

PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN 2020

MEMORIA DEL PROYECTO Nº 01

1. Datos del proyecto

Título: CALIBRACIÓN DE MODELOS HIDROLÓGICOS MEDIANTE SENSOR RADAR Y SISTEMAS DE MEDIDA

Investigador/a/es responsable/es: Cristina Allende Prieto

Teléfono: 619873759

E-mail: callende@uniovi.es

Otros investigadores: Carlos Antonio López Sánchez, Pablo Rodríguez González, Maria del Carmen Recondo González, María del Rosario González, Antonio Menéndez Suárez Inclán, Tomás Enrique Martínez Chao

Empresas o instituciones colaboradoras: Empresa Municipal de Aguas de Gijón, EXCADE S.L., Estudio Roble S.L.

2. Memoria descriptiva del proyecto

La teledetección ha demostrado ser una excelente herramienta para el control remoto de datos distribuidos espacial y temporalmente, así como de los parámetros más relevantes de la superficie de la Tierra, incluidos los parámetros del suelo. De hecho, los sensores radar SAR (*Synthetic Aperture Radar*) ofrecen la oportunidad de determinar la humedad del suelo, SM (*Soil Moisture*) a escala global, regional y local. Por otro lado, la información geoespacial es esencial para la realización de estudios de modelado hidrológico precisos.

El objetivo del proyecto era obtener modelos hidrológicos predictivos de la zona de interés con el fin de poder determinar las condiciones y zonas de riesgo de inundación. Los problemas generados de los episodios de lluvia intensos de los últimos años requieren de soluciones predictivas que podemos plantear si conocemos las condiciones de saturación de humedad del suelo. Esto nos permite determinar, además, aquellas zonas con riesgo de inundación en determinadas condiciones y tomar soluciones preventivas a corto, medio y largo plazo. Las empresas que avalan el proyecto (EMA, Estudio Roble y EXCADE) han mostrado un alto interés en su desarrollo por dedicarse al diseño, ejecución y explotación de infraestructuras que aporten este tipo de soluciones.

En este proyecto nuestro equipo se propuso entonces recopilar el conjunto de datos geoespaciales disponibles de varias zonas del entorno de la Escuela Politécnica de Gijón (EPI) y del barrio de Nuevo Rocés (Gijón), realizar un análisis de estos, generar modelos hidrológicos de la zona, proceder a su calibración mediante sistemas de medida en campo y utilizar las imágenes radar para conocer y controlar el grado de humedad del suelo (SM). Sin embargo, de las fases previstas, y debido a la pandemia del covid-19, no se pudo realizar todavía la instalación de caudalímetros por parte de la EMA; ni la simulación hidrológica, ya que la recepción de las imágenes radar de alta resolución PAZ, con las que trabajamos, se hizo mucho más tarde de lo previsto, siendo recibidas la mayoría recientemente (el 26 de noviembre de 2020). Por ello, desde la recepción de las imágenes y contando con la medida de la SM en el campo, nos hemos centrado en el procesado y análisis de estos datos, así como de los obtenidos por otros sensores en el periodo de estudio (de septiembre a diciembre de

2020). Buscamos obtener una correlación adecuada entre los datos SM de campo y los del satélite PAZ en las zonas medidas, para poder obtener modelos de estimación de la SM a partir de los datos de PAZ y otros parámetros espacio-temporales (altura, fecha, condiciones meteorológicas, tipo de cobertura, etc.) para poder estimar SM cada paso del satélite PAZ (para este proyecto, cada 11 días).

2.1 Resumen ejecutivo

La realización del proyecto se fundamenta en la necesidad de abordar los problemas generados de los episodios de lluvia intensos de los últimos años, que requieren de soluciones predictivas que podemos plantear si conocemos las condiciones de saturación de humedad del suelo. Esto nos permite determinar además aquellas zonas con riesgo de inundación en determinadas condiciones y tomar soluciones preventivas a corto, medio y largo plazo.

En el tiempo de duración de este proyecto solo hemos podido realizar las primeras fases previstas, que son la recopilación de toda la información geoespacial de la zona de estudio de diferentes organismos, la toma de datos en campo, como la humedad del suelo (SM) de las 21 áreas de interés en los 5 días de paso del satélite radar PAZ entre septiembre y noviembre de 2020, así como la toma de datos meteorológicos (Ta, W, HR) correspondientes al momento de la toma de los datos de SM. El retraso se debe en parte a que hemos recibido las imágenes PAZ a finales de noviembre (y su pre-procesado y su análisis de comparación con los datos de SM requiere bastante tiempo) y, por otra parte, la existencia del problema del covid-19 hizo que no se pudieran hacer otros trabajos en campo (como la instalación de caudalímetros por parte de la EMA). Todo ello ha hecho que la generación de modelos hidrológicos predictivos de riesgo de inundaciones no se haya podido realizar en el marco temporal de este proyecto.

Además de los datos del satélite español radar PAZ, hemos contado con datos de los satélites de la ESA Sentinel 1 (radar), Sentinel 2 (óptico) y Sentinel 3 (térmico), todos de peor resolución espacial que los datos PAZ (de 1.25 m de resolución espacial). Estos satélites no pasan normalmente el mismo día que el satélite PAZ, así que hemos tomado los datos de estos más cercanos en fecha a su paso.

Para obtener modelos de estimación de SM de los datos del coeficiente de retrodispersión de PAZ hemos probado con un modelo lineal SM-Coeficiente (en dB) y modelos lineales múltiples, que usan otras variables además del coeficiente de retrodispersión de PAZ, para estimar SM, variables como datos meteorológicos (Ta, W, HR), altura del punto (h), pendiente (p), fecha, datos Sentinel 1, etc. Hemos comprobado que el modelo lineal simple no es adecuado, por su baja correlación, mientras que el mejor modelo múltiple obtenido hasta el cierre de esta memoria da un $R^2=0.48$ e incluye como variables significativas, además del coeficiente de retrodispersión de PAZ, Ta y la fecha.

Hemos comprobado que los datos de Sentinel 1 no mejoran los modelos, pero nos falta probar con los índices de vegetación/suelo obtenidos del satélite Sentinel 2, que ya hemos realizado pero que aún no hemos aplicado en los modelos, ya que el satélite Sentinel 2 no coincide en su día de paso con PAZ, así que debemos buscar un modo de interpolar los datos de los índices entre dos fechas cercanas a la de PAZ. Además, en las zonas de césped hemos comprobado que los índices varían, por ejemplo, el NDVI, dando una señal de suelo cuando se ha segado recientemente y de vegetación cuando esta empieza a crecer después de la siega. Así que debemos pensar cómo incorporar estos índices a los modelos. Tampoco ha sido posible incorporar aún la temperatura superficial del suelo (LST) del Sentinel 3, aunque en este caso, Ta se ha demostrado en muchos artículos correlacionada con la LST, así que quizás valga solo Ta, que ya tenemos. Faltaría, asimismo, conocer en más detalle la composición del suelo para ver si influye también en el contenido de humedad de este. Otros parámetros como la rugosidad del suelo, etc. serían también importantes. Para su obtención, se prevé en el futuro tomar

muestras del suelo y analizarlas en el laboratorio, así como analizar modelos de elevación del terreno (MDE) de alta resolución que estamos obteniendo actualmente de las medidas con un láser escáner ya realizadas en el campo con la financiación de ayuda a grupos de investigación de la Universidad de Oviedo, en concreto, de la ayuda al grupo RSApps al que pertenecemos varios de los investigadores de este proyecto.

Las imágenes Radar proceden del satélite Paz. Este satélite está gestionado por el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial y por Resolución 420/38287/2018, de 8 de noviembre, de la Secretaría General Técnica, se publicó el Convenio entre el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial «Esteban Terradas» e Hisdesat Servicios Estratégicos, SA, para la realización de actividades Publicado en BOE viernes 23 de noviembre de 2018. La Universidad de Oviedo, previa solicitud y aprobación por parte del INTA, es beneficiaria de este convenio y disponemos de información gratuita de la zona con una resolución temporal de 11 días.

También indicar que las imágenes PAZ han sido obtenidas de forma gratuita para propósitos de investigación dentro del programa PAZ Ciencia.

2.2 Objetivos iniciales del proyecto y grado de consecución

Los objetivos del proyecto en sus diferentes fases son los siguientes:

1. Recopilar y superponer la información geoespacial de la zona de interés procedente de diferentes organismos estatales, regionales y locales. *Se ha completado.*
2. Gestión y análisis de esta información mediante Sistemas de Información Geográfica para la detección automática de cuencas y líneas de drenaje superficial.
3. Clasificación de diferentes usos de suelo y asignación de coeficientes de escorrentía. *Hemos realizado una clasificación visual y por índices de vegetación/suelo de imágenes ópticas, pero faltaría tomar muestras de suelo para dar la proporción exacta de sus diferentes componentes para una correcta asignación del coeficiente de escorrentía.*
4. Generación de modelos hidrológicos precisos a partir de esta información. *No se ha podido hacer aún.*
5. Calibración de los modelos con sistemas de medida basados en caudalímetros localizados en la zona de interés. *No se ha podido hacer aún.*
6. Procesado de imágenes radar para la monitorización de la humedad de suelo en la zona y correlación de los resultados con la calibración obtenida del punto anterior. *Se ha realizado el procesado de las imágenes y se han correlacionado solo con los datos de humedad del suelo (SM) de campo y distintas variables espacio-temporales.*
7. Generación de modelos hidrológicos predictivos que permitan adoptar soluciones preventivas y evitar riesgos de inundación. *No se ha podido hacer aún.*

2.3 Tareas realizadas

Durante la ejecución de las diferentes fases del proyecto se han realizado varias tareas, tanto en la parte de recopilación de los datos directamente en campo, como en la parte de teledetección y

procesado y análisis de sus datos. Los procesos los hemos dividimos en dos partes principales (Pre-Procesado y Análisis de los datos) y se muestran en un esquema en la Figura 1.

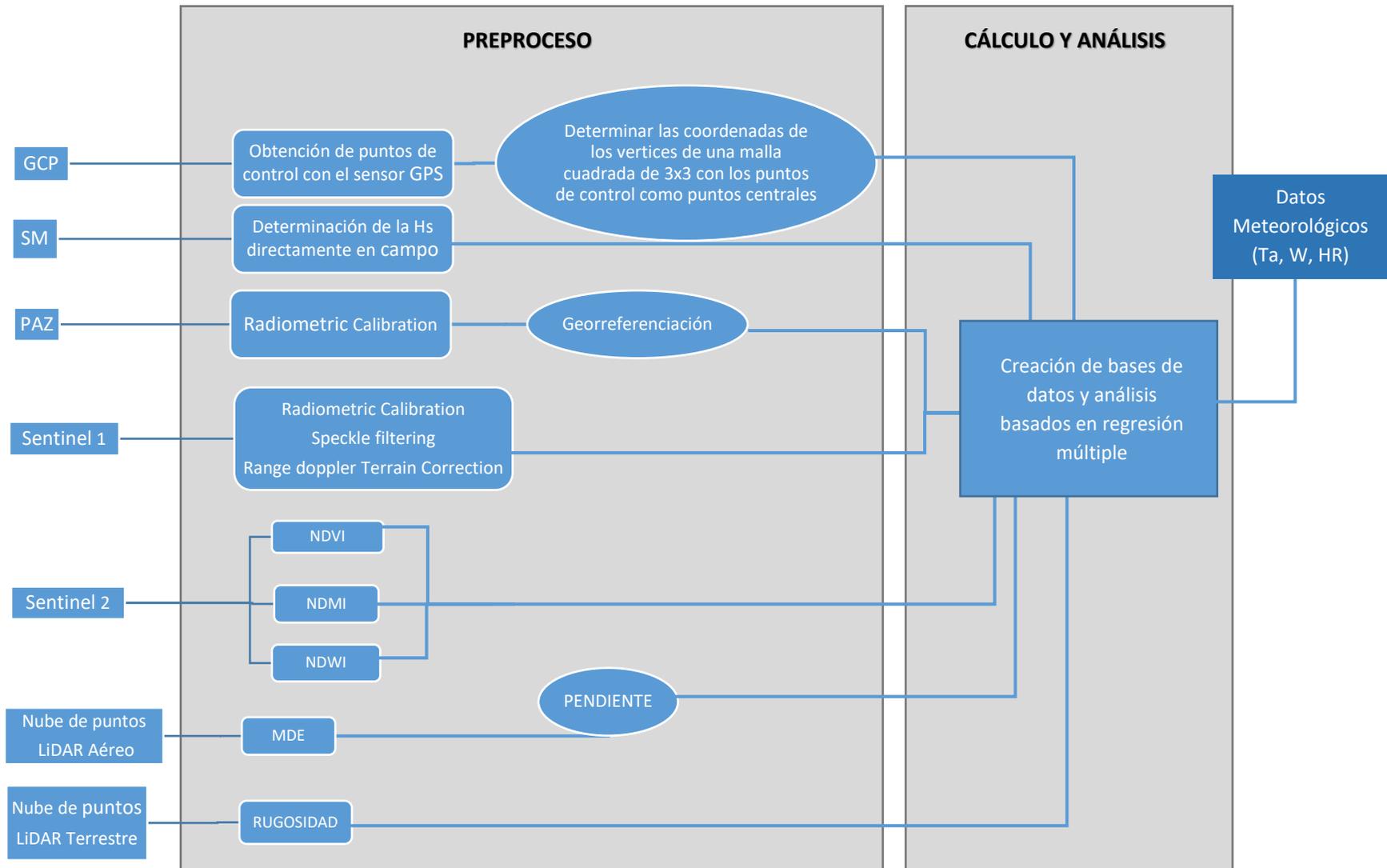


Figura 1: Esquema con el procesado y análisis de los datos realizados en este proyecto.

En las primeras etapas de planificación se establecieron las zonas de interés donde, posteriormente, se realizarían todos los trabajos, la instrumentación a emplear en la determinación de la humedad del suelo (SM) directamente en campo, los sensores remotos que se emplearían teniendo en cuenta el momento exacto de la toma en las áreas de interés, así como la recopilación de la bibliografía necesaria para establecer los procedimientos a seguir en la obtención de los datos y en el análisis de estos.

Las zonas escogidas corresponden a las áreas aledañas a la EPI y los alrededores de la urbanización de Nuevo Rocés (Figura 2). En estas áreas se determinaron un total de 21 puntos de control (GPC), 7 en la EPI y los otros 14 en Nuevo Rocés, los cuales fueron medidos con un receptor GPS de doble frecuencia TOPCON HIPER SR, con una precisión de 10 mm + 1,0 ppm en la horizontal y 15 mm + 1,0 ppm en la vertical.



Figura 2. Zonas de estudio: a la derecha, las 7 de la EPI y, a la izquierda, las 14 de Nuevo Rocés.

Una vez establecida la posición exacta de cada uno de los GCP, se planificó la toma de los datos de SM teniendo en cuenta el momento exacto en que pasaría el satélite español PAZ, que trabaja en banda X (1 banda espectral con una longitud de onda de 3 cm de longitud de onda; 1.25 m de resolución espacial).

De cada uno de los GCP se establecieron otros 4 puntos (vértices de una malla cuadrada de 3X3 m² con orientación al norte). A todos estos puntos se le realizaron mediciones de SM en % mediante una sonda ThetaProbes ML3 con un medidor de humedad HH2 (Figura 3), este presenta una exactitud de medición de la humedad del suelo de ± 1 % además de un medidor de temperatura incorporado.



Figura 3. Sensor ThetaProbe ML3 y Medidor de humedad HH2

El paso del satélite PAZ es cada 11 días por la zona de Gijón escogida para el trabajo, por lo que las mediciones se tomaron exactamente en los días correspondientes en los horarios más cercanos al paso del sensor, que es a las 18:25 UTC (19:25 hora oficial española en invierno; 20:25 hora oficial española en verano). A la par de estas imágenes también se procedió a la adquisición de imágenes provenientes de otros sensores de la ESA (European Space Agency) como el Sentinel 1 (radar; 10 m de resolución espacial), Sentinel 2 (óptico; 10-20 m) y Sentinel 3 (térmico) para realizar análisis de humedad, vegetación/suelo y temperatura, respectivamente. También contamos con datos procedentes de la estación meteorológica instalada en el campus de Gijón, la cual nos facilita datos horarios de temperatura del aire (T_a), precipitación (W), humedad relativa del aire (HR), etc.

El estudio bibliográfico que hicimos sobre el tema nos indica una relación existente entre el coeficiente de retrodispersión σ^0 observado por los sensores radar y el contenido de humedad volumétrico de la capa superficial del suelo. Así, nuestra tarea empezó intentando determinar los diferentes índices y parámetros que inciden en estos modelos y poder aplicarlos a nuestro caso de estudio.

Entre los parámetros que juegan un papel importante en el análisis se encuentran los relativos a la configuración del sensor remoto (frecuencia, polarización y ángulo de incidencia) y las condiciones de la superficie (rugosidad, características físicas del suelo, etc.). Los primeros los pudimos obtener directamente de los metadatos del sensor y, los segundos, de trabajos realizados directamente sobre el área de estudio.

La estimación de la SM mediante teledetección radar se puede abordar con el uso de modelos de retrodispersión, que simulan el coeficiente de retrodispersión σ^0 de una determinada superficie a partir de sus características y de diversos parámetros de la observación. Estos modelos pueden ser de tipo teórico, empírico y semi-empírico.

Para obtener los valores de retrodispersión de las imágenes PAZ se empleó el software libre SNAP de la ESA. Primero se importa la imagen y después, mediante la herramienta de calibración (Radar/Radiometric/Calibrate), transformamos los datos de valores digitales a valores de retrodispersión. Se debe también incorporar la banda del ángulo de incidencia a la nueva imagen creada, ya que necesitaremos exportarlas juntas en una sola imagen. Una vez realizado el proceso y exportada la imagen en formato GeoTIFF, y comprobado que la georreferenciación de las imágenes procedentes de los archivos de RADARPAZ en formato xml no era correcta, decidimos realizar la georreferenciación manualmente en el software libre QGIS, donde primero se debe importar la imagen

georreferenciada que nos facilitan en los datos del sensor RADARPAZ en formato GeoTIFF y mediante la herramienta Georreferenciador importar la imagen procesada de SNAP. El siguiente paso es determinar puntos de control identificables entre las dos imágenes y comprobar que el error entre los mismos sea mínimo. En nuestro caso los errores no superaron 1 cm por lo que consideramos que estaban dentro del permisible para este tipo de trabajo. Los valores de retrodispersión σ^0 fueron convertidos a unidades de decibelio (dB).

El siguiente paso fue el procesamiento de los puntos obtenidos en campo para determinar la posición exacta de los cuatro vértices de la malla mencionada anteriormente. Para esto se realizó primeramente un buffer cuadrado de 1.5 m (Figura 4).

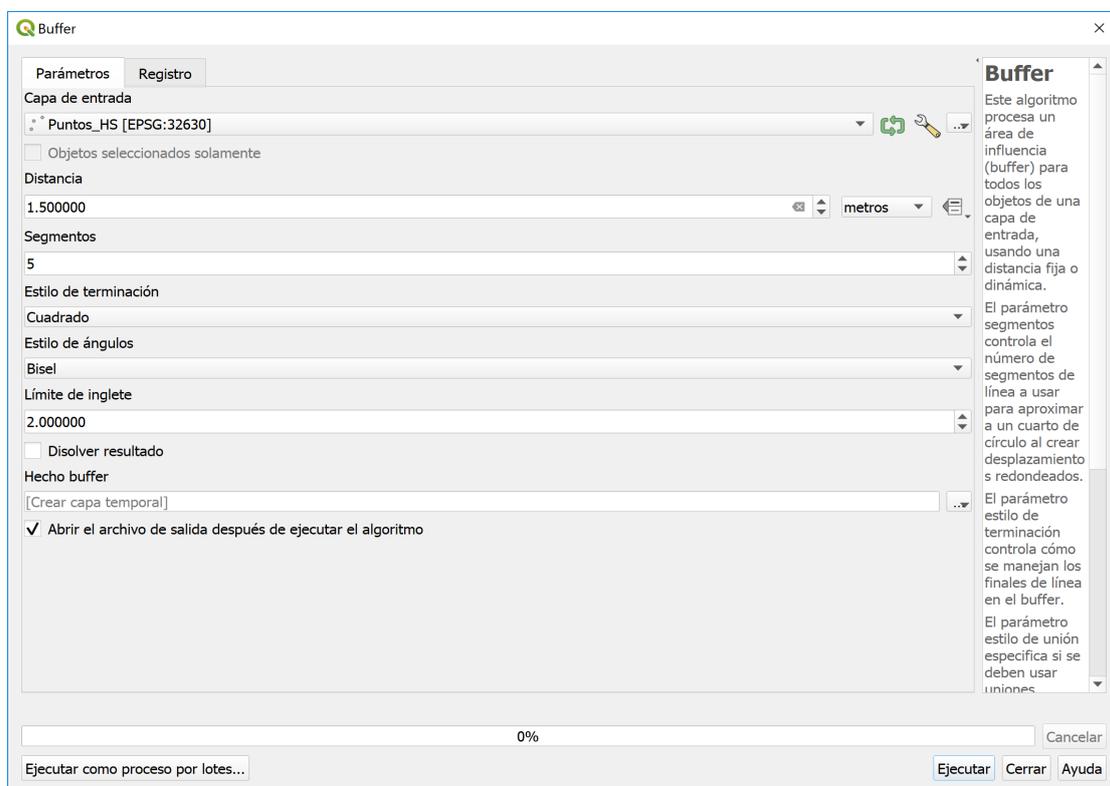


Figura 4: Herramienta para realizar un buffer en el software libre QGIS.

Seguidamente convertimos los polígonos en líneas y para esto nos apoyamos en la herramienta *Convert polygons to lines* de la librería de QGIS (Figura 5).

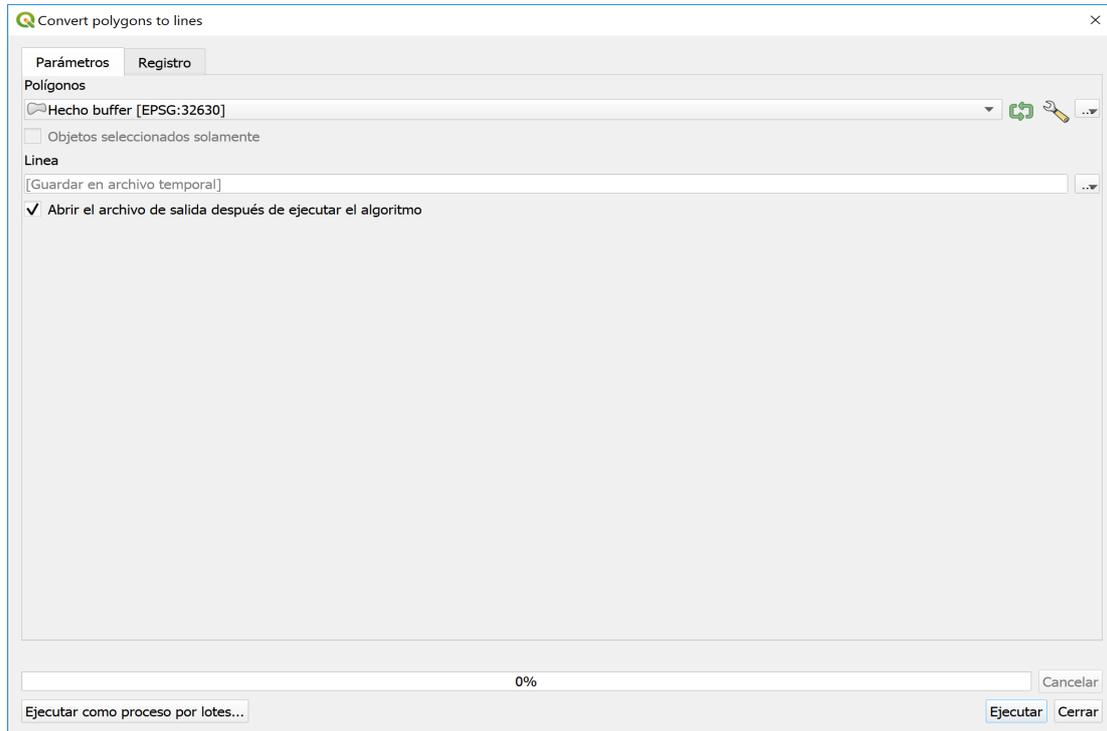


Figura 5: Herramienta *Convert polygons to lines* en QGIS

A continuación, estas líneas las transformamos en puntos para obtener los vértices (Figura 6).

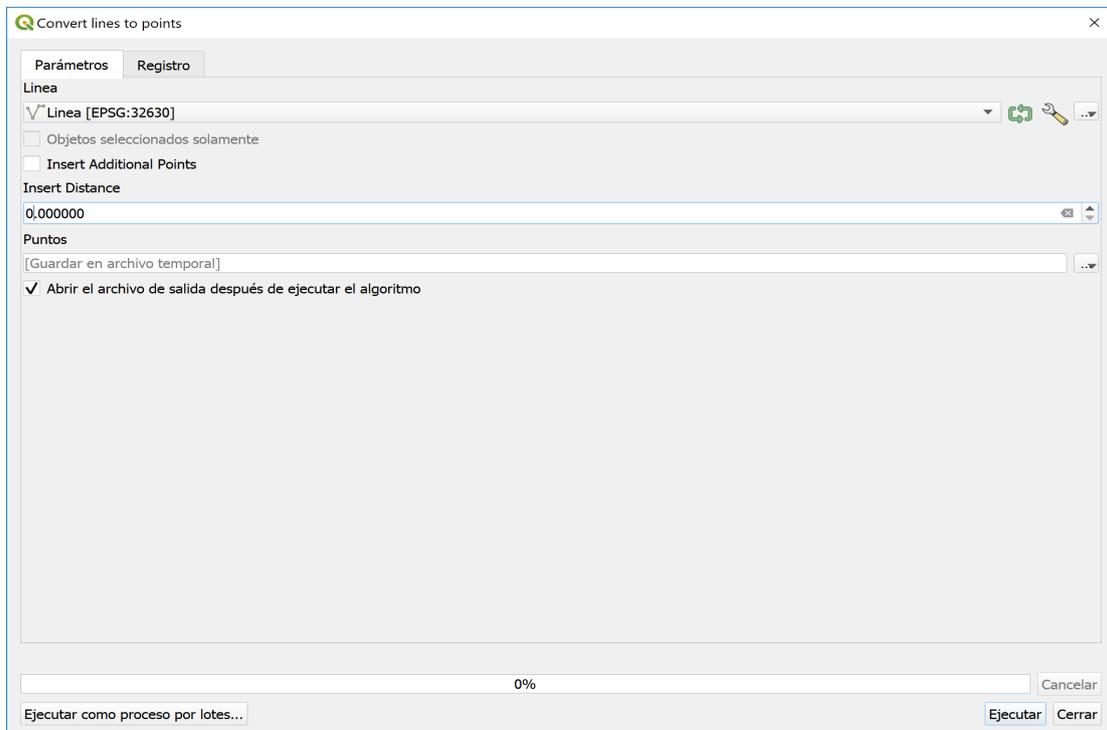


Figura 6: Herramienta *Convert lines to points* en QGIS.

Una vez creados todos los puntos pasamos a obtener las coordenadas X e Y de cada uno empleando la calculadora de campo, uniendo estos puntos mediante la herramienta unión a los puntos principales determinados con el receptor (Figura 7).

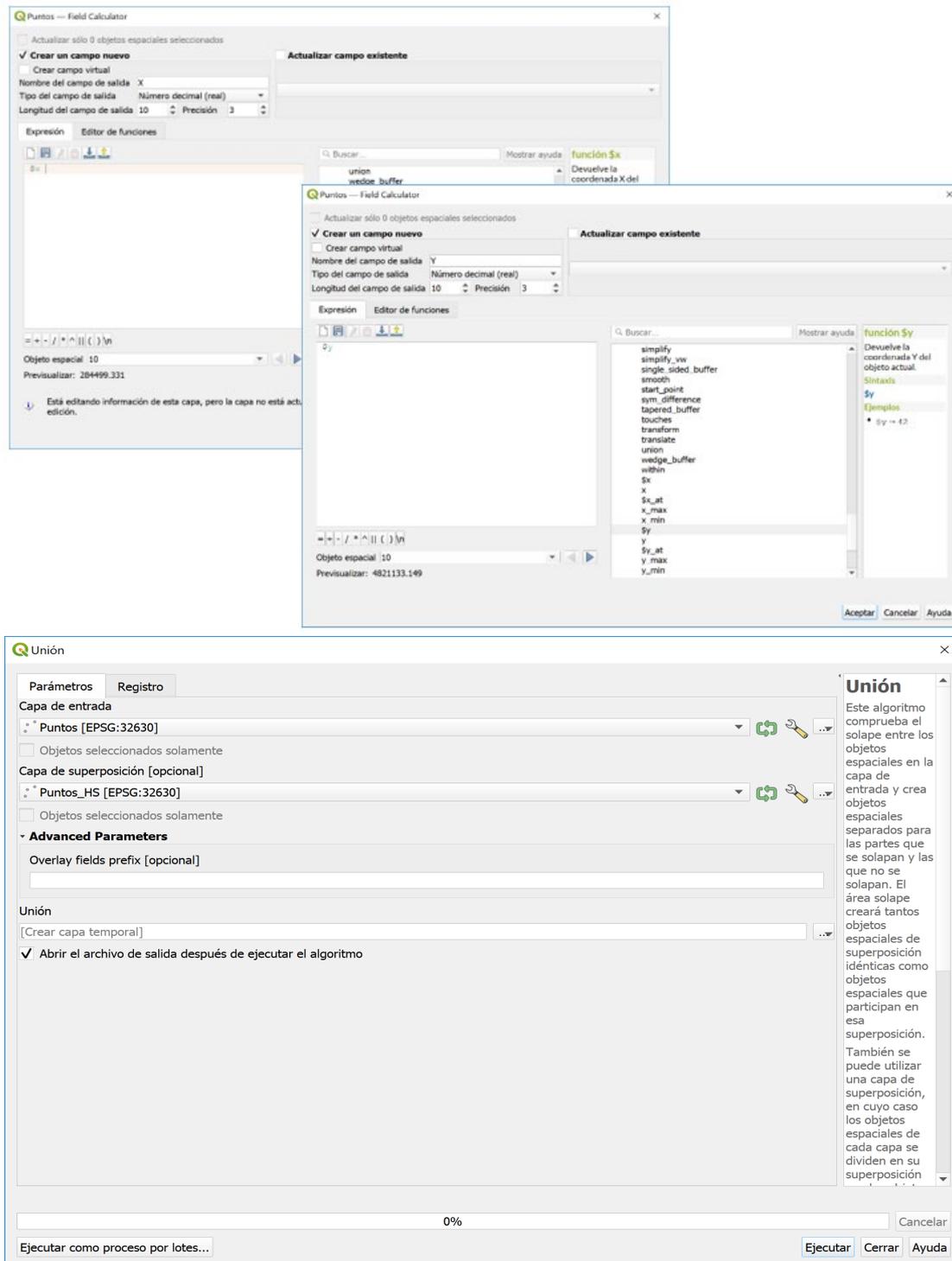


Figura 7. a) Calculadora de campo de QGIS con procedimiento para obtener las coordenadas en X.
b) Calculadora de campo de QGIS con procedimiento para obtener las coordenadas en Y.
c) Herramienta Union en QGIS.

El siguiente proceso fue la creación de los diferentes índices (NDVI, NDWI y NDMI) obtenidos mediante los datos de las distintas bandas del sensor óptico Sentinel 2. Para ello, usando el software SNAP, importamos las imágenes de los días más cercanos a la fecha de paso del satélite PAZ, siempre que la imagen Sentinel 2 estuviese libre de nubes ya que, al ser un sensor óptico las nubes aparecen en la imagen haciéndola inservible para nuestro trabajo (a diferencia de las imágenes radar, que son transparentes a las nubes) Las imágenes Sentinel 2 que se descargaron ya estaban corregidas de la atmósfera y topografía, por lo que simplemente se procedió a la creación de los índices mediante el empleo de la calculadora ráster, los cuales se determinan como se indica en las siguientes Ecuaciones (1), (2) y (3):

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI):

$$\text{NDVI} = (B8 - B4) / (B8 + B4) \quad (1)$$

Normalized Difference Moisture Index (NDMI):

$$\text{NDMI} = (B8 - B11) / (B8 + B11) \quad (2)$$

Normalized Difference Water Index (NDWI):

$$\text{NDWI} = (B3 - B8) / (B3 + B8) \quad (3)$$

Los índices obtenidos se exportaron en formato GeoTIFF para su posterior análisis.

El siguiente procedimiento se realizó con las imágenes del sensor Sentinel 1, primero descargando las imágenes correspondientes a las fechas más cercanas a las del paso del satélite PAZ. Las imágenes hasta ahora recibidas del Instituto Nacional de Técnicas Aeroespaciales (INTA) están en Polarización VV.

Una vez importadas las imágenes en el software SNAP, el primer proceso que se les aplicó fue el de la calibración, siempre con el empleo de la herramienta de calibración (Radar/Radiometric/Calibrate). Seguidamente, y a diferencia de las imágenes PAZ que ya estaban corregidas de ruido, a estas se les aplicó la corrección de *Speckle Filtering* para eliminar el ruido conocido como sal y pimienta que pudiera existir, siendo los parámetros escogidos los mostrados en la Figura 8.

El siguiente paso fue la corrección del terreno mediante la herramienta (Radar/Geometric/Terrain-Correction/Randé-Doppler Terrain Correction), la cual nos permite corregir las distorsiones de la imagen producidas por las variaciones topográficas, la inclinación del sensor del satélite, los datos que no estén directamente en el Nadir del sensor, etc. con el objetivo de compensar estas distorsiones para que la imagen sea lo más cercana a la realidad.

Los parámetros escogidos se muestran en la Figura 9. También decidimos obtener las correcciones de la banda del ángulo de incidencia ya que nos serviría para los posteriores análisis. Una vez realizado el proceso se exportan los resultados para procesarlos junto a los otros datos en QGIS para su posterior análisis.

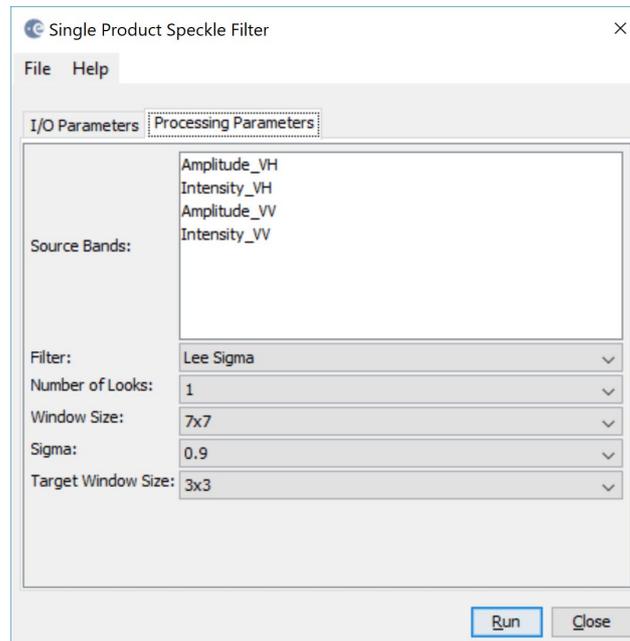


Figura 8. Proceso de *Speckle Filtering* en SNAP.

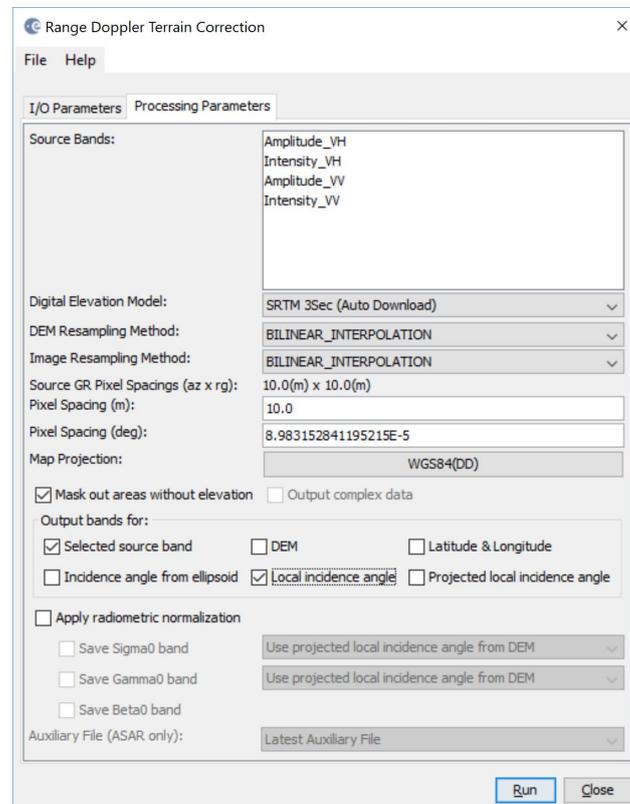


Figura 9. Proceso de *Terrain-CorrectionRande-Doppler Terrain Correction* en SNAP.

También realizamos un levantamiento de las áreas estudiadas de 3m x 3m mediante el empleo del láser escáner Leica BLK360 (<https://leica-geosystems.com/es-es/products/laser-scanners/scanners/blk360>) con una precisión de rango del láser de 4mm a 10 m y 7 mm a 20 m y un alcance de 0,6 m a 60 m con el 78% del albedo, con el objetivo de determinar la rugosidad superficial presente en las áreas. Se obtuvo una nube de puntos densa, la cual se georreferenciará y procesará mediante el software RealWorks de Trimble, para luego crear los modelos que nos servirían para el posterior análisis.

El siguiente paso consistió en la creación del Modelo Digital de Elevaciones (MDE) mediante la nube de puntos LiDAR provenientes de la base de datos del IGN de España. Con este MDE y mediante el software QGIS se procedió a obtener la pendiente a través de la herramienta (Raster/Análisis/Pendiente).

Se tomaron todas las imágenes generadas mediante los procesos anteriormente mencionados para así obtener los valores de cada punto en cada una de ellas. Finalmente, se creó una base de datos con los siguientes valores:

- Humedad del Suelo, SM (%) y en tanto por uno, SM
- Coeficiente de retrodispersión de las Imágenes PAZ, σ° (dB)
- Ángulo de incidencia de las imágenes PAZ ($^{\circ}$), y su coseno
- Temperatura del aire, Ta ($^{\circ}$ C)
- Precipitación, W (mm)
- Humedad relativa del aire, HR (%)
- Coeficiente de retrodispersión de las imágenes Sentinel 1 VV (dB)
- Coeficiente de retrodispersión de las imágenes Sentinel 1 VH (dB)
- Ángulo de incidencia de las imágenes Sentinel 1 ($^{\circ}$)
- Altura h (m)
- Pendiente, en tanto por 1, p
- NDVI Sentinel 2
- NDWI Sentinel 2
- NDMI Sentinel 2

Obtuvimos el valor de cada una de las variables anteriores para cada uno de los píxeles de los 21 puntos de control y los cuatro vértices de la malla, lo que constituyen un total de 105 puntos por día.

Con todos los datos obtenidos se procedió a realizar los análisis basados en regresiones lineales múltiples, que dan buenos resultados en este tipo de trabajos.

2.4 Resultados obtenidos

Lo primero que hicimos fue probar un ajuste lineal simple entre SM y σ° (dB) con todos los 105 puntos para las 5 fechas que tenemos con datos de SM de campo y datos de retrodispersión de PAZ. Las 5 fechas (año-mes-día) son: 2020-09-21, 2020-10-02, 2020-10-24, 2020-11-04 y 2020-11-15. No se obtuvo ninguna correlación en este caso (Figura 10).

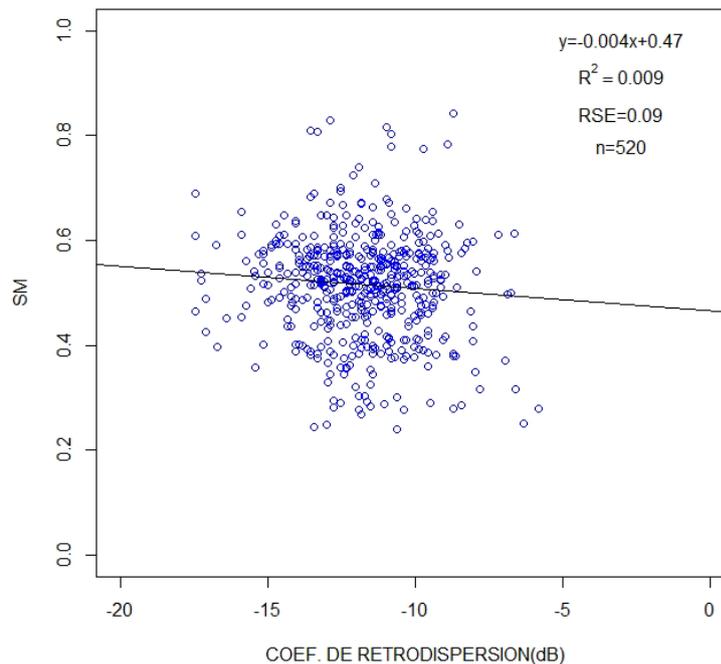


Figura 10. Humedad del suelo medida en el campo (SM) frente al coeficiente de retrodispersión, σ° (dB), obtenido de las imágenes PAZ

Posteriormente aplicamos diferentes modelos lineales múltiples para estimar SM de σ° (dB) de PAZ y se utilizaron de forma adicional el resto de variables explicativas indicadas en el apartado anterior, incluidos los valores de σ° (dB) de las imágenes Sentinel 1 coincidentes con el día de paso de PAZ, obteniendo el siguiente modelo:

$$SM = -613.7478 + (-0.0021 * dB) + (-0.0182 * Ta) + (0.3041 * DecimalYear) \quad (4)$$

y siendo las únicas variables significativas: σ° (dB) de PAZ, Ta y DecimalYear (el año-mes-día puesto en año decimal). Usando este modelo se obtiene un $R^2 = 0.48$ y un error $RSE = 0.06$.

Estimamos SM con este modelo y la relacionamos con la SM del campo (Figura 11). Se observan como resultado dos grupos de puntos claramente diferenciados, los de SM estimada < 0.5 y los de SM estimada > 0.5 . El primer grupo corresponde a todos los puntos del 2020-09-21, día con Ta altas (19.4-20.1 °C), W entre 0.0-0.8 mm, es decir, un día caluroso y sin apenas precipitación, aunque con alta HR, entre 80-89%. El grupo de arriba de la gráfica de la Figura 11 y SM estimada > 0.5 corresponde a los 4

días restantes de octubre y noviembre de 2020, con T_a más bajas (11.2-14.8 °C), mayor W (0.0-3.2 mm) y HR entre 68-95%.

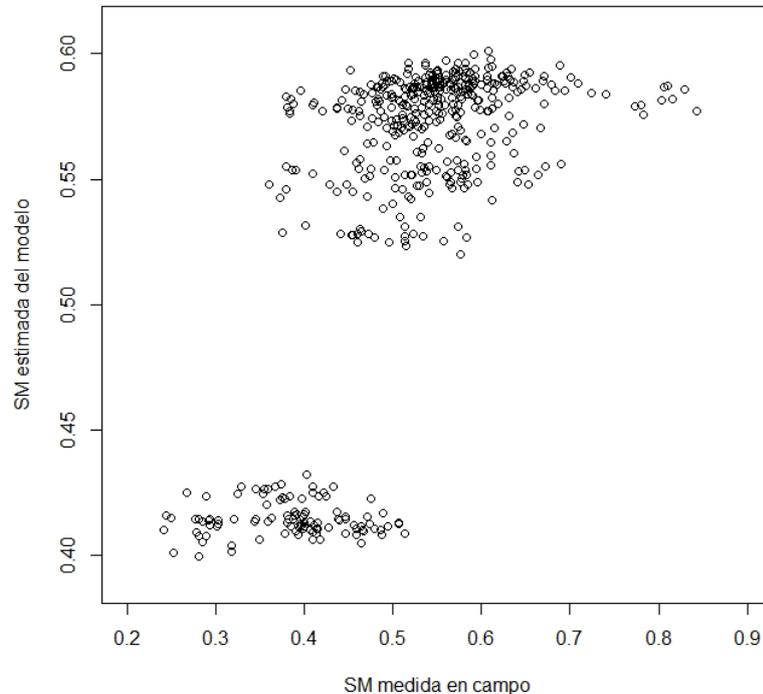


Figura 11. SM estimada del modelo indicado en la Ecuación (4) frente a la SM medida en el campo.

Posteriormente dividimos la muestra en estos dos grupos y recalculamos los modelos lineales simples (LS) y lineales múltiples (LM) para cada grupo. Sin embargo, ninguno de los modelos muestra una correlación adecuada siendo el R^2 máximo de 0.08 en ambos casos. En el caso del día 2020-09-21 son significativas σ^2 (dB) de PAZ, coseno del ángulo de incidencia de PAZ ($\cos A$) y la altura (h). En el caso de las fechas restantes, las mismas variables que el caso general.

Queda claro que tenemos que introducir otras variables como los índices de vegetación/suelo que aún no hemos podido incluir en los modelos y el tiempo desde la siega de las áreas de césped para ver si podemos mejorar los modelos. Además, debe hacerse una media entre los datos de los puntos del centro y las esquinas de cada uno de los 7 GPC de la EPI y los 14 de Nuevo Rocés, eliminando los datos de SM que tengan mucha diferencia entre la primera y la segunda vuelta de medidas. Esperamos que un mayor filtrado de los datos y la incorporación de otras variables mejoren los modelos.

2.5 Trabajos o necesidades futuras

Se prevé realizar las fases de este proyecto que no se han podido realizar aún. Aunque para ello necesitaremos obtener nueva financiación.

En cuanto a los modelos de estimación de la humedad del suelo (SM) mediante los datos PAZ y variables espacio-temporales, pretendemos analizar mejor los índices de vegetación y suelo obtenidos para incluir estos índices en los modelos, que debería aumentar la bondad de los resultados. El problema es que el día

de paso del satélite PAZ no es el mismo que la del paso del Sentinel 2, por lo que debemos recurrir a datos de otro sensor óptico, como el Landsat-8 de la NASA para obtener más días con estos índices. Otro valor a tener en cuenta sería el tiempo transcurrido desde el día que han segado el césped en las zonas donde se encuentra ésta cubierta hasta el día de toma de los datos en campo para poder correlacionar el valor de NDVI el día de la siega y los días siguientes que aumenta este al crecer el césped.

Los modelos también necesitan ser validados realizando el modelo con un porcentaje de los datos (70-80%) y reservando el restante para su validación (30-20%)

2.6 Divulgación de los resultados (publicaciones, artículos, ponencias...)

Se prevé divulgar los resultados en ponencias nacionales como el congreso del próximo año de la Asociación Española de Teledetección (AET) y, si es posible, en congresos internacionales relacionados con el tema como es el ejemplo del congreso que se celebrara el próximo año en la Habana, Cuba (Agrimensura 2021). También a través de la web de la Universidad de Oviedo y de la web de nuestro grupo de investigación RSApps (<http://rsapps.grupos.uniovi.es/>) y la web del IUTA (<https://www.indurot.uniovi.es/estructura/civilambientalygeomatica>)

Pretendemos también publicar los resultados que se vayan obteniendo en revistas internacionales incluidas en el SCI.

3. Memoria económica

Financiación		Personal	Inventariable	Fungible	Otros gastos
IUTA	SV-19-GIJÓN-1-01	4.000 €			
Otras fuentes	Referencia proyecto/contrato				
Estudiante con ayuda a la investigación	Nombre	Tomás Enrique Martínez Chao			
	Tareas	<p>1. Recopilar y superponer la información geoespacial de la zona de interés procedente de diferentes organismos estatales, regionales y locales.</p> <p>2. Gestión y análisis de esta información mediante Sistemas de Información Geográfica para la detección automática de cuencas y líneas de drenaje superficial.</p> <p>3. Clasificación de diferentes usos de suelo</p> <p>4. Procesado de las imágenes radar y correlación con los datos de humedad del suelo (SM) de campo y distintas variables espacio-temporales.</p>			
	Período	Setiembre a Diciembre de 2020 (4 meses)			

4. Otros proyectos y contratos con financiación externa

Título del proyecto/contrato	
Referencia	
Investigador/a/es principal/es	
Equipo investigador	
Periodo de vigencia	
Entidad financiadora	
Cantidad subvencionada	



Instituto Universitario de Tecnología
Industrial de Asturias (IUTA)

Institutu Universitariu de Teunoloxía Industrial d'Asturies (IUTA)
University Institute of Industrial Technology of Asturias (IUTA)



Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo