

ARGENTINA Y EL CAMBIO CLIMÁTICO.

Palabras clave: cambio climático – impactos – escenarios – adaptación – mitigación.
Key words: climate change – impacts – scenarios – adaptation – mitigation.

En este artículo se describe el estado del conocimiento sobre el cambio climático a partir de la discusión de las certezas y controversias que lo rodean. Se presenta el nivel actual de calentamiento del planeta y la situación de Argentina frente al cambio climático en términos de cambios producidos, impactos y perspectivas futuras. Finalmente, se realizan consideraciones acerca de los desafíos que impone tanto la mitigación como la adaptación al nuevo contexto climático.

This article describes the current state of knowledge on climate change including the discussion of certainties and controversies around it. It also presents the existing level of global warming and the situation of Argentina in terms of observed changes, impacts and future climate scenarios. Finally, some considerations are made in relation to the challenges imposed by both mitigation and adaptation to the new climate conditions.

■ Inés Camilloni

Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos
CONICET-Universidad de Buenos Aires, Centro de Investigaciones del Mar y de la Atmósfera
Instituto Franco-Argentino para el Estudio del Clima y sus Impactos (UMI-IFAECI/CNRS-CONICET-UBA).

E-mail: ines@cima.fcen.uba.ar

■ 1. CAMBIO CLIMÁTICO, CONSENSOS Y CONTROVERSIAS.

El cambio climático es uno de los problemas ambientales globales más complejos y que mayores desafíos presenta a la sociedad, a la comunidad científica y técnica y a las autoridades políticas. El efecto invernadero, fenómeno natural que permite la vida sobre el planeta tal cual la conocemos, está siendo afectado por las actividades antrópicas que aumentan la concentración en la atmósfera de dióxido de carbono (CO₂) y otros gases invernadero generando en consecuencia efectos sobre el clima. Los impactos del cambio climático son evidentes en ámbitos como salud de la población, recursos hídricos y biodiversidad, y en distintos sectores como agricultura, generación de energía, infraestructura y transporte, entre otros, que hacen necesario el diseño de estrategias para hacerles frente y mitigar sus efectos negativos.

Es precisamente la evidencia em-

pírica del nivel sin precedentes del impacto de la influencia humana en la Tierra lo que ha llevado a muchos científicos a considerar que el planeta ha entrado en una nueva época geológica denominada Antropoceno (Crutzen, 2002; Crutzen y Stoermer, 2000; Gradstein y otros, 2012). Entre los cambios que caracterizan a esta era se incluyen el mencionado incremento en la concentración de CO₂ a razón de aproximadamente 20 ppm por década, esto es cien veces más rápido que cualquier aumento de CO₂ durante los últimos 800,000 años (Wolff, 2011) y la velocidad del calentamiento medio global que supera ampliamente la tasa de cambio promedio desde mediados del Holoceno (alrededor de 7.000 años AP) (Marcott y otros, 2013).

Las evaluaciones realizadas por el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) ha demostrado con certeza que el cambio climático está causado por la actividad humana, par-

ticularmente a partir de la quema de combustibles fósiles, y que sus riesgos son importantes y crecientes (IPCC, 2013). La combustión del petróleo, gas natural y carbón intensifica el efecto invernadero y es la principal responsable de los cambios observados en el clima por lo menos desde la segunda mitad del siglo XX.

Según un estudio reciente (Cook y otros, 2016) cuando se considera la opinión de científicos expertos, el nivel de acuerdo acerca de las causas humanas del cambio climático se ubica en el rango entre 90 y 100%. Sin embargo y pese a este consenso prácticamente unánime, el cambio climático y la ciencia en que se sustenta, se han convertido en los últimos años en una cuestión polarizada, politizada y controversial aun cuando existen abrumadoras evidencias de cambios que incluyen entre otros el incremento de la temperatura media del planeta, el ascenso del nivel del mar, la retracción de glaciares y al aumento de fenómenos extremos. Diversos

estudios confirman que las tendencias climáticas observadas son cada vez más preocupantes: la pérdida de hielo del Ártico se produce a una velocidad superior a la pronosticada (Nandan y otros, 2017), la fusión del casquete de hielo en Groenlandia (van den Broeke y otros, 2017) y la Antártida (Shepherd y otros, 2018) se está acelerando, el aumento del nivel del mar se sitúa en la banda superior de las previsiones del IPCC (Nerem y otros 2018), y se han observado cambios en intensidad y frecuencia de eventos extremos como olas de calor, tormentas e inundaciones (Easterling y otros, 2016).

Las controversias que rodean al cambio climático están asociadas a grupos que niegan que el clima esté efectivamente cambiando o a quienes son escépticos con relación a su atribución, esto es que, si bien aceptan las tendencias observadas en el clima, cuestionan la contribución antropogénica comparada con otros factores como la variación natural. Es precisamente esta falsa percepción de una división equilibrada entre ambas posturas uno de los factores que ha entorpecido la implementación de estrategias de adaptación y de las transformaciones necesarias para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Las posturas escépticas y negacionistas del cambio climático que contradicen el casi unánime consenso de la comunidad científica afectan particularmente a los países del sur global que son quienes mayores peligros afrontan y que, aun siendo los que menor responsabilidad histórica tienen en cuanto a las emisiones de gases de invernadero, disponen de escasos recursos para mitigar o prepararse para los riesgos climáticos.

En 2015, la 21ª Conferencia de las Partes (COP21) la Convención

Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) propuso como objetivo mantener el calentamiento global por debajo de 2° C respecto al período preindustrial, y apeló a realizar esfuerzos para limitar el aumento de la temperatura a 1.5° C. Este acuerdo internacional conocido como el Acuerdo de París entró en vigor en noviembre de 2016, generando un desafío adicional a la cuestión que implica hacer frente al cambio climático en un momento donde posturas negacionistas y escépticas parecen tomar un nuevo impulso. En particular, el Acuerdo pone de manifiesto la urgencia de una acción global inmediata y efectiva para limitar las emisiones de carbono ya que se estima que si continuamos emitiendo de la misma forma que como hasta ahora, en aproximadamente 20 años se alcanzará una concentración atmosférica de CO₂ de 450 ppm que determinaría el calentamiento de 2° C.

■ 2. DÓNDE ESTAMOS.

La Figura 1 presenta la evolución

temporal de las anomalías anuales de la temperatura media global entre 1880 y 2017. Estas anomalías representan los desvíos respecto de 1881-1900 considerado como referencia del período preindustrial. Desde 1934 las anomalías son positivas indicando valores superiores al promedio desde entonces donde, además, cinco de los años más cálidos registrados ocurrieron desde 2010. Si se estiman las tasas de calentamiento se encuentra una significativa aceleración que va de 0,07° C/década para el período 1880-2017, a 0,17° C/década entre 1960 y 2017 hasta 0,20° C/década para 1990-2017. En particular, la década 2008-2017 registra un incremento de 0.95° C respecto del período preindustrial.

La distribución espacial del calentamiento no es uniforme. La Figura 2 muestra las anomalías de la temperatura media global respecto del período preindustrial. El máximo calentamiento tuvo lugar en las altas latitudes del hemisferio norte con valores superiores a los 2° C mien-

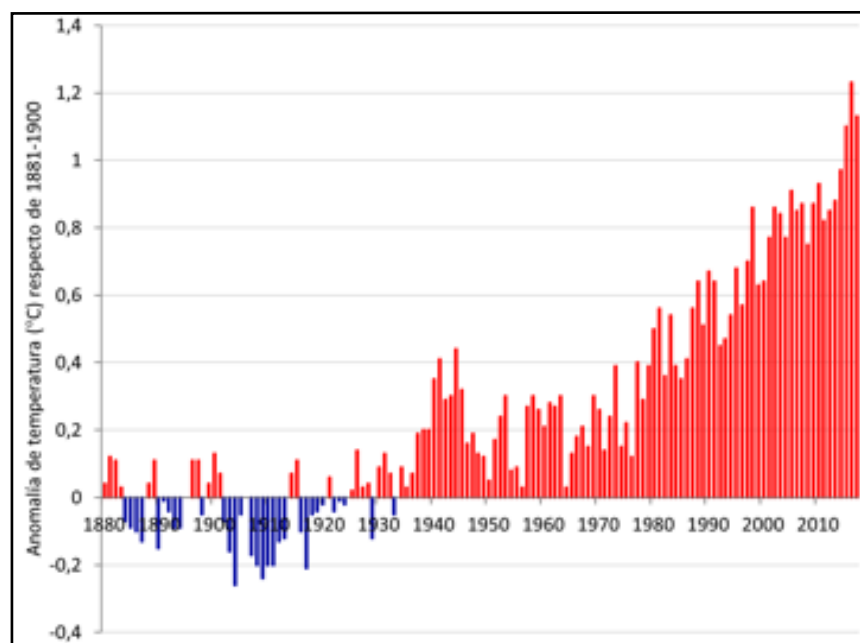


Figura 1. Anomalías anuales de la temperatura media global (°C) respecto del período preindustrial (1881-1900) según la base de datos GISTEMP (<https://data.giss.nasa.gov/gistemp/>).

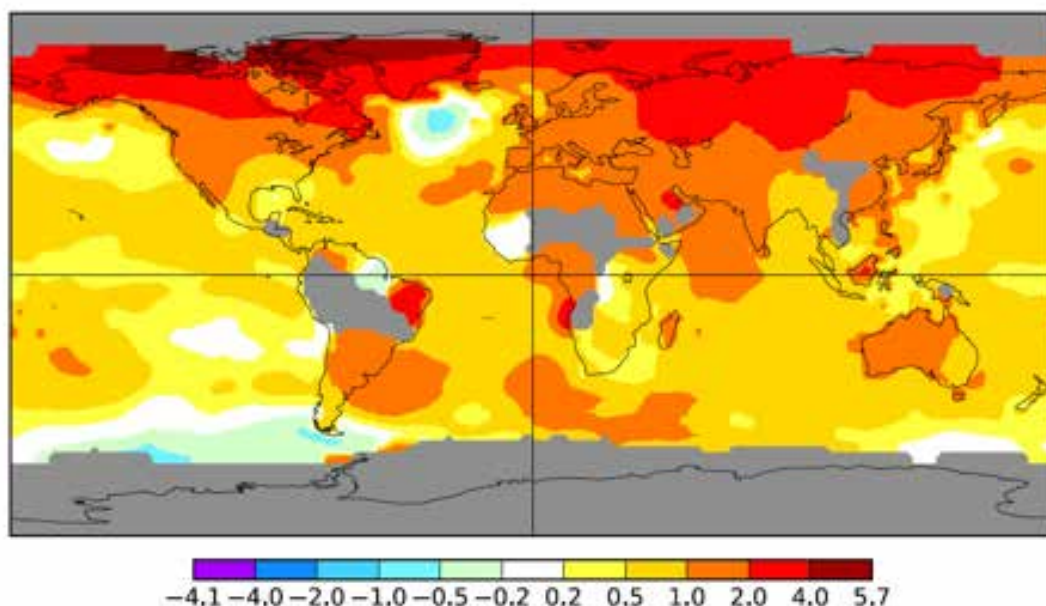


Figura 2. Anomalías de la temperatura media global (°C) de la década 2008-2017 respecto del período preindustrial (1881-1900) según la base de datos GISTEMP (<https://data.giss.nasa.gov/gistemp/>).

tras que extensas regiones continentales se calentaron por encima de 1° C. De la misma forma, los océanos han incrementado su temperatura en forma casi generalizada aunque en menor proporción que las regiones continentales.

■ 3. CAMBIO CLIMÁTICO EN ARGENTINA: OBSERVACIONES, IMPACTOS Y PROYECCIONES.

Los efectos del cambio climático ya están ocurriendo en Argentina, tal como lo indican estudios de orden internacional y nacional. Entre 1960 y 2010, la temperatura aumentó 0,5° C en la región centro-norte del país mientras que las temperaturas mínimas aumentaron aproximadamente 1° C y las temperaturas máximas se redujeron prácticamente en la misma proporción durante ese período de tiempo. En la Patagonia el aumento de temperatura fue mayor que en el resto del país, llegando en algunas zonas a superar 1° C. Las regiones cordilleranas de Patagonia y Cuyo muestran tendencias al calentamiento en las temperaturas medias

causando probablemente el retroceso generalizado de glaciares observado entre 37° S y 55° S. A nivel estacional, se ha encontrado que los veranos tienden a ser más prolongados y los inviernos más moderados. Asimismo, se ha identificado una disminución en la ocurrencia de heladas y un incremento en la frecuencia de olas de calor (TCNCC, 2015).

Con respecto a la precipitación, a partir de la década del '60 aumentaron la lluvia anual y la frecuencia de eventos extremos en regiones como el centro-este del país. Entre las consecuencias de estas tendencias se encuentran la ocurrencia de frecuentes inundaciones y el anegamiento de terrenos bajos. En el centro-este de Argentina, la precipitación anual aumentó entre el 10 y 40% entre 1961 y 2016, con los mayores incrementos en el centro de las provincias de Santa Fe y Entre Ríos y en Misiones (SMN, 2018). Estas mayores precipitaciones dieron lugar al corrimiento de la frontera agropecuaria incorporando miles de hectáreas a usos agrícolas

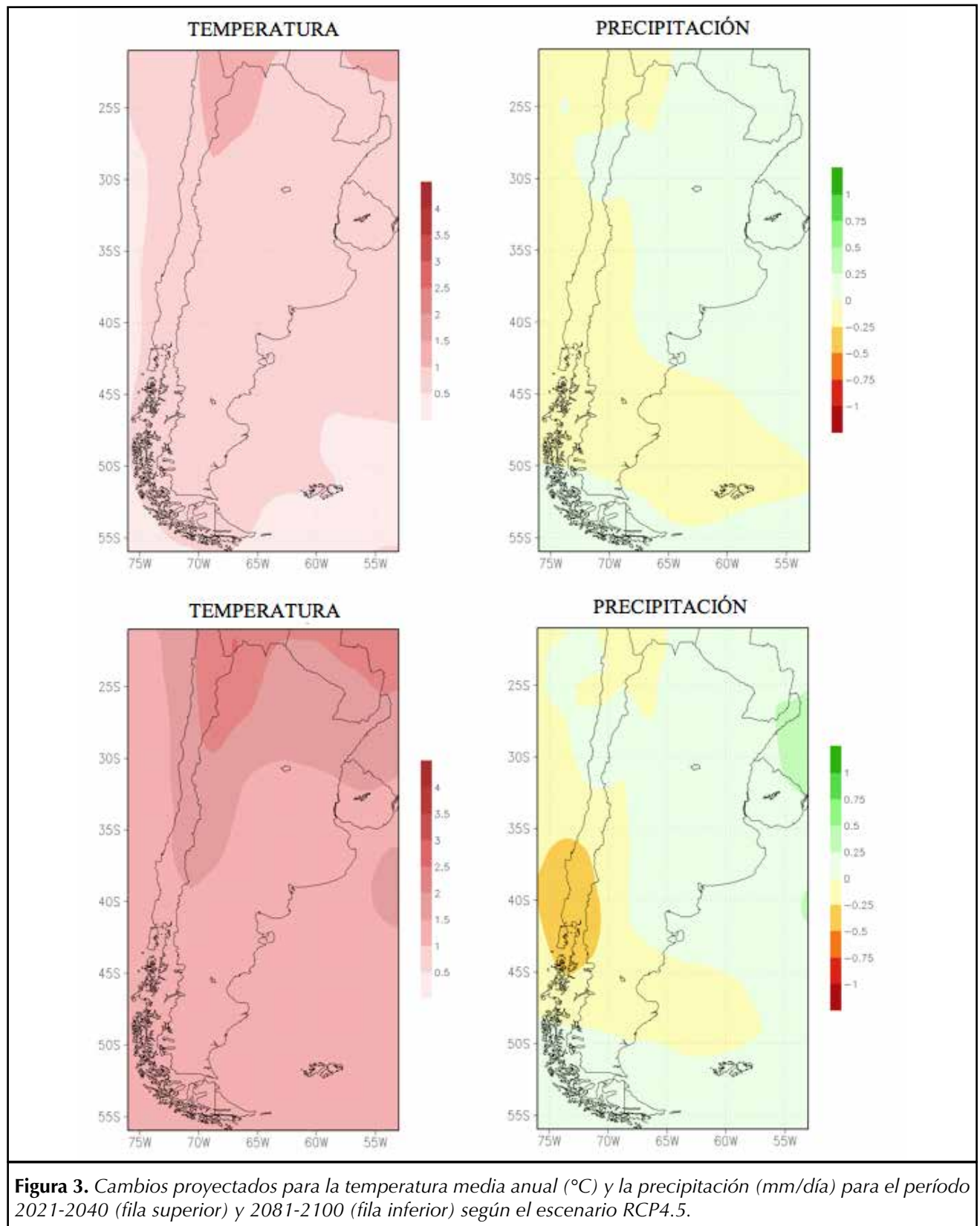
en las provincias de La Pampa, San Luis, Córdoba, Chaco y Santiago del Estero (Barros y Camilloni, 2016). Por el contrario, en las regiones cordilleranas de Cuyo y Comahue, los caudales de los ríos más importantes muestran una tendencia negativa. Por ejemplo, los ríos San Juan, Atuel, Negro, Limay, Neuquén y Colorado muestran una reducción en sus caudales anuales a partir de la década del '80 que en algunos casos alcanza al 30%. Estas tendencias son indicadoras de la disminución de las masas de agua almacenadas en los glaciares de alta montaña y ponen de manifiesto un aumento del riesgo de déficit hídrico en estas regiones (TCNCC, 2015). Acompañando el aumento de la precipitación en el centro-este de Argentina, se produjeron numerosas inundaciones en las riberas de los ríos Paraná y Uruguay y de llanura que afectaron principalmente las provincias de Buenos Aires, La Pampa, Santa Fe y Córdoba (Barros y Camilloni, 2016).

El clima futuro dependerá de procesos naturales que puedan ocurrir

como por ejemplo, erupciones volcánicas o cambios en la energía emitida por el sol, pero cuya influencia es limitada y de actividades antrópicas

que resulten en emisiones de gases de efecto invernadero y cambios en el uso del suelo. Haciendo uso del conocimiento científico actual

lizado sobre el funcionamiento del sistema climático es posible cuantificar las consecuencias de las acciones humanas mencionadas estiman-



do los cambios que introducirían en el clima. Los modelos climáticos constituyen la herramienta utilizada para realizar estos cálculos y construir lo que se conoce como escenarios o proyecciones climáticas. Por lo tanto, los escenarios describen posibles estados del clima futuro en respuesta a emisiones de gases de efecto invernadero pasadas y suposiciones sobre las futuras.

La Figura 3 muestra las proyecciones de cambio de la temperatura media anual y precipitación para Argentina y regiones aledañas para un horizonte temporal cercano (2021-2040) y para fin de siglo (2081-2100) respecto del período 1986-2005. Estas proyecciones fueron elaboradas considerando las simulaciones provistas por un conjunto de 42 modelos climáticos globales correspondientes a la Fase 5 del Programa de Intercomparación de Modelos Climáticos (CMIP5) para el escenario de emisiones intermedio RCP4.5 que implica una concentración de CO₂ de algo más de 550 ppm para fin de este siglo.

Para el futuro cercano se espera que el calentamiento podrá alcanzar entre 0.5° C y 1° C en la mayor parte del país superando estos valores en el extremo noroeste. Hacia fin del presente siglo, la región pampeana y la Patagonia podrán registrar calentamientos del orden de 1.5° C, el centro-norte del país y Cuyo de aproximadamente 2° C y el Noroeste por encima de los 2.5° C. Con respecto a las proyecciones de cambios en la precipitación, en el futuro cercano habrá un aumento en el centro-este del país de aproximadamente 90 mm/año y una reducción en igual proporción en Cuyo y la mayor parte de la Patagonia. Esta tendencia a menores precipitaciones implica cambios significativos en términos porcentuales que junto con el incremento de la

temperatura podrían conducir a estas regiones a frecuentes condiciones de estrés hídrico. Hacia fin de siglo, los cambios de precipitación serían semejantes con una reducción máxima entre 40° S y 45° S.

■ 4. CONSIDERACIONES FINALES.

Si bien alcanzar los objetivos planteados en el Acuerdo de París entraña dificultades tanto políticas como técnicas, éste implica un grado significativo de cambio climático inevitable aún en el caso más ambicioso de limitar el calentamiento a 1.5° C. En consecuencia, todos los países deben tomar medidas para adaptarse a él como, por ejemplo, recabar mejores datos sobre los riesgos climáticos, crear capacidades de planificación y respuesta, mejorar la gestión de catástrofes y los seguros e invertir en tecnología e infraestructura favorables al clima.

Sin duda, los países del sur global son los que mayores riesgos afrontan frente al cambio climático ya que pese a ser los que menor responsabilidad histórica tienen en cuanto a las emisiones de gases de invernadero, disponen de escasos recursos para mitigar o prepararse para los riesgos climáticos. Estas naciones deben considerar nuevas políticas y estrategias de desarrollo e invertir en capacidades y activos con el fin de superar el desafío que constituye desarrollarse en un clima más adverso, pero con la expectativa de que las inversiones para reducir las emisiones de carbono pueden producir nuevas fuentes de crecimiento y trabajo, aumentar la seguridad energética y mejorar el modelo de desarrollo económico. En consecuencia, las dimensiones sociales, económicas y culturales del cambio climático constituyen un aspecto central en la búsqueda de acciones para actuar sobre sus causas. La mo-

dificación de pautas de producción y consumo así como la integración de infraestructuras, tecnologías, instituciones y normativas aparecen como los principales puntos de la transformación cultural que implica la conversión hacia una economía baja en carbono y que demuestra más allá de los impactos negativos del cambio climático, la alta significación social de su mitigación.

Las medidas y políticas de adaptación al cambio climático deberán tener por objeto atender los cambios ya producidos y los cambios proyectados para el futuro próximo. Sin embargo, para que las estrategias de adaptación a seguir sean realmente efectivas es imprescindible reducir las incertidumbres con respecto a los cambios previstos y ello sólo puede realizarse si se priorizan investigaciones en temas relativos a la ciencia climática con el objeto de evaluar en forma detallada y precisa los cambios observados y las perspectivas futuras y se implementan mejoras en los sistemas de monitoreo y alerta climáticos e hidrológicos.

■ REFERENCIAS.

- Barros, V., Camilloni, I. (2016) La Argentina y el cambio climático, de la física a la política. Eudeba, 286 pp.
- Cook, J., N. Oreskes, P.T., Doran, W.R.L., Anderegg, B., Verheggen, E.W., Maibach, J. S., Carlton, S., Lewandowsky, A.G., et al., (2016): Consensus on consensus: a synthesis of consensus estimates on human-caused global warming. *Environ. Res. Lett.* 11: 048002.
- Crutzen, P. J. (2002) Geology of mankind. *Nature* 415, 23. doi:10.1038/415023a.

- Crutzen, P. J., Stoermer, E. F., (2000): The Anthropocene. *Glob. Chang. Newsl.* 41, 17–18.
- Easterling, D.R., Kunkel, K.E., Wehner, M.F. Sun, L. (2016): Detection and attribution of climate extremes in the observed record. *Weather and Climate Extremes* 11, 17-27.
- GISTEMP Team, 2018: GISS Surface Temperature Analysis (GISTEMP). NASA Goddard Institute for Space Studies. Disponible en <https://data.giss.nasa.gov/gistemp/>.
- Gradstein, F. M., Ogg, J. G., Schmitz, M. D., Ogg, G. M., Gradstein, F. M., All, A., (2012): The Geologic Time Scale, eds. F. M. Gradstein, J. G. Ogg, M. D. Schmitz, and G. M. Ogg Boston, MA, USA: Elsevier BV doi:10.1016/B978-0-444-59425-9.01001-5.
- IPCC, Resumen para responsables de políticas. en: Cambio Climático (2013): Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Stocker, T. F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América.
- Marcott, S. A., Shakun, J. D., Clark, P. U., Mix, A. C. (2013). A reconstruction of regional and global temperature for the past 11,300 years. *Science* 339, 1198–1201.
- Nandan, V., Geldsetzer, T., Yackel, J., Mahmud, M., Scharien, R., Howell, S., King, J., Ricker, R. and Else, B., 2017: Effect of snow salinity on CryoSat-2 Arctic first-year sea ice freeboard measurements. *Geophys. Res. Lett.*, 44, 10,419–10,426.
- Nerem, R.S., Beckley B. D, Fasullo, J. T., Hamlington B. D, Masters, D., Mitchum, G. T. (2018): Climate-change-driven accelerated sea-level rise. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 201717312; DOI: 10.1073/pnas.1717312115.
- Shepherd, A. et al., (2018): Mass balance of the Antarctic ice sheet from 1992 to 2017. *Nature*, 558, 219-222.
- SMN (2018): Tendencias observadas en Argentina 1961-2016. Disponible en <https://www.smn.gob.ar/caracterizacion-estadisticas-de-largo-plazo>
- TCNCC, (2015): Resumen Ejecutivo de la Tercera Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. Disponible en <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/sustentabilidad/cambioclimatico/comunicacionnacional/tercera>.
- van den Broeke, M., Box, J., Fettweis, X. et al., (2017): *Curr. Clim. Change Rep.* 3: 345. <https://doi.org/10.1007/s40641-017-0084-8>
- Wolff, E. W., (2011): Greenhouse gases in the Earth system: a palaeoclimate perspective. *Philos. Trans. R. Soc. A Math. Phys. Eng. Sci.* 369, 2133–2147.