



# WORLD·WATCH

VISIÓN PARA UN MUNDO SOSTENIBLE

2009

Nº 30 - 3,50 EUROS

## La Antártida y el cambio climático

- » El coche eléctrico
- » La eficiencia energética, redescubierta
- » Los peores contaminadores



# En el trabajo, **EL MEDIO AMBIENTE** también es un **DERECHO**

fórmate

Infórmate

participa

actúa

  
**informa  
ambiental**  
2009-2010  
[www.istas.ccoo.es](http://www.istas.ccoo.es)

## 14 cursos presenciales en:

Andalucía, Castilla - La Mancha y Galicia

Página web con **plataforma interactiva** para consultas on-line

## Guías y estudios sectoriales sobre:

- ✿ Situación actual de los sectores: metal, química, textil, agroalimentario, cerámica y madera.
- ✿ Sistemas de gestión ambiental.
- ✿ Gestión de residuos.
- ✿ Obligaciones ambientales de la empresa.
- ✿ Gestión energética.
- ✿ Gestión del agua.
- ✿ Información y participación en medio ambiente en la empresa.
- ✿ Estudio de casos prácticos.

**Asesoramiento personalizado,** tanto presencial como on-line.

**Observatorio ambiental** con herramientas de diagnóstico, biblioteca virtual, foro de intercambios, etc.

## sumario

### ARTÍCULOS

#### 8 LA ANTÁRTIDA Y EL CAMBIO CLIMÁTICO

El derretimiento reciente de los hielos del planeta agravará el impacto del calentamiento.

POR ANDREW MONAGHAN

#### 15 LA EFICIENCIA ENERGÉTICA, REDESCUBIERTA

El cambio climático y el aumento de los precios de la energía han revalorizado la eficiencia energética.

POR ELISABETH JEFFRIES



Keith Vanderlinde, National Science Foundation

La Aurora Australis sobre el telescopio del Polo Sur en Amundsen-Scott South Pole Station.

#### 23 LA ESTAFA DE LOS CONTAMINADORES

Los peores contaminadores esconden su minúscula contribución a la economía.

POR WILLIAM FREUDENBURG

#### 30 EL COCHE ELÉCTRICO: EL FUTURO DEL TRANSPORTE, LA ENERGÍA Y EL MEDIO AMBIENTE

POR ALBERTO CEÑA Y JOSÉ SANTAMARTA

### SECCIONES

#### 4 UNA MIRADA SOBRE LA TIERRA

Ganadería china, un desafío cada vez mayor; los habitantes de EE UU crían pollos en las ciudades; se ocultó la gravedad del cambio climático; aumenta la eólica marina; el fracaso de las políticas de residuos de EE UU; ecologistas luchan por proteger las áreas marinas.

#### 21 SIGNOS VITALES

Emisiones de carbono y lámparas fluorescentes compactas.

### Edición en español

#### HACIA EL SUR. CUADERNO DE ACSUR-LAS SEGOVIAS

Reflexiones contra la ceguera para la acción contra la crisis del modelo. El triunfo de una revolución postergada (Eduardo García). La “neolengua” de la crisis (Miguel Romero). La deriva migratoria de la Europa Fortaleza (José María Trillo-Figueroa Calvo). “Bolivia digna, soberana, productiva y democrática” (Berenice Richard). Estados laicos, personas CADA VEZ MÁS libres (Carmen Pellicer Balsalobre). Las mujeres y la tierra. Apuntes sobre ecofeminismo (Marta Pascual Rodríguez). Miguel Núñez. Luchador, hombre de proyectos y con sentido del humor. La suspensión del acuerdo de asociación con Israel, una inexcusable obligación para la Unión Europea (Muriel Brihuega).

#### 28 LO VERDE EN LA SALIDA DE LA CRISIS

POR LLORENÇ SERRANO I GIMÉNEZ

PORTADA: El sol se pone en la Antártida.  
Fotografía de Glenn Grant, National Science Foundation.

World Watch se imprime con papel blanqueado sin cloro.

Por Ben Block  
(a menos que se especifique)

## Ganadería china, un desafío cada vez mayor

El crecimiento económico excepcional de China ha sacado a millones de chinos de la pobreza rural. Pero la preocupación de cómo alimentar a 1.300 millones personas plantea una nueva pregunta: “¿Quién alimentará a los cerdos chinos?”

En los últimos 10 años, el consumo de cerdo, la carne más popular en China, se ha duplicado. China hoy no sólo es el mayor productor mundial de carne de cerdo, sino que además ha superado a Estados Unidos en la producción de carne de pollo. El país tiene una población de miles de millones de animales estabulados y 64.000 granjas industriales, frente a las 18.000 de EE UU.



El impacto de la ganadería industrial china es imposible de ignorar. El 18% de las emisiones de gases de invernadero se deben a la ganadería según Naciones Unidas. China recientemente sobrepasó a Estados Unidos como el mayor emisor mundial de dióxido de carbono, y las ocasionadas por la ganadería seguirán aumentando.

Los animales domésticos en China producen 2.700 millones de toneladas de estiércol todos los años, casi 3,5 veces más que los residuos sólidos

generados por el sector industrial del país. La escorrentía de los purines del ganado ha creado una gran “zona muerta” en el Mar del Sur de China que está prácticamente carente de vida marina. En el norte de China, el sobrepastoreo ocasiona la pérdida de 400.000 hectáreas todos los años.

Mientras el desarrollo de China sigue a una escala sin precedentes, un número cada vez mayor de organizaciones no gubernamentales, académicos e incluso responsables políticos, se están dando cuenta de que la calidad de los alimentos, y no la cantidad, es lo que importa, junto con la seguridad de los alimentos, la sostenibilidad, la protección ambiental y el bienestar de animal.

—Mia MacDonald

## Los habitantes de EE UU crían pollos en las ciudades

Un movimiento se ha extendido por Estados Unidos en los últimos años: criar “pollos urbanos”. Ciudades como Anne Arbor, Michigan; Fort Collins, Colorado; y South Portland, Maine, votaron el año pasado permitir que los residentes críen pollos en sus jardines.

La cría de pollos es una extensión del renovado interés en la agricultura periurbana. Después de que ganara popularidad primero en Londres, Inglaterra, un gran número de urbanitas en EE UU empezaron a criar pollos en Seattle y Portland, según Jac Smit, presidente de la red de agricultura urbana. En los últimos cinco años, el movimiento se extendió a Chicago, a Los Ángeles, Nueva York y San Francisco. “El pollo se ha convertido en un símbolo, incluso en una mascota, del movimiento por los alimentos locales”, destaca Owen Taylor de

Nueva York, que conoce al menos 30 comunidades que crían pollos y gallinas, sobre todo por sus huevos.

Los defensores de la agricultura urbana dicen que los productos locales evitan el consumo de energía y las emisiones de dióxido de carbono asociados con el transporte de alimentos. La compra local también proporciona una alternativa a las granjas industriales que contaminan los ecosistemas cercanos con estiércol y purines.

Algunos inspectores sanitarios muestran su preocupación por los riesgos de la gripe aviar. Pero los defensores de los cultivos sostenibles insisten en que los pollos urbanos son un riesgo mucho menor que las grandes granjas industriales, que la comisión Pew sobre producción animal en granjas industriales señala que plantean riesgos serios de transmitir enfermedades de los animales a los



seres humanos.

La extensión de esta ganadería urbana ha creado nuevas empresas para satisfacer el mercado local, como mataderos móviles para manipular y distribuir la carne.



## Presidente del IPCC: se ocultó la gravedad del cambio climático

El presidente del IPCC señaló que los medios de difusión no están abordando la gravedad del cambio climático.

R.K. Pachauri, presidente de los 2.500 miembros del IPCC, dijo a un grupo de periodistas ambientales de EE UU que a menos que se adopten pronto políticas para mitigar las emisiones de gases de invernadero, los peligros del cambio climático y del aumento del nivel del mar empeorarán en los próximos años.

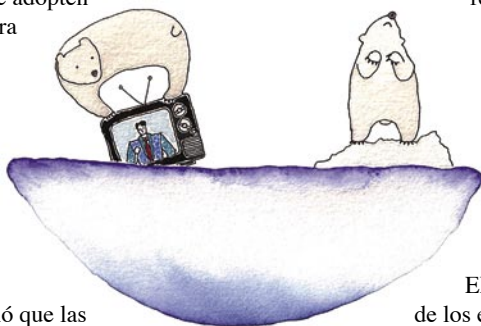
Pachauri sugirió que las agencias de noticias más importantes dependen de los informes científicos y de algunos acontecimientos para sus reportajes, sin reflejar los múltiples ejemplos de los efectos ya en curso del cambio climático. “Tenemos que ir más allá de la cobertura cíclica del cambio climático y enfatizar el día a día”, señaló.

La crisis financiera de muchos periódicos de EE UU puede limitar la cantidad y la calidad de la cobertura ambiental aún

más. Muchos medios de comunicación han recortado sus plantillas y sus publicaciones en 2008 debido a la caída de los ingresos en la era de Internet.

La cuarta parte de las empresas periodísticas dedican menos recursos a la información ambiental que hace tres años, según un informe de julio de 2008 del Pew Research Center sobre los mayores editores de periódicos de EE UU. Sólo el 10% de los editores encuestados consideran la ciencia y la tecnología como “muy esencial” para la calidad de su producto.

La tendencia sobre la cobertura ambiental, incluyendo historias sobre la contaminación local y problemas ecológicos mundiales, es menos clara. El 17% de los editores redujeron los recursos dedicados a los temas ambientales, mientras que el 22% los aumentaron en los tres años anteriores.



Wonjong Chang

## Aumenta la eólica marina

Cada vez hay más países que tratan de aumentar el porcentaje de energías renovables, y muchos consideran la eólica marina como una solución para suministrar energía limpia sin afectar a los paisajes locales y a las comunidades.

La eólica marina ha tenido un papel marginal frente a la eólica terrestre, al ser más difícil de mantener, y costar de 8 a 12 céntimos de dólar por kWh, comparado con los 5 a 8 céntimos de dólar por kWh de la eólica terrestre.

Pero los parques eólicos marinos brindan algunos beneficios sobre sus homólogos terrestres. Los poderosos vientos del océano permiten que un aerogenerador en el mar produzca más electricidad que en tierra, para una misma potencia. Igualmente, si el parque eólico marino está ubicado cerca de una ciudad costera la electricidad puede consumirse sin necesidad de nuevas

líneas de transmisión.

Dinamarca construyó el primer parque eólico marino en 1991. Desde entonces, se ha instalado 1 gigavatio en todo el mundo, sobre todo en el Mar del Norte, según la Asociación Europea de Energía

Eólica. Una firma de energía británica pronostica que la potencia anual instalada crecerá de 419 megavatios (MW) en 2008 a 1.238 MW en 2012, fundamentalmente en el Reino Unido, Bélgica, Dinamarca, Alemania y China.

Mientras algunos se preocupan por el impacto de la eólica marina en los ecosistemas costeros, la mayoría de los expertos destacan que los aerogeneradores beneficiarán la vida marina al crear arrecifes artificiales, y su impacto ambiental es mínimo. El tiempo también es un factor restrictivo: hasta ahora, pocas turbinas han experimentado huracanes.



Ethun Haynes

Revista del Worldwatch Institute  
**WORLD•WATCH®**

EDICIÓN EN ESPAÑOL  
DIRECTOR José Santamarta

EDITOR Thomas Prugh  
REDACTORA JEFE Lisa Mastny  
DISEÑO Lyle Rosbotham  
PUBLICACIONES Y MARKETING  
Patricia S. Shyne  
COMUNICACIÓN Darcey Rakestraw  
WEB Andrew Burnette

PLANTILLA DE INVESTIGADORES  
Erik Assadourian; Ben Block; Zoë Chafe;  
Robert Engelman; Christopher Flavin;  
Hilary F. French; Gary Gardner; Brian  
Halweil; Yingling Liu; Michael Renner;  
Janet L. Sawin

COLABORADORES  
Chris; Seth Dunn; Eric Martinot; Mia  
McDonald; Sandra Postel; Payal Sampat;  
Viktor Vovk

JUNTA DIRECTIVA  
DEL WORLDWATCH INSTITUTE  
Oystein Dahle, Presidente; Tom Crain,  
Vicepresidente y Tesorero; Larry Minear,  
Secretario; Geeta B. Aiyer; Adam  
Albright; L. Russell Bennett; Cathy Crain;  
James Dehlsen; Christopher Flavin;  
Robert Charles Friesse; Lynne Gallagher;  
Ed Groark; Satu Hassi; Jerre Hitz; Nancy  
Hitz; John McBride; Akio Morishima;  
Samuel S. Myers, M.D.; Izaak van Melle;  
Wren Wirth

Las opiniones expresadas en World Watch  
no coinciden necesariamente con las del  
Worldwatch Institute.

World Watch (ISSN 1136-8586).  
Copyright de la edición en español, Gaia  
Proyecto 2050. Edita Gaia Proyecto 2050,  
con la colaboración del  
Departamento Confederal de Medio  
Ambiente de CC.OO. y de ACSUR-Las  
Segovias

**Dirección para publicidad, suscripciones  
y redacción en España:** Gaia Proyecto  
2050. Gobernador no 3-3o - 28014 Madrid  
- Teléf.: 91 429 37 74 -650 94 90 21. E-  
mail: worldwatch@nodo50.org.  
www.nodo50.org/worldwatch

## Informe revela el fracaso de las políticas de residuos de EE UU

Un nuevo informe subraya la necesidad de mejorar la legislación estadounidense que regula los residuos electrónicos. El informe, publicado por la oficina de contabilidad del gobierno (GAO) en septiembre, dice que una “cantidad cuantiosa” de residuos electrónicos es enviada al mundo en desarrollo donde son desmontados en condiciones inseguras para los trabajadores y peligrosas para el medio ambiente.

El envío internacional de residuos electrónicos está regulado por la convención de Basilea de 1989, que exige que los signatarios notifiquen a los países en desarrollo las remesas de residuos peligrosos exportados. Estados Unidos es el único país industrializado que no ha ratificado la

convención.

Los hogares de EE UU descartaron más de 300 millones de aparatos electrónicos en 2006, según la Agencia de Protección Ambiental (EPA). Al menos el 80% de los residuos electrónicos van a los vertederos domésticos. El resto es vendido a corredores que a menudo lo envían al mundo en desarrollo.

Según las normas federales, los exportadores deben obtener el consentimiento de la EPA antes de exportar productos tóxicos, como los contenidos en televisores y ordenadores. Pero en sólo tres meses los funcionarios de la GAO descubrieron 43 empresas que exportaban productos tóxicos con cobre y plomo, sin obtener el permiso requerido.



Anaheet Gazder

## Los ecologistas luchan por proteger las áreas marinas

Los ecologistas han aumentado sus esfuerzos para establecer una red global de áreas marinas protegidas en respuesta al deterioro de los océanos.

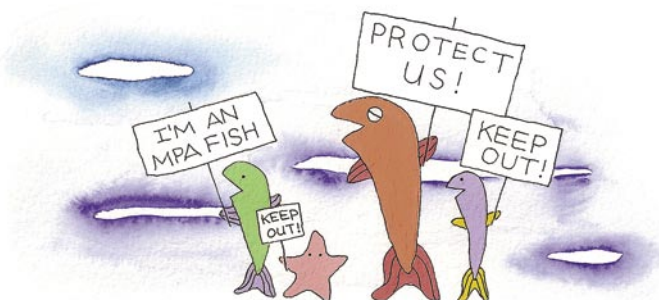
Las reservas marinas que prohíben la pesca, los desarrollos urbanos y otras actividades comerciales para permitir la recuperación de las poblaciones de peces y de los ecosistemas se han

popularizado en los últimos años. Más de un tercio de los ecosistemas marinos están seriamente amenazados por las actividades humanas, según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Actualmente, sólo el 0,08% de los océanos del mundo está protegido, y apenas el 0,2% de las áreas marinas dentro de las jurisdicciones nacionales

impide las industrias extractivas.

Para acelerar los esfuerzos marinos, los ecologistas anunciaron las regiones prioritarias donde se debían crear áreas marinas protegidas. Una preocupación especial es la protección de las áreas de alto valor en los océanos abiertos, ese 45% de los océanos del mundo que no pertenecen a ningún país.

Los gobiernos se han comprometido a constituir una red de áreas marinas protegidas antes de 2012. Los objetivos internacionales, sin embargo, no es probable que se alcancen al menos hasta 2060, en base a las tendencias en curso, según los ecologistas. Además, se incluyen otras propuestas para minimizar el impacto ambiental de todas las actividades que se realizan en los océanos abiertos.



Wonjoung Chang

# CUESTIONES DE ESCALA



## Sobre el papel

Junk Mail Lady, postal hecha de papel reciclado, por Penny Raile, [www.raile.typepad.com](http://www.raile.typepad.com)

Año de la invención del papel (por la corte imperial china de Lun Ts'ai).....	<b>105 d. de C.</b>
◀ ▶	
Consumo mundial de papel y carton, toneladas (2005).....	<b>368 millones</b>
Consumo previsto en 2021 .....	<b>579 millones</b>
◀ ▶	
Consumo por persona y año, Estados Unidos, kilogramos .....	<b>330</b>
Europa occidental .....	<b>200</b>
Latinoamérica .....	<b>50</b>
China y Asia .....	<b>28</b>
◀ ▶	
Número de hojas de papel usadas cada año por el oficinista medio en EEUU .....	<b>10,000</b>
Porcentaje del papel tirado en el mismo día en que es impreso .....	<b>45</b>
Número de cartas de correo basura (publicidad) enviadas cada año, EE UU .....	<b>90.000 millones</b>
Porcentaje de devoluciones de revistas en EE UU y Europa .....	<b>70</b>
◀ ▶	
Toneladas de residuos sólidos urbanos en Estados Unidos (2006), toneladas .....	<b>251 millones</b>
Porcentaje que representa el papel .....	<b>34</b>
◀ ▶	
Lugar de la industria papelera entre los sectores emisores de gases de invernadero .....	<b>4</b>
◀ ▶	
Inicio de la industria del reciclaje de papel en EE UU .....	<b>1690</b>
Número de árboles que evita talar una tonelada de papel reciclado .....	<b>17</b>

**Fuentes:** Invención: San Jose State University Virtual Museum. Consumo, papel de oficina tirado, correo basura, revistas, y emisiones de gases de invernadero: Environmental Paper Network. Residuos sólidos urbanos, hojas de papel usado: U.S. Environmental Protection Agency. U.S. Nacimiento de la industria del reciclaje de papel y árboles ahorrados: Conservatree.



# La Antártida y el cambio climático

El derretimiento reciente de los hielos del planeta agravará el impacto del calentamiento.

Por Andrew Monaghan



Un iceberg separado de la Antártida se aproxima a las costas de Nueva Zelanda

Visitar la Antártida es una experiencia increíble y casi sobrenatural. Icebergs más grandes que ciudades. Glaciares con grietas en las que cabría un estadio de fútbol. Una capa de hielo flotando del tamaño de Francia. Una capa de hielo más gruesa en algunas regiones que 10 rascacielos como el Empire State apilados uno encima de otro. Al mismo tiempo que la enormidad están los extremos: de los siete continentes, la Antártida es el lugar más frío, el más alto, el más seco y el más ventoso, y por supuesto el que tiene más hielo. Añada el “más remoto”, y queda claro por qué ha sido todo un desafío sonsacar el registro climático de este vasto continente.

La geografía y la topografía son primordiales a la existencia de las capas de hielo antárticas. La Antártida está situada sobre el polo sur, lo que quiere decir que recibe menos energía del sol en el curso del año que cualquier otro continente debido a la inclinación de la Tierra con respecto al sol. Además, aproximadamente el 80 por ciento de la luz del sol que llega a la Antártida es reflejada por la superficie helada. Está aislado del resto del globo por el vasto océano del sur, que lo rodea con un manto de hielo y agua y que permite que un perpetuo cinturón de vientos del oeste rodee el continente como una cortina gigantesca. La agreste topografía

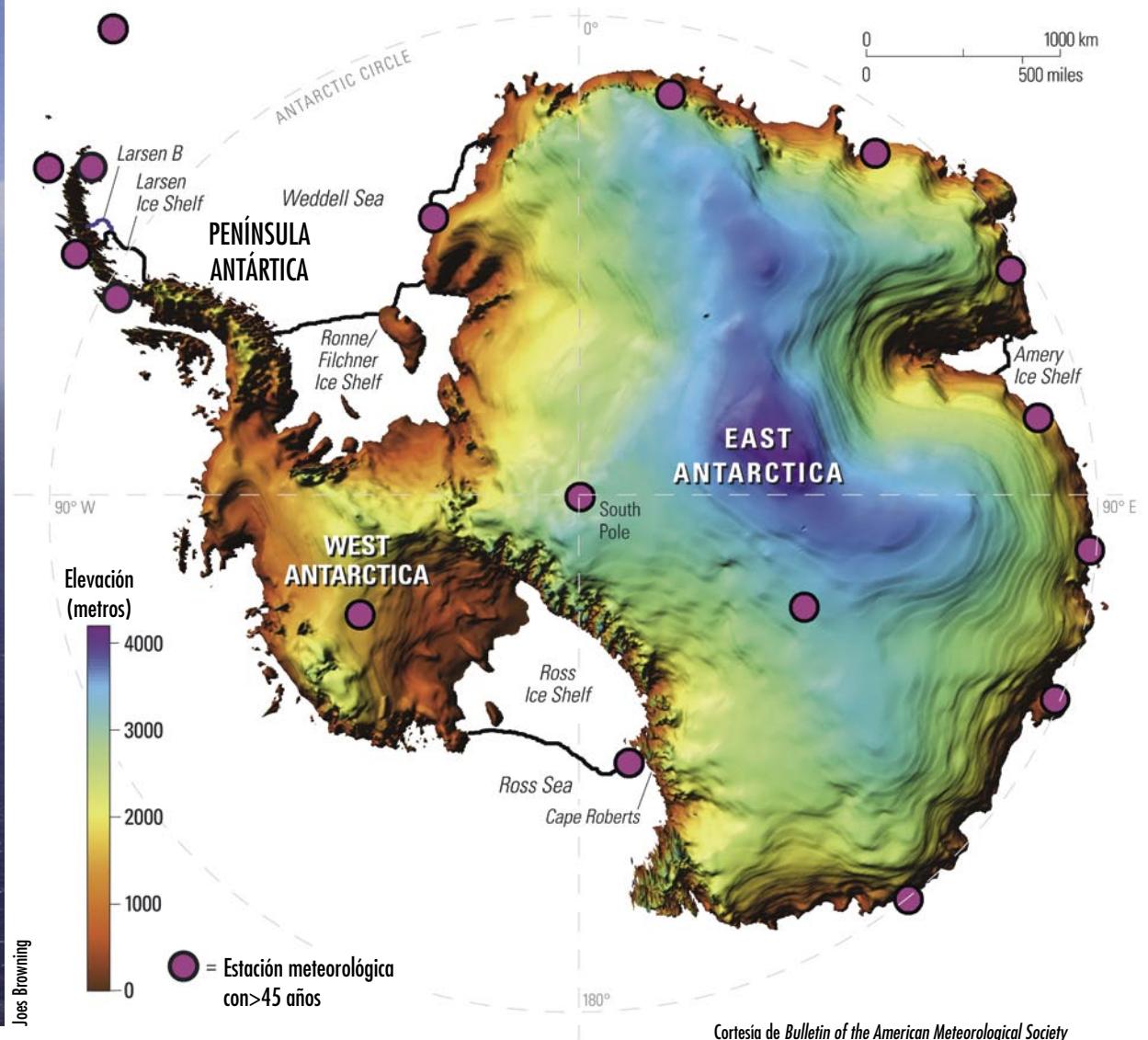
a lo largo de gran parte de la costa antártica actúa como una barrera frente a los intensos ciclones que de otra forma transportaría aire tibio y húmedo hacia el interior, y por lo tanto, un desierto polar inmenso, vasto e increíblemente seco para un lugar que consiste en agua congelada, existe en el interior del continente.

La forma de la Antártida es relativamente simétrica comparada con los otros continentes: un círculo desigual con la topografía más alta ubicada cerca del centro, inclinado hacia el océano por todos los lados. La fría y gruesa capa de hielo actúa como un sumidero de calor, y el aire más frío de las elevaciones más altas pasa a las más bajas debido a su mayor densidad. Por turno, el aire denso genera los vientos persistentes que circulan por el terreno inclinado hacia los bordes del continente. Por lo tanto, la Antártida misma tiene un papel muy importante en determinar, y perpetuar, su propio clima (ver el mapa). Sin embargo, ese clima parece estar cambiando, y su destino es crítico para el resto de la tierra.

## Tres capas para los vientos

La Antártida se puede dividir en tres regiones: la Antártida Oriental, la Antártida Occidental, y la Península Antártica





Cortesía de *Bulletin of the American Meteorological Society*

(ver el mapa). La Antártida Oriental representa el 75% de la superficie y es ligeramente más grande que Estados Unidos. Está cubierta por la Capa de Hielo de la Antártida Oriental (EAIS, por las siglas en inglés). La EAIS es increíble, llegando a una profundidad de más de 4.000 metros en su vértice y acumulando el equivalente de agua a 60 metros del nivel del mar en todo el mundo. (El centro de hielo más profundo de la Tierra se perforó recientemente en la EAIS, recogiendo la evolución del clima en los últimos 800.000 años). De la misma manera que todas las capas de hielo, la masa total de agua congelada de EAIS es el resultado del balance entre el crecimiento de hielo debido a las nevadas, y la pérdida de hielo por el derretimiento en los bordes y la fractura de los icebergs. Los cambios en el “balance de masa” del hielo preocupan a los científicos debido a las implicaciones para el nivel del mar. Si la capa de hielo crece, baja el nivel del mar debido al almacenamiento adicional de agua congelada; si disminuye, aumenta el nivel del mar. Los cálculos recientes de las fluctuaciones de EAIS indican que el balance está en equilibrio.

La capa de hielo de la Antártida Occidental (WAIS), del tamaño de Groenlandia, representa aproximadamente el

Modelo digital de la Antártida. La topografía juega un papel de primer orden en el clima antártico; los mapas de la temperatura anual cerca de la superficie, la acumulación de nieve y la velocidad del viento tienen comportamientos espaciales estrechamente relacionados con la elevación del terreno (azul y morado). Las regiones más frías, secas y menos ventosas están localizadas en las zonas más altas de la Antártida Oriental, mientras que las más cálidas, húmedas y ventosas se localizan generalmente a lo largo de las regiones costeras (naranja y rojo).

20% de la superficie de la Antártida y almacena el equivalente en agua congelada a seis metros del nivel del mar. A pesar de ser sólo el 10% de la EAIS, la WAIS es la capa de hielo que más preocupa a los científicos. ¿Por qué? Primero, porque la elevación media de la WAIS es mucho más baja que la EAIS, y por lo tanto, la WAIS es más propensa a la penetración tierra adentro de los frecuentes ciclones que rodean el continente y transportan aire caliente y húmedo de latitudes más bajas. Si estos ciclones se hacen más frecuentes o más intensos, como predicen muchos modelos del clima futuro, la WAIS se calentará.

Segundo, y más importante, la WAIS es una capa de hielo con base en el mar. A diferencia de EAIS, la parte inferior de WAIS queda por debajo del nivel del mar, y por lo tanto el agua del océano está constantemente en contacto con los



Keith Vanderlinde, National Science Foundation

Paisaje característico de la Antártida Oriental. El lecho de roca está a más de 3,2 kilómetros debajo de la superficie.

bordes de WAIS. Los estudios de las respuestas de las capas de hielo con base en el mar a las fluctuaciones del pasado indican que pueden retirarse rápidamente cuando aumentan las temperaturas del océano debido al derretimiento de las capas en contacto con el mar. (El océano es eficaz para derretir el hielo porque el agua tiene una gran capacidad para almacenar y transportar el calor). Además, el agua de océano puede penetrar debajo de la capa de hielo, lo que puede acelerar la fusión y conducir a una mayor inestabilidad. En los últimos años se cree que el calentamiento del océano es la causa del desprendimiento de varios de los glaciares de la WAIS. La WAIS se está reduciendo y, por lo tanto, contribuye al aumento del nivel del mar.

La tercera región, la Península Antártica, es como un dedo del tamaño de California que se proyecta en dirección norte en el océano. La península representa el 4% de la Antártida y tiene un clima templado influido por el océano que la rodea por tres lados. La mitad norte de la península abarca latitudes análogas a Escandinavia en el Hemisferio Norte, y las temperaturas frecuentemente llegan al punto de fusión durante los meses de verano. El paisaje en gran parte es glacial, y la espina dorsal montañosa que define el norte de la península se caracteriza por glaciares alpinos como los encontrados en Noruega o Alaska. El volumen de hielo de la península antártica es pequeño comparado con el de WAIS y EAIS. Sin embargo, debido al calentamiento y otros factores, la retirada de los glaciares está extendida y colabora al

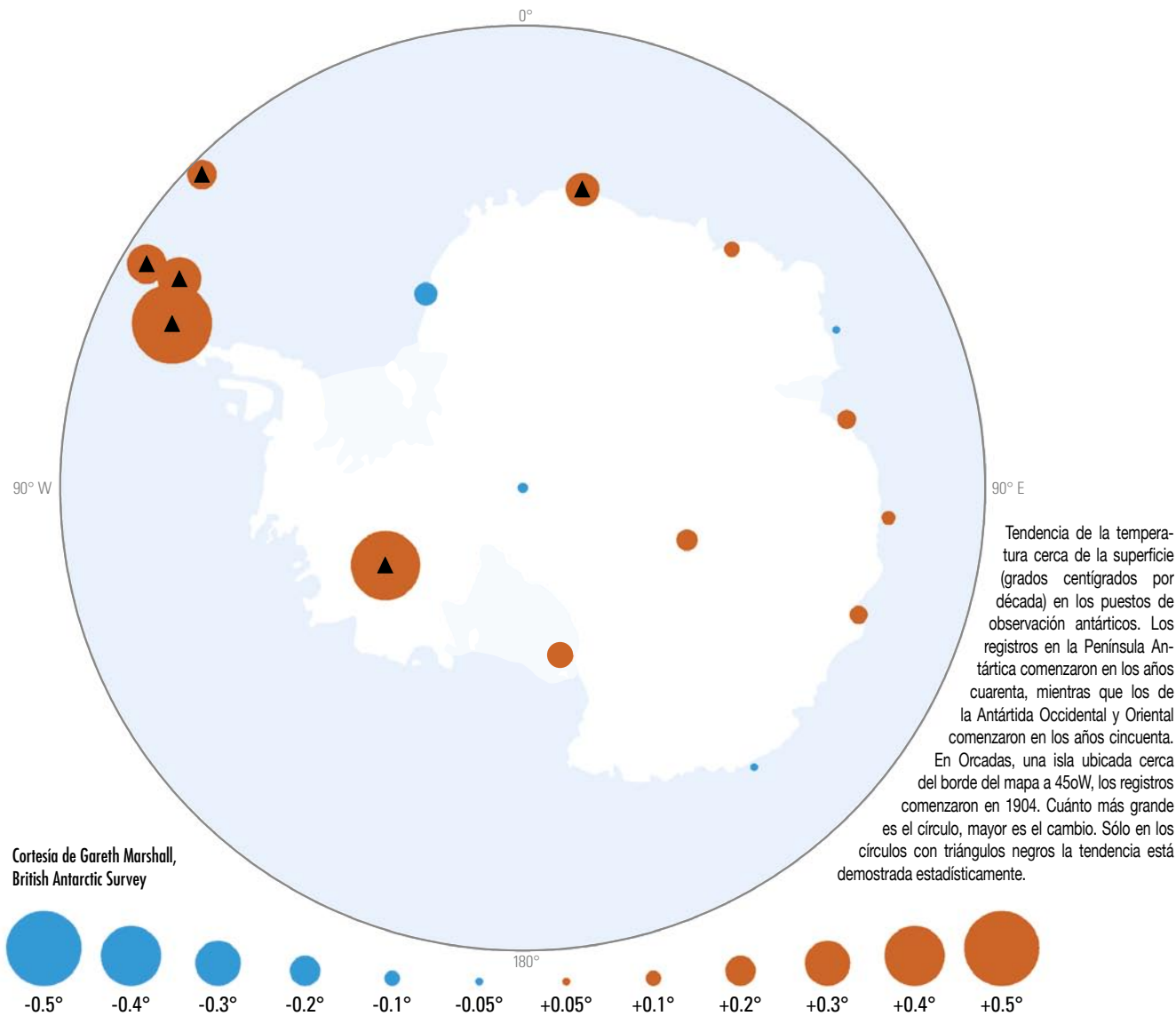
aumento del nivel del mar. Pero quizás lo más alarmante es que los informes recientes indican que el modelo de retroceso de los glaciares se está extendiendo hacia el sur de la Antártida continental y la WAIS.

## Tendencias de la temperatura

Las tendencias de la temperatura cerca de la superficie se utilizan ampliamente como un indicador del cambio climático, en parte debido a la amplia disponibilidad de registros durante largos periodos. En contraste con los aumentos generalizados de los registros mundiales, la temperatura apenas ha variado en la Antártida Oriental desde los años cincuenta. En la Antártida Occidental, donde algunos grandes glaciares se han acelerado durante la década anterior, los registros de temperatura de la superficie son escasos, y las mediciones de satélite son poco fiables debido a los problemas que surgen debido a la nubosidad.

Para llenar los vacíos, los registros de los isótopos de oxígeno recogidos en muestras de hielo del WAIS se han empleado para reconstruir las temperaturas antárticas occidentales, indicando que la región probablemente se ha calentado en unos dos grados desde 1950. Y, además, los registros muestran que las grandes fluctuaciones de temperatura en la Antártida Occidental están relacionadas con las



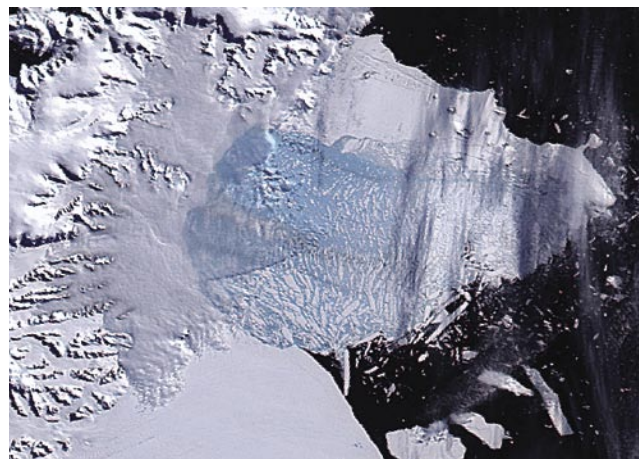


temperaturas del océano en los trópicos, indicando que el WAIS es mucho más vulnerable a los cambios del clima que su homóloga antártica del este más alta y más seca. El calentamiento de la WAIS es compatible con los grandes aumentos de la temperatura en la península antártica adyacente, donde los registros dan resultados muy fiables. Los aumentos de temperatura de hasta 3o C desde 1950s están entre los más grandes de la Tierra. El calentamiento de la Península se cita como causa de la dramática desintegración del glaciar Larsen B en 2002, del tamaño de Rhode Island, que existía desde hace unos 10.000 años, según se deduce de los sedimentos oceánicos.

La irregular tendencia de la temperatura sobre las superficies de la región antártica durante el último medio siglo, sin apenas cambios en la región oriental y un fuerte calentamiento en la Península que se extiende hacia el interior sobre la WAIS, se atribuye en parte al reforzamiento del cinturón de los vientos del oeste que rodea el continente y se denomina Modo Anular del Hemisferio Sur. Este “donut” de los vientos se extiende desde la superficie a más de 20 kilómetros de altura. La fuerza de los vientos está determinada por el gradiente de la temperatura atmosférica (la diferencia en las temperaturas) entre las latitudes medias y tropicales y

la región polar sur. El gradiente ha aumentado durante ciertas estaciones en los últimos años, reforzando los vientos.

Sobre la Antártida Oriental, los fuertes vientos del oeste contrarrestan los vientos predominantes procedentes del continente y que soplan parcialmente hacia el este debido a



5 de marzo de 2002: la gran área azul muestra dónde el antes sólido casquete de hielo Larsen B se ha roto en icebergs.

<http://visibleearth.nasa.gov/>

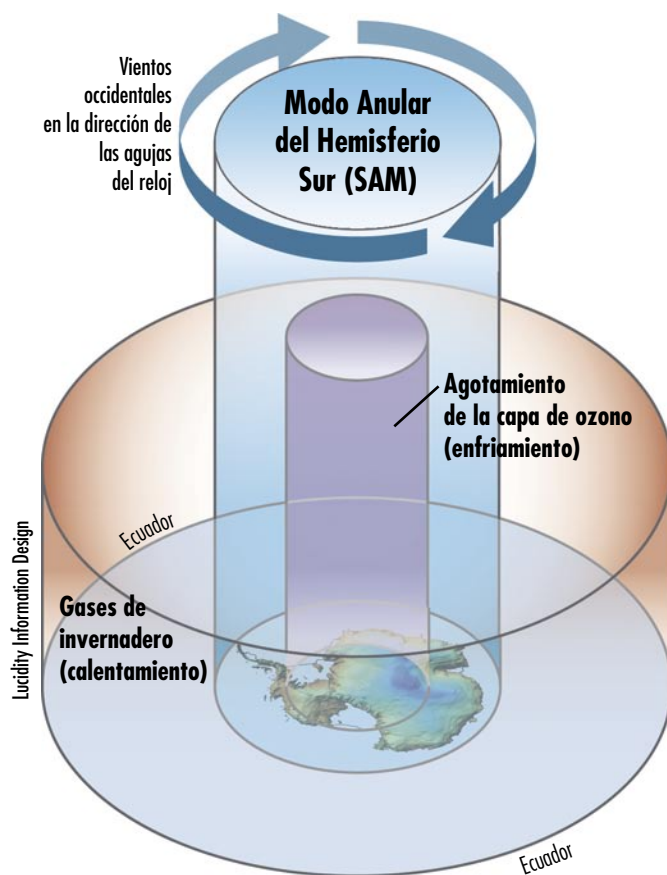




Hannes Grobe, Alfred Wegener Institute

**Arriba:** Vista cerca del Cabo Roberts en el Mar de Ross. Las Montañas Transantárticas van del Mar de Ross al Mar de Weddell, dividiendo la Antártida Occidental y Oriental.

**Izquierda:** Esquema del Modo Anular del Hemisferio Sur (SAM) sobre la Antártida (no está a escala).



la rotación de la tierra (el efecto Coriolis). El resultado es el debilitamiento de los vientos cerca de la superficie. Por contra, los vientos más débiles tienen menos capacidad para erosionar la fuerte inversión de temperaturas sobre la superficie antártica (la capa de aire muy frío justo encima del hielo antártico). Los vientos más débiles no pueden mezclar el aire relativamente tibio encima de la inversión hacia la superficie tan eficientemente como lo hicieron antes, y por lo tanto, la superficie de la Antártida Oriental no se ha calentado como lo habría hecho.

Sobre la Península Antártica y la WAIS, los impactos del reforzamiento de los vientos del oeste en las temperaturas cercanas a la superficie parecen ser más variables comparado con la EAIS. El SAM, por ejemplo, ha aumentado el calentamiento del verano en la parte oriental de la Península al aumentar la presencia de los vientos relativamente cálidos que descienden de las laderas de las montañas cercanas; por otro lado, ha sofocado ligeramente el calentamiento en la parte occidental, por razones aún no bien comprendidas. En general, el efecto del SAM sobre el cambio de las temperaturas sobre la Península Antártica y la WAIS ha sido más débil que para la EAIS. Por lo tanto, hay otras causas que tienen un papel prominente. Estudios recientes indican que el efecto invernadero también contribuye al calentamiento de la Península Antártica.

Para determinar la causa de las tendencias presentes y futuras de la temperatura reciente en la Antártida es crítico que los científicos comprendan porqué ha aumentado el gradiente latitudinal de la temperatura y se ha reforzado el SAM. Esto es especialmente cierto para la EAIS, con mucho la región más grande de la Antártida, y dónde el SAM ejerció una gran influencia sobre la variabilidad del clima. Los estudios que usan modelos informáticos de la atmósfera indican que el SAM es atribuible en parte a causas humanas, incluyendo el aumento de las concentraciones de gases de invernadero y a la reducción del ozono sobre la Antártida debido a los clorofluorocarburos. La formación del “agujero” de ozono sobre la Antártida cada primavera reduce la absorción de la energía solar y enfría las capas altas de la atmósfera. El efecto invernadero ha ocasionado un calentamiento neto de las capas medias y bajas de la atmósfera. Las fluctuaciones internas (principalmente naturales) en el sistema del clima, como las fluctuaciones de la temperatura del océano, también tienen un papel clave en el SAM.

## Aumento del nivel del mar

Se desconoce si el SAM continuará fortaleciéndose en las próximas décadas, debido a la incertidumbre sobre la relativa importancia de los gases de invernadero, el ozono y la variabilidad interna del sistema de clima antártico, y cómo puede cambiar cada factor. Desconocemos, por ejemplo, cuán rápidamente aumentarán los gases de invernadero durante el siglo XXI debido a los cambiantes factores políticos y sociales. Tampoco está claro cuán rápidamente se recuperará el agujero en la capa de ozono como consecuencia del Protocolo de Montreal para eliminar progresivamente las sustancias químicas que destruyen el ozono. Sin embargo, las cantidades de ozono mínimas anuales durante la primavera, que definen el agujero en la capa de ozono, se han estabilizado durante la última década, y durante el mismo periodo el reforzamiento del SAM se ha debilitado. Todavía se desconoce si es atribuible a la coincidencia, pero si continúa la tendencia del SAM a debilitarse (o a dar marcha atrás), los otros factores que en las últimas décadas han tenido un papel secundario respecto al SAM, pueden jugar un papel más determinante en la evolución de las temperaturas en la Antártida. Éstos incluyen al efecto directo de calentamiento de los gases de invernadero, la posible reducción del hielo del mar, el albedo y el aumento de las temperaturas del océano cerca de la Antártida y en los trópicos. Ya hay pruebas del calentamiento en la Antártida cuando desaparece o disminuye el SAM; un estudio reciente descubrió un aumento de la temperatura en la atmósfera media (sobre la superficie antártica) desde comienzos de la década de los setenta durante el invierno, una estación en la que el SAM se debilita.

Conseguir comprender la magnitud y la extensión del cambio climático antártico durante el siglo XXI es una prioridad de los científicos, en gran parte debido a las implicaciones sobre el aumento del nivel del mar y el subsiguiente

Cortesía Eric Cravens (USGS/NICL, 2007)



Análisis de un corazón del Casquete Polar de la Antártida Occidental.

## El desafío de determinar las tendencias del clima antártico

Una red de 17 estaciones proporciona los datos del clima de la Antártida desde mediados de los años cincuenta, cuando se impulsó la investigación en el marco del Año Geofísico Internacional. Aunque puede parecer un número razonable, hay que tener en cuenta que la Antártida es 1,5 veces más grande que Estados Unidos, y que la mayoría de las estaciones están a lo largo de la costa. El equivalente en EE UU será tener 5 estaciones en la costa oriental y otras 5 en la occidental, pero sólo una estación en el interior, a pesar de la diversidad de climas. De hecho, hay 350 estaciones en EE UU.

El problema de elucidar el cambio climático a partir de unos pocos datos en la Antártida se ve agravado por el escaso periodo de las mediciones. Mientras que en los otros seis continentes hay datos desde al menos cien años, en la Antártida sólo existen desde hace 50 años, que se ven agravados por la variabilidad anual, que es mayor que en otros continentes. En la Antártida es todo un desafío extraer las “señales” del cambio climático del “ruido” de los datos escasos.

La escasez de información ha inspirado a los científicos a desarrollar técnicas innovadoras para investigar la variabilidad del clima de la Antártida. Los datos químicos de las muestras de hielo de las capas anuales documentan la historia del clima en la Antártida durante los pasados cientos de miles de años, proporcionando información para analizar la escala y la magnitud del cambio climático actual. Los satélites durante las últimas décadas han permitido a los científicos analizar los cambios en el hielo en el mar y sus movimientos en la Antártida, en regiones dónde no hay observaciones directas. Los avances en los modelos numéricos con potentes ordenadores del océano, el hielo sobre el mar, la atmósfera y la superficie, proporcionan nuevos instrumentos para conocer los mecanismos que impulsan el clima polar.

El Tratado Antártico ha impulsado la colaboración ambiental entre países, lo que ha permitido coordinar la recogida de información, que de otra forma no habría sido posible acometer. La colaboración y la innovación permiten mejorar la comprensión de la variabilidad climática y el cambio en la Antártida.





Glenn Grant, National Science Foundation

Estación Palmer, cerca de la costa de la Península Antártica en la isla de Anvers. Es uno de los tres centros de investigación del programa antártico de EE UU.

impacto sobre áreas costeras muy pobladas. Durante el siglo veinte, el nivel del mar aumentó en unos 18 centímetros. Sin embargo, durante la última década, como consecuencia del aumento del calentamiento y el retroceso de los glaciares en Groenlandia y en la Antártida Occidental, se ha acelerado el aumento del nivel del mar. Por lo tanto, las proyecciones del aumento del nivel del mar durante el siglo XXI son más altas que las del siglo veinte, pero el rango de los cálculos aproximados varía mucho porque la respuesta de las capas de hielo no se conoce bien.

El aumento de las nevadas sobre las capas de hielo atribuible al calentamiento del planeta es un factor que contribuye a la incertidumbre sobre las proyecciones del aumento del nivel del mar. Más nieve quiere decir que la EAIS y la WAIS crecerán más rápidamente, y compensarán en parte la pérdida de hielo en los bordes de la Antártida debido al calentamiento de la atmósfera y al aumento de las temperaturas del océano. Además, la actual generación de modelos climáticos, empleada por el IPCC para prever el clima futuro, no incluye los efectos del cambio climático sobre los hielos polares, lo que ha ocasionado un debate considerable sobre si el aumento del nivel del mar previsto por el IPCC en el siglo XXI (de 18 a 59 centímetros) es demasiado bajo. Un conjunto de pruebas indica que las capas de hielo responden rápidamente al cambio climático, contribuyendo al aumento del nivel del mar. Por lo tanto, algunos científicos aseveran que el aumento del nivel del mar a finales del siglo XXI será

mucho más alto, quizás no menos de 80 a 200 centímetros. Y no se basan sólo en el hecho de que los modelos del clima del IPCC no simulan los procesos que afectan a las capas de hielo. Los registros del clima del pasado indican que durante el último periodo interglaciario, hace unos 130.000 años, el nivel del mar fue varios metros más alto durante el periodo en el que las temperaturas medias mundiales eran sólo algunos grados más que ahora. Los modelos del IPCC prevén que el clima mundial será de 3 a 4°C más al final del siglo XXI.

Aunque la magnitud es discutible, hay un amplio acuerdo de que el nivel del mar continuará aumentando durante el siglo XXI. Más de 100 millones de personas viven a menos de un metro sobre el nivel del mar, muchas de ellas en países en desarrollo con poca capacidad para afrontar el problema. Las acciones por parte de los países industrializados para reducir las emisiones de gases de invernadero serán un ejemplo para los países en desarrollo y serán un paso importante para mitigar los impactos de las capas de hielo sobre el aumento futuro del nivel del mar y sobre los seres humanos.

Andrew Monaghan es un científico atmosférico del Centro Nacional para la Investigación Atmosférica en Boulder, Colorado.