

PROYECCIONES CLIMÁTICAS PARA LO QUE RESTA DEL SIGLO XXI EN EL CENTRO Y ESTE DE LA ARGENTINA

Vicente Barros,^{1,2} Inés Camilloni^{1,2} y Moira Doyle^{1,2}

RESUMEN

Se presentan las proyecciones de la temperatura y la precipitación en las regiones húmedas y semiáridas de Argentina para lo que resta del siglo XXI. Los cambios en la precipitación respecto de las condiciones actuales, en general menores a 100 mm, no suponen mayor relevancia y, aunque positivos en el promedio de los modelos utilizados, no muy seguros en el signo. En cuanto a la temperatura, la tendencia al calentamiento –creciente durante el siglo– no ofrece dudas y afectaría más al norte de la región, en el escenario de mayor concentración de gases de efecto invernadero. Los cambios serían más notables en las condiciones climáticas extremas, con una reducción del número de días con heladas, un aumento de días con olas de calor y mayor frecuencia de precipitaciones intensas, con el consecuente agravamiento de los riesgos de inundación. Por último, se discuten brevemente algunos de los impactos más notorios de estos cambios en la agricultura y la ganadería.

ESCENARIOS CLIMÁTICOS

Los modelos climáticos globales (MCGs) son programas informáticos que simulan el comportamiento del clima. Utilizan las leyes físicas y químicas de los procesos que rigen la atmósfera, los océanos y la criosfera y

1. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, Buenos Aires, Argentina.

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

aproximaciones experimentales para algunos procesos no bien conocidos. Mediante suposiciones sobre las futuras concentraciones de los gases de efecto invernadero (GEI), permiten generar escenarios climáticos. Estos escenarios no son predicciones, sino estados posibles del clima que dependen de las suposiciones sobre las concentraciones de GEI. Como hay incerteza sobre las futuras concentraciones de GEI, se generan escenarios climáticos que abarcan la gama más probable de estas concentraciones.

La comunidad científica con capacidad de desarrollar escenarios climáticos ha coordinado su actividad de modo que sus resultados sean comparables. En 2012 publicaron e hicieron disponible un conjunto de escenarios climáticos basados en 42 MCGs denominado CMIP5 (Taylor *et al.* 2012).

Los escenarios CMIP5 utilizan trayectorias de concentraciones de GEI desde el año 2000 hasta el 2100. Hay cuatro escenarios representativos, a los que se nombra, por sus siglas en inglés, como RCP. Se los distingue por el forzamiento radiativo de origen antrópico con en el que arriban al año 2100, expresado en watts/m^2 . En este artículo se presentan los escenarios RCP4.5 y RCP8.5. El primero corresponde a un escenario moderado de aumento de emisiones de GEI que todo parece indicar como bastante probable. El segundo es un escenario extremo, que se produciría si persisten las tendencias actuales de crecimiento de las emisiones globales.

Con estos escenarios se puede tener una aproximación sobre la evolución del clima para lo que resta del siglo. Con ese objeto, en este artículo se muestran los cambios respecto de las condiciones cercanas a las actuales (1986 - 2005) de la temperatura media, máxima media y mínima media, y precipitación en dos periodos, 2021-2040 y 2016-2100 (Figuras 1 y 2) de los promedios de los 42 experimentos del conjunto CMIP5. El primer periodo es el de interés directo para la planificación de la infraestructura y otras actividades de adaptación al cambio climático. El segundo da una idea de la tendencia de cambio del clima para el resto del siglo.

LOS CAMBIOS CLIMÁTICOS EN LO QUE RESTA DEL SIGLO XXI

Para ambos escenarios (RCP4.5 y RCP8.5), en el futuro cercano, el calentamiento respecto del presente estaría dentro del rango de 0,5 y 1 °C (Figura 1). Esto significa una importante aceleración del calentamiento observado en los últimos 50 años, que fue, en general, menor a medio grado. A pesar de ello, la mayor parte de la Argentina sería la región continental sobre la que se proyecta el menor calentamiento del mundo. La excepción es el norte del país y, sobre todo, el noroeste, donde se daría un mayor calentamiento.

Los cambios en las temperaturas medias mínimas y máximas son muy parecidos a los de las temperaturas medias, pero en el escenario RCP8.5 se ve un mayor aumento en las temperaturas mínimas, cosa que fue también registrada en las tendencias de las temperaturas observadas 1960-2010 (CIMA, 2014). Las proyecciones de los parámetros indicadores de las temperaturas extremas son consistentes con el aumento generalizado de las temperaturas y con las tendencias observadas entre 1960 y 2010; esto es, menos heladas y más días con olas de calor. Estas últimas se han incrementado notablemente en el norte del país y han sido muy importantes en la Mesopotamia, la pampa húmeda, Chaco y Formosa. A su vez, las heladas se reducirían hasta en 10 días menos por año en el sur de Buenos Aires y desaparecerían en el norte de la región húmeda (CIMA/SayDS, 2014).

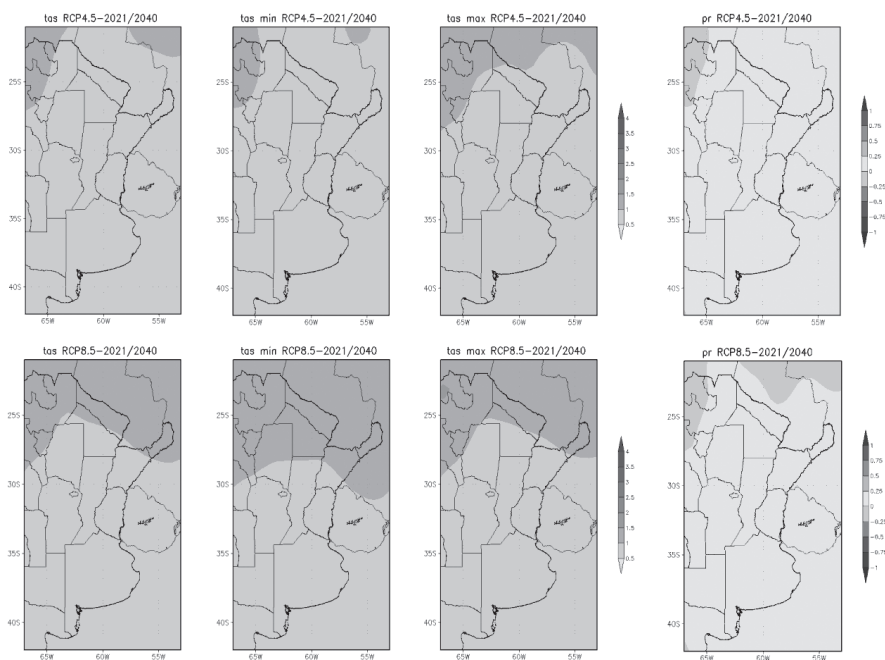


Figura 1. Escenarios de cambio de temperatura media, mínima y máxima ($^{\circ}\text{C}$) y precipitación (mm/día) para los períodos 2021-2040, respecto de 1986-2005 para los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 derivados del promedio de 42 modelos climáticos globales del conjunto CMIP5.

Las proyecciones de las precipitaciones anuales tienen en promedio un ligero incremento respecto de 1986-2005 menor a 100 mm anuales, lo que está

en el orden del error de su estimación. Con temperaturas algo más elevadas y probables ligeros incrementos en la precipitación, no se deberían esperar demasiados cambios en el balance hídrico y, por lo tanto, los aumentos de este balance registrados en las últimas décadas por las mayores precipitaciones serían preservados.

Como resultado del cambio climático, hay una tendencia general en todos los continentes hacia mayores precipitaciones en episodios de precipitación intensa (IPCC: 2012). En la Argentina, los cambios ya observados en la segunda mitad del siglo pasado, en el que las precipitaciones intensas se hicieron más frecuentes, continuarán en el futuro cercano, lo que agravará el riesgo de inundaciones. En la provincia de Buenos Aires y sur de Santa Fe, las inundaciones de llanura prolongadas por meses, que abarcan miles de kilómetros cuadrados, se originan en precipitaciones muy grandes que se prolongan por el orden de un mes o más (Garavaglia *et al.*, 2014). En el futuro cercano, estas lluvias tenderían a aumentar muy por encima de las precipitaciones medias, por lo que, sin grandes cambios en otras condiciones –como el uso del suelo u obras de drenaje– el riesgo de estas inundaciones de llanura seguirá aumentando (Barros *et al.*, 2014).

En la región semiárida del centro del país, donde hay un período prácticamente sin lluvia en el invierno, durante 1960-2010 este período seco se ha alargado, especialmente en el norte de Córdoba y Santa Fe y en las provincias de Santiago del Estero, Chaco y Formosa, (CIMA 2014). Algunos modelos (no todos) indican que este período seco se extendería en el futuro en todos los escenarios de concentraciones de GEI. Si esto fuera así, la combinación de mayores temperaturas y prolongados períodos secos generaría un mayor estrés hídrico con impactos negativos sobre la vegetación y la ganadería.

Para fin del siglo, se proyecta un mayor calentamiento con muchas diferencias entre escenarios. En el escenario RCP8.5, el calentamiento respecto del presente es de más de 2,5 °C en las regiones húmeda y semiárida y de más de 4 °C en el extremo noroeste (Figura 2). En este escenario en el norte del país, la producción agropecuaria, la vida y el bienestar de la población se verían muy afectados, especialmente en las zonas donde ya las temperaturas son muy elevadas en el verano. En los dos escenarios, las temperaturas extremas, máximas, y sobre todo, las mínimas medias aumentan más que las temperaturas medias, lo que agrava los impactos.

También para fin de siglo, excepto en el noreste, el aumento de la precipitación se mantendría debajo de los 100 mm, pero la incerteza sobre este aumento, combinada con el fuerte calentamiento en el escenario RCP 8.5 y la consecuente mayor evaporación, conllevan el riesgo de aumento de las condiciones de estrés hídrico, las que se harían más probables hacia el norte.

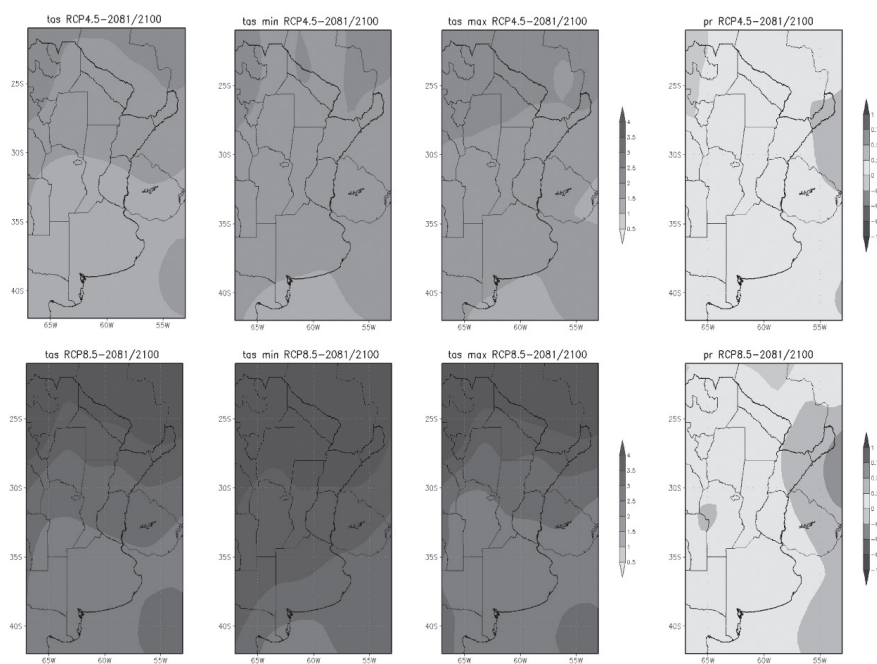


Figura 2. Escenarios de cambio de temperaturas media, mínima y máxima (°C) y precipitación (mm/día) para el período 2081-2100 respecto de 1986-2005 para los escenarios RCP4.5 y RCP8.5 derivados del promedio de 42 modelos climáticos globales del conjunto CMIP5.

CONSIDERACIONES FINALES

Mientras que los cambios en la precipitación respecto de las condiciones registradas en las últimas décadas no serían relevantes ni demasiado seguras en signo, en los dos escenarios hay una tendencia al calentamiento, creciente durante el siglo, que sería más notoria en el norte de la región, y en el escenario de mayor concentración de GEI.

Usando modelos fenológicos, Magrín *et al.* (2007) estimaron que, con un ambiente enriquecido del CO₂ atmosférico, mayor temperatura y moderado incremento de las precipitaciones como los que se proyectan, habría mayor productividad de granos en el sur de la región húmeda y pérdidas en el norte. La soja sería el cultivo actual con el mayor incremento de productividad (Magrín *et al.* 2007), aun con aumentos de la temperatura media anual de 3 °C (Magrín *et al.* 2002). En cuanto a la ganadería, el cambio más significativo

se registraría en la segunda mitad del siglo, cuando la ganadería tropical con razas indias se desplace hacia el sur debido al corrimiento en esa dirección de la isoterma de 26 °C durante el mes más cálido. Por la misma razón, la ganadería de clima templado debería reducirse, principalmente hacia al centro y sur de Buenos Aires y la Pampa (SAyDS 2015).

REFERENCIAS

- Barros, V., C. Garavaglia y M. Doyle (2014): "Twenty First century Projections of Extreme Precipitations in the Plata basin". *International Journal of River Basin Management*, 4, 373-387.
- CIMA/SAyDS (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación) (2014): *Informe sobre el clima al Proyecto Tercera Comunicación Nacional a la CMNUCC*, Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera, Buenos Aires, 331 pp. y anexos.
- Garavaglia C., M. Doyle and V. Barros (2014): "Statistical Relationship between Atmospheric Circulation and Extreme Precipitation in La Plata Basin". *Meteorological Applications*, 21, 553-562.
- IPCC (2012): "Summary for Policymakers". En Field, C., V. Barros, T. Stocker, D. Qin, D. Dokken, K. Ebi, M. Mastrandrea, K. Mach, G.-K. Plattner, S. Allen, M. Tignor y P. Midgley (eds.), *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation, A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge y New York, Cambridge University Press, pp. 1-19.
- Magrin G. y M. Travasso (2002): "An integrated climate change assessment from Argentina". En Doering, O., J. Randolph, J. Southworth, R. Pfeifer (eds.), *Effects of Climate Change and Variability on Agricultural Production Systems*. Netherlands, Kluwer Academic Publishers. pp. 193-219.
- Magrin, G., M. Travasso, W. Baethgen, M. Grondona, A. Giménez, G. Cunha, J. Castaño y G. Rodriguez (2007): Past and future changes in climate and their impacts on annual crops yield in South East South America. En *IPCC/TGICA Expert Meeting on Integrating Analysis of Regional Climate Change and Response Options (IPCC)*, Nadi, Fiji, pp. 121-124. Disponible en: http://www.ipcc.ch/pdf/supportingmaterial/tgica_reg-meet-fiji-2007.pdf.
- SAyDS (2015): *Tercera Comunicación Nacional a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Buenos Aires, 2014. 256 pp.
- Taylor, K. E., R. J. Stouffer y G. A. Meehl (2012): An Overview of CMIP5 and the experiment design. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93, 485-498.