

CONTROLADORES CLIMÁTICOS QUE CONDUCEN A IMPACTOS EN LA CUENCA DEL PLATA: CAMBIOS PLAUSIBLES A FUTURO

Rosales, D. A.^{1,3,4}; Sörensson, A. A.^{2,3,4}; Ruscica, R. C.^{2,3,4}; Mindlin, J.⁵; Cos, P.⁶; Cappelletti L. M.⁷

daira.rosales@cima.fcen.uba.ar. Autora correspondiente.

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

² UBA, FCEyN

³ CONICET – UBA. Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA).

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

⁵ Leipzig Institute for Meteorology, University of Leipzig.

⁶ Earth Sciences Department, Barcelona Supercomputing Center (BSC).

⁷ Fundar, Buenos Aires, Argentina

Palabras clave: CIDs, *storylines* dinámicos, CMIP6.

1) INTRODUCCIÓN

La Cuenca del Plata ha sido señalada por el IPCC como una de las regiones del mundo donde se tiene mayor certeza en que la precipitación aumentará en el futuro como respuesta al calentamiento global (IPCC, Gutiérrez, J.M. y otros 2021). Sin embargo, esta conclusión se basa en los promedios y la incertidumbre de grandes ensambles de proyecciones de modelos globales climáticos. Consideramos que esta metodología no es óptima ni desde el punto de vista teórico, ya que se promedian modelos cuya circulación general responde distinto al calentamiento global; ni desde el punto de vista del usuario de la información, ya que es de difícil interpretación. Alternativamente, se ha desarrollado una nueva metodología, llamada *storylines* dinámicos, que utiliza información de las mismas proyecciones para obtener escenarios plausibles, dependientes de los cambios en la circulación general –cuantificados a partir de forzantes remotos–, de cambio a futuro de variables locales, como la precipitación (Zappa y Shepherd, 2017). Esta metodología se ha aplicado a la Cuenca del Plata, mostrando que el aumento de la precipitación no es el único escenario plausible en respuesta al calentamiento global, sino que también son plausibles respuestas de la circulación general ante las cuales los cambios en precipitación son muy pequeños o incluso negativos (Mindlin y otros, 2023).

Los controladores climáticos que conducen a impactos (CIDs, por sus siglas en inglés), son condiciones físicas del sistema climático (IPCC, Ranasinghe y otros 2021). Los CIDs, y los índices que los cuantifican, deben ser elegidos de manera consciente, y ser de interés para identificar impactos regionales en al menos un ecosistema y/o actor, sin ser meramente índices estadísticos (p.e. percentil 95 para extremo de precipitación), que no necesariamente son relevantes.

En este trabajo nos proponemos utilizar la metodología de *storylines* dinámicos para explorar cambios futuros de CIDs que son relevantes para la Cuenca del Plata: temperatura estacional; precipitación estacional; peligrosidad del fuego; aridez; sequías agro- y ecológicas, entre otros.

2) MATERIALES Y METODOLOGÍA

Utilizamos 30 simulaciones CMIP6, históricas y de proyecciones SSP8.5 durante 1950-1969 y 2080-2099 respectivamente. Empleamos la temperatura a 250 hPa y viento zonal a 50 hPa para cuantificar la circulación general y la temperatura a 2 metros para cuantificar el calentamiento global, necesarios para la metodología de *storylines*. Calculamos los *storylines* a escala estacional, y no anual para mayor robustez (Mindlin et al., 2024). Los forzantes remotos de circulación general se basan en Mindlin y otros (2020), y son el calentamiento de la alta troposfera tropical; e intensidad del vórtice

estratosférico polar, excepto para dic-ene-feb dónde el vórtice es muy débil por lo que utilizamos el retardo en la fecha de su ruptura. Asumimos escalado de patrones (Tebaldi y Arblaster, 2014) para normalizar por el calentamiento global, y aplicamos luego la metodología descrita por Mindlin y otros (2020).

Los CIDs son cuantificados a través de índices. Por ejemplo, la precipitación estacional se cuantifica a través de la precipitación media en dic-ene-feb; y la peligrosidad de fuego a través del índice de peligrosidad del fuego (Van Wagner, 1987), que utiliza las variables precipitación, temperatura a 2 metros, viento y humedad relativa, en frecuencia diaria, en la estación jul-ago-sep, ya que es la época del año en que se observan los valores más altos en la actualidad (no mostrado). La cantidad de simulaciones utilizada para los *storylines* de cada índice depende exclusivamente de la disponibilidad de los datos necesarios para calcularlo.

Los resultados obtenidos representan los escenarios plausibles del cambio en los índices de CIDs, por grado de calentamiento global, dado por el cambio en un desvío estándar de los forzantes remotos.

3) RESULTADOS

En la Figura 1a (1b) se muestra el cambio de ‘precipitación media’ de dic-ene-feb, para el *storyline* correspondiente a un alto (bajo) calentamiento de la troposfera tropical y un bajo (alto) retardo de la ruptura del vórtice. Se observa como el cambio en los forzantes remotos de circulación general induce patrones distintos de precipitación. Por un lado, en el sur de la cuenca, si bien ambos *storylines* muestran aumento de la precipitación, la magnitud en el panel b es el doble que la del panel a. Por otro lado, hacia el norte, la diferencia de los *storylines* es tal que el signo de cambio en la precipitación es opuesto, siendo negativo en el panel a y positivo en el b.

La Figura 2a (b) se presenta el *storyline* correspondiente a un alto (bajo) calentamiento de la troposfera tropical y un alto (bajo) fortalecimiento del vórtice, del cambio del CID ‘índice de peligrosidad del fuego’ en jul-ago-sep, por grado de calentamiento global. Se observa principalmente que, al norte de la cuenca, el índice de peligrosidad de fuego aumentará en mayor magnitud en el *storyline* a que en el b.

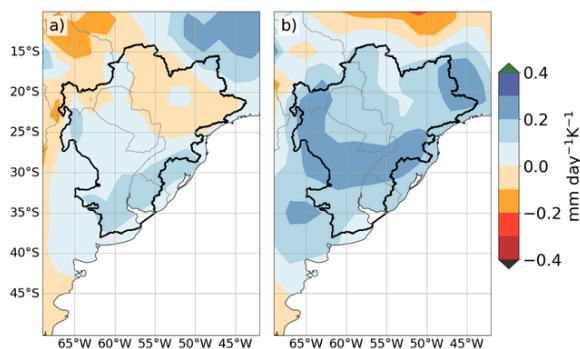


Figura 1. *Storylines* de cambio de precipitación media por grado de calentamiento global en dic-ene-feb.

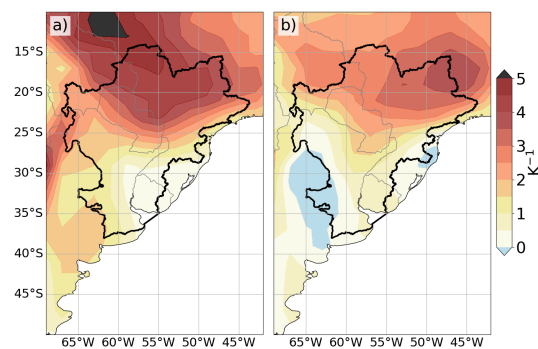


Figura 2. *Storylines* de cambio en el índice de peligrosidad de fuego por grado de calentamiento global en jul-ago-sep.

4) CONCLUSIONES

La metodología de *storylines* dinámicos nos permite tener resultados dependientes de la incertidumbre de la circulación general y el calentamiento global para entender cambios plausibles que pueden suceder a futuro. Gracias a esta metodología podemos distinguir cómo responde el patrón de cambio en los CIDs ante distintos cambios de los forzantes remotos de circulación general. Por ejemplo, al norte de la cuenca, en un escenario de 2°C de calentamiento global, la precipitación en dic-ene-feb puede disminuir 0,2 mm/día en un *storyline*, o aumentar 0,4 mm/día en el otro; mientras que el índice de peligrosidad del fuego en jul-ago-sep aumentará con una magnitud de 9 en un *storyline* y 5 en el

otro. Esta forma de comunicar las proyecciones es novedosa y puede ser especialmente útil para tomadores de decisión y usuarios en general, pudiendo facilitar la comprensión de los efectos del cambio climático en variables locales y su incertidumbre asociada.

AGRADECIMIENTOS

A la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT), Argentina [PICT 2021-I-A-01097]; CONICET, Argentina [PIP-112-2020-0102141CO]; y a la beca de movilidad de la Fundación Montcelimar (Montgat, España; NIF: G61260477).

REFERENCIAS

Gutiérrez, J.M., R.G. Jones, G.T. Narisma y otros 2021: Atlas. In *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, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1927–2058

Mindlin, J., Shepherd, T.G., Vera, C.S., et al., 2020: Storyline description of Southern Hemisphere midlatitude circulation and precipitation response to greenhouse gas forcing. *Climate Dynamics* 54: 4399–4421.

Mindlin, J., C. S. Vera, T. G. Shepherd, and M. Osman, 2023: Plausible Drying and Wetting Scenarios for Summer in Southeastern South America. *J. Climate*, 36, 7973–7991.

Mindlin, J., Vera, C.S., Shepherd, T.G., Doblas-Reyes, F.J., Gonzalez-Reviriego, N., Osman, M., Terrado, M., 2024: Assessment of plausible changes in Climatic Impact-Drivers relevant for the viticulture sector: a storyline approach with a climate service perspective. *Climate Services* 34: 100480.

Ranasinghe, R., A.C. Ruane, R. Vautard y otros, 2021: Climate Change Information for Regional Impact and for Risk Assessment. In *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, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1767–1926

Tebaldi, C., Arblaster, J., 2014: Pattern scaling: Its strengths and limitations, and an update on the latest model simulations. *Climatic Change* 122(3): 459-471.

Van Wagner, C. E., 1987: Development and structure of the Canadian Forest Fire Weather Index System, 0-662-15198-4 (vol. 35).

Zappa, G., Shepherd, T.G., 2017: Storylines of Atmospheric Circulation Change for European Regional Climate Impact Assessment. *Journal of Climate* 30: 6561–6577.