ID de la contribución : **17** Tipo : **no especificado**

Estudio preliminar de las coberturas del suelo con imágenes Saocom 1A en la cuenca del Río Sauce Grande (Argentina)

Ferrelli, Federico1,2; Brendel, Andrea S.1,3; Perillo, Gerardo M. E.1,4; Piccolo, María C.1,2
1 Instituto Argentino de Oceanografía (IADO), Universidad Nacional del Sur (UNS)-CONICET, Bahía Blanca-Argentina, Bahía Blanca, Argentina. Florida 8000 (Camino La Carrindanga km 7,5) Complejo CCT CONICET Bahía Blanca, Edificio E1.
2 Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur (UNS), Bahía Blanca, Argentina. 12 de Octubre 1198.
3 Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur (UNS), Bahía Blanca, Argentina. San Andrés 800.
4 Departamento de Geología, Universidad Nacional del Sur (UNS), Bahía Blanca, Argentina. Alem 1253, Cuerpo 2.
fferrelli@criba.edu.ar

Resumen
El objetivo de este estudio fue identificar coberturas del suelo a partir de imágenes de Radar de Apertura Sintética adquiridas por el satélite SAOCOM 1A en el sur de la cuenca del río Sauce Grande (Argentina) durante la primavera de 2020. Para ello, se procesó una imagen full-polarimetric (QP) del día 24 de septiembre de 2020 con el Software libre SNAP. La imagen analizada presenta un nivel de procesamiento L1A, es decir, contiene los números digitales obtenidos para la parte real e imaginaria junto con la intensidad de cada polarización (HH, VV, HV y VH). Se realizó una calibración radiométrica sobre la que se aplicó un filtrado multilooking (remuestreo de la imagen). Luego, se calculó la matriz de coherencia y se realizó un primer análisis a partir de la descomposición de Pauli. Finalmente, se clasificó la imagen mediante los métodos de Claude-Plottier y H-Alpha de Wishart. Los resultados fueron verificados con campañas terrestres a la zona de estudio, lo que favoreció la delimitación de las distintas clases. Como resultado, se obtuvo un mapa de coberturas del suelo realizado con imágenes SAOCOM que representa el primer documento cartográfico de la región confeccionado con datos obtenidos por un satélite argentino. Esta investigación demuestra la utilidad de las aplicaciones satelitales utilizadas en el estudio del ambiente.
Palabras clave: banda L; estudios ambientales; Sudoeste Bonaerense.

Introducción
La delimitación de las coberturas del suelo de una región es un tema importante porque permite conocer la distribución espacial de los recursos naturales (Alrababah y Alhamad, 2006), principalmente en zonas semiáridas. El conocimiento de las coberturas de suelo es útil para caracterizar ecosistemas, morfologías terrestres y evaluar procesos hidrológicos. En este contexto, adquiere importancia la teledetección dado que es una herramienta que provee datos de la superficie necesarios para realizar estudios ambientales (Brendel et al., 2019). En la actualidad, las imágenes satelitales permiten monitorear con alta precisión las coberturas del suelo a escala global, regional y local. Aquellas adquiridas por sensores de Radar de Apertura Sintética (SAR, por sus siglas en inglés) poseen una gran aplicabilidad para los estudios medioambientales dado que son satélites activos. En este contexto, es importante destacar la misión SAOCOM desarrollada en Argentina. Esta está conformada por dos satélites (1A y 1B) que fueron puestos en órbita en 2018 y 2020, respectivamente. Los mismos, junto con la constelación COSMO-SkyMed integran la constelación ítalo-argentina de satélites para la gestión de emergencias (SIAGE). La disponibilidad de los datos adquiridos por los satélites SAOCOM tienen múltiples aplicaciones para el estudio del ambiente, tales como: la prevención, monitoreo, mitigación y evaluación de catástrofes naturales o antrópicas; para aplicaciones en agricultura como humedad de suelo, índices

de vegetación y control de plagas; análisis hidrológicos, costeros y oceánicos; identificación de cubiertas de nieve, hielo y glaciares; estudios en estudios urbanos, de seguridad y defensa (Comisión Nacional de Actividades Espaciales –CONAE-, 2021).
En la literatura, los satélites SAOCOM han sido utilizados para estudios agrícolas, estimación de la humedad del suelo (Lozza et al., 2019), análisis interferométricos (Roa et al., 2021) y estudios topográficos (Scipal y Davidson, 2017), entre otros. Sin embargo, es importante destacar que los estudios destinados a determinar las coberturas del suelo en el sur de la Región Pampeana aún son limitados. Por este motivo, el objetivo de esta investigación fue identificar las coberturas del suelo en el sur de la cuenca del río Sauce Grande (Argentina) mediante el procesamiento de imágenes SAOCOM 1A. Se destaca que, a conocimiento de los autores, es la primera vez que se realizan este tipo de estudios en la región. Por lo tanto, se contribuye no sólo a enfatizar la utilización de datos de teledetección adquiridos por un satélite argentino en estudios ambientales, sino en este caso particular en la determinación de la cobertura del suelo de un ecosistema hídrico.

Área de estudio
El área de estudio es la cuenca del río Sauce Grande (Argentina). La misma se emplaza en el Sudoeste Bonaerense según la ley provincial 13.647 (Figura 1). La finalidad de esta ley es la de ordenar las políticas públicas y acciones necesarias para impulsar y promover el desarrollo de los sistemas productivos, considerando la sustentabilidad climática y productiva. La importancia relativa de esta área reside en la variedad de ambientes que posee y su gran vulnerabilidad ambiental ante los efectos de la variabilidad climática (Bustos et al., 2016).
El clima del área es semiárido y templado con estacionalidad térmica marcada, lo que permite la diferenciación estacional de veranos e inviernos (Ferrelli et al., 2019). Las precipitaciones disminuyen de noreste a sudoeste, oscilando entre 800 y 400 mm anuales. En esta región, se registran los eventos pluviométricos más extremos de toda la Región Pampeana (Aliaga et al., 2017).
Los suelos son aptos para la agricultura y la ganadería, aunque esta característica disminuye en el sentido decreciente del gradiente de las isohietas. La cuenca del río Sauce Grande tiene una extensión de 4586 km2, tiene sus nacientes en el sistema serrano de Ventania y desemboca en el Océano Atlántico. Según sus características edáficas, la cuenca se subdivide en tres unidades. La primera corresponde a la de suelos rocosos que ocupan la mayor parte de la cuenca alta. La segunda a las planicies, localizadas en la cuenca media con aptitud para la agricultura y la ganadería. La tercera se ubica en el extremo sur y está caracterizada por suelos arenosos (Brendel et al., 2019). En este estudio, se analizaron las coberturas del suelo de una escena del satélite SAOCOM 1A que ocupa parte de la cuenca media y la cuenca inferior (Figura 1).
Figura 1. Área de estudio. 1. Localización del Sudoeste Bonaerense, 2. de la cuenca del río Sauce Grande y 3. Imagen utilizada en este estudio.

Método de trabajo
Se utilizó una imagen adquirida por el satélite SAOCOM 1A, provista por la CONAE y perteneciente a la primavera (24 de septiembre 2020). El tipo de adquisición fue full-polarimetric (QP) y el nivel de procesamiento de la imagen es L1A, es decir, Single Look Complex (SLC). Corresponde a una imagen en números digitales de su parte real, imaginaria (I; Q) y sus respectivos valores de potencia para cada polarización (VV, HH, VH y HV).
En una primera instancia, se convirtieron los números digitales a valores de potencia nominal y fase a partir de una calibración radiométrica. Posteriormente, se realizó filtrado multilooking para equiparar el tamaño del pixel en azimut y rango. Este proceso permitió además realizar el primer filtrado de la imagen. En este caso, se utilizaron 3 looks en rango y 7 en azimut para generar un tamaño de pixel de 27 m2. Luego, se procedió a realizar una matriz de polarización de coherencia (T3) dado que se utilizaron las polarizaciones VH y HV, asumiendo la existencia de simetría. Las tres componentes reales generadas con este procedimiento se utilizaron para confeccionar una composición de tipo RGB con una descomposición de Pauli.
Se aplicó un filtrado de speckle mediante el método de Boxcar. Luego, se confeccionó la matriz de entropía, anisotropía y alfa. Sobre los resultados de esta segmentación, se determinaron distintas clases. Finalmente, se realizó el mapa de las coberturas del suelo de la zona de estudio. Conociendo la distribución de la entropía, anisotropía y alfa, se realizó una clasificación polarimétrica no supervisada del tipo Claude-Plottier. La misma permitió establecer distintas clases iniciales de las coberturas del suelo. A partir del conocimiento de estos resultados, se mejoró este documento a partir de la aplicación del método interactivo H-Alpha de Wishart con un tamaño de ventana de tres píxeles y un número máximo de interacciones de cinco. El resultado de estos procesamientos y del trabajo de campo permitió generar un mapa final de coberturas del suelo. En estos últimos, se identificaron las distintas coberturas a partir de un recorrido del terreno en el que se registraron puntos georeferenciados que se consideraron claves para validar el producto obtenido. Además, se recopilaron datos de humedad del suelo con un higrómetro de campo y se analizó el comportamiento espectral de las distintas clases con un espectro radiómetro Ocean Optics USB2000+ que opera en el espectro visible y en el infrarrojo cercano.

Resultados
La descomposición de Pauli permitió identificar que la mayor parte de la superficie estudiada está caracterizada por rebotes simples, dado que corresponde a una región localizada en las zonas costeras, con la presencia de la laguna Sauce Grande, médanos y suelos al descubierto. Sin embargo, fue posible reconocer otros espacios en donde la superficie presentó mayor interacción con la onda electromagnética enviada por el satélite.

Se distinguieron tonalidades azules que indicaron un simple rebote, mientras que las amarillas y verdes correspondieron a una mayor interacción de la superficie con la onda electromagnética (Figura 2).

Figura 2. Descomposición de Pauli durante la primavera del 2020 en el sur de la cuenca del río Sauce Grande. La imagen se encuentra en geometría radar.

Por otro lado, la mayor parte de la dispersión en la relación entropía, anisotropía, alfa identificó que los valores se concentraron en la zona 1. Esto se debió a la existencia de grandes áreas con un comportamiento especular, pertenecientes mayoritariamente cuerpos de agua y suelos al descubierto. Sin embargo, se observaron otros tipos de comportamientos (Figura 3).

Figura 3. Relación Entropía, anisotropía y Alfa para la imagen utilizada.

A partir de la aplicación de los métodos de Claude-Plottier y H-Alpha de Wishart, se obtuvo un mapa de coberturas del suelo para el sur de la cuenca del río Sauce Grande. El mismo fue validado con campañas terrestres a la región de estudio y permitió discriminar cinco clases (Figura 4).
i. Suelos al descubierto: corresponden a terrenos cosechados sin cobertura vegetal. Además, esta clase identificó a los médanos sin cobertura vegetal, localizados al sur. Estos abarcan la mayor parte del área estudiada. Estas coberturas tienen una interacción de single-bounce con la onda electromagnética.
ii. Cuerpos de agua: si bien tienen una respuesta especular y se comportan de forma radiométricamente similar a la clase anterior, se identificaron los cuerpos de agua y las zonas húmedas a partir de una subdivisión resultante de los recorridos de campo. La mayor área la ocupa la laguna Sauce Grande.
iii. Vegetación: hace referencia a los suelos con vegetación densa, principalmente herbácea o arbustiva de escasa altura. Al sur de la línea de médanos, esta clase identifica a los médanos vegetados, mientras que al norte se identifican aquellos lotes con pasturas o cultivos destinados a la actividad agropecuaria.
iv. Vegetación densa y zonas urbanas construidas: esta clase identifica áreas con presencia de vegetación arbórea de mayor porte y zonas urbanas. Ambas tienen una relación de multiple-bounce con la onda electromagnética enviada por el satélite.
v. Vegetación muy densa y áreas construidas: corresponde a zonas arbóreas, principalmente a lotes con olivos, a áreas con vegetación riparia frondosa y al centro de la ciudad de Monte Hermoso.

Figura 4. Mapa de coberturas del suelo obtenido mediante el procesamiento de una imagen SAOCOM 1A.

Conclusiones
Se identificaron las coberturas del suelo en la cuenca del río Sauce Grande (Argentina) a partir del procesamiento de imágenes de Radar de Apertura Sintética obtenidas por el satélite argentino SAOCOM 1A. Los resultados fueron verificados con campañas terrestres recorriendo la zona de estudio para obtener mayor precisión en la delimitación de las clases. Se determinó que la mayor parte de la superficie correspondió a cuerpos de agua y suelos al descubierto, caracterizados por un simple rebote o rebote especular. Sin embargo, se evidenciaron zonas de cultivo, médanos vegetados, vegetación riparia y zonas urbanas construidas.
El estudio destaca la utilización de las imágenes SAOCOM que permiten analizar con alta precisión y resolución espacial las coberturas del suelo. Finalmente, los resultados obtenidos generan una base de datos esencial para profundizar la determinación de las coberturas del suelo en la región y además, constituyen información útil para el manejo y monitoreo de cuencas hidrográficas, dado que este conocimiento permite tomar decisiones con respecto a las prácticas agrícolas, a la erosión del suelo y al ecosistema en general.

Agradecimientos
Los autores desean agradecer al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y a la Universidad Nacional del Sur (CONICET - UNS) por el financiamiento del presente trabajo. Además, a la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) por la proporción de datos satelitales.

Referencias
Aliaga, V. S., Ferrelli, F., & Piccolo, M. C. (2017). Regionalization of climate over the Argentine Pampas. International journal of climatology, 37, 1237-1247.
Alrababah, M. A., & Alhamad, M. N. (2006). Land use/cover classification of arid and semi-arid Mediterranean landscapes using Landsat ETM. International journal of remote sensing, 27(13), 2703-2718.
Brendel, A. S., Ferrelli, F., Piccolo, M. C., & Perillo, G. M. (2019). Assessment of the effectiveness of supervised and unsupervised methods: maximizing land-cover classification accuracy with spectral indices data. Journal of Applied Remote Sensing, 13(1), 014503.
Bustos, M. L., Ferrelli, F., Huamantinco Cisneros, M. A., Piccolo, M. C., & Gil, V. (2016). Estudio preliminar del ajuste entre datos meteorológicos in situ y del Reanálisis (NCEP/NCAR) en distintos ambientes de la provincia de Buenos Aires, Argentina.
Ferrelli, F., Brendel, A., Aliaga, V. S., Piccolo, M. C., & Perillo, G. M. E. (2019). Climate regionalization and trends based on daily temperature and precipitation extremes in the south of the Pampas (Argentina).
Lozza, H. F. (2019). Sistema para la aplicación de los datos de la misión satelital SAOCOM en la agricultura. In XI Congreso de AgroInformática (CAI)-JAIIO 48 (Salta, 2019).
Roa, Y., Rosell, P., Solarte, A., Euillades, L., Carballo, F., García, S., & Euillades, P. (2021). First assessment of the interferometric capabilities of SAOCOM-1A: New results over the Domuyo Volcano, Neuquén Argentina.

Journal of South American Earth Sciences, 106, 102882.
Scipal, K., & Davidson, M. (2017, July). The SAOCOM-CS mission: ESA's first bistatic and tomographic L-band mission. In 2017 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS) (pp. 123-124). IEEE.

Figuras

Figura 1. Área de estudio. 1. Sudoeste Bonaerense, 2. Cuenca del río Sauce Grande y 3. Imagen utilizada en este estudio.

Figura 2. Descomposición de Pauli durante la primavera del 2020 en el sur de la cuenca del río Sauce Grande. La imagen se encuentra en geometría radar.

Figura 3. Relación Entropía, anisotropía y Alfa para la imagen utilizada.

Figura 4. Mapa de coberturas del suelo obtenido con el procesamiento de imágenes SAOCOM 1A.

Primary author(s) : Dr FERRELLI, Federico (IADO-UNS-CONICET); Dr BRENDEL, Andrea (IADO-UNS-CONICET); Dr PERILLO, Gerardo Miguel Eduardo (IADO-UNS-CONICET); Dr PICCOLO, Maria Cintia (IADO-UNS--CONICET)

Presenter(s) : Dr FERRELLI, Federico (IADO-UNS-CONICET)

Clasificación de la sesión : E-3. TIG aplicada a procesos físico-ambientales

Clasificación de temáticas : E-3. TIG aplicada a procesos físico-ambientales