



Fenómenos meteorológicos extremos y el calentamiento global (Parte 2)

Gustavo V. Necco C. (1), Marcelo E. Selucchi (2), José L. Aiello (3)

Los términos "calentamiento global" y "cambio climático" a veces se usan indistintamente, pero el calentamiento global es solo un aspecto del cambio climático.

Calentamiento global y cambio climático

El "**calentamiento global**" es el aumento observado en la temperatura promedio de la atmósfera (y los océanos) de la Tierra. Los registros instrumentales de la temperatura de la atmósfera en superficie a nivel global muestran una clara tendencia ascendente que se aceleró a mediados de la década de los años 70 del siglo pasado. Además de los registros térmicos existen otras mediciones globales con sensores remotos embarcados en satélites que evidencian el aumento del calentamiento. Por ejemplo, el dramático decrecimiento reciente de la extensión del hielo ártico marino y del antártico costero, así como en Groenlandia: el hielo y la nieve son muy sensibles a los calentamientos. El mar también se calienta: las estimaciones del promedio global del contenido de calor en las capas superiores de los océanos (los primeros 700 m) muestran una marcada tendencia ascendente, compatible con el aumento del nivel del mar.

Los términos "**calentamiento global**" y "**cambio climático**" a veces se usan indistintamente, pero el calentamiento global es solo un aspecto del cambio climático.

Recordemos que el **tiempo** (meteorológico) o **temperie** se refiere a las condiciones atmosféricas que ocurren localmente durante períodos cortos de tiempo, desde minutos hasta horas o días. Los ejemplos familiares incluyen lluvia, nieve, nubes, vientos o tormentas eléctricas. En tanto que el **clima**, por otro lado, se refiere al promedio regional o incluso global a largo plazo de los patrones meteorológicos como temperatura, humedad y lluvia durante estaciones, años o décadas.

El cambio climático es un cambio en el estado de la atmósfera que puede ser identificado (p.e. usando pruebas estadísticas) por cambios en el promedio y/o la variabilidad de sus propiedades, y que persiste por un periodo extenso, típicamente décadas o más.

Para el IPCC de la ONU (Intergovernmental Panel for Climate Change – Grupo Intergubernamental para el Cambio Climático) se refiere a cualquier cambio del clima en el tiempo cronológico, sea debido a la variabilidad natural o como resultado de la actividad humana. (El IPCC es una organización original, con científicos de alto nivel y representantes de los países participantes, auspiciada por las Naciones Unidas por iniciativa de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) - fundada en 1988, su primer informe se publicó en 1990).





Para el UNFCCC United Nations Framework Convention on Climate Change (Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático) el cambio climático se refiere a un cambio en el clima que se atribuye directa o indirectamente a la actividad humana que altere la composición de la atmósfera global y que se agrega a la variabilidad climática natural observada en periodos de tiempo comparables.

Aunque en el ambiente científico hay una clara mayoría (más del 99%) que sostiene, con estas bases objetivas, la realidad del calentamiento global y el cambio climático resultante, en el público en general hay cierta indiferencia o descreimiento. Uno de cada seis (17%) adultos del Reino Unido dice que es falso que el cambio climático sea causado principalmente por actividades humanas, pero siete de cada 10 (72%) creen que es cierto. Alemania (72 % verdadero frente a 18 % falso) tiene prácticamente las mismas opiniones que el Reino Unido, mientras que Noruega se ubica por debajo de ambos, con seis de cada 10 (61 %) que creen que el cambio climático es causado en gran medida por los humanos y una cuarta parte (24 %) piensa que es falso. Una de cada ocho (13%) personas en el Reino Unido dice que no cree que el aumento global de la temperatura del siglo pasado haya sido el mayor de los últimos 1000 años, en comparación con dos tercios (64 %) que reconocen correctamente que esto es cierto.

¿Cómo influye el calentamiento global en los extremos?

En un mundo que se calienta, esperamos que aumente el riesgo de que ocurran algunos tipos de eventos meteorológicos extremos. Por ejemplo, con el aumento de las temperaturas en la mayor parte del mundo, esperamos más olas de calor. Al mismo tiempo, el aire más cálido puede contener más agua y, por lo tanto, esperamos lluvias más extremas. Así es que el calentamiento presenta un comportamiento dual: por un lado, aumenta la evapo-transpiración en continentes favoreciendo el desecamiento y, en los casos extremos, sequías y, por el otro, al aumentar la capacidad del aire en contener humedad favorece el aumento de precipitaciones y, en casos extremos, inundaciones. Se estima que los países tropicales sufrirán más (por lo menos hipotéticamente) con los eventos convectivos extremos derivados del efecto del calentamiento global. Además, este calentamiento global es más intenso en las latitudes altas, con lo cual el gradiente (variación) de temperatura entre el ecuador y el polo será más débil por lo que se alterará la estructura de las corrientes de viento en altura. Como consecuencia, tendremos más ondas de frío y calor (ondas más amplias).

Siempre que un evento meteorológico extremo ocurre en cualquier parte del mundo, la gente se pregunta sobre el posible papel del cambio climático. Los efectos del cambio climático no son uniformes en las diferentes regiones y también varían entre periodos y escalas de tiempo. Además, el cambio climático no solo afecta a la temperatura sino también a la circulación de la atmósfera. Esto significa que la trayectoria típica de tormentas o sistemas de alta presión puede cambiar y, por lo tanto, contrarrestar o amplificar los efectos de los cambios de temperatura. Los eventos meteorológicos individuales son, en última instancia, únicos y siempre están causados por una combinación de diferentes factores, incluida la variabilidad local en el clima, las condiciones de la superficie terrestre y sus interacciones con la atmósfera, los patrones a gran escala de las temperaturas oceánicas y los cambios en los forzantes externos (por ejemplo, gases de efecto invernadero, aerosoles).

Por lo tanto, no se puede decir que un evento meteorológico extremo fue "causado" por el cambio climático. Sin embargo, podemos estimar si, y en qué medida, la probabilidad o la intensidad de un evento extremo ha cambiado debido al cambio climático inducido por el hombre. Como ejemplo la mayor parte de los 20 peores incendios forestales en California desde la década de 1930 se han producido en este milenio, en años caracterizados por temperaturas estivales anormalmente altas y una "sequedad excepcional" entre mayo y octubre, según un nuevo análisis de la compañía de reaseguros Munich Re. Después de comparar datos de observación que abarcan varias décadas con





modelos climáticos, el informe concluyó que los incendios forestales, que causaron la muerte de 85 personas, fueron "ampliamente consistentes con el cambio climático".

En este tema recordemos la opinión de Jerome-Jean Haegeli, economista jefe del grupo asegurador Swiss Re: "No podemos cuantificar los efectos exactos que tiene el cambio climático en las catástrofes relacionadas con el tiempo, pero está claro que el cambio climático es un riesgo sistémico para la macroeconomía global".

Estudios climatológicos de extremos en la región sudamericana

En cuanto a tormentas severas, que son fenómenos convectivos intensos que pueden producir vientos y precipitaciones extremas, granizo y en ocasiones tornados, no hay por el momento estudios climatológicos detallados, por la dificultad en registrar estos fenómenos de pequeña escala. Hace unas pocas décadas se inició un estudio pionero sobre tornados con los medios observacionales de entonces. El sitio del SMN presenta información sobre tornados indicando que no hay suficiente información sobre un aumento de su frecuencia o intensidad. Un aparente aumento de casos podría ser producido por la facilidad actual de registrarlos en celulares privados. También podemos citar el proyecto colaborativo "Relámpago" iniciado en el 2018 donde participaron la National Science Foundation, la NASA, la Agencia Oceánica y Atmosférica de Estados Unidos (NOAA), la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación de Argentina, el Ministerio de Ciencia de la provincia de Córdoba, el Instituto Nacional de Investigación Espacial de Brasil y la Fundación de Investigación de São Paulo. Su objetivo era observar las tormentas convectivas que producen eventos meteorológicos de alto impacto al pie de los Andes en Argentina. Requirió un gran esfuerzo de observaciones involucrando equipos convencionales y avanzados, así como varios grupos humanos. El Período de Observación Ampliado RELAMPAGO se realizó del 1 de junio de 2018 al 30 de abril de 2019, mientras que el Período de Observación Intensivo del 1 de noviembre al 18 de diciembre de 2018.

En la *Tercera Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático* las proyecciones sobre los cambios climáticos esperados en el territorio argentino indican en promedio un aumento de los extremos relacionados con las altas temperaturas y las precipitaciones intensas en la mayoría de las regiones del país (confianza media) (fuente: Carolina Vera, 2015). Si nos referimos solamente a la llamada "Región húmeda" que comprende las provincias de Buenos Aires, Santa Fe, Entre Ríos, Corrientes y Misiones, los estudios (fuente: Vicente Barros, 2015) muestran que para eventos extremos: en el futuro cercano, el aumento de las olas de calor no depende mucho de los escenarios y sería predominantemente mayor a 2 días en el año y hasta 15 en Misiones; en el futuro lejano, el aumento de las olas de calor depende del escenario y sería predominantemente mayor a 10 días en el año. Los cambios proyectados en las precipitaciones extremas son positivos en casi toda la región y aumentan con el tiempo y el escenario más extremo. Los riesgos asociados al cambio climático comprenden olas de calor y temperaturas extremas y precipitaciones extremas más intensas y más frecuentes (inundaciones).

Las sociedades sudamericanas son altamente vulnerables a las sequías e inundaciones, pero la falta de observaciones climáticas a largo plazo limita la comprensión de los procesos globales que impulsan la variabilidad en la región. Estudios recientes de dendrocronología (estudio del crecimiento de los anillos de árboles) en la región sudamericana se han compilado en un Atlas Sudamericano de Sequías (SADA) que abarca desde los 12°S hacia el sur incluyendo Chile, Argentina, Bolivia, Paraguay, Uruguay y el sur de Perú y Brasil. Basado en 286 registros de anillos de árboles y estimaciones de la humedad del suelo con base instrumental, el SADA complementa seis atlas de sequía en todo el mundo llenando un vacío geográfico en el hemisferio sur. Utilizando decenas de miles de árboles de 12 especies y millones de sus anillos de crecimiento, se reconstruyó la variación de la disponibilidad hídrica en el suelo sobre gran





parte de Sudamérica entre los años 1400-2000. Validado independientemente con registros históricos el SADA muestra que la frecuencia de sequías e inundaciones extremas generalizadas desde la década de 1960 no tiene precedentes. Los estudios concluyen que el acoplamiento de las anomalías de gran escala junto con una intensificación del chorro subtropical de bajo nivel sudamericano debido al aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero podrían causar sequías e inundaciones aún más extremas en Sudamérica durante el siglo XXI.

Comentarios finales:

Por lo presentado en esta breve nota el calentamiento global observado, producido por la inyección desmedida de gases de efecto invernadero (CO₂, metano), está provocando un desequilibrio muy fuerte en las complejas interacciones entre las componentes del sistema terrestre (atmósfera, océano, criosfera, biosfera). Como resultado el sistema atmósfera-océano se desestabiliza provocando fuertes variaciones que se materializan, entre otros aspectos, por la intensificación de eventos extremos.

El miembro de la Corte Suprema argentina Ricardo Lorenzetti, experto internacional en derecho ambiental, advierte en forma muy sensata en un libro reciente que *"Hay un desequilibrio en el orden natural que desplaza al orden que conocíamos y conduce a un sistema completamente nuevo que exigirá adaptaciones naturales y humanas. La naturaleza ha perdido capacidad de resiliencia, es decir, de mantener su propia identidad, y el equilibrio del sistema se está quebrando. Por eso vemos tormentas y huracanes que sorprenden, inviernos helados, veranos agobiantes; todo va hacia los extremos. Hay sitios donde hay demasiada agua y se provocan inundaciones, mientras que en otros ya no alcanza para vivir. Por exceso o por defecto, vemos una alteración de la armonía natural"*.

Los estudios climáticos en nuestras regiones sugieren, a mediano plazo, un aumento de estos extremos térmicos y de precipitación tanto en intensidad como en frecuencia, incluyendo escalas pequeñas y periodos cortos, así como escalas regionales y periodos más largos (sequías e inundaciones).

Hay sectores, como el agrícola, que intentan reducir riesgos mediante el sistema de seguros disponible, pero se han centrado principalmente en los extremos de pequeña escala (granizo, vientos fuertes). Creemos importante prestar cierta atención también a los de escala mayor.

Como iniciativa de legislación a nivel nacional se destaca la *"Ley de cambio climático"*, 27520 de Presupuestos mínimos de adaptación y mitigación al cambio climático global, sancionada a fines de 2019 y que intenta **"elaborar y articular las políticas de cambio climático en el país, y garantizar su implementación de manera consensuada y transparente en todo el territorio"**. La ley incluye propuestas bien intencionadas como "Mecanismos de participación ciudadana", "Acción climática" (como "política de estado que propone la participación de todos y todas"). Estas iniciativas legales son positivas para identificar los problemas, pero, como todas, tienen un sesgo más bien declarativo o retórico y, dada la rapidez de los cambios ambientales, son necesarias acciones prácticas nacionales y globales casi inmediatas. La reciente crisis de la pandemia de coronavirus y de conflictos armados ha mostrado la enorme dificultad de los esquemas de gobernanza presentes de enfrentar estos serios problemas globales y lograr soluciones concretas.

Incluso una realidad cada vez más evidente es que los sistemas de vida actuales extractivos, consumistas y basados en energías no renovables, además de alterar el equilibrio del sistema terrestre, están agotando aceleradamente los recursos del planeta. Como expresa el propio Lorenzetti en forma extrema *"... es una opción trágica: o nos adaptamos cambiando nuestro modo de vida o desaparecemos"*.





(1) Ex- Director del Programa de enseñanza y formación profesional de la Organización Meteorológica Mundial - OMM, Ginebra, Suiza, 1985-2002; Ex- Director del Instituto Inter- Americano para la Investigación del Cambio Global - IAI, Sao Jose dos Campos SP, Brasil, 2002- 2004; Profesor Honorario, Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental - IMFIA, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Uruguay, en la Carrera Licenciatura en Ciencias Meteorológicas, 2007-2021.

(2) Coordinador General de Operaciones y Modelado, Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais, CEMADEN, Sao Jose dos Campos SP, Brasil.

(3) Ex- Director y Asesor científico del Programa Guía Estratégica para el Agro; Presidente de JOLAP S.A. - Climatología y Tecnología Agrícola

Fuentes y referencias:

Tercera Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, 2015

<https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Argnc3.pdf>

Cambio Climático: Imperdible entrevista del Dr. Aiello al Dr. Necco Carlomagno, julio 2019

<https://agrolink.com.ar/cambio-climatico-imperdible-entrevista-del-dr-aiello-al-dr-necco-carlomagno/>

Discrepancy in scientific authority and media visibility of climate change scientists and contrarians Nature Communications¹⁰, Article number: 3502 August 2019

<https://www.nature.com/articles/s41467-019-09959-4>

Catástrofes naturales en tiempos de acumulación económica y riesgos climáticos Sigma N° 2/2020 Swiss Re Institute

<https://www.swissre.com/institute/research/sigma-research/sigma-2020-02.html>

<https://www.pewresearch.org/fact-tank/2020/04/16/u-s-concern-about-climate-change-is-rising-but-mainly-among-democrats/>

Six hundred years of South American tree rings reveal an increase in severe hydroclimatic events since mid-20th century

https://www.researchgate.net/publication/342720748_Six_hundred_years_of_South_American_tree_rings_reveal_an_increase_in_severe_hydroclimatic_events_since_mid-20th_century

https://www.researchgate.net/publication/342720748_Six_hundred_years_of_South_American_tree_rings_reveal_an_increase_in_severe_hydroclimatic_events_since_mid-20th_century

An assessment of best practices of extreme weather insurance and directions for a more resilient society Volume 19, 2020 -Issue 3: Financial Schemes for Resilient Flood

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17477891.2019.1608148>

The Top 10 Extreme Weather and Climate Events of 2020

<https://www.ecowatch.com/extreme-weather-climate-2020-2649628910.html>





2021: Meeting the challenge of extreme weather, WMO

<https://public.wmo.int/en/media/news/2021-meeting-challenge-of-extreme-weather>

The most extreme weather events in 2021

<https://www.theweek.co.uk/news/environment/953574/worlds-most-extreme-weather-events-2021>

<https://www.nasa.gov/press-release/2021-tied-for-6th-warmest-year-in-continued-trend-nasa-analysis-shows>

"El nuevo enemigo: el colapso ambiental – cómo evitarlo"; Ricardo Lorenzetti, Sudamericana, 2021

The Most Extreme Weather Events of 2022 (So Far)

<https://people.com/human-interest/extreme-weather-events-of-2022-photos/>

Climate change and extreme weather, WMO 2022

<https://public.wmo.int/en/resources/world-meteorological-day/world-meteorological-day-2022-early-warning-early-action/climate-change-and-extreme-weather>

