Capítulo 5: El Ártico

Jacqueline Richter-Menge, Editor

Traducdo por: Enric Aguilar

5a. Resumen

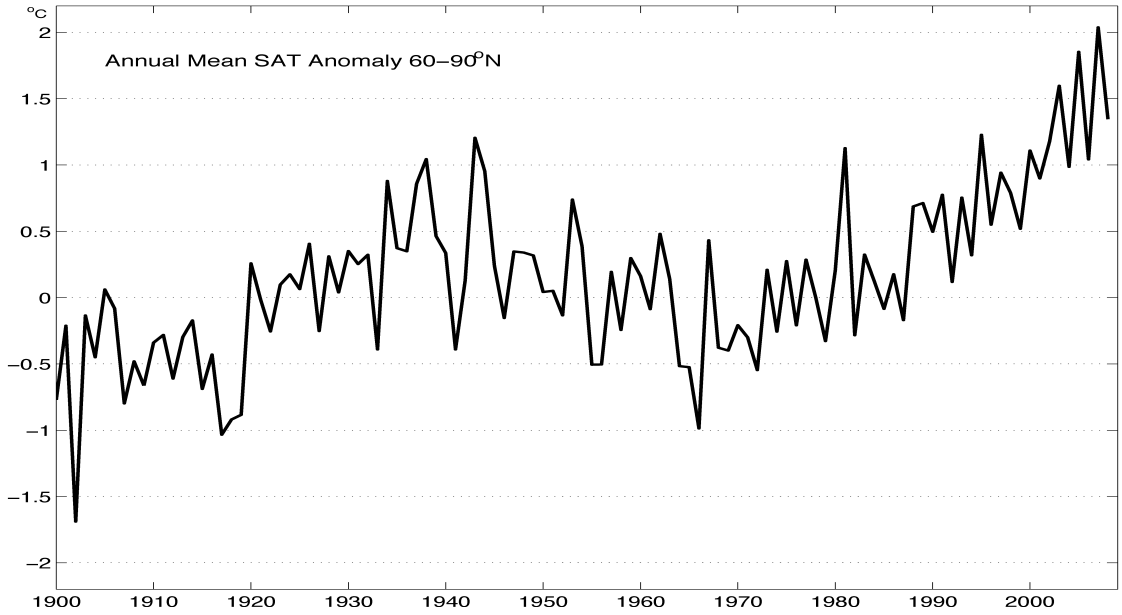
En 2008 ha continuado la clara evidencia del impacto de un calentamiento general en las temperaturas de superficie en las tierras de todo el Ártico, tendencia observada desde la mitad de los 1960s. El verano (JJA) se caracterizó por temperaturas del aire récord en toda Groenlandia. La región septentrional de Groenlandia y las áreas adyacentes del ártico canadiense experimentaron una temporada de deshielo particularmente intensa, a pesar del invierno marcadamente frío del sur de Groenlandia. Sobre tierra, la tendencia para el conjunto del ártico hacia una temporada de nieve más corta quedó resaltada por la duración de la capa nivosa más corta del registro (iniciado en 1966) en el Ártico Norteamericano. Se ha observado durante décadas un aumento generalizado en las temperaturas de la superficie terrestre y en las del permafrost. Sobre este elemento, nuevos datos de Rsia, revelan interesantes similitudes con lo observado en Alaska, con temperaturas del permafrost cuyo aumento a lo largo de los últimos 30-35 años puede cifrarse en 1ºC-2ºC. Una de las señales más evidentes de la tendencia general al calentamiento fue la continuada reducción significativa en la extensión de la la banquisa en verano y, muy importante, la reducción en la cantidad de hielo relativamente antiguo y grueso. La extensión de la banquisa en el verano de 2008 fue la segunda menor del regristro satélite (iniciado en 1979), con un valor del 36% por debajo de la media 1979-2000. Las anomalías de la temperatura en verano en la capa superficial del océano se mantuvieron relativamente altas, alcanzando +3ºC en el Mar de Beaufort. Pérdidas significativas de masa continuaron produciéndose en la masa de los casquetes helados y de las plataformas de hielo, con diversos fiordos en la costa septentrional del la Isla de Ellesmere libres de hielo por primera vez durante 3000-5500 años.

Se empieza a disponer de evidencias documentadas entorno a la interconectividad de los diversos elementos del sistema ártico. Por ejemplo, la comparación entre las temperaturas de la superficie oceánica durante los veranos de 2007-2008 ofrece claras evidencias respecto a la que la temporalidad en la pérdida de hielo estival juega un papel determinante en la determinación de la magnitud de las temperaturas de la superficie oceánica. Es evidente que el calentamiento del océano en áreas con pérdida extrema de hielo en verano impacta directamente las temperaturas del Océano Ártico, dónde las anomalías de temperatura alcanzaron el valor sin precedentes de +5ºC entre octubre y diciembre de 2008. Las observaciones directas confirman las predicciones de los modelos respecto al efecto de la retirada del hielo sobre la vegetación y las tierras adyacentes. Los análisis muestran generalmente que, dentro de una región específica, los

periodos de menor concentración de hielo marino se correlacionan con temperaturas terrestres superiores y con un aumento de la vegetación verde en verano.

5b. ATMÓSFERA

J. Overland, M.Wang y J Walsh



Figurea 5b1. Anomalías de la temperatura anual del aire para el conjunto del Ártico (60º-90º) basadas en las estaciones terrestres al norte de 60ºN y basadas en el promedio 1961-1990. A partir del banco de datos CRUTEM 3v (disponible online en www.cru.uea.ac.uk/cru/data/temperature/.) Nótese que no la curva no incluye observaciones marinas.

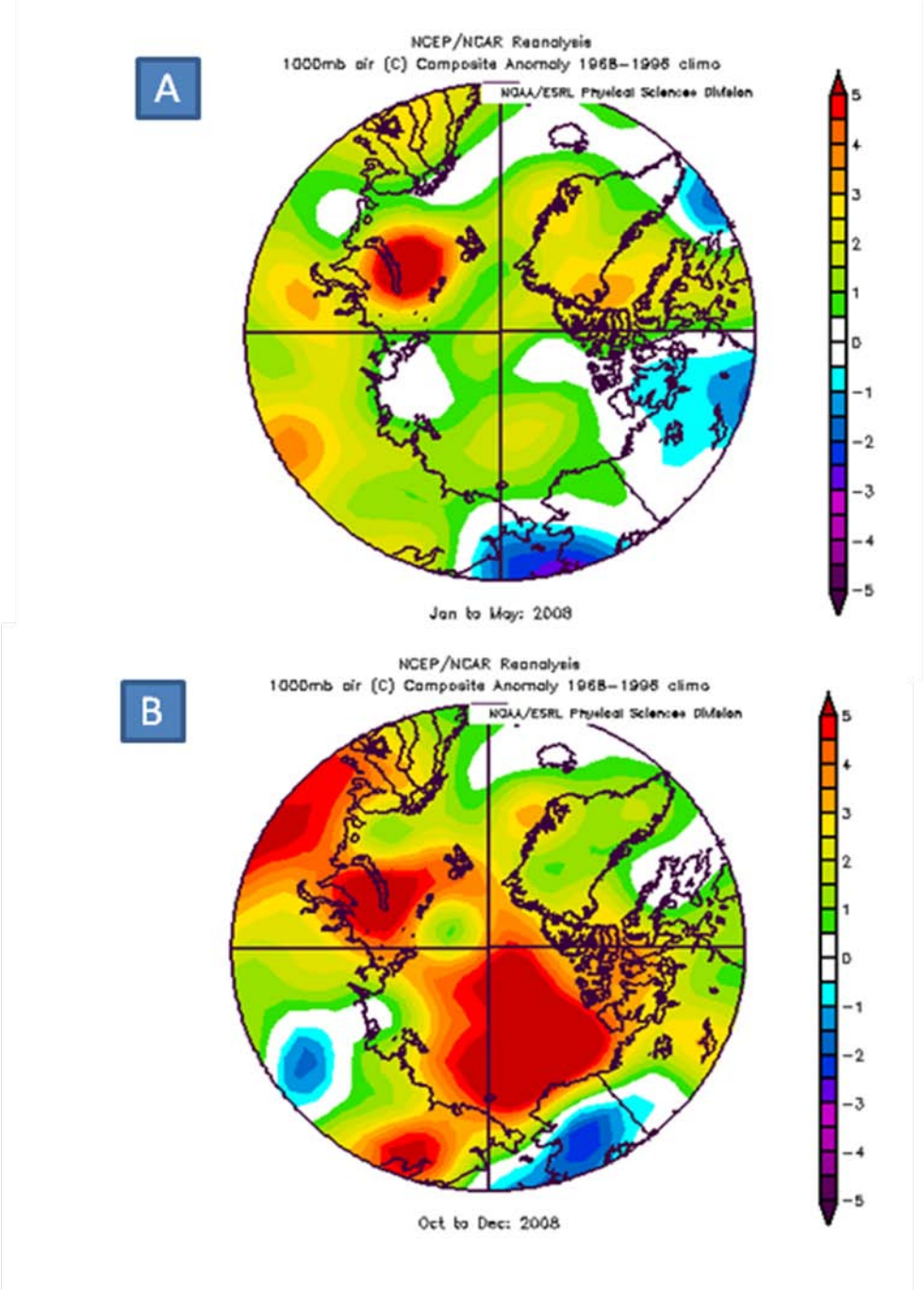


Figure 5b2. Near-surface air temperature anomalies for (A) January–May 2008 and (B) October through December 2008. Anomalies are relative to 1968-1996 mean. Data are from the NCEP–NCAR reanalysis through the NOAA /Earth Systems Research Laboratory, generated online at Figura 5b2. Anomalías de la temperature del aire en torno a la superficie para (A) enero-mayo 2008 y (b) octubre-diciembre 2008. Las anomalías se refieren a la media del periodo 1968-1996. Los datos proceden del reanálisis NCEP-NCAR a través del NOAA/Earth Systems Research Laboratory y están generadas online en www.cdc.noaa.gov.

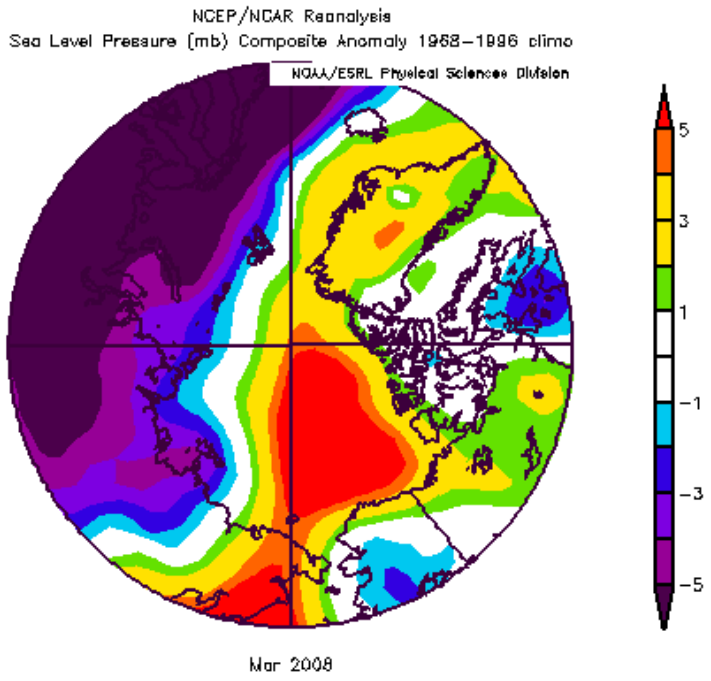


Figura 5b.3.Un ejemplo del patrón positivo Artic Warm (AW) en las anomalías oceánicas de presión superficial. Las regiones en púrpura/azul representan presiones relativas bajas y las áreas en naranja lo contrario. El viento anómalo tiende a fluir en paralelo a los contornos, creando un flujo del norte de Siberia Oriental a través del Polo Norte. La orientación del dipolo de presión puede cambiar; otros ejemplos mostrarían un flujo geostrófico anómalo procedente del estrecho de Bering o de Alaska. Los datos proceden del reanálisis NCEP-NCAR, disponibles on-line en www.cdc.noaa.gov.

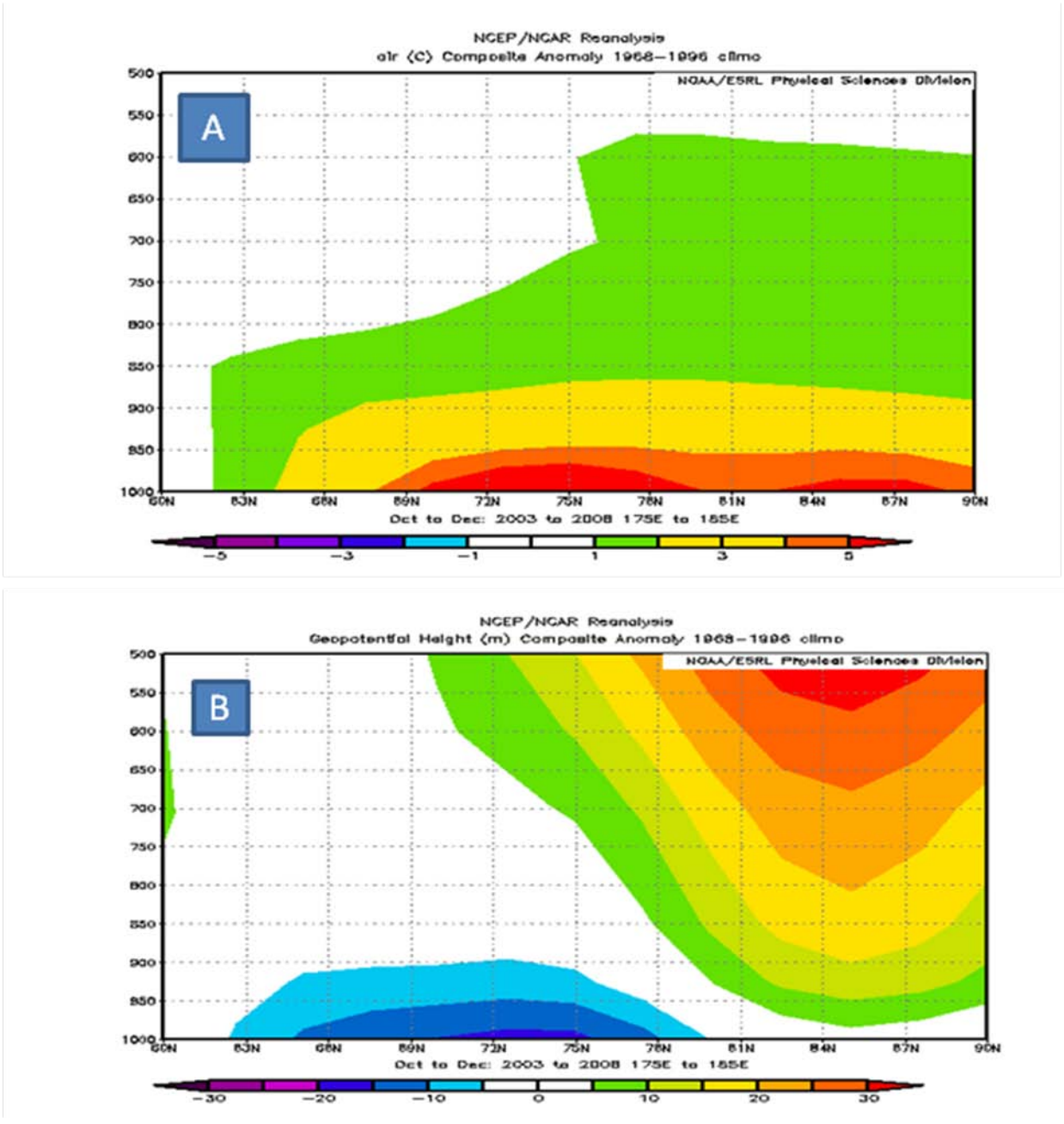


Figura 5b4.Sección vertical e 60º a 90ºN a promediados lo largo de la longitud 180ºN durante octubre 2003 a diciembre 2008 (años para los que la extensión de hielo en verano ha cayó hasta valores extremadamente bajos) para (a) temperatura del aire, y (b) altura neopotencial. Los datos proceden del reanálisis NCEP-NCAR, disponibles on-line en www.cdc.noaa.gov.

5c. OCÉANO

A. Proshutinsky, R. Krishfield, M. Steele, I. Polyakov, I. Ashik, M. McPhee, J. Morison, M-L. Timmermans, J. Toole, V. Sokolov, I. Frolov, E. Carmack, F. McLaughlin, K. Shimada, R. Woodgate y T. Weingartner

(i) Circulación

.

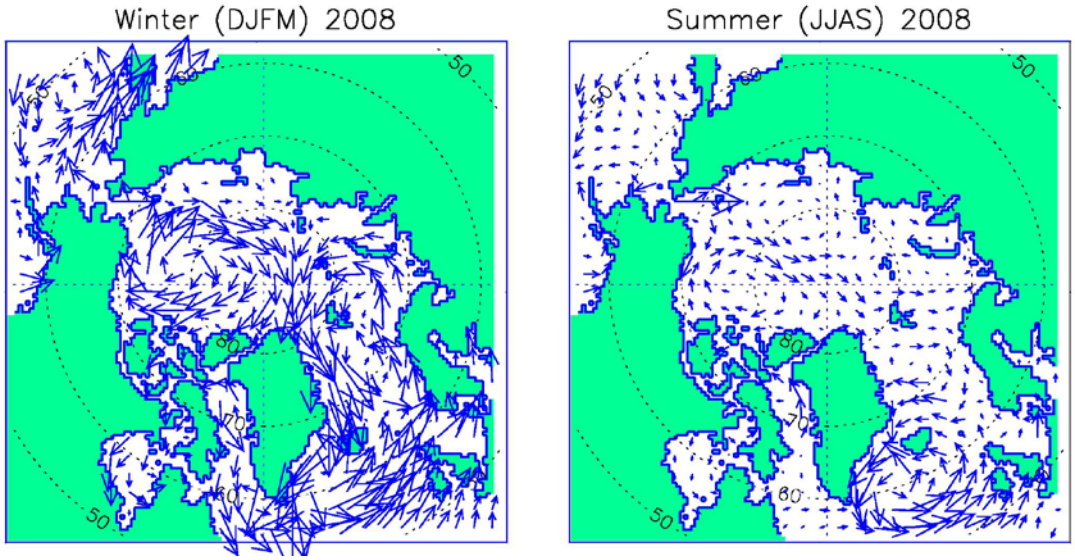


Figura 5c1. Patrones de circulación simulados de las corrientes de la parte superior del océano forzadas por el viento en invierno (izquierda) y en verano (derecha) durante 2008. Ambos patrones se identifican como anticiclónicos sentido de las agujas del reloj). La circulación anticiclónica en verano de 2008 se ha reducido comparada con la de 2007 (ver Proshutinsky and Johnson, 1997).

(ii) Water temperature and salinity

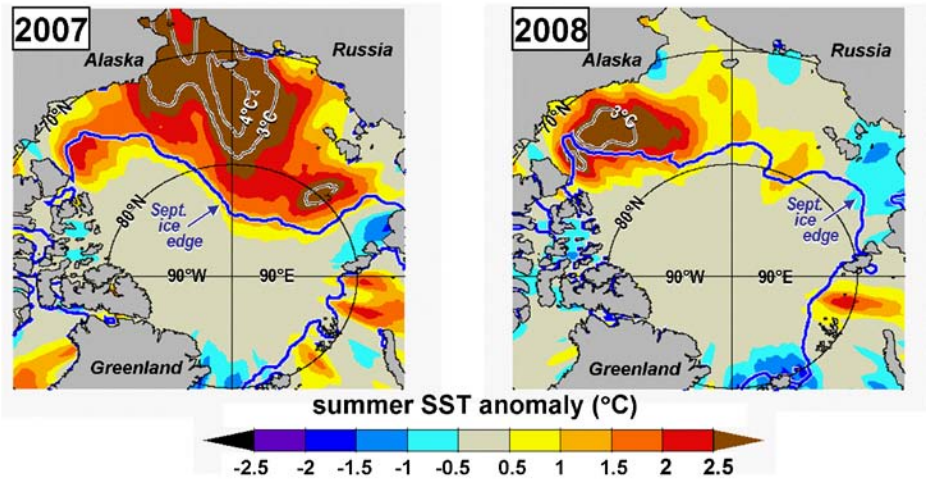


Figura 5c2. Temperaturas de la superficie marina derivadas de datos satélite para julio-agosto-septiembre (Reynolds et al., 2002) en 2007 (panel izquierdo) y 2008 (panel derecho), relativas a las medias de verano durante 1982-2006. Se muestra también el promedio del borde del hielo marino en septiembre (línea gruesa azul).

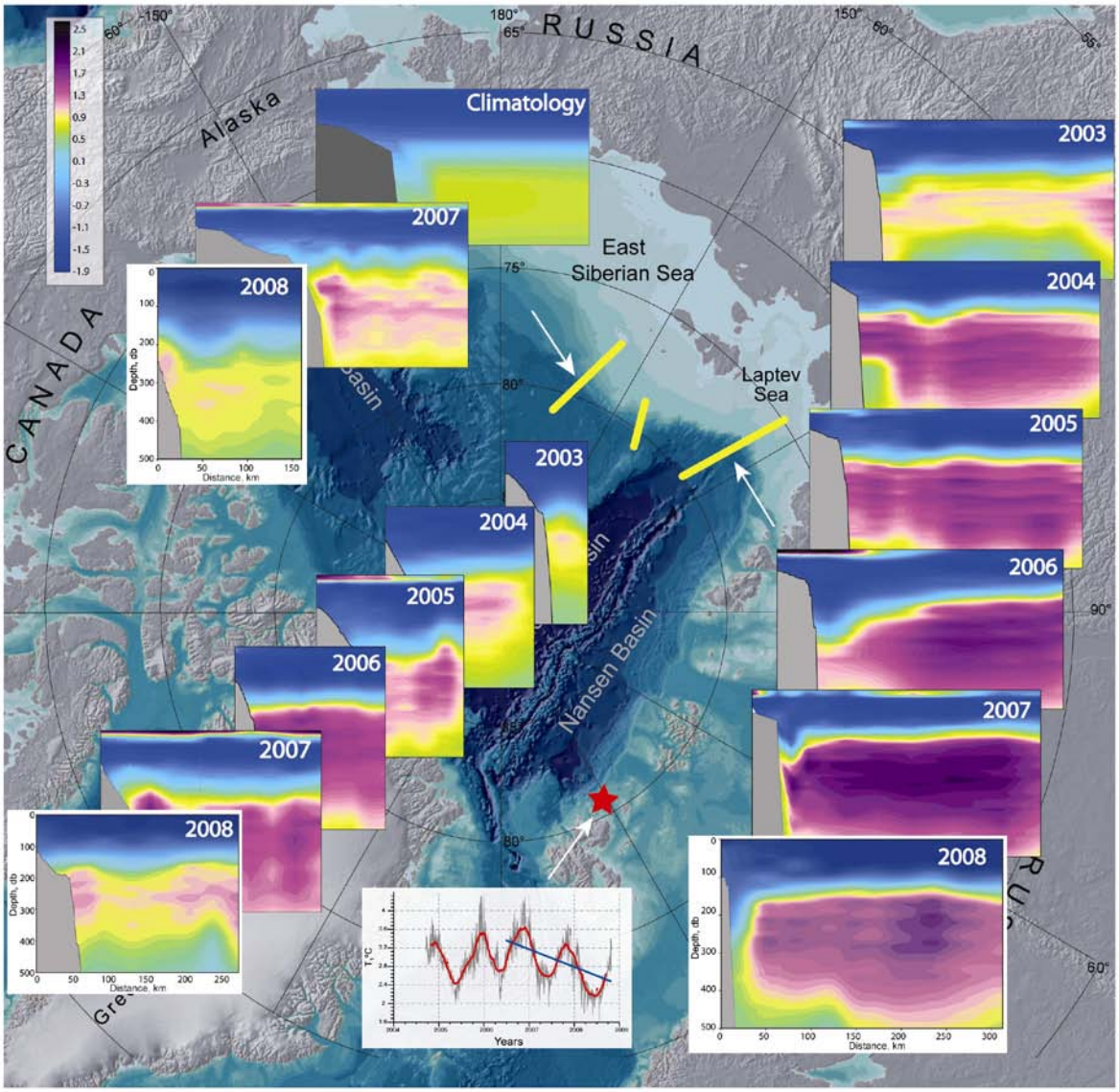


Figura 5c3. Variabilidad temporal y espacial de la temperatura de la capa profunda ártica (AWCT). Las localizaciones de las secciones se indican con líneas amarillas gruesas. El punto de amarre al norte de Spitsbergen se muestra con una estrella roja. En dicha localización la temperatura del agua a 260 metros desciende a una tasa dde 0.5ºC por año empezando a finales de 2006. Se observa algo de enfriamiento en 2008 en la sección que cruza la plataforma continental en la vecindad de Severnaya Zemlya y el este del Mar de Siberia. (Polykov et al., 2009)

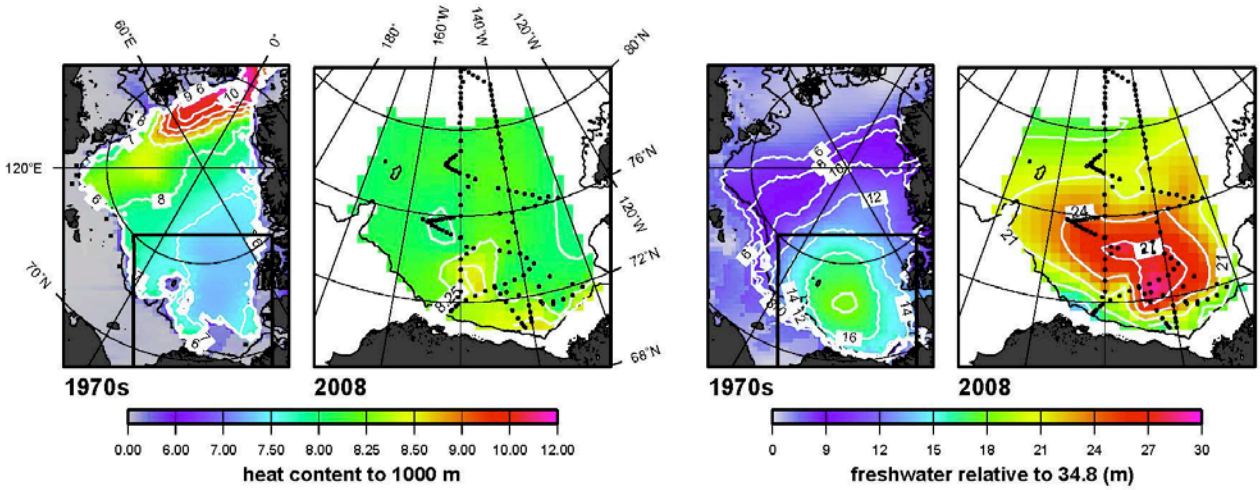


Fig. 5c4. Contenido de calor (1.E^10 J/m^2, izquierda) y agua dulce (m, derecha) en verano. Los paneles 1 y 3 muestran también el contenido de calor y agua dulce en el Océano Ártico basados en la climatología de los 1970s (Artic Climatology Project, 1997, 1998). Los paneles 2 y 4 muestran el contenido de calor en Beaufort Gyre en 2008 basado en un muestreo hidrográfico (los puntos negros muestran las localizaciones de las estaciones hidrográficas). Como referencia, la región resalta en negro en los paneles 1 y 3. El contenido de calor se calcula en relación a la temperatura del punto de congelación del agua en los 1000 metros superiores. El contenido de agua dulce se calcula tomando como referencia una salinidad de 34.8.

(iii) Nivel del Mar

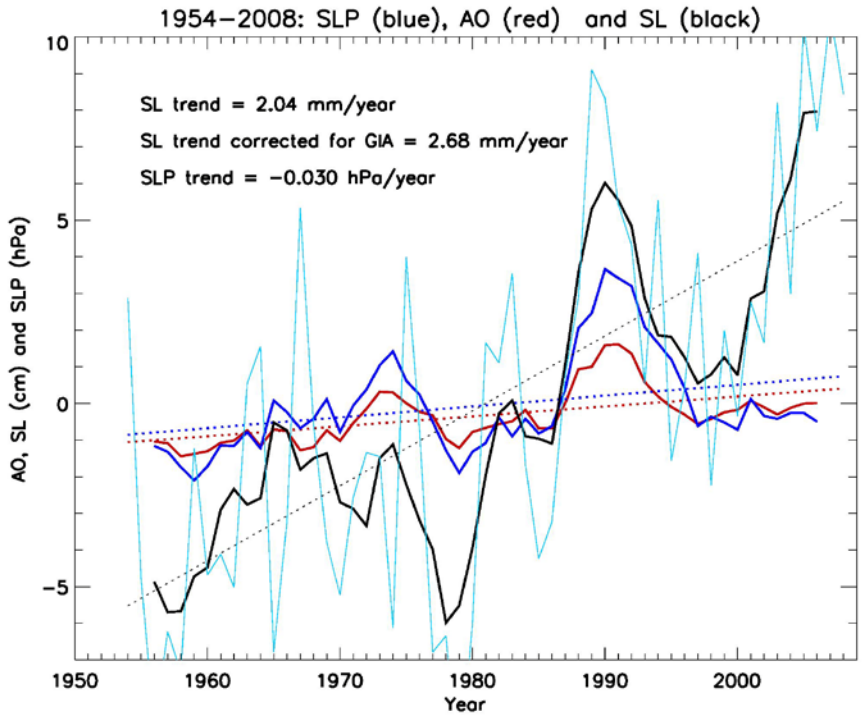


Figura 5c5. Medias móviles de 5 años: media anual del nivel del mar en nueve estaciones mareográficas localizadas a lo largo de Kara, Laptev, este de Siberia y costa del mar de Chukchi (línea negra). La línea roja indica anomalías del valor medio anual del índice de la Oscilación del Ártico (AO) multiplicadas por 3. La línea azul oscuro representa la presión atmosférica en la superficie marina (SLP) en el Polo Norte (a partir de datos del reanálisis NCAR-NCEP multiplicada por 1. La línea azul claro muestra la variabilidad anual del nivel del mar.

5d) COBERTURA DE HIELO MARINO

D.K. Perovich, W. Meier y S.V. Nghiem

(i) Extensión del hielo marino

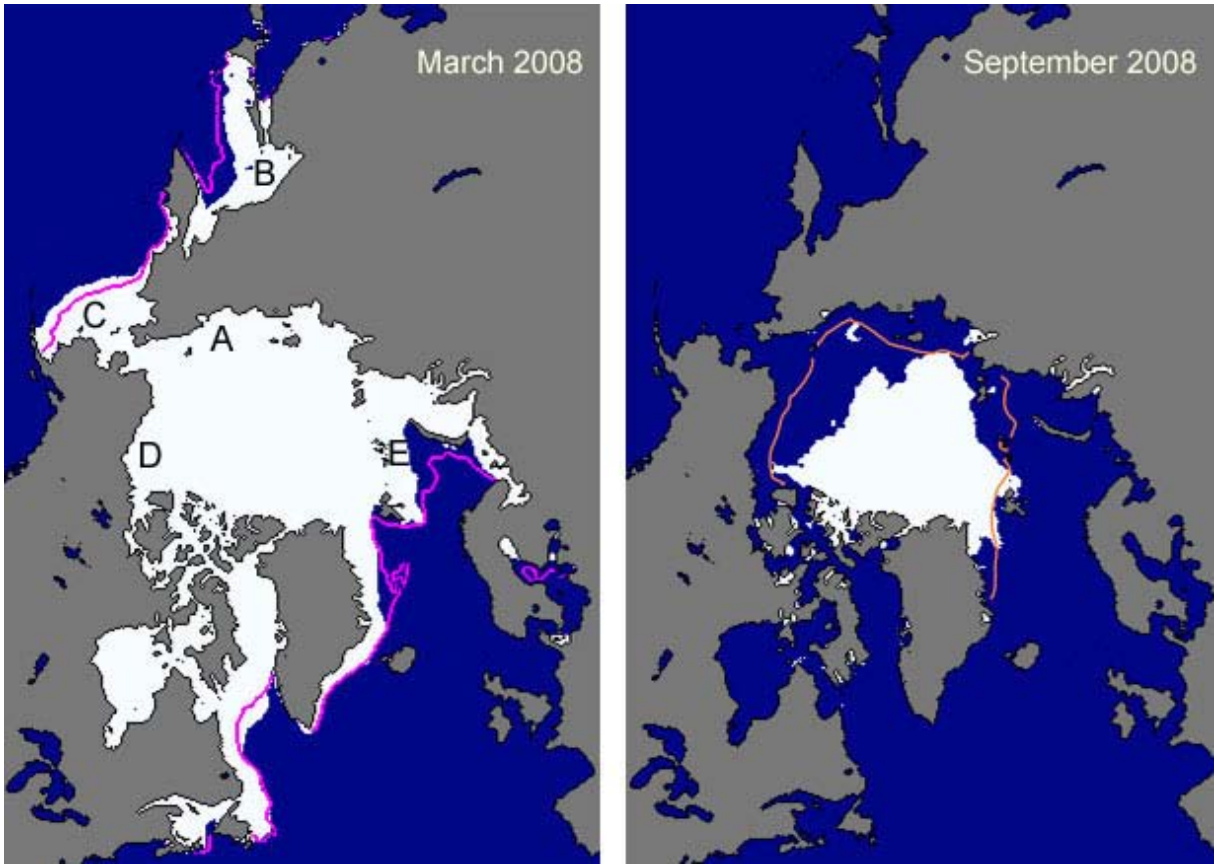


Figura 5d1. Extensión del hielo marino en marzo de 2008 (izquierda) en septiembre de 2008 (derecha), ilustrando respectivamente la máxima concentración invernal y la mínima estival. La línea magenta indica las extensiones máxima y mínima respectivamente de la extensión de la banquisa para 1979-200. Las letras indican: A) Este de Siberia, B) Mar de Ohhkotsh, C) Estrecho de Bering, D) Mar de Beaufort y E) Mar de Barents. [Figuras pocedentes del National Snow and Ice Data Center. Índice de hielo marino: nsidc.org/seaice_index]

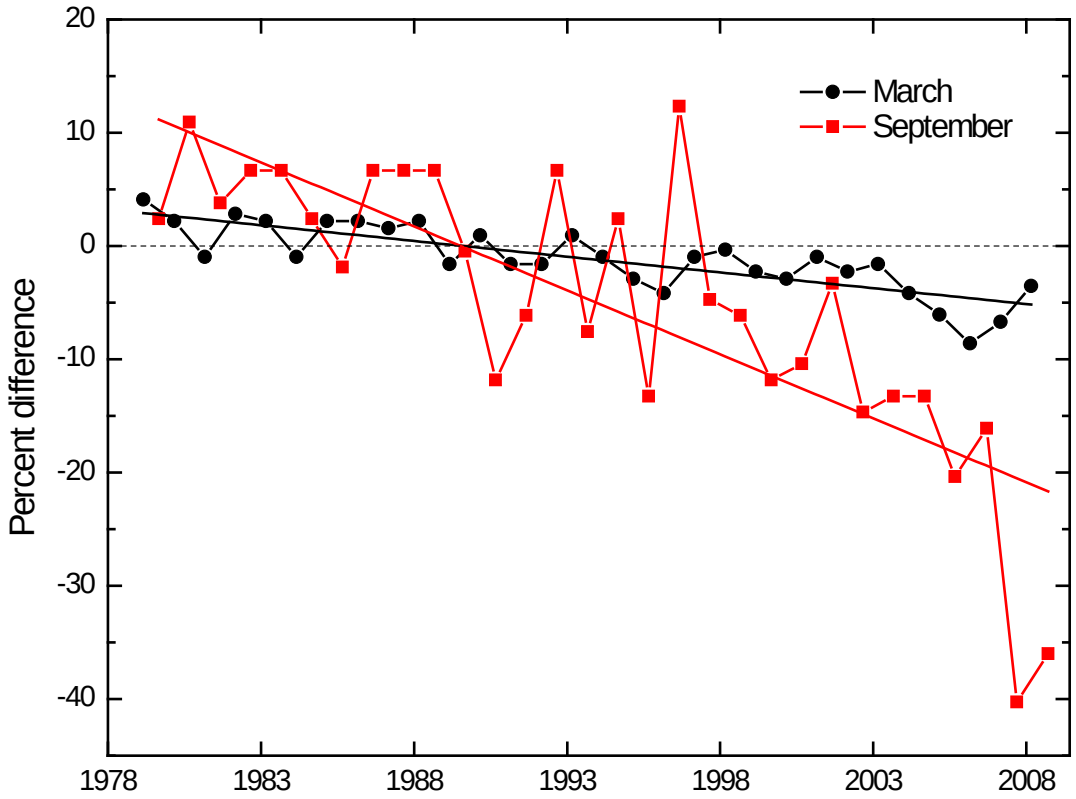


Figura 5d2. Series temporales de la diferencia percentual en marzo (mes de máxima extensión de la banquisa) y septiembre (mes de mínima extensión) relativos a los valores medios de 1979-2000. Basada en regresión por mínimos cuadrados, la tasa de decrecimiento para la extensión marzo-septiembre fue de -2.8% y -11% por década respectivamente.

(ii) Edad y grosor del hielo marino

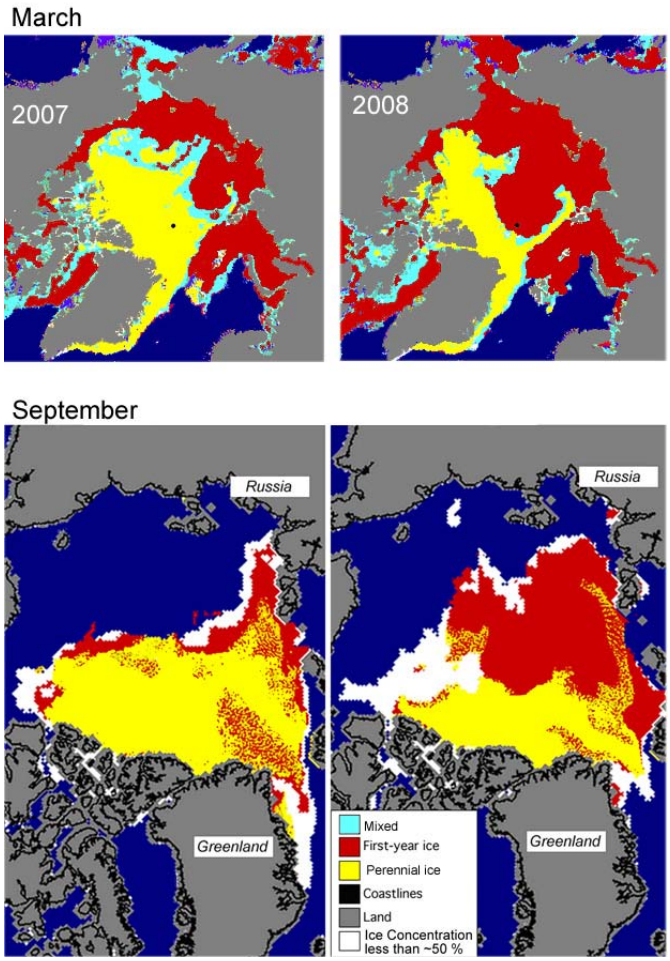


Figura 5d3. Mapas de la edad del hielo marino en 2007 (paneles izquierdos) y en 2008 (paneles derechos) en marzo (arriba) y septiembre (abajo). Los paneles superiores derivan de datos QuikSCAT (Nghiem et al., 2007). Los paneles inferiores son cortesía de C. Fowler, K. Maslanik y S. Drobot, del National Snow and Ice Data Center y derivan de una combinación de observaciones satélite AVHRR y SSM/I y de boyas de deriva desplegadas en el hielo.

5e) TIERRA

i) Vegetación

D.A. Walker, U.S. Bhatt, M.K. Raynolds, J.E. Comiso, H.E. Epstein, G. J. Jia

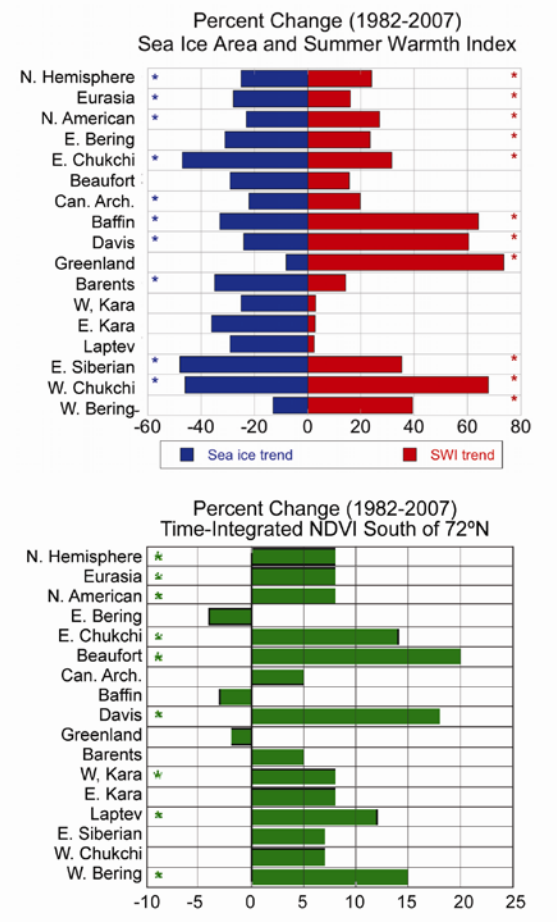


Figura 5.e1. Arriba, barras azules: porcentaje de cambio en el área hielo marino durante la primavera tardía (cuando se alcanza el 50% de la concentración media a largo plazo) durante 1982-2007 a lo largo de los 50 km anexos al margen costero en cada una de las áreas mayores del Ártico utilizando datos de concentración de hielo marino procedentes del bootstrap a resolución de 25 km de microondas pasivas SSMI. (Comiso y Nishio, 2008). Centro, barras rojas: porcentaje de cambio en la temperatura de verano en la superficie terrestre a lo largo de los 50 km adjuntos al margen costero y medidas a partir del Índice de Calentamiento de Verano (Summer Warmth Index, SWI = suma de temperaturas medias mensuales por encima del punto de congelación (ºC mes) basados en datos de temperatura superficial de AVHRR (Comiso, 2003). Abajo, barras verdes: porcentaje de cambio en el verdor del área de la tundra al sur de 72ºN medido por la integración temporal del índice normalizado de diferencia en la vegetación (TI-NVDI) basado en observaciones bisemanales de GIMMS NDVI (Tucker et al., 2001). Los

asteriscos indican tendencias significativas a $p < 0.05$. Basado en Bhatt et al.., 2008.

ii) Permafrost

V. Romanovsky, N. Oberman, D. Drozdov, G. Malkova, A. Kholodov, S. Marchenko[1]

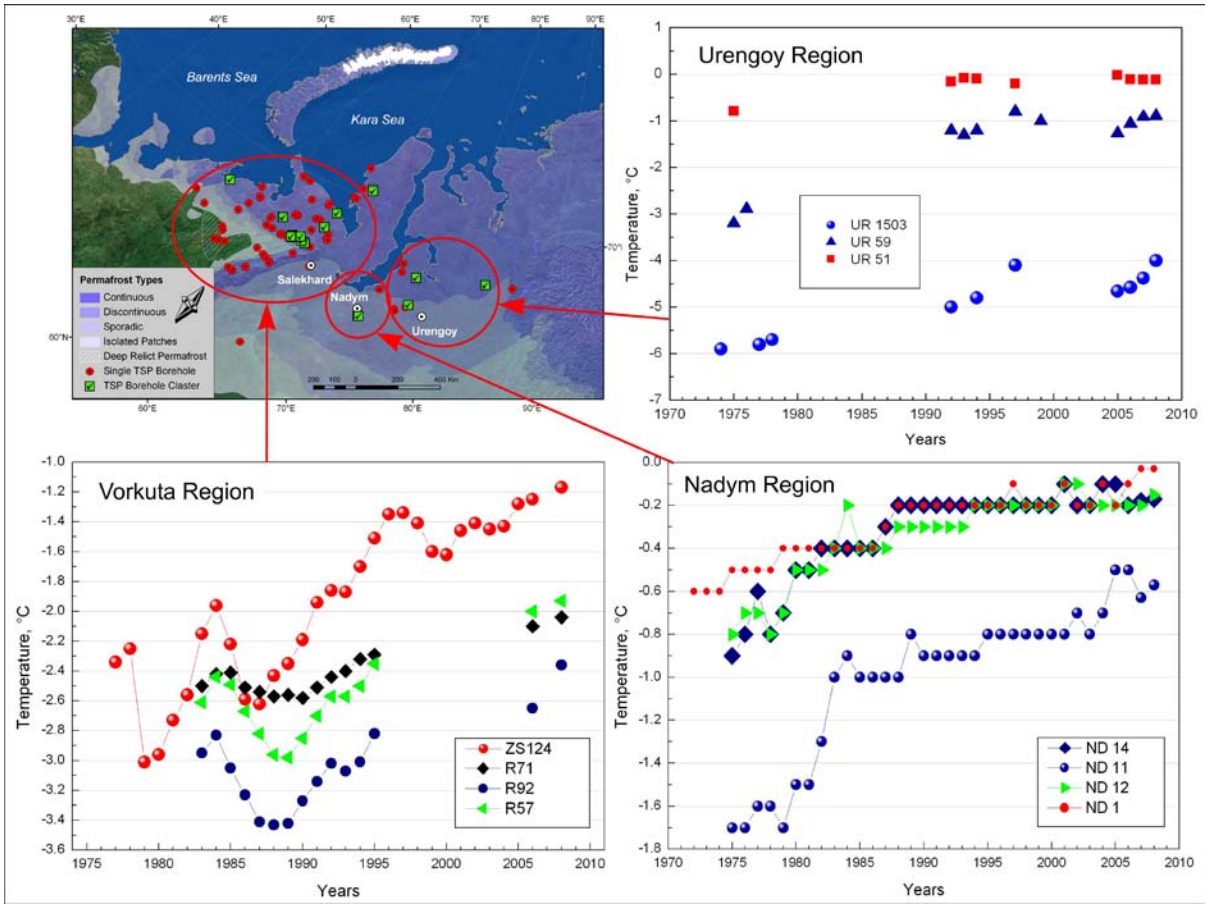


Figura 5e2. Arriba a la izquierda: lolacalización de los observatorios históricos MIREKO y Earth Cryospheric Institute del permafrost en el norte de Rusia. Abajo a la derecha: cambios en las temperaturas del permafrost a 15 metros de profundidad durante los últimos 20 a 25 años en estaciones seleccionadas en la región de Vorkuta (actualizados a partir de Oberman, 2008). Derecha: cambios en las temperaturas del permafrost a 10 metros de profundidad durante los últimos 35 años en estaciones seleccionadas de las regiones de Urengoy (arriba) y Nadym (abajo). Actualizado a partir de Romanovsky et al, 2008.

iii) Descarga Fluvial

A. Shiklomanov

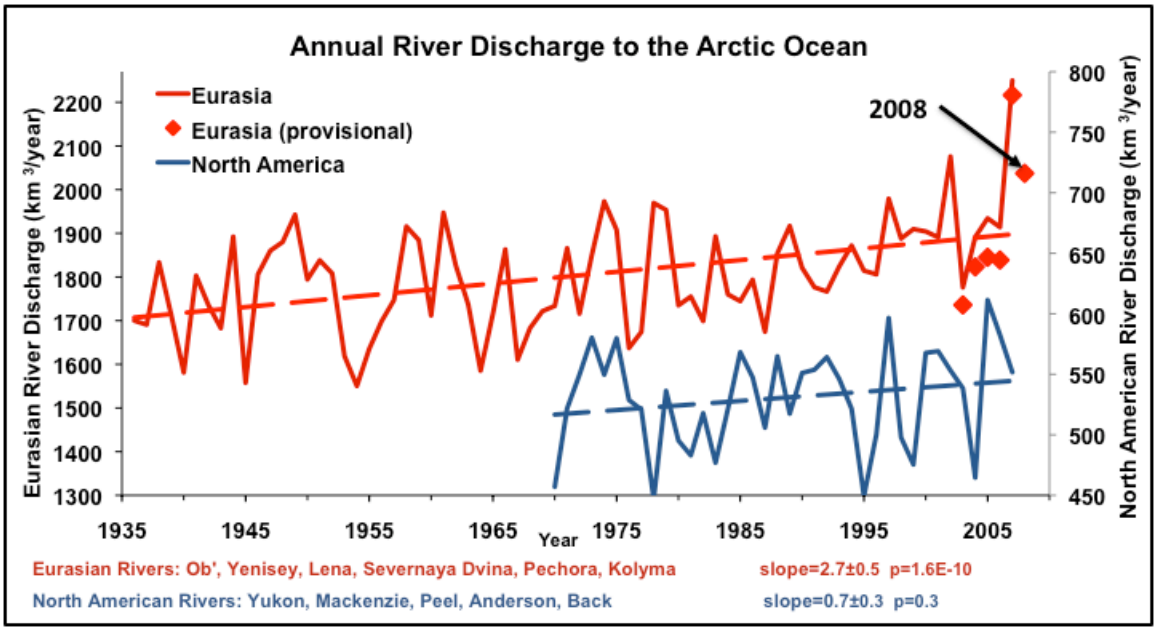


Figura 5e3. Total anual de la descarga fluvial al Océano Ártico producida por los seis ríos más largos del Ártico Euroasiático para el periodo observacional de 1936-2007 (actualizado a partir de Peterson et al., 2002) (línea roja) y para los cinco ríos pan-árticos más largos de Norteamérica durante 1973-2006 (línea azul). Las tendencias lineales por mínimos cuadrados se muestran como líneas intermitentes. Se ofrecen estimaciones provisionales anuales de los seis ríos euroasiáticos mayores basados en datos cercanos al tiempo real extraídos de http://RIMS.unh.edu (diamantes rojos).

iv) Nieve terrestre

C. Derksen, R. Brown y L. Wang

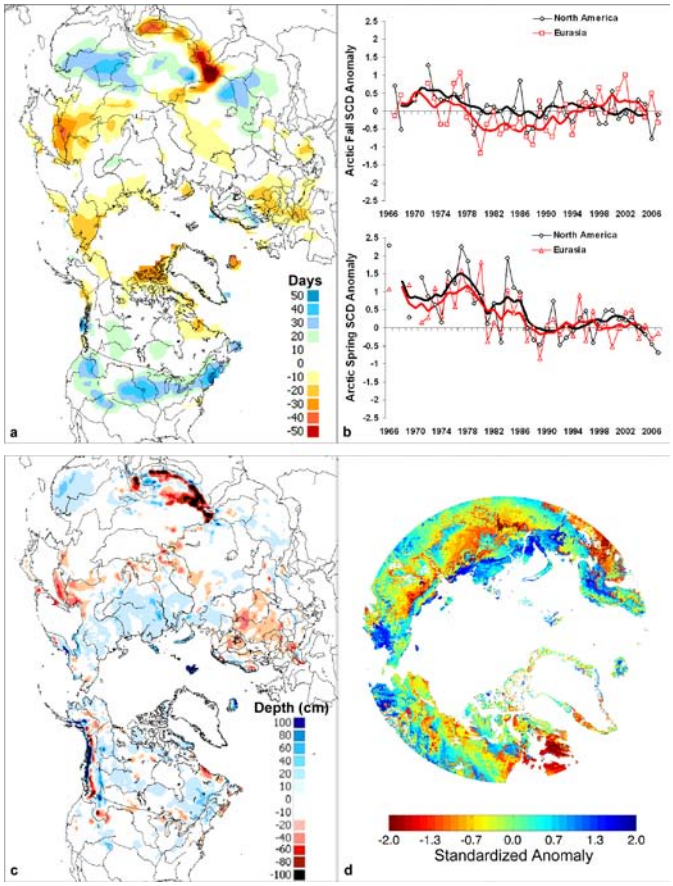


Figura 5e4. (a) Anomalías de la duración de la cobertura de nieve (SCD) relativas al periodo 1988-2007 para el año de nival 2007-2008 . (b) series temporales de las anomalías estacionales de la SCD en el Ártico relativas a a 1988-2007 a partir de los registros NOAA de la primera nevada de otoño y la última de primavera. Las líneas sólidas muestran una media móvil de 5 años. (c) Anomalías del máximo estacional de la profundidad de la nieve para 2007-2008 referidas 1998/998-2007/2008 a partir del análisis de profundidad de la nieve de CMC. (d) Anomalías del inicio de la fusión de nieve terrestre respecto a 2000-2008 a partir de datos QuicSCAT derivados usando el algoritmo de Wang et al. (2008). Las anomalías estandarizadas escalan el valor del inicio de la fusión a partir de la media y la magnitud de la variabilidad interanual de la fecha en cada localización. Una anomalía negativa (en rojo-amarillo) indica un inicio más temprano de la fusión en primavera.

v) Glaciares fuera de Groenlandia

M.Sharp y G.Wolken (con reconocimiento a las contribuciones de D.Burgess, G.Cogley, P.Glowacki, J.Jania, S.O'Neel, D.Puczko, A.Arendt y S.Luthcke)

Tabla 5e1. Anomalías de la temperatura en verano a 750 hPA y precipitación en invierno (referidas a la media 1948-2008 de las medias del reanálisis NCEP) para regiones con glaciares (excluyendo Groenlandia). El signo inferido del análisis del balance de masas superficial se basa en la comparación de los registros históricos de balance de masas para cada región con las temperaturas del reanálisis NCEP y las anomalías de precipitación. Las anomalías en la duración de la fusión y el momento de su inicio y de la congelación (relativas a la climatología 2000-2004) derivan de datos QuickScat. Para la determinación de los momentos de fusión y congelación las anomalías negativas indican adelanto respecto a la normal.

Region	Sub-Region	Latitude (N)	Longitude (E)	JJA 700 hPa T Anomaly	2008 Rank	Sep-May Ppt Anomaly	2008 Rank	Inferred Surface Balance	Melt Onset Anomaly	Freeze-up Anomaly	Melt Duration Anomaly
				(deg C)	(/60)	(mm)	(/60)		days	days	Days
Arctic Canada	N. Ellesmere Island	80.6 - 83.1	267.7 - 294.1	2	4	12.3	10	--	-1.8	9.8	19.3
	Axel Heiberg Island	78.4 - 80.6	265.5 - 271.5	1.67	5	0	30	--	-2.9	11.4	17.6
	Agassiz Ice Cap	79.2 - 81.1	278.9 - 290.4	2.11	3	-9.2	44	--	5.4	24.0	22.5
	Prince of Wales Icefield	77.3 - 79.1	278 - 284.9	1.77	7	-11.4	42	--	2.1	7.8	10.2
	Sydkap	76.5 - 77.1	270.7 - 275.8	1.53	6	-58.5	59	--	3.0	3.8	1.4
	Manson Icefield	76.2 - 77.2	278.7 - 282.1	1.71	7	-62.5	56	--	6.4	5.7	0.0
	Devon Ice Cap	74.5 - 75.8	273.4 - 280.3	1.47	6	-8	33	--	0.8	-0.8	5.8
	North Baffin	68 - 74	278 - 295	1.97	2	12.4	17	--	-26.9	-14.4	4.9
	South Baffin	65 - 68	290 - 300	2.39	1	5.9	25	--	-2.8	-1.6	-1.1
Eurasian Arctic	Severnaya Zemlya	76.25 - 81.25	88.75 - 111.25	-0.36	41	38.9	17	+	-0.2	13.4	10.6
	Novaya Zemlya	68.75 - 78.75	48.75 - 71.25	0.29	24	78	6	+	21.5	-5.3	-4.2

	Franz Josef Land	80 - 83	45 - 65	-0.77	46	110	3	++	8.4	-2.4	6.1
	Svalbard	76.25 - 81.25	8.75 - 31.25	0.13	31	58.5	7	+	-6.6	-2.8	-0.8
Iceland		63 - 66	338 - 346	0.13	27	-29.3	46	-	-4.2	-14.4	6.5
Alaska	SW Alaska	60 - 65	210 - 220	-0.33	40	117.4	14	+	3.5	-15.6	-17.7
	SE Alaska	55 - 60	220 - 230	-0.91	50	237	5	++	*	*	*

5f. Groenlandia

J.E. Box, L.-S. Bai, R. Benson, I. Bhattacharya, D.H. Bromwich, J. Cappelen, D. Decker, N. DiGirolamo, X. Fettweis, D. Hall, E. Hanna, T. Mote, M. Tedesco, R. van de Wal y M. van den Broeke

i) Resumen

ii) Temperaturas regionales de la superficie

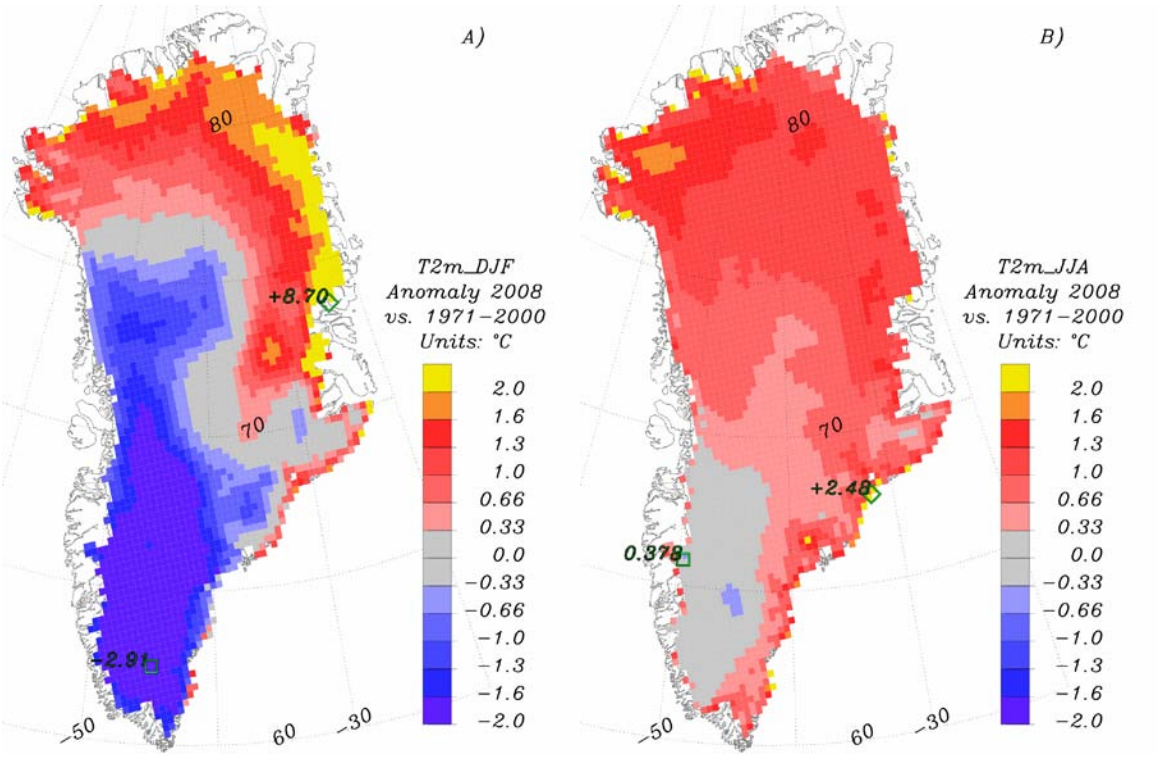


Figura 5f1. Anomalías de temperatura a 2 metros para el año 2008 y (a) invierno y (b) verano relativas al periodo de base 1971-2000 simuladas por el Polar MM5 a partir de Box et al. (2006).

iii) Temperaturas de la alta atmósfera

iv) Extensión y duración de la fusión superfical

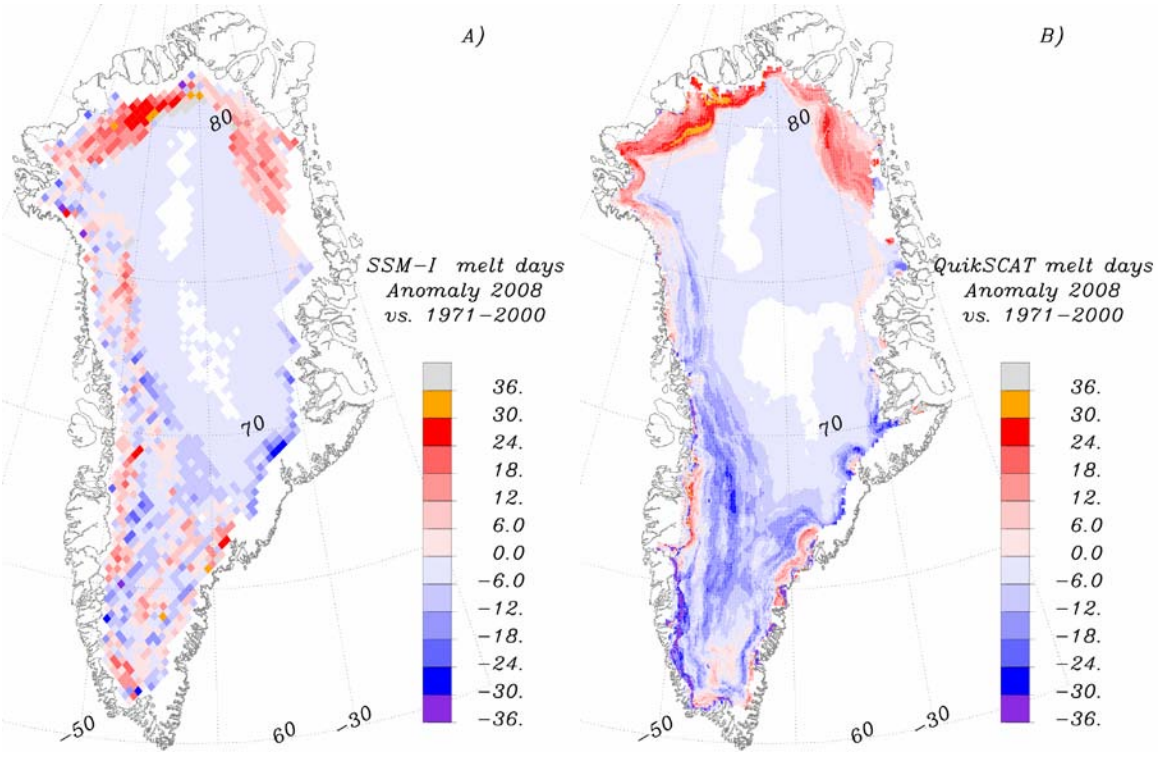


Figura 5f2. Anomalías de la fusión del casquete de Groenlandia relativas al periodo de base 1989-2008 basadas en (a) SSM/I y (b) QuickSCAT (relativas a 2000-2008), a partir de Bhattacharya et al. submitido.

v) Anomalías de precipitación

vi) Albedo superficial

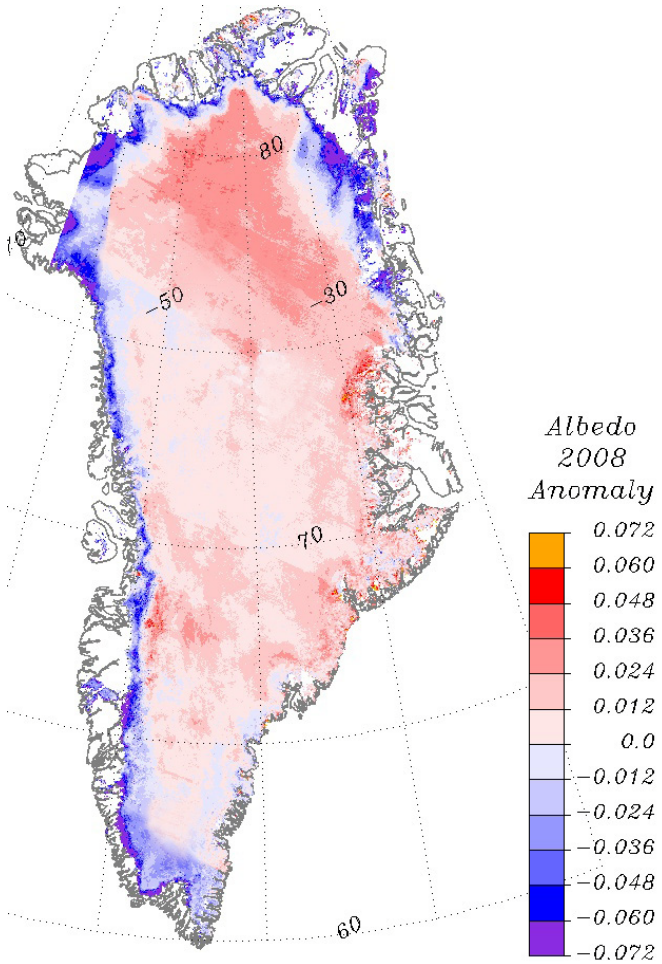


Figura 5f3. Anomalía de al albedo superficial para junio-julio 2008 relativa a 2000-2008

vii) Balance de masas superficial

Tabla 5f12. Parámetros del balance de masas superficial del casquete de Groenlandia: anomalías 2008 relativas a 1971-2000 (adaptadas de Box et al., 2006). Se incluyen a objeto de comparación las estimaciones de Hanna at al. (2008).

	Box			Hanna		
	Media (1971-2000)	% de la normal	2008 Anomalía (Gt)	Media (1971-2000)	% de la normal	2008 Anomalía (Gt)
Precipitación Total	710.7	105%	38.5	624.16	108%	52
Precipitación líquida	16.8	142%	7.1	27.01	147%	13
Flujo superficial de vapor de agua	66.7	100%	-0.2	40.59	74%	-11
Sublimación de nieve “blowing”	39.6	99%	-0.3			
Acumulación de nieve	604.5	106%	39.0	556.56	109%	50
Volumen de agua fusioanda	330.1	159%	194.1	333.95	133%	110
Escorrentía de agua fusionada	214.9	186%	184.3	277.91	142%	116
Balance de masas superficial	389.6	63%	-145.3	305.66	83%	-53
Temperatura media	-19.0		0.9	-21.4		1.1
Ratio del área de acumulación	0.920	0.905 (%)	-0.087	0.859	0.933 (%)	-0.007

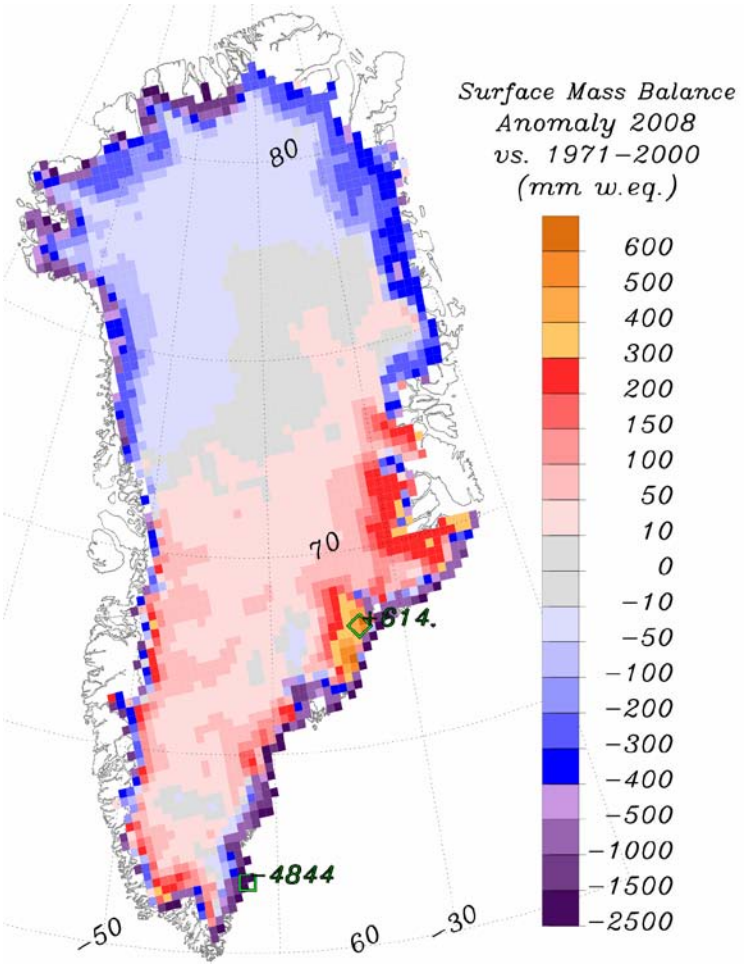


Figura 5f4. Anomalías del balance de masas de 2008 relativas a 1971-2000, simuladas por el Polar MM5 a partir de Box et al. (2006).

vii) Cambios en el hielo flotante.