

# INFLUENCIA DE LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS EN LAS TENDENCIAS DE LOS DÉFICITS HÍDRICOS EN ARGENTINA

Mercedes Peretti<sup>1</sup>, Pablo C. Spennemann<sup>2,3</sup>, María Elena Fernández Long<sup>1</sup>  
[merperetti@agro.uba.ar](mailto:merperetti@agro.uba.ar)

<sup>1</sup>Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía, Departamento de Recursos Naturales y Ambiente, Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas

<sup>2</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET) - Servicio Meteorológico Nacional (SMN)

<sup>3</sup>Universidad Nacional de Tres de Febrero (UNTREF)

**Palabras clave:** cambio climático, agua del suelo, tendencias anuales.

## 1) INTRODUCCIÓN

El agua del suelo interactúa con la atmósfera a través de complejas retroalimentaciones (Seneviratne *et al.*, 2010), convirtiéndose en un reservorio potencialmente susceptible a los cambios climáticos actuales y futuros. En la escala global y regional, varios autores han documentado tendencias positivas y negativas en el agua del suelo (por ejemplo, Deng *et al.*, (2020)), así como en los déficits hídricos (Cammalleri, *et al.*, 2016; Čadro *et al.*, 2019). La contribución de las diferentes variables climáticas a esos cambios puede ser tan simple como una tendencia positiva en la precipitación, o a través de interacciones más complejas (Seneviratne *et al.*, 2010).

En Argentina, los efectos del cambio climático sobre diferentes variables atmosféricas han sido documentados por diversos autores (por ejemplo, Barros *et al.*, (2015) y Müller *et al.*, (2021)). En este contexto, mejorar el conocimiento de la variabilidad temporal y espacial del agua del suelo es de particular interés, más aún en países como Argentina, donde la economía depende fuertemente del sector agrícola. En esta región la agricultura es principalmente de secano, por lo tanto, el agua del suelo limita el crecimiento y los rendimientos de los cultivos. Ante la falta de estudios que aborden cambios a largo plazo en el agua del suelo en la región y la contribución climática a estos cambios, los objetivos de este trabajo son: 1) analizar las tendencias anuales en los déficits hídricos en la Argentina para el período 1990-2019 y 2) evaluar la contribución de diferentes variables meteorológicas a los cambios observados.

## 2) METODOLOGÍA

Se recolectaron datos de 51 estaciones meteorológicas, pertenecientes al Servicio Meteorológico Nacional y al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Para estimar los déficits hídricos (DEF), se utilizaron simulaciones del modelo BHOA ("Balance Hidrológico Operativo para el Agro"; Fernández-Long *et al.*, 2012). El BHOA es un modelo de balance hídrico de una capa que establece un equilibrio entre la evapotranspiración, la precipitación (PP) y el contenido de agua del suelo. Las simulaciones del BHOA se construyen a partir de datos de PP y evapotranspiración potencial (EP) (estimada por Penman-Monteith FAO), capacidad de campo y punto de marchitez permanente. El modelo estima los DEF como la diferencia entre la EP y la evapotranspiración real, por lo tanto, existe un déficit hídrico cuando el sistema suelo-planta no contiene suficiente agua como para evaporar lo que la atmósfera demanda. Para estimar la EP se usaron datos diarios de temperatura máxima (Tmax), temperatura mínima (Tmin), presión de vapor actual (Ea), heliofanía efectiva (para estimar la radiación solar, Rs) e intensidad del viento. Se ha demostrado que las simulaciones del modelo BHOA son capaces de representar adecuadamente la dinámica y variabilidad en el contenido de humedad del suelo en la región pampeana (Spennemann *et al.*, 2020).

Las tendencias anuales de los DEF para el período 1990-2019 fueron estimadas utilizando la prueba no paramétrica de Mann-Kendall (Mann, 1945; Kendall, 1975), mientras que la magnitud de la pendiente fue determinada por la pendiente Sen (Sen, 1968). Por último, para evaluar la contribución climática a los cambios observados en los DEF, se analizaron las tendencias anuales en la PP y en la EP y se realizó un análisis de remoción de tendencia de las variables usadas en la estimación de la EP. La tendencia de cada variable se eliminó restando la función lineal dada por la pendiente de Sen y su ordenada al origen. Una vez removida la tendencia anual de una variable, por ejemplo, Tmed, se recalculó la tendencia de la EP (definida como EP modificada).

### 3) RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los DEF aumentaron en casi la totalidad de los sitios con respuestas significativas (Figura 1a). Esto indica la ocurrencia de condiciones cada vez más secas. En los sitios donde ocurrieron tendencias significativas en los DEF (17 en total) se observaron cambios importantes en la EP, mientras que casi no se detectaron cambios significativos en la PP (Figura 1b y 1c). Este resultado sugiere una mayor importancia de la EP sobre la PP en los cambios observados en los DEF. Tendencias similares en la EP (usando también la formulación de Penman Monteith) y en la PP fueron documentados por D'Andrea *et al.*, (2019) en el centro-este de Argentina.

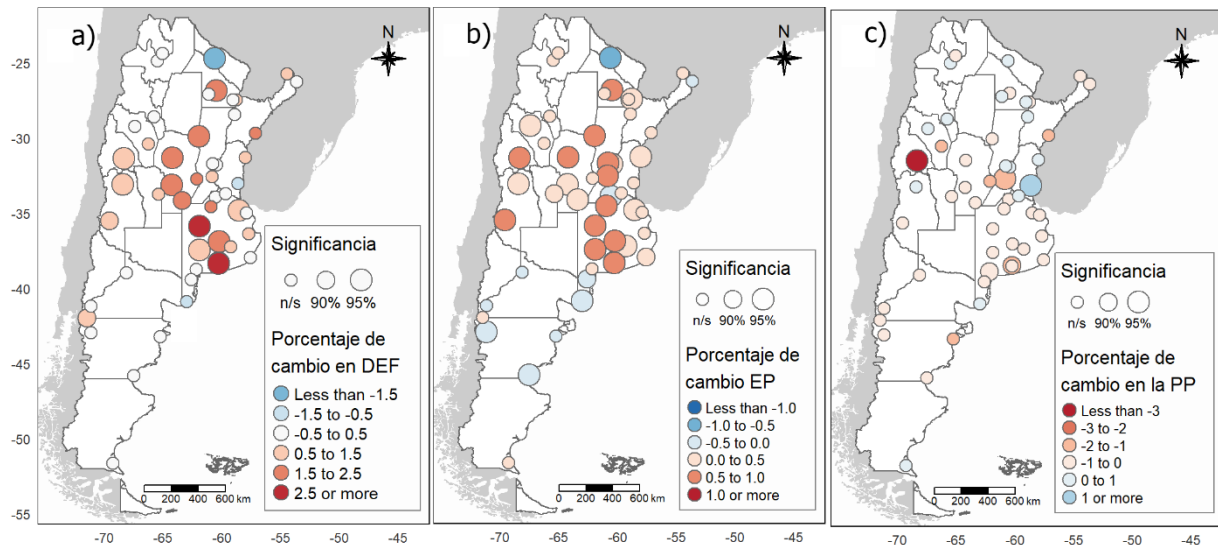


Figura 1: Tendencias anuales en el período 1990-2019 en: a) déficits hídricos (DEF), b) evapotranspiración potencial (EP), y c) precipitación (PP). Los tonos rojos indican cambios hacia condiciones más secas y los azules hacia condiciones más húmedas.

Los resultados del análisis de remoción de tendencias sugieren un mayor impacto de la Tmax y la Tmed sobre la EP en sitios con cambios significativos en los DEF. La Figura 2 muestra el diagrama de dispersión entre las pendientes de la EP original y las pendientes de la EP modificada. El efecto de las variables en la EP se detecta según qué tan lejos están los puntos de la línea 1:1. Se observa una mayor distancia en los casos en que se eliminaron las tendencias en las Tmax y Tmed (Figura 2a) y luego, en la Ea y la Rs (Figura 2c y d). Contrariamente, cuando se eliminó la tendencia de la Tmin, la magnitud del efecto fue menor (Figura 2a), coherente con el bajo impacto que tiene la Tmin en la EP. Las temperaturas, la Rs y la Ea aumentaron la EP durante el período de tiempo estudiado. Mediante un análisis de regresión de stepwise, D'Andrea *et al.*, (2019) también documentaron que una tendencia decreciente en la humedad habría causado incrementos en la EP en el centro-este de Argentina, aunque en este caso, esta variable tuvo más peso que la temperatura. Ya que la temperatura resultó ser uno de los impulsores más importantes del aumento de la EP, los incrementos proyectados por el IPCC (2021) en la temperatura implicarían escenarios de mayor EP y, por lo tanto, mayores DEF.

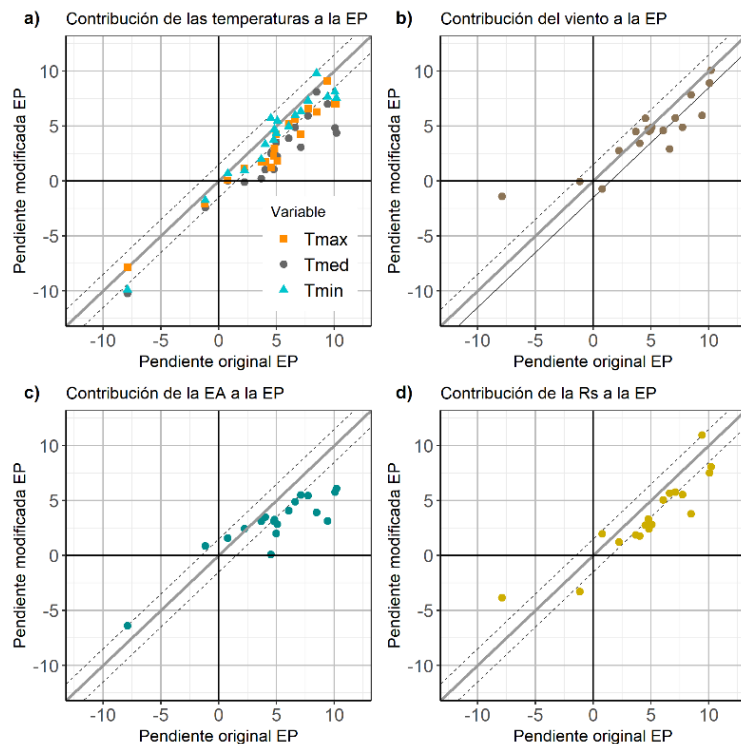


Figura 2. Gráficos de dispersión de las pendientes originales de la EP en cada sitio y las pendientes de la EP recalculadas luego de eliminar la tendencia en: a) las temperaturas ( $T_{max}$ ,  $T_{min}$  y  $T_{med}$ ); b) el viento; c) la Ea; y d) la Rs.

## REFERENCIAS

**Barros VR, Boninsegna JA, Camilloni IA, Chidiak M, Magrín GO, Rusticucci M. 2015.** Climate change in Argentina: Trends, projections, impacts and adaptation. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 6(2): 151–169.

<https://doi.org/10.1002/wcc.316>.

**Čadro S, Uzunović M, Cherni-Čadro S, Žurovec J. 2019.**

Changes in the Water Balance of Bosnia and Herzegovina As a Result of Climate Change. *The Journal "Agriculture and Forestry,"* 65(3): 19–33. <https://doi.org/10.17707/agricultforest.65.3.02>.

**Cammalleri C, Micale F, Vogt J. 2016.** Recent temporal trend in modelled soil water deficit over Europe driven by meteorological observations. *Int. J. of Clim.*, 36(15): 4903–4912. <https://doi.org/10.1002/joc.4677>.

**D'Andrea MF, Rousseau AN, Bigah Y, Gattinoni NN, Brodeur JC. 2019.** Trends in reference evapotranspiration and associated climate variables over the last 30 years (1984–2014) in the Pampa region of Argentina. *Theoretical and Applied Climatology*, 136(3–4): 1371–1386. <https://doi.org/10.1007/s00704-018-2565-7>.

**Deng Y, Wang S, Bai X, Luo G, Wu L, Cao Y, Li H, Li C, Yang Y, Hu Z, Tian S. 2020.** Variation trend of global soil moisture and its cause analysis. *Ecological Indicators*. Elsevier, 110(April 2019): 105939. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105939>.

**Fernández-Long ME, Spescha L, Barnatán I, Murphy G. 2012.** Modelo de balance hidrológico operativo para el agro (BHOA). *Revista Agronomía & Ambiente*, 32 (1–2)(January): 31–47.

**IPCC. 2021.** *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.

**Kendall M. 1975.** Rank correlation methods. .

**Mann HB. 1945.** Nonparametric tests against trend. *Econometrica: J. of the Econometric Society*.

**Müller G V., Lovino MA, Sgroi LC. 2021.** Observed and projected changes in temperature and precipitation in the core crop region of the humid pampa, Argentina. *Climate*, 9(3): 1–25. <https://doi.org/10.3390/cli9030040>.

**Sen PK. 1968.** Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *J. of the American statistical association*, 63: 1379–1389.

**Seneviratne SI, Corti T, Davin EL, Hirschi M, Jaeger EB, Lehner I, Orlowsky B, Teuling AJ. 2010.** Investigating soil moisture-climate interactions in a changing climate: A review. *Earth-Science Reviews*. Elsevier B.V., 99(3–4). <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2010.02.004>.

**Spennemann PC, Fernández-long ME, Gattinoni NN, Cammalleri C. 2020.** J. of Hydrology : Regional Studies Soil moisture evaluation over the Argentine Pampas using models , satellite estimations and in-situ measurements. *J. of Hydrology: Regional Studies*. Elsevier, 31(December 2019): 100723. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2020.100723>.