

# Visor de series temporales de la humedad en el perfil de suelo de la Misión SAOCOM

Homero Lozza<sup>1</sup>, Santiago Bustos Revol<sup>1</sup>, Jonatan Mogadouro<sup>1</sup>, Álvaro Soldano<sup>1</sup> y Pablo Thomas<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Gerencia de Observación de la Tierra

<sup>2</sup> Gerencia de Gestión Tecnológica

Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE)

Av. Paseo Colón 751 (C1063ACH)

Ciudad Autónoma de Buenos Aires

<https://www.argentina.gob.ar/ciencia/conae>

hlozza@conae.gov.ar, sbustos@sec.conae.gov.ar, jmogadouro@conae.gov.ar,  
asoldano@conae.gov.ar, pthomas@conae.gov.ar

**Resumen** La humedad de suelo (HS) es una magnitud fundamental para el análisis meteorológico, hidrológico y agronómico aunque de difícil estimación. Este trabajo aborda una solución al desafío de visualizar y comunicar series temporales de variables geoespaciales como la HS y, en particular, revertir su bajo conocimiento. Para ello se describe una aplicación web diseñada e implementada para la consulta, representación y descarga de los datos de la evolución de la humedad en la zona radicular, calculada con modelos de cultivos usados para la Región Pampeana en el marco de las aplicaciones estratégicas de la Misión SAOCOM. Asimismo, se evalúan sus predicciones con datos in-situ de sensores a fin de consolidar la confianza en su correcto desempeño. Finalmente, se espera que esta nueva información colabore en refinar los tratamientos que se aplicarán a los cultivos.

**Keywords:** Humedad de suelo · Serie temporal · Aplicación web · SAOCOM

## 1. Introducción

La humedad de suelo (HS) es una variable fundamental para el análisis meteorológico, hidrológico y agronómico. De aquí que la elección de los tratamientos que mejor se adecuarán a los cultivos por implantar puede afinarse con estimaciones de HS más precisas. Sin embargo, ésta es una magnitud de difícil medición ya que presenta alta variabilidad espacial y temporal. Para responder a estas necesidades de información, la CONAE impulsó el desarrollo de productos que estiman la HS basados en los datos SAR en banda-L recuperados desde sus plataformas satelitales SAOCOM 1A y 1B [1]. Además, para alcanzar estimaciones diarias en toda la profundidad radicular, se asimilaron las observaciones satelitales en modelos de cultivos. Las salidas de los modelos informan sobre el valor de muchas variables de estado, tales como el contenido de agua en capas de suelo

hasta los 2m de profundidad. En total se cuenta con 10 capas donde el valor de cada nivel puede seguirse diariamente. Este inédito conjunto de datos requirió el desarrollo de un visor web capaz de representar las series temporales de HS calculadas por capas y sobre toda la Región Pampeana.

En general existen soluciones independientes para desplegar y publicar a través de internet o bien series temporales o bien mapas. Esta iniciativa que aquí se presenta combina la capacidad de ubicación geoespacial con la visualización de las estimaciones diarias de HS disponibles para las diferentes profundidades dentro de una misma plataforma de información. Así, se facilita la consulta y el acceso a estos nuevos tipos de datos que dependen tanto del tiempo como de la ubicación seleccionada por el usuario. Asimismo, para respaldar la calidad de los datos ofrecidos, se practicó un análisis comparativo entre las predicciones entregadas a través de la aplicación y los datos in-situ de sensores instalados en localidades de referencia dentro de la Región Pampeana.

Este artículo presenta al “Visor de series temporales” (VST) de la HS el cual aborda una necesidad de representación para los datos geoespaciales de HS que evolucionan con el tiempo mediante una aplicación web. La sección siguiente describe brevemente las herramientas y procesos integrados para la operación de esta aplicación. Seguidamente, se muestra una vista del micro-sitio donde se despliega la aplicación y se la evalúa con datos in-situ. Finalmente, se brindan las conclusiones de esta propuesta.

## 2. Materiales y métodos

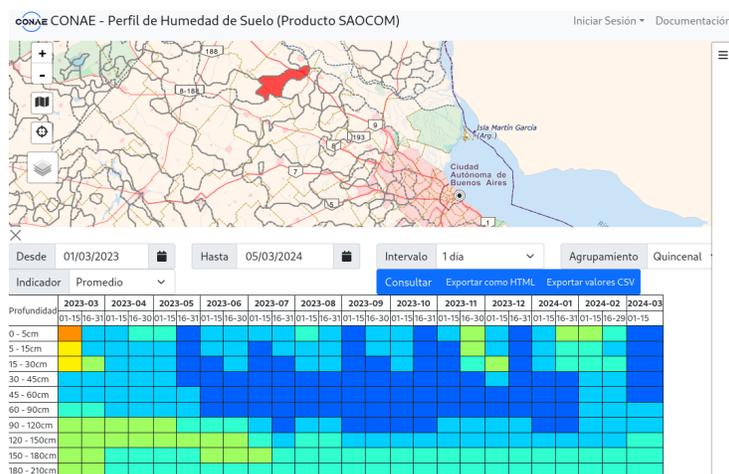
El VST permite seleccionar, representar y descargar la evolución de la HS a paso diario o frecuencia menor para cualquier sitio de la Región Pampeana. Esta aplicación web accede a los datos diarios de humedad en el perfil de suelo que son calculados por modelos de cultivos en el marco de la Misión SAOCOM de la CONAE [2]. Sus predicciones se actualizan diariamente en una base de datos PostgreSQL con extensiones espaciales PostGIS. Esta GeoDB habilita las consultas en lenguaje SQL y permite al VST servirse de sus funciones espaciales. Los datos recuperados dependen de los parámetros de la búsqueda pero siempre el detalle es diario. Algoritmos propios programados en .Net habilitan el cálculo de estadísticos sobre agregados quincenales o mensuales.

El perfil de suelo se esquematiza como una sucesión de rectángulos en colores confeccionados mediante una tabla compuesta en HTML y CSS. Los registros recuperados de la GeoDB se reconfiguran en columnas por fechas. Cada celda corresponde a una capa de suelo y su tono codifica la humedad. Esta disposición es intuitiva y facilita la interpretación de cuál es el contenido de agua en cada capa y cómo evolucionan los frentes de mojado.

La ubicación geográfica la provee Leaflet, una librería ampliamente utilizada para la visualización de mapas. La capa Argenmap del IGN se tomó como mapa base. Sobre esta capa se despliegan los polígonos almacenados en la GeoDB con el área de validez de las estimaciones. El diseño solo incluye HTML regular, el uso de estilos CSS de Bootstrap y complementos creados para Leaflet.

### 3. Resultados

La Figura 1 ilustra el diseño del micro-sitio para la aplicación web. El panel superior orienta al usuario sobre las unidades cartográficas habilitadas para la consulta de HS. El polígono con fondo rojo señala el área efectivamente seleccionada. El panel inferior exhibe los resultados como una cuadrícula cuyas columnas representan el estado del perfil para una fecha o período. Este último se configura con los botones ubicados por encima y se le asigna un estadístico (media, mínimo o máximo) en función de los valores comprendidos. Los colores de las casillas codifican el valor de la HS para cada una de las 10 capas.



**Figura 1:** Captura de pantalla del VST proyectando una serie de promedios quincenales de la HS en cercanías de la localidad de San Pedro, Buenos Aires. Se aprecia la evolución del frente de mojado mediante los colores azules oscuros que avanzan desde las capas más superficiales hacia las más profundas.

Las consultas pueden efectuarse ingresando directamente a la URL<sup>3</sup> del VST. Asimismo, el VST se enlaza con los mapas de humedad del perfil de suelo desplegados en el GeoPortal<sup>4</sup> de la CONAE luego de hacer clic sobre el sitio de interés. Este vínculo permite pasar de la vista en mapa a la de serie temporal.

#### 3.1. Evaluación de las estimaciones

La Tabla 1 resume una medida del acuerdo dado por el RMSE para las predicciones diarias del VST y las observaciones in-situ de sensores instalados a 50cm de profundidad. El período de análisis cubierto va desde el 2020-06-01,

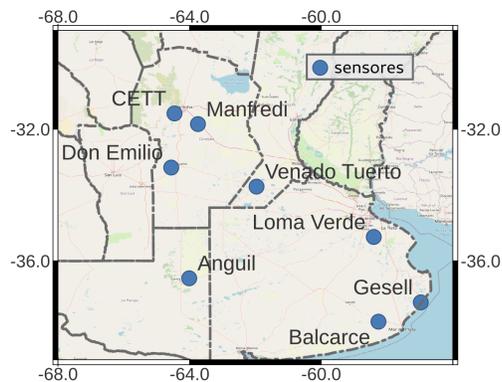
<sup>3</sup> [https://catalogos5.conae.gov.ar/humedad\\_serie/](https://catalogos5.conae.gov.ar/humedad_serie/)

<sup>4</sup> <https://geoportal.conae.gov.ar/>

fecha de inicio de las serie de datos de HS en el perfil derivados de la Misión SAOCOM, hasta el 2023-10-31. La ubicación de estos sensores se despliega en la Figura 2. Cada sitio se eligió buscando representar las especificidades de los territorios fitogeográficos comprendidos por la Región Pampeana, poniendo a prueba las predicciones del VST en cada uno de los diversos paisajes relevados.

**Tabla 1:** RMSE de lecturas in-situ de sensores y estimaciones del VST a profundidad 50cm.

Sitio	RMSE % ( $m^3/m^3$ )
Villa Gesell	2.55
Manfredi	2.62
Balcarce	3.59
CETT	4.58
Don Emilio	5.88
Anguil	7.64
Loma Verde	16.01
Venado Tuerto	16.68
Todos	6.42



**Figura 2:** Ubicación de los sensores de HS empleados para la validación del VST en la Región Pampeana.

#### 4. Conclusiones

Se presentó una aplicación web para la búsqueda, representación y descarga de la HS en la zona radicular que facilita la comunicación de los datos geoespaciales que suman una dependencia temporal. Diferentes bibliotecas se combinaron para trazar una grilla de colores que denota la evolución de la HS cuyos valores provienen de modelos de la Misión SAOCOM.

Se realizó una evaluación cuantitativa de los resultados del VST con lecturas in-situ de sensores instalados en la Región Pampeana. El desempeño regional calculado con el estadístico RMSE es del 6.4% ( $m^3/m^3$ ). Según nuestro mejor conocimiento, este es el primer estudio cuantitativo para predicciones en la zona radicular. Este análisis fortalece la confianza en los resultados entregados y colabora en la toma de decisiones de sectores ligados a la HS como el agrícola.

#### Referencias

1. CONAE - Misiones Satelitales - SAOCOM, <https://www.argentina.gob.ar/ciencia/conae/misiones-espaciales/saocom>, consultado por última vez el 4/6/2024
2. Lozza, H.: Sistema para la aplicación de los datos de la misión satelital SAOCOM en la agricultura. XI Congreso de AgroInformática (CAI) - JAIIO 48. ISSN: 2525-0949, pp. 195-204 (2019) <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/88117>