

LO QUE PASA EN EL ÁRTICO

NO SE QUEDA EN EL ÁRTICO

JUNIO 2016

Informe Técnico del laboratorio de investigación de Greenpeace
(resumen) No. 04-2016

Autora: **Kirsten Thompson**

Informe técnico del laboratorio de investigación de Greenpeace (resumen) No. 04-2016

Date: **June 2016**

Diseño y maquetación: **Cristina Jardón, Graphic Inside**
Infografía, pág. 12/13: **Prodigioso Volcán**
Foto portada: © **Rasmus Törnqvist / Greenpeace**



CONTENIDOS

1.0 RESUMEN	4
2.0 INTRODUCCIÓN	6
3.1 El efecto albedo: un mecanismo de retroalimentación imparable	8
3.2 La liberación de carbón orgánico de los glaciares, el manto de hielo, el permafrost y los hidratos de metano.	8
3.0 ¿POR QUÉ LA DISMINUCIÓN DEL MANTO DE HIELO MARINO ÁRTICO AFECTA AL SISTEMA CLIMÁTICO MUNDIAL?	8
3.3 Un cambio en los patrones de circulación oceánica	9
3.4 Un cambio en la circulación atmosférica mundial	10
4.1 Cambios en las temperaturas mundiales Veranos calurosos en Estados Unidos y Canadá	14 14
4.0 LOS CAMBIOS EN EL ÁRTICO NO SE QUEDAN EN EL ÁRTICO: INDICIOS Y PROYECCIONES	14
El calentamiento del mar Mediterráneo y Asia Oriental	15
Inviernos fríos y más nieve	15
4.2 Cambios en la precipitación ¿Veranos lluviosos en el norte de Europa? ¿Sequías en América del Norte y Asia Oriental?	16 16 16
4.3 Subida del nivel del mar	17
4.4 Climas extremos	17
4.5 ¿Más incendios en la tundra ártica?	19
5.0 CONCLUSIONES	20
6.0 LAS DEMANDAS DE GREENPEACE	22

1.0 RESUMEN

El ecosistema ártico se calienta más del doble de rápido que el resto de regiones del mundo. Durante los últimos 30 años el área total de hielo marino ártico ha disminuido en verano, esto significa que ha aumentado de manera significativa el intercambio de calor entre el océano Ártico y la atmósfera circundante. El medio ambiente Ártico es esencial para los sistemas climáticos mundiales, este mayor flujo de calor no sólo provoca cambios importantes en los ecosistemas locales del Ártico también afecta a los sistemas climáticos de todo el mundo.

A pesar de los esfuerzos científicos para comprender los cambios climáticos de esta lejana región, debido en parte a la alta complejidad de los procesos subyacentes la investigación está todavía en pañales. Sin embargo, hay indicios que señalan la existencia de una relación causal entre la pérdida del manto de hielo ártico y el cambio en los patrones de circulación atmosférica, la circulación oceánica y los gradientes térmicos del hemisferio norte. Es difícil establecer qué efectos tendrán estos cambios, pero aquellos años en que el Ártico ha sido especialmente caluroso se han observado patrones meteorológicos persistentes y anómalos. Según se caliente el Ártico y retroceda el hielo, los mecanismos de retroalimentación, entre ellos una menor capacidad de reflexión

del hielo (albedo) y la liberación de los peligrosos gases de efecto invernadero de su largo almacenamiento en el permafrost ártico, provocaran un aumento del cambio climático mundial.

Tanto los estudios de observación como los de modelización indican que según desaparezca el hielo terrestre ártico (el hielo de los glaciares) es probable que suba el nivel del mar y cambien los patrones climáticos del hemisferio norte. Los efectos probablemente varíen por zona geográfica, algunas sufrirán veranos más calurosos y secos, otras veranos más lluviosos mientras que en otras los inviernos serán más fríos y habrá más tormentas. Es probable que el cambio en los patrones de circulación atmosférica, entre ellos un cambio en la trayectoria de la corriente del Golfo, así como un "bloqueo" de las ondas atmosféricas planetarias contribuyan a estos cambios climáticos extremos. Igualmente es probable que los episodios meteorológicos extremos sean más comunes en el futuro, habrá más probabilidad de sufrir olas de calor, inundaciones y tormentas muy intensas. Este informe relata brevemente cómo el aumento en las temperaturas del Ártico provoca cambios climáticos en otras partes del mundo y enumera las pruebas científicas actuales relativas a los procesos que subyacen bajo estos cambios.

El Círculo Polar Ártico supone alrededor del 6% de la superficie terrestre pero sin embargo no cuenta con ninguna protección internacional legalmente vinculante. Greenpeace exige que se protejan urgentemente los ecosistemas del Ártico mediante una red de protección que gestione de forma activa y adecuada la explotación e invasiones a las que está sometido el Ártico.



Foto: © Rose+Sjölander/ Greenpeace

2.0 INTRODUCCIÓN

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) describe un **cambio climático abrupto** como un cambio a gran escala en el sistema climático que se engendra en unas décadas o menos, perdura (o se prevé que perdure) al menos unas décadas y ocasiona alteraciones en los sistemas humanos y naturales.¹

El cambio climático abrupto es una realidad para todos nosotros. El hielo del Ártico, la criosfera del norte del planeta, es parte integral de los sistemas climáticos de la Tierra y ha sufrido grandes cambios durante el último siglo.

En las últimas décadas la región ártica se ha calentado más del doble de rápido que el resto de regiones del mundo. El Ártico es además más sensible a los efectos del calentamiento global, lo que se ha venido a denominar *amplificación ártica*.² El IPCC estableció con un *grado de confianza muy alto* que en los últimos

30 años la extensión del hielo marino ártico ha disminuido un mínimo de entre 3,5-4,1 % por década.¹ Este cambio es mayor durante el verano y otoño cuando el manto de hielo disminuye un 50% desde que se obtienen datos de los satélites. El grosor medio del hielo ártico en el verano ha disminuido alrededor del 40%, lo que supone un 75-80% de pérdida de volumen.^{3, 4} Igualmente se ha determinado que la temperatura superficial del mar en esta región es la más alta de los últimos 1450 años.¹ La causa de este calentamiento es el aumento de la concentración de distintos gases de efecto invernadero, esto provoca un calentamiento de los océanos del mundo y cambios en los patrones climáticos lo que significa más aire húmedo caliente en el Ártico durante el verano.^{5, 6}

La pérdida del manto de hielo marino

1 Stocker et al. (2013). Technical Summary. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

2 Cohen et al. (2014). Recent Arctic amplification and extreme mid-latitude weather. *Nature Geoscience* 7: 627-637.

3 Kwok, R. & Rothrock, D. A. (2009). Decline in Arctic sea ice thickness from submarine and ICESat records: 1958–2008. *Geophysical Research Letters* 36: L15501.

4 Overland, J. E., Wang, M., Walsh, J. E. & Stroeve, J. C. (2014). Future Arctic climate changes: adaptation and mitigation timescales. *Earth's Future* 2: 68–74.

5 Vihma, T. (2014). Effects of Arctic sea ice decline on weather and climate: A review. *Survey Geophysics* 35: 1175-1214.

6 Marshall, J. et al. (2014). The ocean's role in polar climate change: asymmetric Arctic and Antarctic responses to greenhouse gas and ozone forcing. *Philosophical Transactions of the Royal Society A* 372: 20130040.

ártico no sólo sirve como indicador del cambio climático a nivel mundial, también es vital ya que es un sistema de retroalimentación positivo importante que afecta a otras partes del planeta. El hielo marino actúa como una manta aislante, reduciendo el intercambio de calor y agua entre la atmósfera y el océano (y la generación de olas). El hielo es muy reflectante y el albedo de esta superficie sirve para reflejar la energía del sol de vuelta a la atmósfera contribuyendo así al enfriamiento. Cuando se derrite el hielo marino esta superficie reflectante es sustituida por una superficie oceánica relativamente oscura, esto supone que se reduce la cantidad de luz solar reflejada. Cuando menos luz solar se refleja más calor absorbe el planeta lo que hace menos probable que se vuelva a formar hielo en la región del Ártico. El carbono negro que se produce por ejemplo por la combustión incompleta de gas o las emisiones de las máquinas de los barcos, aumenta los efectos del cambio climático ya que oscurece el hielo y hace más probable que éste se derrita. Por tanto, controlar las actividades que se realizan tanto en el Ártico como el resto del planeta y son fuentes de carbono negro será parte esencial de las estrategias para reducir la velocidad a la que se derrite el hielo.⁷

Algunos estudios prevén que para 2050 la región ártica no tendrá hielo marino durante el verano.⁸ Aunque dicha región es relativamente lejana, si el mar que lo rodea no tiene hielo será más fá-

7 Sand et al. (2013). The Arctic response to remote and local forcings of black carbon. *Atmospheric Chemistry and Physics* 13: 211-224.

8 Overland, J. E. & Wang, M. (2013). When will the summer Arctic be nearly ice free? *Geophysical Research Letters* 40: 2097-2101.

cil acceder a sus muchos recursos: petróleo, gas, recursos pesqueros y rutas marítimas. Estas actividades humanas ya suponen una amenaza para el Ártico y crecerán según disminuya la extensión de hielo, esto supondrá que los ecosistemas locales estarán sometidos a graves amenazas. Es probable que el aumento de temperaturas provoque cambios importantes en los ecosistemas, muchos de los hábitats de las especies árticas cambiarán lo que permitirá que especies foráneas no deseadas migren al norte.

Además de los cambios "locales" que impactarán directamente sobre la biodiversidad del Ártico y sus medios de vida, habrá cambios "remotos" que afectarán a distintas partes del planeta. Como es sabido el cambio climático afecta tanto al clima como a los ecosistemas del Ártico, sin embargo cada vez hay más pruebas que vinculan la desaparición de los mantos de hielo polares con los cambios sufridos en otras partes del mundo. Los mecanismos detrás de estos cambios a gran escala no se conocen en profundidad pero últimamente los trabajos se están centrando en intentar comprenderlos.



Foto: © Nick Cobbing / Greenpeace

3.0 ¿POR QUÉ LA DISMINUCIÓN DEL MANTO DE HIELO MARINO ÁRTICO AFECTA AL SISTEMA CLIMÁTICO MUNDIAL?

3.1 EL EFECTO ALBEDO: UN MECANISMO DE RETROALIMENTACIÓN IMPARABLE

Las observaciones por satélite del hielo marino ártico durante los últimos 30 años demuestran que la región tiene visiblemente un color más oscuro debido a la pérdida de hielo y a una menor capa de nieve.⁹ Según disminuye el albedo del planeta aumenta la cantidad de energía solar que recibe el océano Ártico. Pistone et al. (2014) cuantificaron que la pérdida media de albedo en el mundo es equivalente a un forzamiento que supone el 25% de los efectos atribuibles a cambios en los niveles de dióxido de carbono. Este efecto es mucho mayor del que se pensaba con anterioridad y confirma la urgente necesidad de gestionar los niveles de carbono negro procedentes de barcos y de las combustiones incompletas de las plataformas petrolíferas.

9 Pistone, K., Eisenman, I., Ramanathan, V. (2014). Observational determination of albedo decrease by vanishing Arctic sea ice. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111: 3322-3326.

3.2 LA LIBERACIÓN DE CARBÓN ORGÁNICO DE LOS GLACIARES, EL MANTO DE HIELO, EL PERMAFROST Y LOS HIDRATOS DE METANO.

El manto de hielo polar y los glaciares, tanto del Ártico como del Antártico, cubren alrededor del 11% del área total de la Tierra mientras que las regiones permafrost (tierras congeladas) árticas y subárticas suponen alrededor del 25% de la Tierra.^{10, 11, 12} En conjunto estas extensas áreas albergan no sólo una enorme cantidad de agua (entre los mantos de hielo y los glaciares almacenan alrededor del 70% del agua dulce del planeta) sino también grandes cantidades de gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono y el metano. Se prevé que durante los siguientes siglos según se caliente el Ártico se liberen estos depósitos de carbono ya sea de forma gradual o periódica. Muchos modelos climáticos no han valorado debidamente estos depósitos de carbono, debido a esto es posible que el cambio

10 Hood et al. (2015). Storage and release of organic carbon from glaciers and ice sheets. *Nature Geoscience* 8: 91-96.

11 Schuur et al. (2015). Climate change and the permafrost carbon feedback. *Nature* 520: 171-179.

12 Nelson, F.E., Anisimov, O.A., Shiklomanov, N.I. (2002). Climate change and hazard zonation in the circum-Arctic permafrost regions. *Natural Hazards* 26: 203-225.

climático progresa de forma más rápida de lo previsto por los científicos.¹¹

Los hidratos son estructuras cristalinas que encierran gases como el metano. Estas estructuras se forman durante largas escalas temporales geológicas en ambientes de bajas temperaturas y altas presiones como los sedimentos de la orilla de la plataforma continental. El medio ambiente ártico es un gran depósito mundial de hidratos de metano submarino ya que los almacena tanto en el talud como en la poca profunda plataforma continental.¹³ Los hidratos son sensibles a los cambios de temperatura, la profundidad y las perturbaciones resultantes de las tormentas.¹⁴ Según se derrite el permafrost submarino, el metano sube en burbujas a la superficie liberando carbono adicional a la atmósfera. En zonas poco profundas (< 50 metros de profundidad) esto supone una ruta directa para que el carbono llegue a la atmósfera así como para que las tormentas destruyan la estratificación, o capas, de la columna de agua creando una mayor mezcla que provoca más liberación de metano.¹⁴

13 Dlugokencky et al. (2011). Global atmospheric methane: budget, changes and dangers. *Philosophical Transactions of the Royal Society A* 369: 2058-2072.

14 Shakhova et al. (2014). Ebullition and storm-induced methane release. *Nature Geoscience* 7: 64-70.

3.3 UN CAMBIO EN LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN OCEÁNICA

El manto de hielo de Groenlandia se derrite a un paso acelerado (Gráfico1).^{15, 16, 17} Según se registró en 2016 este hecho empezó antes y fue más extremo que nunca.¹⁸ Una de las consecuencias de este derretimiento es un medio ambiente marino menos salado en algunas áreas por la llegada de agua dulce. Son muchos los datos que indican que el agua dulce está cambiando los patrones de circulación oceánica locales del norte. Es posible que el impacto de esta agua sea mayor y afecte también a los patrones de circulación del Atlántico Norte, no obstante esto es muy difícil de rastrear y cuantificar.¹⁹

Los patrones de circulación oceánica de gran tamaño afectan el recorrido de la corriente del Golfo cuya ruta ha cambiado considerablemente en los últimos años.²⁰ La corriente de Golfo en su trayectoria hacia el norte calienta el

15 Jiang, Y., Dixon, T.H., Wdowinski, S. (2010). Accelerating uplift in the North Atlantic region as an indicator of ice loss. *Nature Geoscience* 3: 404-407.

16 Rignot et al. (2011). Acceleration of the contribution of the Greenland and Antarctic ice sheets to sea level rise. *Geophysical Research Letters* 41: 866-872.

17 Velicogna, I., Sutterley, T.C., van den Broeke, M.R. (2014). Regional acceleration in ice mass loss from Greenland and Antarctica using GRACE time-variable gravity data. *Geophysical Research Letters* 41: 8130-8137.

18 <http://www.scientificamerican.com/article/greenland-melt-season-begins-almost-2-months-early/>

19 Yang et al. (2015). Recent increases in Arctic freshwater flux affects Labrador Sea convection and Atlantic overturning. *Nature Communications* 7: 10525.

20 Sato, K., Inoue, J., Watanabe, M. (2014). Influence of the Gulf Stream on the Barents Sea ice retreat and Eurasian coldness during early winter. *Environmental Research Letters* 9: 084009.

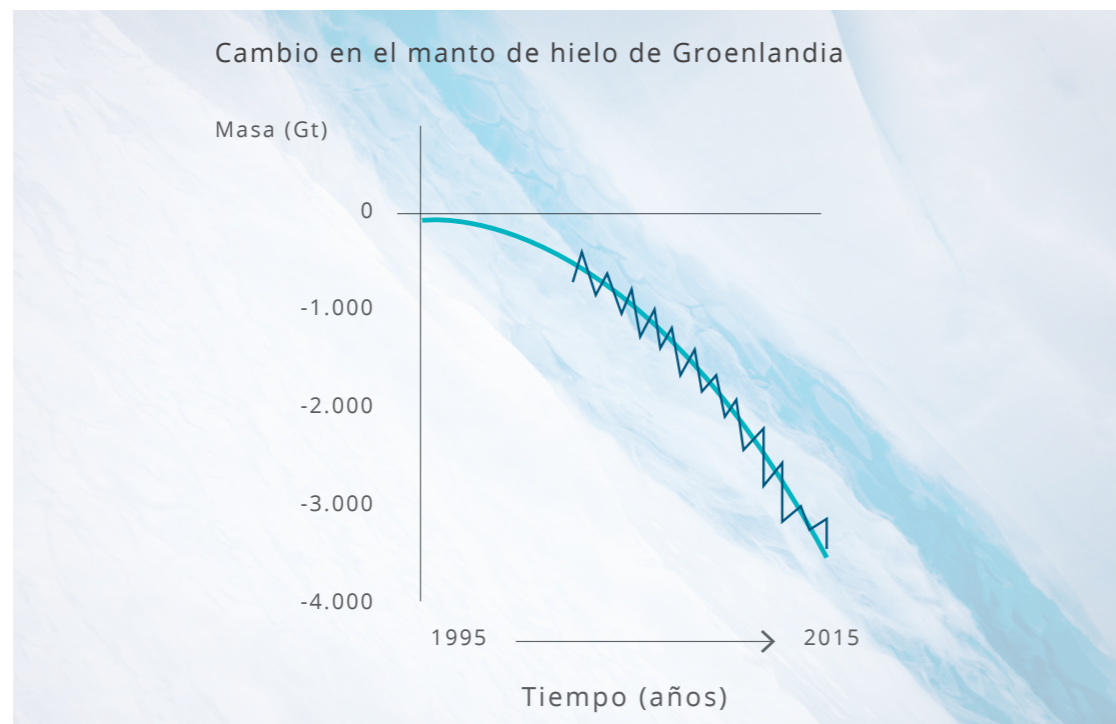


Gráfico 1. El cambio total de masa (en gigatoneladas) del manto de hielo de Groenlandia entre 2002 y 2014 según un modelo que emplea los datos generados por el satélite GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment - Experimento de Clima y Recuperación Gravitatoria). La curva oscura muestra los datos, y la curva azul muestra el mejor ajuste de curvas de la aceleración constante. El tiempo de inicio de la aceleración se determinó cuando el porcentaje de cambio de masa era cero en 1996, la masa se fijó arbitrariamente a cero.¹⁸ Reproducido bajo Creative Commons Attribution 4.0 International, [<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>].

Mar de Barents que en los últimos años ha sufrido unos veranos más calurosos y sin hielo; se piensa que este fenómeno afecta igualmente a otras áreas del hemisferio norte.

3.4 UN CAMBIO EN LA CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA MUNDIAL

Como consecuencia de la rotación de la Tierra el aire que circula alrededor de esta sigue un patrón específico de las ondas planetarias. Estas ondas se ordenan en las capas altas de la atmósfera y determinan tanto los sistemas de pre-

sión como los patrones meteorológicos que experimentamos.

Cuando se derrite el hielo ártico la circulación de la humedad en esta zona afecta a los patrones de las ondas planetarias.²¹ Además según se calienta el Ártico la diferencia entre el gradiente de temperatura del ecuador y el polo es menor. Al parecer esto ralentiza las ondas planetarias en la atmósfera superior lo que da lugar a climas más extremos

²¹ Porter, D. F., Cassano, J. J., Serreze, M. C. (2012). Local and large-scale atmospheric responses to reduced Arctic sea ice and ocean warming in the WRF model. *Journal of Geophysical Research* 117: D11115.

en las zonas templadas del hemisferio norte.²² Otro proceso que tiene lugar es el “bloqueo” de las ondas planetarias lo que provoca un clima más persistente en ciertas zonas, es decir, periodos más largos de bajas o altas presiones.²³

La corriente en chorro es uno de los aspectos más notables de la circulación atmosférica del hemisferio norte, es el “río” en el que crecen las tormentas y se propagan por esta región. Según los modelos climáticos es probable que un

cambio en las condiciones del Ártico afecte a la corriente en chorro, aunque cómo y en qué grado sigue siendo tema de debate.²⁴ Dado los muchos factores involucrados y la falta de conocimiento sobre estos procesos es necesario seguir investigando, pero lo que sí se sabe es que el calentamiento del Ártico es un factor contribuyente.^{25, 26}

²⁴ Barnes, E., Screen, J.A. (2015). The impact of Arctic warming on the midlatitude jet-stream: Can it? Has it? Will it? *WIREs Climate Change* 2015, 6:277–286.

²⁵ Francis, J., Skific, N. (2015). Evidence linking rapid Arctic warming to mid-latitude weather patterns. *Philosophical Transactions of the Royal Society A* 373: 21040170.

²⁶ Sun, L., Deser, C., Tomas, R.A. (2015). Mechanisms of stratospheric and tropospheric circulation response to projected Arctic sea ice loss. *Journal of Climate* 28: 7824–7845.



Foto: © Rasmus Törnqvist / Greenpeace

LO QUE PASA EN EL ÁRTICO NO SE QUEDA EN EL ÁRTICO

INTRODUCCIÓN

El ecosistema ártico se calienta más del doble de rápido que el resto de regiones del mundo. Los estudios de observación y de modelización indican que según desaparezca el hielo terrestre ártico es probable que suba el nivel del mar y cambien los patrones climáticos del hemisferio norte.

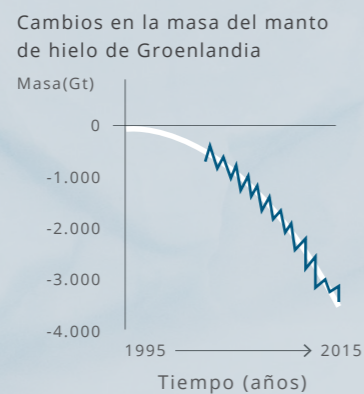
El Círculo Polar Ártico supone alrededor del 6% de la superficie terrestre pero sin embargo no cuenta con ninguna protección internacional legalmente vinculante.

Greenpeace exige que se protejan urgentemente los ecosistemas del Ártico mediante una red de protección que gestione de forma adecuada la explotación e invasiones a las que está sometido el Ártico.

Este mapa muestra lo que ha ocurrido y lo que podría ocurrir en el futuro aunque muchas consecuencias son inciertas.

Cambio en los patrones de circulación oceánica

El manto de hielo de Groenlandia se derrite a un paso acelerado. En 2016 este hecho empezó antes y fue más extremo que nunca. Una de las consecuencias de este derretimiento es un medio marino menos salado por la llegada de agua dulce. Los datos indican que el agua dulce está cambiando los patrones de circulación oceánica locales del Atlántico Norte.



EFFECTO ALBEDO

A la vez que se deshiela el Ártico se reduce la capacidad reflectiva del hielo, lo que se conoce como efecto albedo. Al retirarse el hielo se incrementa el calentamiento al reflejar menos luz solar



CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA

Cambios en los patrones de circulación atmosférica pueden "bloquear" los ciclos meteorológicos favoreciendo las condiciones para que se agudice el clima de manera extrema en lugares concretos.



DESHIELO ÁRTICO



Se han observado inviernos más fríos y nevoso en latitudes medias en Norte América. También periodos secos. Regiones costeras del noroeste del Atlántico experimentarán un incremento del nivel del mar un 30% mayor que en otras áreas del mundo. La década de 2000 a 2010 ha marcado récords de fenómenos climáticos extremos en toda Norte América, como los ciclones más fuertes jamás experimentados en la región.

CÍRCULO POLAR
El calentamiento del Ártico causa aumento del nivel del mar y cambios en la meteorología

En el este de Asia se han observado inviernos más nevosos. Durante los veranos con el Ártico con mínimos de hielo más reducido se ha detectado un incremento de la temperatura de superficie en el este. En Asia la duración de la época de lluvias podría incrementarse y en el este del continente podrían aumentar las sequías.

Se han observado inviernos más fríos en latitudes medias a lo largo de Europa así como veranos húmedos. Entre los años 2000 2010 se registraron récords de clima extremo en toda Europa.

Círculo Polar Ártico



LEYENDA

Algunos de los cambios climáticos asociados potencialmente al calentamiento del Ártico, según la literatura científica actual.

- Círculo polar Ártico
- Veranos más calurosos
- Inviernos más fríos y más nevados
- Aumento del nivel del mar
- ALGUNOS FENÓMENOS CLIMÁTICOS EXTREMOS OBSERVADOS**
- Sequías
- Huracanes
- Supertormentas
- Aumento de incendios
- Temperaturas extremas
- Lluvias torrenciales e inundaciones

4.0 LOS CAMBIOS EN EL ÁRTICO NO SE QUEDAN EN EL ÁRTICO: INDICIOS Y PROYECCIONES

Recientes estudios señalan que los continuos cambios en el medio ambiente ártico afectan a otras áreas del mundo. No obstante, los resultados de estos estudios difieren en cuanto al lugar, tiempo y magnitud de estos efectos.

4.1 CAMBIOS EN LAS TEMPERATURAS MUNDIALES

La temperatura media del aire y de la superficie oceánica es más alta en las zonas del Ártico que ahora no tienen hielo. Debido a la circulación atmosférica estas bolsas de calor se expanden horizontalmente a las zonas colindantes.²⁷ En las zonas templadas del hemisferio norte esto ha supuesto que los vientos del norte que son generalmente fríos en los últimos 10 años han sido más calientes de lo normal, especialmente durante el otoño e invierno en zonas de Europa, noreste de Canadá y el Mar de Bering.²⁸

27 Stroeve et al. (2012). The Arctic's rapidly shrinking sea ice cover: a research synthesis. *Climate Change* 110: 1005-1027.

28 Serreze, M.C., Barrett, A.P., Cassano, J.J. (2011). Circulation and surface controls on the lower tropospheric temperature field of the Arctic. *Journal of Geophysical Research* 116: D07104.

Las consecuencias de estos cambios de temperatura son desiguales y se han investigado activamente en la última década. Las publicaciones científicas recientes indican que hay una relación causal directa entre la desaparición del hielo marino y una fluctuación de temperaturas extremas mayor de lo que jamás se ha registrado en el hemisferio norte. A continuación se detallan algunos ejemplos:

Veranos calurosos en Estados Unidos y Canadá

Parece ser que existe una relación entre la desaparición del hielo ártico y unas condiciones más calurosas en el este de Estados Unidos, Canadá y algunas zonas del oeste de Estados Unidos.²⁹ Los modelos sobre el cambio climático previsto en las Grandes Llanuras de Estados Unidos indican que las temperaturas en verano fluctuarán un 20% más al final del siglo que hoy en día.³⁰ Esto significa que es más probable que esta región sufra olas de calor en el futuro.

29 Budikova, D., Chechi, L. (2016). Arctic ice and warm season North American extreme surface air temperatures. *Climate Research* 67: 15-29.

30 Teng et al. (2016). Projected intensification of sub-seasonal temperature variability and heat waves in the Great Plains. *Geophysical Research Letters*. doi: 10.1002/2015GL067574

El calentamiento del mar Mediterráneo y Asia Oriental

Se ha observado que en aquellos veranos en que disminuye el hielo del Ártico aumenta la temperatura de la superficie del Mediterráneo y en Asia Oriental, aunque se desconoce si hay una relación directa entre ambos hechos.³¹ Sin embargo cuando se han dado estos veranos calurosos en el Ártico sí ha habido unos patrones atmosféricos específicos. Estudios adicionales apoyan igualmente estas conclusiones, no obstante las causas por las que se producen estos cambios son complejas, probablemente se deba a varios factores como perturbaciones a la hora de formarse las nubes, la corriente del Golfo e incluso un cambio en el porcentaje de humedad de la tierra de estas áreas.³²

Inviernos fríos y más nieve

Últimamente se han registrado inviernos muy fríos con mucha nieve en las zonas templadas de Norteamérica, Europa y Asia Oriental. Muchos científicos creen que tanto los datos de los estudios de observación como los de modelización son lo suficientemente sólidos como para formular que estas olas de frío están relacionadas con la alteración de los patrones de circulación atmosférica debidos a la disminución

31 Knudsen et al. (2015). Observed anomalous atmospheric patterns in summers of unusual Arctic sea ice melt. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 120: 2595-2611.

32 Jaeger, E., Seneviratne, S. (2011). Impact of soil moisture-atmosphere coupling on European climate extremes and trends in a regional climate model. *Climate Dynamics* 36: 1919-1939.

del hielo marino ártico en el verano.³³ Es más, estos estudios especulan que según sean más frecuentes estos cambios atmosféricos, dichas áreas sufrirán inviernos más fríos con mayor frecuencia. Durante los inviernos de 2009/2010, 2010/2011 y 2012/2013 los patrones indicativos de las condiciones atmosféricas fueron evidentes y se pensó que fueron los responsables del

33 Liu et al. (2012). Impact of declining Arctic sea ice on winter snowfall. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109: 4074-4079.

34 Kug et al. (2015). Two distinct influences of Arctic warming on cold winters over North America and East Asia. *Nature Geoscience* 8: 759-763.



Foto: © Rose+Sjölander/ Greenpeace

frío extremo padecido en la costa este de Estados Unidos así como en Europa, provocando fuertes tormentas de nieve y unas condiciones especialmente gélidas.²²

Los cambios en el hielo del Ártico durante el otoño y el invierno pueden, potencialmente, provocar inviernos más fríos en las zonas templadas, extendiéndose desde Europa oriental a Asia Central y China Central.^{35, 36, 37} A pesar de haberse observado estos cambios no están claros ni sus mecanismos ni sus causas. No obstante, los científicos del clima en China están convencidos de que existe una estrecha relación entre ambos eventos y están estudiando la posibilidad de predecir el tiempo en China monitorización las condiciones del hielo marino ártico.³⁸

4.2 CAMBIOS EN LA PRECIPITACIÓN

Además del cambio en la temperatura media de las zonas templadas durante el verano e invierno, algunos datos indican que el cambio en las condiciones del hielo ártico puede influir también en las precipitaciones. Sigue sin estar claro cómo evolucionará esto en el futuro,

35 Tang et al. (2013). Cold winter extremes in northern continents linked to Arctic sea ice loss. *Environmental Research Letters* 8: 1-6.

36 Wu et al. (2013). Winter weather patterns of Northern Eurasia and Arctic Sea ice loss. *Monthly Weather Review* 141: 3786-3800.

37 Sato, K., Inoue, J., Watanabe, M. (2014). Sea ice retreat and Eurasian coldness during early winter. *Environmental Research Letters* 9: 1-8. (doi:10.1088/1748-9326/9/8/084009).

38 Zuo et al. (2016). Predictability of winter temperature in China from previous autumn Arctic sea ice. *Climate Dynamics* (doi: 10.1007/s00382-015-2966-6).

además hay muchos modelos que discrepan o cuyas predicciones son opuestas, lo que pone de manifiesto las deficiencias del modelo de precipitación actual.³⁹ A continuación se presentan algunos ejemplos:

¿Veranos lluviosos en el norte de Europa?

Algunos modelos climáticos sobre la lluvia en las latitudes del norte relacionan la pérdida de hielo marino en el Ártico con veranos más nubosos y lluviosos en Europa.²⁸ Estos modelos señalan que los seis veranos consecutivos (2007-2012) donde llovió por encima de la media pueden deberse al cambio en las condiciones del Ártico.⁴⁰ Otros modelos predicen que hay mayor probabilidad de tiempo lluvioso, de mayor severidad en las latitudes altas, así como en el Mediterráneo y Asia Central. Igualmente estos periodos lluviosos serán mucho más largos de lo que han sido hasta ahora.⁴¹

¿Sequías en América del Norte y Asia Oriental?

Por el contrario algunos estudios señalan que se ha observado un aumento en los periodos de sequía en Norteamé-

39 Francis, J.A. (2015). The Arctic matters: extreme weather responds to diminished Arctic Sea ice. *Environmental Research Letters* 10: 1-3. (doi:10.1088/1748-9326/10/9/091002).

40 Screen, J.A. (2013). Influence of Arctic sea ice on European summer precipitation. *Environmental Research Letters* 8: 1-9. (doi:10.1088/1748-9326/8/4/044015).

41 Screen, J.A., Deser, C., Sun, L. (2015). Projected changes in regional climate extremes arising from Arctic sea ice loss. *Environmental Research Letters* 10: 1-12. (doi:10.1088/1748-9326/10/8/084006).

rica y Asia Oriental.⁴² Los modelos de proyección y los simulacros indican que dichas sequías pueden ser el resultado de la pérdida de hielo en el Ártico y los subsiguientes cambios que esto provoca en los patrones de circulación planetaria. Aunque se desconoce si existe una relación causal, las simulaciones muestran que la pérdida de hielo ártico puede contribuir de forma importante.

4.3 SUBIDA DEL NIVEL DEL MAR

Entre 1901 y 2010 el nivel global medio del mar subió considerablemente (una media de 0,19 m).¹ Desde mediados del siglo XIX el ritmo al que sube el nivel del mar ha aumentado, según el IPCC *es muy probable* que la pérdida de hielo ártico sea un factor contribuyente.¹ Las proyecciones de clima indican que para finales del siglo XXI el nivel del mar suba substancialmente más aunque se desconoce en gran medida cuánto más subirá y cómo afectará a las comunidades costeras. Es difícil realizar estos cálculos ya que hay muchas incógnitas, principalmente qué cantidad de agua dulce aportará el hielo procedente de la tierra (glaciares y manto de nieve).

A la larga el mayor contribuyente a la subida del nivel del mar será el hielo terrestre y su impacto dependerá de la zona geográfica. Algunos estudios indican que las regiones costeras occidentales del Atlántico Norte experimentarán una subida un 30% superior a otras

42 Zhang et al. (2015). Summer droughts in the northern Yellow River basin in association with recent Arctic ice loss. *International Journal of Climatology* 35: 2849-2859.

áreas del mundo.⁴³ Se prevé que las zonas templadas y tropicales, donde se encuentran los mayores centros de población humana (costa este de Norteamérica y Europa), se verán afectadas en mayor grado que otras zonas.⁴⁴

4.4 CLIMAS EXTREMOS

La década de 2000-2010 trajo climas extremos que batieron records en Europa, Norteamérica, oeste de Rusia y Australia.⁴⁵ El clima extremo puede ir de los veranos más calurosos a los otoños más lluviosos pasando por los ciclones más fuertes que jamás se hayan sufrido en esas regiones. Estos inusitados eventos ocasionaron grandes pérdidas humanas y económicas; se quemaron bosques, se echaron a perder cosechas de cereales y se perdieron vidas humanas. A raíz de estos eventos se iniciaron numerosos estudios para investigar cómo el cambio climático hace más imprevisible nuestro clima.

Una mayor severidad y frecuencia de los eventos de clima extremo tiene graves consecuencias para los sistemas biológicos y humanos, especialmente en nuestra capacidad para cultivar alimentos. Debido a las trombas de agua y las olas de calor se crean condiciones críticas en las que mueren muchas personas vulnerables.

43 Carson, M., Köhl, A., Stammer, D. (2015). The impact of regional multidecadal and century-scale internal climate variability on sea level trends in CMIP5 models. *Journal of Climatology* 28: 853-861.

44 Carson et al. (2016). Coastal sea level changes, observed and projected during the 20th and 21st Century. *Climatic Change* 134: 269-281.

45 Coumou, D., Rahmstorf, S. (2012). A decade of weather extremes. *Nature Climate Change* 2: 491-496.

Hay diversas formas de definir el “clima extremo”, el método básico es contar la frecuencia y duración de días calurosos, fríos, secos o muy lluviosos.⁴⁶ Los estudios sobre cómo los cambios en el Ártico afectan a los eventos de clima extremo están en su fase inicial, pero a pesar de ello y de que hay que tener en cuenta muchos otros factores se empieza a identificar tímidamente su relación.

Durante el invierno de 2014/2015 Norteamérica sufrió temperaturas gélidas y fuertes nevadas. Un análisis de la circulación atmosférica muestra que una de las causas probables de este clima extremo es el cambio en la circulación del viento polar, la conjunción de un viento del norte fuerte y una corriente en chorro occidental débil provocó que llegase el frío y húmedo aire polar a América del Norte.⁴⁷

En general, se prevé que la pérdida de hielo marino ártico sea el mayor causante de los climas extremos calurosos y fríos en el centro y este de Norteamérica.⁴⁵ Asimismo Tang et al. (2014) sugieren que las olas de calor extremas en Norteamérica y Eurasia están relacionadas con los cambios atmosféricos provocados por la pérdida de hielo marino ártico y los cambios en el manto de nieve.⁴⁸ Según las técnicas de modelación empleadas en el estudio, la pérdida de hielo marino ártico durante el verano

46 Zhang et al. (2011). Indices for monitoring changes in extremes based on daily temperature and precipitation data. *WIREs Climate Change* 2: 851–70.

47 Cui, H.-Y., Qiao, F.-L. (2016) Analysis of the extremely cold and heavy snowfall in North America in January 2015. *Atmospheric and Oceanic Science Letters* 9: 75-82.

48 Tang, Q., Zhang, X., Francis, J.A. (2014). Extreme summer weather in northern mid-latitudes linked to a vanishing cryosphere. *Nature Climate Change* 4: 45-50.

tendrá mayores consecuencias que la pérdida de nieve. Los autores indican que esto puede ser debido a que la diferencia entre la capacidad reflectante del hielo y el océano es mucho mayor que entre la nieve y la vegetación que aparece cuando esta se derrite.

Muchos estudios indican que el cambio en las condiciones del hielo y nieve del Ártico modifican las rutas de las tormentas y provocan tormentas más grandes en las zonas templadas.^{24, 49, 50, 51} Sin embargo, es difícil recopilar pruebas directas ya que estos sistemas atmosféricos son muy complejos y existen muy pocos casos prácticos con los que testar las distintas hipótesis.

En el otoño de 2012 el huracán Sandy se desplazó por la costa este de Norteamérica tras un verano donde la pérdida de hielo ártico superó todos los records. No obstante la relación entre estos dos eventos es incierta. Parece que unas condiciones atmosféricas inauditas empujaron a Sandy en dirección oeste, hacia el estado de Nueva Jersey, creando unos vientos con fuerza de tormenta tropical extrema que impactaron en gran parte del área entre Delaware y Nueva Escocia.²⁴

49 Cohen et al. (2014). Recent Arctic amplification and extreme mid-latitude weather. *Nature Geoscience* 7: 627-637.

50 Hansen et al. (2015). Ice melt, sea level rise and superstorms: Evidence from paleoclimate data, climate modeling, and modern observations that 2°C global warming is dangerous. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions* 15: 20059-20179.

51 Cohen et al. (2013). Warm Arctic, cold continents: A common pattern related to Arctic sea ice melt, snow advance, and extreme winter weather. *Oceanography* 26:150–160.

Es muy probable que los eventos climáticos extremos se deban a la amplificación ártica y a las condiciones atmosféricas cambiantes en otras partes del mundo. Se cree que tanto las inundaciones en el Reino Unido (verano 2014) como el extremo invierno de 2010/2011 en Norteamérica se deben a la influencia que tuvieron los cambios climáticos árticos y tropicales en la ruta y configuración de la corriente en chorro.^{52, 53}

Se prevé que estos climas extremos sean más intensos y frecuentes ya que las condiciones en el Ártico y resto del mundo están cambiando rápidamente.

4.5 ¿MÁS INCENDIOS EN LA TUNDRA ÁRTICA?

Los grandes incendios en la tundra ártica son un fenómeno natural cuya frecuencia varía enormemente dependiendo del área del Ártico donde se produzcan. Estos incendios liberan a la atmósfera depósitos de carbono que lleva almacenados en la tierra miles de años. El análisis de registros históricos de los sedimentos de los lagos que identifican las capas de carbono muestra que los incendios en la tundra son más probables durante los veranos más calurosos y secos.⁵⁴ Aunque los incendios forman parte del ecosistema de la tundra desde

52 Ding et al. (2014). Tropical forcing of the recent rapid Arctic warming in northeastern Canada and Greenland. *Nature* 509: 209–212.

53 Palmer, T. (2014). Record-breaking winters and global climate change. *Science* 344: 803–804.

54 Hu et al. (2015). Arctic tundra fires: natural variability and responses to climate change. *Frontiers in Ecology and the Environment* 13: 369-377.

hace miles de años, los estudios muestran que es probable que durante el siglo XXI aumente su frecuencia según se caliente el clima global.

Parece que hay una correlación moderada entre el área de tundra quemada en Alaska y el descenso del hielo marino ártico, además algunos de los mayores incendios ocurrieron cuando el hielo marino estaba en mínimos.⁵⁵ El mecanismo de interacción con el Ártico es complejo; gestionar los incendios, proteger los ecosistemas y prevenir que gases de efecto invernadero adicionales entren a la atmósfera será más difícil según cambie el Ártico.

55 Hu et al. (2010). Tundra burning in Alaska: Linkages to climatic change and sea ice retreat. *Journal of Geophysical Research* 115: G04002.



Foto: © Rose +Sjölander / Greenpeace

5.0 CONCLUSIONES

El Ártico es un ecosistema dinámico que está cambiando rápidamente ya que se calienta más del doble de rápido que el resto del mundo.⁵⁶ Este mayor calentamiento se denomina amplificación ártica y puede originar en las zonas templadas unos patrones climáticos persistentes que provoquen una mayor frecuencia de climas extremos. A día de hoy se conoce poco de los procesos que originan estos efectos pero los estudios señalan que la pérdida de manto ártico está relacionada con un cambio en los patrones de circulación oceánica y atmosférica. Dentro de estos mecanismos complejos se encuentran los sistemas de retroalimentación que amplificarán adicionalmente el cambio climático mundial cuando se libere el carbono y aumenten las temperaturas mundiales. Aunque muchos de los estudios están incompletos, es evidente que los efectos del calentamiento del Ártico serán mucho más amplios de lo que se pensaba en principio. Es indiscutible que lo que ocurre en el Ártico tiene consecuencias a nivel mundial.

⁵⁶ Comiso, J.C., Hall, D.K. (2014). Climate trends in the Arctic as observed from space. *WIREs Climate Change* 5: 389–409.



6.0 LAS DEMANDAS DE GREENPEACE

Tanto los científicos como los responsables de la elaboración de políticas coinciden en que la subida de la temperatura media mundial debido al aumento de gases de efecto invernadero no debe superar los 2°C en relación con los niveles preindustriales. Para no sobrepasar este límite entre 2010 y 2050 se deben limitar las emisiones acumulativas de carbono a 1100 gigatoneladas de CO₂.⁵⁷ Para alcanzar este objetivo a nivel global se debe evitar el uso de alrededor del tercio de las reservas mundiales de petróleo, la mitad de las reservas de gas y el 80% de las reservas actuales de carbón durante los próximos 40 años. Los Gobiernos, los municipios, las empresas y los consumidores deben reducir el uso de combustibles fósiles a fin de limitar las emisiones de gases de efecto invernadero. El reciente Acuerdo de París es una señal clara de que la era de los combustibles fósiles llega a su fin. Los Gobiernos se comprometieron a un nuevo objetivo de 1,5°C, en la práctica esto significa que para 2050 se deben haber eliminado los combustibles fósiles de forma progresiva. Por tanto Greenpeace demanda que para 2050 se haya completado la transición mundial a un sistema energético completamente renovable.

57 McGlade, C., Ekins, P. (2015). The geographical distribution of fossil fuels unused when limiting global warming to 2 °C. *Nature* 517: 187-190.

Según retroceda el hielo del océano Ártico como consecuencia del cambio climático, la pesca, el transporte marino y la exploración de hidrocarburos invadirán las aguas del norte, la alta mar, que en la actualidad es una zona prístina. Como resultado de estas actividades el medio ambiente puede verse peligrosamente amenazado, por ejemplo por las consecuencias que provoca el carbono negro, los riesgos que supone un vertido, los efectos de las prospecciones sísmicas, la degradación de hábitats debido a las prácticas de pesca destructivas, los peligros asociados con el fuelleo pesado, sin descontar el cambio climático resultante de la quema de los combustibles fósiles. La protección del océano Ártico y los mares colindantes proporcionará un refugio vital para muchas especies únicas, brindándoles una mayor oportunidad de mejorar su capacidad de adaptación y recuperación dentro del área del Ártico. Se deben tomar medidas para proteger el medio ambiente marino del Ártico, entre ellas es indispensable un cambio de políticas para proteger esta zona ahora.

Por tanto a fin de limitar tanto los efectos del cambio climático en la biodiversidad del Ártico como la influencia de estos cambios a nivel mundial, Greenpeace aboga por la creación de una amplia red regional de áreas marinas protegidas y reservas en la que se

incluya un Santuario Ártico –una zona de alta protección donde se prohíban las industrias extractivas en las aguas internacionales alrededor del Polo Norte más allá de las zonas económicas exclusivas.- Igualmente aboga por medidas que impidan la pesca industrial destructiva en zonas del Ártico donde no se ha pescado anteriormente; así como una normativa clara que prohíba la explotación petrolífera en las gélidas aguas del Ártico.

La designación del “Área Marina Protegida de Hielo Ártico en Alta Mar” en la comisión de OSPAR⁵⁸ sería un paso adelante para lograr este objetivo. Greenpeace cree que un acuerdo legalmente vinculante y sólido para la protección del océano Ártico puede ofrecer el marco y la oportunidad para tomar aquellas medidas políticas que el medio ambiente ártico marino necesita desesperadamente.

58 OSPAR, Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic. <http://www.ospar.org/>



Foto: © Rasmus Törnqvist / Greenpeace



Foto: © Beltra / Greenpeace