

EFFECTOS DEL RIEGO SOBRE LOS RECURSOS HÍDRICOS E HIDROCLIMATOLOGÍA BAJO CAMBIO CLIMÁTICO

Pedro F. Arboleda-Obando¹, Agnes Ducharne¹, Pierre Tiengou¹, Frederique Cheruy²

¹ METIS-IPSL, Sorbonne Université, CNRS, EPHE, 2 Laboratoire de Météorologie Dynamique, IPSL, CNRS, Sorbonne Université

Pedro.arboleda_obando@upmc.fr

Introducción

El riego es una de las principales actividades humanas de gestión del suelo. El hecho de que sea una actividad de gestión implica que el uso del suelo (agricultura en este caso) no cambia, pero sí lo hace la intensidad de ese estudio (Luyssaert et al., 2014).

En efecto, el siglo XX ha visto un dramático incremento del área equipada para riego, así como del volumen de agua utilizado para irrigar los campos (Siebert et al., 2015; Wada and Bierkens, 2014) puede aumentar aún más, gracias a una mayor área equipada para riego, y al aumento de la temperatura del aire provocada por el cambio climático.

Como efecto directo de las actividades de riego, podemos anotar un aumento de la humedad del suelo (HS) y un aumento de la evapotranspiración (ET), ya que los cultivos quedan menos expuestos a estrés hídrico, y pueden aumentar la fotosíntesis y la producción de biomasa. Por otro lado, para sustentar estas actividades de riego, se debe extraer agua de fuentes naturales, corrientes de agua y acuíferos especialmente (Grafton et al., 2018).

Estos cambios en HS y ET tienen un impacto directo en los balances de agua y energía de la superficie terrestre, y existe evidencia que, en algunas regiones con grandes áreas regadas, es el riego el factor que controla la evolución de la ET bajo el cambio climático que se manifiesta en este momento (Al-Yaari et al., 2022).

Por otro lado, los cambios que provoca el riego en la superficie tienen una respuesta (o retroacción) por parte de la atmósfera, que incluye un descenso de la temperatura del aire, cambios en los patrones de precipitación, e incluso cambios en la dirección de los vientos (Puma and Cook, 2010; Thiery et al., 2017). Además, la evolución del cambio climático, con una mayor temperatura del aire y cambios en patrones de precipitación, va a añadir complejidad a estas interacciones, y no es claro cuáles serán las implicaciones para incluir las actividades de riego en la futura gestión del recurso hídrico, y entender su efecto en ciertas variables hidroclimáticas.

Materiales y métodos

Para analizar la evolución conjunta de riego, recursos hídricos y variables hidroclimáticas, usamos un esquema de riego incluido recientemente

(Arboleda-Obando et al., 2024) en el modelo de superficie terrestre ORCHIDEE, que representa el componente continental del modelo climático IPSL (Cheruy et al., 2020).

El esquema calcula la demanda de agua a partir de una aproximación de déficit de la humedad del suelo, mientras que restringe la oferta al agua disponible en corrientes pequeñas, grandes ríos, y acuíferos superficiales. Este esquema también considera la existencia de infraestructura, como una forma de representar la facilidad de acceso a las fuentes naturales, así como una representación simple del volumen ambientales para los ecosistemas.

De esta manera, el esquema restringirá la extracción de agua a fuentes superficiales, por ejemplo, si de acuerdo a la información de infraestructura, no hay estaciones de bombeo de agua subterránea en la zona. Igualmente, el esquema intentará restringir la extracción de agua con el fin de garantizar un volumen ambiental mínimo.

Para analizar el efecto del riego en recursos hídricos y en el clima, se realizaron dos simulaciones, una con riego activado, y otra sin riego, para el periodo 1950-2100. Las simulaciones incluyen cambios transitorios de aumento de CO₂ bajo el escenario SSP5-RCP8.5 de la fase 6 del proyecto CMIP6. Igualmente, incluye cambios en el uso del suelo, y cambios en el área equipada para riego, también siguiendo el escenario SSP5-RCP8.5.

Estas simulaciones se realizaron a escala global, acoplando el modelo ORCHIDEE al modelo LMDZ, el componente atmosférico del modelo climático del IPSL. Por razones de costo computacional, el componente oceánico y de presencia de hielo de mar fueron prescritas, a partir de los datos de una simulación océano-atmósfera, y posterior tratamiento del sesgo respecto a datos observados.

Resultados preliminares y perspectivas

Los resultados preliminares a escala global indican que el área regada va a seguir aumentando a lo largo del siglo XXI. Como consecuencia directa, el volumen de riego también va a aumentar, debido al aumento del área de riego y a un clima más cálido. En las regiones como gran actividad de riego, esto implica que se puede revertir la tendencia positiva de almacenamiento de agua en los acuíferos, mientras que la evolución del almacenamiento del agua

superficial va a ser más compleja. Por otro lado, el riego continuará incrementando la ET a escala global.

El siguiente paso es extender el análisis a otras variables del balance hídrico y del balance energético, y a variables climáticas clave como la temperatura y la precipitación. Finalmente, nos enfocaremos en estudiar la evolución conjunta en el área norte de América del sur, para entender los efectos del riego sobre recurso hídricos y clima en diferentes estaciones, y comprender mejor las razones para posibles restricciones en la oferta de agua para riego.

Estos resultados son importantes para tener en cuenta las implicaciones de los usos del agua en la gestión del agua en áreas con riego, y entender efectos en zonas sin riego por intermedio de interacciones suelo-atmósfera, un componente que no siempre se incluye en este tipo de análisis.

Referencias Bibliográficas

Al-Yaari, A., Ducharne, A., Thiery, W., Cheruy, F., and Lawrence, D.: The Role of Irrigation Expansion on Historical Climate Change: Insights From CMIP6, *Earth's Futur.*, 10, 1–29, <https://doi.org/10.1029/2022EF002859>, 2022.

Arboleda-Obando, P. F., Ducharne, A., Yin, Z., and Ciais, P.: Validation of a new global irrigation scheme in the ORCHIDEE land surface model, *Geosci. Model. Dev.*, Preprint, <https://doi.org/10.5194/egusphere-2023-1323>, 2024.

Cheruy, F., Ducharne, A., Hourdin, F., Musat, I., Vignon, E., Gastineau, G., Bastrikov, V., Vuichard, N., Diallo, B., Dufresne, J., Ghattas, J., Grandpeix, J., Idelkadi, A., Mellul, L., Maignan, F., Menegoz, M., Ottlé, C., Peylin, P., Servonnat, J., Wang, F., and Zhao, Y.: Improved near surface continental climate in IPSL-CM6A-LR by combined evolutions of atmospheric and land surface physics, *J. Adv. Model. Earth Syst.*, <https://doi.org/10.1029/2019MS002005>, 2020.

Grafton, R. Q., Williams, J., Perry, C. J., Molle, F., Ringler, C., Steduto, P., Udall, B., Wheeler, S. A., Wang, Y., Garrick, D., and Allen, R. G.: The paradox of irrigation efficiency, *Science* (80-.), 361, 748–750, <https://doi.org/10.1126/science.aat9314>, 2018.

Luyssaert, S., Jammet, M., Stoy, P. C., Estel, S., Pongratz, J., Ceschia, E., Churkina, G., Don, A., Erb, K., Ferlicoq, M., Gielen, B., Grünwald, T., Houghton, R. A., Klumpp, K., Knohl, A., Kolb, T., Kuemmerle, T., Laurila, T., Lohila, A., Loustau, D., McGrath, M. J., Meyfroidt, P., Moors, E. J., Naudts, K., Novick, K., Otto, J., Pilegaard, K., Pio, C. A., Rambal, S., Rebmann, C., Ryder, J., Suyker, A. E., Varlagin, A., Wattenbach, M., and Dolman, A. J.: Land management and land-cover change have impacts of similar magnitude on surface temperature, *Nat. Clim. Chang.*, 4, 389–393, <https://doi.org/10.1038/nclimate2196>, 2014.

Puma, M. J. and Cook, B. I.: Effects of irrigation on global climate during the 20th century, *J. Geophys. Res.*, 115, D16120, <https://doi.org/10.1029/2010JD014122>, 2010.

Siebert, S., Kummu, M., Porkka, M., Döll, P., Ramankutty, N., and Scanlon, B. R.: A global data set of the extent of irrigated land from 1900 to 2005, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 19, 1521–1545, <https://doi.org/10.5194/hess-19-1521-2015>, 2015.

Thiery, W., Davin, E. L., Lawrence, D. M., Hirsch, A. L., Hauser, M., and Seneviratne, S. I.: Present-day irrigation mitigates heat extremes, *J. Geophys. Res.*, 122, 1403–1422, <https://doi.org/10.1002/2016JD025740>, 2017.

Wada, Y. and Bierkens, M. F. P.: Sustainability of global water use: past reconstruction and future projections, *Environ. Res. Lett.*, 9, 104003, <https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/10/104003>, 2014.