



Selva tropical. Foto Christian Ziegler

Carolina Vera

Centro de Investigaciones del Mar  
y la Atmósfera, UBA-Conicet

# Tendencias del clima en la Argentina

**P**or sus características, el clima de nuestro planeta oscila a lo largo del tiempo. Así, no hay dos años ni dos veranos con el mismo clima. En las últimas décadas, sin embargo, esa variabilidad natural del clima se ha visto alterada por otro fenómeno, el calentamiento global, inducido –según la opinión científica mayoritaria– por el incremento de la emisión de gases de efecto invernadero que causan diversas actividades humanas (véanse los artículos y editoriales publicados por CIENCIA HOY sobre el tema, detallados en la página 29). Ante esta situación, la comunidad científica internacional se ha concentrado en tratar de determinar las tendencias que experimentó el clima hasta el presente y en vislumbrar sus cambios futuros, conocimiento que resulta imprescindible para anticipar sus consecuencias y planear las formas de adaptarse a ellas.

En este marco, un equipo de investigadores del Conicet y de la Universidad de Buenos Aires, coordinados por la autora de este artículo y por Vicente Barros, realizó un estudio sobre el estado presente y la evolución futura del clima del país, que es el más actualizado disponible

a la fecha. Sus resultados más importantes se resumen a continuación.

## ¿Cómo se establecen las tendencias del clima?

Cotidianamente se realiza un número importante de observaciones meteorológicas de la atmósfera, los océanos y las superficies continentales del globo. Ellas proporcionan datos numéricos obtenidos por diferentes conductos, como sondas, barcos, aviones, satélites y estaciones meteorológicas terrestres. Con la coordinación de la Organización Meteorológica Mundial, un organismo del sistema de las Naciones Unidas, los datos se reúnen mediante un sistema global de telecomunicaciones y permiten describir cuantitativamente el clima del planeta. La tarea se viene efectuando desde principios del siglo XX y constituye el fundamento empírico para determinar las tendencias climáticas del período al que corresponden los registros.

### ¿DE QUÉ SE TRATA?

Cómo evolucionó el clima del país en las últimas décadas y cómo lo hará en las próximas.

Para estimar cuáles serán las tendencias del clima futuro se utilizan modelos numéricos complejos, con ecuaciones que describen el comportamiento de diferentes componentes del sistema climático, entre ellos la atmósfera, los océanos, el suelo, la vegetación, los hielos, etcétera. Para procesar esos modelos se necesitan computadoras potentes. Actualmente, no más de quince países tienen la capacidad técnica necesaria para encarar tales simulaciones climáticas, lo que hace indispensable la colaboración internacional.

Es así como desde hace un par de décadas opera el Programa Mundial de Investigaciones Climáticas (conocido por WCRP, su sigla en inglés) que coordina la realización de dichas simulaciones climáticas globales por las instituciones dotadas de capacidad de procesamiento numérico de los modelos climáticos. Sus resultados quedan a disposición de la comunidad científica internacional, lo cual permite que innumerables científicos en el mundo los usen para sus investigaciones, con la consecuencia, entre otras, de un incremento significativo de los estudios y las publicaciones sobre el calentamiento global y sus consecuencias.

Sin embargo, las conclusiones que se pueden sacar tanto de las observaciones meteorológicas como de los resultados de las simulaciones efectuadas por los modelos numéricos no están libres de errores. Esos errores se deben tanto a las características de los sistemas de observación como a las limitaciones de los propios modelos matemáticos.

En adición, otra fuente de incertidumbre viene dada por la naturaleza caótica del clima del planeta, una característica puesta de relieve inicialmente por el meteorólogo estadounidense Edward Lorenz (1917-2008). Este mostró en la década de 1960 que los torbellinos y las perturbaciones generados en el interior de fluidos como la atmósfera y los océanos no son enteramente predecibles. En consecuencia, las simulaciones del clima futuro se ven limitadas por el conocimiento impreciso de cómo se comportarán esos componentes naturales del sistema climático.

Al mismo tiempo, tampoco se sabe de modo cierto cómo evolucionarán los factores de origen humano que influyen sobre el clima, en especial, la emisión a la atmósfera de gases de efecto invernadero y otros como la deforestación (sobre las que el lector encontrará más en el próximo artículo de este número). Puede ocurrir que la sociedad tienda a adoptar formas de desarrollo global más cuidadosas con el ambiente, que morigeren los nive-





del país un aumento de la temperatura media anual de entre 0,5°C y 1°C aproximadamente, como se aprecia en la figura 1.

Ese aumento se asocia principalmente con un incremento de la temperatura mínima, característica también observada en otras regiones del mundo. En cambio, las subas de la temperatura máxima son en algunas regiones ínfimas o incluso hubo disminuciones de ella, como las registradas en el centro del país debido, en buena parte, a mayor nubosidad y a más lluvias. El cambio de la temperatura media estuvo a su vez sujeto a importantes variaciones naturales tanto año a año como por región, lo que resultó en un aumento de las olas de calor, principalmente en el norte y el este del territorio, así como en una reducción de las heladas en la mayor parte del país.

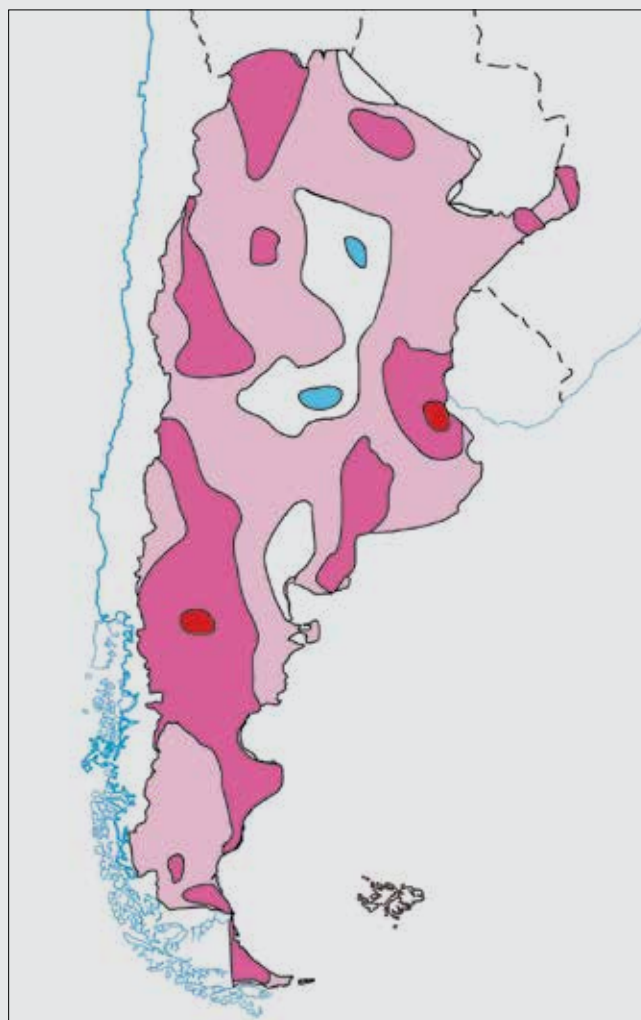
La estimación de las tendencias futuras consideró qué sucedería en el futuro cercano (entre 2015 y 2039) y en

les actuales del deterioro sufrido por este, pero también puede suceder que no disminuya esos niveles o, incluso, que los incremente.

Dadas estas fuentes de incertidumbre, los estudios toman en cuenta diferentes conjuntos de observaciones, recurren a simulaciones realizadas con distintos modelos numéricos y consideran variados escenarios socioeconómicos y sus respectivos efectos en el clima. El grado de confiabilidad de las estimaciones se establece evaluando la coherencia de los resultados alternativos obtenidos.

## Tendencias climáticas recientes y futuras en la Argentina

Una de las preguntas generalmente planteadas en materia de calentamiento global es cuánto cambió y cuánto cambiará la temperatura en cada una de las regiones del planeta. El último informe del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, por su sigla en inglés) muestra que el aumento de la temperatura media global desde el inicio de la era industrial ronda los 0,85°C. Lo sustancial de ese calentamiento ocurrió a partir de la década de 1960. El mencionado estudio sobre la Argentina estimó que entre 1960 y 2010 hubo en distintas regiones



**Figura 1.** Cambio de la temperatura media anual en la Argentina entre 1960 y 2010. Los contornos indican cambios de 0,5°C. En rosado claro, zonas en que se registró un aumento de 0,5°C; en rosado oscuro, aumento de 1°C; en rojo, aumento de 1,5°C; en blanco, sin cambio; en azul, disminución menor que 0,5°C. Dada la escala del mapa, debe considerarse un esquema aproximado.



Hielos antárticos. Foto The Gacier Society

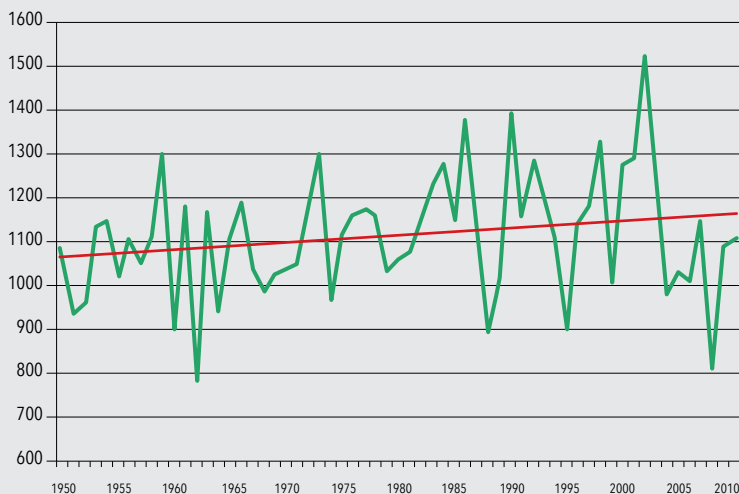
un futuro más lejano (entre 2075 y 2099) tanto con emisiones moderadas de gases de efecto invernadero (las que resultarían en un cambio de la temperatura media global de aproximadamente 2°C a fines del siglo XXI), como con emisiones mayores (las que resultarían en un

cambio de la temperatura media global de aproximadamente 4°C a fines del siglo XXI).

El estudio concluyó que en el futuro cercano el aumento de la temperatura media en el país no depende mucho de las emisiones y sería de entre 0,5°C y 1°C. Esto implicaría una aceleración del calentamiento registrado en los últimos cincuenta años. En el futuro lejano, en cambio, el incremento de la temperatura media dependería de las emisiones y sería de entre 0,5°C y 3,5°C (o más en el noroeste argentino). También concluyó que, en promedio, aumentarían en la mayoría de las regiones las temperaturas altas extremas.

En particular, los cambios registrados en las temperaturas de la región andina contribuyen a explicar el retroceso de la mayoría de los glaciares de la cordillera, algo que continuaría en el futuro.

Otra de las variables frecuentemente analizadas en estudios de cambio climático regional es la lluvia, cuyas variaciones tienen obvias implicancias para actividades cruciales de la economía argentina, como la agropecuaria. En el período 1960-2010 las precipitaciones medias anuales aumentaron en todo el este del país —aunque también experimentaron importantes variaciones interanuales— principalmente en verano, como se aprecia en la figura 2. Esos aumentos fueron especialmente importantes en algunas zonas semiáridas, lo que junto con



**Figura 2.** Evolución temporal de la lluvia media anual en la región húmeda (provincias de Buenos Aires, Santa Fe, Entre Ríos, Corrientes y Misiones) entre 1950 y 2010. Los valores del eje vertical son milímetros de precipitación. El trazado verde resulta de unir los puntos correspondientes a los registros de cada año; la recta roja indica la tendencia, que señala un incremento a pesar de las fuertes oscilaciones anuales.

factores no climáticos facilitó la expansión de la frontera agrícola. Asimismo, entre 1960 y 2010 en gran parte del país hubo precipitaciones extremas más frecuentes, es decir, aquellas lluvias que raramente ocurrían y que superan el umbral a partir del cual, en cada sitio, tienen importantes consecuencias.


Las lluvias anuales, en cambio, disminuyeron significativamente en ese período en los Andes, principalmente en su porción patagónica, pero también en los Andes cuyanos los registros de caudales de los ríos permitieron inferir esa tendencia negativa desde comienzos de siglo XX. Las tendencias decrecientes en las zonas cordilleras coexistieron con las grandes variaciones entre períodos con incremento y períodos con disminución de las lluvias que se registraron en otras zonas (véase en este mismo número el artículo 'Cambio climático y recursos hídricos. El caso de las tierras secas del oeste argentino'). En el oeste y sobre todo en el norte del país el período seco invernal se hizo más prolongado, lo que puede redundar en menos agua para consumo de la población y para la producción agropecuaria, así como condiciones más favorables para los incendios de bosques y cultivos.

Los cambios de precipitación anual en todo el país estimados para el futuro cercano mediante los modelos climáticos no serían muy relevantes, pues no diferirían de los valores actuales por más del 10%, excepto en el futuro lejano para el escenario de mayores emisiones. Se estima que acaecería un descenso moderado de las lluvias en la franja occidental de la Patagonia norte y central, lo mismo que en la zona cordillerana de Mendoza. Por otra parte, los modelos predicen un aumento de las lluvias extremas en la mayoría de las regiones, lo que se asociaría con un mayor riesgo de inundaciones, principalmente en el este. Téngase en cuenta, sin embargo, que la incertidumbre sobre los resultados de las estimaciones de lluvia futura es relativamente grande, por las razones explicadas.

## ¿Cómo reducir el riesgo de desastres en un contexto de cambio climático?

El riesgo de desastres relacionados con el clima depende de la naturaleza y severidad de la amenaza climática, así como de las condiciones de vulnerabilidad y exposición de los sistemas naturales y humanos, incluyendo su habilidad para adaptarse. El aumento de olas de calor, una de cuyas manifestaciones más severas se produjo en diciembre de 2013, así como de la frecuencia de lluvias extraordinarias, del tipo de las que afectaron a las ciudades de Buenos Aires, La Plata y Santa Fe, entre otras, implican un llamado de atención de que podrían ocurrir otros desastres.

Para disminuir considerablemente las consecuencias negativas de los fenómenos climáticos extremos, todos los informes especializados recomiendan reducir la vulnerabilidad y la exposición, así como tomar medidas de adaptación al cambio. Reducen la vulnerabilidad morigerar la pobreza y la desigualdad socioeconómica, mejorar la educación y tomar conciencia de las amenazas climáticas. Reducen la exposición el reordenamiento territorial, la planificación energética y reglamentar la construcción, entre otras medidas. También es importante establecer sistemas de alerta temprana y tener listos planes de contingencia, lo mismo que emprender acciones en los ámbitos local, nacional e internacional para mitigar la emisión de gases de efecto invernadero, que ocasionan el calentamiento global.

El manejo del riesgo de desastres debidos a un clima cambiante se beneficia de proceder en forma iterativa, es decir, de aprender haciendo y encontrar sobre la marcha mejores adaptaciones. Para reducir los perjuicios causados por el cambio climático se requiere la cooperación interdisciplinaria e intersectorial, que abarque organismos científico-académicos, entidades públicas y privadas, y la sociedad civil en general. 

### LECTURAS SUGERIDAS

**FIELD CB et al.**, 2014, 'Cambio climático 2014. Impactos, adaptación y vulnerabilidad', Organización Meteorológica Mundial, Ginebra.  
 Informes del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), en particular los accesibles en <http://ar5-syr.ipcc.ch/> y <http://ipcc-wg2.gov/SREX/>.  
**SECRETARÍA DE AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE - CENTRO DE INVESTIGACIONES DEL MAR Y LA ATMÓSFERA**, 2014, *Cambio climático en la Argentina. Tendencias y proyecciones*, Buenos Aires.



**Carolina Vera**

Doctora en ciencias de la atmósfera, UBA.  
 Investigadora principal en el Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera, UBA-Conicet.  
 Profesora titular, FCEYN, UBA.