

# VISUALIZACIÓN Y ANÁLISIS DE LA HUMEDAD DEL SUELO EN SUPERFICIE MEDIDA IN SITU Y ESTIMADA POR SATÉLITES EN UN SITIO DE LA LLANURA PAMPEANA

Cappelletti, L. M.<sup>1,2,\*</sup>; Sörensson, A.<sup>1,2</sup>; Jobbágy, E.<sup>3</sup>; Ruscica, R.<sup>1,2</sup>; Salvia, M.<sup>4</sup>; Fernández-Long, M.<sup>5</sup>; Gattinoni, N.<sup>6</sup>; Spennemann, P.<sup>7</sup>

<sup>1</sup> Universidad de Buenos Aires - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA/UBA-CONICET), Buenos Aires, Argentina.

<sup>2</sup> Institut Franco-Argentin d'Études sur le Climat et ses Impacts, Unité Mixte Internationale (UMI-IFAEICI/CNRS-IRD-CONICET-UBA), Argentina.

<sup>3</sup> Instituto de Matemática Aplicada de San Luis, San Luis (5700), Argentina.

<sup>4</sup> Grupo de Teledetección Cuantitativa, Instituto de Astronomía y Física del Espacio (IAFE, UBA/CONICET). Ciudad Universitaria, Buenos Aires (C1428EGA), Argentina.

<sup>5</sup> Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires (FAUBA), CABA (C1417DSE), Argentina.

<sup>6</sup> Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Buenos Aires (1686), Argentina.

<sup>7</sup> CONICET-Servicio Meteorológico Nacional, Buenos Aires (C1425), Argentina.

\*Contacto: lucia.cappelletti@cima.fcen.uba.ar

**Palabras clave:** sistemas de teledetección; redes de observación; relación superficie-atmósfera

## INTRODUCCIÓN

El agua almacenada en el suelo es una variable que controla múltiples procesos y circuitos de retroalimentación dentro del sistema climático, mediando los ciclos del agua y la energía (Seneviratne *et al.*, 2010). En los últimos años se han logrado avances significativos en la caracterización de la humedad de suelo (HS) a escala regional, a través de estimaciones mediante teledetección y la puesta en funcionamiento de nuevas redes de medición *in situ*. Cada una de estas fuentes de información presenta características intrínsecas, como el rango dinámico de HS, los periodos de disponibilidad de datos y la frecuencia temporal de adquisición de los mismos. Por lo expuesto, resulta de suma importancia elaborar metodologías de visualización de la HS que nos permitan evaluar las cualidades de cada fuente de información previniendo la aplicación de supuestos y filtros adicionales sobre la dinámica natural de la HS que cada una de estas fuentes brinda. En el presente trabajo se proponen estrategias para explorar la HS de estaciones *in situ* y de los sistemas satelitales SMOS y SMAP.

El estudio se enfoca en un sector de la llanura Pampeana de Argentina que ofrece como ventajas, además de contar con mediciones de HS *in situ*, paisajes relativamente homogéneos en cuanto a tipos y usos del suelos y un relieve extremadamente plano, que junto con un clima subhúmedo ofrecen un laboratorio natural de condiciones de HS.

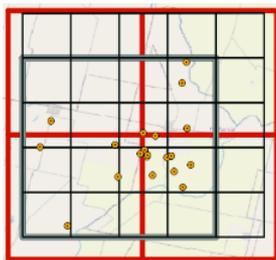
## MATERIALES Y MÉTODOS

El dominio de interés se localiza en el centro-este de la provincia de Córdoba, aproximadamente a 33° S y 62° O. La región contiene una red de sensores automáticos de HS que forma parte del sitio de validación de la misión SAOCOM (SATélite de Observación CON Microondas) (Thibeault *et al.*, 2015). Los sensores Hydra Probe II (Stevens®) que forman parte de esta red permiten estimar cada una hora la HS a distintas profundidades, con una precisión de  $\pm 0.01 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ . Para este trabajo se emplearon datos horarios de HS volumétrica ( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ ) a 5 cm de profundidad estimados por 40 sensores, proporcionados por la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE, <https://www.argentina.gob.ar/ciencia/conae>).

Conjuntamente a estas estimaciones *in situ*, se utilizó información global de HS superficial proveniente de dos radiómetros satelitales en microondas. Por un lado, se empleó la HS estimada por la misión *Soil Moisture Ocean Salinity* (SMOS). El producto aquí empleado es distribuido por el *Barcelona Expert Centre*: SMOS L3 v.3, con una grilla EASE 2.0 de 25km (<http://cp34-bec.cmima.csic.es/>). También se utilizaron dos productos de HS de la misión satelital *Soil Moisture Active Passive* (SMAP): L3 Radiometer v.6 con una grilla EASE 2.0 de 36km (<https://nsidc.org/data/SPL3SMP/>) y Enhanced L3 v.3 Radiometer con una grilla EASE 2.0 de 9km ([https://nsidc.org/data/SPL3SMP\\_E/](https://nsidc.org/data/SPL3SMP_E/)). De aquí en adelante los productos serán nombrados como SMOS25, SMAP36 y SMAP9, respectivamente. Los sistemas SMAP y SMOS ofrecen el producto de HS en superficie de una profundidad máxima de ~5 cm, usando las temperaturas de brillo medidas en banda L. Al constituirse por radiómetros de banda L la cubierta vegetal atenúa menos la emisividad del suelo, comparado con bandas de mayor frecuencia, logrando así una detección a mayor profundidad. Durante la generación de los productos de HS, las respectivas agencias aplican una serie de algoritmos con el fin de descartar datos de HS afectados por interferencia de radiofrecuencia o que no cumplen con diversos filtros de calidad implementados. Tanto SMOS como SMAP informan una precisión de  $\pm 0.04 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  sobre los datos de HS, y alcanzan la cobertura global en aproximadamente 3 días con órbitas polares. Para el presente trabajo se emplearon los productos diarios de las

órbitas descendentes de SMAP y ascendentes de SMOS debido a que se corresponden a la misma hora local solar (6AM LST).

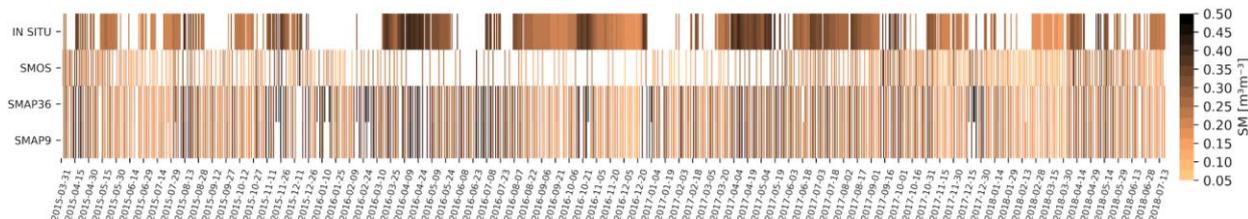
Conociendo propiedades de las órbitas empleadas de los productos de teledetección, para los análisis del presente trabajo se infirió que el horario de las mediciones *in situ* que se corresponden a las 6AM LST es el de las 7AM del dominio de interés. Además, se llevaron a cabo diversas evaluaciones y procesamientos sobre las observaciones *in situ* que resultaron en el uso de 15 dispositivos. La localización de estos sensores está contenida en 2x2 retículas de SMOS25 y una de SMAP36. La retícula de SMAP36 abarca 4x4 del producto SMAP9, del cual se decidió hacer una extensión de 5x5 con el fin de compararlo con el producto SMOS25 (Figura 1). La disponibilidad de datos de cada fuente de información fue el factor determinante del periodo de estudio, donde el inicio se encuentra limitado por SMAP y el fin por los datos *in situ*: Marzo 2015 - Junio 2018.



**Figura 1.** Distribución de las fuentes de información estudiadas: *in situ* (15, marcadores amarillos), retículas SMOS (4, grillado rojo), retícula SMAP36 (1, grillado gris) y retículas SMAP9 (25, grillado negro).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el fin de explorar metodologías para la visualización, análisis e intercomparación de los productos mencionados, para el presente trabajo se generó una serie temporal de HS representativa por cada uno de ellos (Figura 2). Para esto, se decidió hacer un promedio por día sobre las retículas o dispositivos, según corresponda. Para determinar si calcular o no el promedio sobre cierto día se obtuvo, por fuente de información, la distribución del número de datos disponibles por día. En base a dichas distribuciones, para el caso *in situ* se tomó un mínimo de 7 mediciones disponibles por día. En cuanto a SMOS25 y SMAP9 se calculó el promedio sobre aquellos días que presenten estimaciones del total de retículas, 4 y 25 respectivamente. Mientras que de SMAP36 se estudia una única retícula. En la Figura 2 se visualiza la naturaleza de los productos en cuanto a su cobertura temporal, para dichos criterios. Se destaca que los datos *in situ* presentan una disponibilidad “más continua” respecto a los productos satelitales. En general, se tienen periodos de datos en días contiguos hasta que se interrumpe por una prolongada carencia de datos en días sucesivos, debido a desperfectos técnicos o que los días fueron excluidos a la hora de calcular el promedio según el criterio tomado. Mientras que en el caso de los productos de teledetección hay menos interrupciones, no obstante no son datos contiguos entre sí (1 dato cada 2-3 días) debido a la frecuencia de revisita de los sistemas satelitales polares. Adicionalmente, es posible advertir que hay coincidencia de fechas de alto/bajo contenido de agua en volumen de suelo entre los distintos productos, principalmente entre la serie *in situ* y las de los productos SMAP. En el caso de SMOS se tiene más de un año (Marzo 2016 - Mayo 2017) con baja frecuencia de datos, llegando a periodos de hasta 20 días sin estimaciones, lo cual dificulta la evaluación en ese año.



**Figura 2.** Series temporales diarias de la HS ( $\text{m}^3\text{m}^{-3}$ ) de las cuatro fuentes de información analizadas.

## CONCLUSIONES

Existen numerosos enfoques para la problemática de cómo analizar diferentes fuentes de información de HS de satélites e *in situ*. En el presente trabajo se propone una metodología de estudio que permite visualizar la dinámica temporal (periodos húmedos y secos) y espacial (no mostrado) de diversas fuentes de datos de HS, los rangos dinámicos de HS de cada una, la carencia de datos y posibles limitaciones que presentan.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por los siguientes proyectos: PICT-2017-1406 y PICT-2018-02511. Se agradece a CONAE por proporcionar los datos *in situ* empleados.

## REFERENCIAS

- Seneviratne, S. I.; Corti, T.; Davin E. L.; Hirschi, M.; Jaeger, E. B.; Lehner, I.; Orlowsky, B. y Teuling, A. J. Investigating soil moisture - climate interactions in a changing climate: A review. *Earth-Science Reviews*, 99(3-4):125–161.
- Thibeault, M.; Caceres, J.; Dadamia, D.; Soldano, A.; Uriburu Quirno, M.; Guerrieri, J.; Edrosa, R.; Palomeque, M.; Romaldi, L.; *et al.* 2015. Spatial and temporal analysis of the Monte Buey SAOCOM and SMAP core site. En: *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 2015, Milan.