

Puntos críticos climáticos ---- demasiado riesgo para hacer apuestas

VV.AA.

Traducción para Rebelión: Luis Lluna Reig

La creciente amenaza de cambios climáticos abruptos e irreversibles exige la acción política y económica en materia de emisiones



Un avión sobrevuela un glaciar en el Parque Nacional Wrangell St Elias en Alaska. Crédito: Frans Lanting/Nat Geo Image Collection

Políticos, economistas e incluso algunos científicos naturales han tendido a asumir que los puntos críticos¹ en el sistema Tierra --como la pérdida de la selva amazónica o la capa de hielo de la Antártida Occidental--, son poco probables y escasamente comprendidos. Sin embargo, cada vez hay más pruebas de que estos eventos podrían ser más probables de lo que se pensaba, tener fuertes impactos y estar interconectados a través de diferentes sistemas biofísicos, lo que podría comprometer al mundo en cambios irreversibles a largo plazo.

Aquí damos un resumen de las evidencias sobre la amenaza que supone rebasar los puntos críticos, indicamos las lagunas existentes para su plena comprensión y sugerimos cómo deben integrarse [unos puntos críticos con otros]. Exploramos los efectos de estos cambios a gran escala, la rapidez con la que podrían desarrollarse y si todavía tenemos algún control sobre ellos.

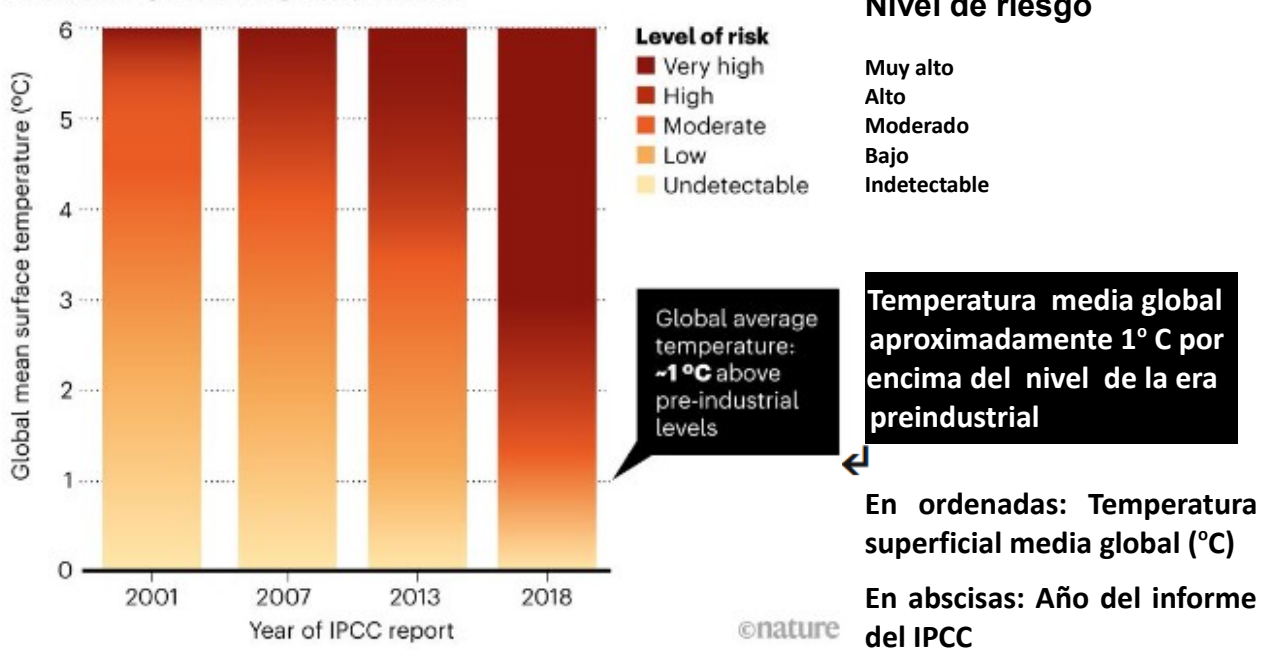
En nuestra opinión, la consideración de los puntos críticos permite especificar que nos enfrentamos a una emergencia climática y refuerza el coro de llamamientos a la urgente acción climática de este año --desde escolares hasta científicos, ciudades y países.

Hace ya dos décadas que el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) de la ONU introdujo la idea de los puntos críticos. En aquellos años, estas "discontinuidades a gran escala" en el sistema climático solo se consideraban probables si el calentamiento global superaba los 5°C por encima de los niveles preindustriales. La información resumida en los dos Informes Especiales más recientes del IPCC (publicados en 2018 y en septiembre de este año)^{2,3} sugiere que los puntos críticos podrían rebasarse incluso para un calentamiento entre 1 y 2 °C (véase "**Demasiado próximos para sentirnos tranquilos**").

Demasiado próximos para sentirnos tranquilos

Los cambios abruptos e irreversibles en el sistema climático representan un mayor riesgo a temperaturas medias globales más bajas

Abrupt and irreversible changes in the climate system have become a higher risk at lower global average temperatures.



Source: IPCC

Si se aplican los actuales compromisos nacionales de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero --y hay que destacar el [condicional] "si"--, es probable que provoquen al menos 3°C de calentamiento global. Y esto pese al objetivo del Acuerdo de París de 2015 de limitar el calentamiento muy por debajo de los 2°C. Algunos economistas, bajo el supuesto de que los puntos críticos climáticos son muy poco probables (aunque puedan provocar catástrofes), han sugerido que el calentamiento de 3°C es óptimo desde una perspectiva costo-beneficio. Sin embargo, ante la perspectiva de una mayor probabilidad de desencadenamiento de los puntos críticos, entonces la recomendación de modelos simples costo-beneficio de economía climática⁴ se alinea con la del reciente informe del IPCC². En otras palabras, el calentamiento debe limitarse a 1,5°C. Esto requiere una respuesta de emergencia.

Colapso del hielo

Creemos que varios puntos críticos de la criosfera están peligrosamente cerca, pero la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero podría ralentizar la inevitable acumulación de impactos y ayudarnos en la adaptación.

Las investigaciones de la última década han demostrado que la ensenada del mar de Amundsen de la Antártida Occidental podría haber rebasado un punto crítico³: la "línea de conexión a tierra" donde se encuentran el hielo, el océano y el lecho de roca está en irreversible regresión. Un estudio realizado con modelos muestra⁵ que el derrumbe de este sector podría desestabilizar el resto de la capa de hielo de la Antártida Occidental como si fuera una hilera de fichas de dominó –provocando un aumento del nivel del mar de 3 metros en una escala de tiempo de siglos a milenios--. Hay evidencia en el paleoclima de que tal colapso generalizado de la capa de hielo de la Antártida Occidental se ha producido repetidamente en el pasado.

Datos recientes muestran que parte de la capa de hielo de la Antártida Oriental --la Cuenca Wilkes-- podría ser también inestable³. El trabajo de modelado sugiere que podría contribuir con otros 3-4 m al aumento del nivel del mar en escalas de tiempo superiores a un siglo.

La capa de hielo de Groenlandia se está derritiendo a un ritmo acelerado³. Podría añadir otros 7 m al ascenso del nivel del mar a lo largo de miles de años si rebasa un cierto umbral. Una vez sobrepasado este umbral, a medida que la elevación de la capa de hielo descienda, se derretirá con mayor rapidez, al quedar expuesta la superficie a un aire cada vez más cálido. Los modelos sugieren que la capa de hielo de Groenlandia podría estar condenada si se llega a un calentamiento de 1,5°C³, lo que podría ocurrir no más tarde de 2030.

Por lo tanto, es posible que ya hayamos comprometido a las generaciones futuras a vivir con ascensos del nivel del mar de unos 10 m durante miles de años³. Pero la escala de tiempo aún está bajo nuestro control. La tasa de fusión depende de la magnitud del calentamiento por encima del punto crítico. A 1,5°C, [el colapso de la capa de hielo] podría desarrollarse en 10.000 años³; por encima de 2°C, en menos de 1.000 años⁶. Los investigadores precisan de más datos observacionales para establecer si las capas de hielo están llegando a un punto crítico, y necesitan mejores modelos constreñidos por datos históricos y recientes para determinar cuándo y con qué rapidez podrían colapsar las capas de hielo.

Independientemente de lo que muestren esos datos, se deben tomar medidas para desacelerar el aumento del nivel del mar. Esto servirá de ayuda para adaptarse, lo que incluye el eventual reasentamiento de grandes centros de población que se encuentran en áreas costeras bajas.

Otra motivación clave para limitar el calentamiento a 1,5°C es que otros puntos críticos podrían activarse a bajos niveles de calentamiento global. Los últimos modelos del IPCC proyectaron un conjunto de cambios abruptos⁷ [para calentamientos] entre 1,5°C y 2°C, varios referidos al hielo marino. Este hielo ya se está reduciendo rápidamente en el Ártico, lo que indica que, a 2°C de calentamiento, la región tendría entre 10-35% de probabilidades³ de quedar libre de hielo en verano.

Límites de la biosfera

El cambio climático y otras actividades humanas corren el riesgo de desencadenar puntos críticos en la biosfera en una amplia gama de ecosistemas y escalas (véase "**Se dispara la alarma**").

SE DISPARA LA ALARMA

Durante la última década se han acumulado evidencias de puntos críticos ya en curso. También se han planteado efectos dominó.



A. Selva amazónica
Sequías frecuentes

D. Bosque boreal
Incendios y alteraciones
en los patrones de
plagas

H. Permafrost
Descongelación

B. Hielo marino ártico
Reducción del área

F. Arrecifes coralinos
Mortalidad masiva

**I. Capa de hielo de
la Antártida
Occidental**
Acelerándose la
pérdida de hielo

C. Circulación atlántica
Desacelerándose desde
1950

**G. Capa de hielo de
Groenlandia**
Acelerándose la pérdida
de hielo

**J. Cuenca de
Wilkes, Antártida
Oriental**
Acelerándose la
pérdida de hielo

©nature

Las olas de calor de los océanos han provocado el blanqueo masivo de los corales y la pérdida de la mitad de los corales de aguas poco profundas en la Gran Barrera de Coral de Australia. Se prevé que el 99% de los corales tropicales se perderá² si la temperatura media global sube 2°C, debido a las interacciones entre el calentamiento, la acidificación de los océanos y la contaminación. Esto representaría una importante pérdida de biodiversidad marina y medios de vida humanos.

Los puntos críticos de la biosfera, además de minar nuestro sistema de soporte vital, pueden desencadenar una liberación abrupta de carbono a la atmósfera. Esto puede amplificar el cambio climático y reducir los presupuestos de emisiones restantes.

La deforestación y el cambio climático están desestabilizando la Amazonia --la selva tropical más grande del mundo, que es el hogar de una de cada diez especies conocidas--. Se estima que el punto crítico de la Amazonia podría encontrarse entre el 40% y solo el 20% de pérdida de cobertura forestal⁸. Desde 1970, ya se ha perdido alrededor del 17%. La tasa de deforestación está variando con los cambios en la política. Para encontrar el punto crítico se necesitan modelos que incluyan la deforestación y el cambio climático como impulsores en interacción, y que incorporen retroalimentaciones climáticas y de incendios forestales como interactivos mecanismos críticos en

distintas escalas.

En la región subártica, el bosque boreal es cada vez más vulnerable, debido a que el calentamiento ártico es al menos dos veces más rápido que el promedio mundial. El calentamiento ya ha desencadenado perturbaciones por insectos a gran escala y un aumento de los incendios, lo que ha causado la muerte de los bosques boreales de América del Norte, que potencialmente han pasado de ser sumideros a fuentes de carbono⁹. Por todo el Ártico, el permafrost está de forma irreversible empezando a descongelarse y a liberar dióxido de carbono y metano, un gas de efecto invernadero alrededor de 30 veces más potente que el CO₂ en un período de 100 años.

Los investigadores necesitan una mejor comprensión de los cambios observados en los principales ecosistemas, y en dónde podrían estar los puntos críticos futuros. Es necesario mejorar la cuantificación de las reservas de carbono existentes y las posibles liberaciones de CO₂ y metano.

El presupuesto de emisiones restante del mundo para mantener el calentamiento por debajo de 1,5°C con una probabilidad de 50% es de solo unas 500 gigatoneladas (Gt) de CO₂. Las emisiones del permafrost podrían reducir este presupuesto en un 20% (100 Gt CO₂)¹⁰, y esto sin incluir el metano del permafrost profundo o hidratos de metano submarinos. Si los bosques se encuentran próximos a puntos críticos, la desaparición de la Amazonia podría liberar otras 90 Gt de CO₂ y los bosques boreales otras 110 Gt de CO₂¹¹. Dado que las emisiones totales mundiales de CO₂ siguen siendo superiores a las 40 Gt al año, el presupuesto restante ya podría encontrarse reducido a cero.



Corales blanqueados en un arrecife cerca de la isla de Moorea en la Polinesia Francesa del Pacífico Sur. Crédito: Alexis Rosenfeld/Getty

Cascada global

Creemos que la emergencia más patente se produciría si nos acercáramos a una cascada global de puntos críticos que condujera a un nuevo, menos habitable, estado climático “invernadero”¹¹. Las interacciones podrían producirse por medio de la circulación oceánica y atmosférica o de retroalimentaciones que aumenten los niveles de gases de efecto invernadero y la temperatura global. Otra posibilidad es que las poderosas retroalimentaciones de las nubes puedan provocar un punto crítico global^{12,13}.

Sostenemos que los efectos en cascada podrían ser comunes. Una investigación del año pasado¹⁴ analizó 30 tipos de cambios de régimen abarcando el clima físico y los sistemas ecológicos, desde el colapso de la capa de hielo de la Antártida Occidental hasta la conversión de la selva tropical en

sabana. Puso de manifiesto que sobrepasar los puntos críticos en un sistema puede aumentar el riesgo de rebasarlos en otros. Estas conexiones se encontraron para el 45% de las posibles interacciones¹⁴.

Creemos que ya se están presentando casos. Por ejemplo, la pérdida de hielo marino ártico está amplificando el calentamiento regional, y el calentamiento ártico y el derretimiento de Groenlandia están impulsando una afluencia de agua dulce al Atlántico Norte. Esto podría haber contribuido a una desaceleración del 15%¹⁵, desde mediados del siglo XX, de la Circulación de Retorno del Atlántico Meridional (AMOC, Atlantic Meridional Overturning Circulation), componente fundamental del transporte mundial de calor y sal por el océano³. La rápida descongelación de la capa de hielo de Groenlandia y una mayor ralentización de la AMOC podrían desestabilizar el monzón del Africa Occidental, provocando sequías en la región africana del Sahel. Una desaceleración de la AMOC también podría desecar el Amazonas, perturbar el monzón del Asia Oriental y provocar la acumulación de calor en el Océano Austral, lo que podría acelerar la pérdida de hielo en la Antártida.

El paleo-registro muestra críticos globales, como el comienzo de los ciclos de la edad de hielo hace 2,6 millones de años y sus cambios en amplitud y frecuencia hace alrededor de un millón de años, que los modelos apenas son capaces de simular. Críticos regionales se produjeron repetidamente a lo largo y al final de la última edad de hielo, hace entre 80.000 y 10.000 años (los eventos Dansgaard-Oeschger y Heinrich). Aunque esto no es directamente aplicable al presente período interglacial, sí evidencia que en el pasado el sistema Tierra ha sido inestable en múltiples escalas de tiempo, bajo un forzamiento relativamente débil causado por cambios en la órbita de la Tierra. Ahora estamos forzando fuertemente el sistema, incrementando la concentración atmosférica de CO₂ y la temperatura global con tasas que son de un orden de magnitud mayor que las de la desglaciación más reciente.

El CO₂ atmosférico ya ha llegado a niveles que fueron vistos por última vez hace unos cuatro millones de años, en la era del Plioceno. Se dirige rápidamente hacia niveles alcanzados por última vez hace unos 50 millones de años —en el Eoceno— cuando las temperaturas eran hasta 14°C más altas que en tiempos preindustriales. Es un reto para los modelos climáticos simular estados de la Tierra “invernadero” (“hothouse”) de eras pasadas. Una posible explicación es que los modelos han estado pasando por alto un punto crítico clave: un modelo de resolución de nube publicado este año sugiere que la disgregación abrupta de los estratocúmulos por encima de unas 1.200 partes por millón de CO₂ podría haber dado lugar a unos 8°C de calentamiento global¹².

Algunos de los primeros resultados de los últimos modelos climáticos —desarrollados para el sexto informe de evaluación del IPCC, que expira en 2021— indican una sensibilidad climática mucho mayor (definida como la respuesta de la temperatura a la duplicación del CO₂ atmosférico) que en modelos anteriores. Muchos más resultados están pendientes y se requiere más investigación, pero creemos que estos resultados preliminares sugieren que un punto crítico global es posible.

Para abordar estos problemas, necesitamos modelos que capturen un conjunto más rico de acoplamientos y retroalimentaciones en el sistema Tierra, y precisamos más datos, actuales e históricos, y mejores métodos para su utilización. Potenciar la capacidad de los modelos para captar cambios climáticos abruptos históricos conocidos y estados climáticos “invernadero” debería aumentar la confianza en su capacidad para pronosticarlos.

Algunos científicos argumentan en contra que la posibilidad de un crítico global sigue siendo altamente especulativa. Nuestra posición es que, por limitado que sea nuestro conocimiento, dado su enorme impacto y su carácter irreversible, cualquier evaluación del grave riesgo debe tener en cuenta la evidencia. Echar a suertes estando en juego un grave peligro no es una opción responsable.

Si pueden producirse perjudiciales cascadas críticas [tipping cascades][rápido deterioro de ecosistemas interconectados que colapsan uno tras otro] y no puede descartarse un punto crítico

global, entonces existe una amenaza existencial para la civilización. Ningún análisis económico costo-beneficio nos va a servir de ayuda. Tenemos que cambiar nuestro enfoque hacia el problema climático.

Actuar ahora

En nuestra opinión, la evidencia de puntos críticos por sí sola sugiere que nos encontramos en un estado de emergencia planetaria: tanto el riesgo como la urgencia de la situación son agudos (ver "**Emergencia: hagamos cálculos**").

Emergencia: hagamos cálculos

Definimos la emergencia (**E**) como el producto del riesgo por la urgencia. El riesgo (**R**) se define por las aseguradoras como la probabilidad (**p**) multiplicada por el daño (**D**). La urgencia (**U**) se define en situaciones de emergencia como el tiempo de reacción a una alerta (**τ**) dividido por el tiempo de intervención que queda para evitar un mal resultado (**T**). Así:

$$E = R \times U = p \times D \times \tau / T$$

La situación se considera una emergencia si tanto el riesgo como la urgencia son altos. Si el tiempo de reacción (**τ**) es mayor que el tiempo de intervención (**T**) que queda (**$\tau/T > 1$**), hemos perdido el control.

Sostenemos que el tiempo de intervención que queda (**T**) para evitar la entrada en el estado crítico ya podría haberse reducido a cero, mientras que el tiempo de reacción para alcanzar las emisiones netas cero (**τ**) será, en el mejor de los casos, de 30 años. Por lo tanto, es posible que ya hayamos perdido el control para eludir el estado crítico. Una posibilidad que podría salvarnos pudiera ser que la velocidad a la que se acumula el daño por haber entrado en el estado crítico —y, por consiguiente, el riesgo planteado— todavía podría estar, hasta cierto punto, bajo nuestro control.

La estabilidad y la resiliencia de nuestro planeta están en peligro. La acción internacional tiene que reflejarlo, y no solo con palabras.

Referencias

1.
Lenton, T. M. *et al. Proc. Natl Acad. Sci. USA* **105**, 1786–1793 (2008).
 - [Article](#)
 - [Google Scholar](#)
2.
IPCC. *Global Warming of 1.5°C* (IPCC, 2018).
3.
IPCC. *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* (IPCC, 2019).
4.
Cai, Y., Lenton, T. M., & Lontzek, T. S. *Nature Clim. Change* **6**, 520–525 (2016).
 - [Article](#)
 - [Google Scholar](#)

5.
Feldmann, J. & Levermann, A. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **112**, 14191–14196 (2015).
 - [Article](#)
 - [Google Scholar](#)
6.
Aschwanden, A. *et al. Sci. Adv.* **5**, eaav9396 (2019).
 - [Article](#)
 - [Google Scholar](#)
7.
Drijfhout, S. *et al. Proc. Natl Acad. Sci. USA* **112**, E5777–E5786 (2015).
 - [Article](#)
 - [Google Scholar](#)
8.
Lovejoy, T. E. & Nobre, C. *Sci. Adv.* **4**, eaat2340 (2018).
 - [Article](#)
 - [Google Scholar](#)
9.
Walker, X. J. *et al. Nature* **572**, 520–523 (2019).
 - [Article](#)
 - [Google Scholar](#)
10.
Rogelj, J., Forster, P. M., Kriegler, E., Smith, C. J. & Séférian, R. *Nature* **571**, 335–342 (2019).
 - [Article](#)
 - [Google Scholar](#)
11.
Steffen, W. *et al. Proc. Natl Acad. Sci. USA* **115**, 8252–8259 (2018).
 - [Article](#)
 - [Google Scholar](#)
12.
Schneider, T., Kaul, C. M. & Pressel, K. G. *Nature Geosci.* **12**, 163–167 (2019).
 - [Article](#)
 - [Google Scholar](#)
13.
Tan, I., Storelvmo, T. & Zelinka, M. D. *Science* **352**, 224–227 (2016).
 - [Article](#)
 - [Google Scholar](#)
14.
Rocha, J. C., Peterson, G., Bodin, Ö. & Levin, S. *Science* **362**, 1379–1383 (2018).
 - [Article](#)
 - [Google Scholar](#)

15.

Caesar, L., Rahmstorf, S., Robinson, A., Feulner, G. & Saba, V. *Nature* **556**, 191–196 (2018).

- [Article](#)
- [Google Scholar](#)

Autores:

Timothy M. Lenton es director del Instituto de Sistemas Globales de la Universidad de Exeter, Reino Unido.

Johan Rockström es director del Instituto Potsdam para la Investigación del Impacto Climático, Alemania.

Owen Gaffney es analista global de sostenibilidad en el Instituto Potsdam para la Investigación del Impacto Climático, Alemania; y en el Centro de Resiliencia de Estocolmo, Universidad de Estocolmo, Suecia.

Stefan Rahmstorf es profesor de física de los océanos en la Universidad de Potsdam; y jefe de análisis del sistema Tierra en el Instituto Potsdam para la Investigación del Impacto Climático, Alemania.

Katherine Richardson es profesora de oceanografía biológica en el Globe Institute de la Universidad de Copenhague, Dinamarca.

Will Steffen es profesor emérito de ciencias del clima y del Sistema Tierra en la Universidad Nacional Australiana, Canberra, Australia.

Hans Joachim Schellnhuber es director fundador del Instituto Potsdam para la Investigación del Impacto Climático (PIK) y ex presidente del Consejo Asesor Alemán sobre el Cambio Global (WBGU)

Nature **575**, 592-595 (2019)

doi: 10.1038/d41586-019-03595-0

***nature* COMMENT • 27 DE NOVIEMBRE DE 2017**

<https://www.nature.com/articles/d41586-019-03595-0>