

CAPÍTULO

seis

i

Vulnerabilidad de América Latina al cambio y la variabilidad climática



Miguel Lovino¹

¹ Centro de Estudios de Variabilidad y Cambio Climático (CEVARCAM), Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (FICH), Universidad Nacional del Litoral (UNL), Santa Fe, Argentina

Introducción

El cambio ambiental global es uno de los mayores retos a los que debe enfrentarse la humanidad actualmente. Dentro de los componentes del cambio global, el cambio climático es uno de los grandes desafíos del siglo XXI debido a sus causas y consecuencias globales, y a la magnitud de los esfuerzos necesarios para amortiguar sus impactos negativos, adaptarse a las nuevas condiciones climáticas y lograr implementar los procesos de adaptación y mitigación (Bárcena *et al.*, 2017).

América Latina ha sido severamente afectada por eventos hidroclimáticos extremos inusuales en las últimas décadas, contribuyendo al incremento de la vulnerabilidad de los sistemas socioecológicos a los desastres naturales (IPCC, 2014). Magrin *et al.* (2014) exponen que, en esta región, se han observado tendencias significativas en la precipitación y en la temperatura, así como cambios en la variabilidad climática y en los eventos extremos. En el sudeste de Sudamérica la precipitación se incrementó, mientras que en Centroamérica y el centro-sur de Chile disminuyó. En toda la región se registró un calentamiento desde la década de los setenta, excepto en las costas chilenas, donde la temperatura tuvo una tendencia negativa. El retroceso de los glaciares se ha intensificado, alcanzando condiciones críticas en los países andinos. Las tasas de deforestación se han incrementado continuamente debido –principalmente– a la expansión agrícola, mientras que la degradación del suelo también se ha intensificado en toda la región.

En el sudeste de Sudamérica –consistentemente con los cambios globales–, los eventos hidroclimáticos tienden hacia condiciones más cálidas y húmedas ya que aumentó la magnitud y la frecuencia de extremos de temperatura y de precipitaciones intensas (Carril *et al.*, 2016; Lovino *et al.*, 2018a). En esta región, los incrementos de la precipitación (especialmente lluvias intensas) y los caudales aumentaron la frecuencia de crecidas e inundaciones que afectaron la productividad agrícola ganadera e impactaron los asentamientos humanos (Magrin *et al.*, 2014). Además, esta región tiene una gran variabilidad climática que favorece las sequías que dañan la producción agroindustrial y afectan la gestión de los recursos hídricos (Lovino *et al.*, 2018b).

Los impactos de los extremos hidroclimáticos y el potencial de desastres se acrecientan en las regiones con alta exposición y vulnerabilidad, pudiendo exacerbarse aún más ante un contexto complejo de variabilidad y cambio climático (IPCC, 2012). IPCC (2014) y Oppenheimer *et al.* (2014) exponen la evolución de la literatura científica referente a las definiciones y marcos conceptuales que sistematizan la exposición, vulnerabilidad, riesgo y adaptación en el contexto del cambio climático. Los riesgos derivados de la variabilidad y el cambio climático no son sólo asociados con el sistema físico, sino el resultado de complejas interacciones entre las sociedades, ecosistemas y las amenazas producidas por los extremos hidroclimáticos (IPCC, 2012; Birkmann *et al.*, 2013). La diferenciación de estas interacciones, a través del concepto de vulnerabilidad, puede facilitar la transferencia de información para la gestión de riesgos y la formulación de políticas (de Shervinin, 2013).

Considerando la magnificación de los eventos extremos observados y sus impactos en América Latina, surge la necesidad de mejorar los sistemas de gestión del riesgo climático que enfrenta la región actualmente. Esta mejora requiere investigaciones sobre vulnerabilidad hidroambiental al cambio y la variabilidad climática, con el objetivo de asistir a los tomadores de decisiones y proporcionar información científica para la elaboración de políticas públicas orientadas a aumentar la resiliencia de la región ante desastres hidroclimáticos.

El presente trabajo sintetiza los cambios naturales y del clima (observados y proyectados en América Latina), y hace foco en las vulnerabilidades y riesgos claves que la región presenta ante estos cambios y a la variabilidad climática. La sección 2 expone los principales cambios, sus impactos sectoriales y las proyecciones climáticas futuras en América Latina; la sección 3 plantea un caso de estudio de la variabilidad y el cambio climático en el nordeste de Argentina; la sección 4 refiere a las principales vulnerabilidades y riesgos claves en América Latina, así como también potenciales medidas de adaptación, y la sección 5 presenta las consideraciones finales.

Cambio climático, impactos y escenarios futuros en América Latina

El principal cambio del clima en América Latina ha sido el incremento en frecuencia y severidad de los eventos climáticos extremos (Seneviratne *et al.*, 2012). Magrin *et al.* (2014) cuantifican esta afirmación: entre 2000 y 2013, 613 eventos extremos del tiempo y el clima ocasionaron 13,883 muertes y 53.8 millones de personas afectadas, con pérdidas estimadas en 52.3 billones de dólares. Durante 2000-2009, 39 huracanes se registraron en Centroamérica y el Caribe en comparación con los quince y nueve en las décadas de los ochenta y noventa, respectivamente. En el sudeste de Sudamérica, precipitaciones intensas extremas más frecuentes favorecieron un incremento en la ocurrencia de inundaciones repentinas y deslizamientos de barro (Carril *et al.*, 2016; Lovino *et al.*, 2018a). En el Amazonas, se registraron sequías severas en 2005 y 2010 e inundaciones récords en 2009 y 2012 (Espinoza *et al.*, 2013).

Magrin *et al.* (2014) resumen los principales cambios en América Latina. Existe un amplio consenso respecto a que la temperatura media ha aumentado en Centroamérica y América del Sur, excepto por un enfriamiento en las costas del sur de Perú y en Chile. En respuesta a estos aumentos, los glaciares andinos están retrocediendo. Luego de mediados de los setenta, la precipitación se incrementó en el sudeste de Sudamérica, Centroamérica y las regiones del monzón norteamericano, mientras que decreció en el sur de Chile y en el nordeste de Brasil.

La tabla 1 (adaptada de Magrin *et al.*, 2014) sintetiza los principales impactos en los sistemas físicos (azul), biológicos (verde) y humanos (rojo) de las variaciones climáticas y la atribución de sus causas a las tendencias relacionadas con cambios climáticos en la región. Existe un muy alto grado de confianza en que la reducción de los glaciares tropicales y las masas de hielo en regiones extratropicales y tropicales de Los Andes se debe al incremento de la temperatura en la segunda mitad del siglo XX. Hay muy alta evidencia de tendencias robustas positivas en los caudales en las subcuencas de la cuenca del Plata y un alto grado de confianza en la atribución. Los impactos en los sistemas físicos se

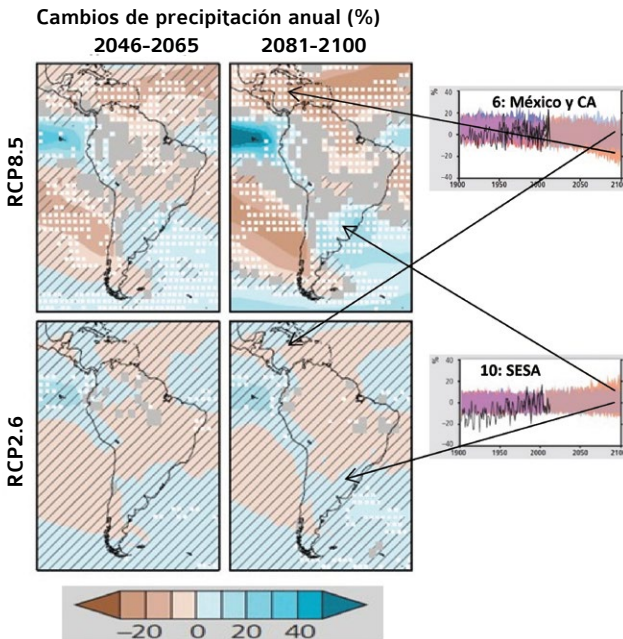
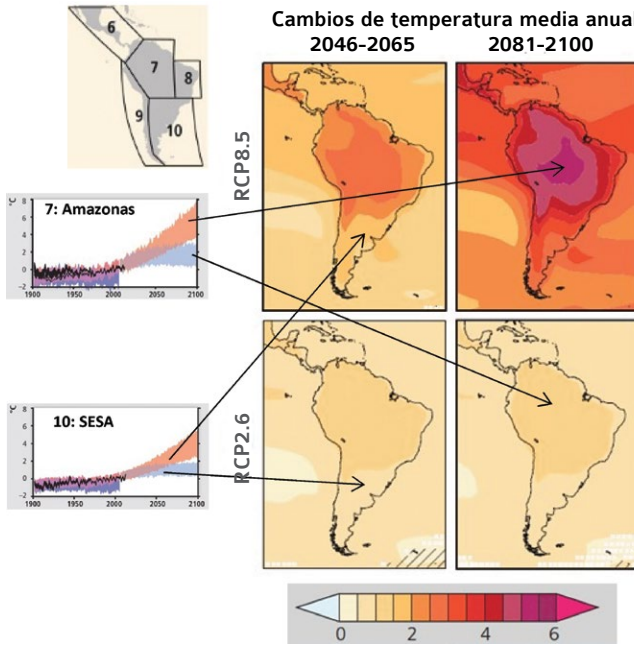
completan con los cambios en la variabilidad de los caudales del río Amazonas en las últimas dos décadas (atribución media, alto grado de confianza en la detección de tendencias) y, en el mismo nivel de atribución y tendencia, la erosión marítima costera. Finalmente, se produjo un aumento de las lluvias intensas que provocan inundaciones repentinas y deslizamientos de barro (certeza media en la detección de tendencias y bajo grado de atribución). Es probable que la baja atribución de este impacto se deba a la amplia variabilidad espacio-temporal de estos eventos de precipitaciones intensas (Lovino *et al.*, 2018a).

Los principales impactos en el sistema biológico (ver tabla 1) han sido el blanqueamiento de los arrecifes de coral en las costas de Centroamérica y el retroceso de los bosques tropicales en la Amazonia, Centroamérica y el norte de Sudamérica. Por su parte, los sistemas humanos se han visto afectados por el aumento de la frecuencia y la extensión del dengue, la fiebre amarilla y la malaria hacia sectores del continente antiguamente no endémicos, con un alto nivel de influencia de las tendencias positivas en la temperatura. Finalmente, en el sudeste de Sudamérica se dieron aumentos de los rendimientos agrícolas y cambios en la zonificación agrícola, con una significativa expansión de áreas anteriormente marginales. Hay un alto grado de confianza en que esta expansión agrícola se debe al incremento de la precipitación en el sudeste de Sudamérica.

La figura 1 muestra los cambios potenciales futuros en la temperatura media anual y en la precipitación anual para los periodos 2046-2065 y 2081-2100 en comparación con el periodo 1986-2005 para los escenarios de concentraciones representativas (RCP, por sus siglas en inglés) de mitigación (RCP2.6) y de altas concentraciones de gases de efecto invernadero (RCP8.5). Existe un alto nivel de acuerdo en que la temperatura de América Latina seguirá aumentando en el siglo XXI (ver colores nítidos de la figura 1, mapas izquierdos); ciertas regiones se verán más afectadas por este aumento. Por ejemplo, el Amazonas tendría hasta 2 °C de incremento medio a fines del siglo XXI para un escenario RCP2.6 y mayor a 6 °C en un escenario RCP8.5. En un escenario de mitigación RCP2.6, los cambios esperados en la temperatura media son similares en 2046-2065 y en 2081-2100, indicando una estabilización de las tendencias. Por el contrario, en un escenario de altas emisiones RCP8.5, los incrementos de temperatura serían muy significativos.

↓ **Tabla 1.** Impactos observados de las variaciones climáticas y atribución a causas del cambio climático en América Latina. SESA: sudeste de Sudamérica, CA: Centroamérica, SA: Sudamérica. Azul: sistemas físicos. Verde: sistemas biológicos. Rojo: sistemas humanos (adaptado de Magrin *et al.* 2014).

		Grado de confianza en la atribución				
		Muy alto	Alto	Medio	Bajo	Muy bajo
Grado de confianza en la detección de tendencias en sistemas sensibles al clima	Muy alto	Retroceso de glaciares en Los Andes en Sudamérica	Aumento de caudales en la Cuenca del Plata. Blanqueamiento de los arrecifes de coral en el Caribe Oeste y en las costas de CA.	Cambios en caudales extremos en el río Amazonas. Erosión costera y otros impactos físicos en el nivel del mar. Aumento de la frecuencia y la extensión de la fiebre del dengue y la malaria. Cambios en la zonificación agrícola en SESA.	Aumento de rendimientos agrícolas.	Bosques tropicales degradados y retroceso en Amazonia, en CA y norte de SA.
	Alto					
	Medio				Aumento de precipitaciones intensas y riesgo de deslizamientos de barro e inundaciones en SESA, CA y el norte de SA.	
	Bajo					Reducción del stock pesquero marítimo.
	Muy bajo					



← **Figura 1.** Proyecciones medias del ensamble multi-modelo del CMIP5 (Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados, fase 5) de los cambios de temperatura media anual (panel izquierdo, en °C) y porcentaje medio de los cambios en precipitación anual (panel derecho) para los periodos 2046-2065 y 2081-2100 (relativos al periodo 1986-2005) en los escenarios RCP2.6 (mitigación) y RCP8.5 (altas concentraciones de gases de efecto invernadero). Diferentes niveles de acuerdo en los signos de los cambios: colores nítidos indican muy alto acuerdo, con puntos blancos, alto acuerdo, grises indican cambios divergentes, líneas diagonales enfatizan áreas sin cambios significativos (adaptado de Magrin *et al.*, 2014).

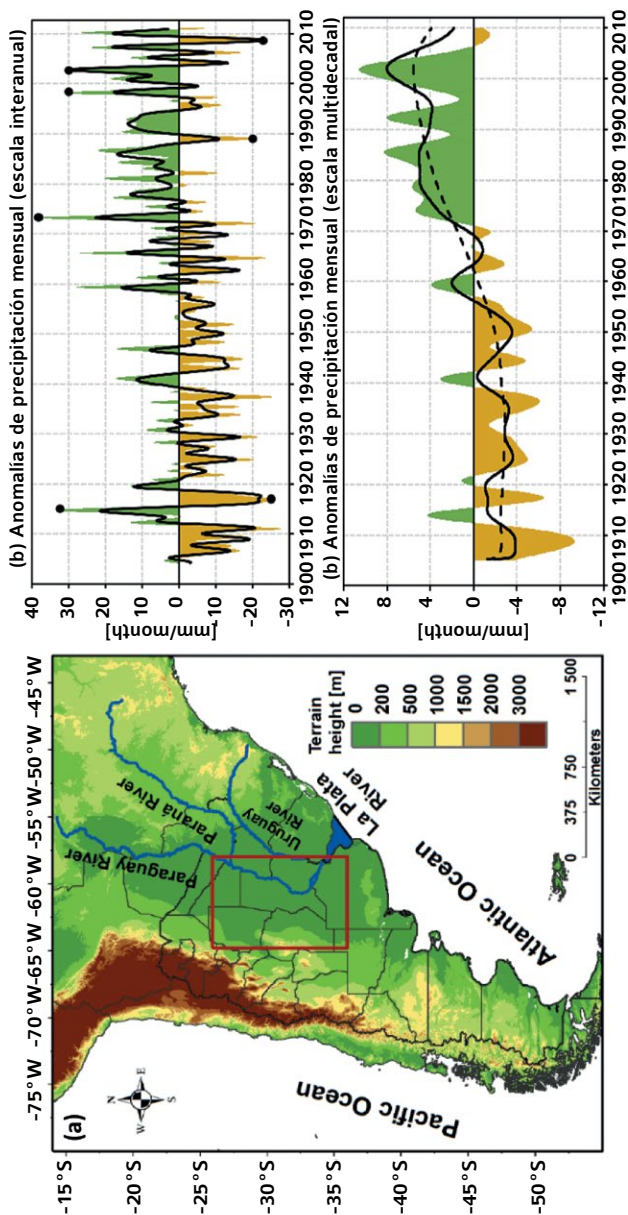
En cuanto a la precipitación, no hay un acuerdo en la proyección de los cambios, tal como lo muestra la mayor parte de áreas con líneas diagonales o grises en los mapas inferiores de la figura 1. Sin embargo, existe un alto acuerdo en que la precipitación aumentaría en el sudeste de Sudamérica para el 2081-2100 y disminuiría en Centroamérica y México en el mismo periodo ante un escenario RCP8.5. Se debe notar en las series temporales regionales que los ensambles de los modelos no reconocen adecuadamente las tendencias actuales de precipitación, por lo tanto, la incertidumbre de estas proyecciones es alta. Por el contrario, la mayor parte de los modelos reconocen las tendencias en temperatura, otorgando robustez a las proyecciones de calentamiento regional.

Caso de estudio: variabilidad y cambio climático en el nordeste de Argentina

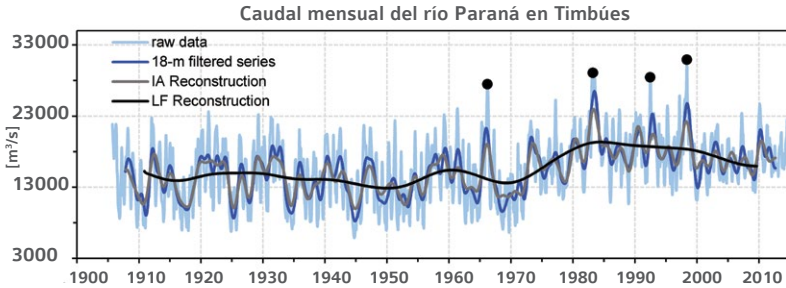
El nordeste de Argentina, que cubre la gran llanura Chaco-pampeana (ver figura 2a), concentra la mayor parte de la producción agroindustrial del país, por lo que tiene una gran importancia económica y demográfica en Sudamérica, y es clave para la seguridad alimentaria de la región y el mundo. Las actividades agroindustriales de esta región están influenciadas por el complejo sistema de recursos hídricos superficiales de la cuenca inferior del río Paraná, donde se concentran los mayores centros urbanos del país, como Buenos Aires, Rosario y Córdoba. La conjunción de estos factores hace que la región tenga una alta exposición y vulnerabilidad a los efectos de la variabilidad y el cambio climático.

El nordeste de Argentina tiene una gran variabilidad hidroclimática en escalas interanuales, que se refleja principalmente en el comportamiento de la precipitación y los caudales de sus ríos (figuras 2b y 3). Esta variabilidad hidroclimática interanual induce frecuentes eventos extremos (puntos negros en las figuras 2b y 3) que provocan inundaciones y sequías. Tales eventos están mayormente vinculados con fases extremas del fenómeno El Niño - Oscilación del Sur, generalmente combinadas con forzantes de temperaturas superficiales del mar en el

Océano Atlántico norte tropical y la zona de convergencia del Atlántico Sur. Estos extremos alteran la gestión de los recursos hídricos superficiales y subterráneos. Inundaciones frecuentes, como las registradas entre 1970 y 2010 por excesos de precipitación y de caudales (ver figuras 2a y 3), afectan la productividad agrícola y ganadera en zonas rivereñas y rurales de las Pampas, provocando daños a las pasturas y los cultivos, y forzando el desplazamiento de ganado. Los asentamientos humanos suelen ser también afectados, lo que incluye las actividades económicas, el transporte y la infraestructura de las poblaciones urbanas y rurales. Por otro lado, las sequías agrícolas afectan los periodos críticos de los principales cultivos de la región, entre ellos maíz, soja y girasol. Las sequías hidrológicas afectan los suministros de agua para el ganado y favorecen los procesos de erosión del suelo; las más severas (como las de los años 1989 y 2009, ver figura 2b) directamente han afectado a las poblaciones, causando escasez de agua y de alimentos, y reduciendo el potencial de generación de energía hidroeléctrica de los ríos de la región.



↑ **Figura 2.** (a) Mapa topográfico del sur de Sudamérica donde se destaca la región estudiada en el nordeste de Argentina (rectángulo rojo). Anomalías de precipitación mensual promedio en la región con énfasis en las escalas interanual (b) y decadal a multidecadal (c). En el panel (b) se destacan los eventos extremos con puntos negros (adaptado de Lovino et al., 2018b).



↑ **Figura 3.** Serie temporal (1904-2014) del caudal mensual del río Paraná en Timbúes (Santa Fe, Argentina). En azul: serie filtrada con un filtro pasa-bajos de 18 meses que enfatiza la variabilidad interanual. En gris: reconstrucción con los modos dominantes de variabilidad interanual. En negro: reconstrucción de la serie de baja frecuencia asociada a variabilidad multidecadal (adaptado de Lovino *et al.*, 2018b).

En escalas decadales a multidecadales, el nordeste de Argentina sufrió una transición de décadas más secas y frías a más cálidas y húmedas desde los años setenta (Lovino *et al.*, 2018b). La figura 2c muestra una clara tendencia (línea de puntos) que indica este cambio de largo periodo en la precipitación, mientras que la figura 3 destaca la tendencia positiva en los valores medios de caudales a partir de 1970 (línea negra). El periodo húmedo luego de los años setenta favoreció la agricultura sobre regiones previamente relegadas y también contribuyó a los cambios de uso del suelo que esta agricultura generó. El efecto combinado de la mayor precipitación y los cambios de uso de suelo resultaron en elevaciones de los niveles freáticos, redujeron la capacidad de infiltración de los suelos e incrementaron el escurrimiento superficial llevando a inundaciones extraordinarias en la región durante el periodo húmedo.

Los extremos climáticos de temperatura mostraron significativas tendencias hacia condiciones más cálidas (Lovino *et al.*, 2018a). Aumentó la frecuencia de ocurrencia de días y noches cálidos, y disminuyeron significativamente los días y noches fríos, y los eventos de heladas. Consistentemente, aumentó la duración e intensidad de las olas de calor y se redujo la duración e intensidad de las olas de frío. Por otra parte, se observó un aumento en la frecuencia y magnitud de los eventos de lluvias intensas en toda la región (Lovino *et al.*, 2020).

Cambio climático y desarrollo sostenible: vulnerabilidad y riesgos claves

Para enfrentar el cambio climático y la gran variabilidad climática en América Latina es indispensable modificar los patrones de producción y consumo de energía, y de uso del territorio, así como implementar medidas de adaptación para mitigar sus impactos más adversos (Bárcena *et al.*, 2017). Se requiere un esfuerzo de adaptación a las nuevas condiciones climáticas y una evolución hacia procesos productivos que causen menores emisiones de gases de efecto invernadero y que, al mismo tiempo, contribuyan a lograr mejores niveles de desarrollo. Bárcena *et al.* (2017) explican que se trata de una transformación estructural del actual estilo de desarrollo: una transición hacia un desarrollo más sostenible que preserve los activos económicos, sociales y ambientales para las futuras generaciones. Estos cambios conllevan una oportunidad para realizar inversiones de mejor calidad y, con ello, dinamizar la economía de la región.

Los avances internacionales apuntan hacia ese redireccionamiento. Los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), aprobados en 2015 por la Asamblea General de las Naciones Unidas, expresan el acuerdo de los países de alcanzar una agenda universal de metas económicas, sociales y ambientales para el año 2030. En particular, el objetivo 13 se propone adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos. Específicamente, se plantea (a) fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación a los riesgos relacionados con el clima y los desastres naturales en todos los países, (b) incorporar medidas relativas al cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales, y (c) mejorar la educación, la sensibilización y la capacidad humana e institucional respecto de la mitigación y adaptación del cambio climático. Por otro lado, el Acuerdo de París recoge las metas de mitigación y adaptación, y las contribuciones determinadas a nivel nacional (CDN) de los países para estabilizar las emisiones de CO₂, evitar un aumento de la temperatura global superior a 2 °C y lograr una adaptación apropiada a las nuevas condiciones climáticas. Para que esto se concrete (y también las CDN), Bárcena *et al.* (2017) indican que se requieren políticas públicas y pactos globales, así como nacionales, que expresen

un compromiso firme y activo con el desarrollo sostenible y que contemplen simultáneamente sus potenciales efectos económicos, sociales y ambientales.

En este contexto, durante los últimos años, el estudio de la adaptación al cambio climático se ha transformado progresivamente desde un enfoque centrado en los impactos (principalmente focalizado en el clima) hacia una visión centrada en la vulnerabilidad. Como consecuencia, un paso clave en América Latina es el desarrollo e implementación de estrategias de adaptación sistémica que involucren componentes institucionales, sociales, de ecosistemas, ambientales, financieros y de capacidades para hacer frente al cambio y la variabilidad climática. Los procesos de adaptación eficientes conllevan beneficios importantes, ya que su costo se encuentra por debajo de los impactos esperados del cambio climático, y las obras de adaptación dinamizan las economías.

América Latina es particularmente vulnerable a los impactos del cambio y la variabilidad climática debido a su situación geográfica y climática, su condición socioeconómica, demográfica e institucional y la alta sensibilidad al clima de sus recursos naturales como los bosques y la biodiversidad (Bárcena *et al.*, 2017). El concepto de vulnerabilidad, ampliamente discutido por la comunidad científica en los últimos años, impone tres componentes: exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa de un determinado sistema socioecológico (Birkmann *et al.*, 2013). Luego, el riesgo se determina como la superposición de la amenaza y la vulnerabilidad. La tabla 2 resume los riesgos claves de América Latina al cambio climático (Magrin *et al.*, 2014). Las «amenazas» a las que los sistemas socioecológicos se encuentran expuestos, en este caso, son factores climáticos. Finalmente, la tabla 2 sugiere las principales acciones de adaptación para reducir los niveles de riesgo actual y minimizar los incrementos del riesgo en escenarios futuros de cambio climático.

↓ **Tabla 2.** Riesgos claves de América Latina al cambio climático, las potenciales medidas de adaptación a implementar para reducir los riesgos y los factores climáticos desencadenantes (adaptado de Magrin *et al.*, 2014).

Factores climáticos	Riesgo clave	Acciones de adaptación
<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de T • Derretimiento hielo glacial • Sequías severas • Aumento Pr intensas 	<p>Disponibilidad de agua en regiones semiáridas y dependientes del derretimiento de los glaciares; en Centroamérica, inundaciones en áreas urbanas y rurales debido a precipitaciones extremas (confianza alta).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Gestión integrada de los recursos hídricos. • Gestión de las inundaciones urbanas y rurales (incluyendo infraestructura), sistemas de alerta temprana, mejores pronósticos del tiempo y de caudales, control de enfermedades infecciosas.
<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de T • Aumento de Pr intensas • Aumento de Pr 	<p>Decrecimiento de la producción y calidad de alimentos (confianza media).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de nuevas variedades de cultivos más adaptados al CC (temperatura y sequías). • Uso de modelos climáticos en planificación, sistemas de seguros para riesgos relacionados con eventos del tiempo. • Compensación de los impactos económicos del cambio de uso de suelo. • Fortalecimiento del conocimiento de los sistemas y prácticas tradicionales de los pueblos originarios.
<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de T • Aumento de T extremas • Aumento de Pr intensas • Aumento de Pr 	<p>Propagación de enfermedades vectoriales en altitud y latitud (confianza alta).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de sistemas de alerta temprana para el control y la mitigación de enfermedades basados en factores climáticos. • Establecimiento de programas para extender los servicios públicos básicos de salud.

Consideraciones finales

Para atender el desafío de preservar el clima es preciso realizar transformaciones profundas del actual estilo de desarrollo que permitan transitar a un desarrollo más sostenible, en el contexto de un acuerdo internacional global, justo e incluyente. América Latina requiere mantener un desarrollo continuo en las próximas décadas, acorde con la consolidación de diversas metas económicas y sociales, y al mismo tiempo, debe resolver los problemas que implica el cambio climático. De este modo, para América Latina el desafío del cambio climático es el desafío del desarrollo sostenible.

Considerando los recursos financieros limitados de algunos países en América Latina, la planificación a largo plazo y las necesidades relacionadas de recursos humanos y financieros pueden ser conflictivas con el déficit social actual en el bienestar de la población. Esta situación debilita la importancia de la planificación de la adaptación al cambio climático en las agendas políticas de los países y, por lo tanto, requiere la participación internacional como un factor facilitador en el manejo de los peligros naturales. Los planes de desarrollo y adaptación deben abordarse especialmente en países en desarrollo, centrándose en estrategias para reducir la vulnerabilidad. El bajo nivel de adaptación al clima actual en los países de América Latina se da porque las respuestas a los desastres son principalmente reactivas en lugar de preventivas. Se están implementando algunos sistemas de alerta temprana, pero la capacidad de responder a una advertencia a menudo es limitada, particularmente en las sociedades con menos recursos económicos. Finalmente, las acciones que combinen la comunicación pública, la educación, el desarrollo de las capacidades de los tomadores de decisiones públicas y un financiamiento sinérgico de desarrollo y adaptación serán clave para sostener el proceso de adaptación que América Latina requiere para enfrentar los desafíos futuros del cambio climático.

El cambio climático traerá modificaciones a las condiciones ambientales en el espacio y el tiempo, y en la frecuencia e intensidad de los extremos del tiempo y el clima. En América Latina, un primer paso hacia la adaptación al cambio climático es reducir la vulnerabilidad al clima actual, teniendo en cuenta los posibles impactos futuros, parti-

cularmente del clima y los extremos climáticos. Enfrentar un nuevo sistema climático y, en particular, la exacerbación de eventos extremos requerirá nuevas formas de gestionar los sistemas socioecológicos para lograr el desarrollo sostenible.

Referencias bibliográficas

- Bárcena, A., Samaniego, J. L., Galindo, L. M., Ferrer, J., Alatorre, J. E., Stockins, P., Reyes, O., Sánchez, L. y Mostacedo, J. (2017). *La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe: una visión gráfica*. Publicación de CEPAL. LC/TS.2017/84/Rev.1.
- Birkmann, J., Cardona, O., Carreño, M., Barbat, A., Pelling, M., Schneiderbauer, S., Kienberger, S., Keiler, M., Alexander, D. y Zeil, P. (2013). Framing vulnerability, risk and societal responses: the MOVE framework. *Natural Hazards*, 67(2), 193-211.
- Carril, A. F., *et al.* (2016). Extreme events in the La Plata basin: a retrospective analysis of what we have learned during CLARIS-LPB project. *Clim. Res.*, 68, 95-116. <http://dx.doi.org/10.3354/cr01374>.
- Espinoza, J. C., Ronchail, J. Frappart, F., Lavado, W., Santini, W. y Guyot, J. L. (2013). The major floods in the Amazonas River and tributaries (Western Amazon Basin) during the 1970-2012 period: a focus on the 2012 flood. *J. of Hydrometeorology*, 14(3), 1000-1008.
- IPCC (2012). Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. En Field, C. *et al.* (eds.). *A Special Report of Working Groups I and II of the IPCC*. Cambridge University Press.
- IPCC (2014). Annex II: Glossary [Mach, K. J., *et al.* (eds.)]. En Core Writing Team, R. K. Pachauri y Meyer, L. A. (eds.), *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the AR 5 of the IPCC* (pp. 117-130). Suiza, Geneva: IPCC.

- Lovino M. A., Müller, O., Berbery, E. H. y Müller, G. V. (2018a). How have daily climate extremes changed in the recent past over northeastern Argentina? *Global and Planetary Change*, (168), 78-97. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2018.06.008>
- Lovino, M. A., Müller, O. V., Müller, G. V., Sgroi, L. C. y Baethgen, W. E., (2018b). Interannual-to-multidecadal Hydroclimate Variability and its Sectoral Impacts in northeastern Argentina, *Hydrology and Earth System Sciences*, (22), 3155-3174. <http://dx.doi.org/10.5194/hess-22-3155-2018>.
- Lovino M. A., Müller, G. V. y Sgroi, L. C. (2020). ¿Cómo ha cambiado la precipitación en la provincia de Santa Fe? *Revista de Investigaciones Agropecuarias En prensa*.
- Magrin, G. O., Marengo, J. A., Boulanger, J.-P., Buckeridge, M. S., Castellanos, E., Poveda, G., Scarano, F. R. y Vicuña, S. (2014). Central and South America. En Barros, V. R. *et al.* (eds.), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of WG II to the AR5* (pp. 1499-1566). Cambridge University Press.
- Oppenheimer, M. *et al.* (2014): Emergent risks and key vulnerabilities. En Field, C. B. *et al.* (eds.), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the AR5 of the IPCC*. Cambridge University Press.
- Seneviratne, S. I. *et al.* (2012). Changes in climate extremes and their impacts on the natural physical environment. En Field, C. B. *et al.* (eds.), *A Special Report of Working Groups I and II of the IPCC* (pp. 109-230). EE. UU.
- Sherbinin, A. de (2013). Climate change hotspots mapping: what have we learned? *Climatic Change*, (123), 23-27. doi:10.1007/s10584-013-0900-7