

Interacción suelo-atmósfera en Sudamérica: contribución de las componentes de la evapotranspiración

Daira A Rosales^{1,3,4}, Romina C Ruscica^{2,3,4}, Anna A Sörensson^{2,3,4}

Resumen En este trabajo investigamos la representación de la evapotranspiración en Sudamérica según cinco estimaciones diferentes durante el periodo 1981-2010. Principalmente, estudiamos la partición de la evapotranspiración en sus componentes: transpiración, evaporación desde la vegetación, y desde el suelo; y cómo éstas contribuyen a la interacción suelo-atmósfera en diciembre-enero-febrero. Encontramos regiones de interacción suelo-atmósfera que son reconocidas habitualmente en la literatura: el centro de Argentina y el noreste de Brasil, que son, además, regiones de transición entre climas secos y húmedos. Nuestro resultado principal es que la transpiración es la componente de la evapotranspiración que más contribuye a la interacción suelo-atmósfera.

INTRODUCCIÓN

La evapotranspiración (ET) es una variable del ciclo hidrológico de suma importancia, que vincula la superficie y la atmósfera. En este trabajo definiremos a la ET como la suma de tres componentes: transpiración (E_t) e interceptación (E_i) de la vegetación, y evaporación desde el suelo desnudo (E_b). Por un lado, la E_t es el proceso en el que la vegetación toma agua disponible en el suelo a través de sus raíces, y posteriormente durante la fotosíntesis la libera en forma gaseosa por los estomas de sus hojas. Por otro lado, la E_i se define como el agua precipitada que fue interceptada por la vegetación y posteriormente es reincorporada en la atmósfera a través de un proceso evaporativo. La E_b , por su parte, se entiende como la evaporación desde la superficie descubierta. Una correcta representación de la partición de la ET en sus componentes es de gran importancia para las simulaciones climáticas.

Como la ET puede estar modulada por el agua disponible en superficie y la energía disponible en la atmósfera, se pueden identificar dos regímenes: ET limitada por agua o por energía. Considerando a la temperatura del aire (T) como indicador de energía disponible en la atmósfera, una relación directa entre la ET y la T podría indicar un régimen de ET limitada por energía. En este caso se dice que la atmósfera influye sobre el suelo. En cambio, una relación indirecta entre ET y T se da en un régimen de ET limitada por agua en superficie. En este caso, el agua en superficie controla la ET, entonces a mayor/menor cantidad de agua en superficie, mayor/menor energía utilizada para la ET (calor latente), y por lo tanto menor/mayor temperatura en la atmósfera (calor sensible), y de esta manera hay interacción suelo-atmósfera, es decir que el suelo influye en la atmósfera. En zonas de transición climática, entre climas húmedos y secos, suelen hallarse regiones de interacción suelo-atmósfera, que llamaremos *hotspots*.

Existe amplia literatura sobre la existencia de dos *hotspots* en Sudamérica: sudeste de Sudamérica y noreste de Brasil, obtenidos a partir de la ET. Sin embargo, poco se sabe sobre cómo son estos *hotspots* para cada una de las componentes de la ET, y este es el objetivo principal de este trabajo.

DATOS Y METODOLOGÍA

En el presente trabajo utilizamos estimaciones de ET y sus componentes, provenientes de simulaciones con dos Modelos Globales de Vegetación Dinámica (DGVMs, por sus siglas en inglés):

¹Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, Buenos Aires, Argentina. Email: daira.rosales@cima.fcen.uba.ar

²Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Buenos Aires, Argentina.

³CONICET – Universidad de Buenos Aires, Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA), Buenos Aires, Argentina.

⁴CNRS – IRD – CONICET – UBA, Instituto Franco-Argentino para el Estudio del Clima y sus Impactos (IRL 3351 IFAECI), Buenos Aires, Argentina.

INtegrated model of LAND surface processes (inLand), y *Lund–Potsdam–Jena with managed Land version 4.0* (LPJmL4). En estas simulaciones, los DGVMs fueron forzados por variables atmosféricas, de dos conjuntos de datos diferentes, es decir que contamos con cuatro simulaciones (dos DGVMs combinados con dos forzantes). Además utilizamos datos del *Global Land Evaporation Amsterdam Model* (GLEAM) en su versión 3.5a (www.gleam.eu) como base de referencia para comparar la ET y sus componentes con aquellas resultantes de los DGVMs. GLEAM es un algoritmo que estima flujos evaporativos en la superficie terrestre usando información satelital.

Ya que una relación indirecta entre ET y T se da en un régimen de ET limitada por agua en superficie, la correlación negativa entre ambas ($\rho(ET, T) < 0$) es un buen indicador de interacción suelo-atmósfera. Para su cálculo se filtra previamente la tendencia lineal a la T y a la ET, luego se correlacionan y entonces, se considera interacción suelo-atmósfera dónde esta correlación es negativa y significativa al 95%. Definimos el índice de interacción suelo-atmósfera como el valor absoluto de esta correlación en dónde se cumplen esas dos condiciones. De esta forma, valores mayores indican regiones donde la interacción suelo-atmósfera es más intensa.

Como la interacción suelo-atmósfera puede variar entre estaciones del año, se realizó este cálculo para valores trimestrales. En este trabajo se muestra sólo la estación de diciembre-enero-febrero donde la interacción es mayor (Ruscica et al., 2016). Para investigar la interacción suelo-atmósfera de cada componente de la ET, usamos el mismo criterio: coeficiente de correlación $\rho(Ex, T)$ negativo y significativo al 95%, donde Ex representa cada una de las tres componentes de la ET (Et, Ei, Eb).

RESULTADOS

En los paneles de la primera fila de la Figura 1 se observa que las cuatro simulaciones y GLEAM presentan *hotspots* en el centro-norte de Argentina y en el noreste de Brasil, un patrón reconocido por Menéndez et al. (2019), Spennemann et al. (2018) y Sörensson & Menéndez (2011), entre otros. Estos *hotspots* están más localizados sobre Argentina central y la esquina noreste de Brasil en las simulaciones del DGVM *inLand* que en las de *LPJmL4*. En estas regiones, las magnitudes del índice de las cuatro simulaciones son similares (entre 0.5 y 0.8) a las de GLEAM.

Respecto a la Et (segunda fila), las cuatro simulaciones y GLEAM coinciden en mostrar interacción suelo-atmósfera por Et en las mismas regiones y con magnitudes similares a los *hotspots*, indicando que la Et es una componente de la ET de suma relevancia para la interacción suelo-atmósfera. Por otro lado, las cuatro simulaciones y GLEAM coinciden en que hay interacción suelo-atmósfera por Ei (tercera fila) en el norte y noreste de Brasil, y al norte de la Patagonia Argentina, con magnitudes desde 0.4 a 0.8. Este patrón espacial sólo coincide parcialmente con los *hotspots* de ET. Sin embargo, es posible identificar algunas regiones en donde, al igual que Et, Ei también es relevante para la interacción suelo-atmósfera, como el noreste de Brasil, con índices de magnitudes similares al de los *hotspots*.

Por último, Eb es la componente de la ET que menos explica los *hotspots* de ET (cuarta fila). En general, las regiones en las que Eb muestra interacción suelo-atmósfera, son pequeñas y con un índice de solo 0.4. *LPJmL4* y GLEAM muestran interacción suelo-atmósfera por Eb en algunas regiones más que *inLand*, como por ejemplo en el sur de Argentina, y en el norte de Sudamérica. De todos modos, no tiene gran relevancia ya que, como la variabilidad interanual de la Eb en estas regiones es baja, no habrá variaciones significativas que afecten a la atmósfera.

CONCLUSIÓN

Tanto con las simulaciones, como con GLEAM, la Et es la componente de la ET que más influencia los *hotspots* ya reconocidos en la literatura. Aun así, aunque de menor relevancia, no podemos descartar la contribución de la Ei en estas regiones. Estos resultados dejan en evidencia la importancia de

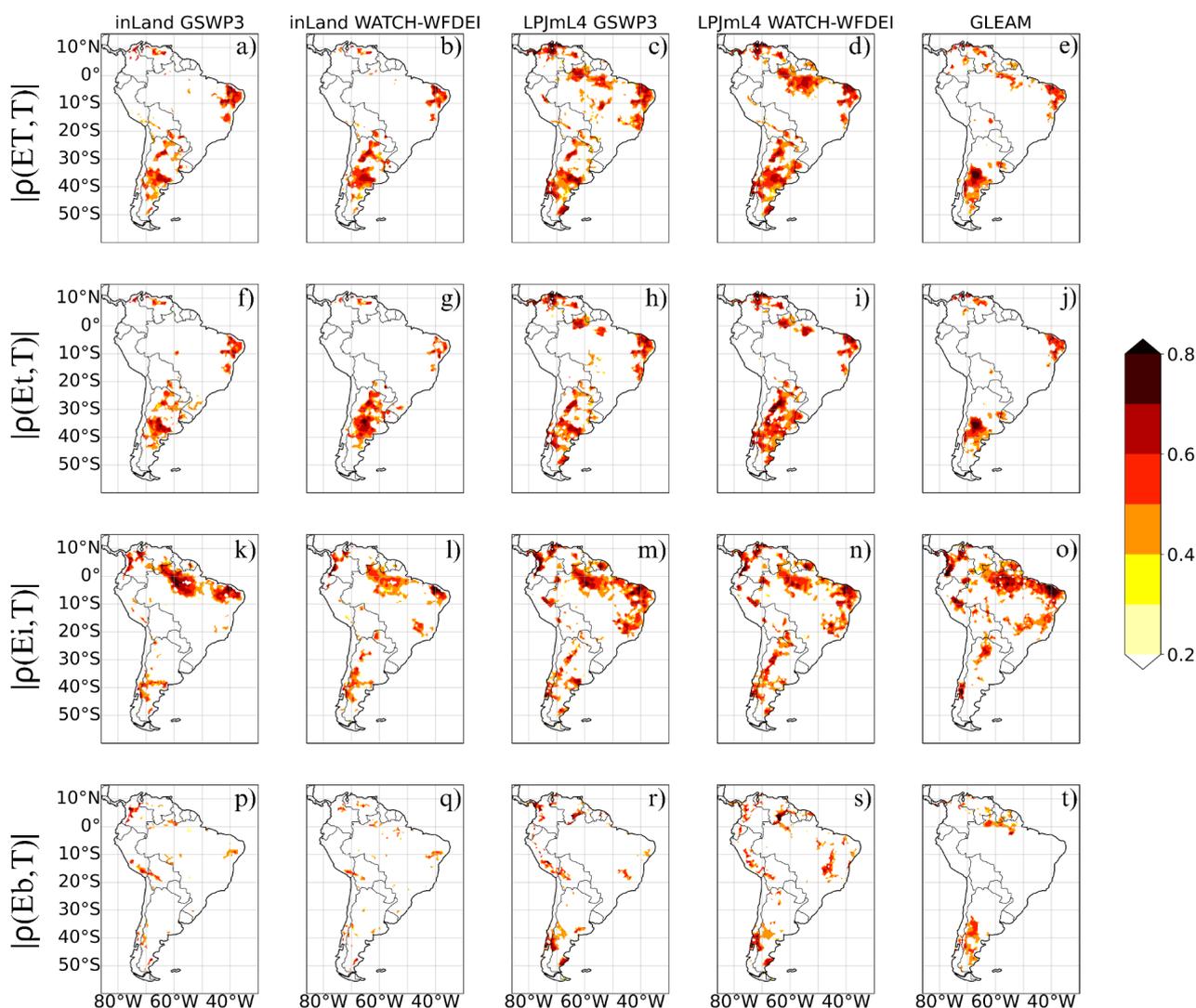


Figura 1. Índice de interacción suelo-atmósfera para la evapotranspiración (primera fila), y cada una de sus componentes: transpiración (segunda fila), interceptación (tercera fila), y evaporación desde el suelo (cuarta fila), según las cuatro simulaciones (primeras cuatro columnas) y GLEAM (última columna) en el trimestre diciembre-enero-febrero del periodo 1981-2010.

mejorar la representación de las componentes de la ET, tanto en modelos numéricos como satelitales, ya que esto mejorará la representación de los *hotspots*.

REFERENCIAS

- Menéndez, C. G., Giles, J., Ruscica, R., Zaninelli, P., Coronato, T., Falco, M., Sörensson, A., Fita, L., Carril, A., & Li, L. (2019). Temperature variability and soil-atmosphere interaction in South America simulated by two regional climate models. *Climate Dynamics*, 53, 2919–2930. <https://doi.org/10.1007/s00382-019-04668-6>
- Ruscica, R. C., Menéndez, C. G., & Sörensson, A. A. (2016). Land surface-atmosphere interaction in future South American climate using a multi-model ensemble. *Atmospheric Science Letters*, 17, 141–147. <https://doi.org/10.1002/asl.635>
- Spennemann, P. C., Salvia, M., Ruscica, R. C., Sörensson, A. A., Grings, F., & Karszenbaum, H. (2018). Land-atmosphere interaction patterns in southeastern South America using satellite products and Climate Models. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 64, 96–103. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2017.08.016>
- Sörensson, A. A. & Menéndez, C. G. (2011). Summer soil-precipitation coupling in South America. *Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography*, 63, 56. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0870.2010.00468.x>