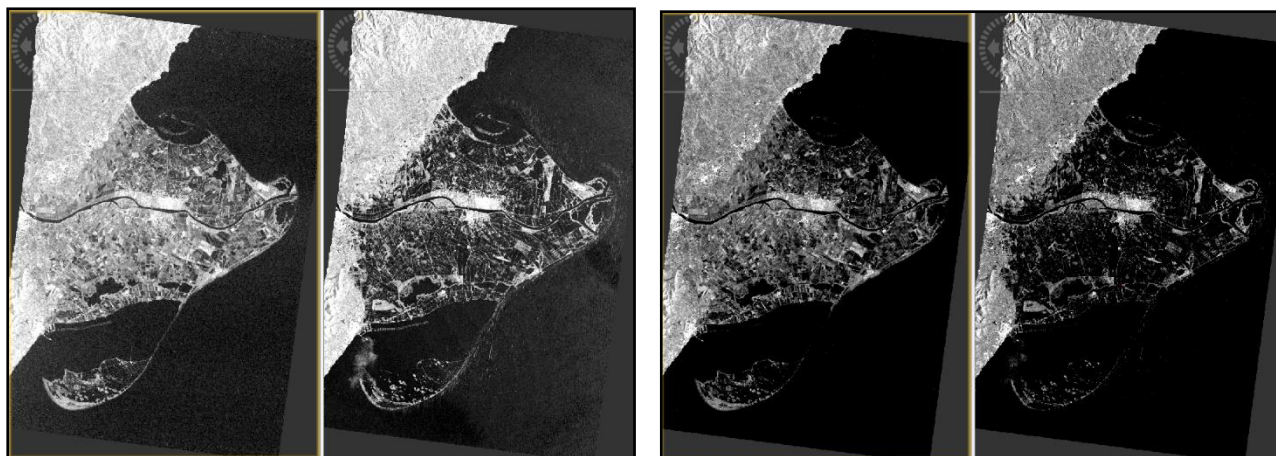


Figura 30. Continuación del mosaico de la zona del delta del Ebro. Conversión escala no lineal (dB) (Izquierda). Ajuste de contraste del histograma (Derecha)

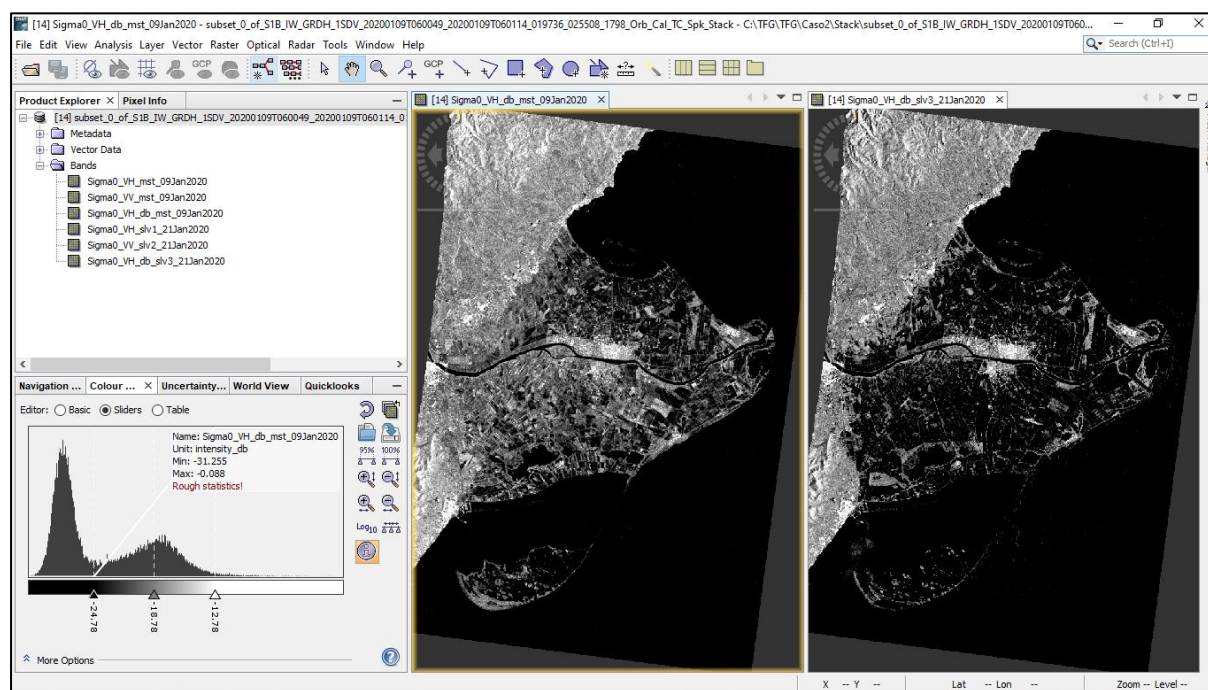


Figura 31. Stack de las imágenes. Segundo caso de estudio

5.5 Segundo Caso (Identificación zonas inundadas)

De la misma manera que en el primer caso de estudio, a partir del stack de imágenes crearemos la composición RGB de las zonas inundadas en el Delta del Ebro. Utilizaremos la misma combinación de bandas, en el Rojo la imagen correspondiente a la fecha 9/01/2020 y en las bandas del verde y azul la imagen del 21/01/2020

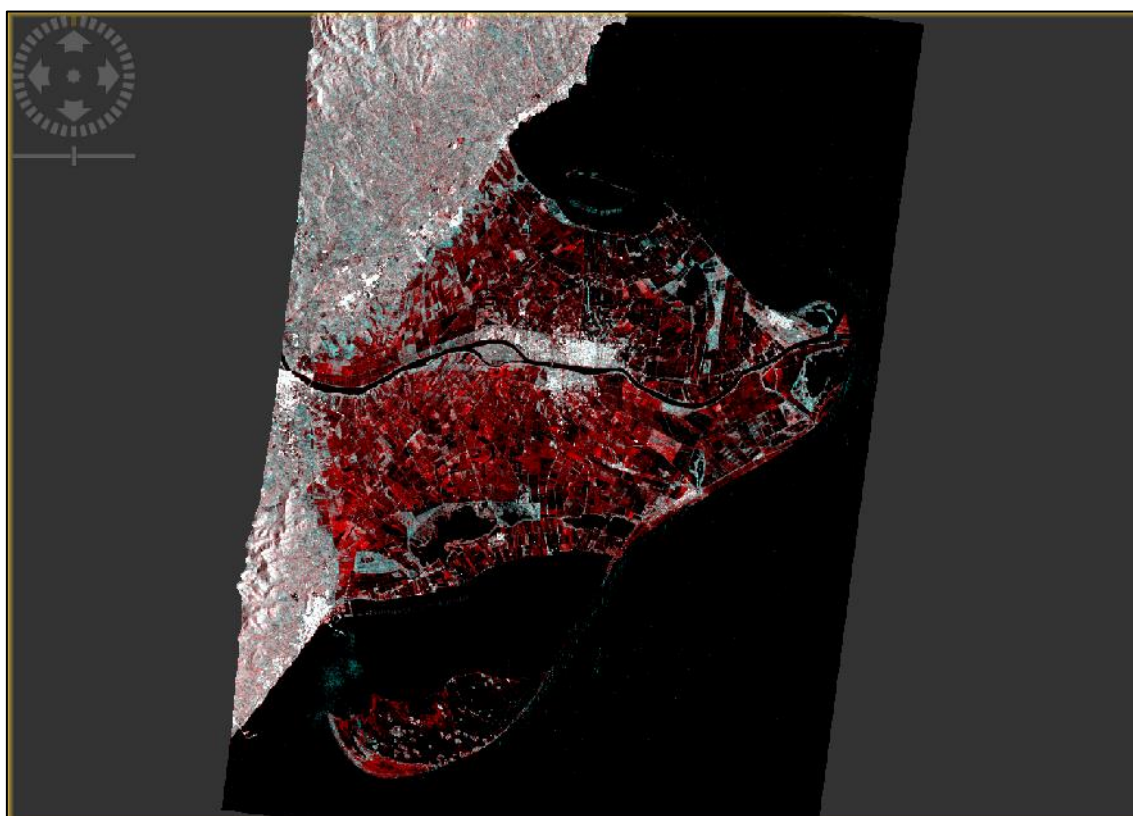


Figura 32. Composición RGB del Delta del Ebro

5.6 Tercer Caso (Descarga)

Como sabemos, el tercer caso de estudio consiste en el estudio del ciclo hidrológico de la laguna de Gallocanta. Para ello, contrastaremos la variación de superficie de agua el 30 de junio de este año y la superficie un año antes.

Debido a que la imagen es de hace más de un año, el Open Access Hub no permite la descarga de imágenes de manera inmediata, es decir, a descarga de las imágenes se encuentra offline. Por tanto, para la descarga inmediata de las imágenes S-1 utilizaremos EOSDIS, el portal de acceso de información de la NASA (Figura 33) ("ASF Data Search", 2020).

Tabla 3. Listado de las imágenes S-1 empleadas en este caso de estudio

Identificador del Producto	Fecha
S1B_IW_GRDH_1SDV_20190624T060904_20190624T060929_016834_01FAD6_2D53	24/06/2019
S1B_IW_GRDH_1SDV_20200630T060911_20200630T060936_022259_02A3EF_F1FC	30/06/2020

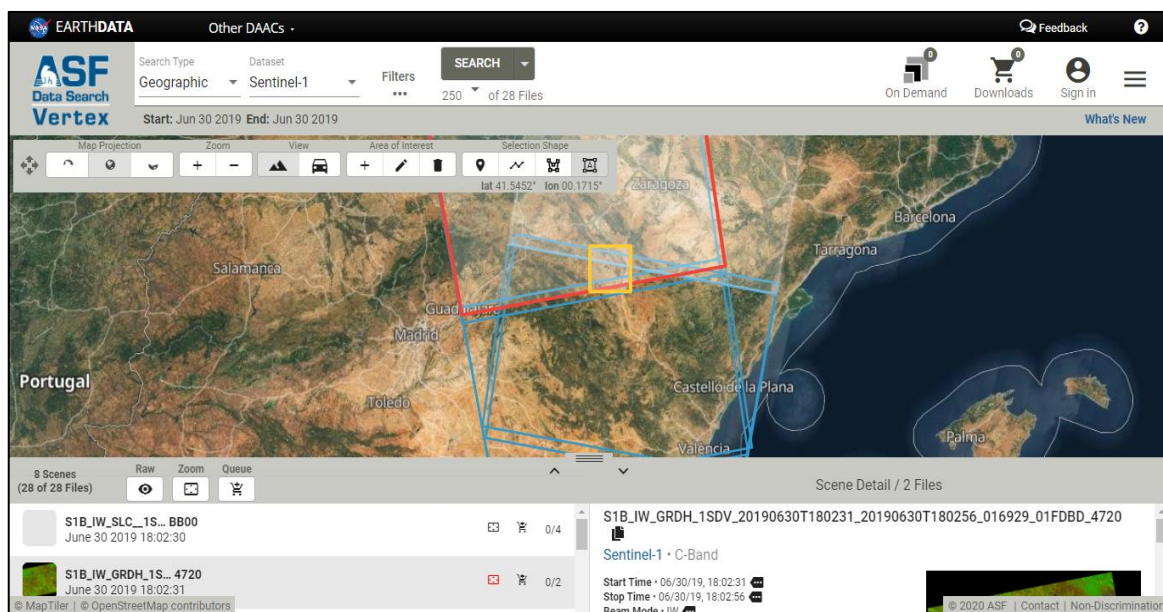


Figura 33. Descarga de imágenes desde VERTEX - EOSDIS

5.7 Tercer Caso (Pre-Procesamiento)

La banda de polarización VV nos permite una mejor discriminación de la laguna en comparación con la polarización VH. Por tanto, para mejorar la velocidad de procesamiento solo incluiremos esta banda (Figura 34).

En cuanto al preprocesamiento aplicaremos los mismos operadores que hemos estado empleando a lo largo del proyecto. Queremos obtener una máscara de buena resolución, por lo tanto, evitaremos emplear filtros que reduzcan la resolución espacial debido a su proceso de promediado.

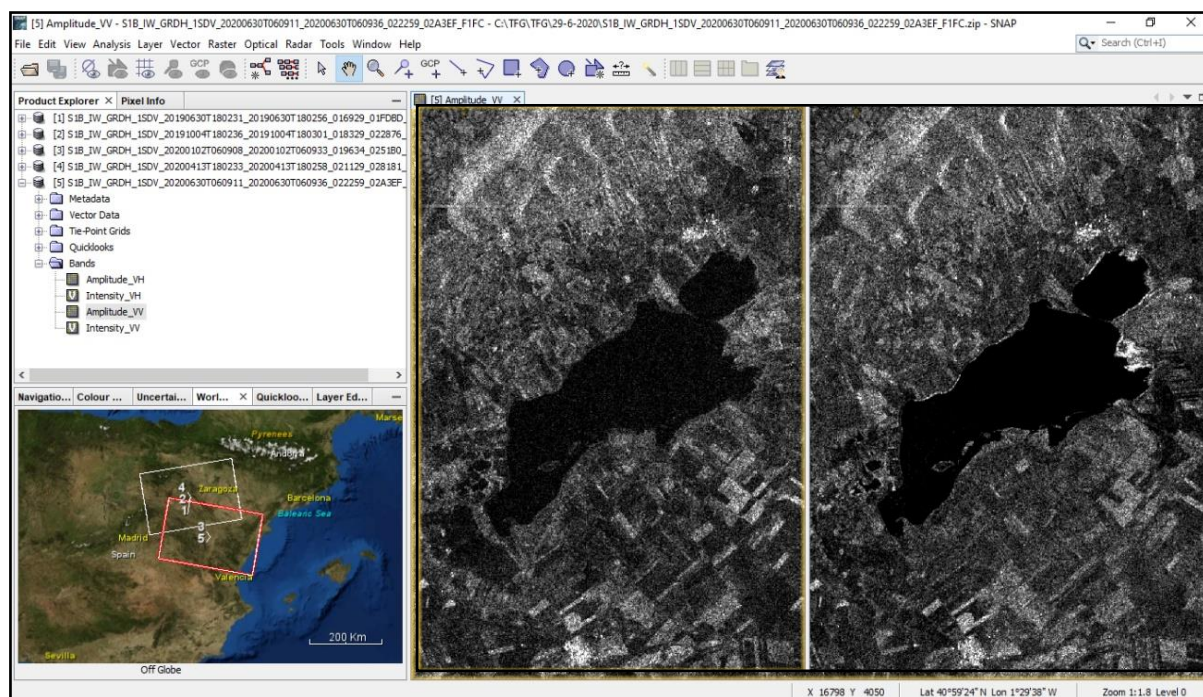


Figura 34. Laguna de Gallocanta 30/06/2020. Comparación banda polarización VH - VV

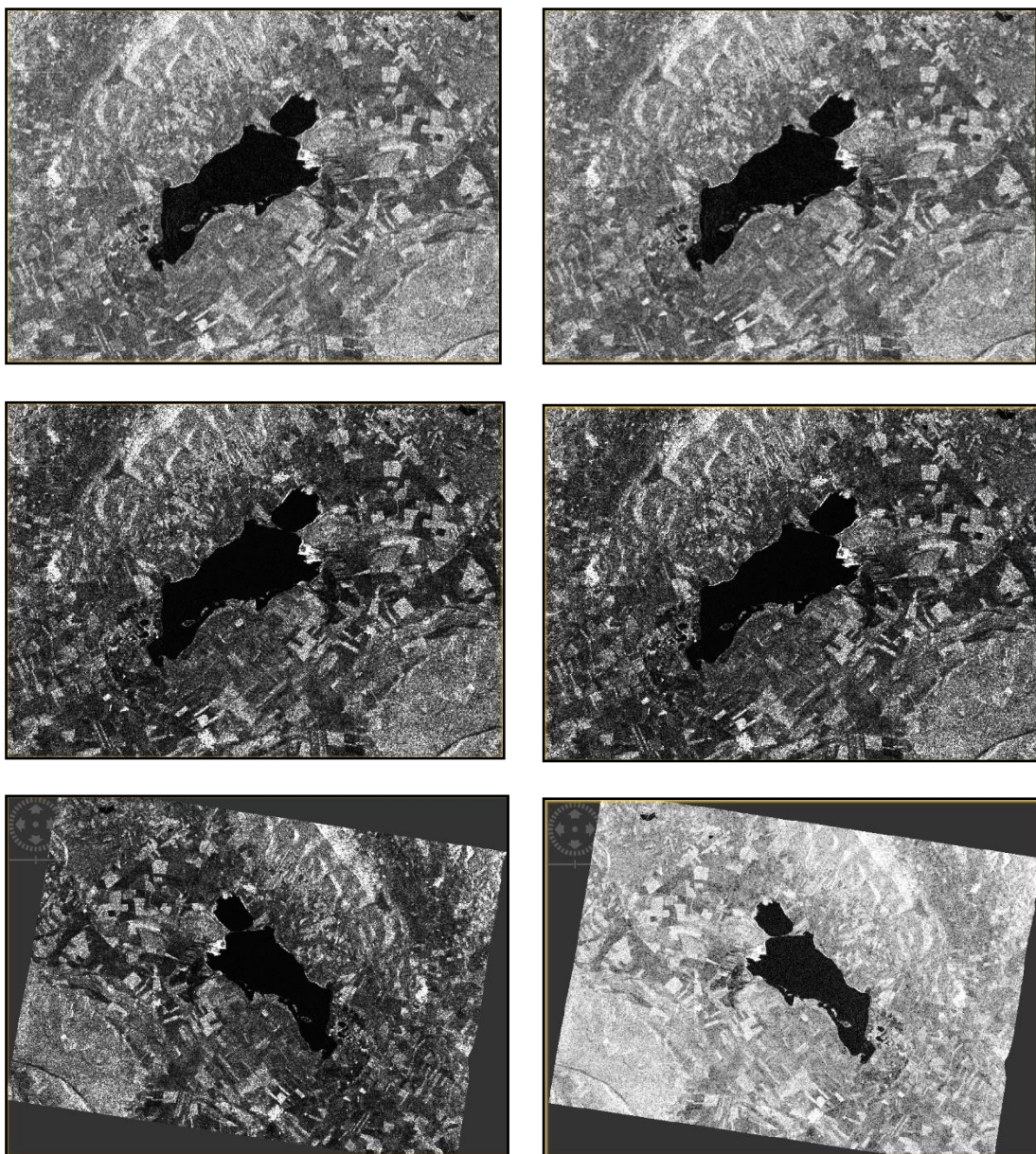


Figura 35. Mosaico del pre-procesamiento de la imagen del 30/06/2020. Imagen original recortada (Arriba izquierda). Aplicamos el archivo de órbita (Arriba derecha). Aplicación del filtro de ruido de la señal (Centro izquierda). Aplicación de la calibración (Centro derecha). Aplicación de la corrección del terreno (Abajo izquierda). Conversión a escala no lineal (Abajo derecha).

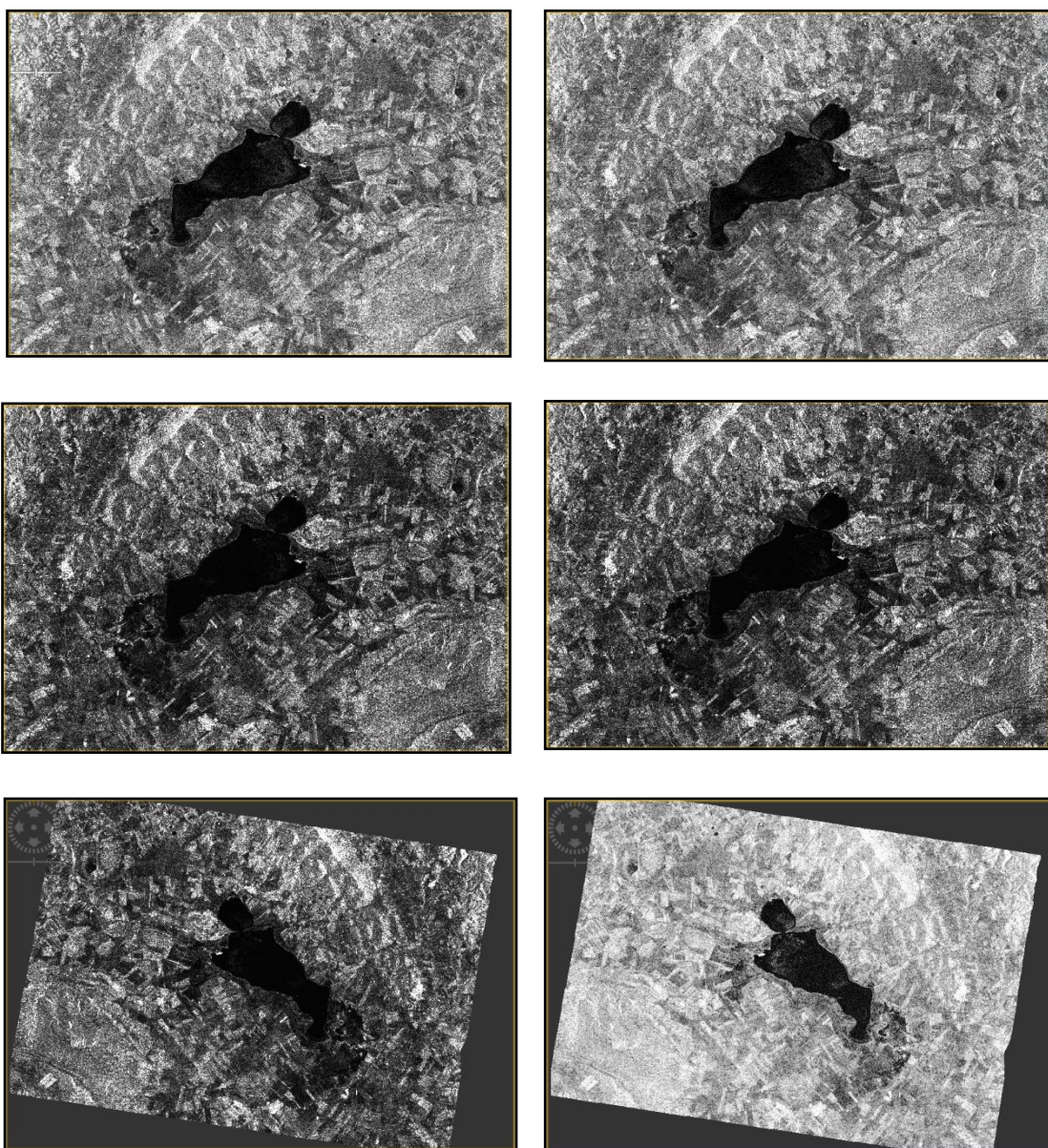


Figura 36. Mosaico del pre-procesamiento de la imagen del 30/06/2019. Imagen original recortada (Arriba izquierda). Aplicamos el archivo de órbita (Arriba derecha). Aplicación del filtro de ruido de la señal (Centro izquierda). Aplicación de la calibración (Centro derecha). Aplicación de la corrección del terreno (Abajo izquierda). Conversión a escala no lineal (Abajo derecha).

A priori, podemos deducir que la obtención de la línea de agua de imagen radar de la fecha de 24/06/2019, va a ser más complicada en comparación la imagen del 30/06/2020.

5.8 Tercer Caso (Extracción línea de agua)

Disponemos de múltiples métodos para la identificación de masas de agua y la extracción de la línea de agua. Para ambas imágenes intentaremos encontrar el método adecuado para conseguir un resultado razonable.

Comenzaremos con la imagen de obtenida el 30 de junio de 2020. Los métodos de detección de línea de agua que emplearemos serán, el método de umbralización y mediante clasificación.

Umbralización

Este método es el mismo que hemos utilizado para la detención de las zonas inundadas en los dos primero de estudio, por lo que no es necesario explicar más de lo necesario.

Para escoger el umbral nos basamos en el histograma de la imagen, y creamos una máscara agua/tierra (Figura 38). Para evitar errores de confusión en la extracción de la línea de agua utilizaremos los filtros morfológicos de erosión y dilatación. Si aplicamos ambos filtros, primero erosión seguido de dilatación, podremos eliminar pequeñas agrupaciones de píxeles que puedan complicar la discriminación de la línea de agua y además no modificamos la estructura original de la imagen, este operador se conoce como filtro de apertura. Adicionalmente, aplicamos el filtro complementario, el filtro de cerrado, primero se aplica la dilatación y luego la erosión, este filtro nos permite la rellenar pequeños agujeros (Figura 37).

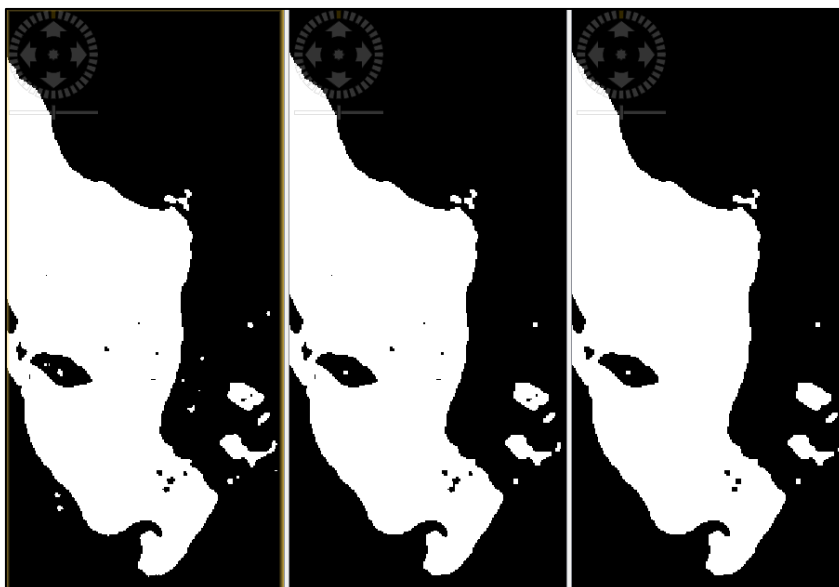


Figura 37. Zoom de la laguna de Gallocanta, método de umbralización. Filtros morfológicos. Sin filtro morfológico (Izquierda). Filtro de apertura (Centro). Filtro apertura y cerrado (Derecha)

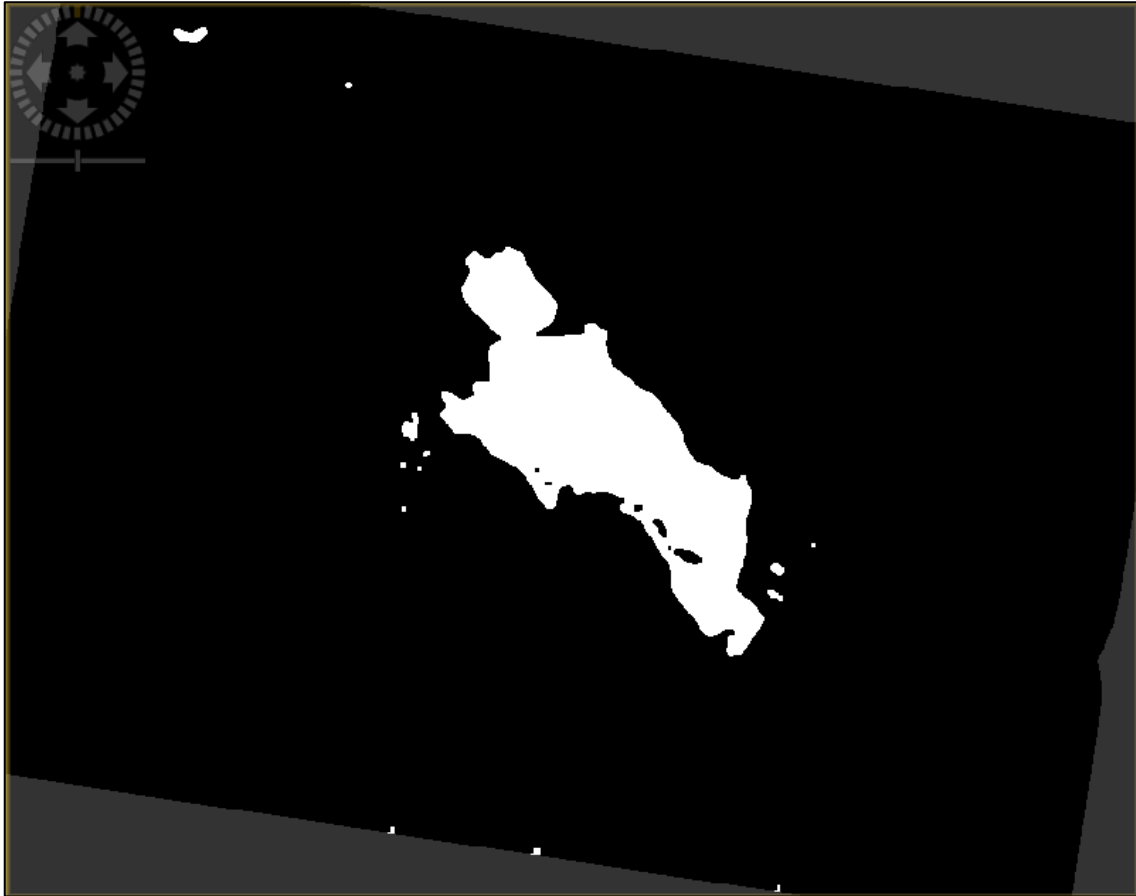


Figura 38 . Máscara final mediante el método de umbrales. Imagen 30/06/2020

Clasificación

Mediante una clasificación supervisada, podemos obtener una máscara de la laguna de Gallocanta. La imagen la compondrían dos clases, una de agua y otra de tierra. Seleccionaremos dos tipos diferentes de muestras que representen en su totalidad las características de las dos clases.

El método de clasificación que vamos a emplear es el método *Random forest*. Este método trabaja mediante la creación de árboles de decisión a partir de las muestras de entrenamiento y luego selecciona, por medio de una votación, la mejor solución. Más concretamente, a partir de las muestras de entrenamiento crea muestras aleatorias tantas como arboles de decisión y obtendrá los resultados para su posterior votación. También aplicaremos los mismos filtros morfológicos de apertura y cerrado para la depuración de la clasificación (Figura 40).



Figura 39. Zoom de la laguna de Gallocanta, método de clasificación. Filtros morfológicos. Sin filtro morfológico (Izquierda). Filtro de apertura (Centro). Filtro apertura y cerrado (Derecha)



Figura 40. Máscara final mediante el método de clasificación Random forest. Imagen 30/06/2020

Como hemos comentado, la imagen SAR del 24 de junio del año 2019 presenta dificultades valores muy variados en la zona de agua de la laguna, posiblemente debido a una cubierta vegetal establecida sobre la superficie del agua. Utilizaremos los mismos métodos de identificación empleados en la anterior imagen.

Umbralización

Como ya habíamos comentado, la máscara ha detectado esas zonas de vegetación en la superficie. Los valores de esas zonas en la imágenes SAR son similares a zonas de tierra. Posteriormente en la comparación con la verdad terreno, podemos manualmente seleccionar esas zonas e incluirlas como parte de la laguna de Gallocanta, ya que lo que nos interesa principalmente es la línea de agua.

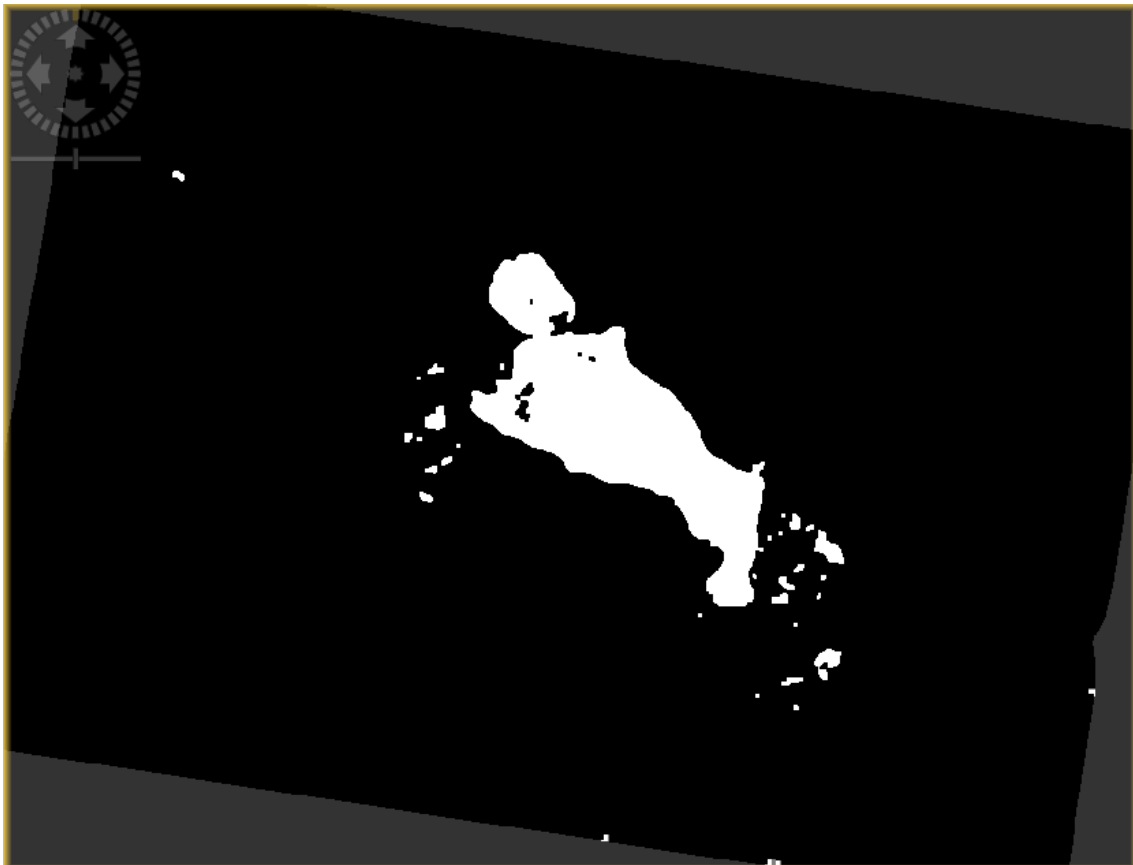


Figura 41. Máscara final mediante el método de umbrales. Imagen 24/06/2019

Clasificación

Mediante el método de clasificación se ha obtenido un resultado similar al de umbrales (Figura 42).

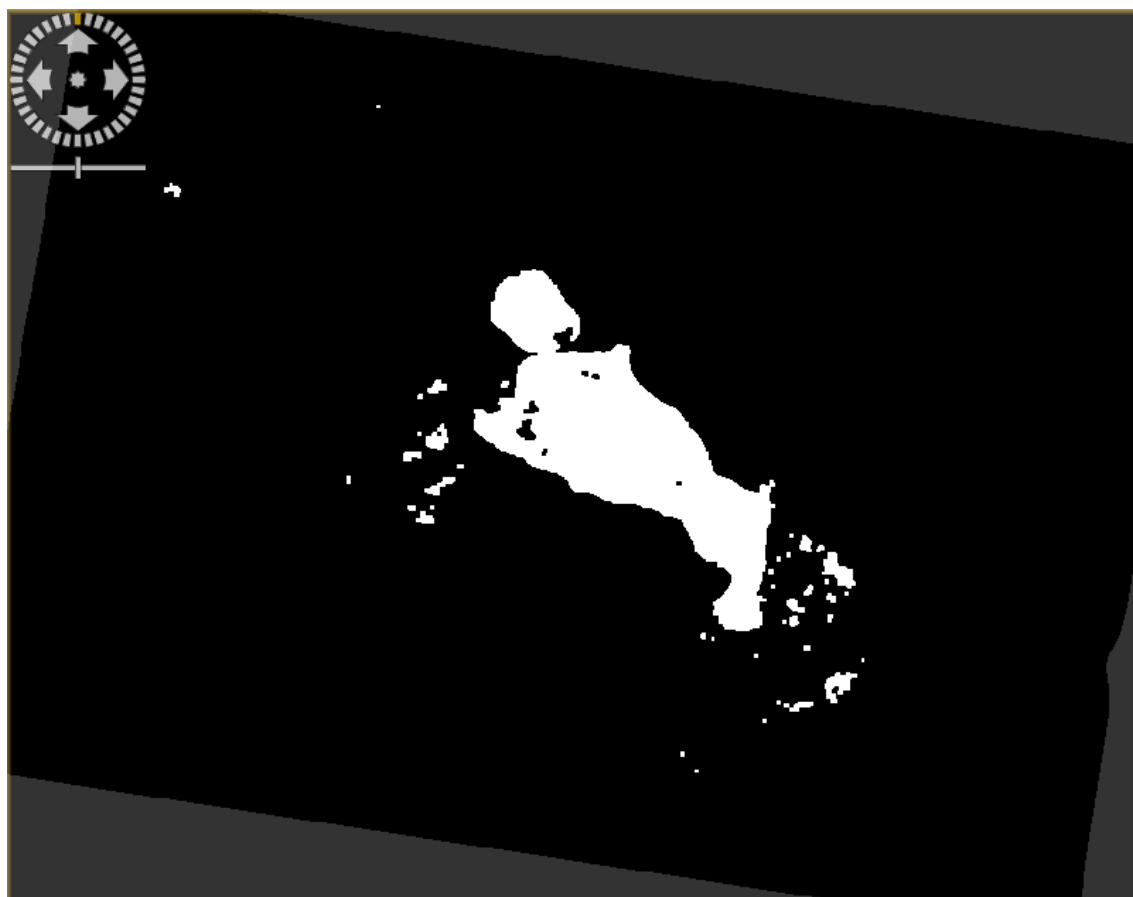


Figura 42. Máscara final mediante el método de clasificación Random forest. Imagen 24/06/2019

6. Resultados

El siguiente paso es realizar un análisis de los productos que hemos obtenido de cada uno de los casos de estudio. Debemos comprobar la calidad y la precisión de los productos obtenidos.

En referencia a los dos primeros casos de estudio, sabemos que coincide con el temporal Gloria, por lo tanto, no disponemos de imágenes de Sentinel-2 para realizar comparación de la selección de las zonas inundadas. Tampoco disponemos de información de campo sobre el alcance de las inundaciones en las zonas de estudio. Teniendo en cuenta todo esto, realizaremos una clasificación supervisada empleado el método de *Random forest* y de esta manera tener una idea de cómo es nuestro producto.

En cuanto a nuestro tercer caso de estudio, en las fechas elegidas, las imágenes del Sentinel-2 tienen visual directa de la laguna, de esta manera podremos realizar una comparación de la máscara obtenida mediante Sentinel-1 y Sentinel-2. En este caso si disponemos información de la verdad terreno de la línea de agua de la laguna y podremos realizar un análisis más completo.

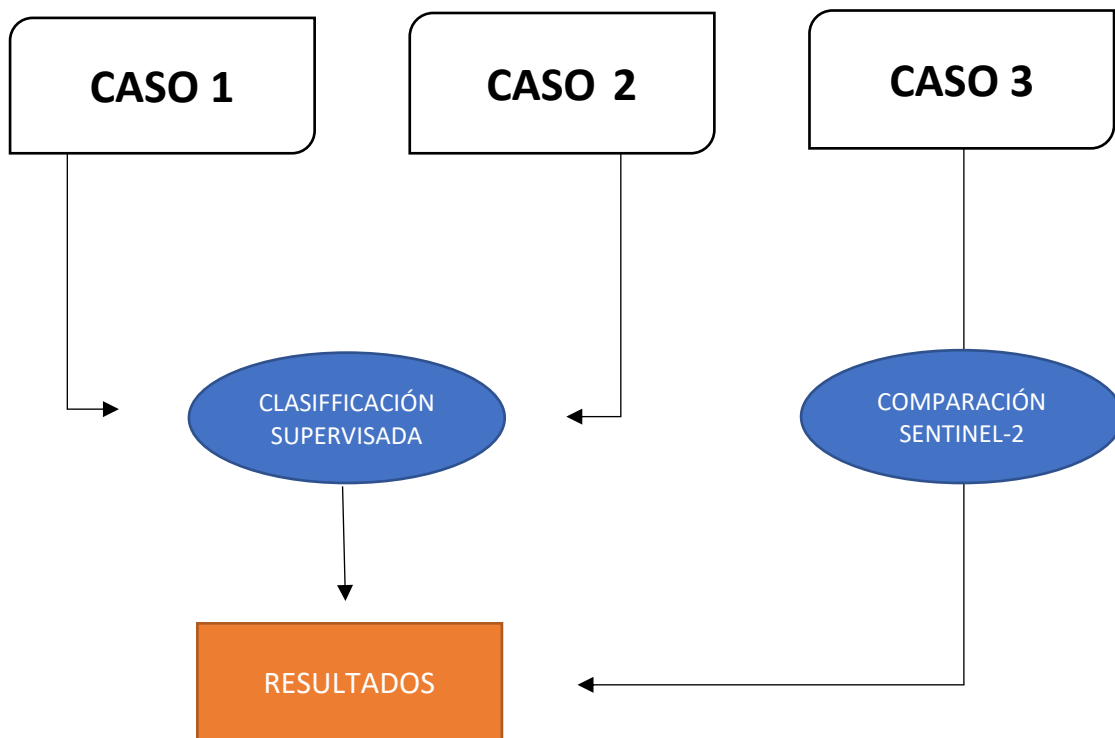


Figura 43 .Flujo de trabajo para el análisis de los productos obtenidos

6.1 Primer caso

Como hemos comentado anteriormente, utilizaremos el método clasificador *Random forest*, que proporciona buenos resultados.

Al clasificador le hemos introducido 4 muestras de entrenamiento, dos de agua (C10: agua permanente y C20: inundación) y otros dos de tierra (C30: respuesta baja y C40: respuesta alta) (Figura 44). Podemos observar las estadísticas de las muestras de entrenamiento que hemos creado para hacernos una idea de la separabilidad de las clases (Figura 45).

Una vez obtenidas las clases, uniremos las de agua y las de tierra y de esta manera generemos una imagen bicolor de la clasificación. A esta imagen le aplicaremos un filtro de postproceso para eliminar posibles píxeles aislados mal clasificados (Figura 46).

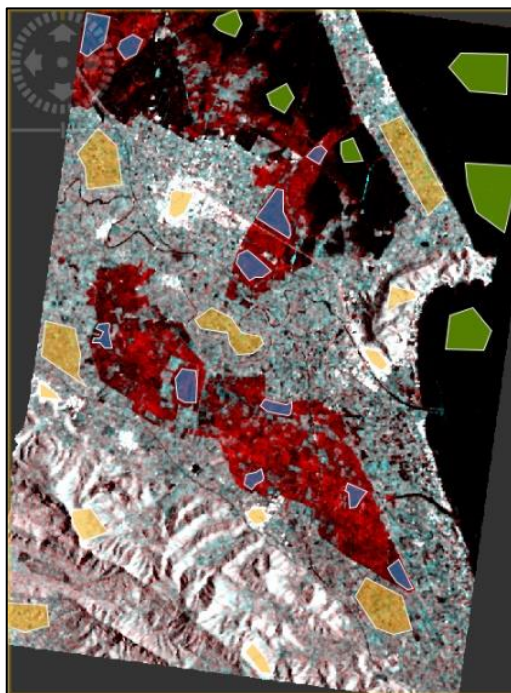


Figura 44. Selección de las muestra de entrenamiento del primer caso de estudio

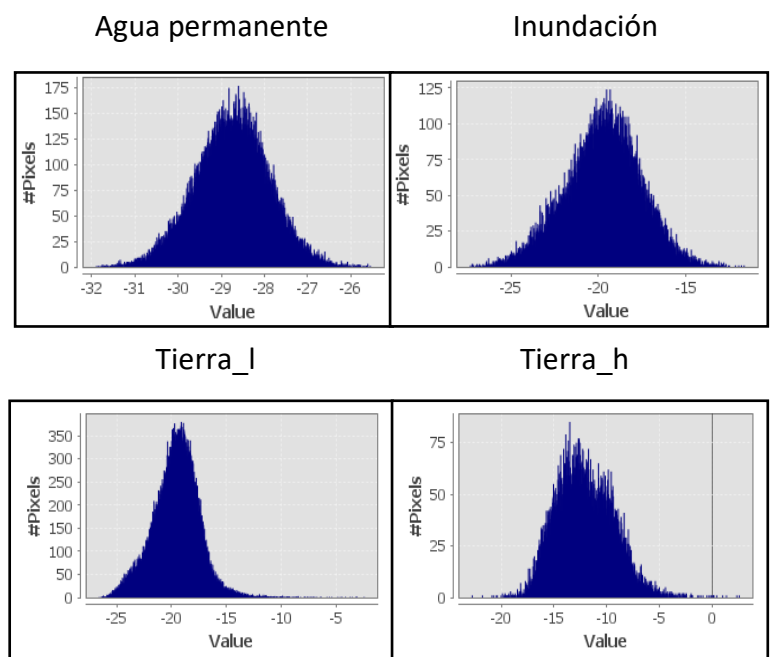


Figura 45. Histogramas de las muestras de entrenamiento del primer caso de estudio

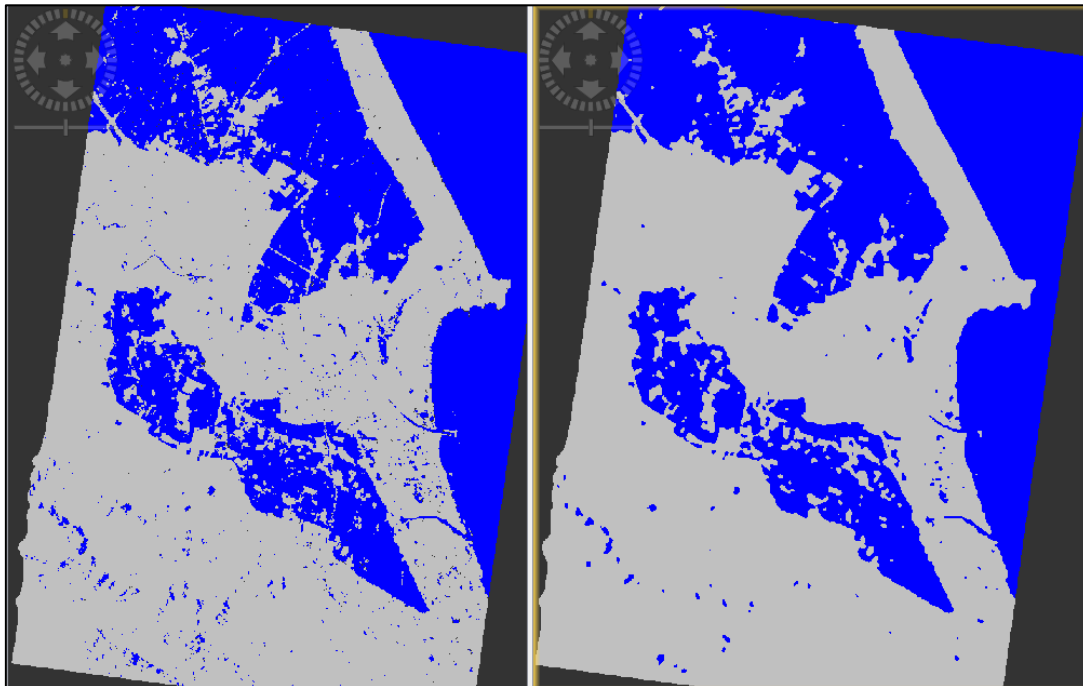


Figura 46. Resultado de la clasificación mediante el algoritmo de Random forest. Primer caso de estudio .Imagen sin procesar (Izquierda). Postproceso de la imagen clasificada (filtro mediana5x5)(Derecha).

Finalmente, debemos realizar una evaluación de la exactitud de la clasificación. El método consiste en comparar la imagen clasificada con la realidad, que como hemos comentado anteriormente, no se dispone de ella, además SNAP no dispone de ninguna herramienta de evaluación de precisión, por lo tanto, emplearemos el software ARGIS para este proceso.

Para evaluar esta imagen utilizaremos como imagen de referencia otra imagen clasificada utilizando otro método de clasificación. La imagen clasificada de referencia la vamos a generar empleando muestras de entrenamiento diferentes (Figura 47).

El proceso de evaluación de la imagen será mediante la creación de un conjunto de puntos aleatorios estratificados con dos atributos, uno con el valor “verdad terreno” y otro atributo “Clasificación” que se actualizará a partir de la imagen clasificada (Figura 48).

Con estos valores ya disponemos todo lo necesario para generar la matriz de confusión y analizarla para comprobar si la clasificación ha sido buena o no y si es necesario modificar las clases de entrenamiento o emplear otro clasificador.

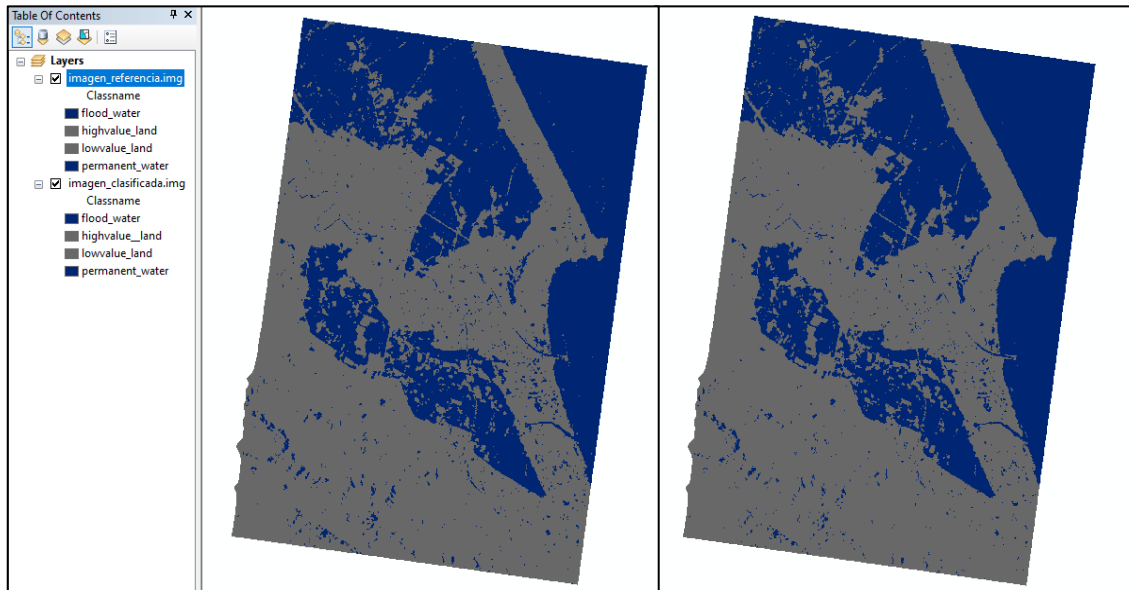


Figura 47. Comparación entre la imagen clasificada (Izquierda) y la de referencia (Derecha). Primer caso de estudio.

FID	Shape *	Classified	GrndTruth
0	Point	20	20
1	Point	20	10
2	Point	20	20
3	Point	20	10
4	Point	20	10
5	Point	20	20
6	Point	20	10
7	Point	20	20
8	Point	10	10
9	Point	10	10
10	Point	20	20
11	Point	20	20
12	Point	10	10
13	Point	20	20
14	Point	30	30
15	Point	30	30
16	Point	20	20

Figura 48. Puntos de evaluación y Muestra de la tabla de asignación. Primer caso de estudio.



Tabla 4. Matriz de confusión primer caso de estudio.

	C 10	C 20	C 30	C 40	Total	Precisión U	Kappa
C 10	92	0	0	0	92	1	.
C 20	25	74	9	0	108	0.69	.
C 30	0	3	235	5	261	0.97	.
C 40	0	0	7	32	39	0.82	.
Total	117	77	269	37	500	.	.
Precisión P	0.79	0.96	0.94	0.86	.	0.9	.
Kappa	.	.	.	.	.	.	0.85

En esta tabla es importante conocer que significa cada término e interpretar la información que nos ofrece. Los términos C 10, 20, 30 y 40 hacen referencia a las cuatro clases que hemos generado en la clasificación. En la matriz de confusión obtenemos los valores Precisión U, que corresponde a la precisión de usuario, la Precisión P, que corresponde a la precisión de productor y el valor Kappa.

De las filas, obtenemos los valores que han sido clasificados en cada una de las clases, y por tanto los que no coincidan con su clase son errores por comisión, es decir, valores que han sido incorrectamente clasificados. La precisión de usuario indica la probabilidad de que un pixel clasificado en una clase corresponda a la realidad.

En cuanto a las columnas, nos encontramos con los errores de omisión, estos representan los valores que deberán ser de una clase, pero no han sido incluidos. La precisión del productor indica el porcentaje de pixeles en la imagen de referencia han sido clasificados correctamente.

Finalmente, el índice Kappa es indicador de la precisión global de la clasificación, cuanto más próximo a 1 indica que la clasificación obtenida es mejor que una clasificación aleatoria.

En cuanto a los valores obtenidos, el índice Kappa tiene un valor de 0.85, este valor indica una buena clasificación. En las precisiones, observamos una precisión de usuario en la clase C20 (zonas inundadas) del 69%, que las clasifica como C10 (agua permanente). Aunque el índice Kappa indica una buena clasificación, esta baja precisión en la clasificación de zonas inundadas da a entender que deberíamos modificar las muestras de entrenamiento.

Tabla 5. Matriz de confusión primer caso de estudio. Modificación de las muestras de entrenamiento

	C 10	C 20	C 30	C 40	Total	Precisión U	Kappa
C 10	102	0	0	0	102	1	.
C 20	14	71	2	0	87	0.81	.
C 30	0	5	259	3	267	0.97	.
C 40	0	0	11	32	43	0.74	.
Total	116	76	272	35	500	.	.
Precisión P	0.87	0.93	0.95	0.91	.	0.92	.
Kappa	.	.	.	.	.	.	0.88

Como podemos observar en la Tabla 5, hemos conseguido mejorar la precisión de clasificación de la clase de zonas inundadas a cambio de empeorar otras clases, además el índice kappa ha mejorado. La modificación de las muestras de entrenamiento ha resultado en una mejora de los resultados de evaluación, y sobre todo en la distinción de las zonas inundadas.

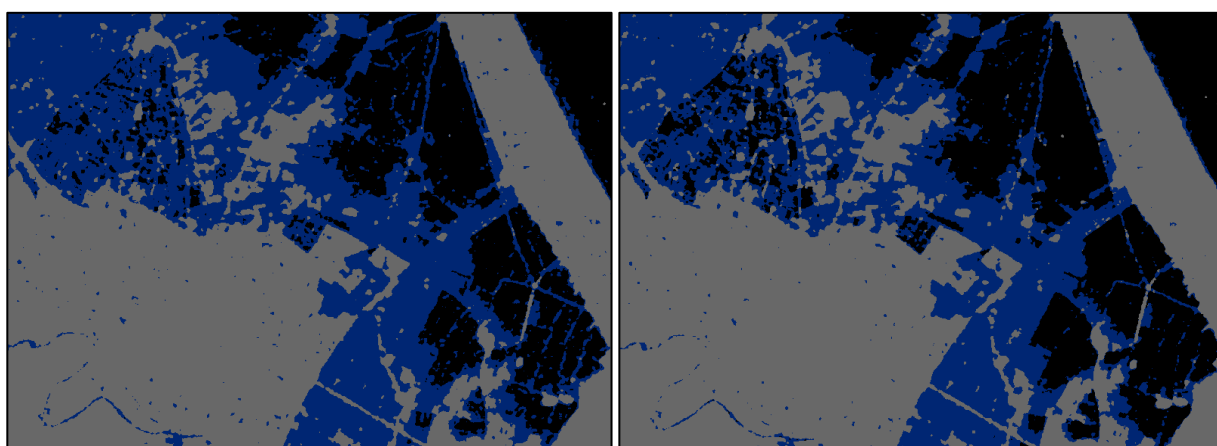


Figura 49. Comparación entre clasificaciones. Primera clasificación (Izquierda) Segunda Clasificación (Derecha)

6.2 Segundo caso

Seguiremos exactamente los mismos pasos tomados en el primer caso para la realización del análisis de nuestro segundo caso de estudio. Realizaremos una clasificación supervisada mediante el algoritmo *Random forest* y posterior evaluación de precisión mediante la matriz de confusión.



Figura 50. Selección de las muestra de entrenamiento del segundo caso de estudio.

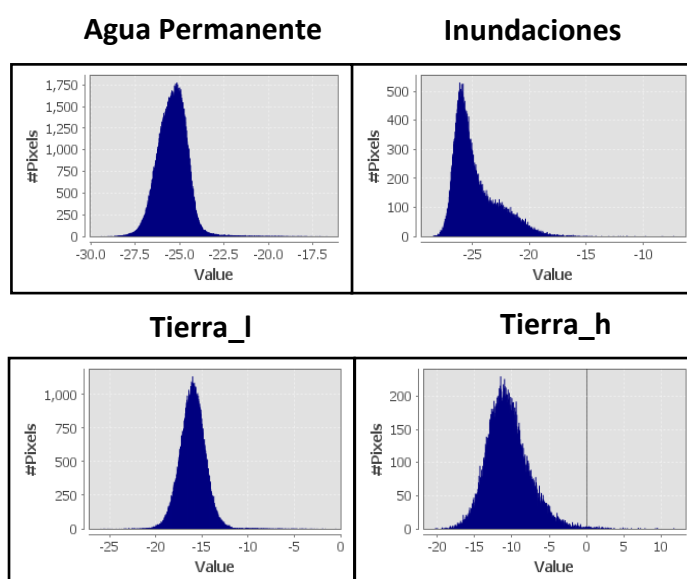


Figura 51. Histogramas de las muestras de entrenamiento del segundo caso de estudio

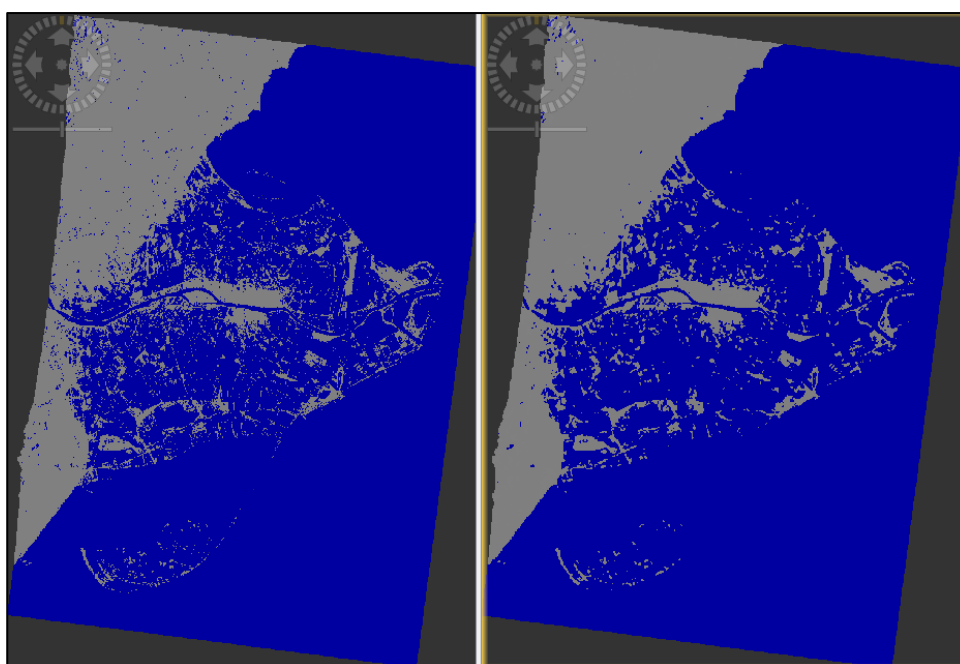


Figura 52. Resultado de la clasificación mediante el algoritmo de *Random forest*. Segundo caso de estudio. Imagen sin procesar (Izquierda). Postproceso de la imagen clasificada (filtro mediana5x5) (Derecha).

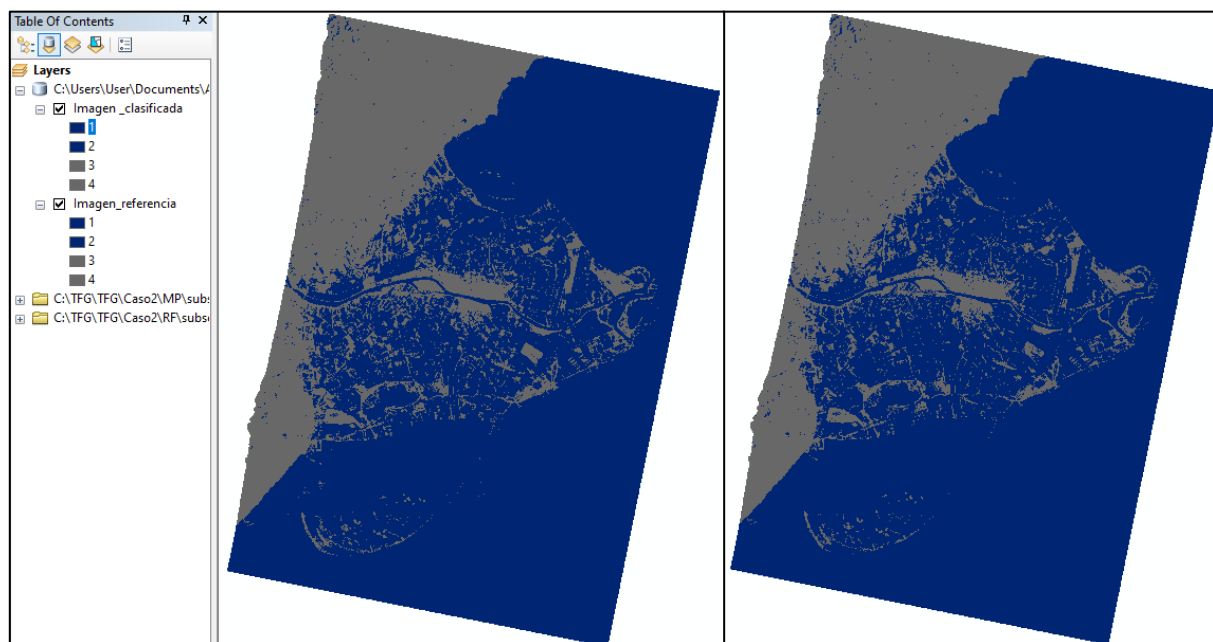


Figura 53. Comparación entre la imagen clasificada (Izquierda) y la imagen de referencia (Derecha). Segundo caso de estudio.

FID	Shape *	Classified	GrndTruth
0	Point	40	40
1	Point	20	20
2	Point	40	40
3	Point	30	30
4	Point	30	30
5	Point	30	30
6	Point	30	30
7	Point	30	30
8	Point	30	30
9	Point	30	30
10	Point	40	40
11	Point	30	30
12	Point	30	30
13	Point	40	40
14	Point	30	30
15	Point	30	30
16	Point	30	30

Figura 54. Puntos de evaluación y Muestra de la tabla de asignación. Primer caso de estudio.



Tabla 6. Matriz de confusión segundo caso de estudio.

	C 10	C 20	C 30	C 40	Total	Precisión U	Kappa
C 10	276	13	0	0	289	0.96	.
C 20	0	79	0	0	79	1	.
C 30	0	3	112	1	116	0.97	.
C 40	0	0	4	13	17	0.76	.
Total	216	95	116	14	500	.	.
Precisión P	1	0.83	0.97	0.93	.	0.96	.
Kappa	.	.	.	.	.	.	0.92

En esta matriz de confusión el índice Kappa es 0.92, considerablemente mejor que el obtenido en nuestro primer caso de estudio. Los valores de precisión de las zonas inundadas son mucho mejores en comparación al primer caso, aunque se aprecian algunos errores por omisión en la clase de inundaciones. Podemos concluir que no vamos a necesitar crear nuevas muestras de entrenamiento ni modificar el clasificador.

6.3 Tercer caso

El análisis de las máscaras obtenidas se realizará mediante la comparación de la líneas de agua obtenidas mediante imágenes Sentinel-2 (Figura 55). Las máscaras de verdad terreno se han delimitado mediante la interpretación de la combinación de las bandas del infrarrojo, del rojo y el azul. Compararemos la imágenes del Sentinel 1 y 2 entre si para ver las diferencias de superficie. Posteriormente analizaremos la laguna en las dos fechas de estudio y observar el cambio que ha experimentado la laguna en un año.

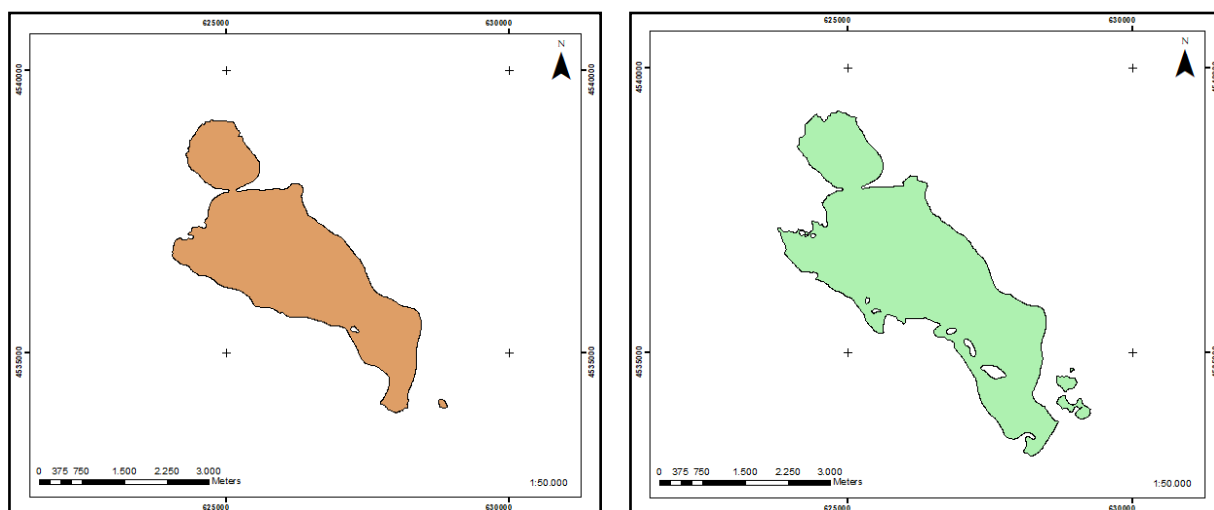


Figura 55. Máscara de la laguna de Gallocanta obtenida mediante imágenes Sentinel-2. 24/06/2019 (Izquierda). 30/06/2020 (Derecha)

A partir de las máscaras obtenidas (Figura 56) mediante el programa SNAP las cargaremos en el programa ArcMap y realizaremos el tratamiento necesario para poder operar con los polígonos de la verdad terreno que disponemos. Comprobaremos la diferencia de superficies entre cada una de las soluciones obtenidas con su respectiva verdad terreno.

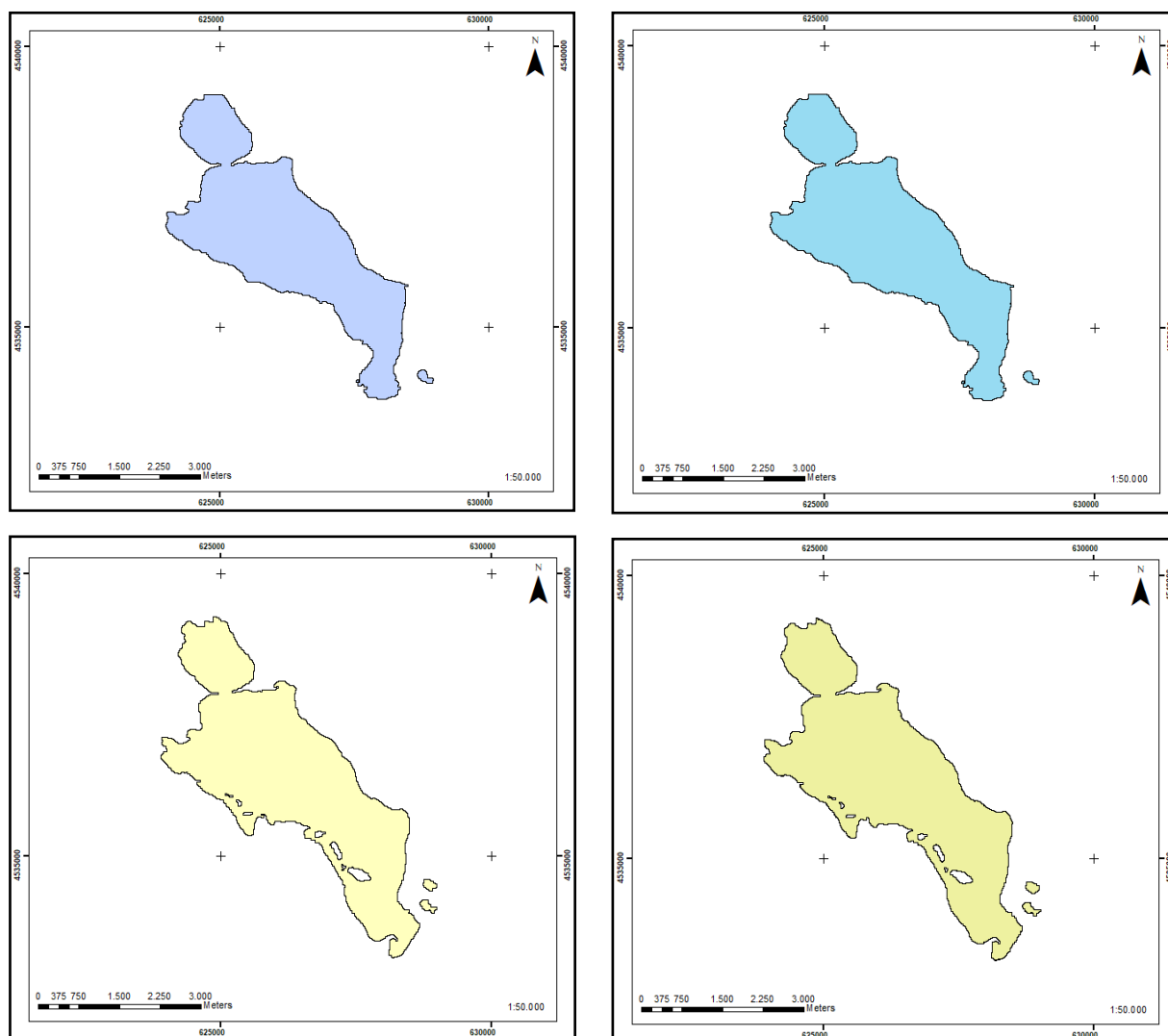


Figura 56. Máscaras de la laguna de Gallocañta obtenida mediante imágenes Sentinel-1. Método clasificación Random forest 24/06/2019 (Arriba Izquierda). Método Umbralización 24/06/2019 (Arriba derecha) Método clasificación Random forest 30/06/2020 (Abajo Izquierda). Método Umbralización 30/06/2020 (Abajo Derecha).

Tabla 7. Comparativa de las superficies totales de las máscaras frente a la verdad terreno

Fecha	Método	Área Total (m ²)	Área V.Terreno(m ²)	Dif. Total V.T(m ²)
24/06/2019	Umbrales	8716454,819	8150628,833	565825,986
	Clasificación	8716803,477		566174,644
30/06/2020	Umbrales	10335209,042	10600248,853	265039,811
	Clasificación	10277585,634		322663,219

Como podemos observar en la Tabla 7, el método de umbralización ha dado mejores resultados que el método de clasificación. A partir de los valores obtenidos podemos decir que, en la imagen de 2019 la máscara obtenida ha clasificado más zonas de agua que en realidad son zona de tierra (Figura 57). En cuanto a las imagen de junio del 2020 se han clasificado menos pixeles de agua de los que indica la verdad terreno (Figura 58).

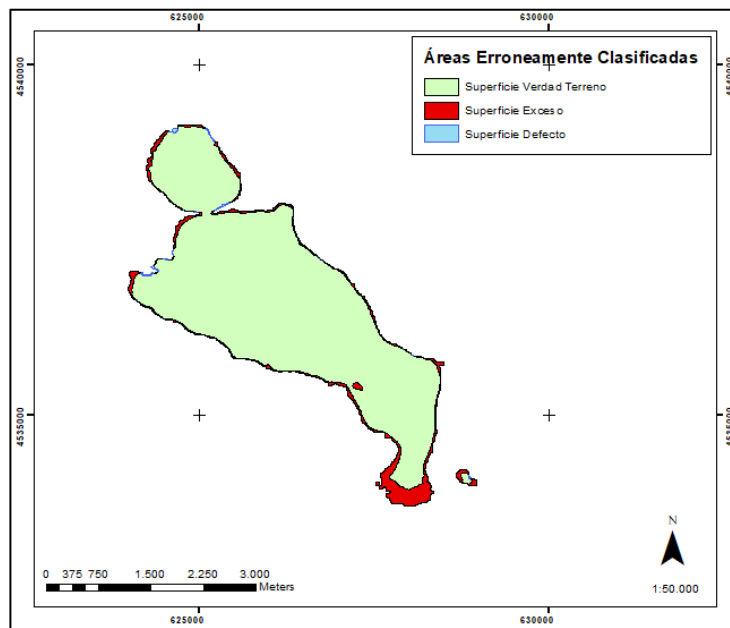


Figura 57. Comparación verdad terreno imagen 24/06/2019

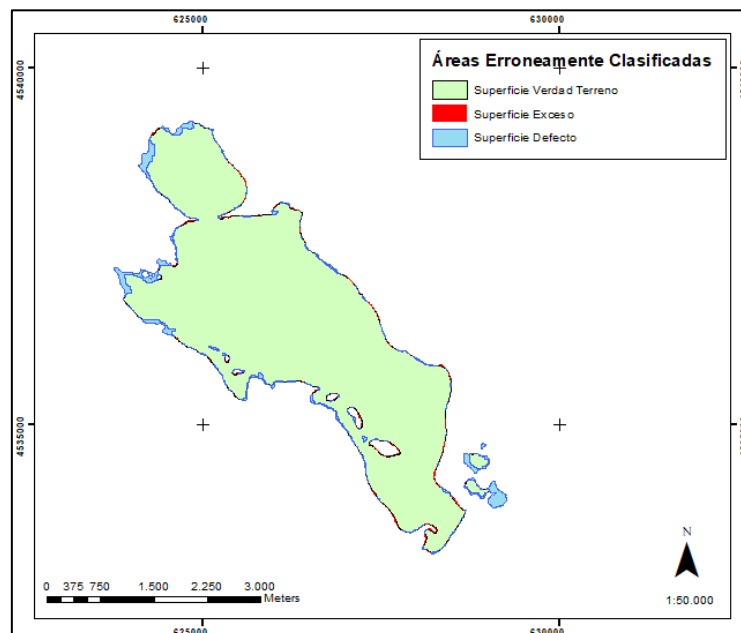


Figura 58. Comparación verdad terreno imagen 30/06/2020

Tabla 8. Comparativa de las superficies erróneamente clasificadas

Fecha	Dif. Exceso V.T(m2)	Dif. Defecto V.T(m2)	Dif. Total V.T(m2)	Dif.Total(%)
24/06/2019	583164,391	17566,354	565825,986	6,94%
	583397,657	17443,389	566174,644	6,95%
30/06/2020	93412,843	358344,057	265039,811	2,50%
	71793,306	394324,521	322663,219	3,04%

Ahora que hemos decidido que máscara utilizar, crearemos una composición que represente la variación de la superficie de agua de la laguna de Gallocanta en un año empleando los resultados que hemos obtenido a partir de la umbralización (Figura 59).

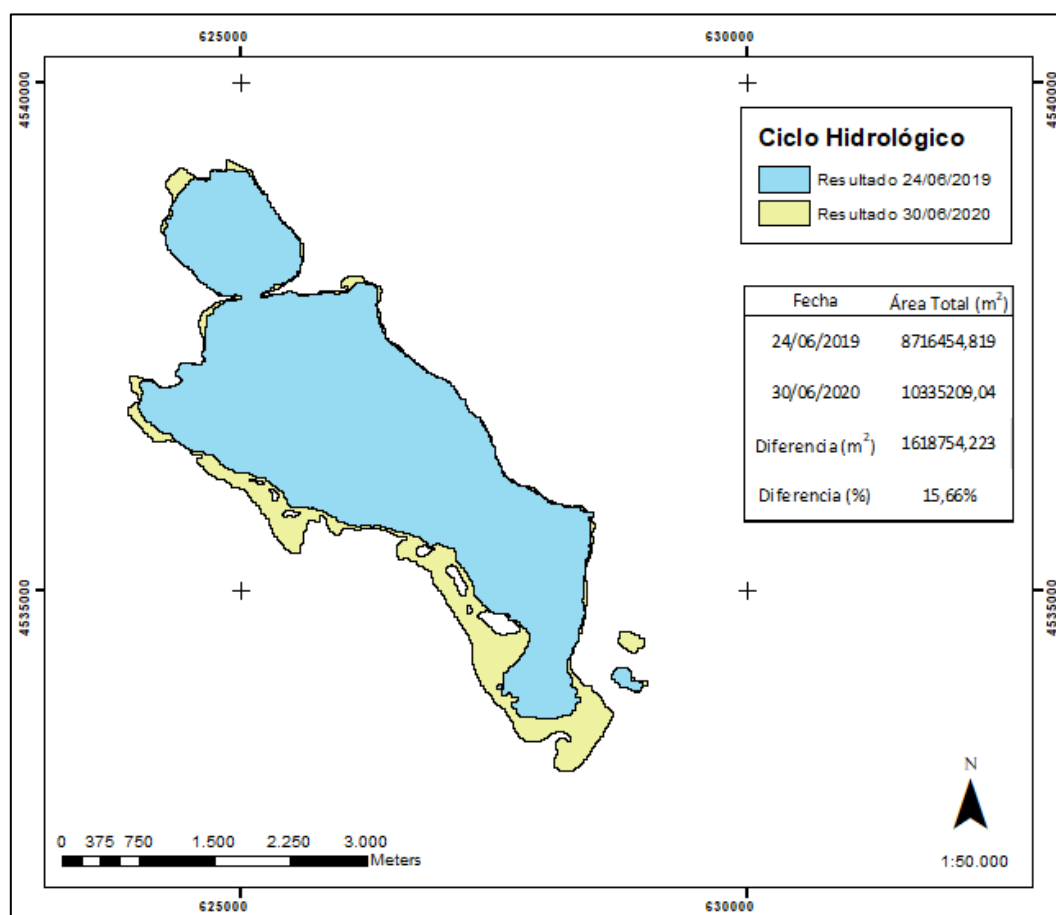


Figura 59. Ciclo Hidrológico de la laguna de Gallocanta.



6.4 Análisis de resultados

El resultado obtenido de la máscara de inundaciones del primer y segundo caso, a partir de imágenes radar, es bueno. Aunque no se hayan podido comparar con una verdad terreno, la matriz de confusión nos da una cierta idea de la calidad de la clasificación tierra/agua. En ambos resultados se delimitan con bastante claridad las zonas que separan las zonas de agua y tierra, aunque hay algunas zonas donde aparecen píxeles de agua donde no deberían. En cuanto al primer caso, la zona principal donde se observa la variación de las zonas de agua entre las dos fechas es en las zonas de cultivos, la principal hipótesis de esta variación en primera instancia fue atribuida a temporal Gloria, aunque también es posible que en el periodo entre las fechas que separan las dos imágenes, se haya producido la inundación de tierras para la siembra del arroz.

El segundo caso presenta variaciones entre las dos fechas mucho más acentuadas en comparación con las del primer caso. Este resultado es mucho más representativo de la afección del temporal Gloria en el litoral mediterráneo. A partir del resultado obtenido podemos apreciar que la gran mayoría del Delta del Ebro se ha inundado haciendo desaparecer gran parte de las playas y arrozales.

Los resultados obtenidos en la obtención de la línea de agua de la laguna de Gallocanta para la fecha del 30 de junio de 2020 en comparación a la línea de agua obtenida mediante imágenes Sentinel-2, presentan una discrepancia del 2,5% de la superficie total de la laguna. En cambio, para la fecha de 24/06/2019, existe una discrepancia aun mayor del 6,94%, esto es debido principalmente a la complejidad de separación de una zona concreta de la laguna donde los cambios del volumen de la laguna ocurren rápidamente dejando zonas húmedas, que en las imágenes Sentinel-1 presentan valores similares a zonas de agua, y, por tanto, han producido errores de clasificación en el resultado final.



7. Conclusiones

El empleo de imágenes S-1 proporciona imágenes para la fácil y rápida identificación de masas de agua, aunque es necesario de un tratamiento previo de las mismas para obtener un resultado aceptable. En comparación a imágenes Sentinel-2 se pueden apreciar las carencias de las imágenes SAR, como se observa en el caso de estudio de la laguna de Gallocanta, especialmente en los bordes de las máscaras debido principalmente a la diferencia de resolución espacial entre las imágenes.

En cambio, las imágenes S-1 son la única alternativa disponible en situaciones meteorológicas adversas, como hemos estudiado en los dos primeros casos de estudio, donde las imágenes Sentinel-2 no proporcionan ninguna cobertura.

Las imágenes S-1 tienen mucha relevancia a la hora de proporcionar datos en este tipo de situaciones, donde los problemas climáticos o la hora del día son un factor a tener en cuenta.

Los problemas de las imágenes Sentinel-1 en la detección de masas de agua, son debidos principalmente al ruido presente en las imágenes, que obliga a aplicar filtros para su eliminación a cambio de una reducción de la resolución espacial de la imagen, la afección del relieve también influye en la incorrecta detección de zonas de agua, y finalmente la necesidad de conocer la dinámica de las zonas que vamos a estudiar para poder interpretar los resultados y seleccionar los resultados clasificados adecuados.

Para los casos de inundaciones se podrían haber obtenido mejores resultados si se tuviese información física del alcance de las inundaciones y de esta manera poder contrastar estos resultados.



8. Bibliografía

ArcGIS Desktop | Documentation. (2020). Retrieved 17 November 2020, from <https://desktop.arcgis.com/es/>

ASF Data Search. (2020). Retrieved 13 November 2020, from <https://search.asf.alaska.edu/#/?dataset=SENTINEL-1>

Cabezas Rabadán, C. (2015). *Análisis de la línea de costa y su relación con los parámetros morfológicos de la Safor* (Máster). Universidad de Valencia.

Casterad Seral, M. (2009). *La Laguna de Gallocanta*. Madrid: Real Sociedad Española de Historia Natural, Facultades de Biología y Geología, Universidad Complutense de Madrid.

European Space Agency. (2000-2020). Retrieved 27 October 2020, from <https://www.esa.int/>

Herrero, J., Castañeda, C., Losada, J., & Díaz, N. (2005). Cartografía de coberturas asociadas a las fluctuaciones de la Laguna de Gallocanta. *Revista De Teledetección: Revista De La Asociación Española De Teledetección*.

LÓPEZ ÚBEDA, I. (2016). *Calificación morfológica de las playas y modelado del perfil transversal en Valencia, Alicante y Murcia* (Doctorado). Universidad de Alicante.

Meteorología, A. (2020). Agencia Estatal de Meteorología - AEMET. Gobierno de España. Retrieved 28 Octubre 2020, from <http://www.aemet.es/es/portada>

Ministerio de medio ambiente. (2007). *Estudio ecocartográfico del litoral de las provincias de Alicante y Valencia*.

Nguyen, B. (2015). Automatic detection of surface water bodies from Sentinel-1 SAR images using Valley-Emphasis method. *Vietnam Journal Of Earth Sciences*, 37, 328-342. Retrieved from <http://www.vjs.ac.vn/index.php/jse>

Open Access Hub. (2014). Retrieved 29 October 2020, from <https://scihub.copernicus.eu/>

Sentinel Hub. Retrieved 29 October 2020, from <https://www.sentinel-hub.com/>

Sentinel Online - ESA. (2000-2020). Retrieved 27 October 2020, from <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/home>

STEP | Science Toolbox Exploitation Platform. (2000-2020). Retrieved 27 October 2020, from <http://step.esa.int/>

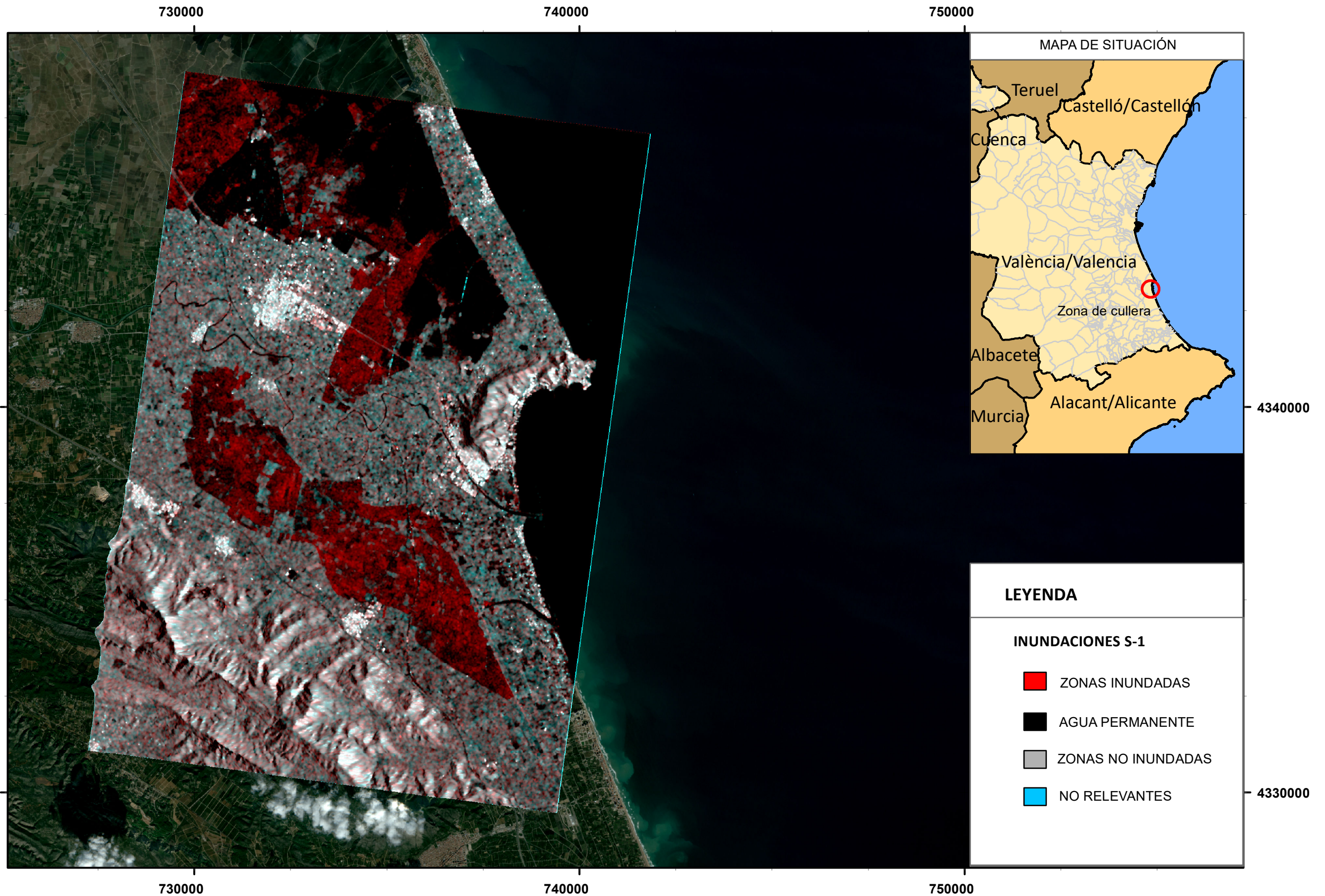


UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

9. Cartografía



LEYENDA	
INUNDACIONES S-1	
	ZONAS INUNDADAS
	AGUA PERMANENTE
	ZONAS NO INUNDADAS
	NO RELEVANTES

ESCUOLA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

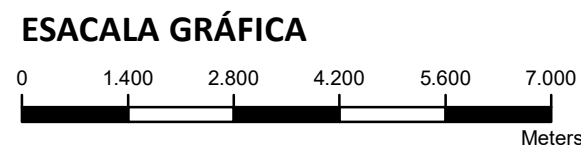
TÍTULO DEL PROYECTO
 IDENTIFICACIÓN Y ESTUDIO DE MASAS DE AGUA MEDIANTE EL EMPLEO DE IMÁGENES RADAR DE SENTINEL-1

TÍTULO DEL PLANO
 LOCALIZACIÓN ZONAS INUNDADAS EN LA ZONA DE CULLERA

ESCALA NUMÉRICA
 1:100000

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

AUTOR JAVIER SOLÁ FERRER
TUTOR ALFONSO FERNÁNDEZ SARRIÀ

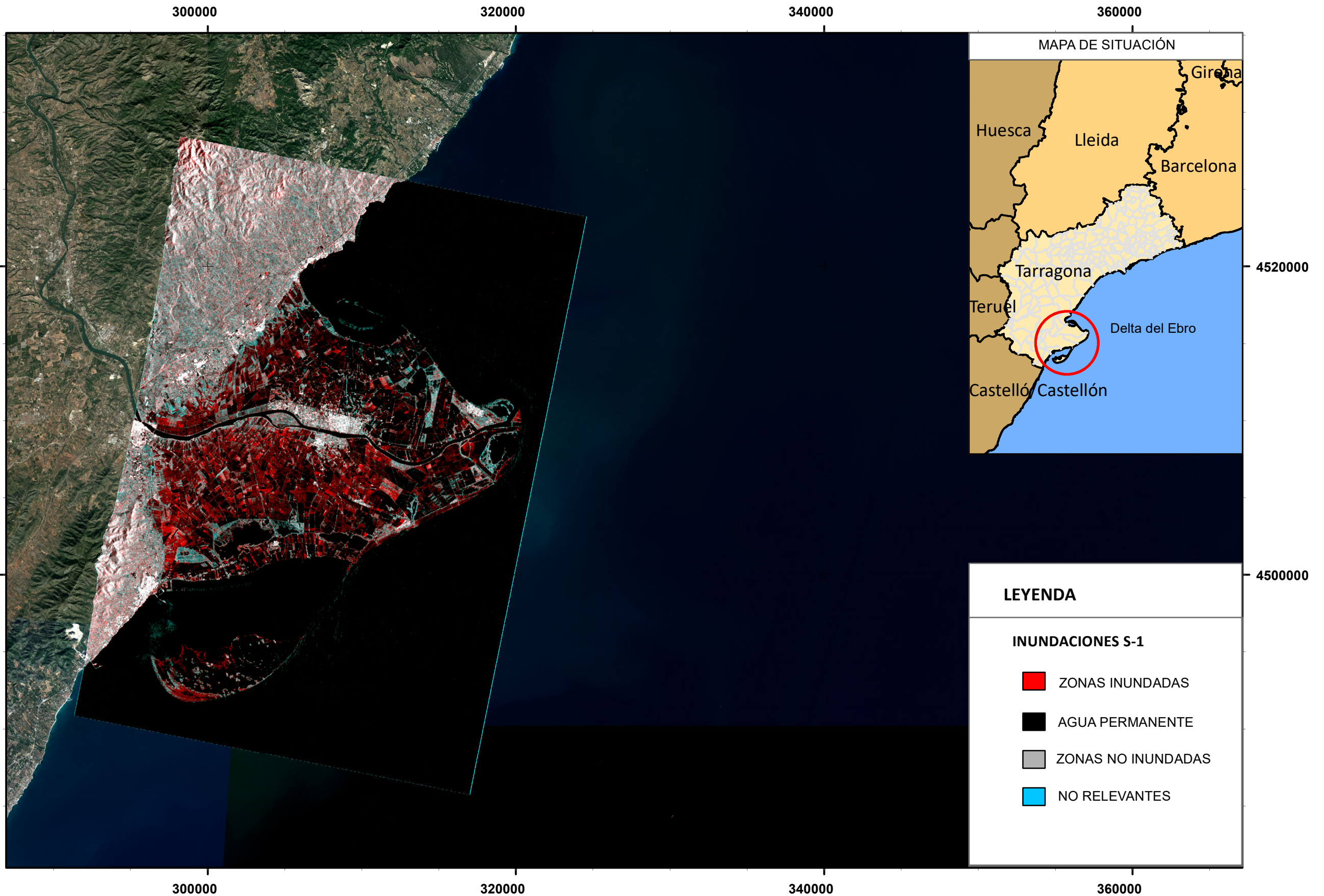


SISTEMA DE REFERENCIA
 ETRS89

PROYECCIÓN
 UTM

HUSO
 30N

Nº MAPA
 1/


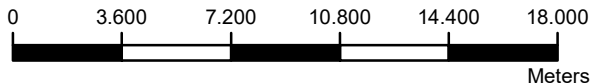



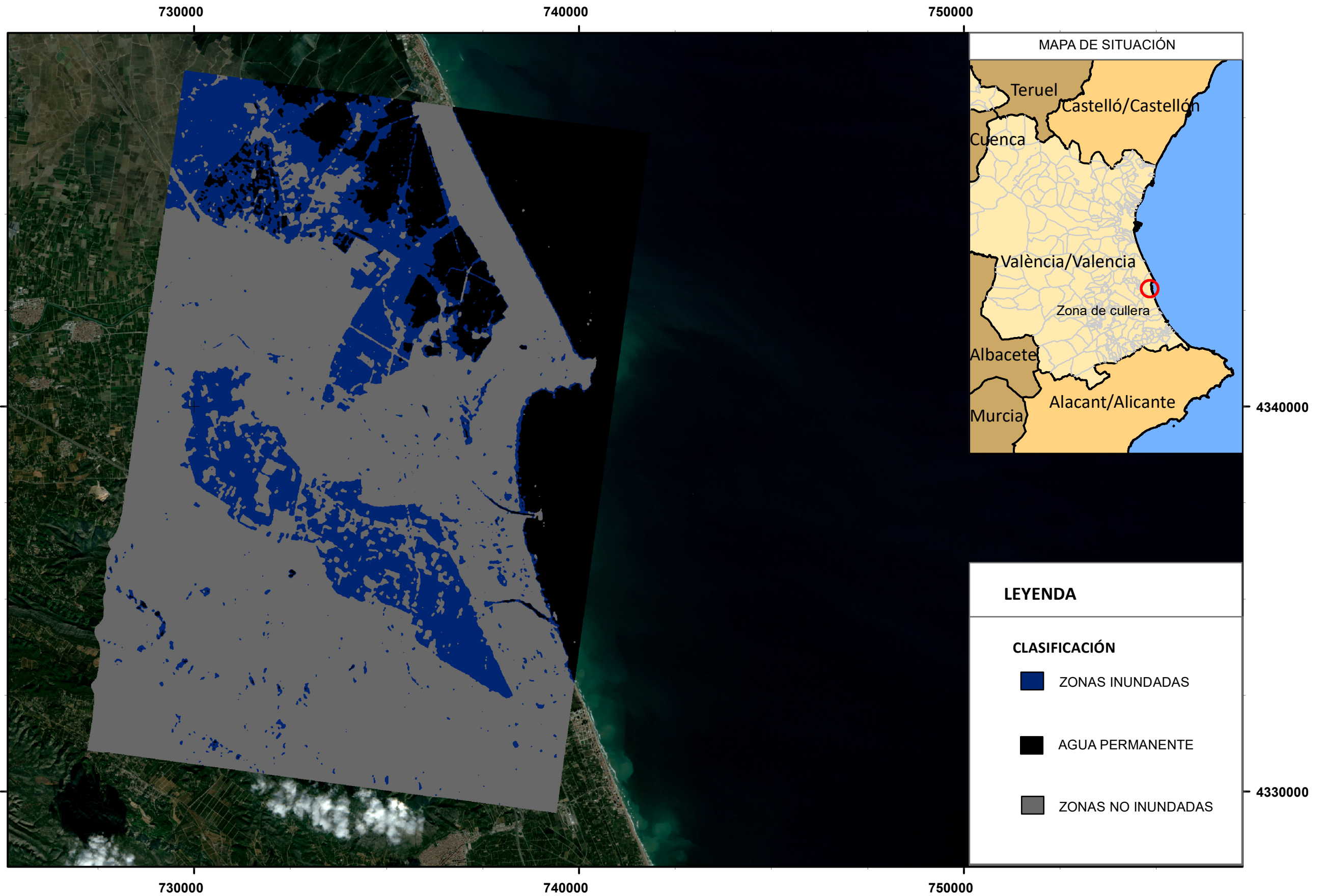
MAPA DE SITUACIÓN

LEYENDA

INUNDACIONES S-1

- ZONAS INUNDADAS
- AGUA PERMANENTE
- ZONAS NO INUNDADAS
- NO RELEVANTES


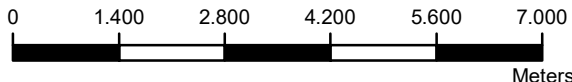

 <p>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA</p>	<p>TÍTULO DEL PROYECTO IDENTIFICACIÓN Y ESTUDIO DE MASAS DE AGUA MEDIANTE EL EMPLEO DE IMÁGENES RADAR DE SENTINEL-1</p>		<p>TÍTULO DEL PLANO LOCALIZACIÓN ZONAS INUNDADAS EN EL DELTA DEL EBRO</p>		<p>ESCALA NUMÉRICA 1:250000</p>	
	<p>AUTOR JAVIER SOLÁ FERRER</p>	<p>ESCALA GRÁFICA</p>  <p style="text-align: right; font-size: small;">Meters</p>		<p>SISTEMA DE REFERENCIA ETRS89</p>	<p>PROYECCIÓN UTM</p>	<p>HUSO 31N</p>	Nº MAPA 2/
 <p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p>	<p>TUTOR ALFONSO FERNÁNDEZ SARRIÀ</p>					

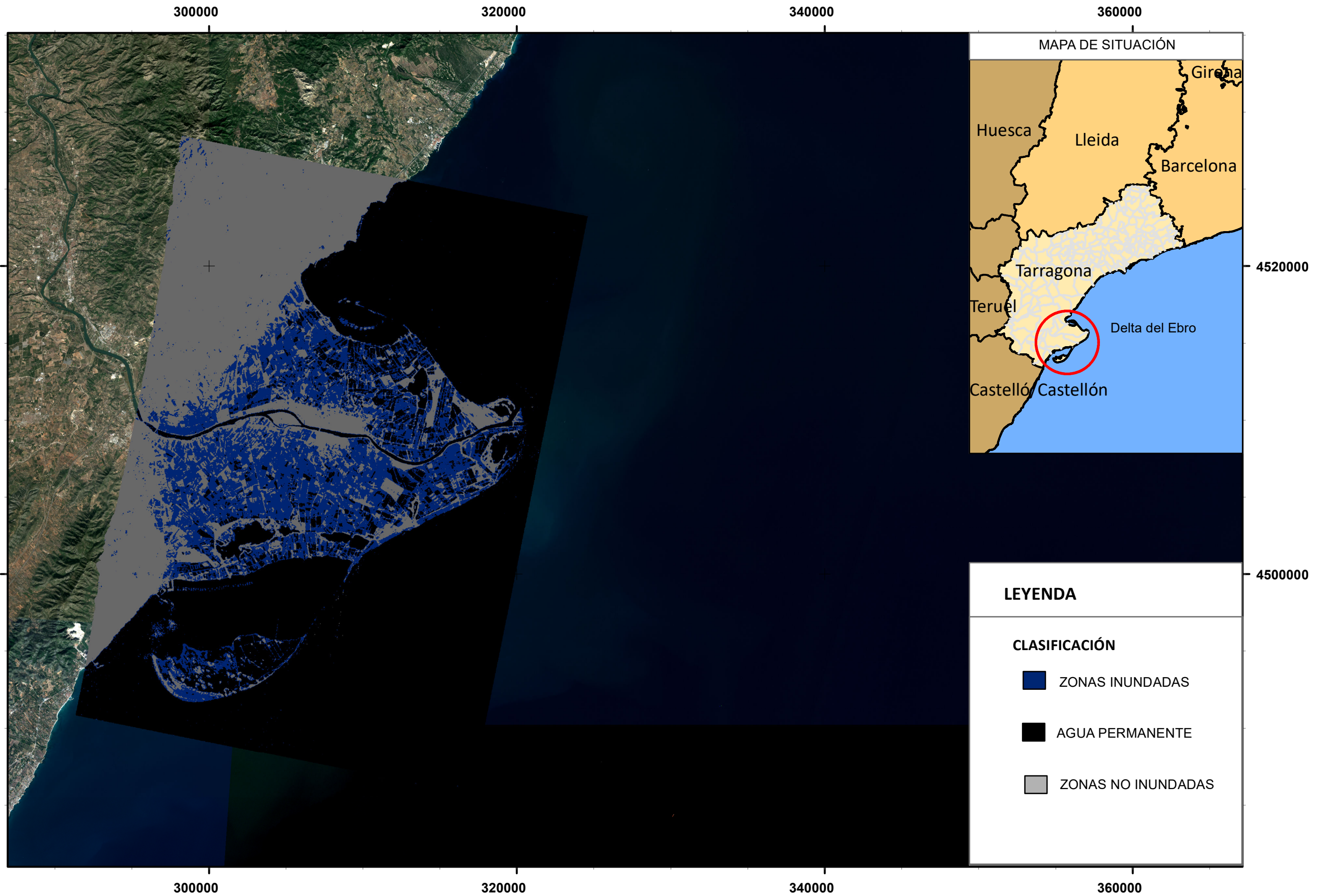


LEYENDA

CLASIFICACIÓN

- ZONAS INUNDADAS
- AGUA PERMANENTE
- ZONAS NO INUNDADAS


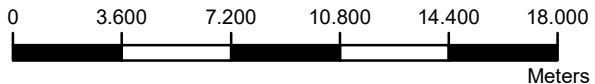
 <p>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA</p>	<p>TÍTULO DEL PROYECTO IDENTIFICACIÓN Y ESTUDIO DE MASAS DE AGUA MEDIANTE EL EMPLEO DE IMÁGENES RADAR DE SENTINEL-1</p>		<p>TÍTULO DEL PLANO CLASIFICACIÓN ZONAS INUNDADAS EN LA ZONA DE CULLERA</p>		<p>ESCALA NUMÉRICA 1:100000</p>	
	<p>AUTOR JAVIER SOLÁ FERRER</p>	<p>ESCALA GRÁFICA</p> 		<p>SISTEMA DE REFERENCIA ETRS89</p>	<p>PROYECCIÓN UTM</p>	<p>HUSO 30N</p>	Nº MAPA 3/
 <p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p>	<p>TUTOR ALFONSO FERNÁNDEZ SARRIÀ</p>					



LEYENDA

CLASIFICACIÓN

- ZONAS INUNDADAS
- AGUA PERMANENTE
- ZONAS NO INUNDADAS


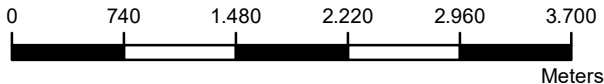
 <p>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA</p>	<p>TÍTULO DEL PROYECTO IDENTIFICACIÓN Y ESTUDIO DE MASAS DE AGUA MEDIANTE EL EMPLEO DE IMÁGENES RADAR DE SENTINEL-1</p>		<p>TÍTULO DEL PLANO CLASIFICACIÓN DE LAS ZONAS INUNDADAS EN EL DELTA DEL EBRO</p>		<p>ESCALA NUMÉRICA 1:250000</p>	
	<p>AUTOR JAVIER SOLÁ FERRER</p>	<p>ESCALA GRÁFICA</p>  <p style="text-align: right; font-size: small;">Meters</p>		<p>SISTEMA DE REFERENCIA ETRS89</p>	<p>PROYECCIÓN UTM</p>	<p>HUSO 31N</p>	Nº MAPA 4/



LEYENDA

LÍNEA DE AGUA

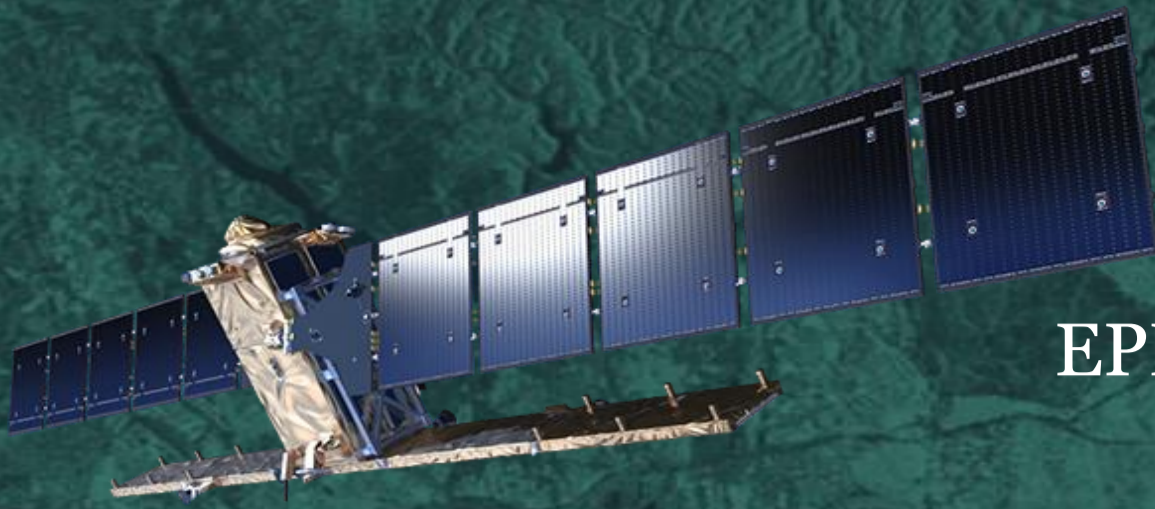
- LAGUNA 24/06/2019
- LAGUNA 30/06/2020

 <p>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA</p>	<p>TÍTULO DEL PROYECTO IDENTIFICACIÓN Y ESTUDIO DE MASAS DE AGUA MEDIANTE EL EMPLEO DE IMÁGENES RADAR DE SENTINEL-1</p>		<p>TÍTULO DEL PLANO CICLO HIGROLÓGICO DE LA LAGUNA DE GALLOCANTA</p>			<p>ESCALA NUMÉRICA 1:50000</p>	
	<p>AUTOR JAVIER SOLÁ FERRER</p> <p>TUTOR ALFONSO FERNÁNDEZ SARRIÁ</p>	<p>ESCALA GRÁFICA</p>  <p>Meters</p>		<p>SISTEMA DE REFERENCIA ETRS89</p>	<p>PROYECCIÓN UTM</p>	<p>HUSO 30N</p>	<p>Nº MAPA 5/</p>


UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA



10. Anejos



EPECIFICACIONES TÉCNICAS SENTINEL 1

<p>DESCRIPCIÓN:</p> <p>Sentinel-1 es una misión de imágenes radar que proporciona imágenes continuas en la banda C. Proporciona alta fiabilidad, mejor resolución temporal, cobertura geográfica y rápida discriminación de la información, para el apoyo a servicios de monitoreo marino, terrestre y servicios de emergencia.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • MODOS DE ADQUISICIÓN • PRODUCTOS • RESOLUCIONES • FRECUENCIA Y COBERTURA • POLARIZACIÓN • ORBITAS 	<p>MODOS</p> <p>StripMap (SM)</p> <p>Interferometría Banda Ancha (IW)</p> <p>Extra Ancha (EW)</p> <p>Ondas (IW)</p>	<p>PRODUCTOS</p> <p>Level0 (Raw)</p> <p>Level1-SLC (Vista única)</p> <p>Level1-GRD (Proyección)</p> <p>Level2(oceánico)</p>
--	--	--	--

Figura A-1. Product Levels From Modes. European Space Agency - ESA

RESOLUCIÓN TEMPORAL

Sentinel 1 tiene una órbita con un ciclo de repetición de 12 días y 175 órbitas por ciclo para un solo satélite.

- S-1ª (ascendente) y S1B (descendente) desfase de 180º en órbita
- Frecuencia de repetición 6 días
- Frecuencia de solape (Altas latitudes 1 día, Europa 2 días, ecuador 3 días)
- Altitud: 693km / Inclinación: 98.19deg

POLARIZACIÓN

- WV ---- (VV o HH)
- SM / IW / EW
 - Dual (VV+VH o HH+HV)
 - Single (VV o HH)

RESOLUCIÓN RADIOMÉTRICA

La resolución radiométrica para los productos de nivel 1 para cada uno de los modos de adquisición es 16 bits por pixel

Tabla A-1
Resolution Level 1 GRD. European Space Agency -ESA

Modo	Tipo de producto	Tipo de resolución	Resolución	Distanciamiento entre pixels	Numero de Tomas	ENL
SM	SLC		1.7x4.3 to 3.6x4.9	1.5x4.3 to 3.6x4.9	1x1	1
	GRD	FR	9x9 m	3.5x3.5 m	2x2	3.7
		HR	23x23 m	10x10 m	6x6	29.7
IW		MR	84x48m	40x40 m	22x22	398.4
	SLC		2,7x22 to 3.5x22	2.3x14.1	1x1	1
	GRD	HR	20x22 m	10x10 m	5x1	4.4
EW		MR	88x87m	40x40 m	22x5	81.8
	SLC		7.9x43 to 3.5x22	5.9x19.9	1x1	1
	GRD	HR	50x50 m	25x25m	3x1	2.8
WV		MR	93x87 m	40x40 m	6x2	10.7
	SLC		2.0x4.8 3.1x4.8	1.7x4.1 2.7x4.1	1x1	1
	GRD	MR	52x51m	25x25 m	13x13	123.7

RESOLUCIÓN TEMPORAL

- 2 satélites en órbita de 12 días
- Frecuencia de repetición 6 días
- Frecuencia de solape (Altas latitudes 1 día, Europa 2 días, ecuador 3 días)

COBERTURA

SM ---- 80 km IW ---- 250 km

EW --- 410 km WV ---- 20x20 km

GLOSARIO

ENL -- Numero de tomas equivalentes

FR -- Resolución total

HR -- Alta resolución

MR -- Media resolución

23323544:TFG-

IDENTIFICACIÓN_Y_ESTUDIO_DE_MASAS_DE_AGUA_MED..
1l.pdf

INFORME DE ORIGINALIDAD

4%

INDICE DE SIMILITUD

3%

FUENTES DE
INTERNET

1%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

bedruktegeschenken.nl

Fuente de Internet

1%

2

Brian Otieno Odhiambo, Benson Kipkemboi Kenduiywo, Kennedy Were. "Spatial prediction and mapping of soil pH across a tropical afro-montane landscape", Applied Geography, 2020

Publicación

<1%

3

docplayer.es

Fuente de Internet

<1%

4

hdl.handle.net

Fuente de Internet

<1%

5

revistas.ucm.es

Fuente de Internet

<1%

6

www.daroca.org

Fuente de Internet

<1%

7

idus.us.es

Fuente de Internet

<1%

8

Jifa Guo, Hongyuan Huo. "An Enhanced IT2FCM* Algorithm Integrating Spectral Indices and Spatial Information for Multi-Spectral Remote Sensing Image Clustering", Remote Sensing, 2017

Publicación

<1%

9

geofocus.rediris.es

Fuente de Internet

<1%

10

en.calameo.com

Fuente de Internet

<1%

11

calderon.cud.uvigo.es:8080

Fuente de Internet

<1%

12

Submitted to Universitat Politècnica de València

Trabajo del estudiante

<1%

13

I. López, L. Aragonés, M. López, A. Palazón, M.E. Gómez-Martín. "Relative position of the size of sediments in the cross-shore profile", International Journal of Sustainable Development and Planning, 2017

Publicación

<1%

14

mappinggis.com

Fuente de Internet

<1%

15

www.mathworks.es

Fuente de Internet

<1%

scalab.uc3m.es

16

Fuente de Internet

<1%

17

Marianthi Stefouli, Antigoni Panagiotopoulou, Eleni Charou, Panagiota Spastra et al. "Lignite mine monitoring and mapping using freely-available radar and optical satellite imagery", *International Journal of Mining and Mineral Engineering*, 2019

Publicación

<1%

18

T. Esch, S. Üreyen, J. Zeidler, A. Metz–Marconcini et al. "Exploiting big earth data from space – first experiences with the timescan processing chain", *Big Earth Data*, 2018

Publicación

<1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Activo

IDENTIFICACIÓN Y ESTUDIO DE MASAS DE AGUA MEDIANTE EL EMPLEO DE IMÁGENES RADAR DE SENTINEL-1

Autor:
Javier Solá Ferrer

Tutor:
Alfonso Fernández Sarriá

Grado en Ingeniería Geomática y Topografía

Trabajo Fin de Grado
Curso 2019-2020

RESUMEN

En este trabajo se abordarán algunas tareas básicas de procesado de datos radar del satélite Sentinel-1.

Se trabajará con software libre (SNAP), con datos de servidores de descarga gratuita y desde la perspectiva de la elaboración de estudios que permitan identificar masas de agua, bien sean continentales o bien sea la interfaz mar-tierra.

Se extenderá el estudio a un cierto período temporal.

OBJETIVOS

La identificación de las masas de agua se realizarán en tres casos de estudio.

Primer Caso Identificación de zonas inundadas en la zona de Cullera

Segundo Caso Identificación de zonas inundadas en la zona del delta de Ebro

Tercer Caso Identificación y estudio del ciclo hidrológico de la laguna de Gallocanta.

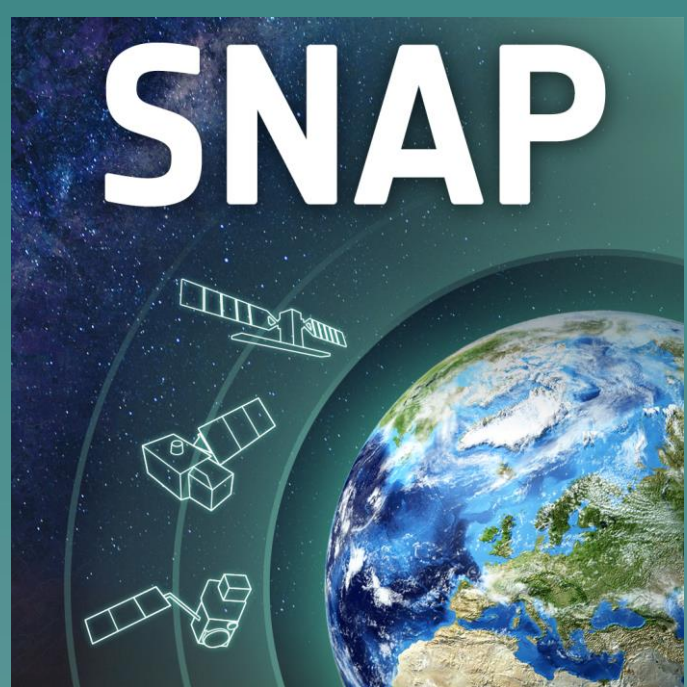
DATOS



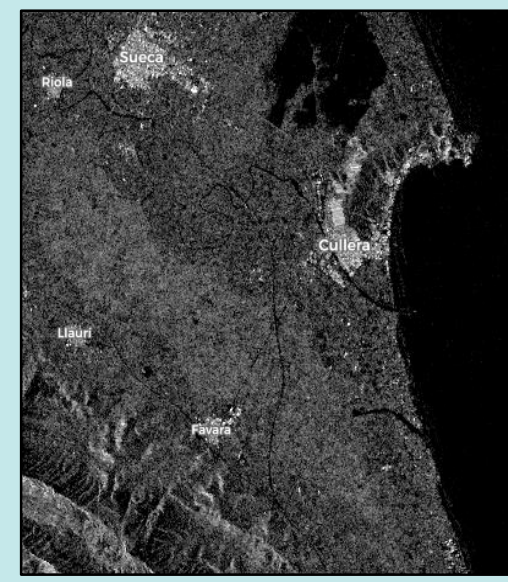
ASF
Data Search
Vertex

Caso	Identificador del Producto	Fecha
1	S1B_IW_GRDH_1SDV_20200109T060114_20200109T060139_019736_025508_BD86	24/06/2019
1	S1B_IW_GRDH_1SDV_20200121T060114_20200121T060139_019911_025A9D_5E19	30/06/2020
2	S1B_IW_GRDH_1SDV_20200109T060049_20200109T060114_019736_025508_1798	09/01/2020
2	S1B_IW_GRDH_1SDV_20200121T060049_20200121T060114_019911_025A9D_ACFA	21/01/2020
3	S1B_IW_GRDH_1SDV_20190624T060904_20190624T060929_016834_01FAD6_2D55	09/01/2020
3	S1B_IW_GRDH_1SDV_20200630T060911_20200630T060936_022259_02A3EF_F1FC	21/01/2020

PROGRAMAS



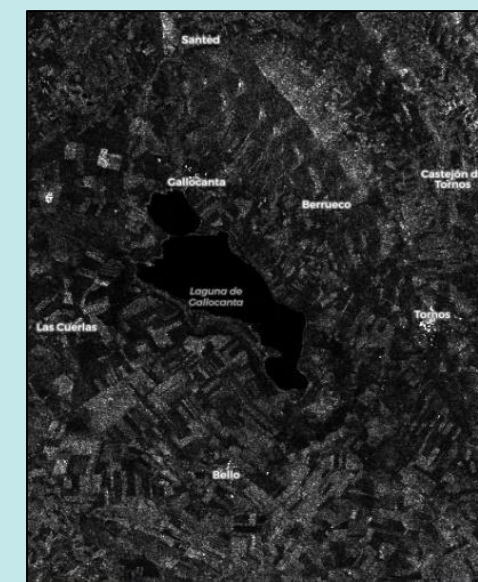
Primer caso



Segundo caso



Tercer caso



Características

Tipo de Producto	Nivel 1 - GRD
Misión	Sentinel-1B
Adquisición	IW
Pasada	Descendente
Polarización	VH VV

Preprocesamiento

- Recorte zona de trabajo
- Aplicación archivo de órbita
- Filtro de ruido térmico
- Filtro de ruido de moteado
- Calibración
- Corrección del terreno

Identificación

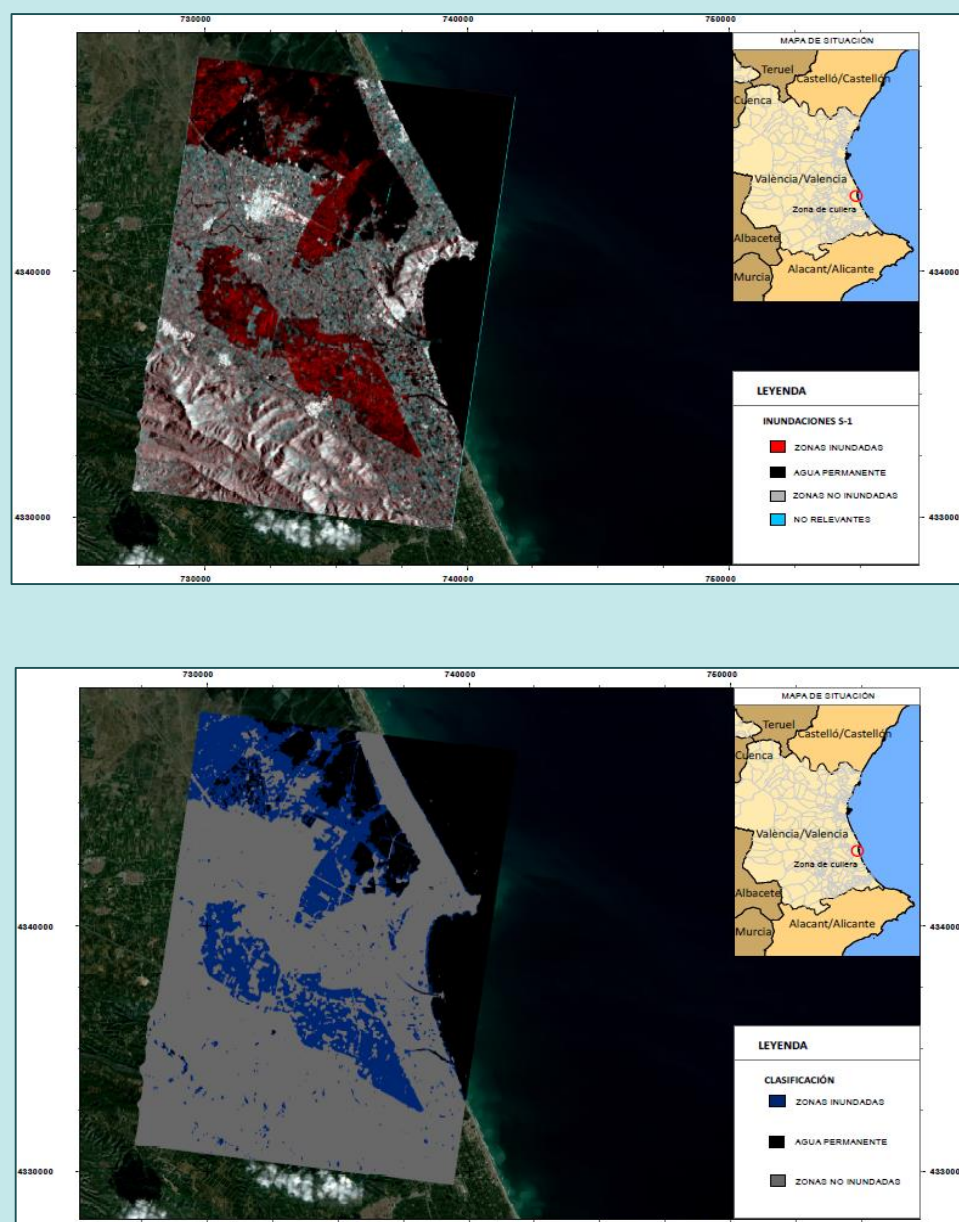
- Creación de una composición de imagen RGB.
- Color rojo representan zonas inundadas.
 - Color negro representa zonas de agua permanente.
 - Color gris representa zonas invariables de tierra.

Análisis

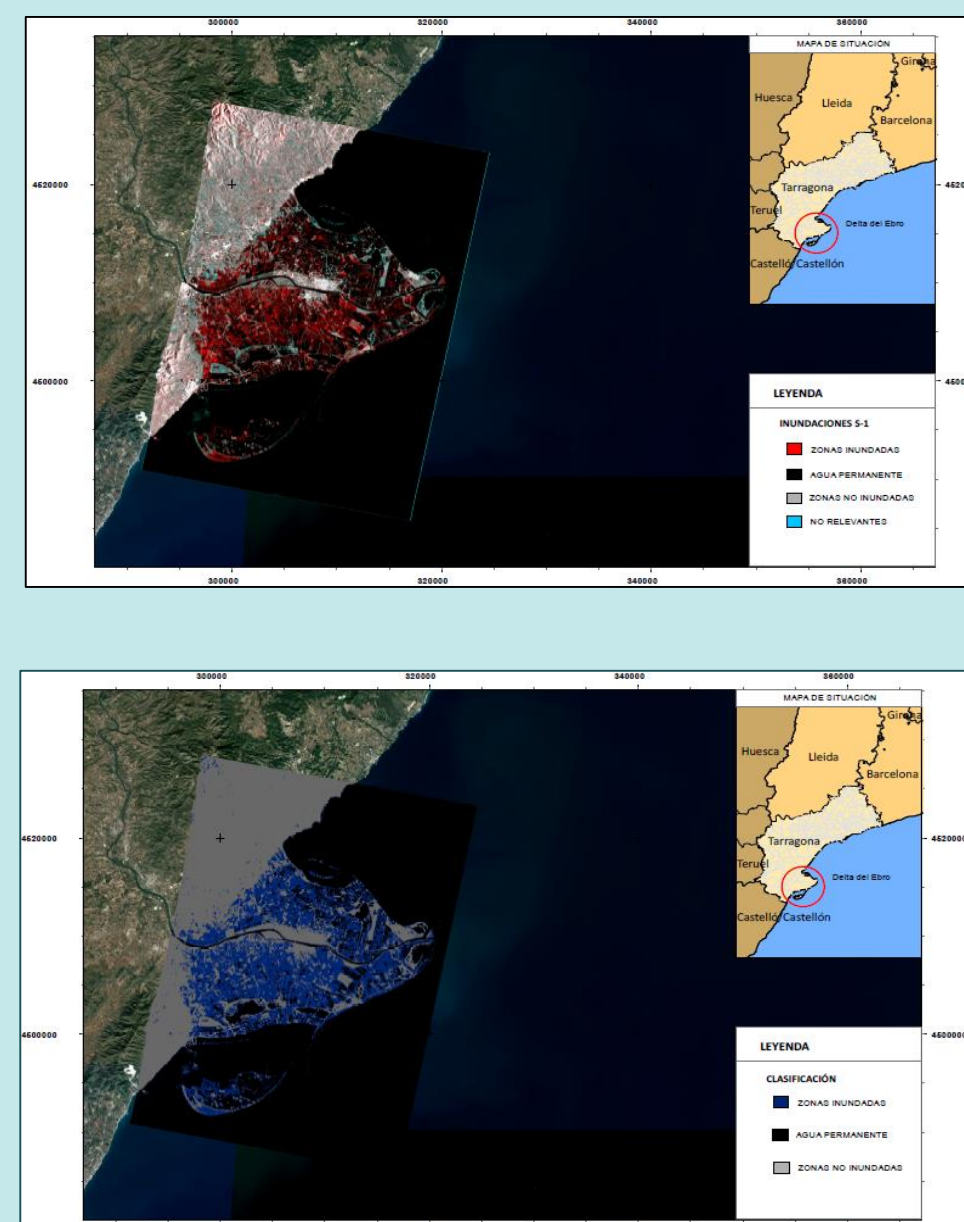
Creación de las máscaras que representan las zonas de agua identificadas, mediante una clasificación supervisada utilizando el algoritmo *Random Forest*.

Se realizará una evaluación de la exactitud de la clasificación mediante matriz de confusión, y en el tercer caso se evaluará frente a una máscara obtenida mediante imágenes Sentinel-2.

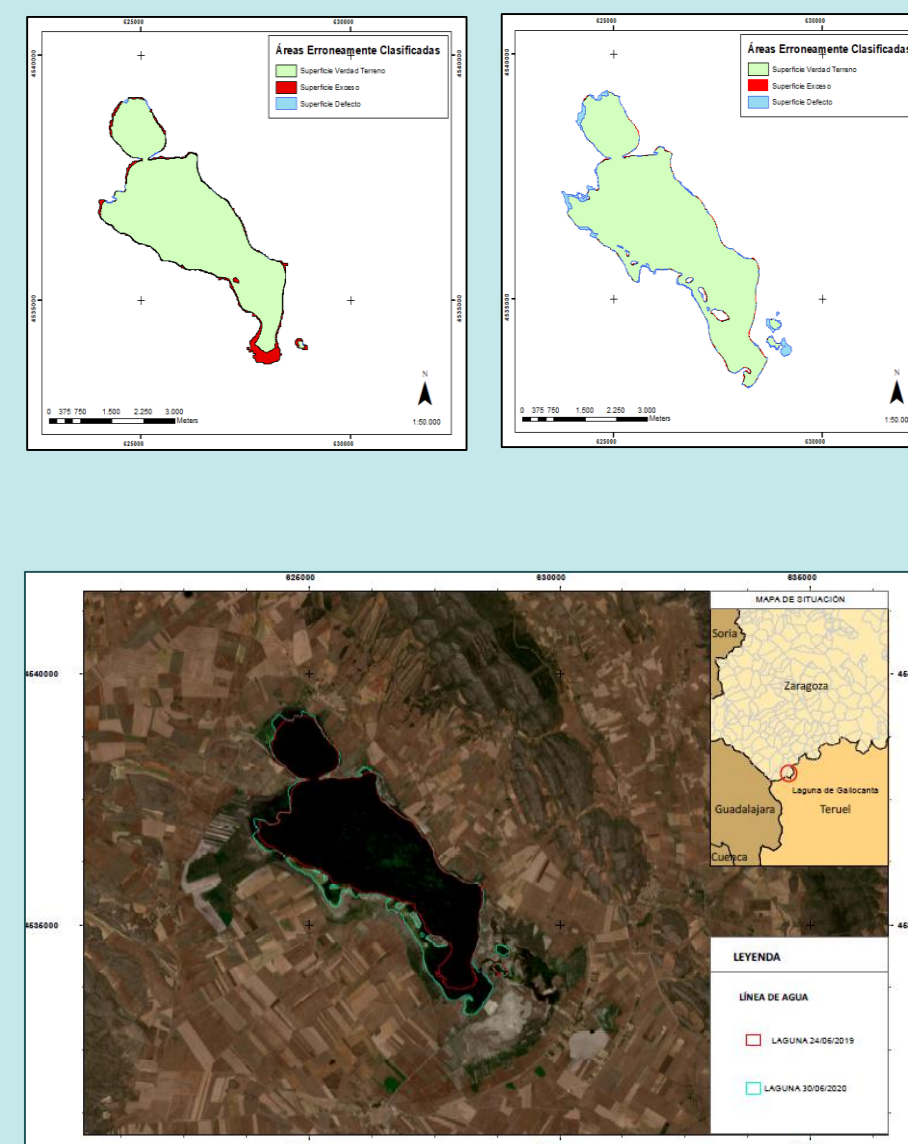
PRIMER CASO



SEGUNDO CASO



TERCER CASO



CONCLUSION

Las máscaras obtenidas en los primeros casos, presentan una buena representación de las zonas inundadas. El índice Kappa obtenido en la matriz de confusión de los dos primeros casos es 0.88 y 0.92 respectivamente, lo que indica una buena clasificación de la imagen.

En cuanto al tercer caso, los errores obtenidos frente a la verdad terreno en la imagen primera es del 2.5% y en la segunda del 6.95%. La diferencia de superficie de superficie entre las dos imágenes es 15.66%.

Las imágenes S-1 proporcionan rápida y fácil identificación de masas de agua, aunque en comparación a las imágenes Sentinel-2 aparecen errores en los bordes debido a la diferencia de resoluciones.

BIBLIOGRAFIA:

Cabezas Rabadán, C. (2015). *Análisis de la línea de costa y su relación con los parámetros morfológicos de la Safor* (Máster). Universidad de Valencia.

Herrero, J., Castañeda, C., Losada, J., & Díaz, N. (2005). Cartografía de coberturas asociadas a las fluctuaciones de la Laguna de Gallocanta. *Revista De Teledetección: Revista De La Asociación Española De Teledetección*.

Nguyen, B. (2015). Automatic detection of surface water bodies from Sentinel-1 SAR images using Valley-Emphasis method. *Vietnam Journal Of Earth Sciences*, 37, 328-342. Retrieved from <http://www.vjs.ac.vn/index.php/jse>

ESPAÑA



DOCUMENTO NACIONAL DE IDENTIDAD

BKP117947



APELLIDOS / COGNOMS

SOLÀ

FERRER

NOMBRE / NOM

JAVIER

SEXO / SEXE

M

NACIONALIDAD / NACIONALITAT

ESP

FECHA DE NACIMIENTO / DATA DE NAIXEMENT

01 11 1995

170919

NUM SOPORT

BKP117947

VALIDEZ / VALIDESA

17 09 2024

DNI 23323544A

332416

