

En el número de enero de "Tiempo y Clima" se incluyó entre las noticias el extracto de un artículo de Erland Källén y Magdalena Balmaseda (ECMWF) sobre el "calor desaparecido" tras el estancamiento, desde 2004, del calentamiento sensible en la temperatura de la superficie del mar, calentamiento atribuido a un balance energético positivo de la Tierra por las concentraciones cada vez mayores de los gases de

## El calentamiento global en el mar. Últimas investigaciones

FUENTE: NATURE, DOI:10.1038/NCLIMATE2389, 5 OCTUBRE 2014

**H**an tenido resonancia dos artículos publicados recientemente en "Nature Climate Change" acerca del calentamiento marino, uno de ellos de los científicos del Laboratorio de Propulsión a Chorro de la NASA (JPL) de Pasadena, California, W. Llovel, J. K. Willis, F. W. Landerer e I. Fukumori, con título: "Deep-ocean contribution to sea level and energy budget not detectable over the past decade", que mediante análisis de datos de satélites y de temperatura directa del mar entre 2005 y 2013 concluyen que por debajo de 2.000 metros el océano no se ha calentado de manera perceptible.

Sin embargo, en una comunicación en el mismo número Paul J. Durack, Peter J. Gleckler y Karl E. Taylor, del Lawrence Livermore National Laboratory, California, junto

con Felix W. Landerer (JPL), estiman que las capas superficiales de los océanos del mundo almacenan más calor global producido a causa de los gases de efecto invernadero que el que se supone y que probablemente el calentamiento del océano se ha subestimado desde 1970.

Durack et al. llegan a esta conclusión usando observaciones de satélites altimétricos y un amplio conjunto de modelos de clima. La subestimación se atribuye a la escasez de muestras en el hemisferio sur y a las limitaciones de los métodos de análisis, que estiman de forma conservadora los cambios de temperatura en regiones con poca densidad de datos. Las simulaciones de cambios de altitud en la superficie del mar, comparando el hemisferio norte con el sur son consistentes con las medidas de altimetría precisas efectuadas por satéli-

tes, mientras que la distribución entre los dos hemisferios del calentamiento de las capas superiores es inconsistente con las estimaciones de retención de calor por el océano basadas en observaciones in-situ. Apoyándose en la estrecha correspondencia entre el contenido de calor del océano a escala hemisférica y los cambios estéricos, se ajustan las estimaciones de calentamiento del hemisferio sur de manera que la relación entre los dos hemisferios es consistente con los resultados de la amplia gama de modelos consultados. Esos ajustes arrojan grandes incrementos sobre las estimaciones actuales del cambio en el contenido de calor de las capas superiores del océano, lo que tiene importantes implicaciones para el nivel del mar, el balance de energía planetario y las evaluaciones de su sensibilidad al clima.

## Las redes de telefonía móvil permiten medir la precipitación con precisión

La utilización por parte de la comunidad dedicada a la observación atmosférica de sensores y equipos diseñados y previstos para fines distintos de la medición de variables meteorológicas no es algo nuevo. Pensemos, por ejemplo, en los datos GPS que actualmente se asimilan de forma rutinaria en los modelos de predicción del tiempo para estimar la humedad atmosférica y que nunca fueron pensados y diseñados para la observación atmosférica.

**L**as redes de observación in situ de la precipitación son insuficientes teniendo en cuenta la alta variabilidad espacial y temporal de esta variable. Sin embargo, las antenas repetidoras de telefonía móvil tienen una cobertura del 90% en las zonas habitadas del planeta. Estas antenas además de transmitir las señales de radio, registran las perturbaciones de la señal -en parte ocasionadas por las precipitaciones- para vigilar la calidad de las redes. Las go-

tas de agua atenúan la señal de radio por absorción y por difusión. En consecuencia, cuando llueve entre dos antenas repetidoras, la intensidad de las señales recibidas disminuye bruscamente. La atenuación de las señales constituye un problema para las compañías de telefonía móvil, que intentan siempre registrar dichas perturbaciones para conocer el estado de su red. Las compañías por lo tanto disponen de mucha información relacionada con la precipitación,

en principio para paliar lo que para ellos es un problema de funcionamiento.

En un estudio realizado sobre los monzones en África (Geophysical Research Letters., 41, doi: 10.1002/2014GL060724) en colaboración con un operador nacional de telefonía móvil, Telecel Faso, se han utilizado por primera vez las mediciones de la atenuación de las señales para estimar las tasas de precipitación, que a su vez se comparan con datos pluviométricos. El método

efecto invernadero. Abundando en el tema, en este número incluimos dos noticias que arrojan más luz sobre las causas que hacen variar la temperatura de los océanos y el calor almacenado como consecuencia del calentamiento global. El primero se refiere a las estimaciones actuales y el segundo a las causas del enfriamiento significativo del Atlántico Norte en los años 60 y 70 del siglo pasado.

## Buscando explicación al enfriamiento del Atlántico Norte en las décadas de los 60 y los 70

Está a punto de publicarse en el *Journal of Climate* el artículo *An Anatomy of the Cooling of the North Atlantic Ocean in the 1960s and 1970s* cuyos autores son Hodson, Robson, y Sutton investigadores del departamento de Meteorología de la Universidad de Reading. En la publicación se analiza y trata de explicar el enfriamiento de las temperaturas del agua superficial del Océano Atlántico Norte en el periodo comprendido por la última mitad de la década de los 60 y el principio de los años 70 del siglo pasado. El análisis muestra que el enfriamiento tuvo lugar en varias etapas: Las anomalías frías aparecieron inicialmente en la mitad de los 60 en los Mares Nórdicos y la ramificación de la Corriente del Golfo, conocida como Extensión de la Corriente del Golfo, antes de extenderse a todo el Giro Subpolar. Subsiguientemente,

las anomalías frías se extendieron por el Atlántico Norte tropical antes de retroceder a finales de los 70, hacia el Giro Subpolar del Atlántico Norte. En el trabajo sugieren varios mecanismos como desencadenantes más probables, sin determinar su importancia relativa: 1) La “Gran Anomalía de Salinidad” de finales de los 60; 2) Un calentamiento anterior del Atlántico Norte subpolar, que pudo haber causado una ralentización de la Circulación Meridional Atlántica (AMOC en inglés); 3) Un aumento de las emisiones de SO<sub>2</sub> antropogénico.

La importancia de este artículo es grande para España pues probablemente este enfriamiento tuvo relación con las bajas temperaturas medias en nuestro país en ese periodo (ver figura), y también probablemente pueda explicar el gran calentamiento medio en el periodo 1973-2005 en España,

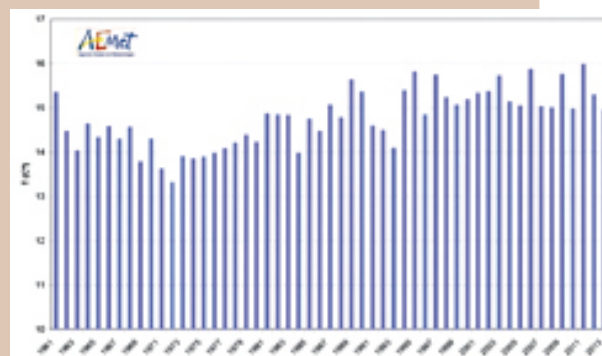
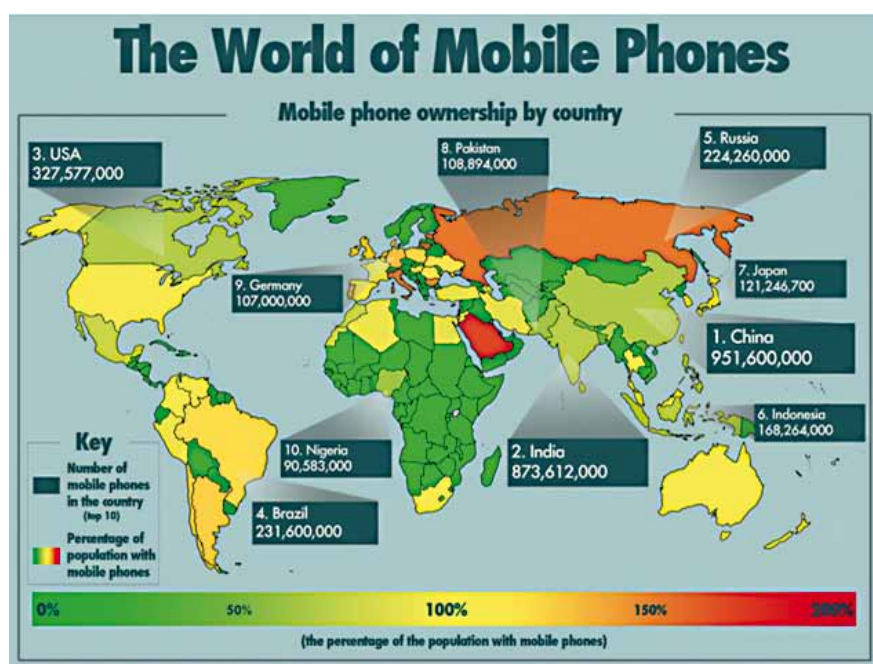


Figura:  
Evolución  
de la  
Temperatura  
media en  
España

estimado en 0.48 °C por década, mucho más alto que la tasa del calentamiento global, estimada en unos 0,74 °C/100 años. Además si la causa de este enfriamiento es el debilitamiento de la AMOC, habrá que considerar las consecuencias que pueda tener en los próximos años la disminución de un 10-15% de la intensidad de la AMOC de 2004 a 2012 medida por las observaciones directas.



Distribución mundial de teléfonos móviles en 2012. Fuente: Dailyinfographic.com

es muy esperanzador ya que se detectan el 95% de los días de lluvia. La correlación con la serie diaria del pluviómetro es de 0,8, y el sesgo en toda la campaña de medición es de solo 6%.

Este tipo de mediciones podría paliar los problemas de observación de la precipitación en zonas muy amplias del planeta que actualmente solo son observadas mediante satélite con todos los problemas asociados de insuficiente precisión. Además muchas zonas -especialmente en los países en desarrollo- no poseen una cobertura suficiente de datos radar. Los datos de atenuación de las señales de telefonía móvil podrían ser una solución si se avanza en los algoritmos de asimilación especialmente diseñados para este tipo de variables -como la atenuación de la señal de telefonía- que no están linealmente relacionadas con las variables meteorológicas.

## La meteorología espacial, de campo de investigación a actividad operativa

**FUENTE:** PÁGINAS WEB DE OMM, UNIVERSIDAD DE ALCALÁ DE HENARES, UK MET OFFICE

Por Meteorología Espacial (“Space Weather”) se entiende, ya de forma general, las condiciones y procesos que ocurren en el espacio, incluyendo el Sol, la magnetosfera, la ionosfera y la termosfera y que tienen efectos potenciales sobre el entorno próximo a la Tierra (introducción a la meteorología espacial, OMM).

Los efectos del “tiempo espacial” pueden extenderse desde los daños a los satélites por partículas cargadas hasta la disfunción de las plantas energéticas en la Tierra durante las tormentas geomagnéticas, la ocultación de las transmisiones de radio en rutas polares de la aviación o la perturbación de los sistemas de posicionamiento por satélite. Con el uso creciente de tecnologías espaciales para la observación de la Tierra, las comunicaciones y la vida diaria, somos cada vez más dependientes de la influencia de procesos físicos más allá de la atmósfera. Esa preocupación está llevando a la creación de capacidades de vigilancia e información continua de esos procesos.

Aunque se trata de un campo bastante interdisciplinario, el reto de afrontar la meteorología espacial como actividad operativa está siendo asumido en buena parte por la comunidad meteorológica. En 2010 la Organización Meteorológica Mundial (OMM) estableció el Equipo de Coordinación entre Programas sobre Meteorología Espacial (ICTSW) a raíz de una propuesta de las comisiones de Sistemas Básicos y de Meteorología Aeronáutica, aprobada por el 61º Consejo Ejecutivo. Su mandato incluye “la definición armonizada de productos finales y servicios como los procedimientos para avisos de emergencia, en interacción con la aviación y otros sectores de importancia afectados, así como la integración de las observaciones de meteorología espacial

mediante revisión de los requisitos de las observaciones basadas en el espacio y en tierra y las especificaciones para los sensores”. Forman parte del equipo expertos de varios países entre

ellos la profesora Consuelo Cid de la Universidad de Alcalá de Henares. Entre las actividades del grupo que dirige en la UAH se encuentra el sistema de predicción en tiempo real de perturbaciones geomagnéticas severas, que está disponible a través de la página web del grupo <http://spaceweather.uah.es/>

Por su parte algunos países como Estados Unidos han introduciendo ya unidades operativas de meteorología espacial (ver <http://www.swpc.noaa.gov/>) mantenidas por la administración pública. En Europa acaba de hacerlo el Reino Unido que el 8 de octubre ha inaugurado oficialmente su Centro de Predicción de Tiempo Espacial en la sede de la Met Office en Exeter. El Centro que trabajará con el apoyo de otros organismos, entre ellos la NOAA (Administración Nacional de Estados Unidos) funcionará de forma operativa 24 horas diarias para proporcionar “predicciones de tiempo espacial y

desarrollar un sistema de alerta temprana dirigido a proteger infraestructuras críticas de los efectos del tiempo espacial”. Entre las razones para su creación la Met Office aduce que los riesgos asociados a la meteorología espacial ocupan el 4º lugar en el Registro Nacional de Riesgos del Reino Unido. Puede verse más información en <http://www.metoffice.gov.uk/news/releases/archive/2014/space-weather>



Las auroras boreales constituyen un fenómeno visible de “tiempo espacial”.

Foto de Antonio Ontangas, Saariselkä, Laponia finlandesa.