

INFLUENCIA DE LA CONVERGENCIA DE HUMEDAD EN EL ACOPLE HUMEDAD DEL SUELO-PRECIPITACION

Lucas Longo¹, Claudio Menéndez^{1,2,3}, Romina C. Ruscica^{1,3,4}, Julian Giles⁵
menendez@cima.fcen.uba.ar

1 CONICET - UBA, CIMA, Buenos Aires, Argentina

2 UBA, FCEN, DCAO, Buenos Aires, Argentina

3 CNRS – CONICET – IRD – UBA, IFAECI, IRL 3351, Buenos Aires, Argentina

4 UBA, FCEN, Buenos Aires, Argentina

5 Institute of Geosciences, Meteorology Section, University of Bonn, Germany

Palabras clave: acople suelo-precipitación, forzante sinóptico, ciclo diurno

1) INTRODUCCIÓN

Las interacciones suelo-atmósfera, incluyendo el acople entre la humedad del suelo (HS) y la precipitación (P), tienen un rol no menor en el sistema climático de Sudamérica (Grimm et al., 2007; Giles et al., 2023). Las características de la superficie pueden afectar P mediante diferentes procesos, como la influencia de suelos secos en el desarrollo de la capa límite, la de suelos húmedos en el reciclado de humedad, o la de la heterogeneidad en la creación de inestabilidades sobre contrastes de HS. Estos procesos pueden actuar simultáneamente, complejizando el análisis, y haciendo que el feedback entre HS y P (preferencia de P para desarrollarse sobre suelos húmedos o secos) presente a veces resultados aparentemente contradictorios especialmente en la escala diurna. Con el fin de contribuir a separar y comprender estos diferentes procesos investigamos el acople HS-P en la escala subdiurna. Para ello, se analizó el impacto de las condiciones antecedentes de HS sobre la ocurrencia de eventos de precipitación vespertina (EPVs) empleando la metodología de Giles y Menéndez (2022).

Los EPVs no solo dependen del estado de la HS matutina; también son influenciados por la inestabilidad atmosférica, las condiciones sinópticas y los forzantes de gran escala, los cuales no fueron tenidos en cuenta por Giles y Menéndez (2022). Asimismo, la persistencia de EPVs, relacionada con forzantes sinópticos o de mayor escala, dificulta aislar la influencia del acople local HS-P. Para distinguir diferentes forzantes que pueden afectar el acople HS-P se consideró la convergencia de vapor de agua, similarmente a Welty y Zeng (2018), por ser un indicador clave de la influencia sinóptica y de la circulación de gran escala.

2) METODOLOGIA

La metodología se basa en el análisis de EPVs en cada punto de retículo y en el cálculo de diagnósticos que definen las condiciones de HS antes de estos eventos. Un EPV se caracteriza por ausencia de P matutina y por superar un mínimo de P por la tarde. Para cada punto se identifican los días con EPV y se analizan las condiciones de HS previas a cada evento (en horas de la mañana) en una región de 3x3 puntos centrada en el EPV (donde ocurre la máxima P). A su vez, se clasifican los días con EPV según su régimen dinámico basado en la convergencia horizontal de humedad: regímenes dinámicos con baja, media y alta convergencia de humedad. Estos regímenes corresponden a diferentes niveles de influencia sinóptica: baja convergencia indica influencia sinóptica limitada, mientras que alta

convergencia indica una influencia sinóptica más pronunciada.

Se definen tres diagnósticos, basados en las anomalías (respecto al promedio de 31 días centrado en el día del evento) de HS matutina, para analizar procesos de acople debido a anomalías espaciales, temporales y a las condiciones de heterogeneidad. El diagnóstico espacial (Y_s) compara espacialmente las anomalías de HS entre el punto de máxima P y el punto de mínima P (identifica si el EPV prefiere condiciones de HS más húmedas o más secas respecto a su entorno). El diagnóstico temporal (Y_t) cuantifica la anomalía temporal de HS matutina en el punto de máxima P (identifica preferencia por días con suelo húmedo o seco). El diagnóstico de heterogeneidad (Y_h) cuantifica la heterogeneidad espacial de las anomalías de HS matutina en la región de 3x3 mediante el desvío estándar de las 9 anomalías de HS (identifica preferencia por condiciones de HS espacialmente más o menos heterogéneas).

Para cada régimen dinámico (convergencia de humedad integrada verticalmente baja, media y alta), el acople se evalúa utilizando estos diagnósticos (Y_s , Y_t , Y_h) y comparando las condiciones durante los días con EPVs con las condiciones de días sin EPVs (muestra control). Se promedia cada diagnóstico para la muestra de días con EPVs y para la muestra control en cada punto, se calcula la diferencia entre estos promedios, y se determina la significancia estadística de esta diferencia con un método de bootstrapping creando muestras aleatorias mezclando los valores de los diagnósticos de los días con eventos y de control, y se calcula la diferencia promedio para cada muestra aleatoria. La diferencia observada se compara con la distribución de las diferencias aleatorias y el percentil donde se ubica indica el grado de significancia estadística. Percentiles altos o bajos (ej. por encima del 90% o por debajo del 10%) sugieren una relación significativa asociada al acople local. El período analizado corresponde a los semestres octubre-marzo entre 1983 y 2012. La metodología se aplicó a una simulación con el modelo regional RCA4 y al reanálisis ERA5 en un dominio que cubre Sudamérica al sur de 10°S (ver detalles adicionales sobre la metodología y los datos empleados en Giles y Menéndez, 2022).

3) RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Por razones de espacio se muestran solo los resultados para el diagnóstico temporal Y_t (figura 1). El modelo y el reanálisis presentan resultados similares para la preferencia temporal para las tres condiciones de convergencia de humedad. En los días con alta convergencia (fuerte forzante sinóptico) los EPVs prefieren condiciones de HS secas durante la mañana (paneles de la izquierda). Este feedback negativo puede deberse a que el suelo seco favorece el desarrollo de la capa límite y el inicio de la convección si hay suficiente agua disponible en la atmósfera para precipitar. En los días con convergencia de humedad media o baja (forzante sinóptico débil, paneles del centro y de la derecha) los EPVs en general prefieren condiciones húmedas en regiones tropicales (feedback positivo a través de mayor evaporación), pero condiciones secas en el centro de Argentina y Uruguay (feedback negativo, pero con menor número de puntos significativos en comparación con el caso de alta convergencia).

La interacción entre la HS matutina y los EPVs varía significativamente según las condiciones sinópticas y según la región. En consecuencia, el signo del feedback asociado con el acople HS-P no es uniforme, siendo la convergencia de vapor de agua un factor determinante. El modelo RCA4 y el reanálisis ERA5 proveen resultados similares para el diagnóstico de preferencia temporal de EPVs para los diferentes forzantes sinópticos.

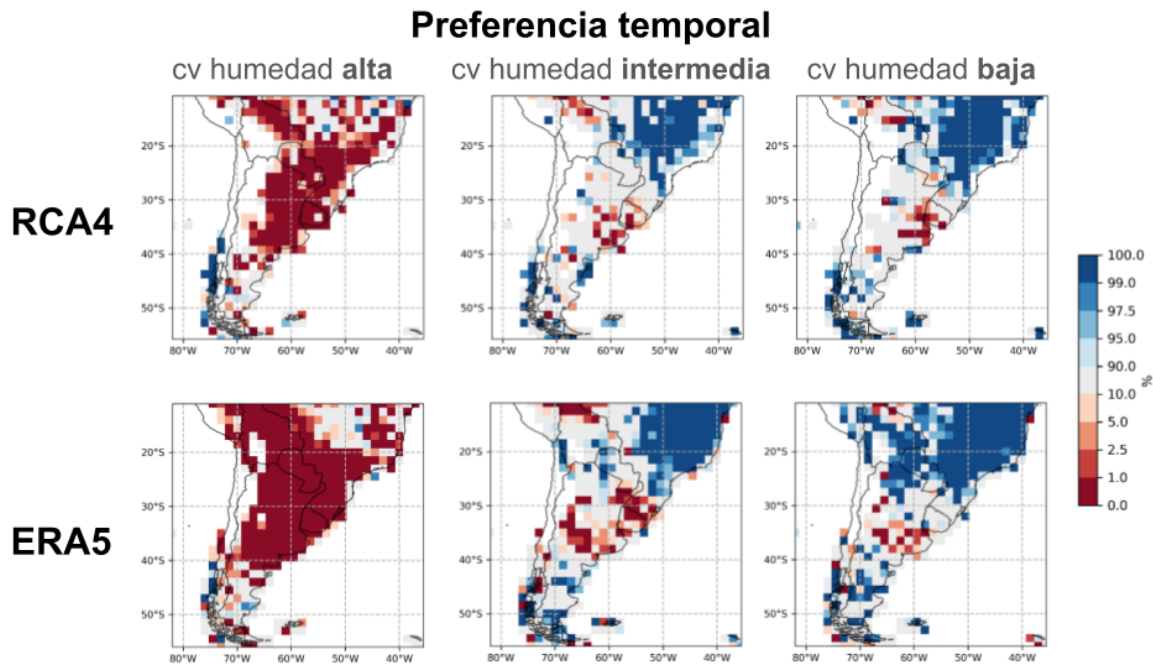


Figura 1: Preferencia temporal de EPVs respecto a las anomalías matutinas de HS para simulación con modelo regional RCA4 (arriba) y reanálisis ERA5 (abajo); para condiciones de convergencia de humedad integrada verticalmente alta (columna izquierda), media (columna central) y baja (columna derecha). Las preferencias están representadas por el percentil en el que se ubica el diagnóstico de los eventos respecto a una distribución aleatoria (hipótesis nula: no hay acople). Los percentiles altos (color azul) indican valores más altos que los esperados aleatoriamente, es decir preferencia de EPVs sobre suelos más húmedos que la media. Los percentiles bajos (color rojo) indican valores más bajos que los esperados aleatoriamente, es decir preferencia de EPVs sobre suelos más secos que la media. Los valores entre los percentiles 10 y 90 se consideran no significativos.

Agradecimientos: CONICET (PIP-112-2020-0102141-CO), ANPCYT (PICT-2021-I-A-01097), DFG (SFB 1502/1-2022 - Projektnummer: 450058266)

REFERENCIAS

Giles J.A., C.G. Menéndez y R.C. Ruscica, 2023: Nonlocal impacts of soil moisture variability in South America: Linking two land-atmosphere coupling hot spots. *J. Climate* 36, 227-242.

Giles J.A. y C.G. Menéndez, 2022: How morning soil moisture conditions influence afternoon precipitation events in South America. *Int. J. Clim.* 42 (15), 7899-7913.

Grimm A., J. Pal y F. Giorgi, 2007: Connection between spring conditions and peak summer monsoon rainfall in South America: Role of soil moisture, surface temperature, and topography in eastern Brazil. *J. Climate*, 20, 5929-5945.

Welty, J. y Zeng, X., 2018: Does soil moisture affect warm season precipitation over the southern Great Plains?. *Geophysical Research Letters*, 45, 7866-7873.