

## **Cpítulo 3: Océano Global**

**Joel M. Levy, Editor**

**Translated by: Enric Aguilar**

### **Resumen**

Joel M. Levy

NOAA/OAR Climate Program Office, Silver Spring, Maryland

A medida que el sistema de observación del océano y las climatologías de las variables esenciales se consolidan, las observaciones de desviaciones anómalas continúan arrojando luz sobre la compleja evolución del sistema acoplado océano-atmósfera. El año 2008 tuvo las siguientes características:

- La media global de las SST (temperaturas de la superficie marina) fue ligeramente más fría que la de 2007, principalmente debido al enfriamiento del Pacífico central tropical, el Océano Ártico y las regiones que se extienden del Golfo de Alaska a la costa de Norte América. La anomalía anual de las SST en 2008 fue dominada por el estado negativo del patrón de la Oscilación Decadal del Pacífico (Pacific Decadal Oscillation, PDO). La media anual del índice de la PDO fue la más baja desde 1971.
- Las integrales globales del contenido de calor del océano alcanzaron por séprimo año consecutivo valores superiores a todos los momentos anteriores del registro, demostrando el papel dominante del océano en el balance de calor terrestre. Los patrones de superficie observados para el conjunto de la cuenca oceánica en 2008 son consistentes con la fase actual de los índices climáticos más habituales, tales como el ENSO.
- El promedio para toda la cuenca de los flujos de calor sensible en 2008 disminuyó ligeramente desde 2007, continuando la tendencia descendente iniciada en 1999. Parece que existe una tendencia hacia revertir la pendiente positiva observada en las décadas de los 1980s y 1990s. Los cambios en los flujos de calor latente y sensible en el Pacífico responden a las anomalías en las SST relacionadas con la fase fría de la PDO, con pérdidas aumentadas sobre las anomalías de SST positivas y reducidas sobre las anomalías de SST negativas. Por contraste, los flujos oceánicos en el Océano Atlántico representaron un forzamiento importante sobre la variabilidad de las SST, que aumentaron (disminuyeron) como resultado de la reducción (aumento) de la pérdida de calor en la superficie marina.
- Los valores del Potencial de Calor de los Ciclones Tropicales en el centro-norte del Golfo de México fueron menores en agosto de 2008 que en agosto de 2005.

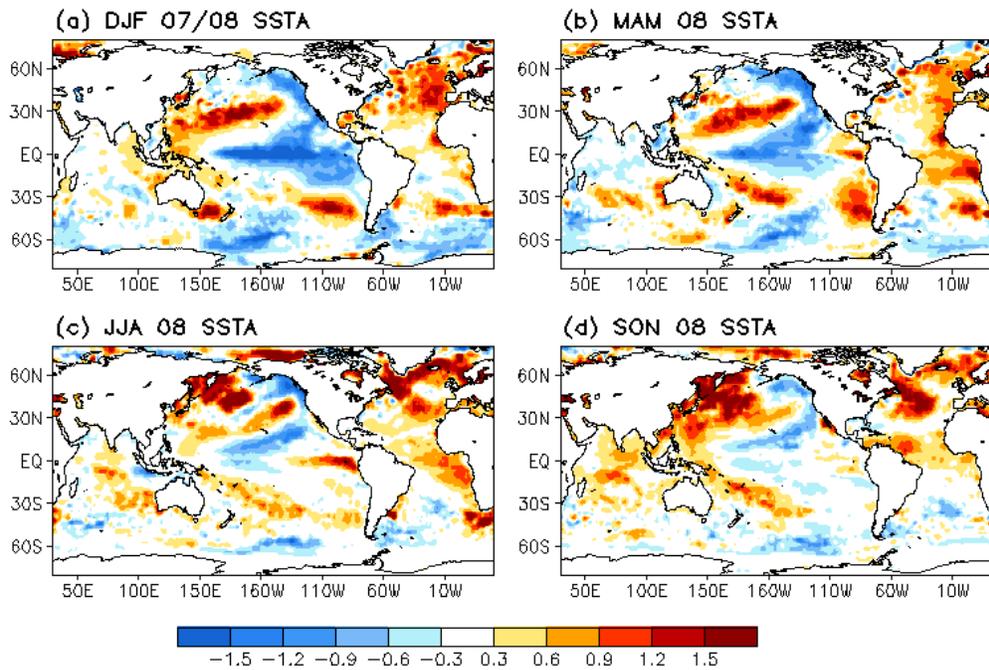
- Fuera de la región tropical, los valores de salinidad de la superficie fueron altos en los lugares climatológicamente secos, ocurriendo lo contrario en aquellas localizaciones más lluviosas, persistiendo la tendencia observada en años recientes. Ello sugiere un incremento en el ciclo hidrológico, consistente con las predicciones de los modelos climáticos para escenarios de calentamiento global. En la región tropical, las anomalías en la salinidad superficial puede relacionarse largamente con las condiciones impuestas por La Niña.
- Las anomalías en las corrientes superficiales de dirección este en la región tropical del Océano Pacífico durante 2008 jugaron un rol principal en el ajuste de la cuenca un marcado estado La Niña hasta condiciones neutrales del ENSO en julio-agosto. Las tendencias a largo plazo en la energía cinética de la turbulencia geostrofica continuó indicando variaciones interanuales a interdecadales en los principales sistemas de corrientes, tales como la Corriente del Golfo y la confluencia Brasil-Malvinas.
- Las observaciones directas de la intensidad de la circulación meridional muestran una variabilidad sustancial a corta escala con evidencias de pronunciadas variaciones estacionales. Las observaciones indirectas derivadas de las propiedades del agua subsuperficial sugieren un reforzamiento reciente de la formación de agua profunda en el mar de Labrador y la disminución en el transporte de agua profunda desde la Antártica, siendo esta más caliente y menos salina que en el pasado.
- El evento La Niña 2007-2008 afectó no solo a las anomalías regionales del nivel del mar, sino que también a nivel del mar global (Global Mean Sea Level, GMSL). El GMSL ha sido persistentemente bajo durante el evento La Niña en relación a una tendencia lineal de aproximadamente  $3.3 \text{ mm yr}^{-1}$ . La correspondencia entre el GMSL y el índice multivariado del ENSO resalta la fuerte influencia de este fenómeno en el nivel del mar global. Si se remueve la influencia del ENSO, la ratio de cambio de la GMSL permanece remarcablemente constante.
- El flujo medio global de CO<sub>2</sub> aire-oceano para 1983-2007, incluyendo los efectos del ENSO, indica un sumisión media de  $1.74 \text{ Pg-C yr}^{-1}$ . La sumisión media para 2007 se estima en  $1.67 \text{ Pg-C}$ , unos  $0.07 \text{ Pg-C}$  menor que la media a largo plazo y constituyendo la tercera anomalía en magnitud desde que se inició el registro con este sistema en 1983. Al contrario que lo que parece a largo plazo, el Atlántico Norte no ha tenido el mayor aumento en almacenamiento de carbono antropogénico durante la última década. La ratio de aumento en el inventario de carbono en la parte oriental del Océano Índico fue significativamente más alta entre 1995 y 2008 comparada con 1978-1995.
- Global phytoplankton chlorophyll concentrations were slightly elevated in 2008 relative to 2007, but regional changes were substantial (ranging to about 50%) and followed long-term patterns of net decreases in chlorophyll with increasing sea surface temperature.
- Las concentraciones globales de fitoplancton y clorofila fueron ligeramente elevadas en 2008 comparadas con 2007, aunque los cambios regionales fueron sustanciales (con un rango de hasta 50%) y siguieron a patrones de largo plazo de descenso en clorofila con ascenso de SSTs.

# Temperaturas de la Superficie Marina en 2008

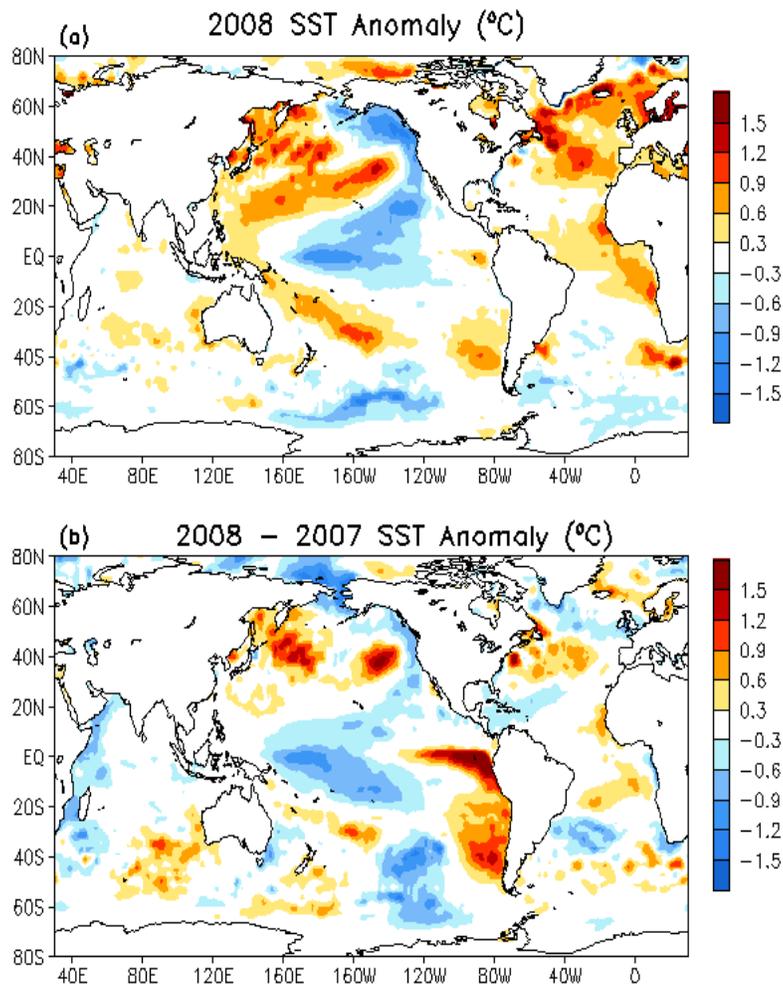
Yan Xue<sup>1</sup> and Richard W. Reynolds<sup>2</sup>

<sup>1</sup> NOAA/NWS, Climate Prediction Center, National Centers for Environmental Prediction  
Camp Springs, MD

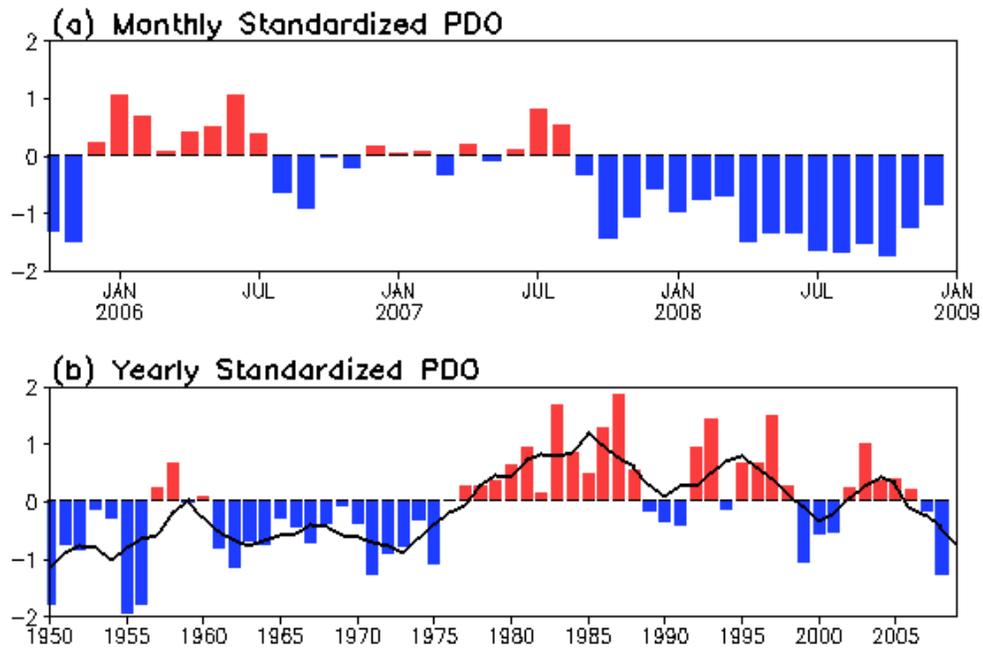
<sup>2</sup> NOAA/NESDIS, National Climatic Data Center, Asheville, NC



**Fig 3.1.** Anomalías estacionales para (a) diciembre de 2007 a febrero 2008, (b) marzo a mayo de 2008, (c) junio a agosto de 2008 y (d) septiembre a noviembre de 2008. Las SSTs son campos mensuales interpolados a partir de los análisis interpolación óptima (Optimum Interpolation, OI) semanales de Reynolds et al. (2002). Todas las anomalías se definen como desviaciones respecto a la climatología 1971-2000 (Xue et al., 2003).



**Fig. 3.2.** (a) Anomalías anuales medias de las SST (SSTA) en 2008 y (b) Diferencia entre las SSTA de 2008 y 2007. Las SSTs son campos mensuales interpolados a partir de la interpolación óptima de los análisis semanales de Reynolds et al. (2002). Todas la anomalías se definen como desviaciones respecto a la climatología de 1971-200 (Xue et al., 2003)



**Fig. 3.3.** (a) Índice mensual estandarizado del Oscilación Decadal del Pacífico (PDO), en barras, durante los cuatro últimos años y (b) promedio anual del índice mensual de la PDO (barras) más media móvil de cinco años (línea negra superpuesta) durante 1950-2008. El índice PDO se ha obtenido de la University of Washington (<http://jisao.washington.edu/pdo>)

**Fig. 3.4.** Promedio anual de las anomalías de las SST para (a) el océano global, (b) el Pacífico Tropical, (c) el Océano Índico tropical, (d) el Océano Atlántico, (e) los tres océanos tropicales, (f) el Pacífico Norte y (g) el Atlántico Norte durante 1950-2008.. Las SSTs proceden de la Extended Reconstructed Sea Surface Temperature version 3b (ERSST v.3b) de Smith et al. (2008). Todas las anomalías son desviaciones respecto a la climatología 1971-2000 (Xue et al., 2003).

## Contenido de Calor del Océano

Gregory C. Johnson<sup>1</sup>, John M. Lyman<sup>1,2</sup>, Joshua K. Willis<sup>3</sup>, Sydney Levitus<sup>4</sup>, Tim Boyer<sup>4</sup>, John Antonov<sup>4</sup>, Claudia Schmid<sup>5</sup>, and Gustavo J. Goni<sup>5</sup>

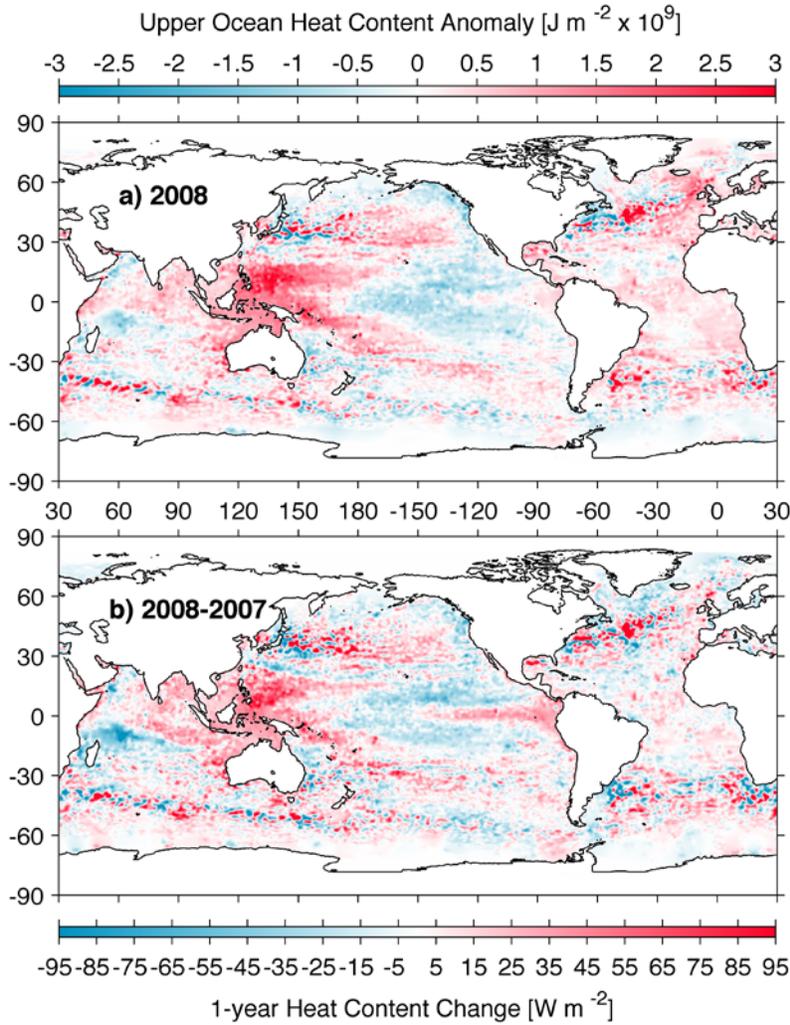
<sup>1</sup>NOAA/OAR Pacific Marine Environmental Laboratory, Seattle, WA

<sup>2</sup>JIMAR, University of Hawaii, Honolulu, HI

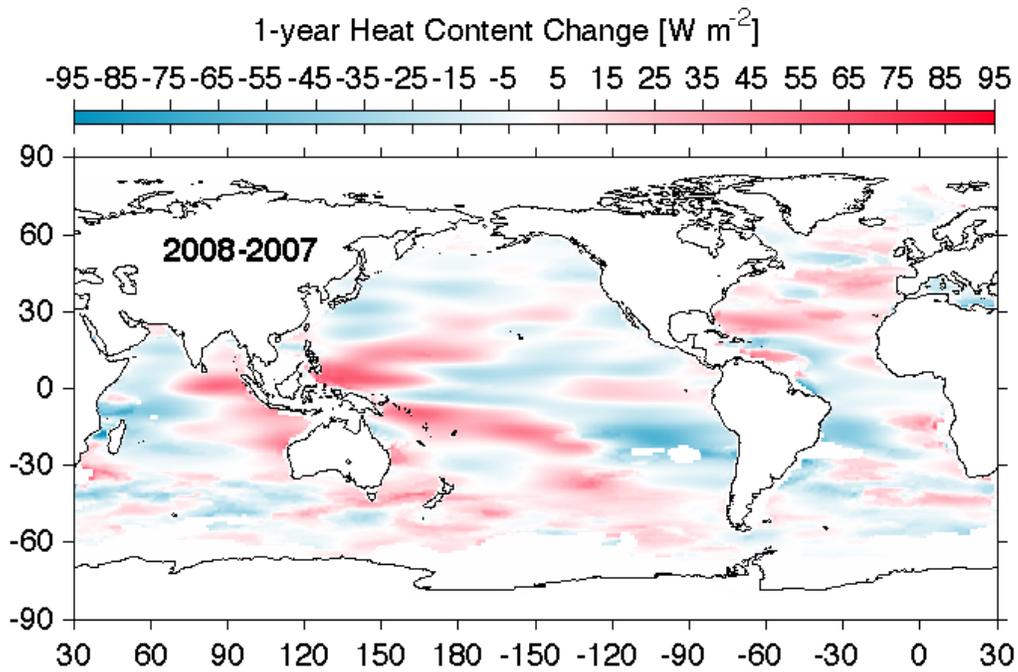
<sup>3</sup>NASA/Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, CA

<sup>4</sup>NOAA/NESDIS National Ocean Data Center, Silver Spring, MD

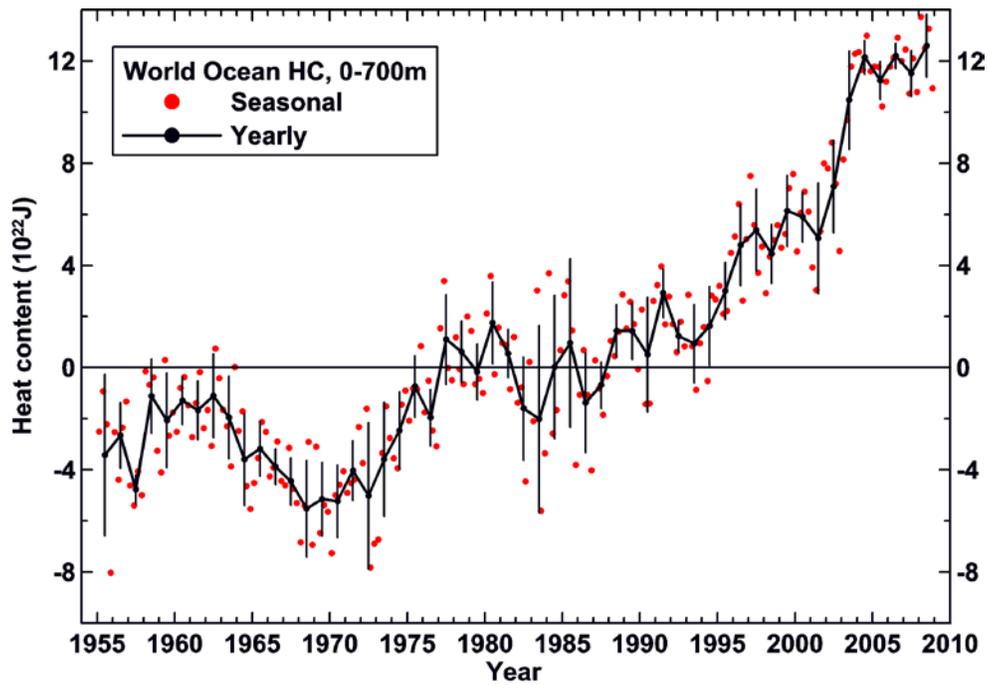
<sup>5</sup>NOAA/OAR Atlantic Oceanographic and Meteorological Laboratory, Miami, FL



**Fig. 3.5.** (a) Estimación de la anomalía en el contenido de calor del océano (Ocean Heat Content Anomaly, OHCA,  $10^9 \text{ J m}^{-2}$ ) a partir de la combinación de datos altimétricos de satélite y observaciones in situ para 2008. El análisis se realiza siguiendo a Willis et al. (2004), aunque relativo al periodo de referencia 1993-2008. (b) Diferencia entre 2008 y 2007 en las estimaciones de OHCA expresadas como flujo de calor local equivalente ( $\text{W m}^{-2}$ ). Para la comparación de paneles, nótese que  $95 \text{ W m}^{-2}$  aplicados sobre un año resultan en un cambio en OHCA de  $3 \times 10^9 \text{ J m}^{-2}$ .



**Fig 3.6.** Cambios en el contenido de calor de la capa oceánica de mezcla estimados a partir de SSchmid (2005) y expresados como flujo superficial equivalente de calor ( $\text{Wm}^{-2}$ ). El mapa se basa en la substracción de una capa de mezcla media anual de contenido de calor para el año de calendario 2008 respecto a la de 2007.

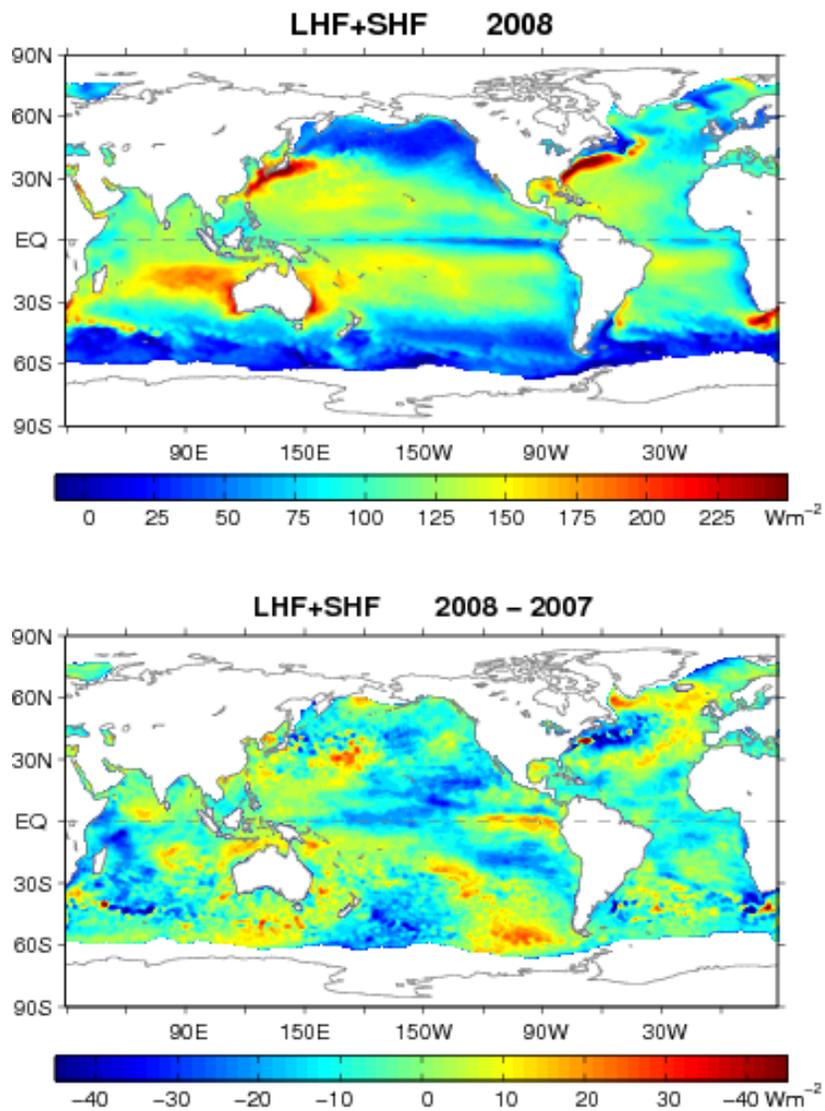


**Fig 3.7.** Series temporales de valores castrimestrales (puntos rojos) y promedio anual (línea negra) de las integrales globales de las estimaciones in situ de la OHCA superior ( $10^{22}$  J) para la capa de 0 a 700 m. y para 1955-2008, siguiendo a Levitus et al. (2009). Las barras de error de los promedios anuales representan una desviación estándar de las estimaciones cuatrimestrales de cada año. Entre las fuentes adicionales de error se incluyen los errores de muestreo (Lyman y Johnson, 2008) y se mantienen sin corregir las desviaciones instrumentales (Levitus et al., 2009)

## Flujos Globales de Calor en el Océano

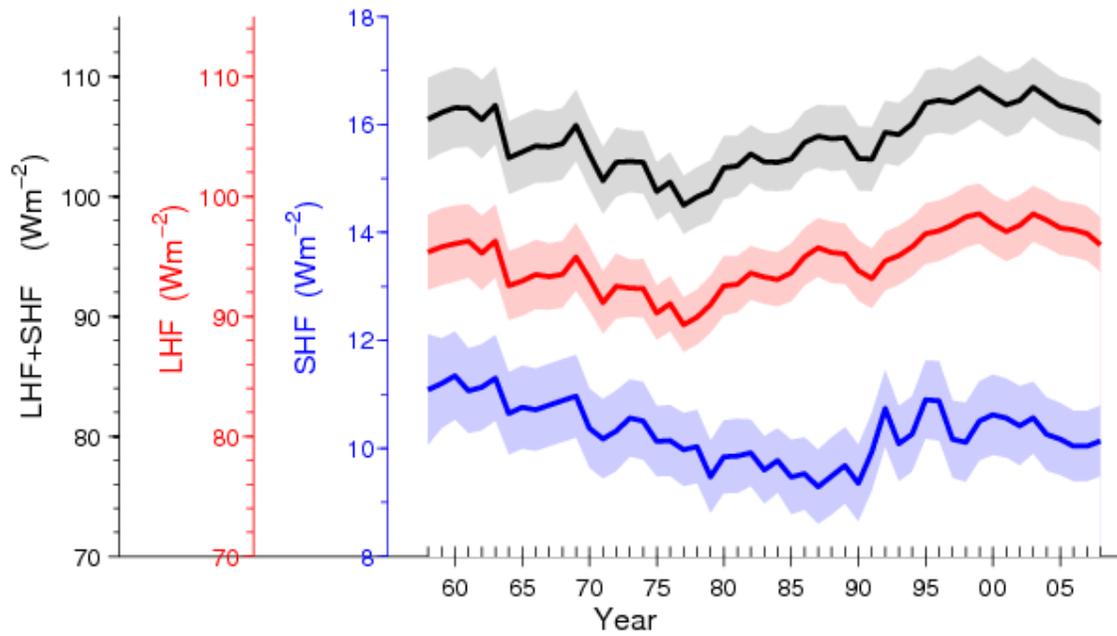
Lisan Yu and Robert A. Weller

Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, MA



**Fig. 3.8.** (a) Panel superior: promedio anual del flujo de calor latente más calor sensible en 2008. El signo queda definido como hacia arriba (hacia abajo) positivo (negativo). (b) Panel

inferior: diferencias entre 2008 y 2007 en el promedio anual del flujo de calor latente más sensible.



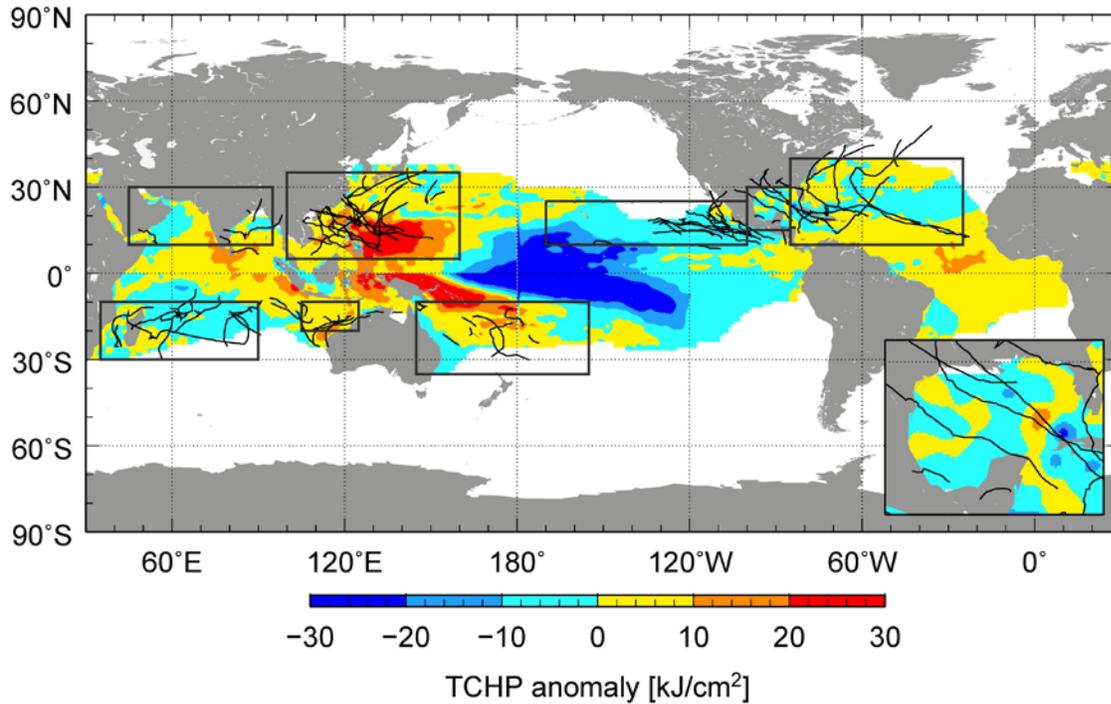
**Fig. 3.9.** Variaciones interanuales del promedio global del flujo de calor latente más sensible (línea azul), flujo de calor latente (línea roja), flujo de calor sensible (línea negra). Las áreas sombreadas son los límites al 90% del intervalo de confianza.

# Potencial de Calor de los Ciclones Tropicales

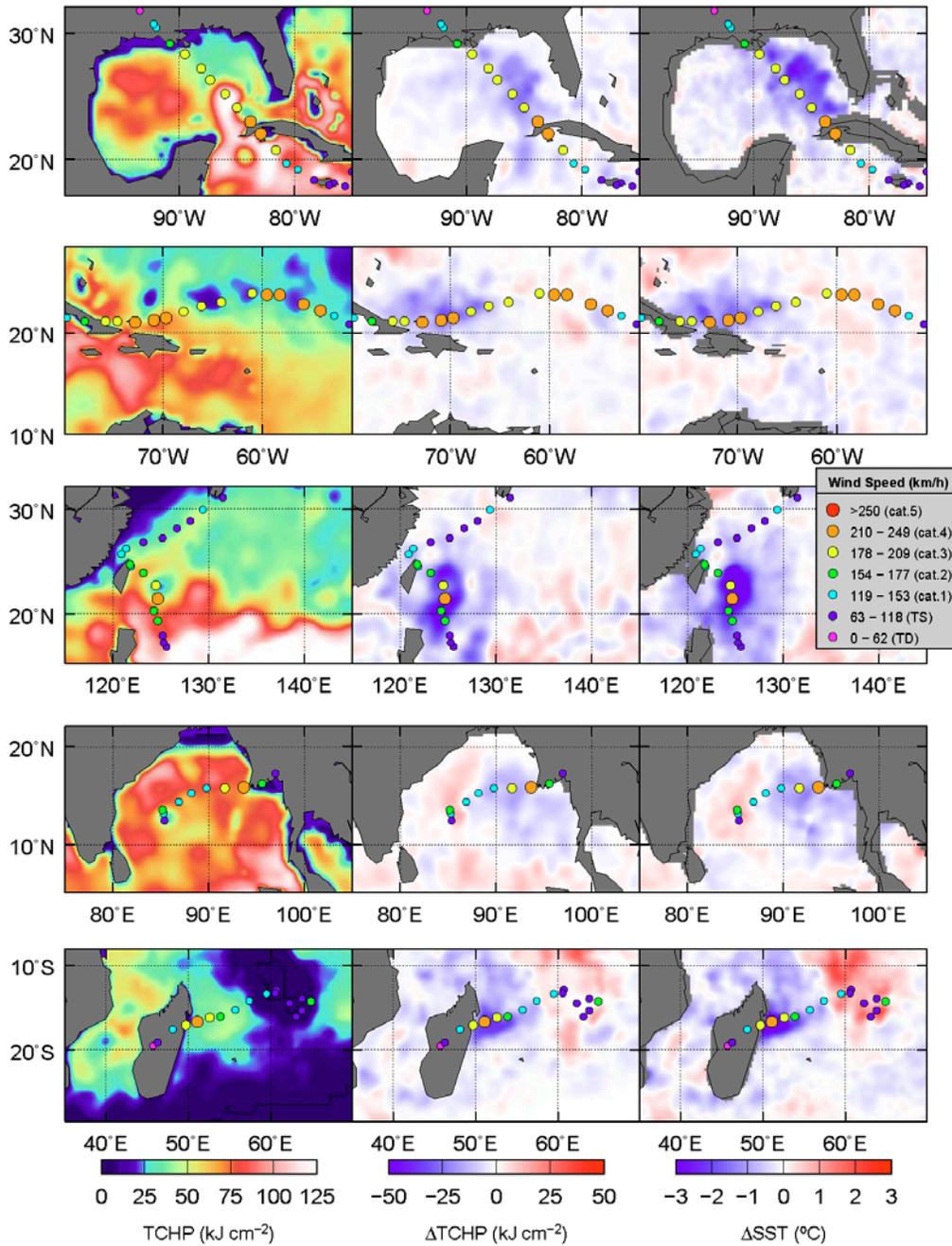
Gustavo J. Goni<sup>1</sup> and John A. Knaff<sup>2</sup>

<sup>1</sup> NOAA/OAR Atlantic Oceanographic and Meteorological Laboratory, Physical Oceanography Division, Miami, FL

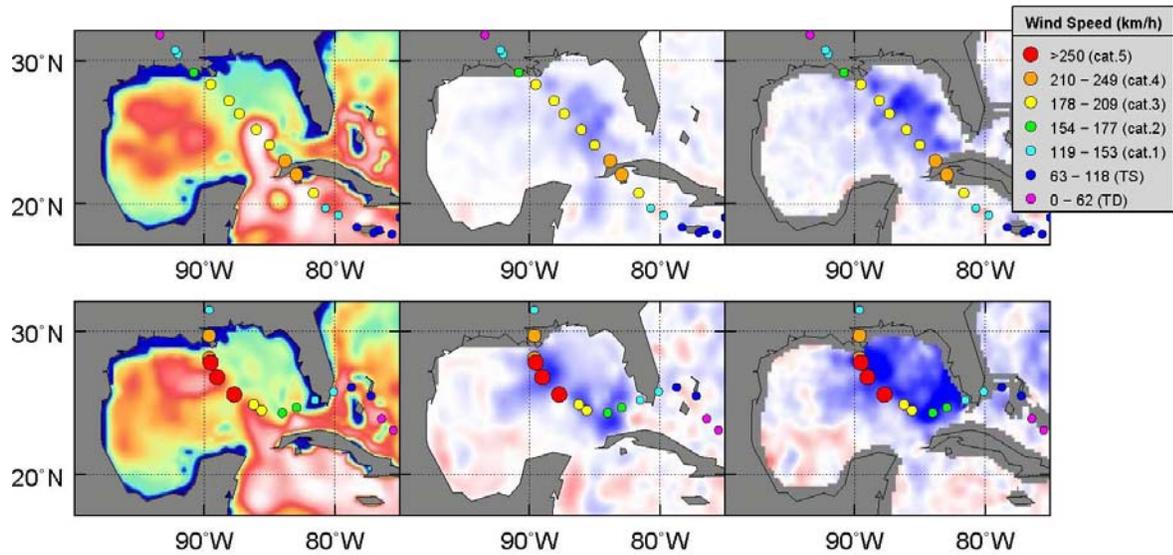
<sup>2</sup> NOAA/NWS Regional and Mesoscale Meteorology Branch, Fort Collins, CO



**Fig. 3.10.** Anomalías globales del Potencial de Calor de los Ciclones Tropicales (TCHP) correspondiente a 2008 computado tal y como se describe en el texto completo (versión original en inglés, n. del t.). Las cajas indican las siete regiones dónde los ciclones tropicales ocurren: de izquierda a derecha, Índico Sudoriental, Índico Norte, Pacífico Occidental, Índico Sudoriental, Pacífico Sur, Pacífico Oriental y Atlántico Norte (que se muestra separadamente como Golfo de México y Atlántico Tropical). Las líneas negras indican las trayectorias de todos los ciclones de categoría 1 y superiores durante noviembre 2007 a diciembre 2008 en el Hemisferio Sur y durante enero a diciembre 2008 en el Hemisferio Norte. Las condiciones en el Golfo de México entre junio y noviembre de 2008 se muestran en el recuadro inferior derecho.



**Fig. 3.11.** Potencial de calor de los ciclones tropicales (izquierda); enfriamiento superficial dado por la diferencia entre valores previos y posteriores a la tormenta del potencial de enfriamiento de los ciclones tropicales (centro) y SSTs durante (de arriba abajo) Huracán Gustav, Huracán Ike, Tifón Sinlaku, Ciclón Tropical Nargis, y Ciclón Tropical Ivan.



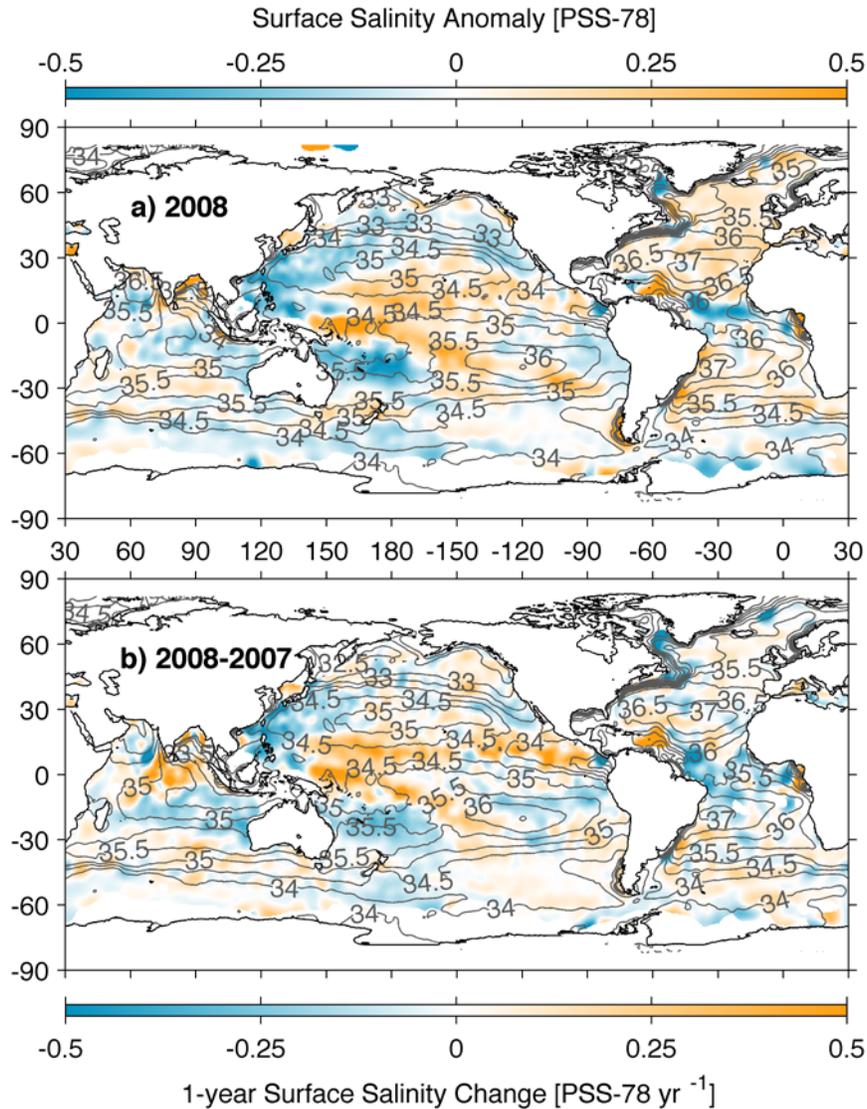
**Fig. 3.12.** Potencial de calor de los ciclones tropicales (izquierda); enfriamiento superficial dado por la diferencia entre valores previos y posteriores a la tormenta del potencial de enfriamiento de los ciclones tropicales (centro) y SSTs para los huracanes (abajo) Katrina in 2005 y (arriba) Gustav in 2008. Se conserva la escala de la Fig. 3.11.

# Salinidad de la Superficie Marina

Gregory C. Johnson<sup>1</sup> and John M. Lyman<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>NOAA/Pacific Marine Environmental Laboratory, Seattle, WA

<sup>2</sup>JIMAR, University of Hawaii, Honolulu, HI



**Fig 3.13.** (a) Mapa de las anomalías en 2008 de la salinidad estimada a partir de datos Argo [colores en PSS-78] en relación al campo climatológico de WOA 2001 [contornos grises a intervalos de 0.5 PSS-78]. (b) Diferencia entre 2008 y 2007 en la salinidad superficial estimada a partir de datos Argo [colores en PSS-78 yr<sup>-1</sup> para permitir la comparación directa con a)]. Las

áreas blancas indican bien anomalía neutral o datos demasiado escasos para su representación. Aunque la salinidad se representa frecuentemente como unidades prácticas de salinidad (PSU), es en realidad una cantidad adimensional representada en la Escala Práctica de Salinidad de 1978 (PSS-78)

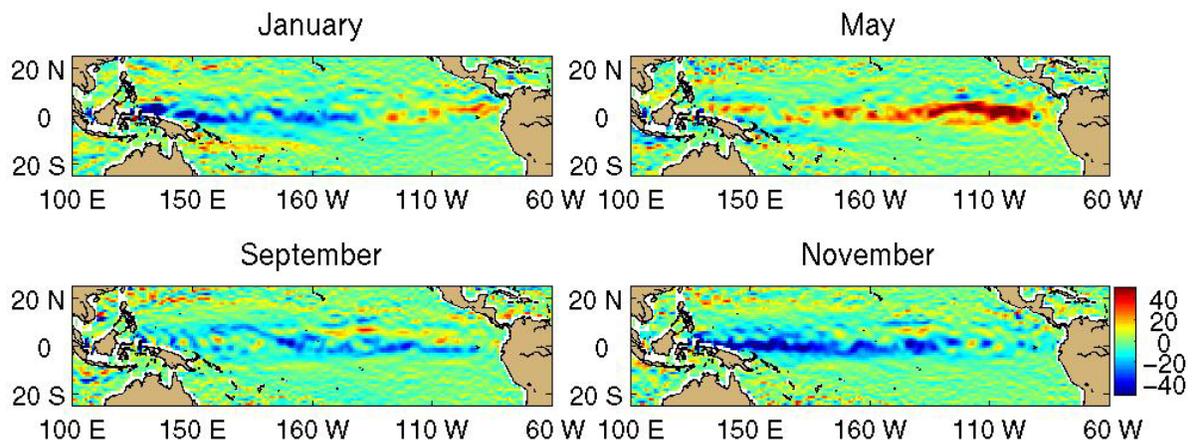
## Observaciones de la Corrientes Superficiales

Rick Lumpkin<sup>1</sup>, Gustavo Goni<sup>1</sup>, and Kathleen Dohan<sup>2</sup>

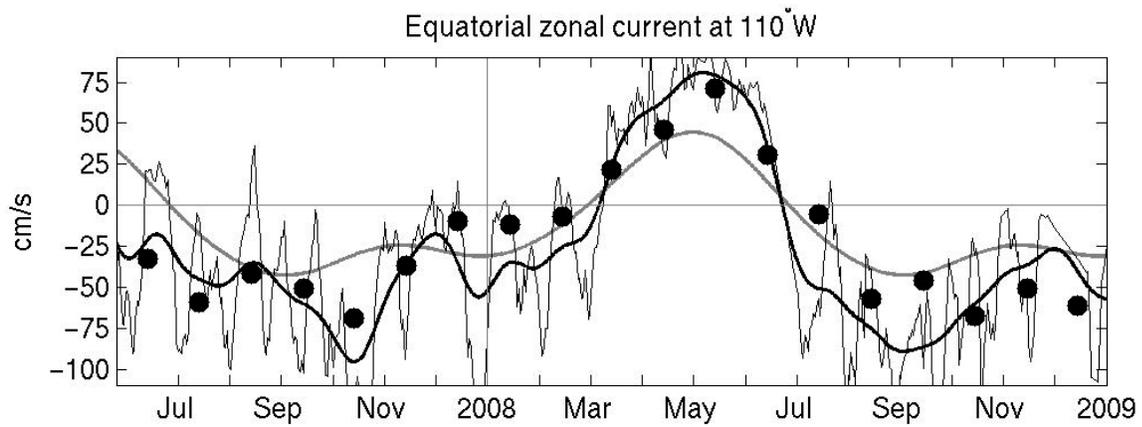
<sup>1</sup> NOAA/Atlantic Oceanographic and Meteorological Laboratory, Miami, FL USA

<sup>2</sup> Earth and Space Research, Seattle WA USA

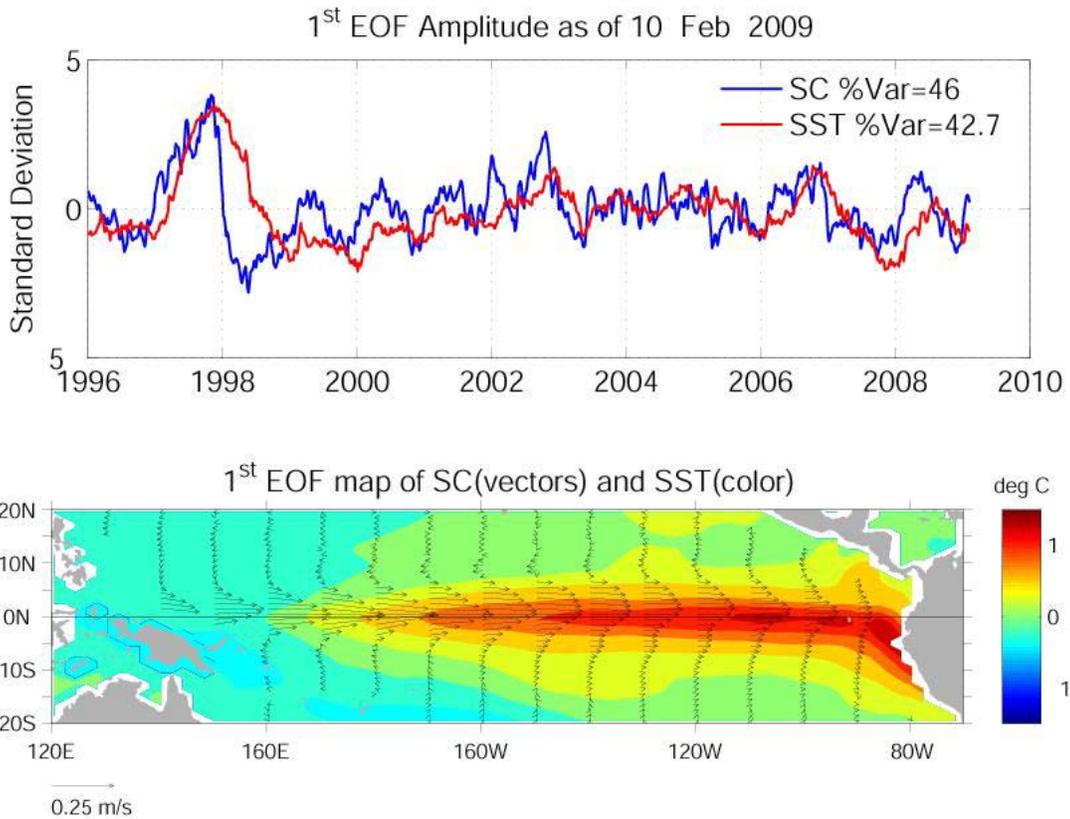
### Anomalías de las Corrientes Superficiales en 2008



**Fig 3.14.** Promedios mensuales de las anomalías zonales de las corrientes zonales (cm/s), positivo significa hacia el este y se refiere a las climatologías estacionales para enero, mayo, septiembre y noviembre de 2008

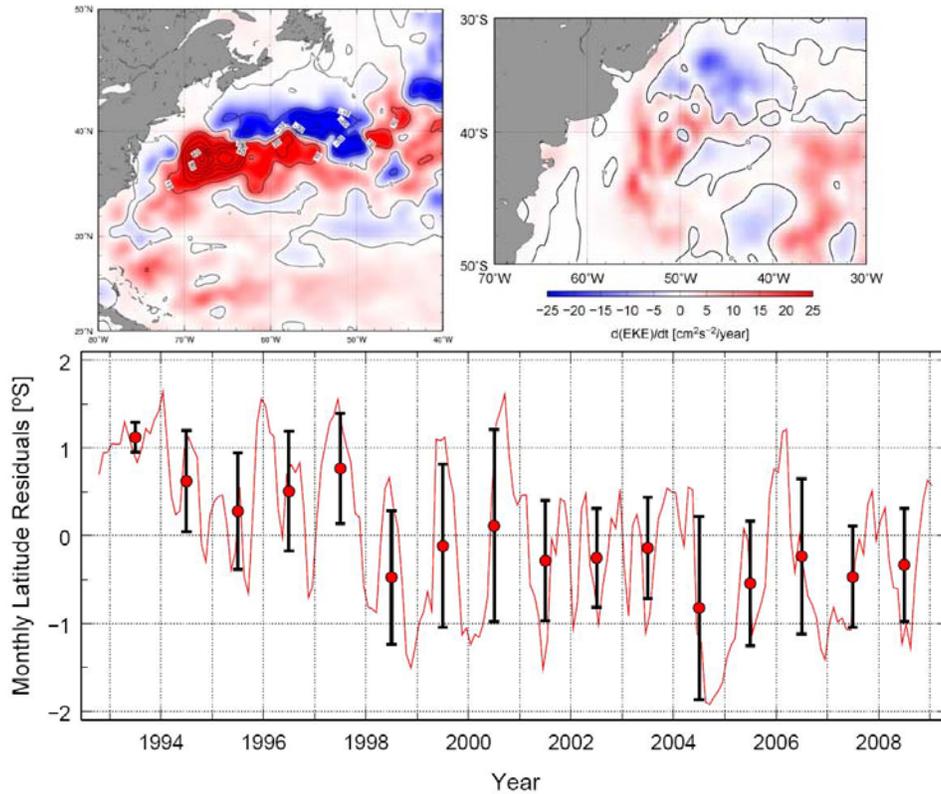


**Fig. 3.15.** Corrientes zonales (positivo significa hacia el este) diarias (línea fina negra) y quincenales (filtro de paso bajo, línea gruesa negra) medidas por boyas fijas TAO a 110°W y a una profundidad de 10m. Se muestra también las medidas estacionales (gris) y los datos OSCAR de los promedios mensuales de las corrientes zonales (puntos negros) en la misma localización.



**Fig 3.16.** Principales funciones empíricas ortogonales (EOF) de la variación de las anomalías de la corriente superficial (“SC”) y de la SST en el Pacífico Tropical. Arriba: amplitud de las series de EOFs normalizadas por sus respectivas desviaciones estándar. Abajo: estructuras espaciales de los EOFs.

### Cambios a largo plazo en las corrientes superficiales.



**Fig 3.17.** Tendencias en el EKE geostrófico para 1993-2008 en la región de la Corriente del Golfo (arriba a la izquierda) y en la confluencia Brasil-Malvinas (arriba derecha), calculadas mediante altimetría satélite. Abajo: localización de la corriente de Brasil respecto a su posición media 1993-2008. Los círculos con barras indican las medias anuales y dos desviaciones estándar para cada año de calendario.

## Circulación Meridional de Retorno

M. O. Baringer<sup>1</sup>, C. S. Meinen<sup>1</sup>, G. C. Johnson<sup>2</sup>, T. O. Kanzow<sup>3</sup>, S. A. Cunningham<sup>3</sup>, W. E. Johns<sup>4</sup>, L. M. Beal<sup>4</sup>, J. J.-M. Hirschi<sup>3</sup>, D. Rayner<sup>3</sup>, H. R. Longworth<sup>3</sup>, H. L. Bryden<sup>3</sup>, and J. Marotzke<sup>5</sup>

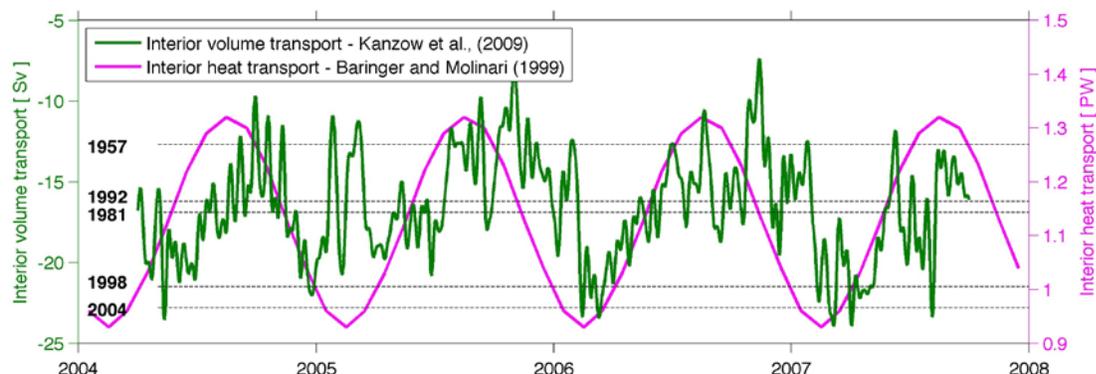
<sup>1</sup> NOAA/Atlantic Oceanographic and Meteorological Laboratory, 4301 Rickenbacker Causeway, Miami, FL 33149

<sup>2</sup> NOAA/Pacific Marine Environmental Laboratory, Sand Point Way, Seattle, WA

<sup>3</sup> Ocean Observing and Climate Research Group, National Oceanography Centre, European Way, Southampton, SO17 3ZH, U.K.

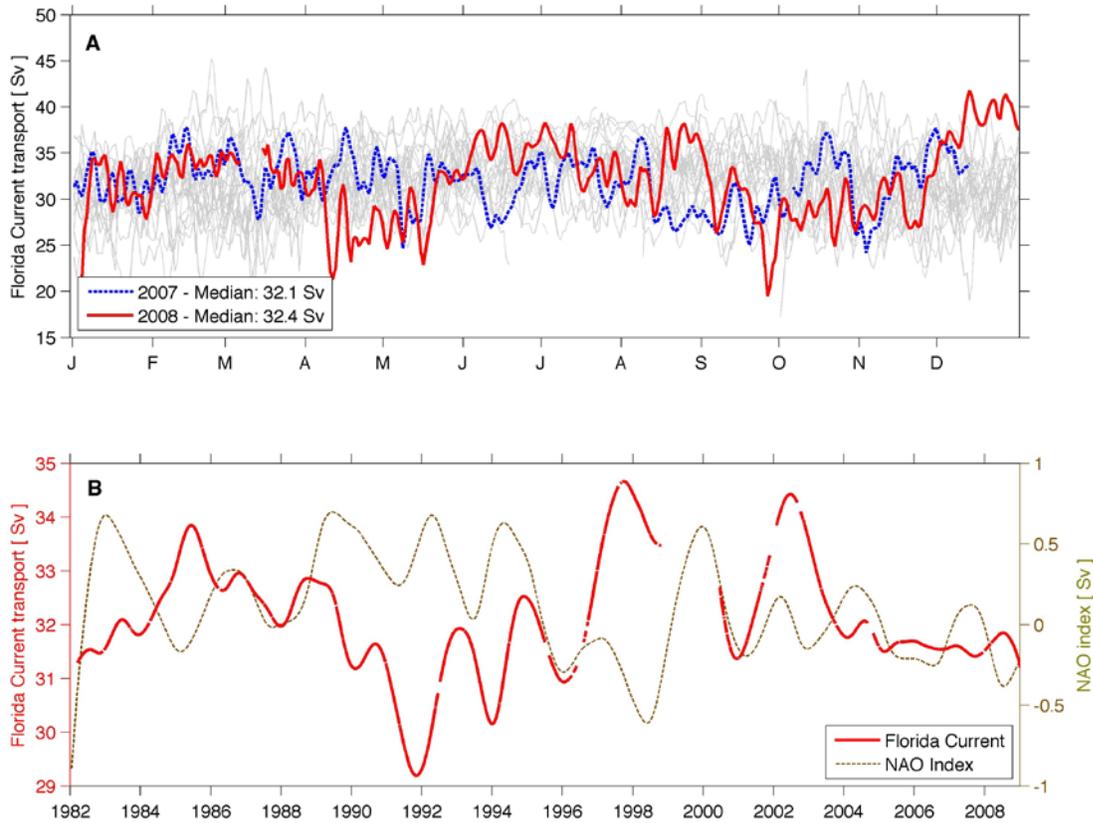
<sup>4</sup> Division of Meteorology and Physical Oceanography, Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science, 4600 Rickenbacker Causeway, Miami, FL 33149

<sup>5</sup> Max-Planck-Institut für Meteorologie, Bundesstraße 5, 20146 Hamburg, Germany



**Fig 3.18.** Estimaciones diarias de la fuerza del transporte en los primeros 100 metros (verde sólido) según las medidas del *United Kingdom's National Environmental Research Council (NERC) Rapid Climate Change Program*, el *National Science Foundation's Meridional Overturning and Heat transport Array* y el programa a largo plazo financiado por la NOAA *Western Boundary Time Series Program*. Las estimaciones del volumen de transporte interior (precisión de 1 Sv, Cunningham et al 2007) se basan en el transporte del océano superior desde marzo de 2004 a octubre 2007 (adaptadas de la Figura 7 de Kanzow et al., 2009), con un filtro de paso bajo de diez días aplicado a los valores diarios de transporte. Las líneas negras discontinuas horizontales son valores de transporte horizontal de la parte superior del océano según Bryden et al (2005) para secciones hidrográficas transatlánticas en 1981, 1992, 1998 y 2005. El transporte total de calor (error estimado de 0.2 PW para promedios mensuales) se adapta de Baringer y

Molinari (1999) incluyendo los componentes del transporte medio de calor de Molinari et al (1990). Un PetaWatt  $1PW = 10^{15}W$  equivale a la cantidad de electricidad producida por un millón de las mayores centrales nucleares



**Fig 3.19.** (A, arriba) Estimaciones diarias del transporte de la Corriente de Florida para 2008 (línea sólida roja) comparadas con 2007 (línea discontinua azul). Los valores diarios del transporte de la Corriente de Florida para todos los años excepto 1982 se muestran en gris claro. La mediana del transporte de la Corriente de Florida aumentó ligeramente en 2008 comparada con 2007 y 2006 (32.2 Sv.). (B, bottom). Transporte de la corriente de florida suavizado para dos años (rojo) e índice NAO (naranja discontinua). Los valores del transporte diario de la Corriente de Florida tienen una precisión de 1.1-1.7 Sv. (Meinen et al., 2009) y el transporte suavizado de 0.25 Sv (estimación a priori usando escalas temporales independientes de 3-10 días).

## Variaciones en el Nivel del Mar. Evaluación 2008.

Mark A. Merrifield<sup>1</sup>, R. S. Nerem<sup>2</sup>, Gary T. Mitchum<sup>3</sup>, Laury Miller<sup>4</sup>, Eric Leuliette<sup>4</sup>, Stephen Gill<sup>5</sup>, Philip L. Woodworth<sup>6</sup>

<sup>1</sup> University of Hawaii at Manoa, Honolulu, Hawaii

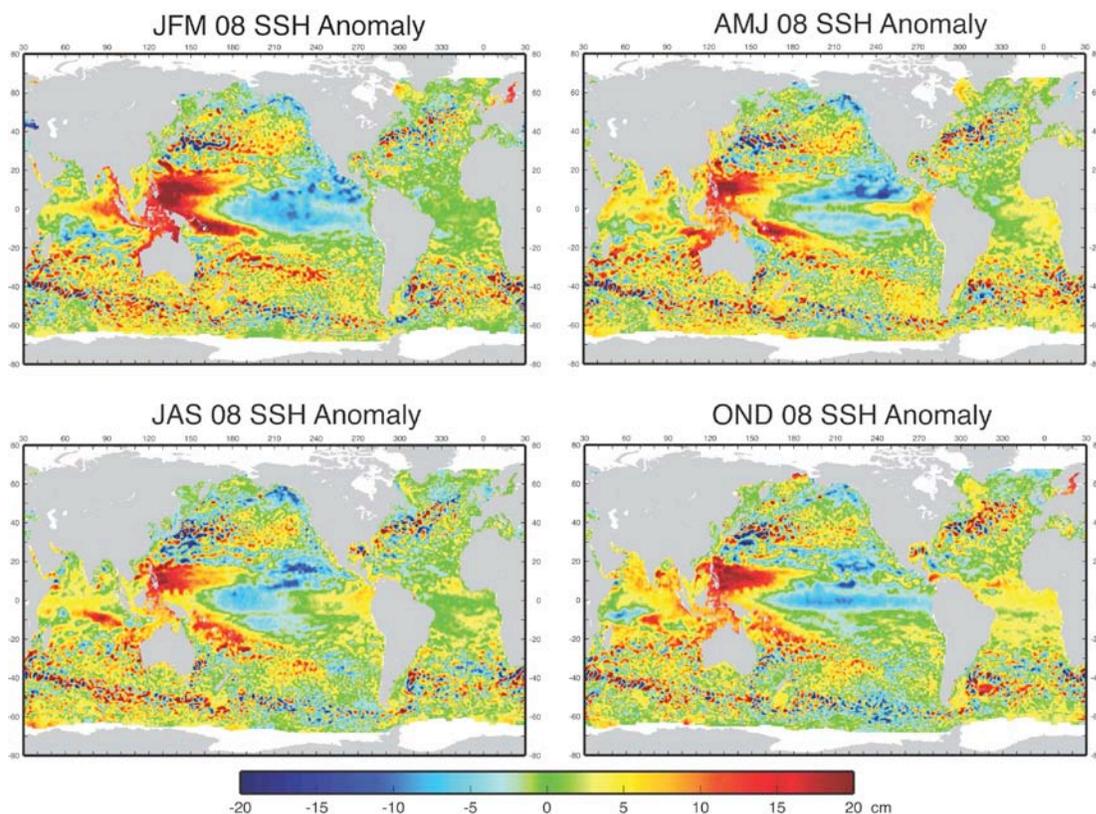
<sup>2</sup> University of Colorado, Boulder, Colorado

<sup>3</sup> University of South Florida, College of Marine Science, St. Petersburg, Florida

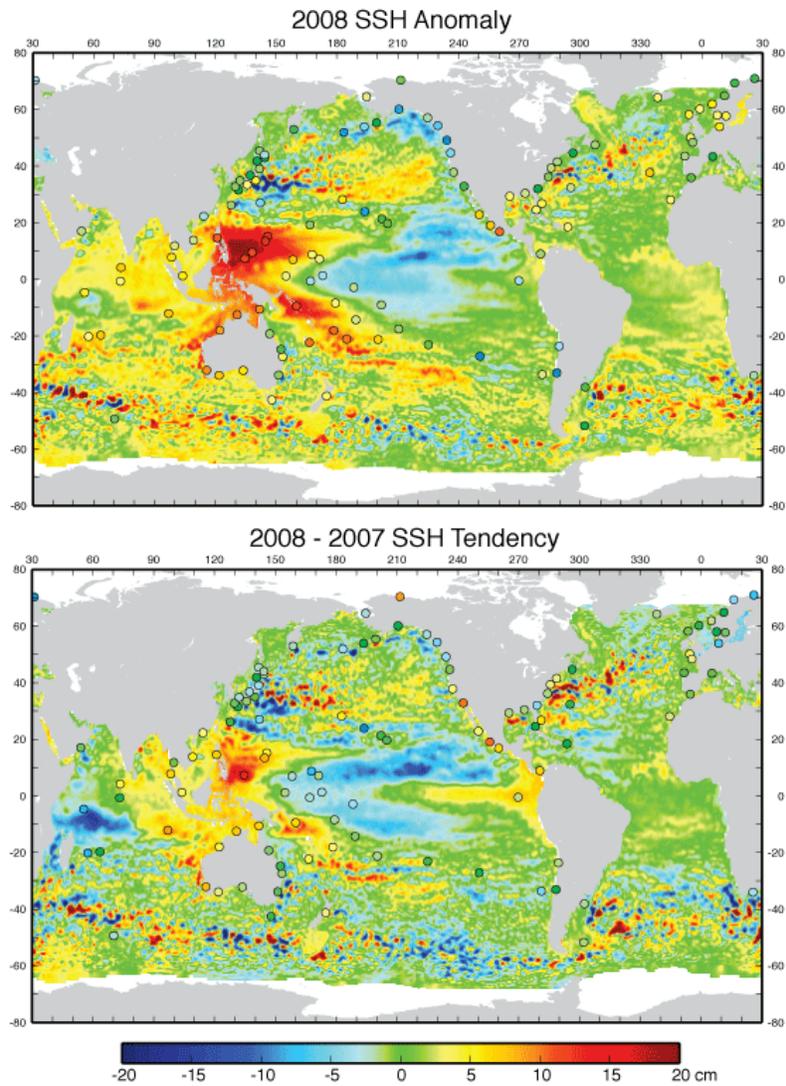
<sup>4</sup> NOAA/NESDIS, Laboratory for Satellite Altimetry, Silver Spring, Maryland

<sup>5</sup> NOAA/NOS Center for Operational Oceanographic Products and Services, Silver Spring, Maryland

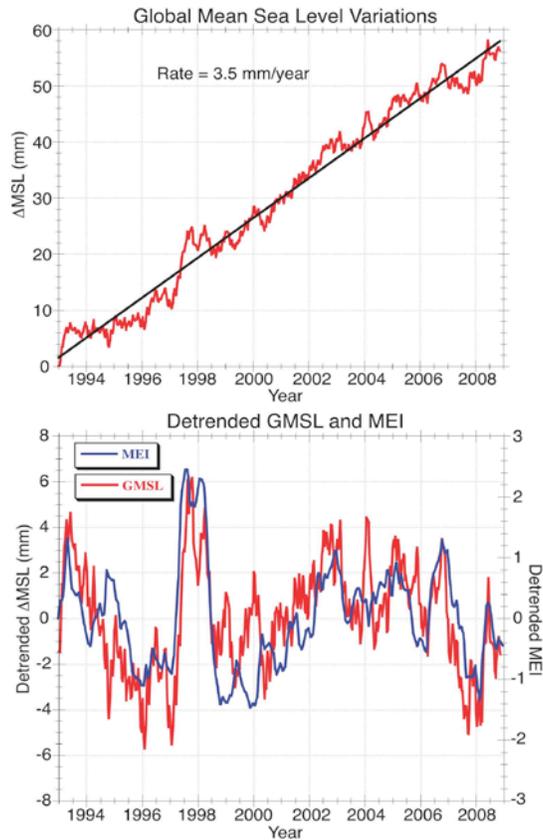
<sup>6</sup> Proudman Oceanographic Laboratory, Liverpool, United Kingdom



**Fig 3.20.** Anomalías estacionales para 2008 del SSH relativas al periodo de base 1993-2007. Se obtienen usando el producto de alturas de altímetro multimisión en rejilla de Ssalto/Duacs distribuidas por Aviso, con soporte de CNES ([www.aviso.oceanobs.com](http://www.aviso.oceanobs.com))

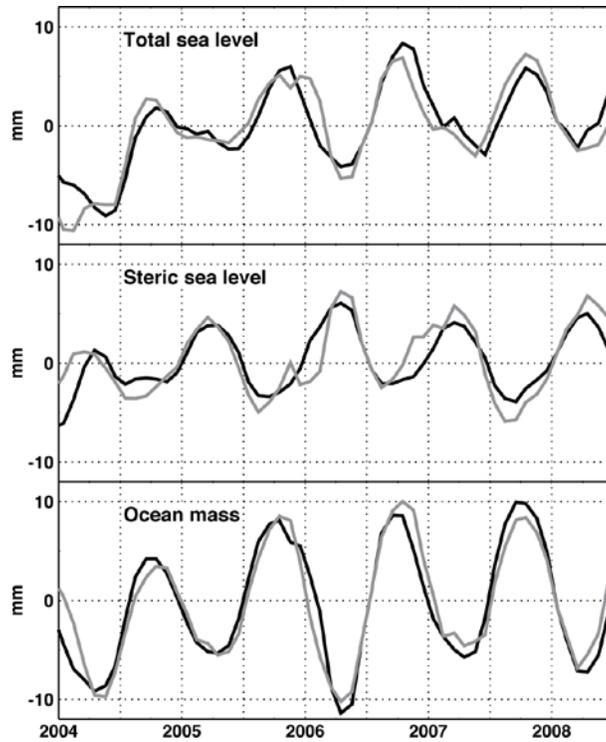


**Fig 3.21.** Arriba: anomalía 2008 de las SSH (producto Ssalto/Duacs) respecto al periodo de base 1993-2007 comparada con la anomalía comparada con los datos de medidas de marea (puntos) obtenidas del University of Hawaii Sea Level Center (<http://uhslc.soest.hawaii.edu/>). Abajo: diferencia entre los promedios anuales de 2008 y 2007.

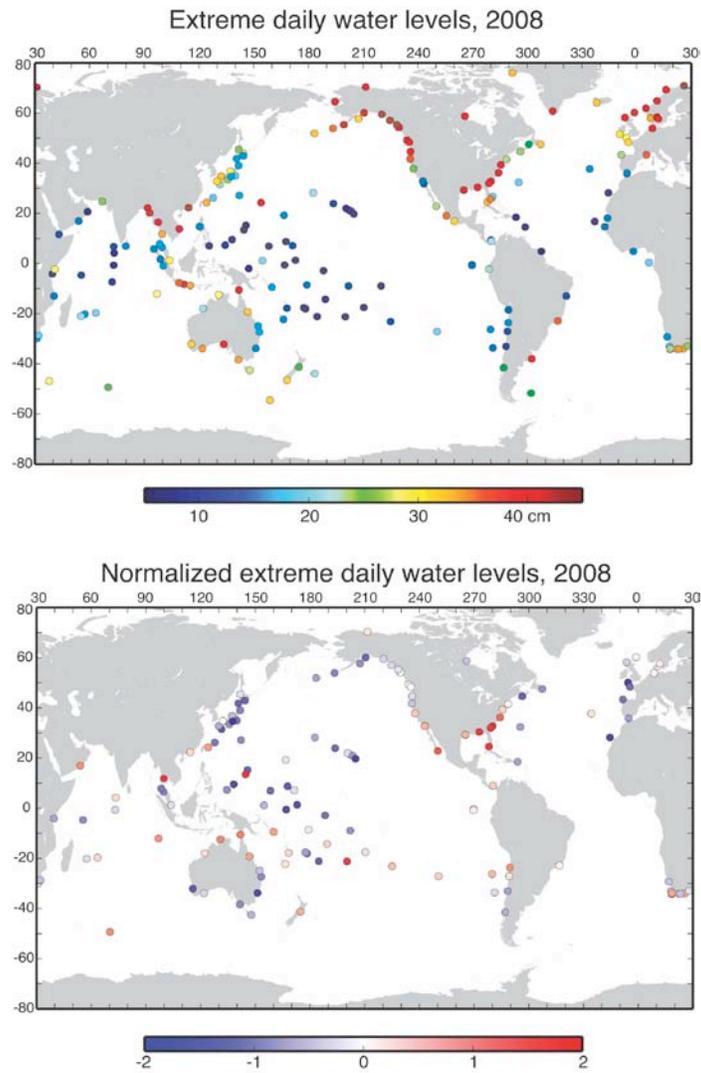


**Fig. 3.22.** Top: Monthly GMSL (seasonal cycle removed) relative to a linear trend of  $3.5 \text{ mm yr}^{-1}$ . Bottom: Monthly GMSL (linear trend removed, red) versus the Multivariate ENSO Index (MEI, blue). SSH data provided by the NASA Physical Oceanography Distributed Active Archive Center (PO.DAAC) at the Jet Propulsion Laboratory/California Institute of Technology (<http://podaac.jpl.nasa.gov/>).

Fig 3.22: Arriba:



**Fig. 3.23.** Series temporales de GMSL o Nivel del Mar Total, comparadas con las dos componentes principales del cambio en el nivel del mar, cambios estéricos en en la parte superior de océano derivados de mediciones ARGO y cambio de masa de mediciones GRACE (Leuliette y Miller, 2009). En esta figura, las líneas negras muestran los valores observados y las líneas grises los inferidos de observaciones complementarias (p. ej. los valores estéricos de nivel del mar inferidos se obtienen del nivel del mar total – masa oceánica observada).



**Fig 3.24.** Arriba: variabilidad del nivel del mar extremo caracterizada utilizando la media del 2% de los niveles diarios más altos durante 2008 en relación a la media anual de cada estación. Abajo: valores extremos normalizados mediante la substracción de la media y división por la desviación estándar de los valores extremos del pasado año para aquellas estaciones que mantienen al menos 15 años de registro.

## **Ciclo del Carbón en el Océano Global**

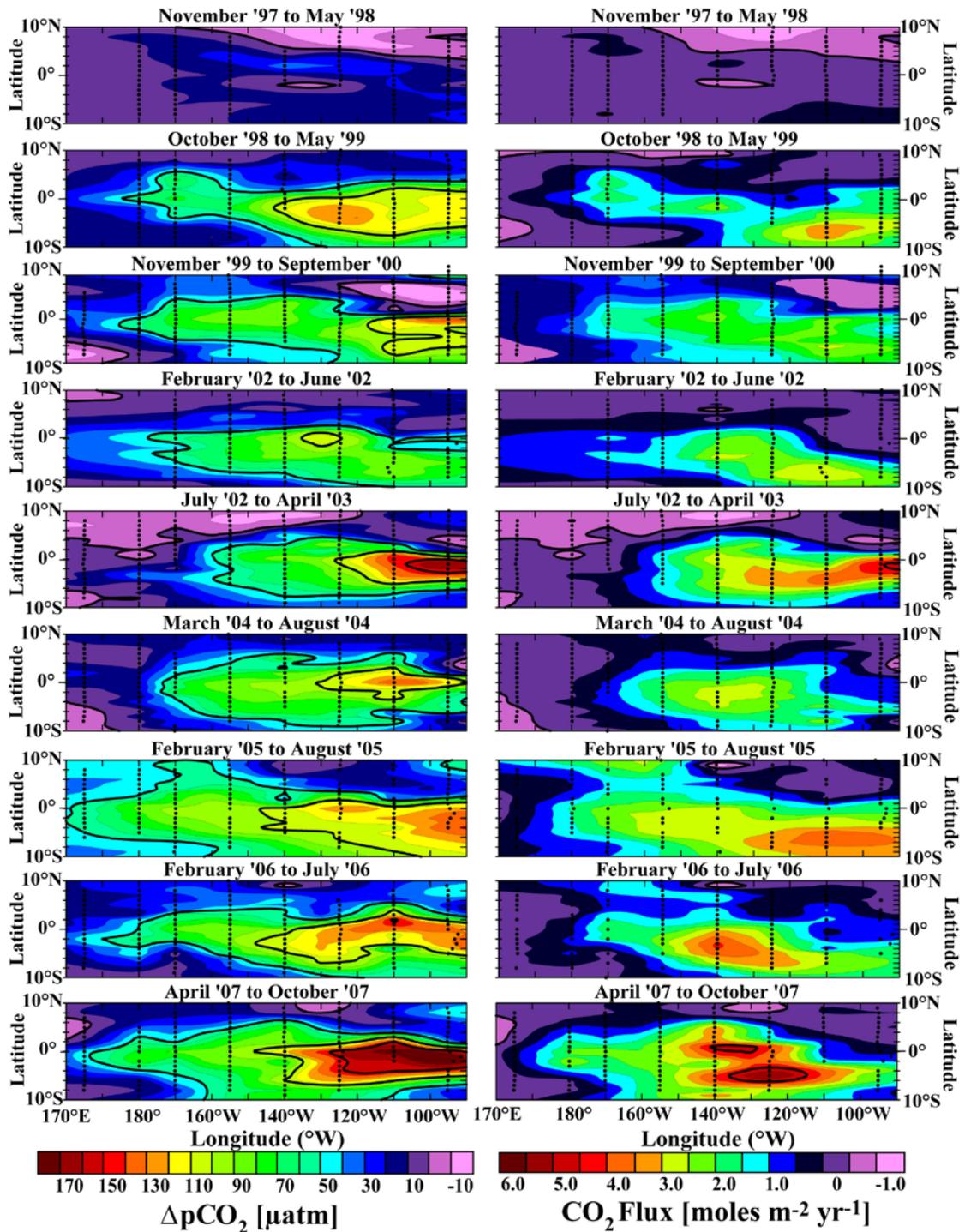
Christopher L. Sabine<sup>1</sup>, Richard A. Feely<sup>1</sup>, Rik Wanninkhof<sup>2</sup>, and Taro Takahashi<sup>3</sup>

<sup>1</sup> NOAA/OAR Pacific Marine Environmental Laboratory, Seattle, WA

<sup>2</sup> NOAA/OAR Atlantic Oceanographic and Meteorological Laboratory, Ocean Chemistry  
Division, Miami, FL

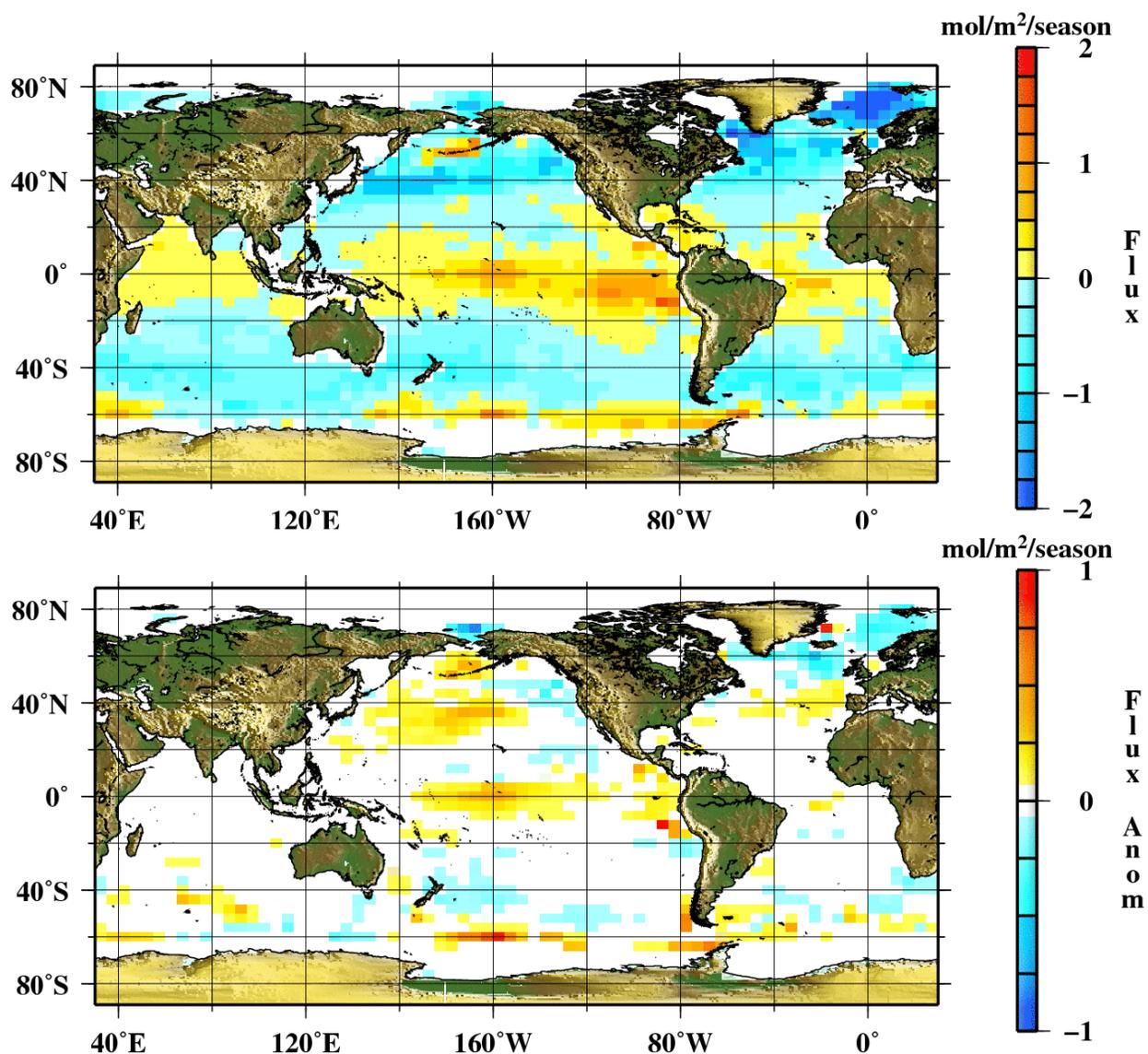
<sup>3</sup> Lamont-Doherty Earth Observatory, Columbia University, Palisades, New York

### **1) Flujo de Dióxido de Carbono Océano- Atmósfera**



**Fig 3.25.** Gráficos de la diferencia océano-atmósfera de  $p\text{CO}_2$  y flujos océano atmósfera de  $\text{CO}_2$  en el Pacífico Ecuatorial entre 1997 y 2007 basados en medidas en transecto colectadas durante las travesías de servicio de los sistemas TAO. Las líneas nominales del transecto TAO se muestran en negro. Se realiza un muestreo completo de la región aproximadamente cada seis meses. Los colores negro y púrpura indican respectivamente áreas dónde los valores atmosféricos y marinos de  $p\text{CO}_2$  están aproximadamente

balanceados. Los colores rosas indican áreas de toma de CO<sub>2</sub> y los colores azules a rojo áreas de liberación de CO<sub>2</sub> del océano a la atmósfera.

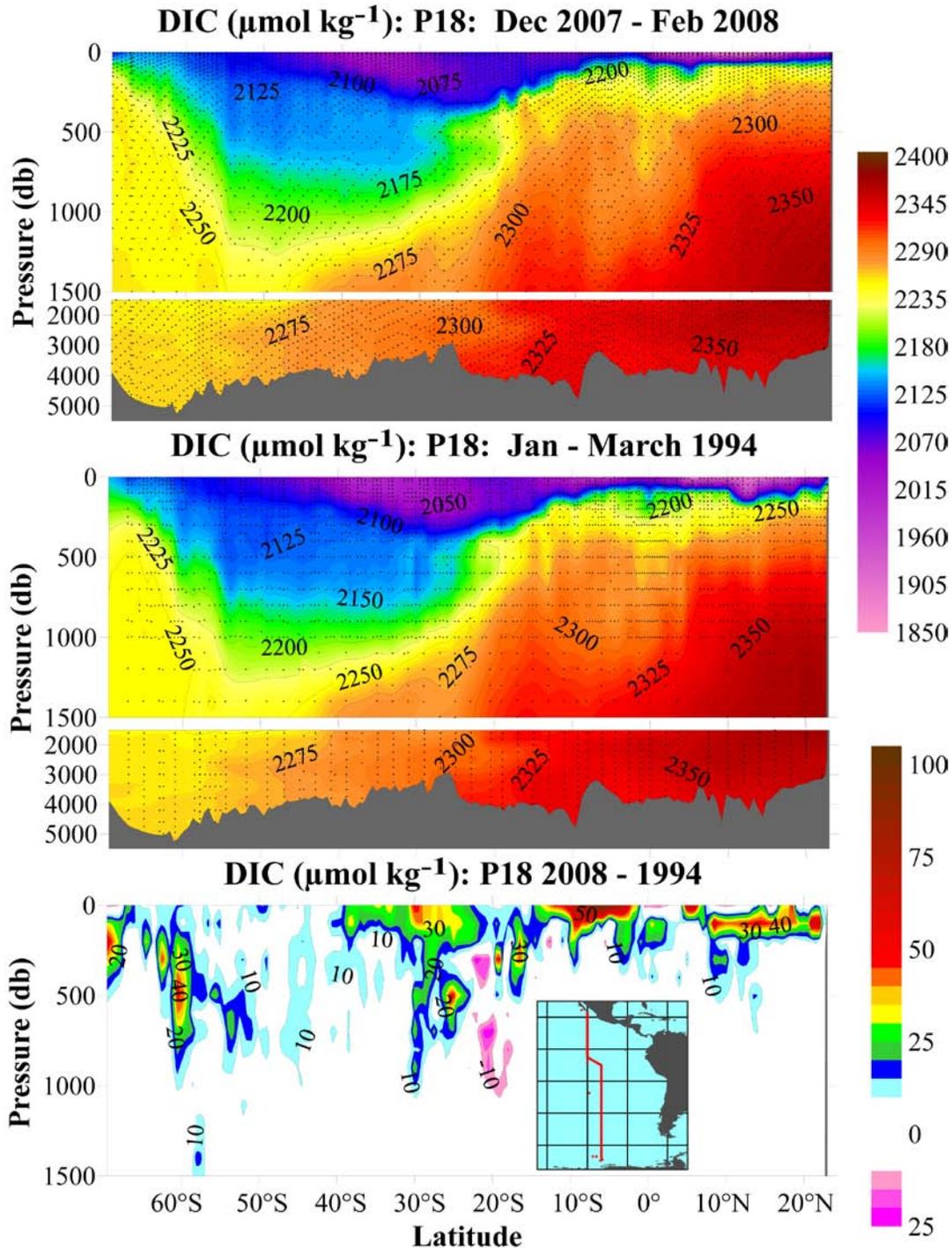


**Fig 3.26.** Mapas de (a, panel superior) flujos neto atmósfera-océano de CO<sub>2</sub> y (b, panel inferior) anomalías del flujo atmósfera-océano para septiembre-diciembre 2007. Se impone una máscara blanca a los píxels costeros o con cobertura de hielo. Los valores negativos de flujo representan toma de CO<sub>2</sub> por el océano. Output y gráficos provistos por J. Triannes.

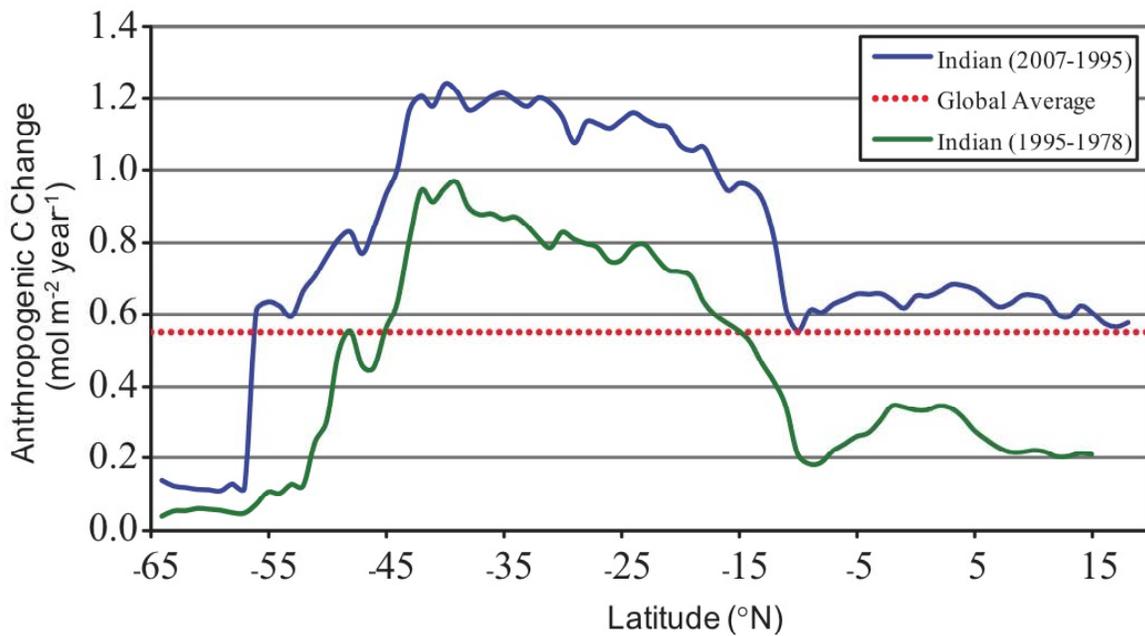
## 2) Inventario de Carbono Subsuperficial

Tabla 1. Estimaciones del los cambios en el inventario de carbono antropogénico ( $\text{mol C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ ) durante la pasada década. .

	Atlántico (25°W) 1993-2005	Pacífico (152°W) 1991-2006	Índico (90°E) 1995-2007
Hemisferio Norte	0.63	0.25	0.63
Hemisferio Sur	0.75	0.41	0.83



**Fig 3.27.** Secciones del carbon inorgánico disuelto ( $\mu\text{mol kg}^{-1}$ ) nominalmente a lo largo de  $105^{\circ}\text{W}$  en 2008 (arriba) y 1994 (en medio). La sección inferior muestra el cambio en DIC durante dos transectos (2008 y 1994). Los puntos negros muestran localizaciones de muestra. El mapa inserto muestra un la línea de transecto en rojo.



**Fig 3.28.** Cambios en el inventario en columnas como función de la latitud a lo largo de  $\sim 90^{\circ}\text{E}$  en el Índico Oriental. La línea azul representa el cambio medio anual entre 2007 y 1995. La línea verde representa el cambio medio anual entre 1995 y 1978. La línea roja punteada representa el promedio anual de la toma de  $\text{CO}_2$  antropogénico dividido por el área superficial de los océanos.

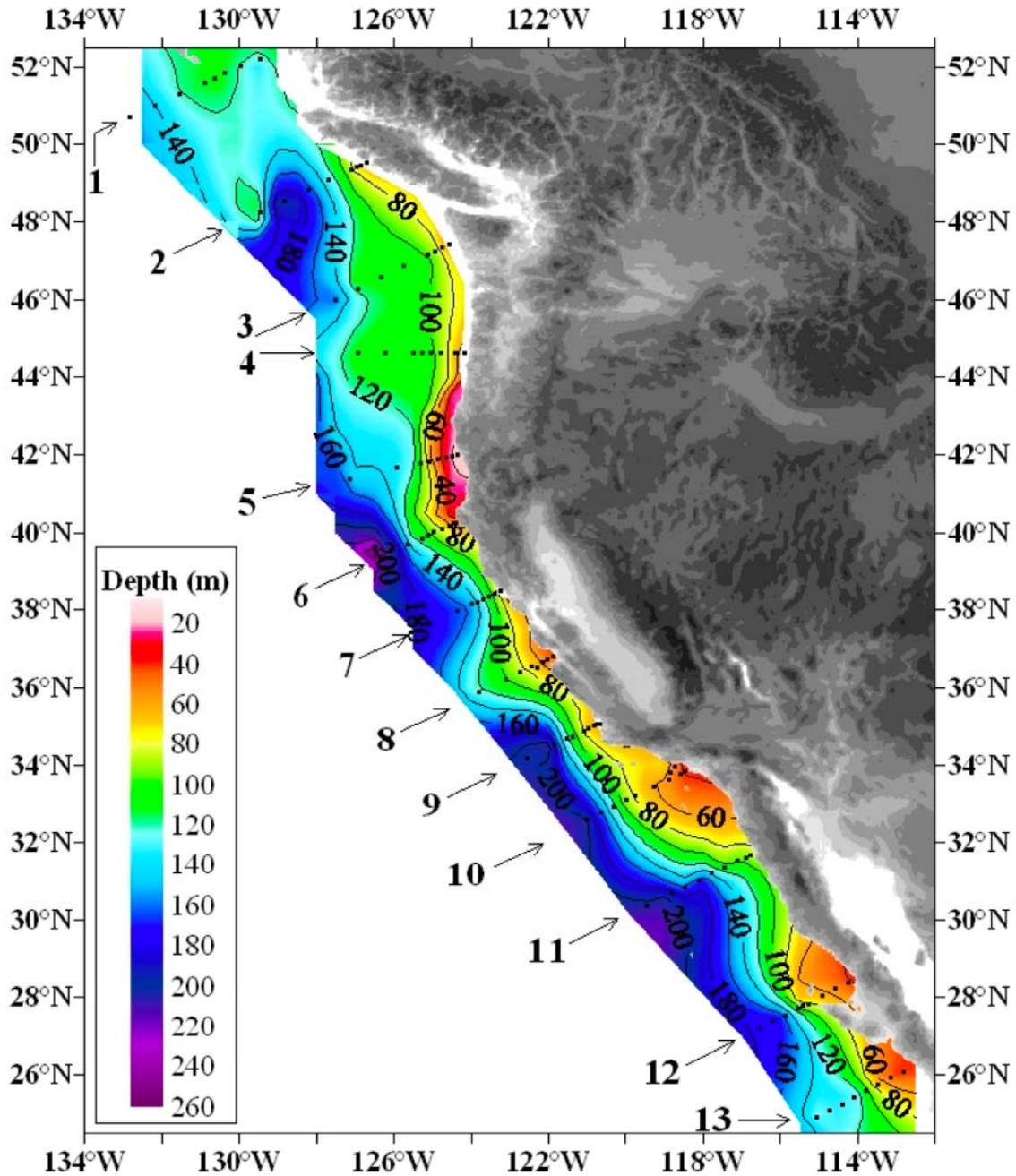
# Nueva evidencias sobre la Acidificación del Océano en Aguas Costeras de Norte América.

(Barra lateral)

Richard A. Feely<sup>1</sup> and Andrew G. Dickson<sup>2</sup>

<sup>1</sup>NOAA/OAR Pacific Marine Environmental Laboratory, Seattle, WA

<sup>2</sup>Scripps Institution of Oceanography, University of California, San Diego, La Jolla, CA



**Fig 3.29** (de Freely et al., 2008) Distribución de las profundidades del agua subsaturada “acidificada por el océano” (aragonite saturation < 1.0; pH < 7.75) en la plataforma continental occidental de Norte América desde Queen Charlotte Sound, Canadá a San Gregorio, Baja California del Sur, México. En la línea de transecto 5, el agua corrosiva alcanza la superficie en aguas cercanas a la costa. Los puntos negros representan dichas localizaciones.

### **Fitoplancton oceánico global.**

Michael J. Behrenfeld<sup>1</sup>, David A. Siegel<sup>2</sup>, Robert T. O’Malley<sup>1</sup>, Stephane Maritorena<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Oregon State University, Corvallis, Oregon

<sup>2</sup> University of California at Santa Barbara, Santa Barbara, California

**Fig 3.30** (a) Promedio MODIS-Aqua de las concentraciones superficiales de clorofila ( $\text{Chl}_{\text{sat}}$ ) En 2008. (b) Promedio MODIS-Aqua del contenido de zona fótica de la clorofila ( $\Sigma\text{Chl}$ ) para 2008. (c) Porcentaje de cambio en ( $\Sigma\text{Chl}$ ) entre 2007 y 2008. Las líneas gruesas negras marcan los océanos permanentemente estratificados ( $\text{SST}$  media 2007  $> 15^\circ$ ). Debido a que los datos tan solo estban disponibles para 320 días de 2008 al realizar el análisis, tanto en la figura como en el texto principal se muestran los días julianos del 321 de un año al 320 del siguiente (e.g. 2008 = día juliano 321 de 2007 a 320 de 20088). El contenido en zona fótica de la clorofila se calcula siguiendo a Behrenfield et al. 2006)

*Figure 1*

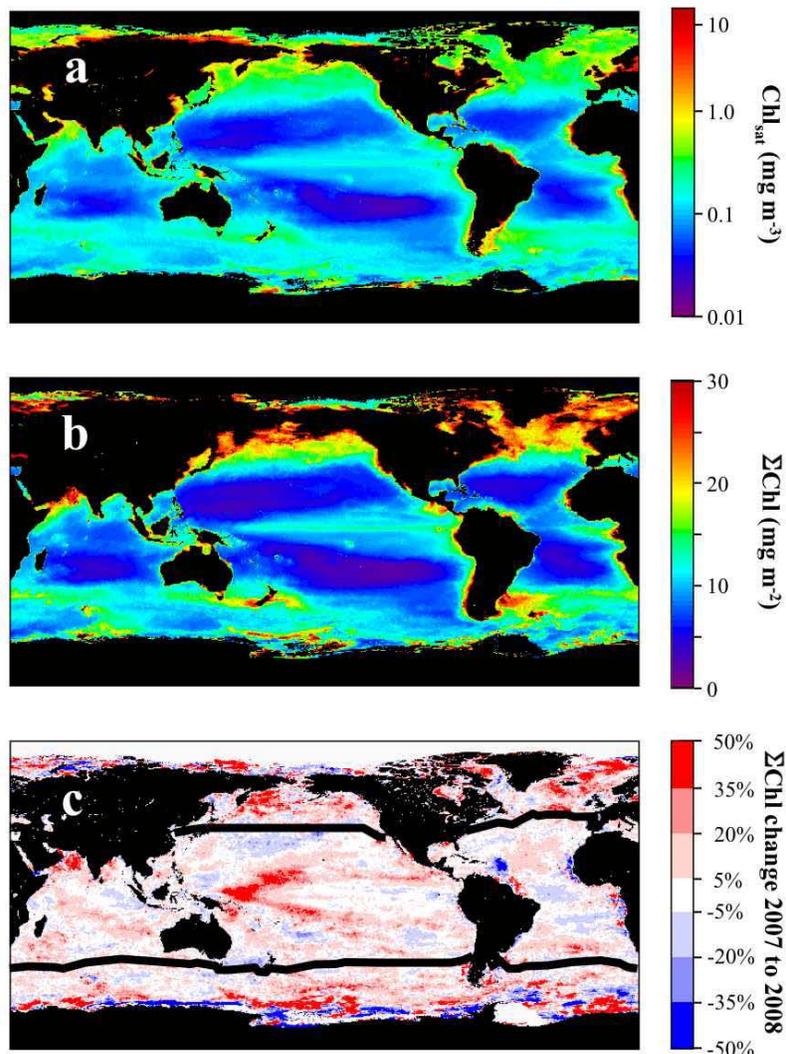
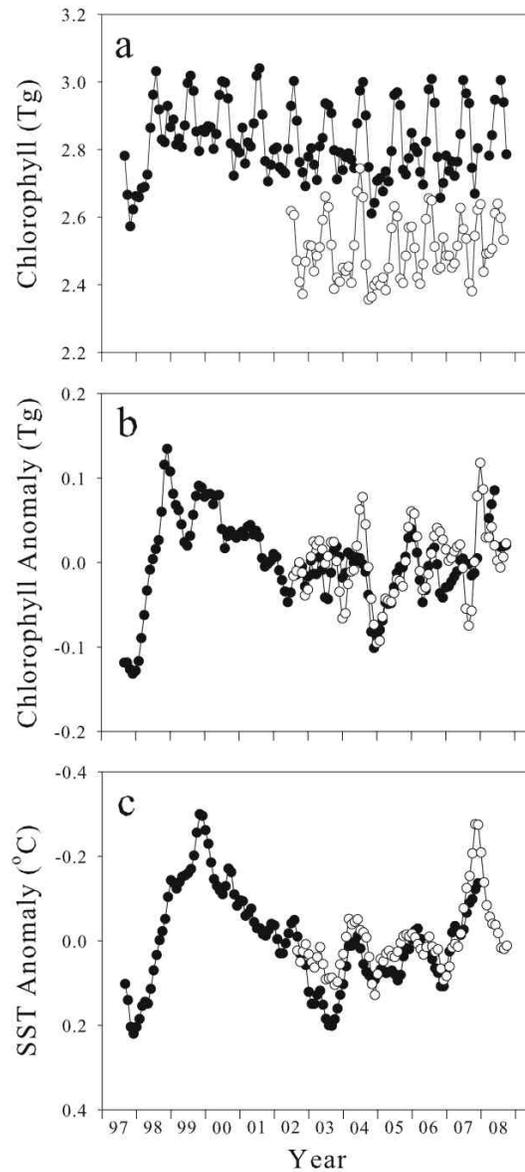
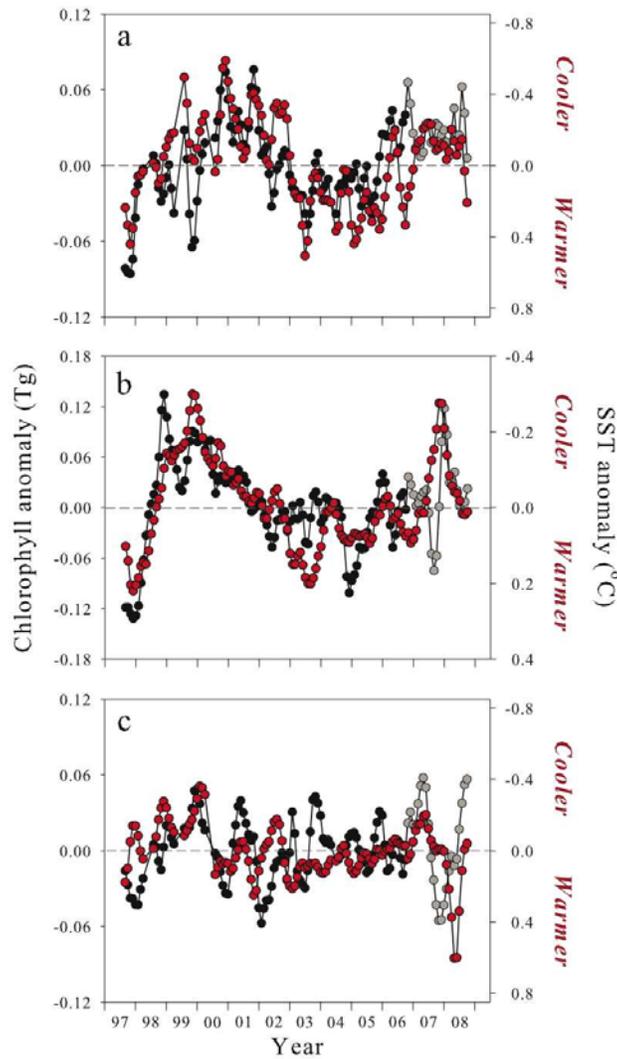


Figure 2



**Figura 3.31.** (a) Concentraciones mensuales de la zona fótica de la clorofila (= promedio de  $\Sigma\text{Chl}$  por area) para los océano permanentemente estratificados ( $\text{SST} > 15^\circ\text{C}$ ; Fig. 3.30). Símbolos sólidos = datos SeaWiFs. Símbolos abiertos =MODIS-Aqua data. (b) anomalías de la diferencia entre determinado mes y el valor medio para el mismo provisto por el sensor. (c) Anomalías mensuales de la SST media para los océanos estratificados basados en datos AVHRR calidad 5-8 (símbolos sólidos) y MODIS'4 datos um (símbolos abiertos).

Figure 3



**Fig 3.32.** Comparación de las anomalías mensuales de la zona fótica de la clorofila (símbolos negros y grises, eje izquierdo) y SST (símbolos rojos, eje derecho). (a) Aguas del Hemisferio Norte con SST > 15°C. (b) Aguas permanentemente estratificadas con promedio 2007 > 15°C. (c) Aguas del Sur con promedios SST 2007 < 15°C. (a-c) Símbolos negros sólidos = datos SeaWiFS. Símbolos grises = datos MODIS-Aqua . Estos últimos se empalman a los al día julilano 321 de 2006 por consistencia con la Fig 3.30. Las líneas horizontales discontinuas de cada panel corresponden a la climatología mensual. Nótese que el eje izquierdo incrementa de abajo a arriba, mientras que el derecho hace lo contrario.