



## Premio Nobel de Física 2021: ciencias del clima y sistemas complejos

Los estudios sobre el tiempo y el clima, de manera más científica y sistemática, se iniciaron en la década de los años sesenta del siglo pasado. Foto: Cristian Araya.

Las contribuciones de tres científicos al entendimiento de los sistemas físicos complejos y sus efectos en el clima y a la creación de los modelos climáticos fueron reconocidas por la Academia Sueca.

12 OCT 2021 Ciencia y Tecnología

La **historia de la meteorología** como cultura general es tan vieja como la humanidad, no así su historia como ciencia. A pesar de que se considera *La Meteorológica* de Aristóteles el **primer tratado** sobre la meteorología, la sismología y la astronomía, los conceptos y teorías **eran fundamentalmente observacionales y cualitativas**, ya que los griegos nunca desarrollaron una ciencia experimental.

En contraposición a las ideas antiguas, el **período de la ciencia**, a partir de los siglos XVI y XVII, ha sido asociado a nuevas ideas y conocimientos sobre física, matemática y biología, entre otras disciplinas.

Durante ese tiempo, la invención de instrumental para medir y registrar la temperatura, la presión y otros elementos geofísicos del sistema Tierra permitió la **formulación de teorías**

**más generales**, como la de los vientos alisios por el inglés George Hadley (1685-1768) y la deflexión (desviación) de estos debido a la rotación de la Tierra, por el francés Gaspard Gustave de Coriolis (1792 - 1843).

**La Física y la Matemática tuvieron un acelerado desarrollo durante el siglo XIX**, que introdujo conceptos determinísticos sobre la evolución (en el tiempo) de los sistemas, entre ellos, los relativos a los **medios considerados complejos y continuos, como la atmósfera y los océanos**. Ya en el siglo XX, con el uso de esos conceptos se plantearon otros problemas que trataban el pronóstico atmosférico como un caso de evolución determinística.

Lewis F. Richardson, matemático inglés (1881-1953), fue el primero en intentar un pronóstico por medio de métodos numéricos para la solución de las ecuaciones básicas del movimiento atmosférico y, aunque los resultados no fueron satisfactorios, generó en la comunidad científica nuevos desafíos sobre ese problema.

Con estos adelantos, los **avances en el conocimiento** de la circulación atmosférica en el planeta y la teoría del caos, desarrollada por Edward Lorenz en 1963, los estudios del tiempo y el clima, de manera científica y más sistemática, habían ya comenzado.

## Aportes a las ciencias del clima y sistemas complejos

El pasado 5 de octubre, el **Premio Nobel de Física 2021** fue anunciado y correspondió, **por primera vez en la historia de este prestigioso reconocimiento, a las ciencias del clima y sistemas complejos**. El premio fue otorgado a tres distinguidos investigadores, Syukuro Manabe (Universidad de Princeton), Klaus Hasselmann (Instituto Max Planck para la Meteorología) y Giorgio Parisi (Universidad La Sapienza de Roma). Estos investigadores representan varias generaciones de físicos atmosféricos, meteorólogos, matemáticos, oceanógrafos, físicos y científicos sociales, entre otros. Ellos **han contribuido a dilucidar desde los principios fundamentales, el problema de la modelación del clima global, su importancia en el entendimiento del calentamiento del sistema climático, hasta las consecuencias que este aumento en la temperatura puede traer en el clima terrestre**.

Manabe, de origen japonés, y algunos colegas (Fritz Möller, Robert Strickler, Richard Wetherlad, Mikhail Budyko, William Sellers, por ejemplo) desarrollaron, en las décadas de 1960 y 1970, varias ideas sobre el problema del **balance radiativo del sistema Tierra** (es decir, sobre el estudio de las condiciones para lograr un estado estacionario de la temperatura de todo el sistema). Para ello utilizaron inicialmente un modelo conceptual que incluía únicamente la radiación solar de onda corta, la emitida por la Tierra (infrarroja), el transporte de calor (divergencia del flujo de energía) y el albedo (la parte de la radiación que se refleja respecto a la radiación que incide) global de la superficie terrestre.

Con solo estas variables, se encontró que el sistema Tierra tendría una temperatura de equilibrio de alrededor de  $-15^{\circ}\text{C}$ , lo cual no correspondía a lo observado. La gran contribución de Manabe y otros colegas durante el período 1961-1975 circa, fue ir incorporando en ese balance otras variables no consideradas antes, como la atmósfera misma, el contenido de vapor de agua (principal elemento radiativamente activo) y, finalmente, **las concentraciones del dióxido de carbono en un modelo de circulación general**.

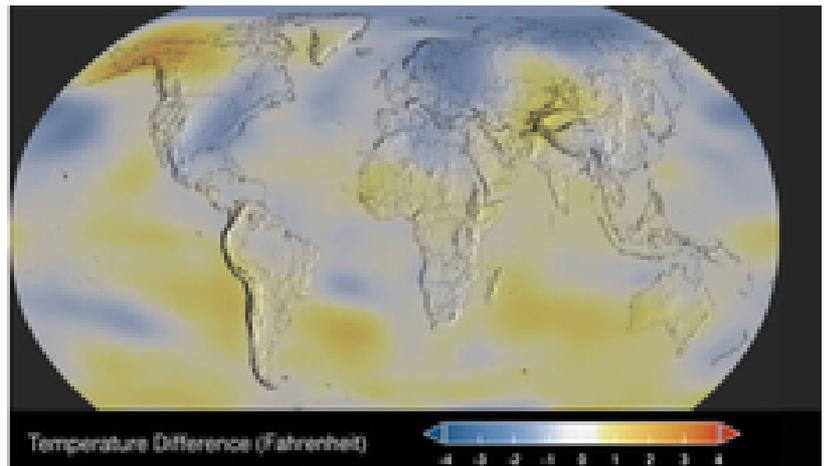
Los resultados de estos experimentos numéricos, sorprendentes en ese momento, indicaban un aumento en la temperatura del sistema Tierra, al doblar la concentración de dióxido de carbono. **Con estos avances, la era científica sobre el calentamiento global y sus potenciales consecuencias en el cambio del clima había visto la luz**.

Por su parte, Hasselmann (oceanógrafo) desarrolló una década más tarde un modelo del sistema, cuyo comportamiento intrínseco, incluyendo algún tipo de ruido, era determinista. Encontró que las influencias específicas en el clima, entre estas los impactos de los humanos en el sistema, podían ser reconocidas y extraídas. Con estos resultados, **se entendió mejor el papel de la biosfera y, sobre todo, del ser humano en el sistema climático, así como las consecuencias que podría traer si continuaban los procesos industriales que variaban la concentración de gases en la atmósfera (sobre todo los de efecto invernadero).**

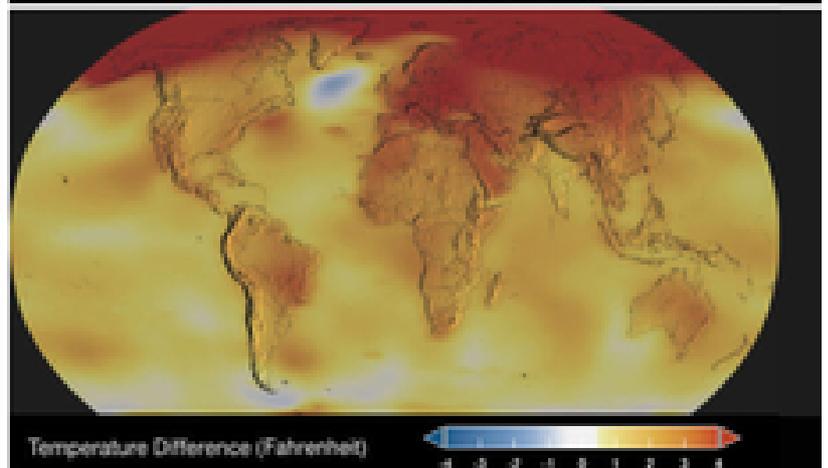
El trabajo inicial de Parisi, de 1979, fue una **descripción matemática de cómo un grupo de *spins* (giros) en la microescala se orienta en sistemas complejos (como los sólidos desordenados o la atmósfera, con escalas espaciales tan diversas) ante limitaciones de energía y geometría.**

## Calentamiento de nuestro planeta 1980 - 2020

1980 ▶



2020 ▶



Fuente: NASA/GISS  
Crédito: NASA Scientific Visualization Studio

Imágenes sobre el aumento de la temperatura global tomadas de <https://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/>.

Las aplicaciones de esos resultados resultaron ser muy variadas, al punto que se encontraron conexiones entre los arreglos de esos giros con la turbulencia y el papel que juega el desorden y las fluctuaciones, en sistemas complejos como la atmósfera, especialmente en las interacciones no lineales de los diferentes modos de onda. **Se proyecta que un aumento en la temperatura del sistema climático puede traer serias consecuencias irreversibles en varias escalas temporales y espaciales.**

## Trabajo en equipo

El reconocimiento del Premio Nobel de Física 2021 a esos investigadores nos recuerda la importancia del trabajo científico en equipo y de mejorar las oportunidades para que otros

géneros, como el de las mujeres, también sean valorados por su trabajo científico, lo que a la fecha ha sido ignorado en muchos casos.

El galardón consolida **la responsabilidad que tiene la humanidad en la reducción de los gases de efecto invernadero y su consecuencia en los cambios del clima a nivel global.** Ante escenarios como los que se describen sobre aumentos de la temperatura del sistema Tierra (en especial en los océanos), algo ya irreversible a corto y mediano plazo, es necesario **desarrollar nuevas políticas públicas para reducir el impacto del cambio climático en el país.** Asimismo, incorporar elementos positivos de ese cambio en el diseño de elementos, como carreteras, edificios, aeropuertos y en todos aquellos sectores socioeconómicos y ambientales propensos a esos impactos.

Las siguientes unidades académicas de la Universidad de Costa Rica (UCR) desarrollan las ciencias del clima y los sistemas complejos: el Departamento de Física Atmosférica, Oceánica y Planetaria (DFAOP) de la [Escuela de Física](#), creado en 1969, ha graduado alrededor de 400 técnicos especializados y profesionales en diversos aspectos del clima de toda Latinoamérica, por medio del Centro Regional de Formación de la Organización Meteorológica Mundial.

El [Programa de Posgrado en Ciencias de la Atmósfera](#) fue aprobado en 1994, ha formado a estudiantes de varios países de la región y ofrece actualmente la Maestría en Ciencias de la Atmósfera, la Maestría en Hidrología y la Maestría Profesional en Meteorología Operativa.

El Centro de Investigaciones Geofísicas ([CIGEFI](#)), fundado en 1979, es una unidad de investigación en aspectos climáticos de gran prestigio a nivel regional.

Departamento de Física Atmosférica, Oceánica y Planetaria, Escuela de Física, Programa de Posgrado en Ciencias de la Atmósfera y Centro de Investigaciones Geofísicas (Cigefi), Universidad de Costa Rica

**Etiquetas:** [premio nobel de fisica](#), [ciencias del clima](#), [sistemas complejos](#), [cambio climatico](#), [escuela de fisica](#), [cigefi](#).