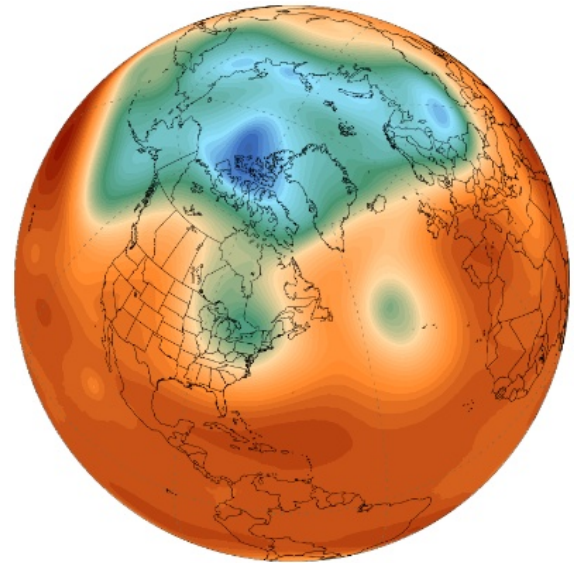


## *XCIV Los mares en estado extremo*

JUAN CARLOS TELLECHEA

Los océanos están experimentando actualmente una extraordinaria ola de calor, cuya intensidad está sorprendiendo a los investigadores del clima. Temperaturas récord en el Mediterráneo; enorme ola de calor en el Atlántico Norte; temperaturas oceánicas en máximos históricos. Desde principios de verano de 2023, la curva febril de los océanos es un tema mediático.

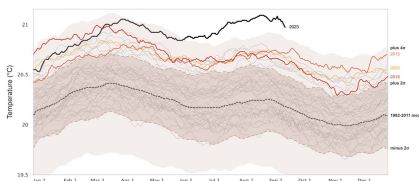
Aunque para muchas personas en Suiza era probablemente la primera vez que oían hablar de olas de calor en el océano, estos informes no sorprendieron en absoluto al Dr [Nicolas Gruber](#), profesor de física medioambiental de la Universidad Politécnica ([ETH](#)), de Zúrich:



Océanos y calentamiento global  
© 2023 by Climate Change Institute

Como investigadores del clima, entendemos muy bien cómo el calentamiento global provocado por el Hombre también aumenta la temperatura de los océanos. El océano es el verdadero amortiguador del calor en el sistema climático de la Tierra y absorbe más del 90% de la energía térmica adicional generada por gases de efecto invernadero como el CO<sub>2</sub>. Por tanto, no es sorprendente que las olas de calor en los océanos sean cada vez más frecuentes e intensas. Pero lo que está ocurriendo actualmente en los océanos me parece inesperado: La intensidad y el alcance de las olas de calor son enormes, y la velocidad del calentamiento me preocupa.

### En territorio ignoto



Temperatura media global de la superficie de los océanos del mundo (1982 a 2011).

La tendencia media está punteada en negro;

En las últimas semanas, la temperatura media mundial de la superficie del mar ha alcanzado los 21,1 grados centígrados, la más alta jamás registrada. Se trata de 0,3 grados más que la temperatura récord anterior en esta época del año. La tendencia en 2023 desde la primavera es de aproximadamente 1 grado por encima de la media de los años 1982 a 2011.

Sin duda: las temperaturas oceánicas actuales son

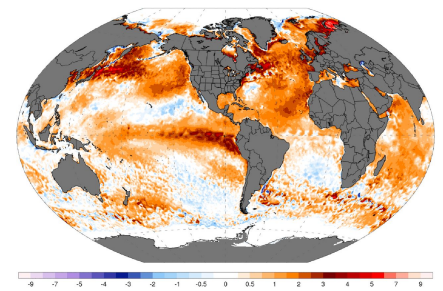
la temperatura en 2023 está a más de cuatro desviaciones estándar, más que los años de El Niño 2015/2016 (rojo). © 2023 by Climatereanalyzer5.

absolutamente excepcionales. El océano se mueve en un terreno desconocido, y la investigación climática se esfuerza por anticipar estos movimientos.

### Producto de varios factores

Los factores que han provocado el salto de las temperaturas oceánicas a estos nuevos máximos aún no se comprenden del todo. Sin duda, el incipiente fenómeno de El Niño es un motor importante. Se sabe, por el pasado, que El Niño aumenta la temperatura media global de la superficie del mar entre 0,1 y 0,2 grados centígrados. Sin embargo, este efecto tiende a producirse más tarde de media, cuando El Niño alcanza su máximo hacia finales de año.

Además, actualmente se están observando dos enormes olas de calor en el Pacífico Norte y el Atlántico Norte, que comenzaron a principios de año y se han intensificado y ampliado en los últimos meses. Esta combinación de El Niño y las olas de calor extratropicales está provocando un enorme aumento de las temperaturas oceánicas mundiales, sobre todo teniendo en cuenta que apenas hay ninguna región oceánica que esté significativamente más fría de lo normal en estos momentos.



Desviación de la temperatura de la superficie de los océanos el 10.9.2023 en comparación con la media a largo plazo de 1982 a 2011. © 2023 by Climatereanalyzer5.

### Una tormenta perfecta

La cuestión es: ¿se debe esta combinación al azar o existen dependencias? En opinión del profesor Dr Nicolas Gruber, se trata en gran medida de una coincidencia. Mientras que la ola de calor del Pacífico Norte bien podría haber sido amplificada por El Niño, similar a lo que ocurrió durante la monstruosa ola de calor del Pacífico Norte llamada "Blob" de 2013 a 2015, no hay pruebas que vinculen a El Niño con la ola de calor del Atlántico Norte.

Por lo tanto, el investigador de física medioambiental afirma que se está ante una tormenta perfecta, una situación excepcional en la que varios factores confluyen de tal manera que se refuerzan mutuamente. Pero también es importante señalar, dice el profesor Dr Gruber:

Sin el calentamiento global provocado por el Hombre, esta tormenta perfecta nunca generaría temperaturas tan altas.

### Condiciones estables de altas presiones favorecen las olas de calor

Aunque el momento en que se produce una ola de calor marina es en gran medida aleatorio, existen condiciones que favorecen su formación. Entre ellas se encuentran los llamados sistemas estables de altas presiones, islas de buen tiempo a gran escala que pueden persistir durante mucho tiempo y favorecer así las olas de calor, tanto en tierra como en el mar.

La circulación de la atmósfera y del océano fuera de los trópicos desempeña un papel importante en este sentido. La circulación se refiere a las corrientes a gran escala, como la corriente en chorro (*jet-stream*) en la atmósfera o el llamado "bombeo de aguas profundas" en el Atlántico Norte.

En un mundo ideal, se podrían modelizar los futuros patrones de circulación e identificar así las condiciones favorables para las olas de calor en una fase temprana. Desgraciadamente, los patrones de circulación subyacentes a las capas estables de alta presión no pueden predecirse más allá de unos días o, como mucho, unas semanas. Esto se debe principalmente a las turbulencias a pequeña escala que hacen que, por ejemplo, dos posibles evoluciones meteorológicas se alejen mucho debido a pequeñas diferencias en las condiciones iniciales o de contorno. Un fenómeno que suele denominarse efecto mariposa.

El profesor Dr Nicolas Gruber subraya que:

La investigación climática sigue enfrentándose al reto, sobre todo de seguir desarrollando la resolución y la precisión de sus modelos para poder cartografiar los cambios en la circulación y, por tanto, en los patrones meteorológicos. Así pues, si no se puede determinar el caso concreto, al menos se debería estar en capacidad de predecir si esos patrones de circulación estables se producirán más a menudo y durante más tiempo con el calentamiento climático, en otras palabras: si las condiciones para las olas de calor se harán más frecuentes. Pero aquí es precisamente donde radica el problema.

### **Circulación en una borrosa vaguada**

En las ciencias del clima hay poco consenso sobre esta cuestión, del mismo modo que no se puede predecir si El Niño se producirá con mayor o menor frecuencia en el futuro. Tampoco se ponen de acuerdo los investigadores sobre si la denominada "bomba de agua profunda" del Atlántico Norte se debilitará mucho o no. O si la corriente en chorro (*jet-stream*) en la atmósfera será diferente. Todas estas son cuestiones relevantes que determinan en gran medida cómo se desarrollará exactamente el cambio climático en las distintas regiones del mundo.

Lo que todas estas cuestiones tienen en común es que la circulación en la atmósfera y en el océano no solo está determinada por procesos a gran escala, sino que también se ve modificada significativamente por procesos a pequeña escala. Se trata de procesos meteorológicos como la convección, la formación de nubes, las tormentas o los temporales, procesos que tienen lugar a escalas de uno a unos pocos kilómetros. En otras palabras, la circulación es un fenómeno determinado por interacciones entre todas las escalas espaciales.

Y son precisamente estas interacciones de escala las que se evitan en los modelos climáticos que suelen utilizar los científicos hoy en día. Esto se debe principalmente a la insuficiente resolución de estos modelos. Con una separación entre cuadrículas que actualmente ronda los cien kilómetros, no son lo suficientemente nítidos como para representar correctamente muchos procesos meteorológicos elementales en la atmósfera o en el océano.

## **Incertidumbre**

Sin embargo, son precisamente estos procesos meteorológicos a pequeña escala los que influyen fuertemente en las situaciones meteorológicas a gran escala (y viceversa) - hoy en día, sin embargo, principalmente hay que estimarlos o modelizarlos con métodos muy simplificados, lo que conduce a grandes incertidumbres.

Por ello, la investigación sobre el clima y el tiempo sigue enfrentándose al reto de seguir desarrollando sus modelos, especialmente en términos de resolución y precisión, para poder cartografiar los cambios en la circulación y, por tanto, en los patrones meteorológicos. Se está trabajando en ello en la ETH de Zúrich junto con [MeteoSwiss](#) en el proyecto [EXCLAIM6](#) y a nivel internacional con [EVE7](#).

Se espera que esto lleve a los científicos a una comprensión más detallada de la circulación y, en última instancia, a un mayor consenso sobre las grandes cuestiones de la investigación climática. Sobre todo, es necesaria la precisión de esas estimaciones locales y regionales del cambio climático para alcanzar una forma óptima de adaptación.