

EVAPOTRANSPIRACIÓN MODELADA EN SUDAMÉRICA: INFLUENCIA DEL CAMBIO DEL USO DE SUELO Y DE LA CONCENTRACIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO

Daira A. Rosales¹, Romina C. Ruscica^{2,3,4}, Anna A. Sörensson^{2,3,4}

dairaanahirosales@gmail.com

¹Universidad de Buenos Aires (UBA), Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEyN), Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (DCAO). Buenos Aires, Argentina

²UBA, FCEyN, Buenos Aires, Argentina

³Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA), CONICET—UBA, Buenos Aires, Argentina

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

Palabras clave: Modelos globales de vegetación dinámica, intercepción, transpiración

1) INTRODUCCIÓN

La evapotranspiración (ET) juega un rol importante en el sistema climático, vinculando el balance de agua, energía y carbono en la interfaz superficie-atmósfera. Integra distintas componentes: la *evaporación* directa del suelo y del canopy de la vegetación luego de un evento lluvioso, i.e. *intercepción*; y la *transpiración* de la vegetación. La evaporación depende del contenido de agua en el suelo superficial y la demanda atmosférica. La intercepción depende de la precipitación (frecuencia, intensidad) y la cobertura vegetal (Miralles y otros, 2010). Por otro lado, la transpiración es un proceso más lento que responde a cómo las plantas acceden al reservorio acuífero a distintas profundidades, pero también a la conductancia de las estomas que puede variar en respuesta a las condiciones de humedad y carbono en la atmósfera tanto como a la radiación de onda corta. Un conocimiento adecuado de la dinámica espacio-temporal de ET y sus componentes, es necesario para una representación correcta de la interacción suelo-atmósfera, proyecciones de cambio climático y predicciones de eventos extremos, como las sequías. Sin embargo, la incertidumbre de ET es elevada, particularmente en Sudamérica (Sörensson y Ruscica, 2018).

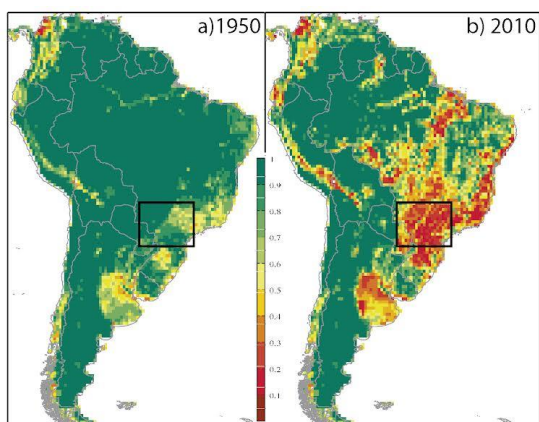


Figura 1: Fracción de vegetación natural (adaptado de Ruscica y otros, 2022)

A escala regional ($> 1e4 \text{ km}^2$), los modelos de vegetación dinámica forzados con observaciones atmosféricas usados en modo “offline”, es decir forzados con observaciones atmosféricas, permiten generar bases temporalmente extensas de ET. Además, esto permite realizar distintos experimentos y estudiar procesos físicos y biofísicos de interés analizando de manera directa cómo la ET es influenciada por distintos forzantes atmosféricos, cambios en el uso del suelo (LUCC por sus siglas en inglés), y en las concentraciones de CO_2 en la atmósfera.

El sudeste de Sudamérica ha sufrido modificaciones extremas en su cobertura vegetal natural desde mitades del siglo pasado (Figura 1). Ruscica y otros (2022) encontraron que en la zona alta de la Cuenca del Plata (aCdP, rectángulo en la Figura 1), el LUCC influyó significativamente en la tendencia lineal de la ET modelada durante 1950-2010. En este trabajo analizamos la dinámica de la ET modelada y sus

componentes en aCdP, y cómo fue afectada por distintos forzantes como cambios en el uso del suelo, cambios y variabilidad del clima y el aumento histórico de CO₂ a escala continental.

2) METODOLOGÍA

Utilizamos datos mensuales a 0.5°x0.5° de inLand y LPJmL4, que son parte del ensamble de modelos de vegetación dinámica usados en el proyecto CLIMAX (<http://www.climax-sa.org/>, Ruscica y otros, 2022, Rezende y otros, 2022, <https://zenodo.org/record/6374203#.Yr3C-XjMLs3>). Estos fueron forzados con las bases de datos atmosféricas GSWP3 y WATCH-WFDEI compuestas por precipitación, temperatura y humedad específica a 2 metros de altura, radiación de onda corta y larga entrante, y viento a 10 metros. A su vez, contamos con simulaciones que consideran distintos escenarios: LUCC observado, y vegetación natural potencial (PNV), que tienen en cuenta el aumento del CO₂ histórico observado (CO_{2on}), o un valor de CO₂ constante de 278ppm del periodo preindustrial (CO_{2off}). En total, contamos con 16 simulaciones, i.e. 2 modelos x 2 forzantes atmosféricos x 2 escenarios de uso del suelo (LUCC, PNV) x 2 escenarios de cambio en la composición atmosférica (CO_{2on}, CO_{2off}).

Analizamos las variables ET, interceptación (Ei) y transpiración (Et) (la evaporación directa del suelo es despreciable en comparación con Ei y Et) en el período 1950-2010, calculando las tendencias lineales de los datos medios anuales en aCdP. A escala continental, realizamos mapas de promedios temporales, diferencias entre períodos y entre escenarios.

3) RESULTADOS

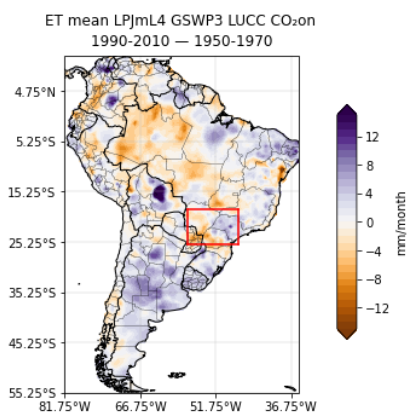


Figura 2: Resta de la ET promediada en 1990-2010 y 1950-1970, LPJ-mL, GSWP3, LUCC, CO_{2on}.

A modo de ejemplo, en la Figura 2 se presenta el cambio temporal de la ET media, según LPJmL4 forzado con GSWP3 considerando cambios antropogénicos observados (LUCC y CO_{2on}). Mientras que, esta combinación (modelo-forzante) muestra disminución de la ET en el Amazonas, en el resto del continente muestra aumento de la ET.

Para entender cuánta influencia tuvo el cambio en el uso del suelo en los cambios de ET en la región aCdP, comparamos las tendencias lineales de ET, Et y Ei en la simulación LUCC con la simulación PNV en la Tabla 1. Vemos que el LUCC contribuyó a reducir la tendencia de la ET respecto a condiciones de vegetación natural, en línea con Ruscica y otros (2022). También vemos que la tendencia en la ET no siempre está explicada por la misma componente. Por ejemplo, en las simulaciones LUCC la tendencia de ET en el modelo LPJmL4 es muy parecida a la tendencia de Et,

mientras que en el modelo inLand se aproxima más a la tendencia de Ei. Considerando PNV, con el forzante WATCH-WFDEI, ambas componentes contribuyen similarmente a la tendencia de la ET, pero con el forzante GSWP3 depende del modelo utilizado.

Tendencias promedios anuales 1950-2010 (p value < 0.05)								
Tendencias	GSWP3				WATCHWFDEI			
	LPJmL4		inLand		LPJmL4		inLand	
	LUCC	PNV	LUCC	PNV	LUCC	PNV	LUCC	PNV
ET	-0,0519	0,0171	-0,203	0,0428	0,0595	0,1235	-0,1005	0,1227
Et	-0,0343	-0,0171	0,0225	0,0495	0,0599	0,0746	0,002	0,0627
Ei	0,0017	0,0393	-0,01701	0,002	0,0187	0,0558	-0,0781	0,0685

Tabla 1: Tendencias de la ET media anual en (mm/mes)/año, sus componentes y variables atmosféricas en uLPB

Por último, para ver ambas influencias antropogénicas (LUCC y CO₂) sobre la ET a escala continental, nos enfocamos en la última década del periodo analizado (2000-2010), ahora con inLand forzado por WATCH-WFDEI.

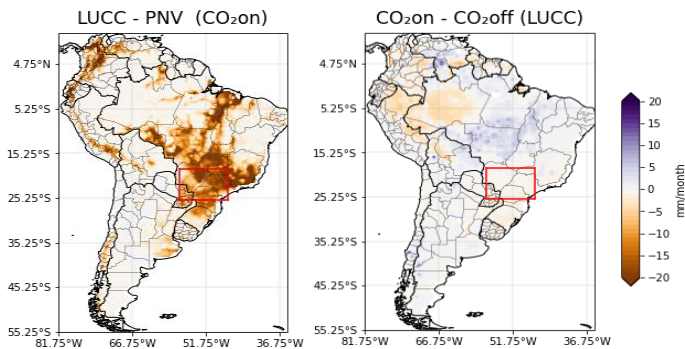


Figura 3: Resta entre escenarios de la ET promediada en 2000-2010, inLand, WATCH-WFDEI.

En la Figura 3 se observa que el cambio de la ET con el LUCC muestra cierta similitud con el patrón de la Figura 1b, reflejando la influencia de este forzante en la ET a escala continental, reduciéndola, principalmente al norte del continente y en el centro-sur de Brasil, particularmente en aCdP. Sin embargo, el cambio del CO₂ tiene efectos positivos y negativos en la ET, y de menor intensidad. Este comportamiento, depende, entre otras cosas, de la respuesta de las estomas de la vegetación a este gas, y en

particular, no tiene efecto notorio sobre aCdP. Por lo tanto, la tendencia en aCdP fue forzada por el cambio en el uso del suelo y no por el aumento de CO₂.

4) CONCLUSIONES

En este trabajo mostramos la dinámica de gran escala espacio-temporal de la evapotranspiración, una componente importante del ciclo hidrológico. La ET modelada a lo largo de 60 años evidencia un aumento en la mayor parte del continente, excepto en el Amazonas, donde disminuye. El análisis de tendencia en aCdP revela que el cambio de uso de suelo ha invertido el signo de la tendencia de ET (positiva a negativa), comparando con un escenario donde la vegetación no se hubiese cambiado. Si bien, tanto el LUCC, como el aumento de CO₂ influyeron sobre la ET en diferentes regiones del continente en el periodo 2000-2010, es evidente que en el sur de Brasil el LUCC tiene una influencia mayor en la reducción de la ET que el CO₂. En el caso del Amazonas, no se observa variación de la ET por LUCC, pero sí una reducción dada por el aumento histórico del CO₂. Estos resultados están sujetos a las combinaciones modelo-forzante elegidos en el análisis. En general, existe gran incertidumbre, dependiendo del modelo y forzante atmosférico, aún más si se observan los resultados en las componentes de ET, transpiración e interceptación, como se vio en la Tabla 1. Por eso, es importante contar con un ensamble de simulaciones que consideren distintos modelos y forzantes para hacer estudios de sensibilidad.

REFERENCIAS

- Miralles, D.G. y otros (2010)** Global canopy interception from satellite observations. *J. Geophys. Res.*, 115, D16122, <https://doi.org/10.1029/2009JD013530>.
- Rezende, L. F. C., de Castro, A. A., Von Randow, C., Ruscica, R., Sakschewski, B., Papastefanou, P., et al. (2022).** Impacts of land use change and atmospheric CO₂ on gross primary productivity (GPP), evaporation, and climate in southern Amazon. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 127, e2021JD034608. <https://doi.org/10.1029/2021JD034608>.
- Ruscica, R. C., Sörensson, A. A., Diaz, L. B., Vera, C., et al (2022).** Evapotranspiration trends and variability in southeastern South America: The roles of land-cover change and precipitation variability. *International Journal of Climatology*, 42(4), 2019– 2038. <https://doi.org/10.1002/joc.7350>.
- Sörensson, A. A., y Ruscica, R. C. (2018).** Intercomparison and uncertainty assessment of nine evapotranspiration estimates over South America. *Water Resources Research*, 54, 2891–2908. <https://doi.org/10.1002/2017WR021682>.