

INTERACCIÓN HUMEDAD DEL SUELO RADICULAR - NIVEL FREÁTICO DURANTE LA ÚLTIMA SEQUÍA EN EL SUDESTE DE CÓRDOBA

Ruscica, R.C.^{1,2,3}; Salvia, M.^{4,5}; Cappelletti, L.M.⁶; Lozza, H.⁷; Pulido, M.^{4,8}; Obregón, F.M.^{4,8}; Jobbágy, E.⁹
ruscica@cima.fcen.uba.ar

¹UBA, FCEyN. ² CONICET – UBA, CIMA. ³ CNRS – IRD – CONICET – UBA, IFAECL.
⁴ CONICET

⁵ Instituto de Astronomía y Física del Espacio (IAFE, CONICET-UBA)

⁶ Fundar, Buenos Aires

⁷ Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE)

⁸ Universidad Nacional del Nordeste, FaCENA, Corrientes

⁹ Grupo de Estudios Ambientales (IMASL), UNSL, CONICET, San Luis

Palabras clave: modelado numérico, estimaciones satelitales, asimilación

1) INTRODUCCIÓN

El sudeste de Sudamérica sufrió una sequía socioeconómica importante durante el periodo 2019-2023. La localidad agroproductiva de Marcos Juárez y alrededores, padeció el fenómeno principalmente al final del periodo, con fuerte impacto social y económico (IDECOR, 2023). En esta zona, los agroecosistemas están fuertemente ligados al nivel freático (NF), que se encuentra cercano a la superficie (e.g. Giacobone et al. 2023). En ausencia de precipitaciones, la interacción entre la humedad del suelo (HS) en la zona radicular y el NF es crucial para sostener rendimientos y producción. Sin embargo, explorar dicha interacción es compleja, en principio porque la información regional observada y disponible es limitada. Para contar con información de HS radicular a escala regional/global se asimilan estimaciones satelitales de HS superficial y se aplican forzantes atmosféricos en modelos numéricos de suelo/hidrológico (1) o cultivo (2); o se emplean modelos más simples, del tipo ‘cubo de agua’ (3). En cualquier caso, cada herramienta propaga la información superficial hacia las capas más profundas. Aquí exploramos la interacción entre la HS radicular (en productos del tipo 1, 2 y 3), y el NF observado durante la última sequía.

2) MATERIALES Y METODOLOGÍA

El NF proviene de las estaciones pertenecen a la empresa OMIXOM¹. Estas son: Marcos Juárez (MJ), Monte Buey (MB), Justiniano Posse (JP), Ordóñez (Ord), Wenceslao Escalante (Wen), Chilibroste (Chi), Noetinger (Noe) y Gral. Roca (Roca). Los productos de HS son los globales SMAP-L4 (Reichle y otros, 2022) y SMOS-CATDS (CATDS, 2022), y los locales VST-CONAE (Lozza y otros, 2024) y NOAA-SMAP (Obregón y otros, 2024) (Tabla I). Se utilizaron series de anomalías mensuales de HS radicular, entendida como la HS integrada en el primer metro de suelo, en el periodo máximo común junio 2018 - diciembre 2023.

	SMAP L4	SMOS-CATDS	VST-CONAE	NOAH-SMAP
Tipo modelo	Hidrológico CLSM	bucket model + filtro exponencial estadístico	cultivo, DSSAT	suelo Noah-MP
Asimila en superficie	Temperatura de brillo de SMAP	No. Deriva del producto superficial SMOS L3	Humedad superficial SAOCOM	Humedad superficial SMAP L3
Forzante atmosférico	Sistema GEOS-5 FP	no utiliza	Estaciones meteorológicas	MERRA-2
Integración 1 m	Salida directa	Promedio ponderado primeras 3 capas	Promedio ponderado primeras 7 capas	Promedio ponderado primeras 3 capas
Resolución	9 km	25 km	Polígonos	12 km

Tabla I: Características principales de los productos de humedad del suelo radicular empleados.

¹ <https://cordoba.redesclimaticas.com>, último acceso 9/8/24.

3) RESULTADOS

Se encontraron tendencias negativas significativas (test Mann-Kendall) en todos los sitios para el NF y HS radicular en SMAP y SMOS, y en casi todos los sitios para HS en VST y NOAH. La Tabla II muestra la respuesta en magnitud y signo de las anomalías de HS radicular para NF cercanos (o no) a la superficie, junto con la condición de que el NF ascienda o descienda entre meses consecutivos. Para NF superficiales (<2m), las anomalías de HS son positivas y para niveles profundos (>2m) son negativas (salvo NOAH-Noe con ascenso de NF), tanto si el NF sube o baja, independientemente del producto o del sitio. En otras palabras, NF altos (bajos) se asocian a suelos húmedos (secos) respecto a su valor medio en el periodo. Con NF elevados (<2 m) si este asciende de un mes a otro, la anomalía positiva de HS se torna mayor (o igual) que cuando el NF desciende (salvo 2, de 14, casos: SMOS en Noe y NOAH en Chi). Es decir, para que el NF suba, es necesario que la HS sea realmente alta. En cambio, por debajo de los 2 metros, la anomalía de HS es aún más negativa (o igual) cuando el NF desciende que cuando asciende (salvo 1 caso de 14: VST en JP). Es decir, para que el NF descienda, la HS debe ser realmente baja.

Asc NF, NF>2m	Desc NF, NF>2m
Asc NF, NF<2m	Desc NF, NF<2m

Tabla II: Mediana de las anomalías mensuales de HS sobre los meses que presentaron ascenso/descenso del NF, según esté por arriba/abajo que los 2 metros (color indica la condición). Casillas grises indican casos no encontrados y con guiones no significativas. Noe-VST no dispone de datos confiables.

	SMAP		SMOS		VST		NOAH	
MJ	+0.03	+0.02	+0.03	+0.03	+0.06	+0.03	+0.04	+0.03
	-	-0.02	+	-0.02	+	-0.04	-	-0.02
MB		+0.09		+0.08		+0.08		+0.09
	-	-	-	+	-0.02	-	+	-
JP	-	-	+	+	-	+0.01	+0.02	+0.02
	-0.01	-0.02	-0.01	-0.02	-0.04	-0.03	-0.02	-0.03
Ord	+	-	+0.03	+	+0.06	-	+0.03	+0.02
	-0.01	-0.01	-0.02	-0.02	-0.02	-0.04	-0.03	-0.03
Wen	+0.01	+	+0.02	+0.01	+0.03	+0.02	+0.02	+0.02
	-0.02	-	-0.02	-0.01	-0.01	-0.03	-0.01	-
Chi	-	+	+0.02	+0.01	+0.03	+0.01	+0.01	+0.02
	-0.02	-0.02	-0.03	-0.03	-0.03	-0.04	-0.02	-0.03
Noe	+0.07	+0.06	+0.04	+0.06			-0.01	+
	-0.02	-0.02	-	-0.02			+0.02	+
Roca								
	-0.01	-	-	+	-0.03	-	-0.02	-0.01

Para cuantificar la interacción HS radicular - NF, se calculó la correlación no lineal (*Spearman*) entre sus anomalías mensuales (habiendo removido la tendencia lineal), para distintos desfases (Fig. 1). *Lags* positivos (negativos) implican que la serie de anomalías de HS (NF) se antecede 1, 2 o 3 meses a la de NF (HS). Esta se observa mayoritariamente positiva para los *lags* positivos, lo que es coherente con la dinámica principal descendente del agua en el suelo, donde la HS antecede al NF (Giacobone et al. 2023). Mirando la correlación de las series promediadas (primera fila dentro de cada box), estas son positivas, con valores significativos para *lags* 0 y 1 en todos los productos, maximizando en *lag* 1.

4) CONCLUSIONES

Observamos que las anomalías de HS radicular de todos los productos logran detectar las condiciones (estado y derivada) de NF observado en casi todos los sitios analizados. La correlación no lineal entre las anomalías mensuales de ambas variables es positiva y se ve acentuada cuando la HS precede en un mes al NF, en casi todos los sitios y productos.

AGRADECIMIENTOS

Proyecto Interinstitucional en Temas Estratégicos: SOCIOECOSISTEMA FLUVIAL PARANÁ-PARAGUAY: ESTUDIO ARGENTINO EN EL ESCENARIO DE CAMBIOS GLOBALES; PICTs [2021-I-A-01097, 2019-03639]; CONICET [PIP-112-2020-010214CO].

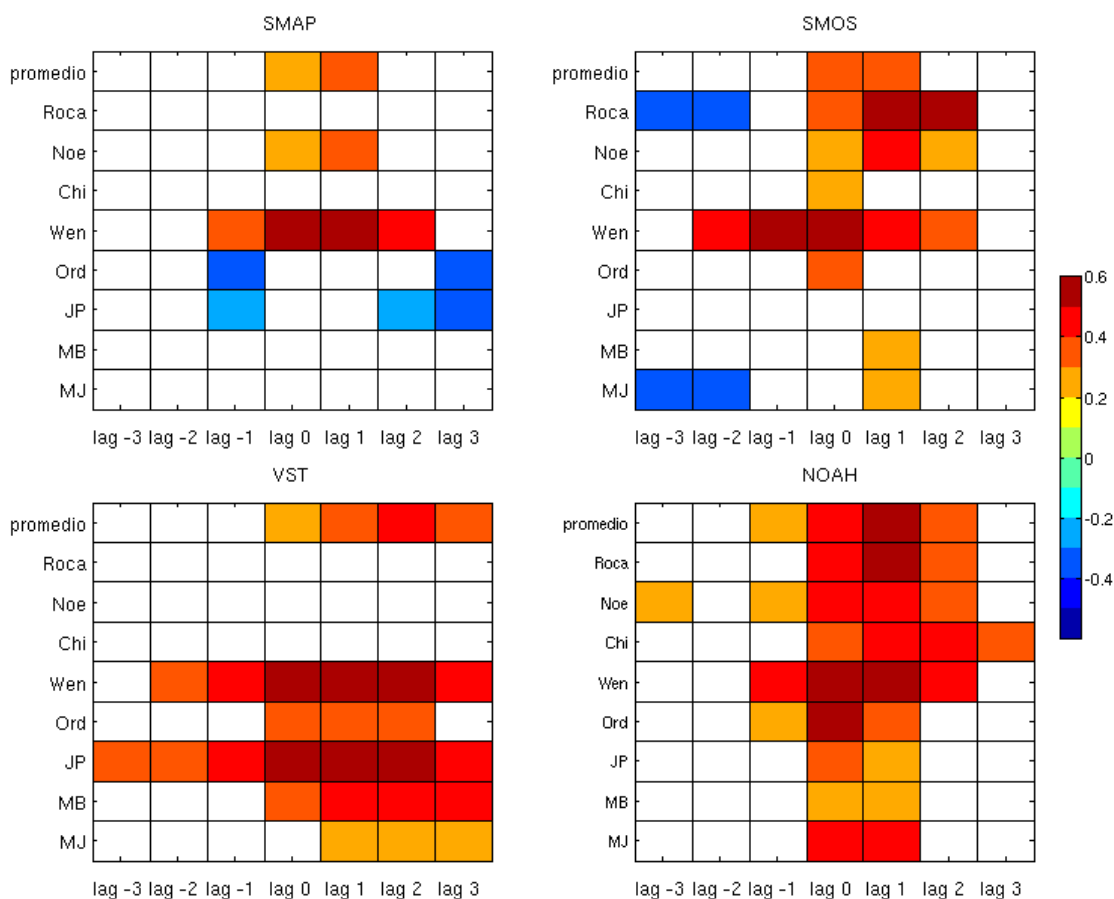


Figura 1. Correlaciones simultáneas (*lag 0*) y desfasadas entre las anomalías mensuales sin tendencia lineal de NF y de HS, para cada sitio y producto. Valores en blanco indican correlaciones no significativas al 95%, salvo en VST - Noe por descartarse la serie de datos correspondiente

REFERENCIAS

CATDS-PDC L4SM RZSM - 1 day global map of root zone soil moisture values from SMOS satellite. CATDS (CNES, IFREMER, CESBIO).
<https://doi.org/10.12770/316e77af-cb72-4312-96a3-3011cc5068d4>

Giacobone, D. y otros, 2023. Contexto regional y local de recarga de acuíferos en la planicie fluvio-eólica de Marcos Juárez; Asociación Internacional de Hidrogeólogos Grupo Argentino; Revista Argentina de Hidrogeología; 2; 11-2023; 58-80.

IDECOR, 2023. Mapa de Área Sembrada, Rindes y Producción de Soja y Maíz, Campaña 2022/2023, Provincia de Córdoba. Ministerio de Agricultura y Ganadería de la Provincia de Córdoba, INTA Centro Regional e IDECOR. Octubre de 2023. Acceso noviembre 2024.

Lozza, H. y otros, 2024. VST - Visor de series temporales de la humedad en el perfil de suelo. Manual de usuario de productos. SAOCOM, CONAE.
https://catalogos5.conae.gov.ar/humedad_serie/docs/CONAE_MOD_MHS_DSS_VST_ManualUsuarios_e01.pdf

Obregón, F. M., Pulido, M., & Lucini, M. (2024, September). Soil Moisture Estimation in the Argentinian Pampas Using Data Assimilation of SMAP and SMOS Retrievals. In 2024 IEEE Biennial Congress of Argentina (ARGENCON) (pp. 1-8). IEEE.

Reichle, R.H. y otros. 2022. SMAP L4 Global 3-hourly 9 km EASE-Grid Surface and Root Zone Soil Moisture Geophysical Data, Version 7.