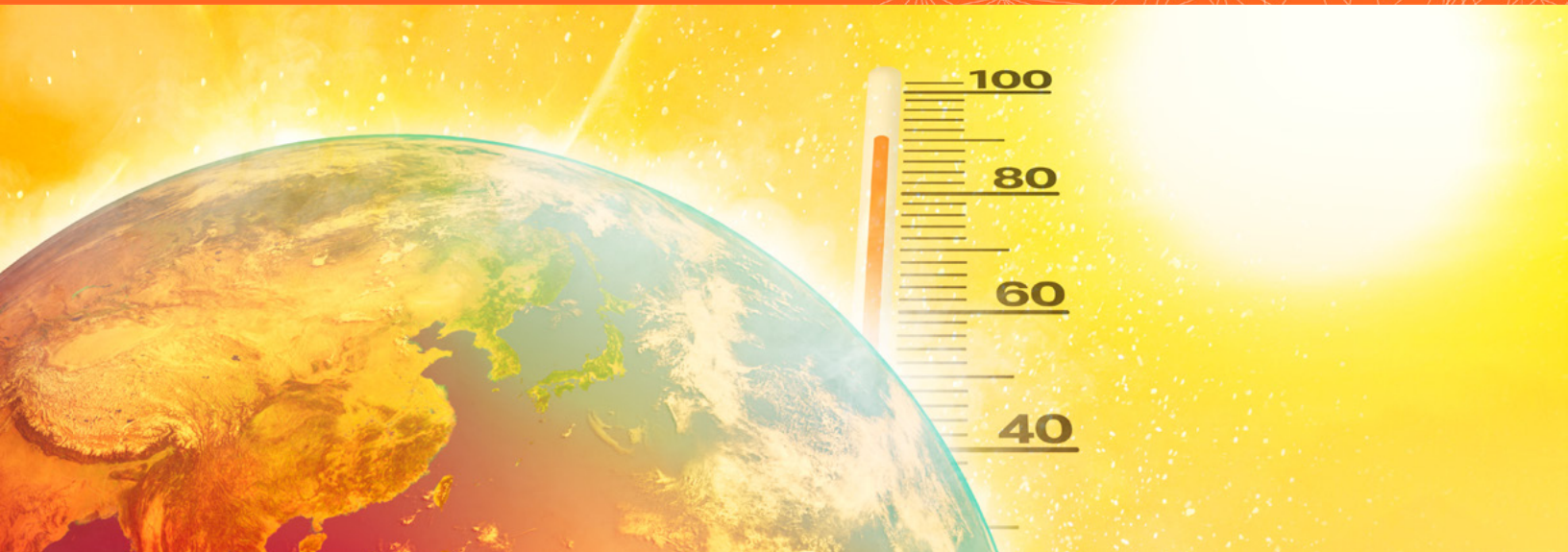




La Tierra se está calentando a niveles inéditos

De no frenarlo, el calentamiento global colapsaría los subsistemas de los que depende la vida en la Tierra.

Joaquín Cruz

23 de mayo de 2024

A pesar de que el calentamiento de la Tierra en las últimas décadas es un tema conocido y ampliamente comprobado por parte de la comunidad científica global, muchos estudiosos del clima están alarmados por los niveles que este calentamiento está alcanzando en el último año.

Algunos de ellos participaron el pasado 27 de febrero en el encuentro Ciencia, Innovación, Tecnología y Academia (CITA), que organiza la Academia Mexicana de Ciencia y el Centro de Ciencias de la Complejidad (C3), bajo la coordinación de Julia Tagüeña, investigadora del Instituto de Energías Renovables (IER-UNAM) y coordinadora de Comunicación del C3.

En el encuentro, Juan Claudio Toledo, investigador del Instituto de Ciencias Nucleares e investigador asociado del C3, ambos de la UNAM, impartió la charla “[Planeta enfermo: Los límites de Gaia](#)”, en la que explicó por qué los recientes niveles de calentamiento están provocando preocupación global.

“En los últimos doce meses, los registros de la temperatura terrestre han estado en 1.5°C de forma sostenida por encima del promedio pre-industrial, calculado entre 1850 y 1900. Es algo muy preocupante (...) parece que no es mucho, pero cuando calientas toda la atmósfera en un grado y medio es una cantidad de energía brutal que va a cambiar un montón de procesos secundarios (físicos, químicos y biológicos) que dependen de cierto balance energético”, aseguró.

De acuerdo con varios organismos que se dedican al monitoreo del cambio climático, como el proyecto [JRA-55](#) de la Agencia Meteorológica de Japón, la [Oficina Nacional de Administración Oceánica](#)

y [Atmosférica](#), así como el Centro Europeo de Previsiones Meteorológicas a Plazo Medio a través del ERA-5, hasta ahora la Tierra se ha calentado en promedio 1.2°C respecto a las temperaturas registradas antes del inicio de la era industrial.

El problema, y la fuente de preocupación, es que en los últimos meses se han tenido temperaturas por arriba de esos 1.2°C en varios lugares del mundo, como México.

En los primeros tres meses del año 2024 las estimaciones del Instituto Goddard de Estudios Espaciales de la [NASA](#), o [GISS](#) por sus siglas en inglés, registraron anomalías en la temperatura media de la superficie global de hasta 1.44°C, en comparación con el promedio observado entre los años de 1951 y 1980. Las anomalías son valores con una diferencia notable respecto a un grupo de datos que se toman como normales y por lo tanto se consideran como comportamientos atípicos. La anomalía más alta del segundo semestre del 2023 fue de 1.48°C. De hecho, según [datos](#) de la NASA, el mes de julio de 2023 fue el mes más caluroso registrado desde 1880.

De acuerdo con Toledo, cuya línea de investigación actual comprende los procesos de autorregulación entre distintos subsistemas físicos, biológicos y químicos del planeta, hay factores como los cambios en la órbita, la actividad volcánica o la variación solar, que pueden modificarla temperatura de la Tierra, sin embargo ninguno de ellos explica la magnitud de este incremento ni su tendencia a la alza sostenida, en particular el aumento en las emisiones generadas por la quema de combustibles fósiles.



Alejandro Frank, Gabriel García, Juan Caludio Toledo y Julia Tagüña. Foto de Patricia Peña González /C3-UNAM

En esta CITA, Toledo estuvo acompañado por la bióloga marina Andrea Sáenz Arrollo, investigadora de [El Colegio de la Frontera Sur](#) (ECOSUR); el biólogo Gabriel García Peña, técnico académico del C3; y el físico Alejandro Frank Hoefflich, cofundador e investigador del C3, quienes compartieron sus perspectivas sobre cómo el cambio climático está afectando a la Tierra y su capacidad de autorregularse.

Autorregulación de la Tierra en crisis

En los años setenta, producto de las investigaciones del inventor y médico inglés James Lovelock y la bióloga estadounidense y experta en microorganismos Lynn Margulis, surge la [hipótesis de Gaia](#), que sugiere que la vida ha transformado el planeta y la composición química de su atmósfera.

En palabras de Toledo: "La interacción entre la vida y el aspecto físico del planeta ha establecido ciclos de retroalimentación entre los dos, que permite una autorregulación. La vida altera el medio ambiente y lo regula para que sea benéfico para ella en el sentido de mantener a la Tierra en un rango habitable, [que haya] una interacción entre las condiciones físicas (temperatura, luz, agua y recursos) y la vida que tiene la capacidad de absorber, de emitir más o menos dióxido de carbono, oxígeno o metano; de aumentar su biomasa, o reducirlas en algunos casos para producir esta autorregulación".

El biólogo Gabriel García Peña precisó que esta autorregulación se trata de un proceso de [homeostasis](#). “Hace 3,500 millones de años la Tierra no tenía oxígeno en la atmósfera y fue la evolución del microbioma, algas microscópicas color verde-azul, los que dieron todos estos cambios en un proceso de autorregulación masiva, en el que la biosfera creó condiciones para la vida”.

Sin embargo, esa capacidad de autorregularse que tiene el planeta se está perdiendo, dijo Toledo, en buena medida, por las inmensas cantidades de dióxido de carbono (CO₂) que hay en la atmósfera.

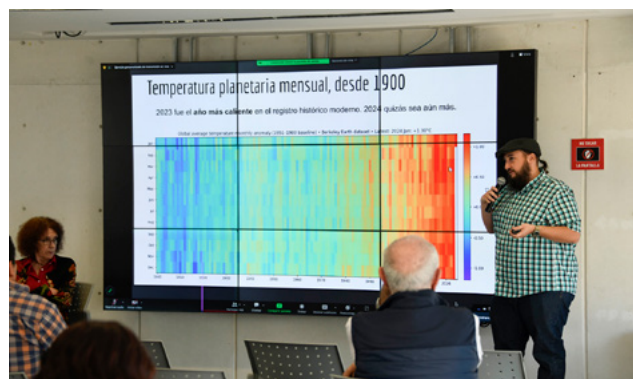
“Hemos aumentado un 50% la concentración atmosférica del CO₂ [respecto a la historia geológica reciente del planeta]. Este ha llegado a [424 partes por millón](#), que supera por mucho el registro histórico geológico. Su origen (del dióxido de carbono) es una cosa bien comprendida, la mayor parte proviene de la quema de combustibles fósiles para energía y transporte”. Y dado que este gas retiene la radiación terrestre, su alta concentración tiene mucho que ver con el incremento de la temperatura que estamos experimentando.

Ese [50% más de CO₂](#) en el ambiente está rompiendo la homeostasis del planeta: “Existe un flujo de CO₂ entre la tierra, los océanos y la vegetación, pero el ser humano introduce una cantidad de CO₂ que antes no existía, por lo tanto la incapacidad absorber este CO₂ hace que se quede en la atmósfera y se produzca este aumento de temperatura sostenido”.

Las proyecciones que compartió Toledo señalan que para finales de siglo el aumento de temperatura general sería de 4°C de no desacelerar la producción de CO₂.

Efecto dominó

En aras de qué tan cerca estamos de terminar por completo con ese mecanismo de autorregulación de la [Tierra desde 2009 se han definido 9 límites planetarios](#) que no deben excederse para mantener el equilibrio terrestre. Esos límites son el cambio climático; la tasa de pérdida de biodiversidad (terrestre y marina); la interferencia con los ciclos del nitrógeno y del fósforo; el agotamiento del ozono estratosférico; la acidificación oceánica; el uso mundial de agua dulce; el cambio de uso de suelo; la contaminación química y la carga de aerosoles atmosféricos.



Juan Claudio Toledo en la CITA. Foto de María Fernanda Aguilar González/C3-UNAM

Cada uno de estos se definen de una manera distinta. Por ejemplo: el límite sobre cambio climático contempla, entre otros factores, la concentración atmosférica de dióxido de carbono, y específicamente, que esta concentración no supere las 350 partes por millón en la atmósfera.

Pero esto ya ocurrió. De acuerdo con Juan Claudio Toledo, de los nueve límites planetarios, ya se han sobrepasado los puntos referentes a cambio climático, integridad de biosfera, interferencia con ciclos de nitrógeno y fósforo, cambio de uso de suelo, uso de agua dulce y contaminación química.

Dada la relación que guardan los distintos subsistemas terrestres (litósfera, biósfera, hidrósfera y atmósfera), Toledo Roy aseguró que es muy difícil realizar una predicción concreta sobre qué sucederá una vez rebasado cierto punto, pues la Tierra es un sistema complejo donde “si un punto es rebasado provoca cambios en un sistema y a su vez éste afecta otro sistema en una suerte de efecto dominó”.

“Si rebasamos estos umbrales (los llamados *tipping points*) vamos a producir cambios acelerados y en cascada de ciertas condiciones del planeta; conocer estos límites sirve para identificar qué tan cerca estamos de rebasarlos”, explicó Toledo.

Los efectos del desequilibrio

La experta en relaciones sociedad-ambiente y autora del libro “[Un mar de esperanza: soluciones ciudadanas para un planeta sostenible](#)”, Andrea Sáenz Arrollo, compartió parte de su colaboración con el C3 sobre el monitoreo de los “signos vitales” de Gaia. El trabajo toma a las cuencas tropicales como sistemas complejos donde existen ciclos de retroalimentación, que pueden servir para evaluar el daño que ya se ha hecho en el planeta.

“El ciclo de agua no sólo responde a patrones oceánicos sino también a la presencia de agua a lo largo de las cuencas hídricas. Mediante estas cuencas no sólo se regula la temperatura local, sino que con el proceso de evapotranspiración de la vegetación, la condensación del agua en forma de nubes promueve el efecto ‘albedo’, donde las nubes rechazan parte de la cantidad de luz que recibe el planeta. Este proceso homeostático peligra con la deforestación, pues ésta propicia que se cancelen los humedales continentales y costeros y se cierran estos cuerpos de agua que permiten modular la temperatura a nivel territorial”, explicó la investigadora.



Andrea Sáenz Arrollo en la CITA. Foto de C3-UNAM

Lo que busca el equipo del C3 es usar modelos matemáticos para medir cómo cambian los factores de autorregulación y así conocer los puntos donde esta condición se vuelve insostenible, es decir, determinar cuándo el sistema está regulado y cuándo no, y con ello, ofrecer alertas tempranas sobre el colapso del sistema.

El objetivo, dijo Sáenz Arroyo, es “explicar qué procesos vienen del desacoplamiento de la temperatura de la Tierra con los procesos ecológicos y qué proceso vienen de regreso, cómo se retroalimentan los procesos ecológicos ante el problema del calentamiento global”.

Frenar el cambio y cambiar el modo en que pensamos

Para Sáenz Arroyo, a pesar de los acuerdos, las reuniones y los estudios que se vienen haciendo desde los años 90 para detener el aumento de la temperatura en el planeta, nos seguimos comportando

igual. "Pareciera una relación tóxica donde decimos 'voy a cambiar, mi amor', pero no cambiamos y ahí vamos directo al despeñadero".

Aunado a esto, la académica insistió en que toda investigación relacionada al cambio climático debe ir de la mano de las humanidades: "Con esta óptica comprenderemos cómo los humanos nos ponemos de acuerdo, cómo tomamos decisiones, cómo nos engañamos unos a otros. A través de las humanidades vamos a comprender a esta especie (nuestra propia especie) que está provocando la extinción".

El investigador Alejandro Frank Hoefflich añadió que hacia dónde vamos en el tema de cambio climático es el tema medular de la actualidad. "Si no entendemos los riesgos del cambio climático, si no comprendemos qué está sucediendo en el planeta, no vamos a poder actuar para intentar sanar esta enfermedad de Gaia (...) El estudio del cambio climático implica no sólo la multidisciplina o la transdisciplina o la interdisciplina, sino las ideas mismas de la complejidad", aseguró.

Frente a un panorama tan adverso, García Peña aseguró que "mientras las naciones siguen en guerra, el tiempo se agota para transformar nuestro destino en uno sustentable. De no cambiar este destino, los líderes que creen controlar el planeta y se sienten inmunes al cambio climático deberán preguntarse si también podrán controlar el desorden y el caos por venir".

Juan Claudio Toledo concluyó su charla con una perspectiva de soluciones que implica acciones urgentes: reducir los combustibles fósiles a nivel planetario. "Ya que la actividad humana depende de ello, va a requerir cambios muy fuertes, cambios en cómo nos organizamos económica, social y políticamente, esto enfocado a la protección de los ecosistemas planetarios (...) El camino es claro, es una cuestión de voluntad política para que haya cambios reales. Es una responsabilidad empujar más a quienes toman decisiones y hagan lo correcto para frenar este problema".

Ligas de interés

- Investigador Juan Claudio Toledo:
<https://sigi.nucleares.unam.mx/sgiiicn/people/user/view/id/261>
- Saenz Arroyo "Un mar de esperanza. Soluciones ciudadanas para un planeta sostenible"
<https://www.c3.unam.mx/noticias/noticia246.html>
- Planeta enfermo: Los límites de Gaia:
<https://www.youtube.com/watch?v=w528aBdQf84&t=392>