

# EL USO DE PRODUCTOS SATELITALES COMBINADOS DE HUMEDAD DEL SUELO REQUIERE PRECAUCIÓN. CASO PARTICULAR: PROCESO DE SECADO.

M. Mercedes Salvia<sup>1</sup>, Romina C. Ruscica<sup>2,3,4</sup>, Anna A. Sörensson<sup>2,3,4</sup>, Nina Raoult<sup>5</sup>  
[msalvia@iafe.uba.ar](mailto:msalvia@iafe.uba.ar). Autora correspondiente.

<sup>1</sup> Grupo de Teledetección Cuantitativa, IAFE (UBA/CONICET)

<sup>2</sup> UBA-FCEyN, <sup>3</sup> CIMA (CONICET-UBA), <sup>4</sup> IFAECI (CNRS-IRD-UBA-CONICET)

<sup>5</sup> Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement, IPSL, CEA-CNRS-UVSQ

**Palabras clave:** productos ESA-CCI, humedad del suelo, precipitación.

## 1) INTRODUCCIÓN

La humedad del suelo (HS) es un componente importante del sistema climático, en particular del ciclo hidrológico. Luego del fin de un evento de lluvia, el suelo se seca mediante los procesos de infiltración y escorrentía en una primera etapa, y luego mediante la evapotranspiración. En esta segunda etapa, la reducción de HS puede modelizarse mediante una función exponencial decreciente, con parámetro de decaimiento  $\tau$  (McColl et al., 2017). Este parámetro proporciona información valiosa sobre la respuesta integrada del suelo al clima, la cobertura y las condiciones hidráulicas del terreno durante el proceso de secado del suelo.

Para analizar el parámetro  $\tau$  a escala regional o global, existen estimaciones de HS en los primeros centímetros del suelo, derivadas de sensores satelitales. Sin embargo, individualmente, cada una de ellas abarca distintos períodos de tiempo, con brechas tanto espaciales como temporales. Para obtener estimaciones de cobertura espacio-temporal completa, existen proyectos como la Iniciativa sobre Cambio Climático de la Agencia Espacial Europea (ESA-CCI, Dorigo et al., 2017; Gruber et al., 2019). Este proyecto provee 3 productos globales de HS de al menos 30 años, mediante la fusión de datos provenientes de sistemas satelitales pasivos (P\_CCI), activos (A\_CCI) y de la combinación de ambos tipos (C\_CCI).

Al fusionar las distintas estimaciones para crear cada uno de los productos, los datos son ajustados, manteniendo la dinámica original de las estimaciones, pero imponiendo los valores absolutos y el rango dinámico de un conjunto de datos de referencia, ya sea uno de los productos fusionados (P\_CCI y A\_CCI), o un modelo de superficie (LSM) como GLDAS-Noah (C\_CCI).

Para estudiar si los procesos de fusión afectan la detección de períodos de secado (paso previo al cálculo de  $\tau$ ), se evaluaron los 3 productos de HS de ESA-CCI v4.7 usando dos métodos de detección: uno basado en la dinámica de la serie de HS (McColl et al., 2017; Ruscica et al., 2020) y otro basado en datos de precipitación (Shellito et al., 2016). Para tener una visión de algunos componentes de los productos ESA-CCI, se evaluó también la misión SMOS (Soil Moisture Ocean Salinity, Kerr et al., 2012) y la capa 0-10 cm de GLDAS (v2.1)-Noah (v3.6) (Rodell et al., 2004). Se analizó, a escala global, el período Diciembre 2010-Noviembre 2019.

## 2) MÉTODOS

**2.1) Detección de períodos de secado basada en la dinámica de HS ( $M_{din}$ ):** En el caso de los datos derivados de satélite, se definió que un período de secado inicia luego de un aumento de HS de al menos  $0,1 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ , y finaliza ante un aumento de HS mayor a  $0,04 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ . En el caso de datos de GLDAS-Noah, se utilizaron umbrales de  $0,05$  y  $0 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$  para el inicio y fin

de los períodos de secado respectivamente. La diferencia se debe al menor rango dinámico válido de HS del LSM ( $0,4 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ ) en comparación con el de los datos derivados de satélites ( $0,6 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ ). Más detalles en Raoult et al. (2022).

**2.2) Detección de períodos de secado basada en la precipitación ( $M_{\text{prec}}$ ):** Usando los datos de precipitación de GLDAS, se definió que los períodos de secado inician el día siguiente a la caída de al menos 5 mm/día de lluvia y terminan el día anterior al de ocurrencia de una lluvia de más de 2 mm/día. Más detalles en Raoult et al. (2022).

### 3) RESULTADOS

La tabla I muestra el número de períodos de secado detectados para cada producto y método considerado a escala global durante Dic2010-Nov2019. Se detectaron más períodos de secado en A\_CCI que en P\_CCI posiblemente porque A\_CCI es una fusión de los datos provistos por dos sensores iguales (ASCAT-A y ASCAT-B), por lo tanto presenta la cobertura temporal de dos satélites, con la consistencia de un único instrumento. A su vez se detectaron más períodos de secado en P\_CCI que en SMOS (uno de los radiómetros incluidos en P\_CCI), lo cual era esperable, ya que al incluir más sensores, P\_CCI posee una mayor cobertura espacio-temporal.

		SMOS	P_CCI	A_CCI	C_CCI	GLDAS-Noah
Número de eventos (E6)	$M_{\text{din}}$	2,73	3,57	5,14	1,99	2,03
	$M_{\text{prec}}$	1,02	1,62	2,28	2,38	10,0
Rango promedio de HS ( $\text{m}^3\text{m}^{-3}$ )		0,067	0,089	0,069	0,047	0,054

Tabla I: Para cada producto, se muestra el número total de eventos detectados globalmente según el método usado y el rango dinámico promedio de HS calculado por pixel y por estación y luego promediado. Raoult et al. (2022).

En el caso de SMOS, P\_CCI y A\_CCI, el método  $M_{\text{din}}$  detectó más del doble de períodos de secado que  $M_{\text{prec}}$ . Esto puede deberse a que en  $M_{\text{prec}}$ , los datos de HS de dichos productos son independientes de la precipitación, por ejemplo, un aumento de HS puede no correlacionarse con un evento precipitante previo. Solo en el caso del LSM GLDAS-Noah se garantiza la coincidencia entre los eventos de lluvia y la dinámica de HS, ya que la precipitación es un forzante del LSM. Es por esto que para  $M_{\text{prec}}$  el producto de HS con mayor número de períodos de secado detectados es GLDAS-Noah.

Entonces, sería esperable que C\_CCI presente un número de períodos de secado similar o mayor que P\_CCI y A\_CCI, ya que ambos se fusionan para generarlo. También se esperaría que se detecten más períodos de secado para  $M_{\text{din}}$  que para  $M_{\text{prec}}$ . Usando  $M_{\text{prec}}$ , el primer punto se verifica. Sin embargo, con  $M_{\text{din}}$ , C\_CCI presenta el menor número de períodos de secado de todos los conjuntos de datos, inclusive menos que con  $M_{\text{prec}}$ . Esto significa que en el proceso de creación de C\_CCI hay una pérdida de información, o que la dinámica de HS es modificada de algún modo que dificulta la detección de períodos de secado mediante el método  $M_{\text{din}}$ .

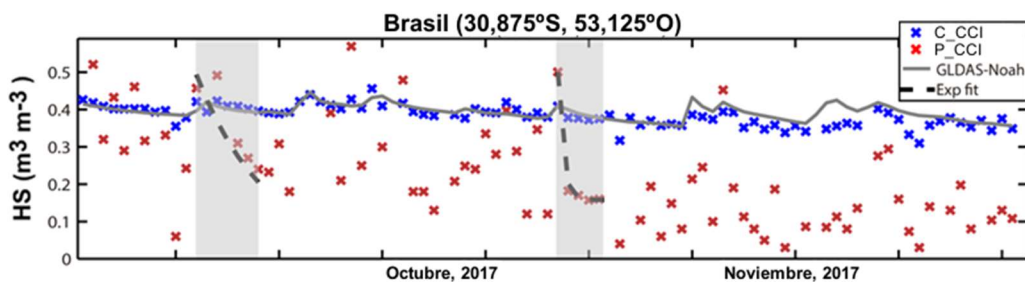


Figura 1. Series de tiempo de HS para la primavera de 2017 de un pixel en el sur de Brasil. Los períodos de secado detectados vía  $M_{\text{din}}$  y modelizados por una exponencial decreciente se indican con bandas grises. Adaptado de Raoult et al., (2022).

Para entender qué está ocurriendo, la Figura 1 muestra un ejemplo de la dinámica de la HS de C\_CCI, P\_CCI y GLDAS-Noah. Esta figura junto con los rangos dinámicos promedio de HS en la Tabla I, ilustran por qué se detectan tan pocos períodos de secado en el producto C\_CCI usando el método  $M_{din}$ . Como se mencionó en la introducción, los productos que componen C\_CCI son ajustados al rango dinámico de GLDAS-Noah previo a su fusión. El menor rango dinámico de GLDAS-Noah en comparación con el de P\_CCI es bien conocido (Dorigo et al., 2017) y se observa claramente en la Tabla I y Figura 1 (motivo por el cual la detección de períodos de secado en GLDAS-Noah con el método  $M_{din}$  se realizó con umbrales más bajos que para los productos satelitales, ver 2.1). Como resultado, las series de tiempo de píxeles individuales presentan amplitudes reducidas de HS en C\_CCI. De hecho, C\_CCI presenta el menor valor de rango promedio de HS de todos los productos estudiados (aún menor al de GLDAS-Noah, Tabla I). Por lo tanto, los umbrales usados en  $M_{din}$  para detectar el inicio (y el fin) de los períodos de secado, son demasiado altos para C\_CCI. Sin embargo, elegir nuevos umbrales generales no es sencillo, ya que las series de HS son ruidosas y variables según la fuente de datos (e.g. unidades (volumétrica, porcentual), sensores pasivos/activos, etc.), y en algunos casos, la reducción en su amplitud como consecuencia del ajuste puede causar incluso que el pico inicial desaparezca por completo, al ser indistinguible de otras fluctuaciones menores de la HS (como en la Figura 1).

En conclusión, este trabajo demuestra la necesidad de tomar precauciones al utilizar series de datos de HS generados mediante la fusión de productos individuales. Estos productos, como los del proyecto CCI, proveen series completas espacio-temporalmente de HS en superficie que son muy valiosas para estudios de interacción suelo-atmósfera, eventos extremos como las sequías (Salvia et al. 2021), etc. Sin embargo, en el caso particular de estudios sobre el proceso de secado del suelo, el procedimiento de fusión y ajuste interfiere y dificulta la investigación.

### **Agradecimientos**

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos PICT 2017-1406 y 2018-02511, y PIP 11220200102141CO.

### **REFERENCIAS**

- Dorigo, W., Wagner, W., Albergel, C., Albrecht, F., Balsamo, G., Brocca, L., Chung, D., Ertl, M., et al., 2017:** ESA CCI Soil Moisture for improved Earth system understanding: State-of-the art and future directions. *Remote Sensing of Environment*, 203, 185–215.
- Gruber, A., Scanlon, T., van der Schalie, R., Wagner, W., y Dorigo, W., 2019:** Evolution of the ESA CCI Soil Moisture climate data records and their underlying merging methodology. *Earth System Science Data*, 11 (2), 717–739.
- Kerr, Y. H., Waldteufel, P., Richaume, P., Wigneron, J. P., Ferrazzoli, P., Mahmoodi, A., Al Bitar, A., Cabot, F., Gruhier, C., Juglea, S. E., et al., 2012:** The SMOS soil moisture retrieval algorithm. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 50 (5), 1384–1403.
- McColl, K.A., Wang, W., Peng, B., Akbar, R., Short Gianotti, D., Lu, H., Pan, M., y Entekhabi, D., 2017:** Global characterization of surface soil moisture drydowns. *Geophysical Research Letters*, 44(8), 3682– 3690.
- Raoult, N., Ruscica, R. C., Salvia, M. M., Sörensson, A. A., 2022:** Soil Moisture Drydown Detection is Hindered by Model-based Rescaling. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 19, 1-5.
- Rodell, M., Houser, P., Jambor, U., Gottschalck, J., Mitchell, K., Meng, C.-J., Arsenault, K., Cosgrove, B., Radakovich, J., Bosilovich, M., et al., 2004:** The global land data assimilation system. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 85 (3), 381–394.
- Ruscica, R., Polcher, J., Salvia, M., Sorensson, A., Piles, M., Jobbágy, E., Karszenbaum, H., 2020:** Spatio-temporal soil drying in southeastern South America: the importance of effective sampling frequency and observational errors on drydown time scale estimates. *International Journal of Remote Sensing*, 41, 7958–7992.
- Salvia, M., Sánchez, N., Piles, M., Ruscica, R., González-Zamora, A., Roitberg, E., Martínez-Fernández, J., 2021:** The added-value of remotely-sensed soil moisture data for agricultural drought detection in Argentina. *IEEE Journal of Selected Topics on Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 14, 6487-6500.
- Shellito, P. J., Small, E. E., Colliander, A., Bindlish, R., Cosh, M. H., Berg, A., Bosch, D., Caldwell, T., Goodrich, D., McNairn, H., et al., 2016:** SMAP soil moisture drying more rapid than observed in situ following rainfall events. *Geophysical Research Letters*, 43 (15), 8068–8075.