GLOSS Training Course

Valparaiso, Chile, April 2003

Altimetria Satelital

Gustavo J. Goni

United States Department of Commerce

National Oceanic and Atmospheric Adminstration

Atlantic Oceanographic and Meteorological Laboratory

Gustavo.goni@noaa.gov

Introduccion y conceptos basicos de altimetria y dinamica marina: Mar PM

Circulacion de gran y meso-escala: Mie AM

Applicaciones, hands on training: Mie AM

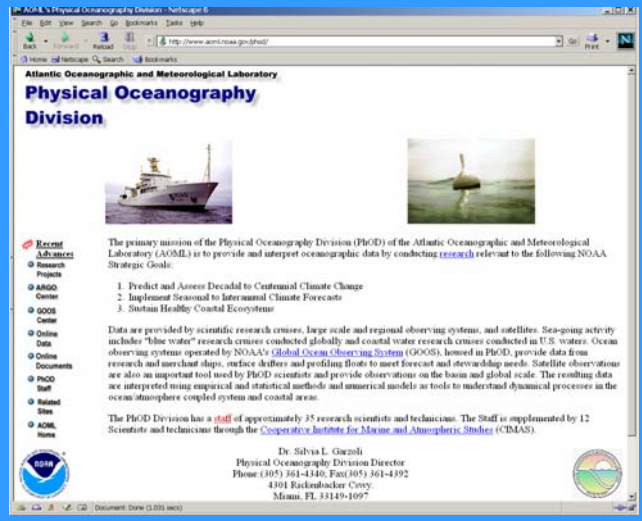
Colaboracion: Victor Zlotnicki y Joaquin Trinanes

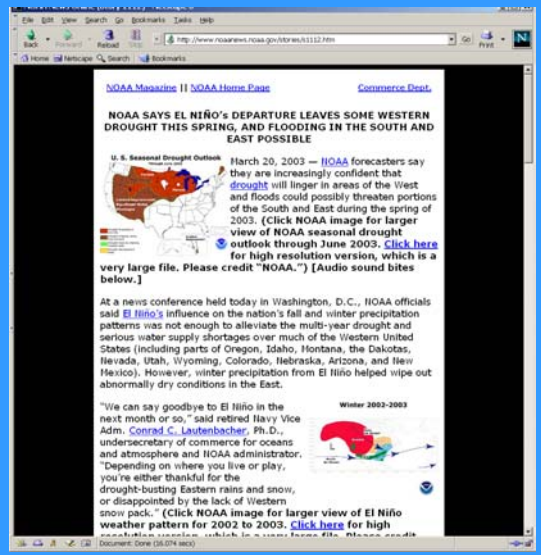
Material de NOAA, NASA/JPL, CNES

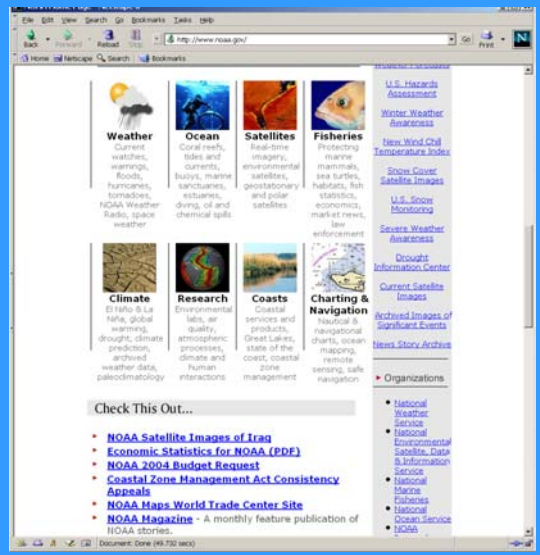
www.noaa.gov

NOAA/AOML, Miami, Florida, USA

NOAA/AOML/PHOD, Miami, Florida, USA







http://www.aoml.noaa.gov/phod

Pregunta:

Que parametros oceanicos conoce usted que estan siendo actualmente medidos por satelites ?

Temperatura de superficie, nivel del mar, color, turbidez, vientos……

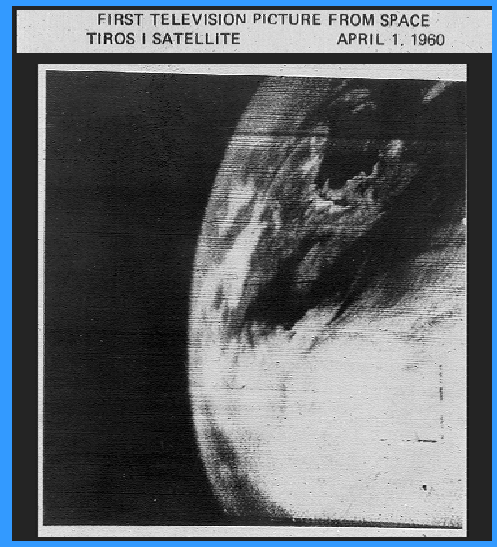
OBJETIVOS DEL CURSO

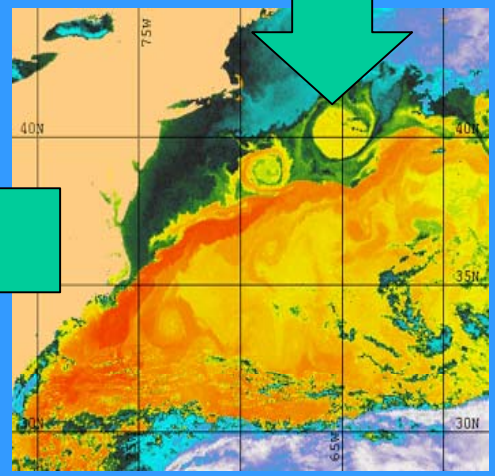
Maximizar el tiempo disponible en el curso para tener una idea ***minima*** y ***decente*** de:

1. Que es la altimetria
2. Aplicaciones, Que mide
3. Que limitaciones tienen los datos
4. Usos operacionales
5. Donde se pueden obtener datos altimetricos
6. Futuro de la altimetria

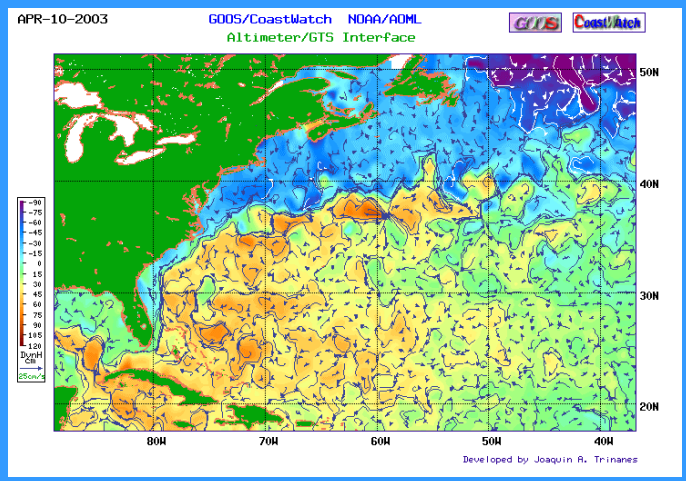
Launched: Aug 10, 1992
Arianne rocket
USA-French mission

Avances en el estudio de corrientes oceanicas



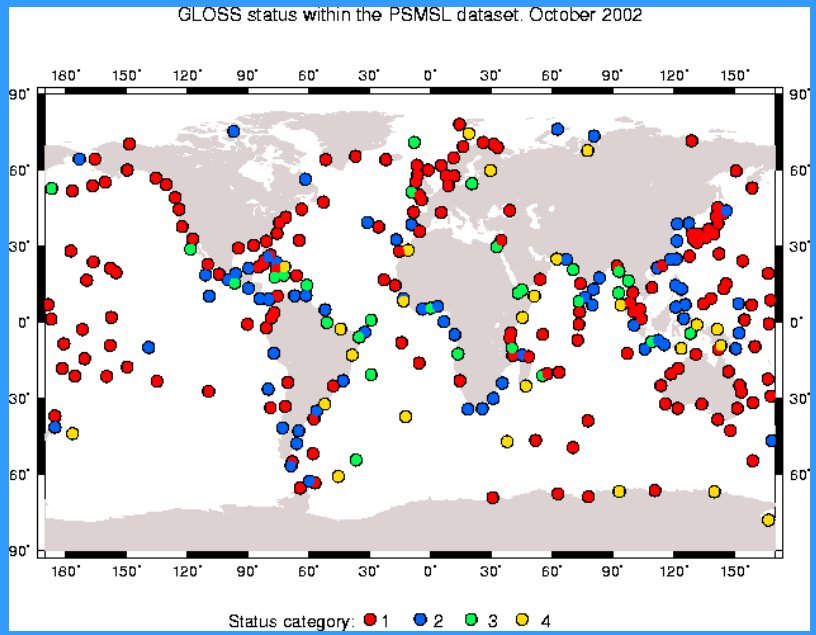


NASA/JPL

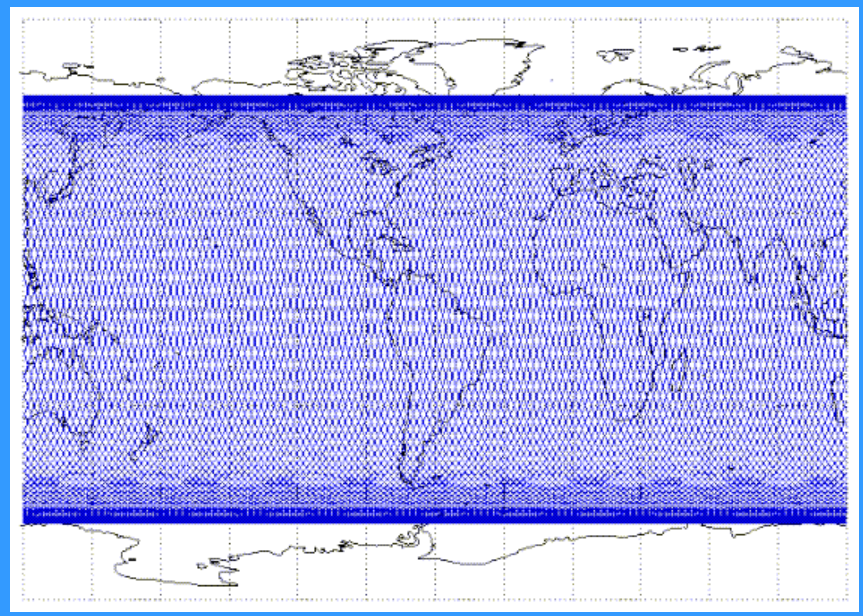


NOAA/AOML

Por que altimetria ?



Source: GLOSS

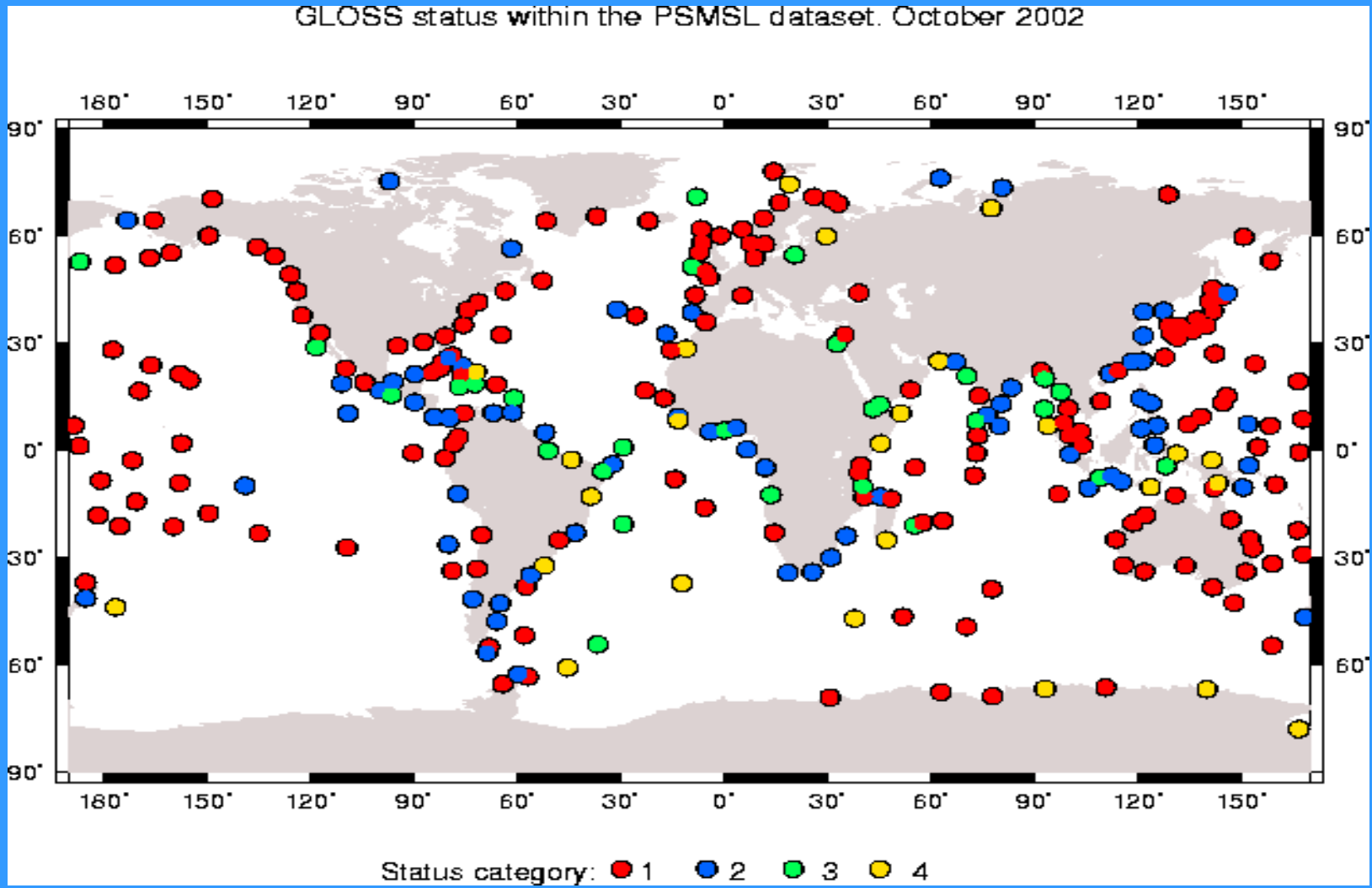


Source: NASA/JPL

Medicion del nivel del mar en tiempo casi real con ***gran*** precision y ***excelente*** covertura en tiempo y espacio

Pregunta:

Cual de estas estaciones puede usted identificar ?



Source: GLOSS

Pregunta:

Hay alguna relacion entre la varicion del nivel del mar NO relacionada con las mareas, presion atmosferica, olas, y el transporte del agua en el oceano ?

SI

EN TERMINOS MUY GENERALES 1 cm de diferencia de nivel del mar en una distancia de 500 km significa un transporte de agua de aproximadamente 1 millon de metros cubicos por segundo !!

Pregunta:

Cuales son las corrientes marinas mas importante que uds conocen ?

Que sucede en los oceanos que justifique tanto gasto de tiempo, esfuerzo y dinero para tener altimetros ?

Circulacion Oceanica: la cinta transportadora y la circulacion meridional (global conveyor belt, meridional overturning circulation MOC)

CNES

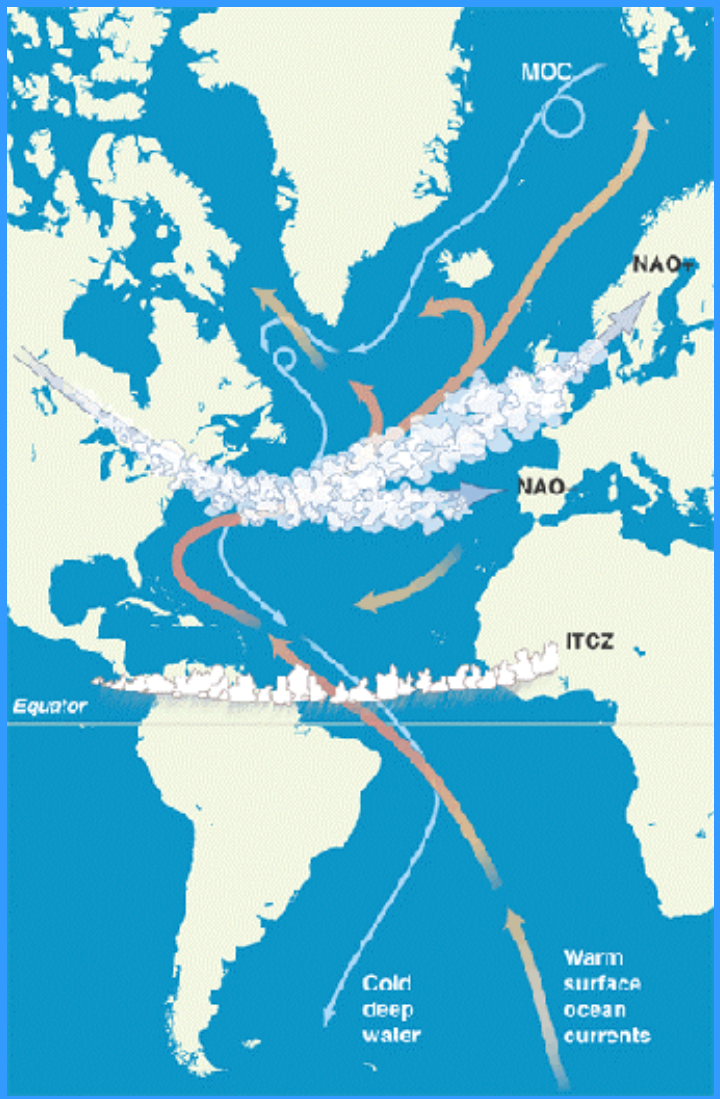
- Aguas calidas en superficie
- Aguas frias en profundidad

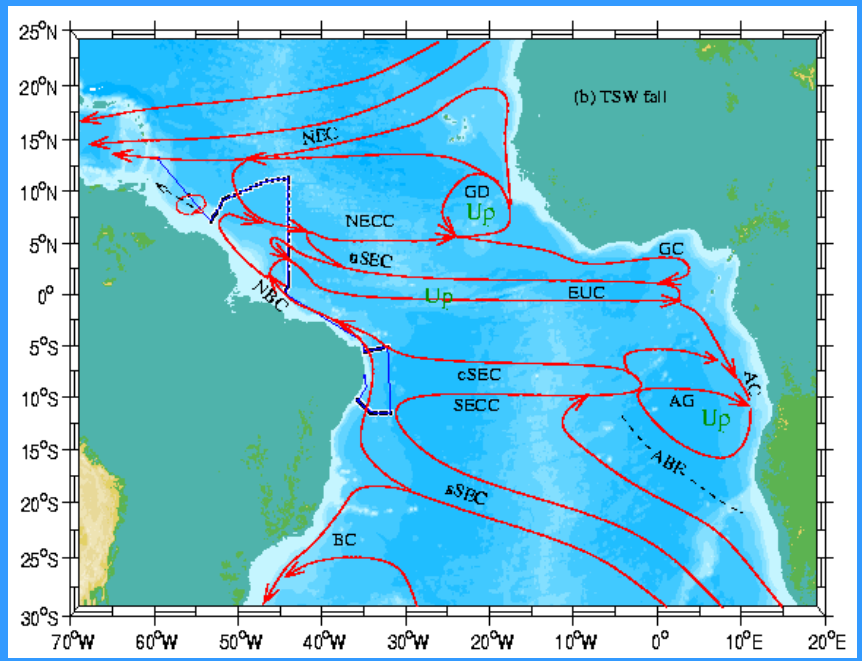
Pregunta:

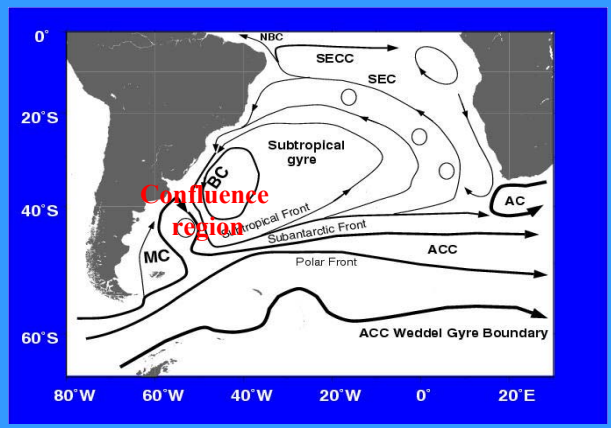
Cuanto tiempo Uds creen que tarda en completarse un ciclo de la cinta transportadora ?

APROX MIL ANIOS

Que sucede en los oceanos que hace que uno gaste tanto tiempo, esfuerzo y dinero para tener altimetros ?





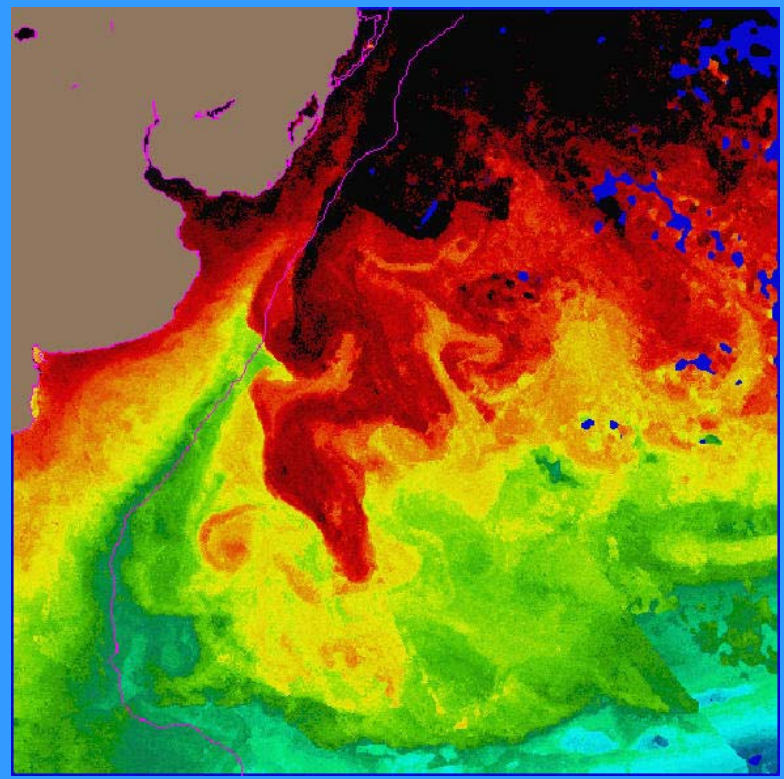


Adapted from Peterson and Stramma, 1991

Pregunta:

Que corrientes oceanicas superficiales conoce usted que sean calidas…..frias ?

Idenfica Ud a esta region ?



RSMAS

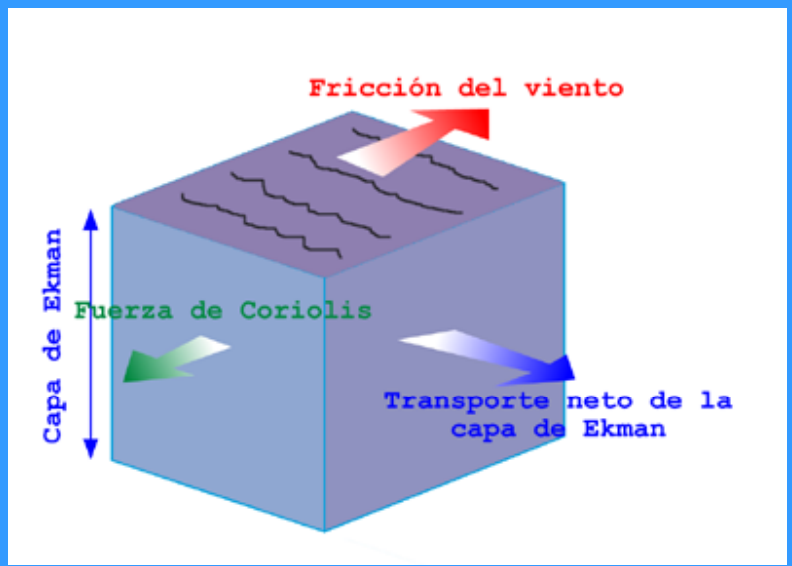
Pregunta:

Que es la termoclina ?

Como es un perfile tipico de temperatura en areas frias y en areas tropicales ?

Conceptos Oceanográficos

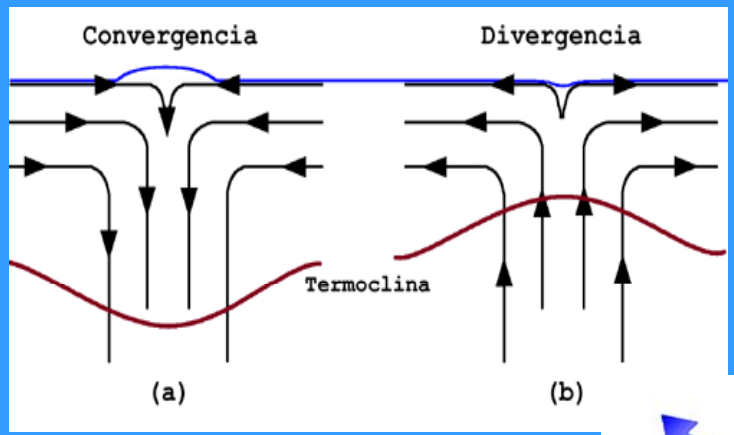
- Circulación Oceánica
  - Patrón General de corrientes
  - EBC y WBC



Cortesia J. Trinanes

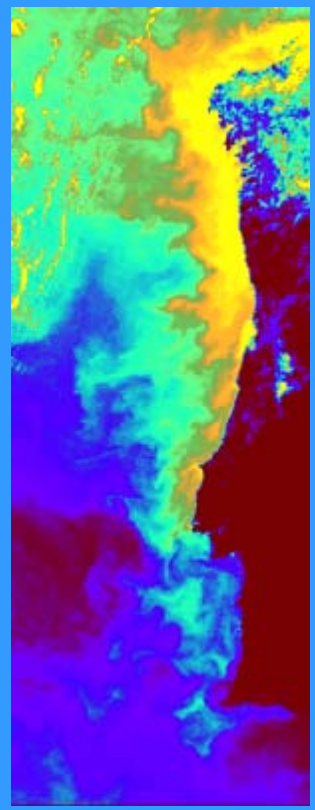
- Giros Mesoescalares
  - Fríos ciclónicos
  - Calientes anticiclónicos
- Teoría de Ekman
  - Modelo del efecto de los vientos sobre la masa oceánica
  - Espiral de Ekman
  - Capa de Ekman

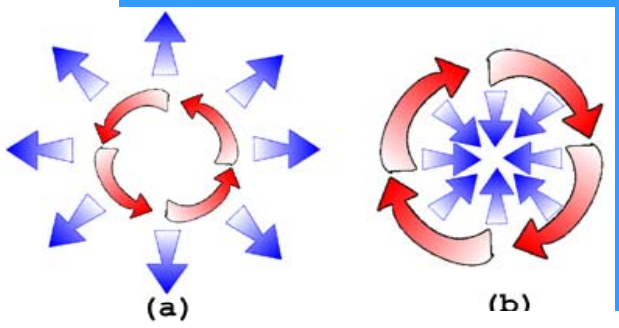
- Convergencia y Divergencia



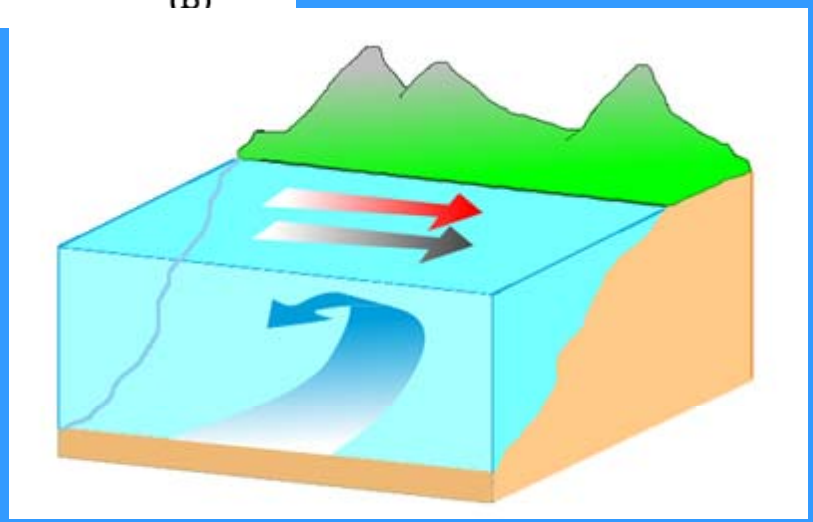
Agua

Viento





- Ekman Pumping
- Afloramiento



Cortesia J. Trinanes

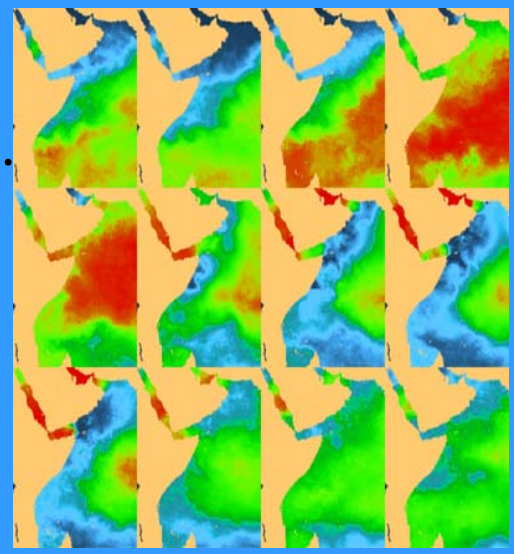
- Frentes

  Gradientes térmicos y/o salinos horizontales

  Tipos: Shallow front, afloramiento, plataforma, .

  Asociados a convergencias

  Gran importancia pesquera

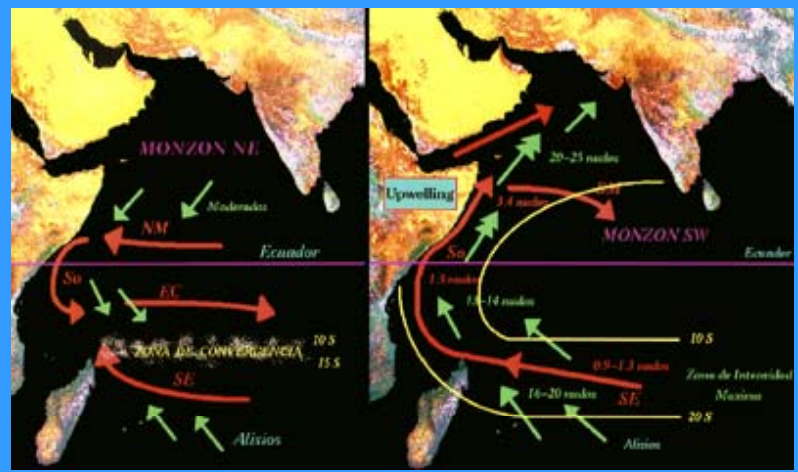


- Caso particular: Índico Oeste

  Régimen monzónico

  Afloramiento de Somalia

  Pesca sobre CL y OF



Cortesia J. Trinanes

Pregunta:

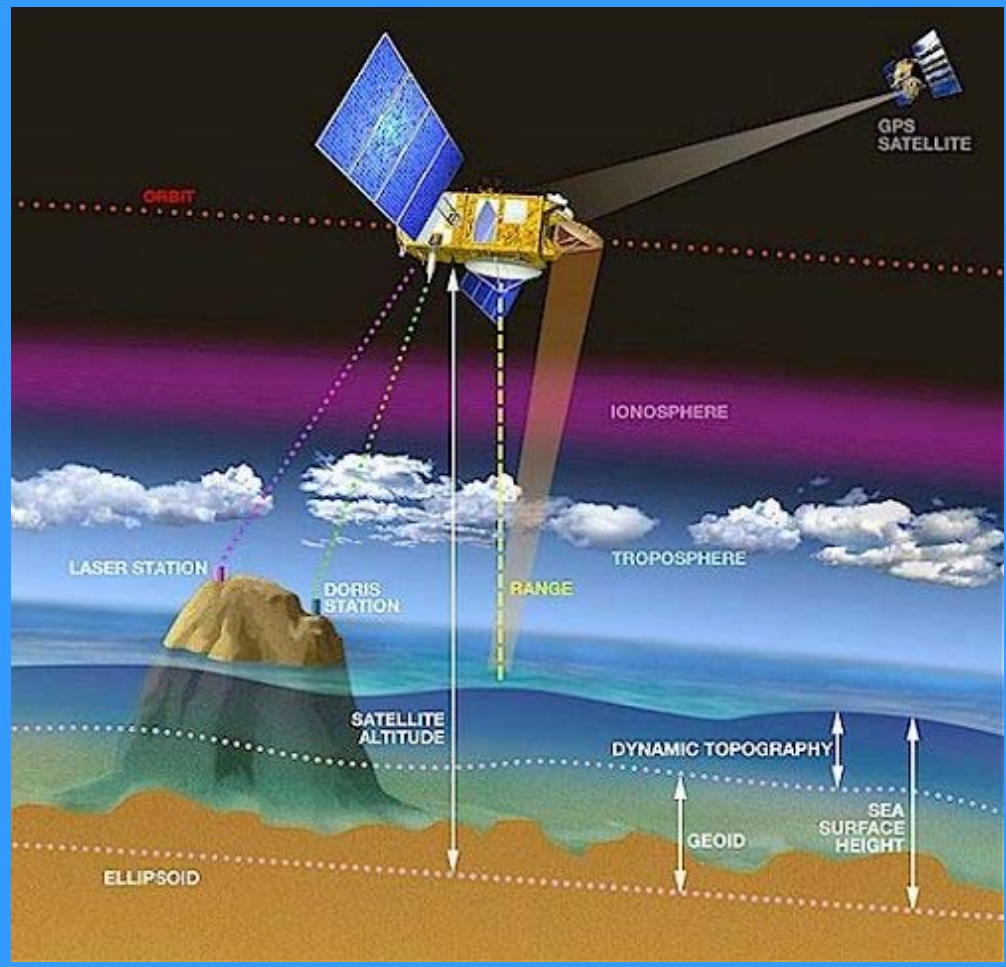
Que areas Uds conocen que sean de convergencia o divergencia ?

Cómo se deriva la altura del mar ?

Se mide la distancia entre la antena del satelite y la superficie del mar.

Se computa la posicion y altura del satelite

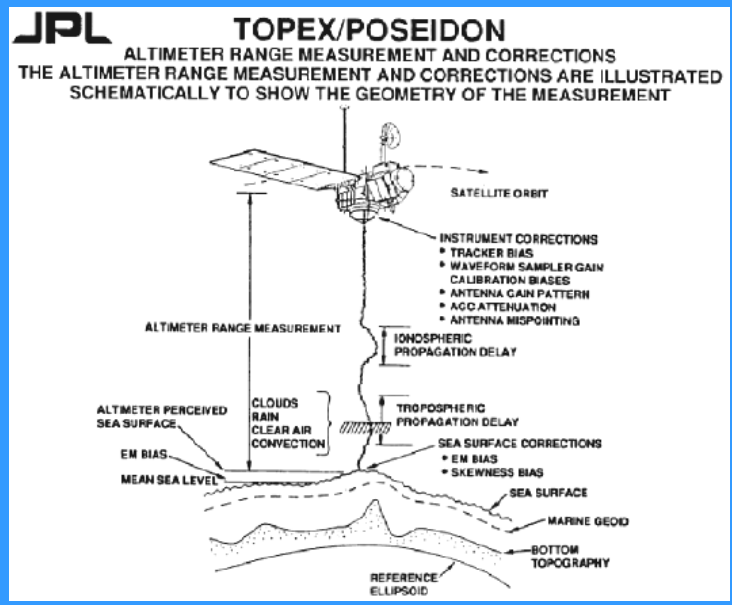
La altura de la superficie del mar se computa referida a un elipsoide.



CNES

Correcciones

Dry tropospheric: -2000 to -3000 mm
Ocean tides: -15000 to 15000 mm
Electromagnetic bias: -1200 to 0 mm
Inverse barometric: -1300 to 3105 mm
Ionospheric: -500 to 40 mm
Mean sea surface: -300000 to 300000 mm
Significant wave height: 0 to 25.5 m
Solid Earth tide: -1000 to 1000 mm
Wet tropospheric: -1000 to 0 mm
Wind speed: 0.7 to 21.4 m



NASA/JPL

71 algoritmos para pasar de data crudo a data usable.

Precision = 2 cm

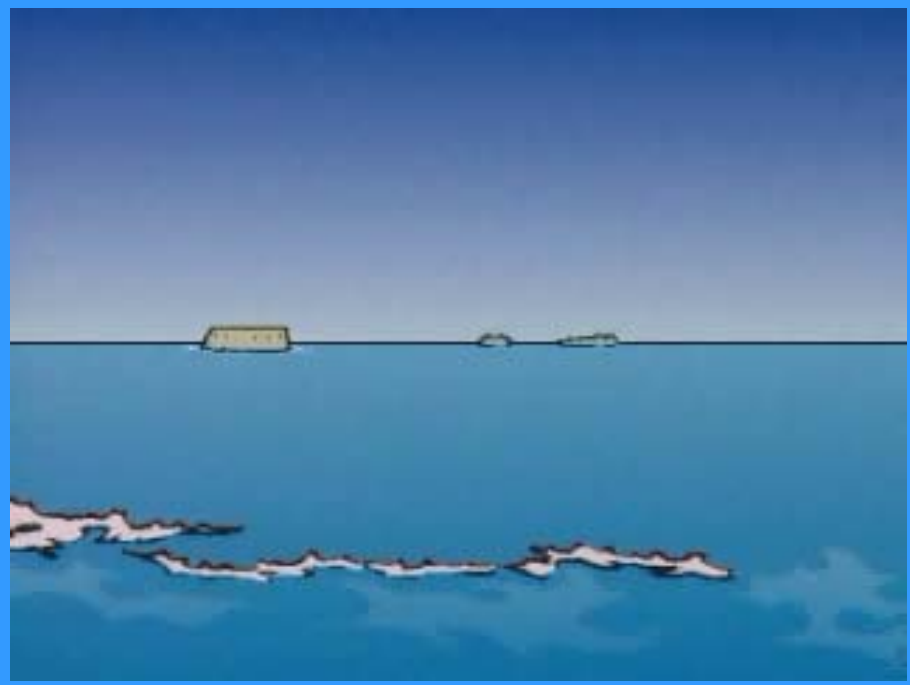
Punto sobresaliente:

Un altimetro ‘mide’ una altura de nivel del mar ~ cm desde 1500 km con un error maximo de 5 cm

La señal y el SWH:

El pulso:

El pulso es generado por un oscilador de ~15GHz, transmitiendo a 1000 Hz and promediados en 1 seg.



El pulso de retorno depende de:

Distancia

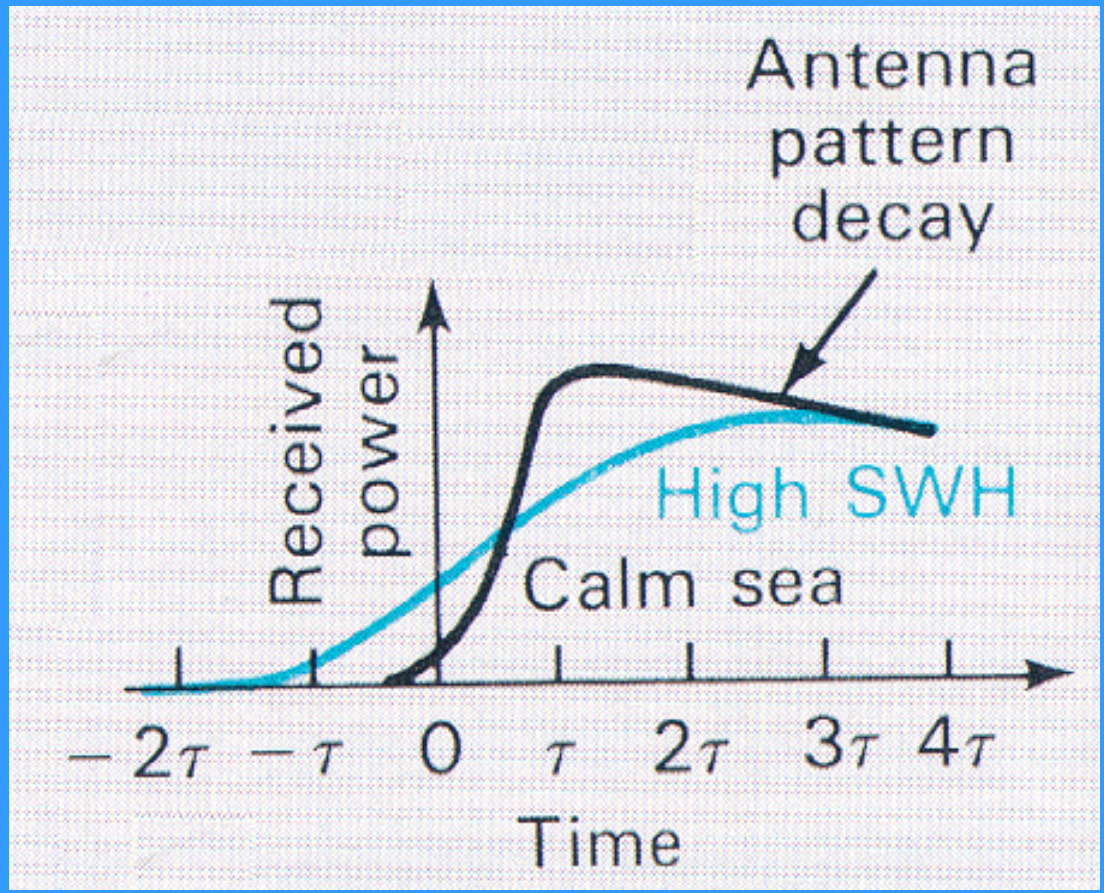
Rugosidad de superficie

Altura de ola significativa

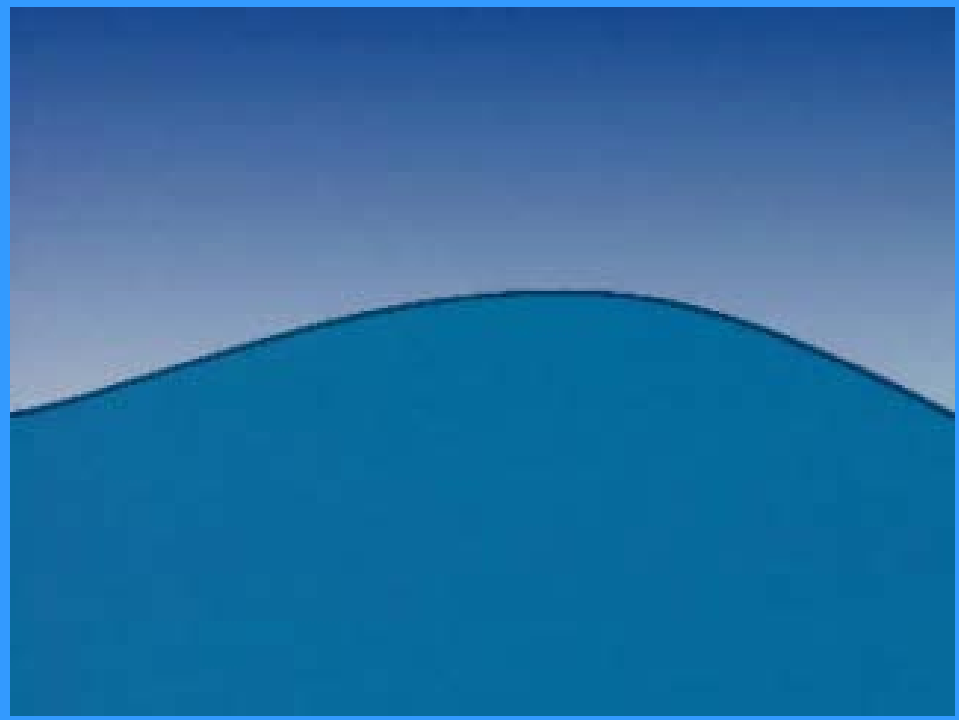
La señal:

La forma de onda:

- Tiempo de viaje: distancia/altura
- Rugosidad de superficie
- Pendiente



MEDICIONES DEL SATELITE - GEOIDE



Si se conoce la media (no variante) de la superficie del mar y la posicion del satelite, entonces se puede estimar las corrientes oceanicas de la pendiente de la superficie del mar.
La media del nivel del mar en ausencia de corrientes marinas da la forma del ***GEOIDE***. Este geoide ***GEOIDE*** con sus cimas y valles representa al campo gravitacional de la tierra debido a su densidad y forma.

Altimetros

Satelite	Lanzamiento	Alt (km)/Incl	Status
Skylab	1973		1974
GEOS 3	1974	840/115	1978
SeaSat	1978	800/108	1978
GEOSAT	1984	800/108	1989
ERS-1	1991	780/98.5	1996 stand-by
TOPEX/POSEIDON	1992	1115/66.04	cont
ERS-2	1995	780/98.5	cont
GEOSAT - GFO	1998	800/108	cont
JASON-1	2002	1116/66.05	cont
ENVISAT	2001		
JASON-2	2004 ?	1116/66.05	n/a


85
90
95
00
Geosat
ERS-1 ERS-2
TOPEX/Poseidon
Geosat Follow-On
JASON-1
Envisat
ERS
Envisat
TOPEX/POSEIDON
Jason
Geosat
Spot
GFO

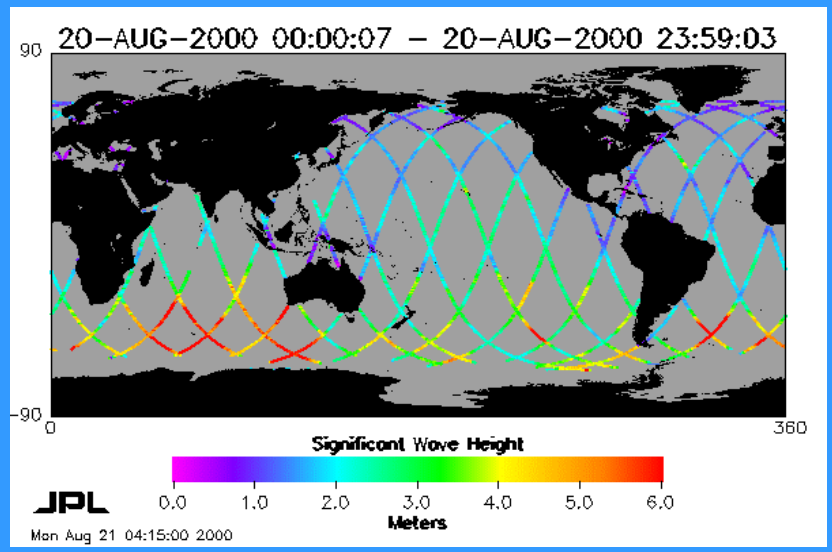
Parámetros de órbita

La covertura real de la superfice depende de los parámetros de orbita, tal como la inclinacion de la orbita y el periodo de repeticion.

Satelite	**Periodo**	**Espacia miento**	**Inclinacion**
GFO	17 days	163 km	108°
ERS	35 days	80 km	98°
TOPEX/P	10 days	315 km	66.5°

Muestreo de la superficie del mar

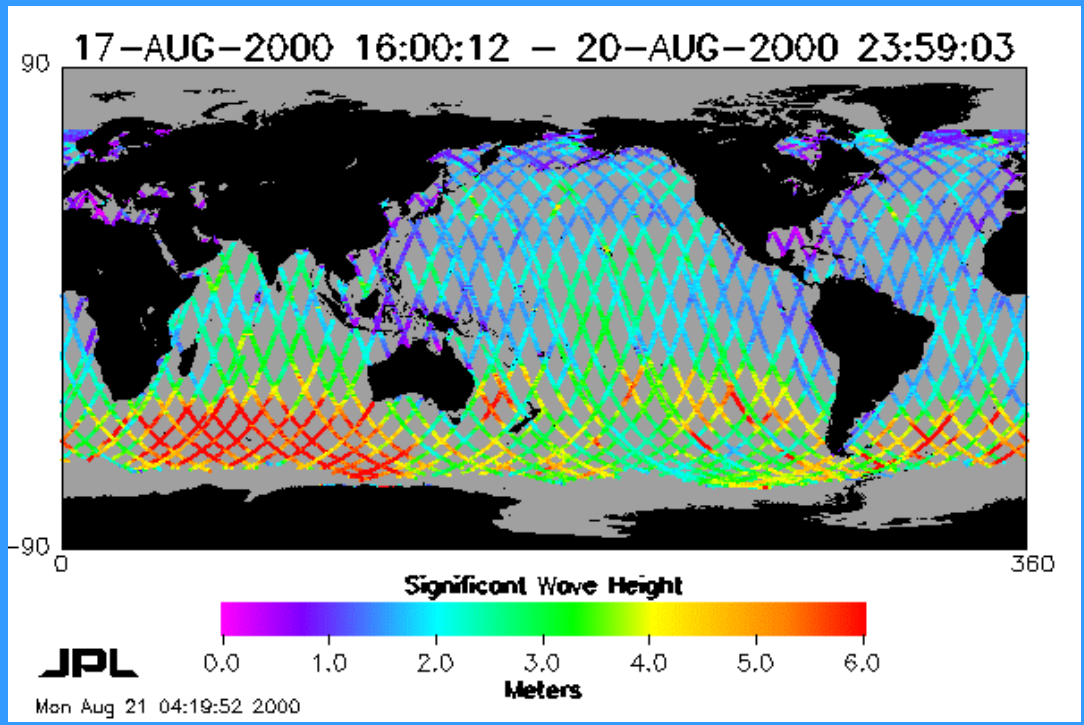
cada 7-9 km a lo largo de la traza, hace promedios de 1 segundo de mediciones. Cada traza se repite dentro de 1km de la traza anterior.



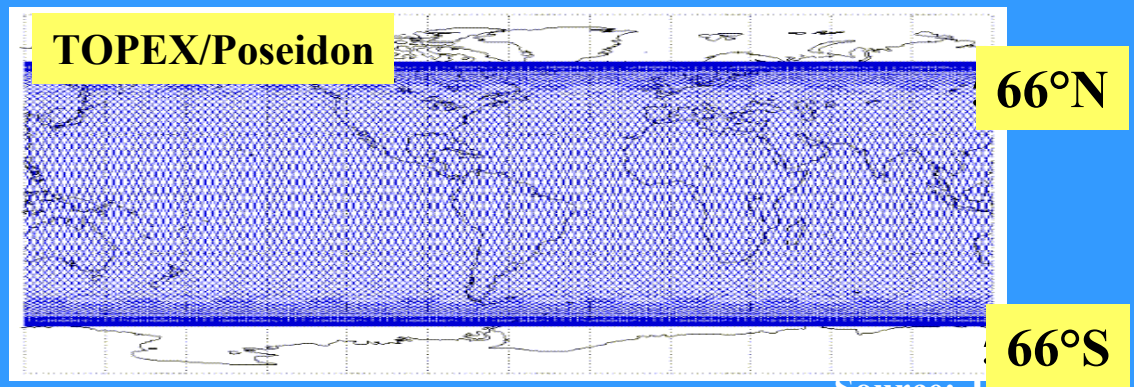
Muestreo – TOPEX/Poseidon

El numero de trazas depende del periodo de repeticion (T/P=10 dias).

La covertura depende de la inclinacion del plano de orbita.



Trazas de TOPEX/Poseidon



Source: JPL

Flying at 1300 km height
Spacing: 315 km between parallel tracks at the equator (3.5 days)
Groundtrack velocity: 5.8 m/s
Acute (slope) angle at the equator is 39.5 deg
Alongtrack measurements
Repeat groundtracks every 9.9156 days after 127 rev
Begin: September 23, 1992
Data: Near-real time

Que es lo que mide en realidad un altimetro ?

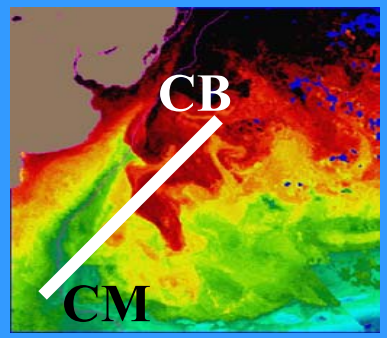
….. Mide tiempos.

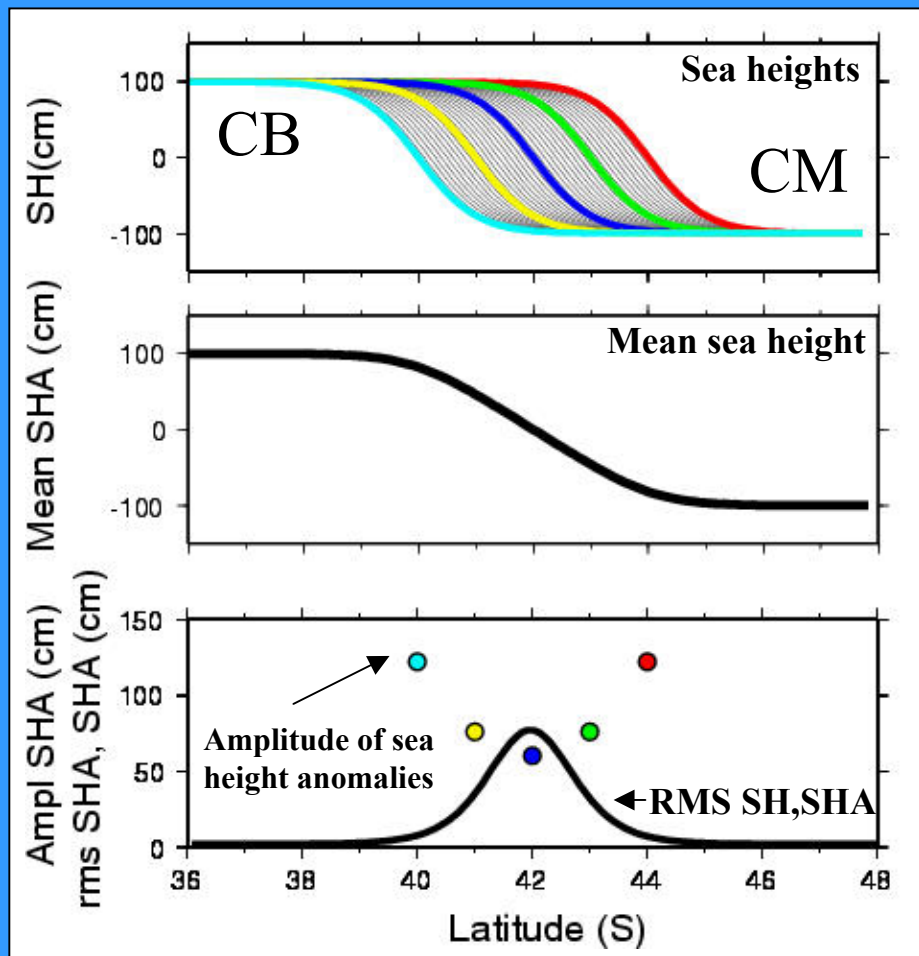
Los tiempos son convertidos en distancias

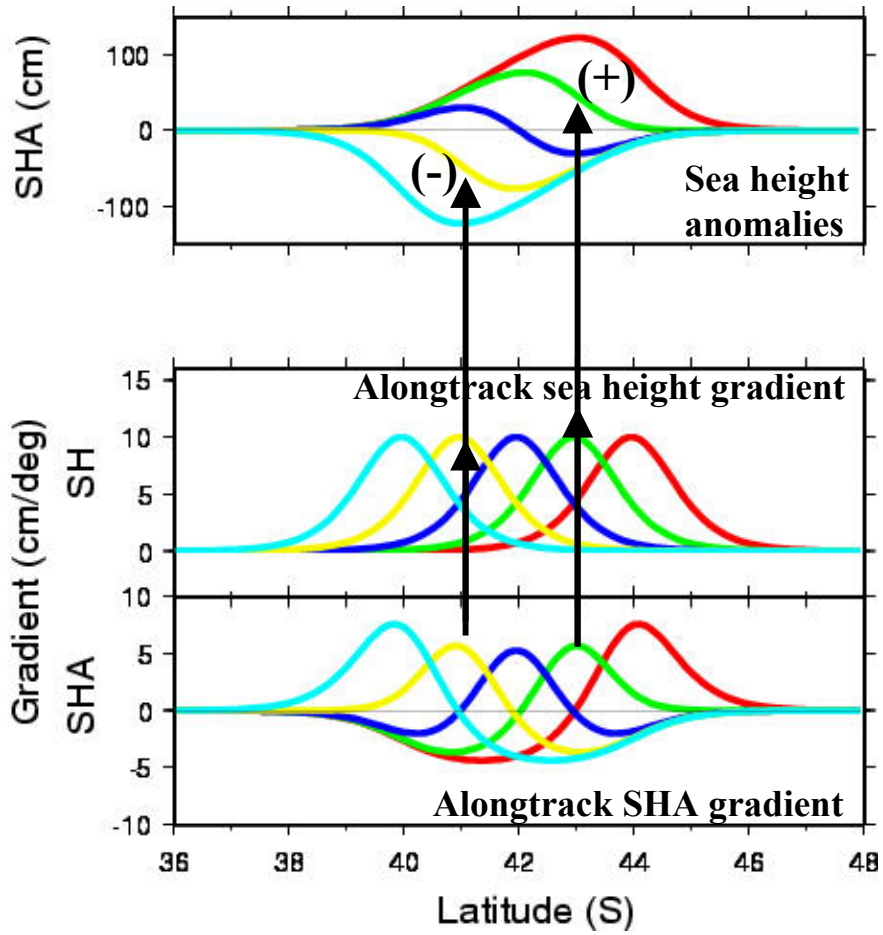
Las distancias son convertidas en alturas del nivel del mar

Las alturas del nivel del mar son convertidas en anomalias.

ALTIMETRIA Y ANOMALIAS DE ALTURA DEL MAR







POR QUE MEDICIONES EN GROUNDTRACKS COLINEALES ?

Para repetir las mediciones en los mismos puntos geograficos

POR QUE ANOMALIAS ?

Para anular los errores provenientes de no conocer exactamente el geoide

DE ALTURAS A LO LARGO DE LAS TRAZAS A MAPAS DIARIOS DE ALTURAS DE SUPERFICIE DEL MAR….

… ES UN PROBLEMA…

1. Se pueden usar los datos de un periodo de N dias. Efectuar una interpolacion (lineal, gaussiana, ….)
2. Analisis objetivo, Analisis Optimo…..

Pregunta:

Aproximadamente cuanto tarde el altimetro en completar un ciclo (dar una vuelta alrededor del mundo) ?

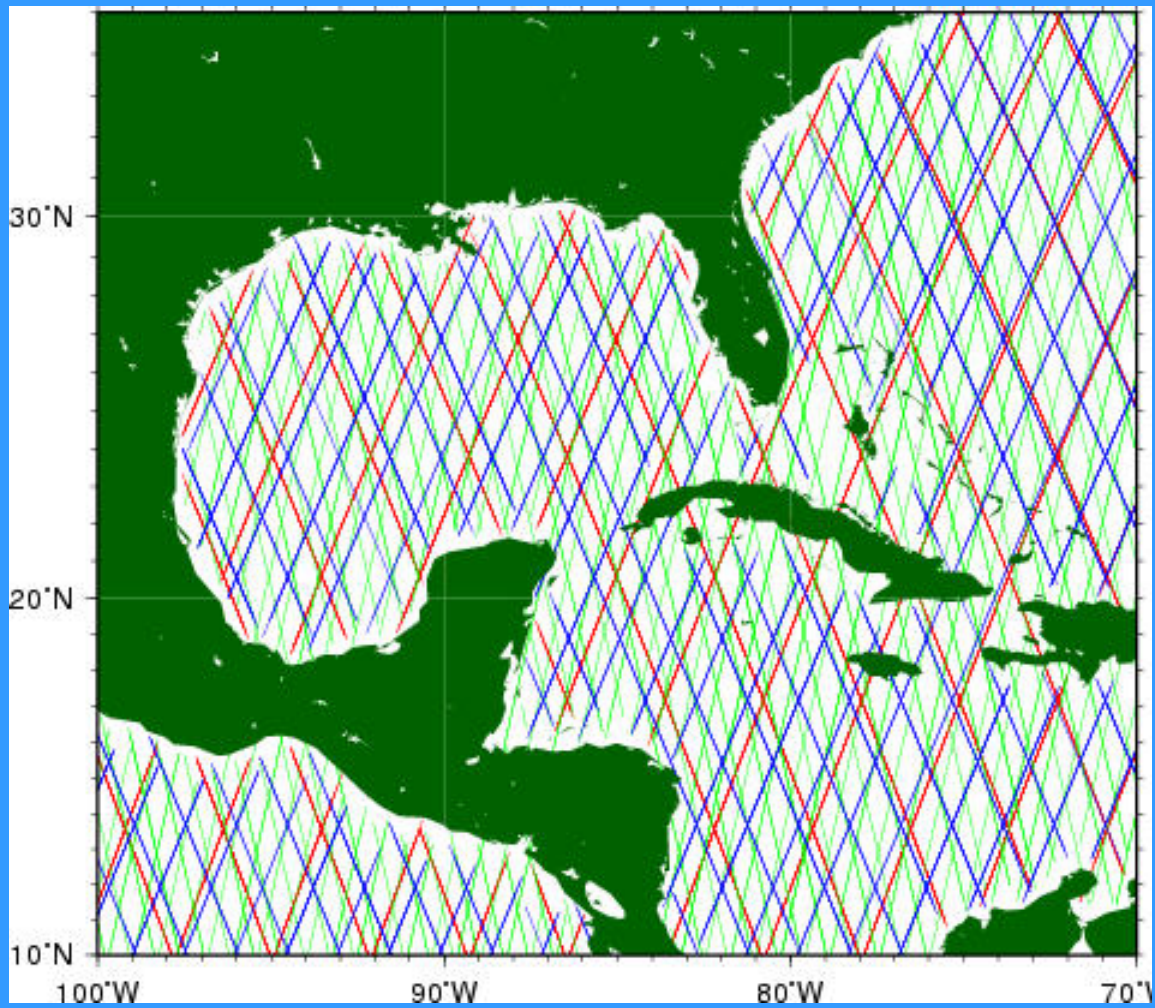
Para manana: estimar la velocidad a lo largo de una traza. Ayuda: R_{Tierra} approx 6300 km

Muestreo

Una revolucion del altimetro lleva aproximadamente de 100 a 115 minutos, dependiendo de la altura del satelite (800-1350 km).

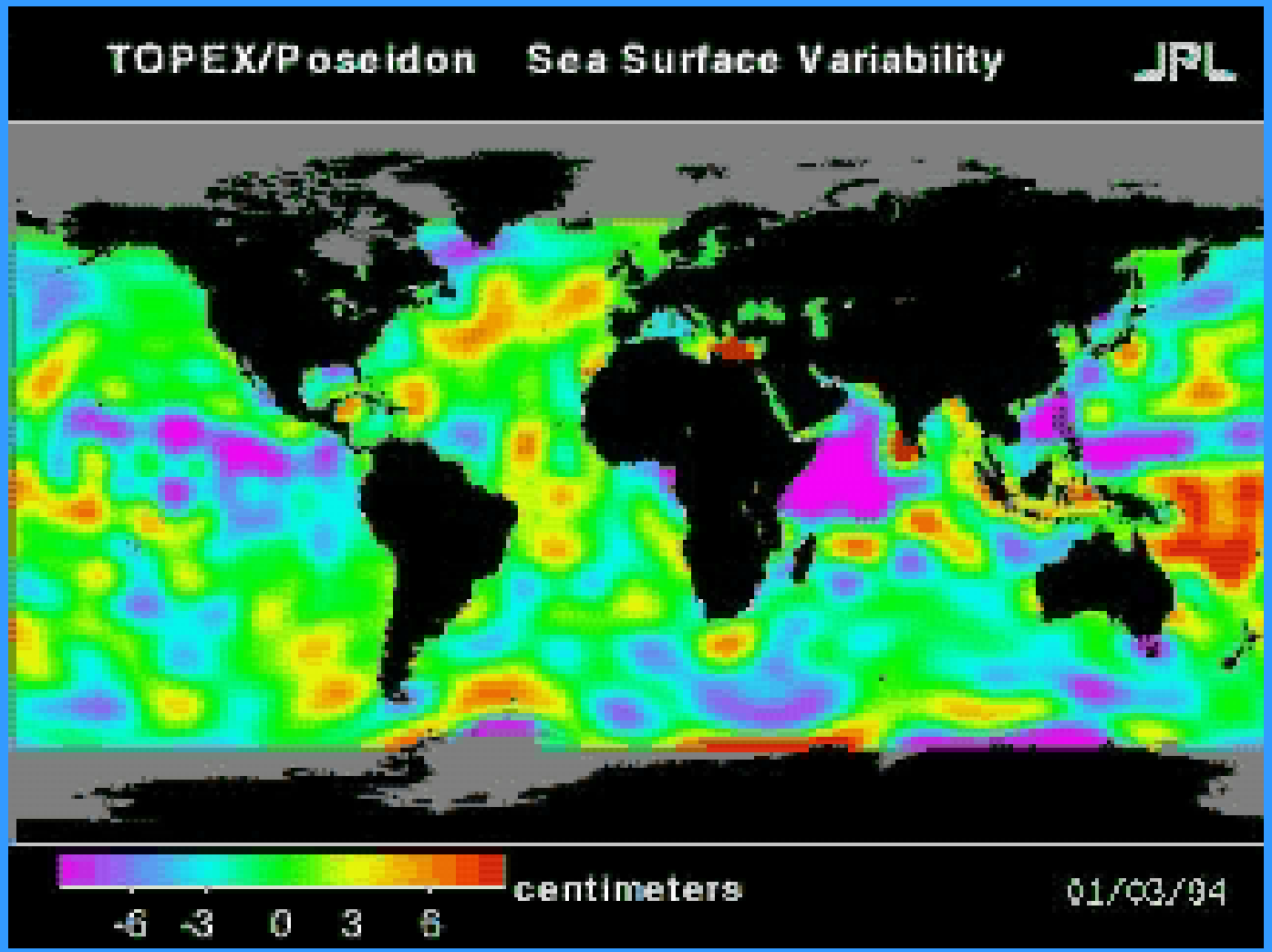
Un altimetro completa 13-14 revoluciones por dia.

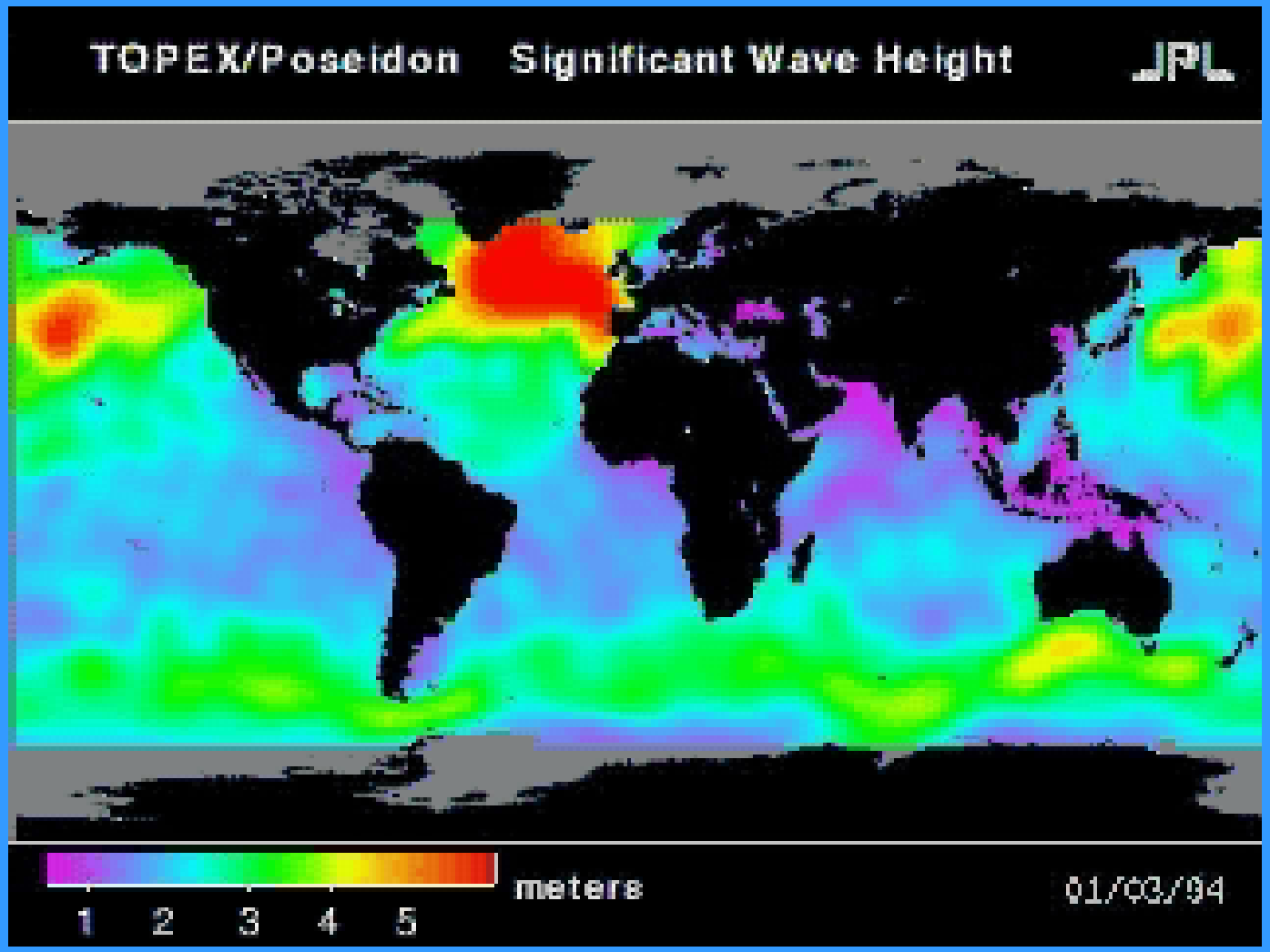
Trazas (groundtracks) de 3 altimetros

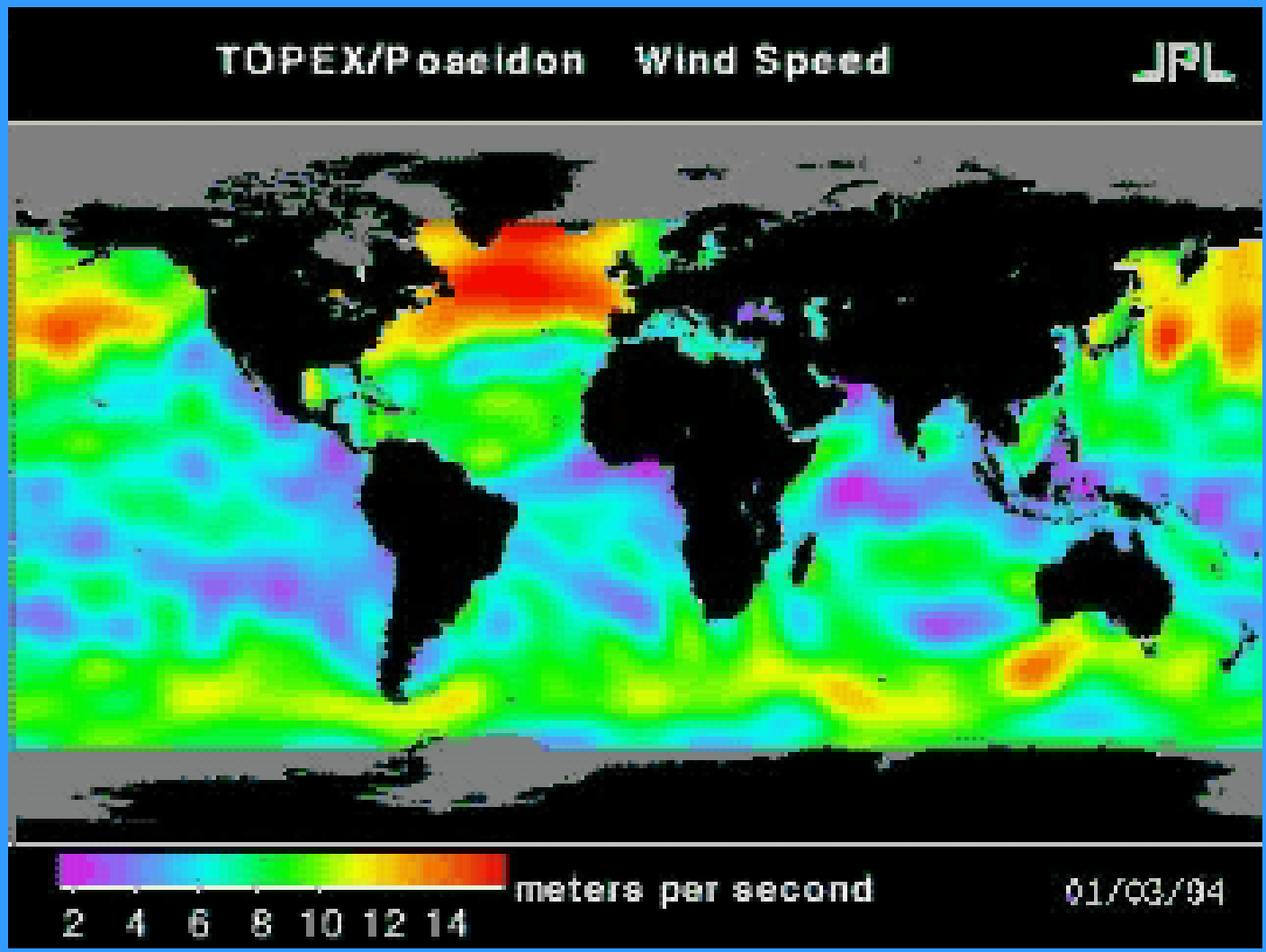


TOPEX/Poseidon ERS2 GFO

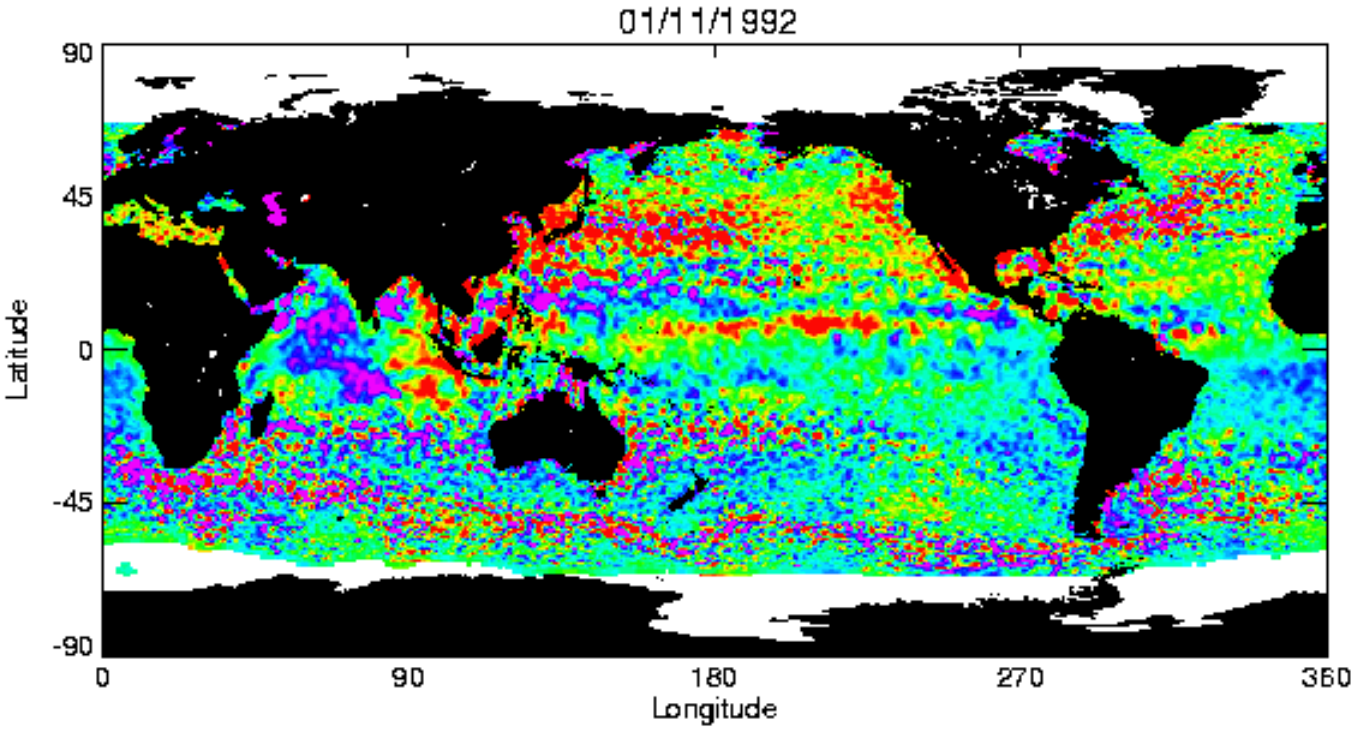
SHA, Olas, Vientos durante 1994




TOPEX/Poseidon Significant Wave Height
JPL
meters
1 2 3 4 5
01/03/94


TOPEX/Poseidon Wind Speed
JPL
meters per second
2 4 6 8 10 12 14
01/03/94

SEA LEVEL ANOMALY - T/P - (cm)



Anomalias de altura

rms de SH o de SHA ?

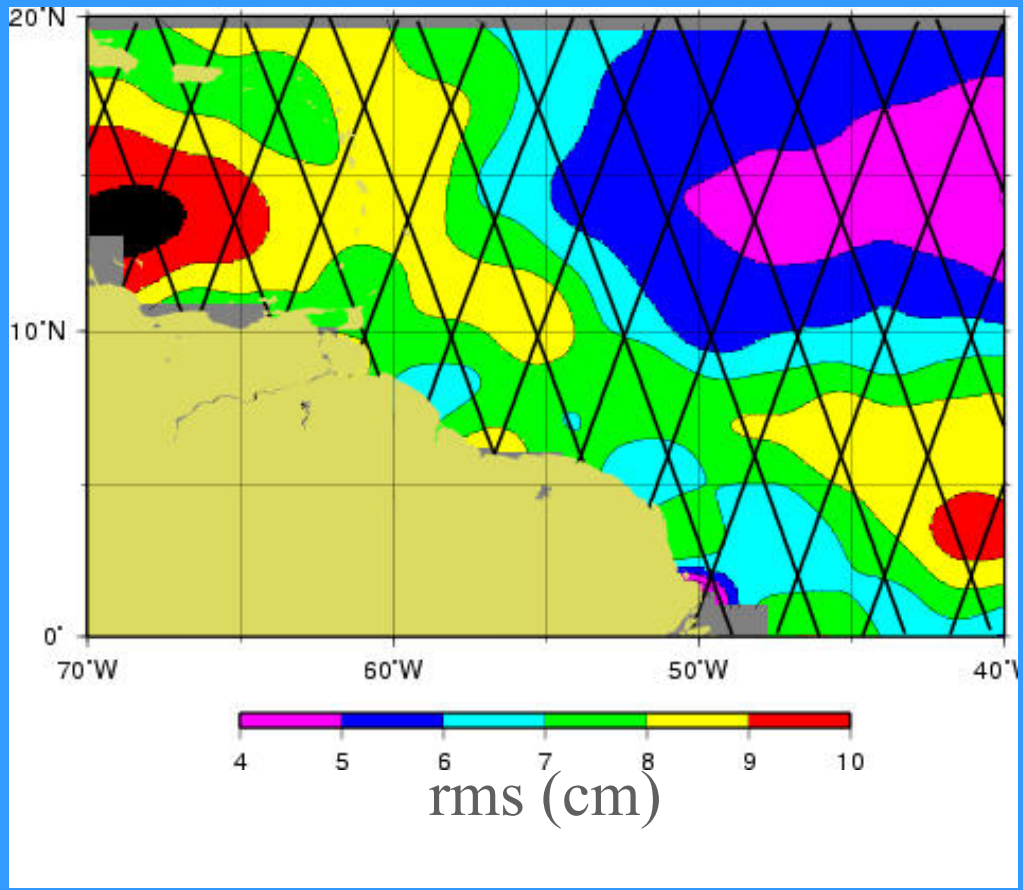
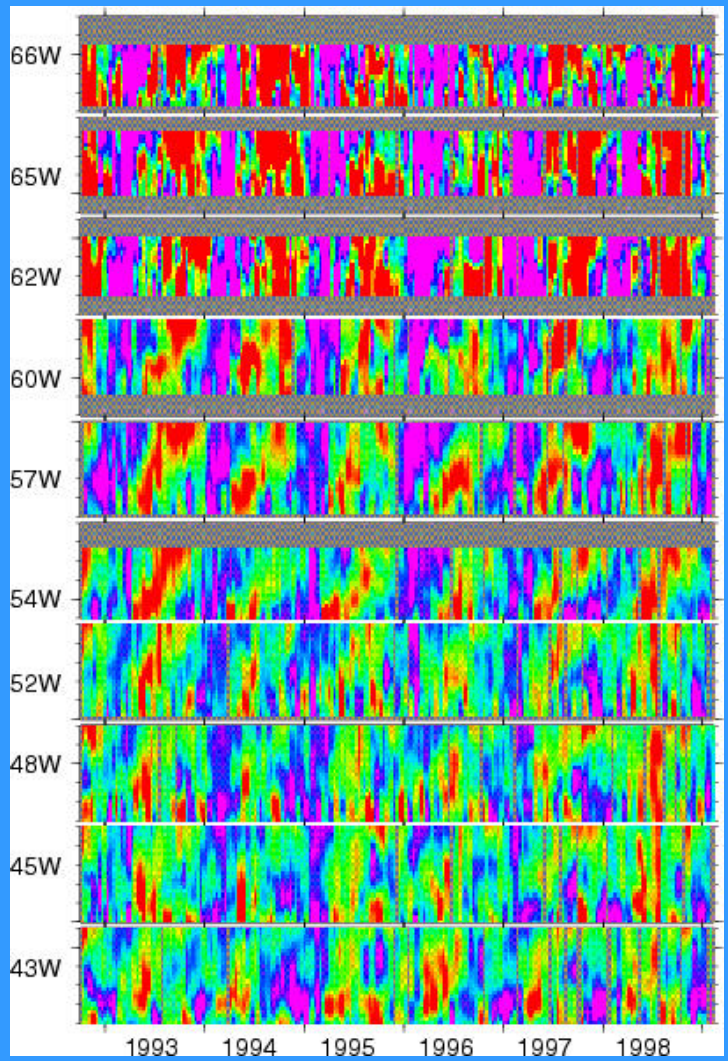
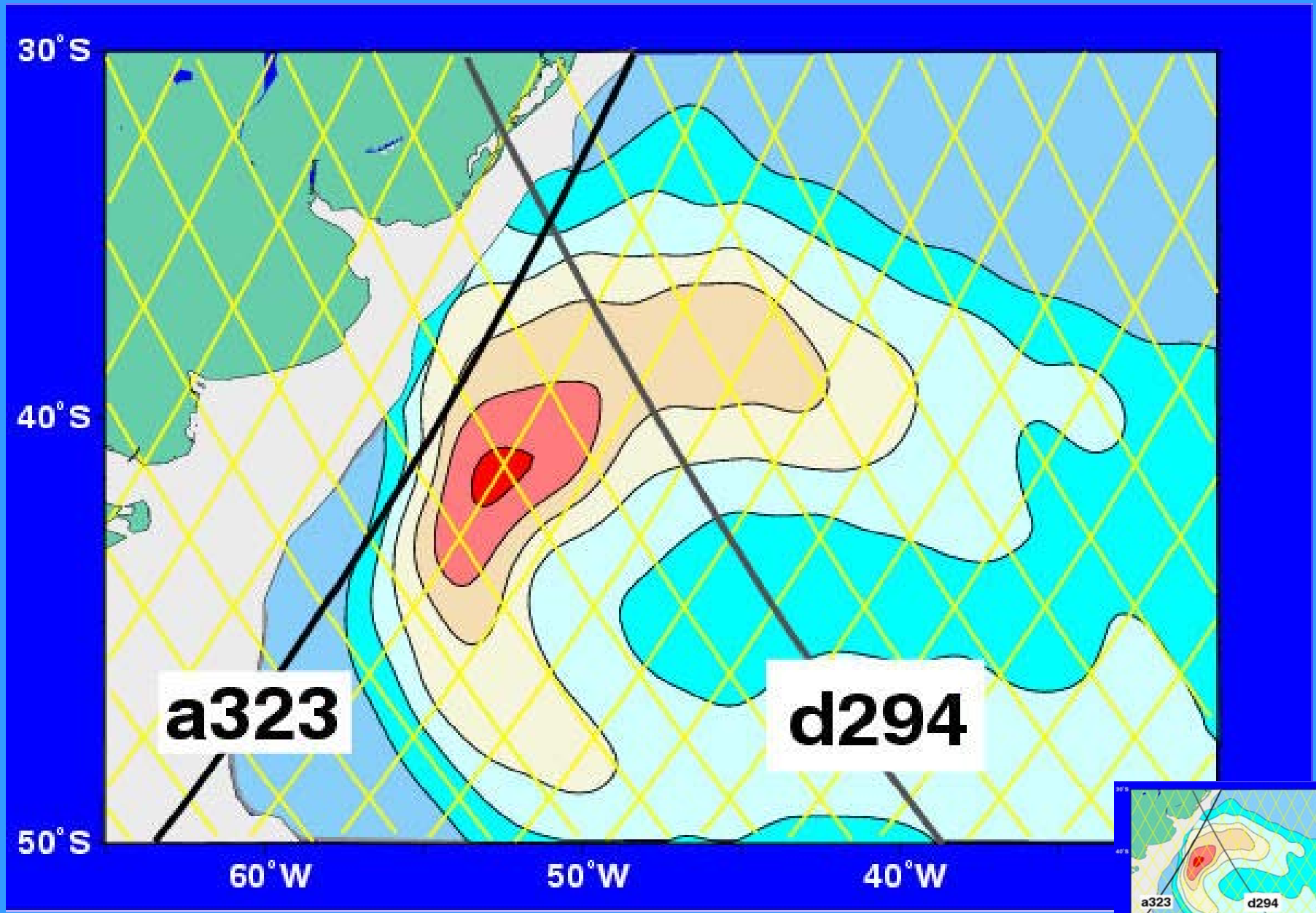


Diagrama de espacio-tiempo (Hovmoller)

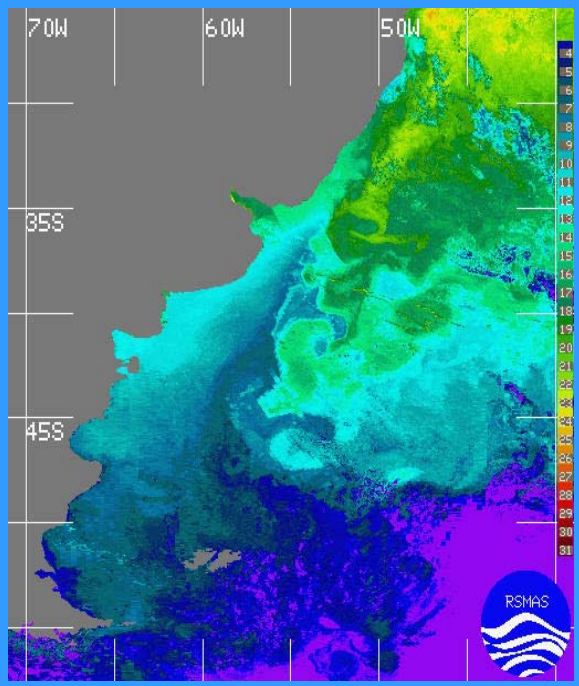


Variabilidad de altura de superficie

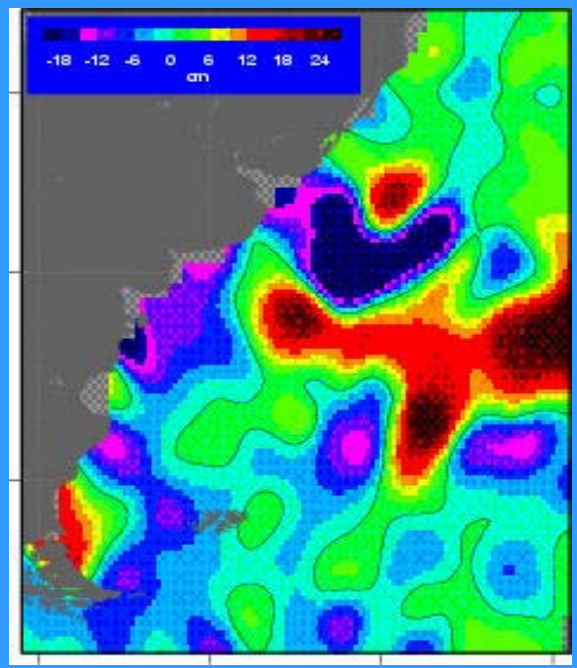


Altimetria versus AVHRR y Seawiffs

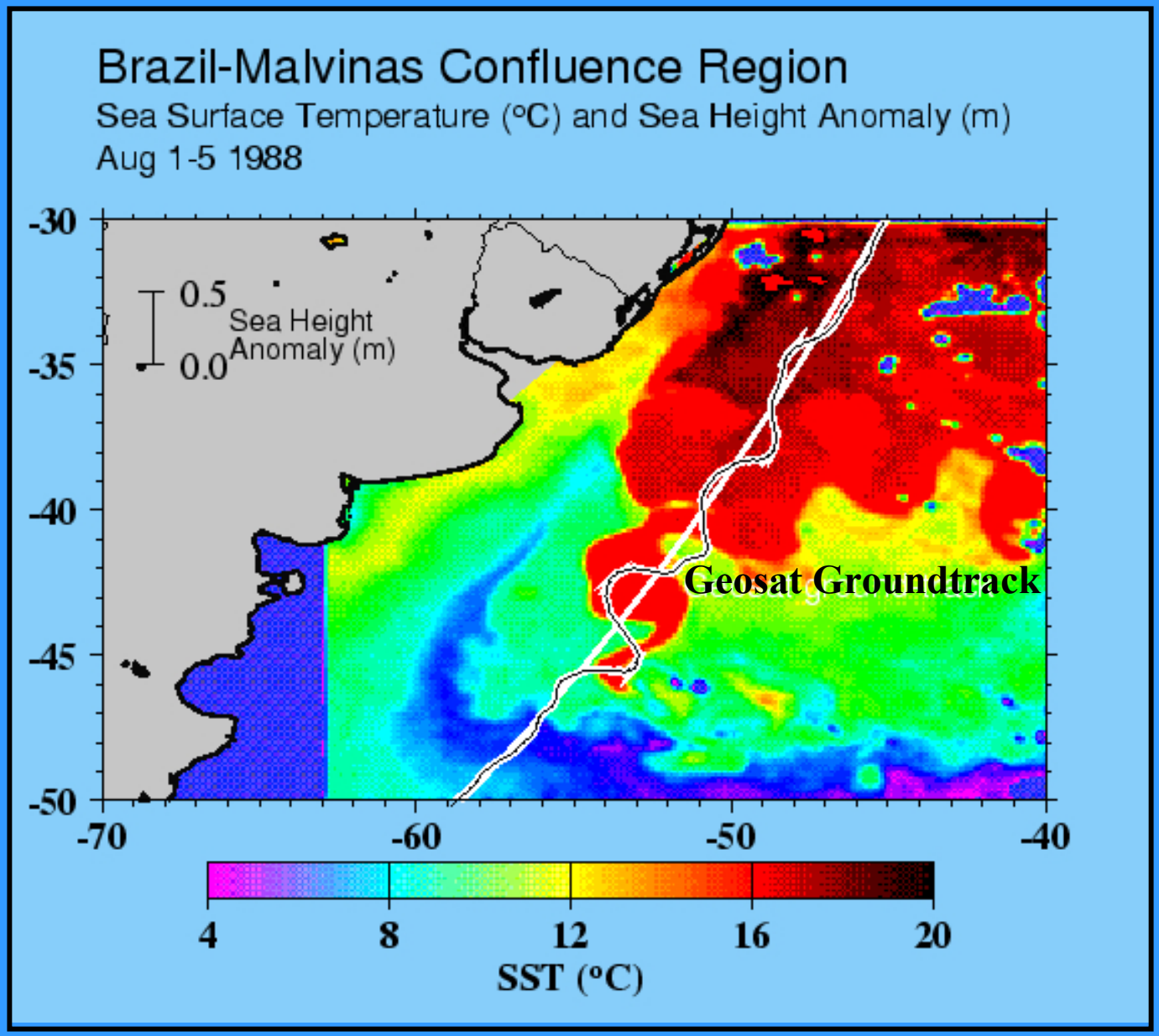
Septiembre 9, 2001



Septiembre 1-10, 2001



AVHRR y ALTIMETRIA



Preguntas:

Cual es el rango de la variacion del nivel del mar:

1. **a traves de una corriente oceanica**
2. **debido al fenomeno de El Nino**
3. **debido al calentamiento/enfriamiento del agua**
4. **por el paso de un huracan**
5. **por las mareas**
6. **por la surgiente debido a una tormenta**

Preguntas:

Son los altimetros suficientemente buenos para medir por si solos variaciones del nivel del mar en zonas costeras ?

Son los mareografos suficientemente buenos para por si solos medir las variaciones del nivel del mar en zonas costeras ?

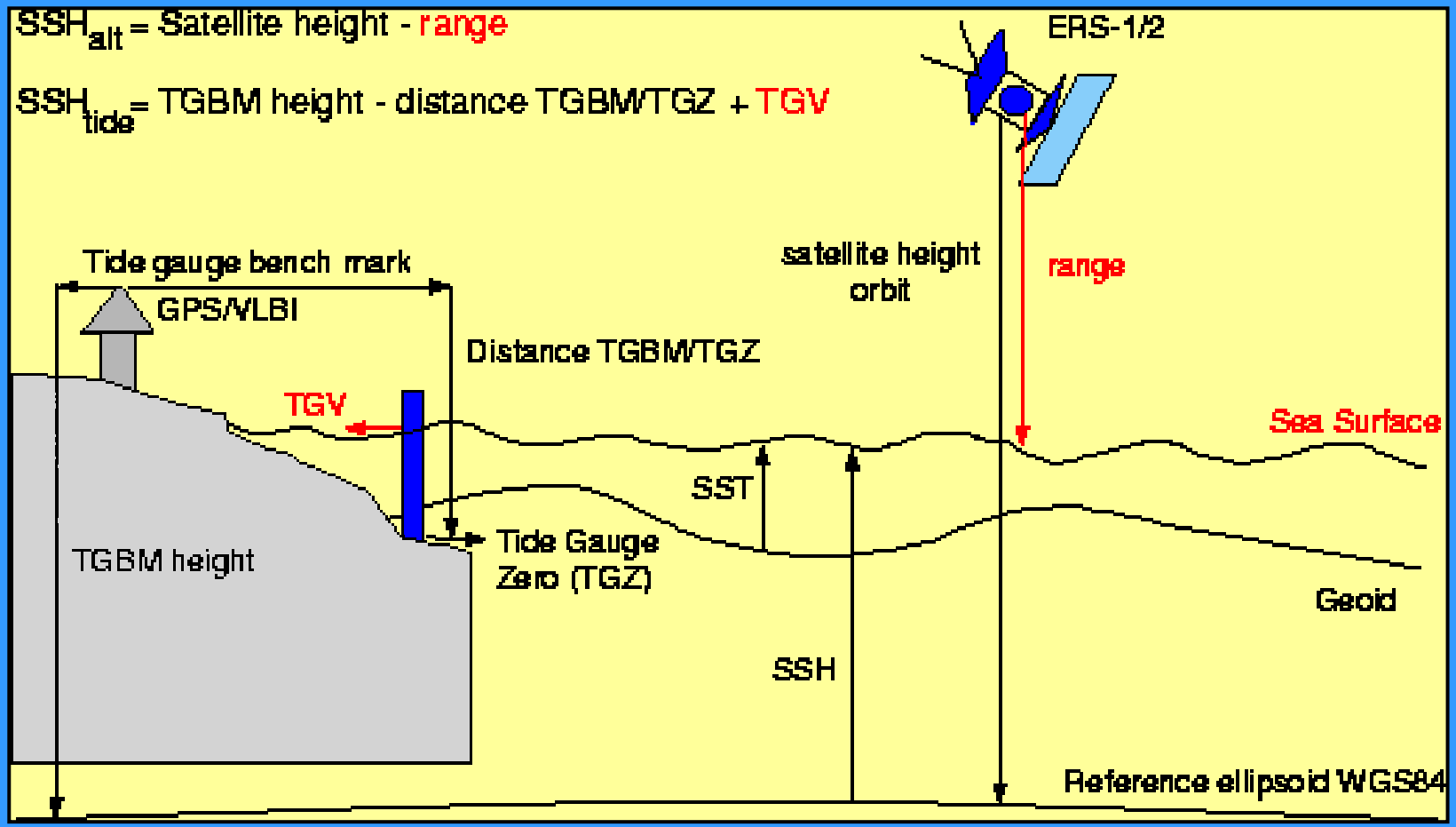
Preguntas:

Son los altimetros suficientemente buenos para medir por si solos variaciones del nivel del mar para estudios climaticos ?

Son los mareografos suficientemente buenos para por si solos medir las variaciones del nivel del mar para estudios de cambios climaticos ?

La respuesta es mas bien politica que cientifica.

Altimetros y mareografos.....



Source: A. Braun (GFZ, Germany)

…..no miden lo mismo

Preguntas:

Que fenomenos causan variaciones

1 Periodicas
2 No periodicas

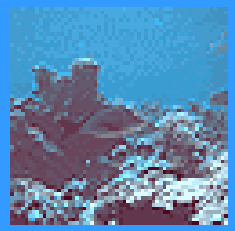
del nivel del mar ?

Usos y aplicationes de Altimetria

Tiempo
(weather)

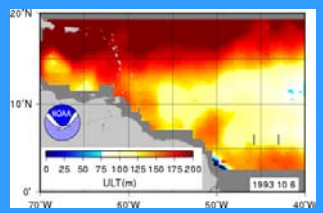
rastreo

clima



corales

huracanes



Dinamica Oceanica

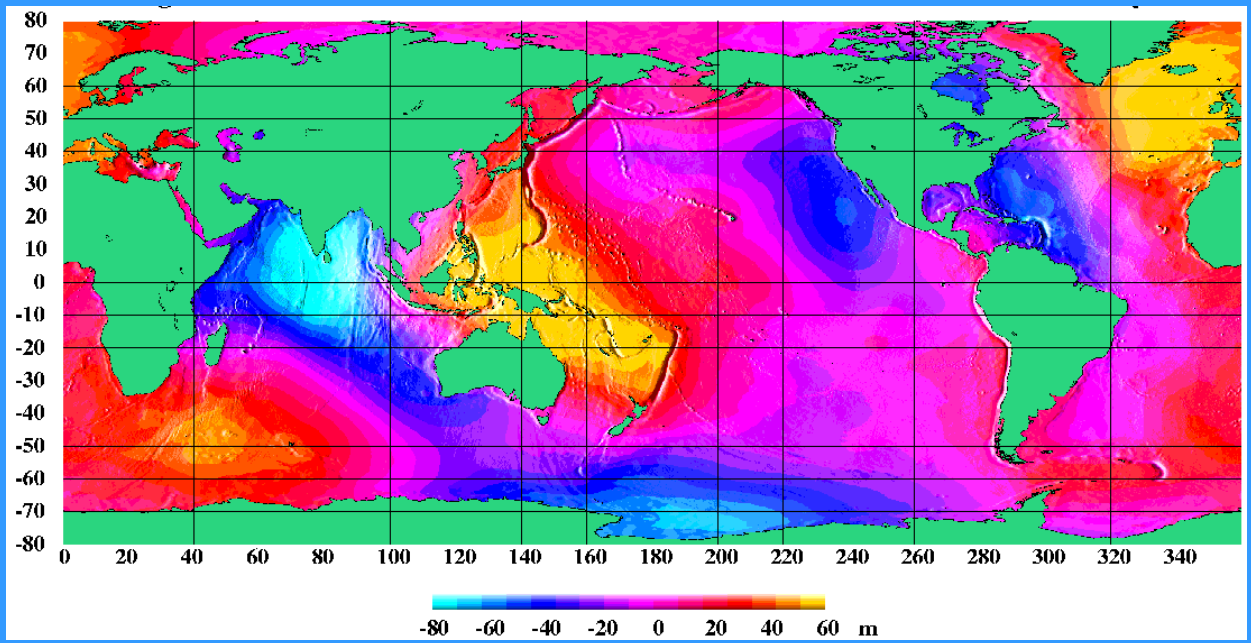
industria

http://topex-www.jpl.nasa.gov/science/applications.html

Aplicaciones

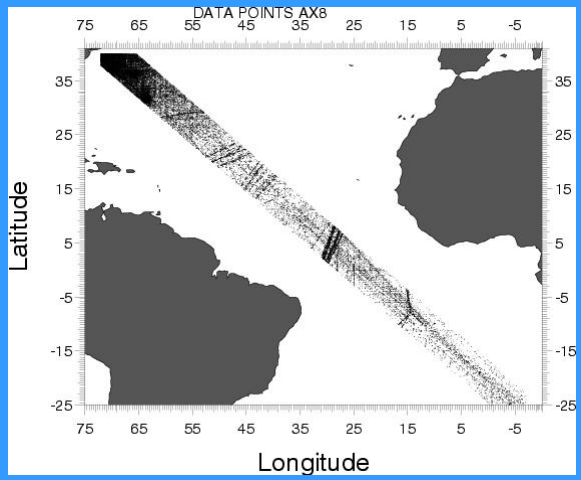
Nivel del mar:

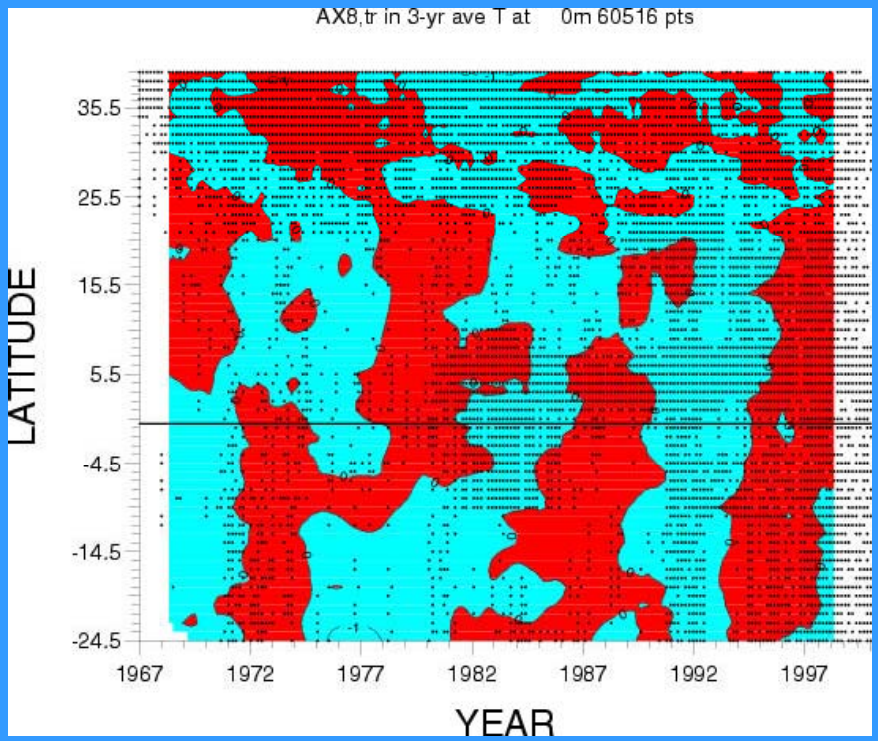
-Para investigar variabilidad periodica y no periodicas: estacional (ciclo annual), interanual (anillos, frentes…), decadal (NA), otros periodos (El Nino),… con 10 anos de datos.



CNES

Datos de temperatura a lo largo del Atlantico





Alguien ve alguna Senial ?

R. Molinari
NOAA/AOML

Pregunta :

Que es la termoclina estacional ?

Que es la termoclina permanenete ?

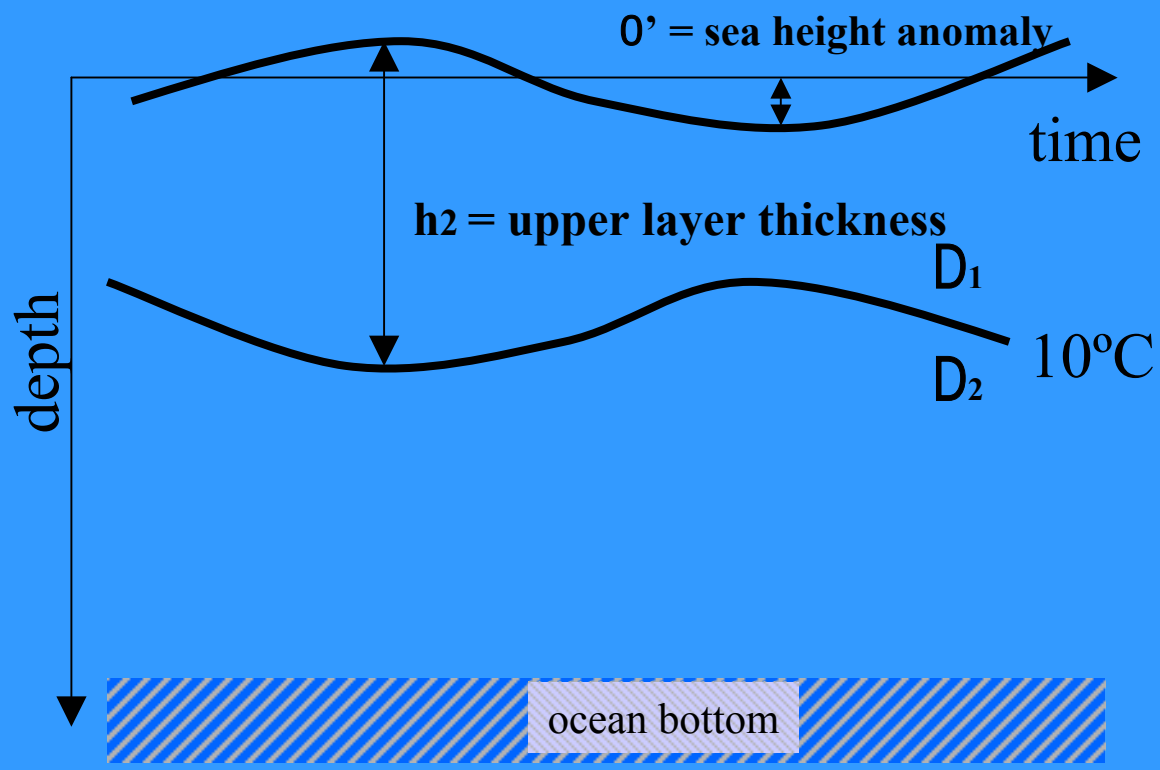
Se puede estimar la temperatura subsuperficial con datos altimetricos ?

Los cambios en la altura (dinamica) del oceano se deben en parte a la variacion de la estructura termica de los primeros cientos de metros (en profundidad) en el mar.

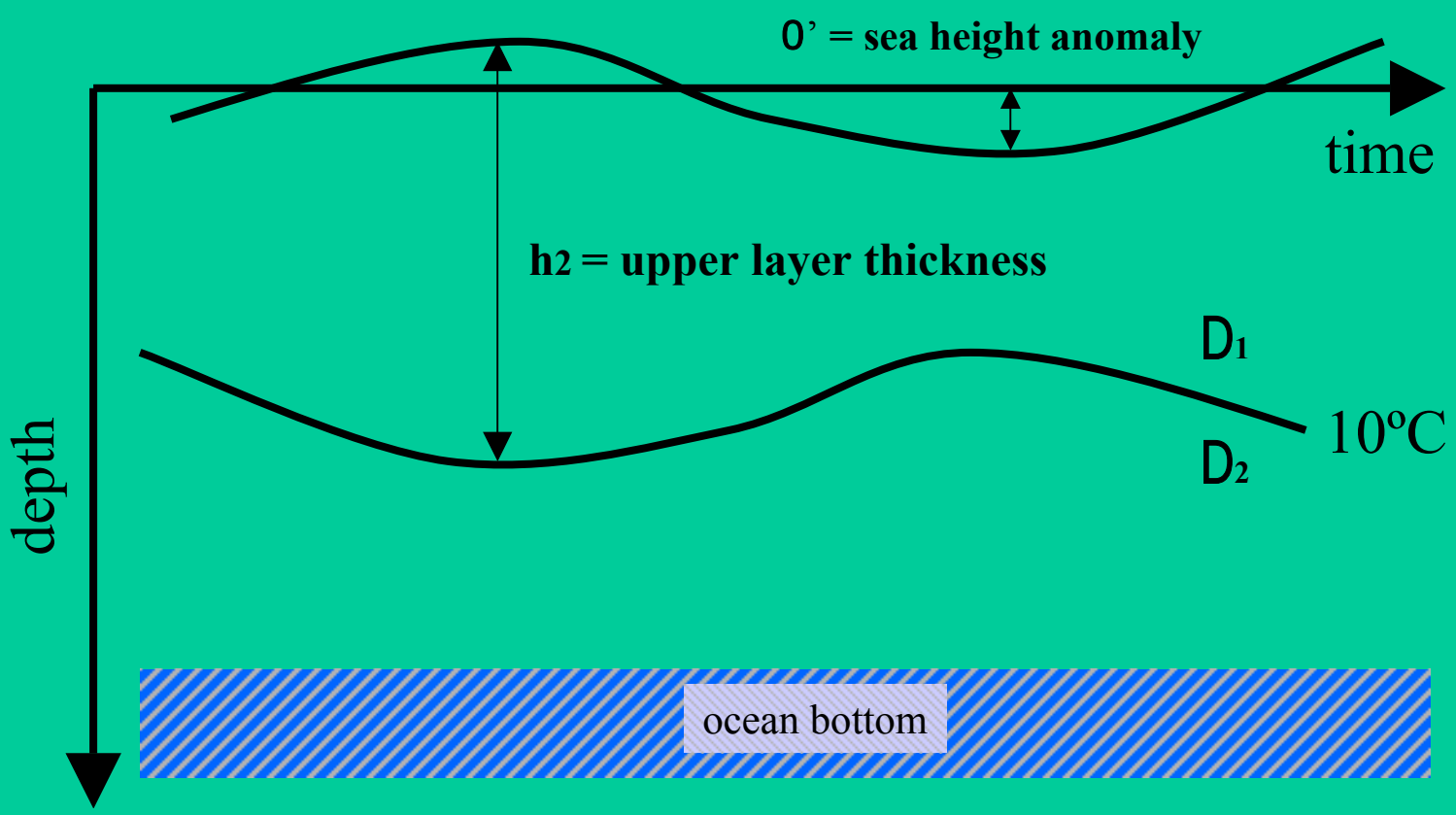
En general, y como una primera aproximacion, los cambios en la profundidad de la termoclina son proporcionales a los cambios de altura de superficie.

Metodologia

1. **Two-layer reduced gravity approximation,**
2. **Upper layer thickness and location of the BC front, and**
3. **Baroclinic transport.**



Approximacion de modelo de dos capas



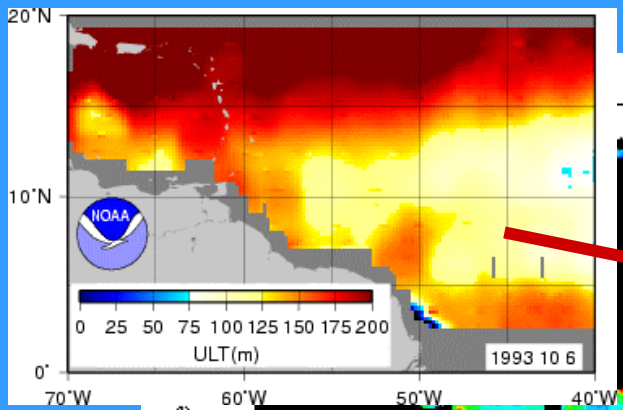
$$h_2(x,y,t) = \overline{h}_2(x,y) + [1/\overline{,}(x,y)]\ 0'(x,y,t) + B'(x,y)$$

$$\overline{,}(x,y) = [\overline{D}_2(x,y) - \overline{D}_1(x,y)] / \overline{D}_2(x,y)$$

$$\text{Baroclinic Transport} = [g'(x,y)/2f(y)] * \Delta h_2^2(x,y,t)$$

$$g'(x,y) = \varepsilon(x,y) * g(x,y)$$

Variabilidad del nivel del mar



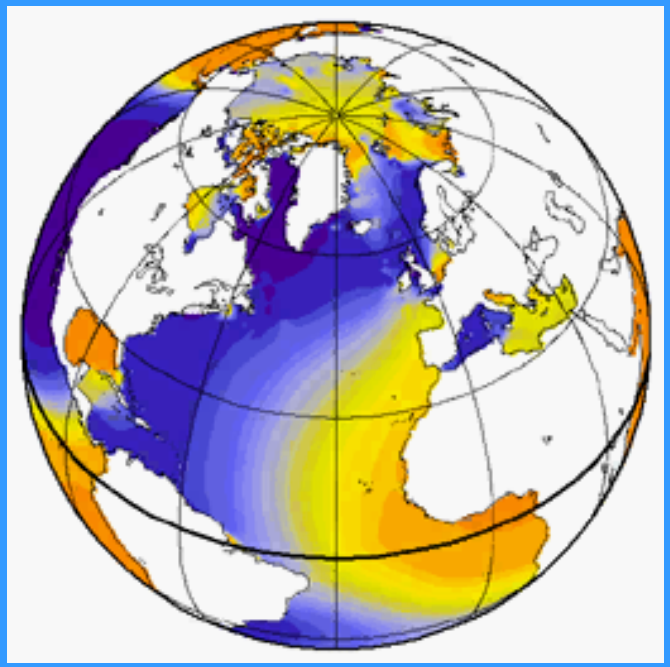
Pregunta:

Cuales son las componentes principales de Mareas ?

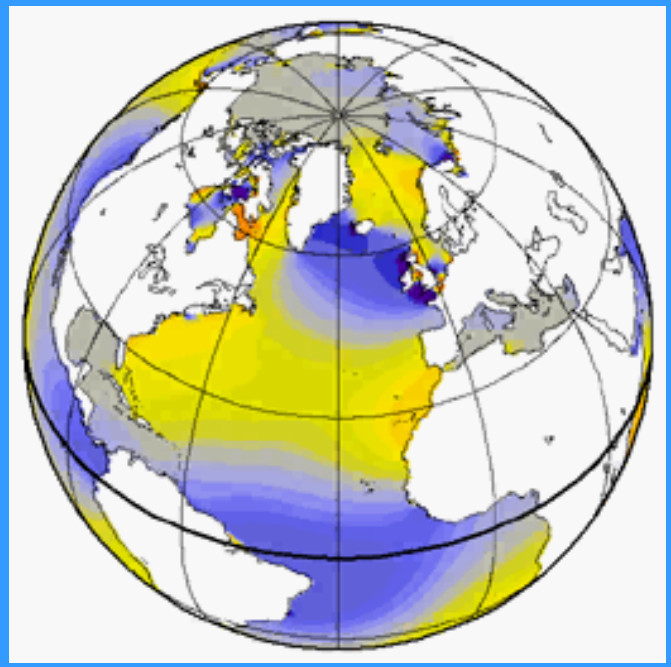
Que pueden decir que mediciones de M2 y K1 fuera de areas costeras ?

Mareas

K1

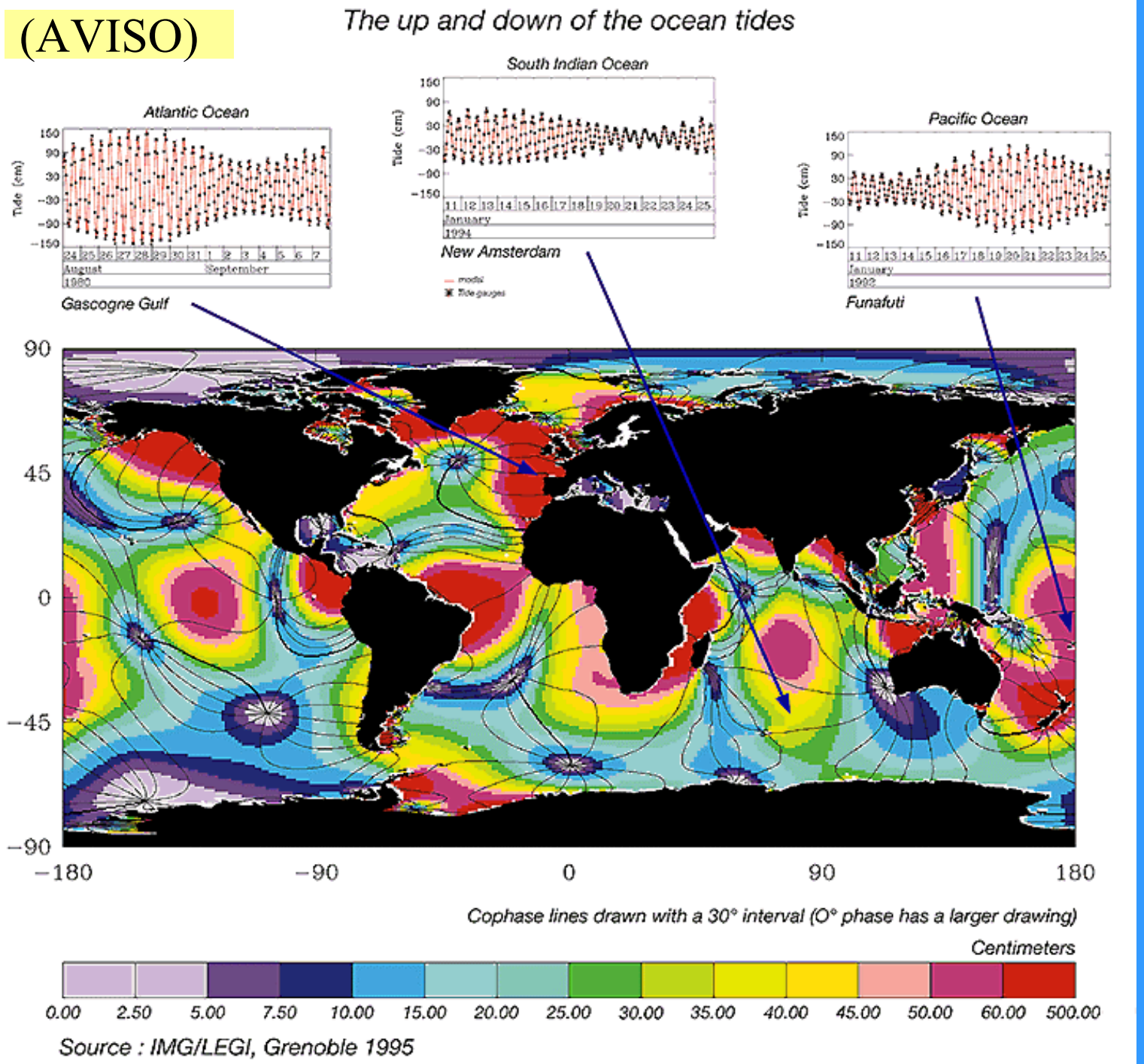


M2

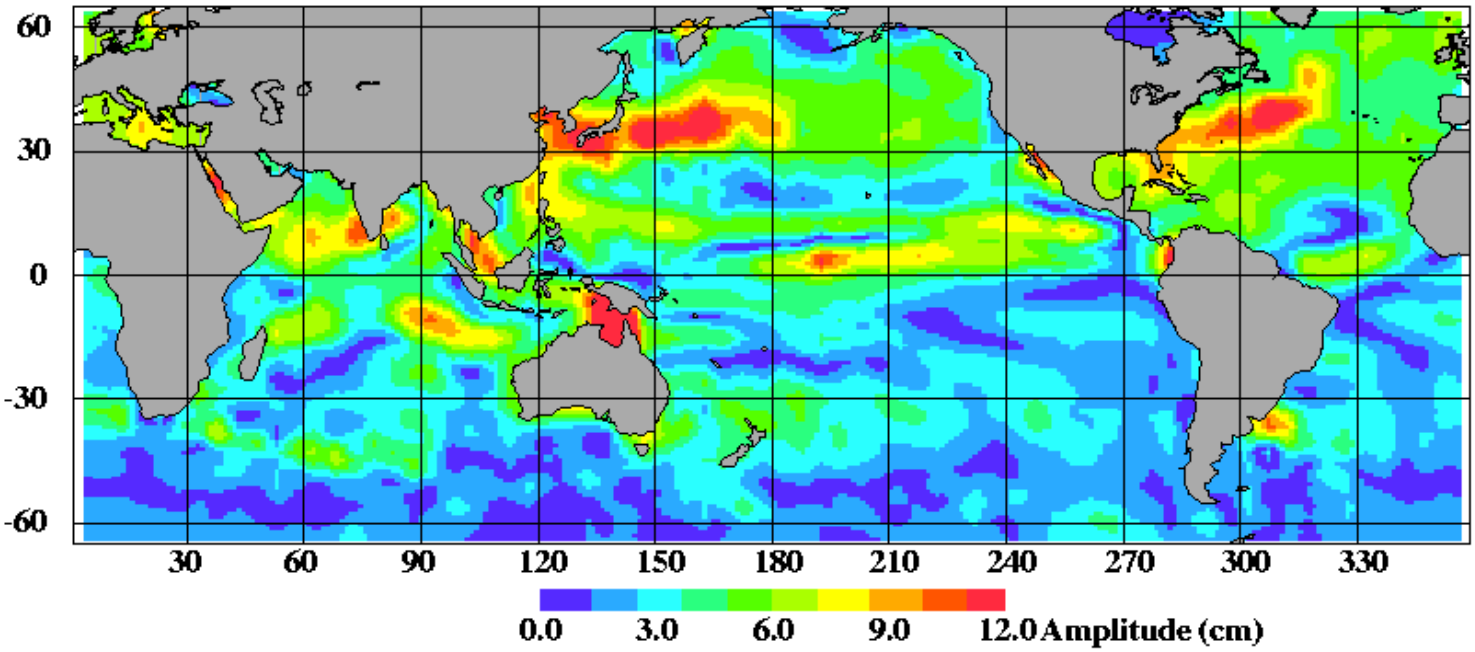


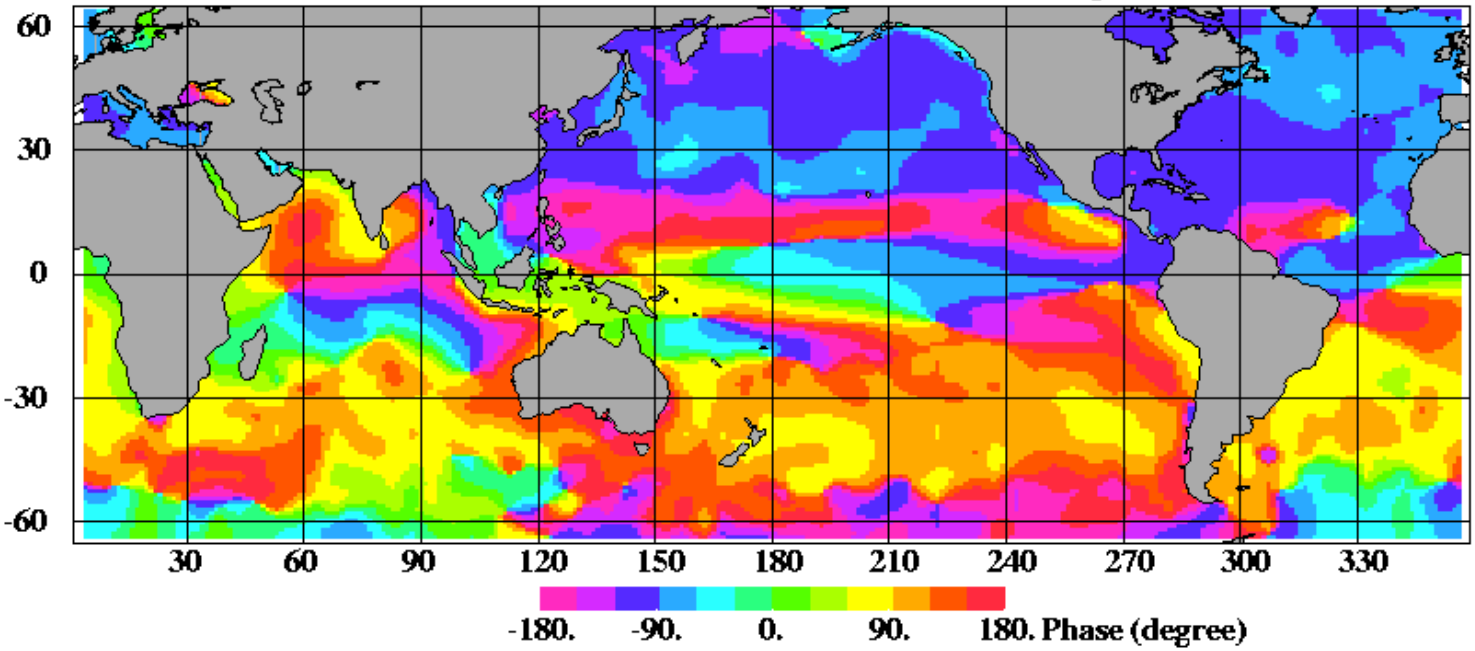
CNES

(AVISO)


The up and down of the ocean tides
Atlantic Ocean
Tide (cm)
August
September
1980
Gascogne Gulf
South Indian Ocean
January
1994
New Amsterdam
model
Tide gauges
Pacific Ocean
January
1993
Funafuti
90
45
0
−45
−90
−180
−90
0
90
180
Cophase lines drawn with a 30° interval (O° phase has a larger drawing)
Centimeters
0.00
2.50
5.00
7.50
10.00
15.00
20.00
25.00
30.00
35.00
40.00
45.00
50.00
60.00
500.00
Source : IMG/LEGI, Grenoble 1995

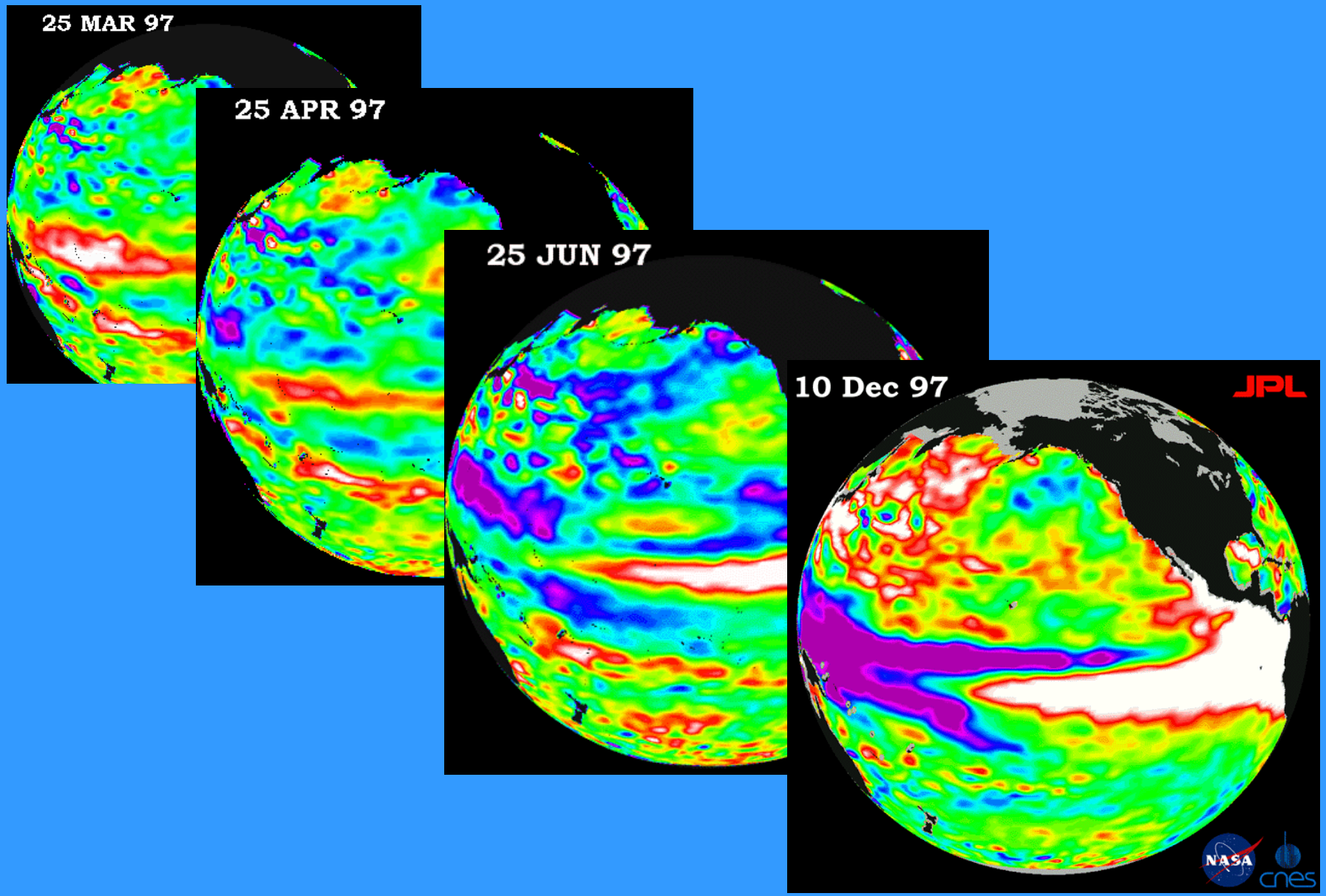
Annual Cycle of Sea Level Height (TOPEX/POSEIDON, cy:1-157)



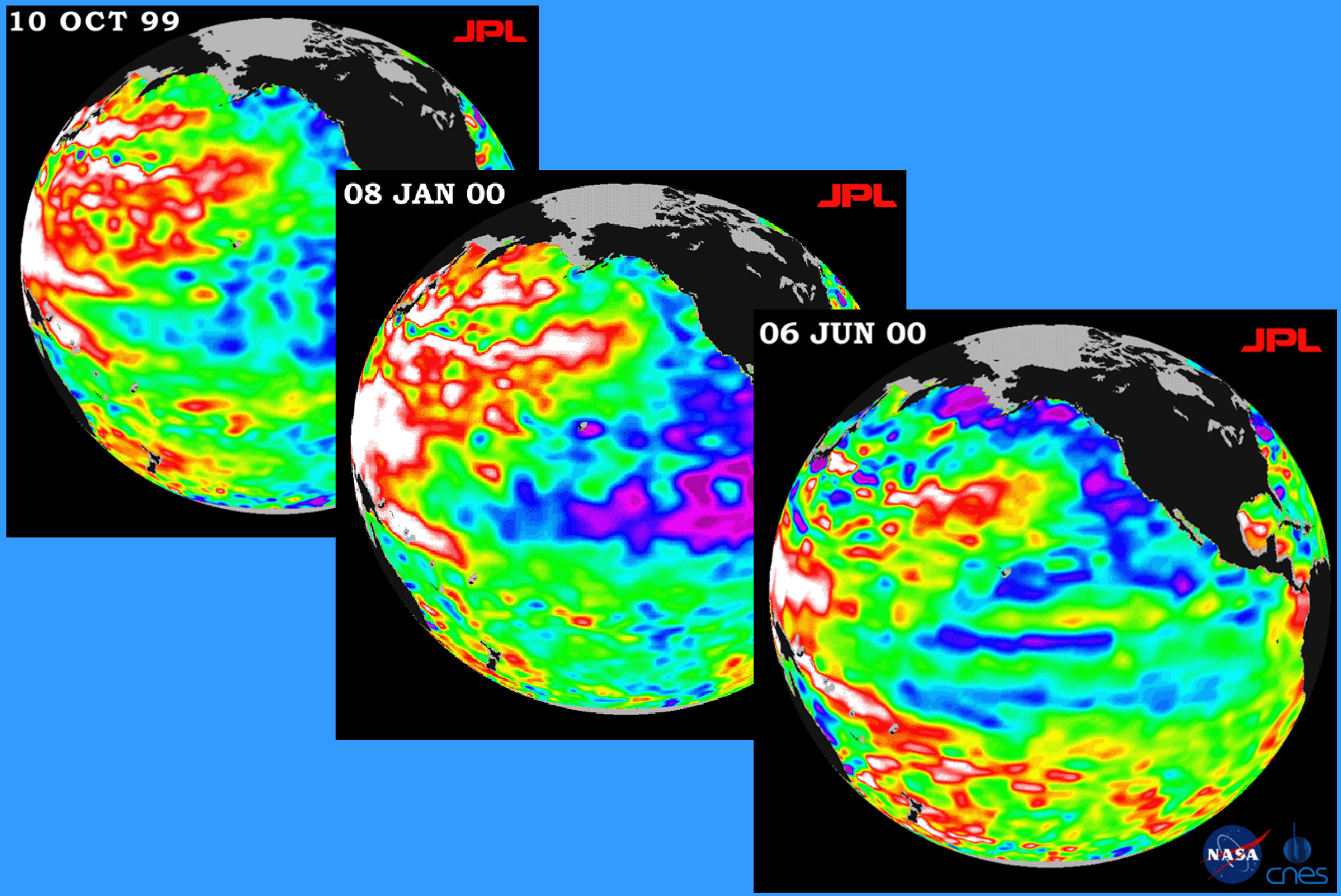


JPL

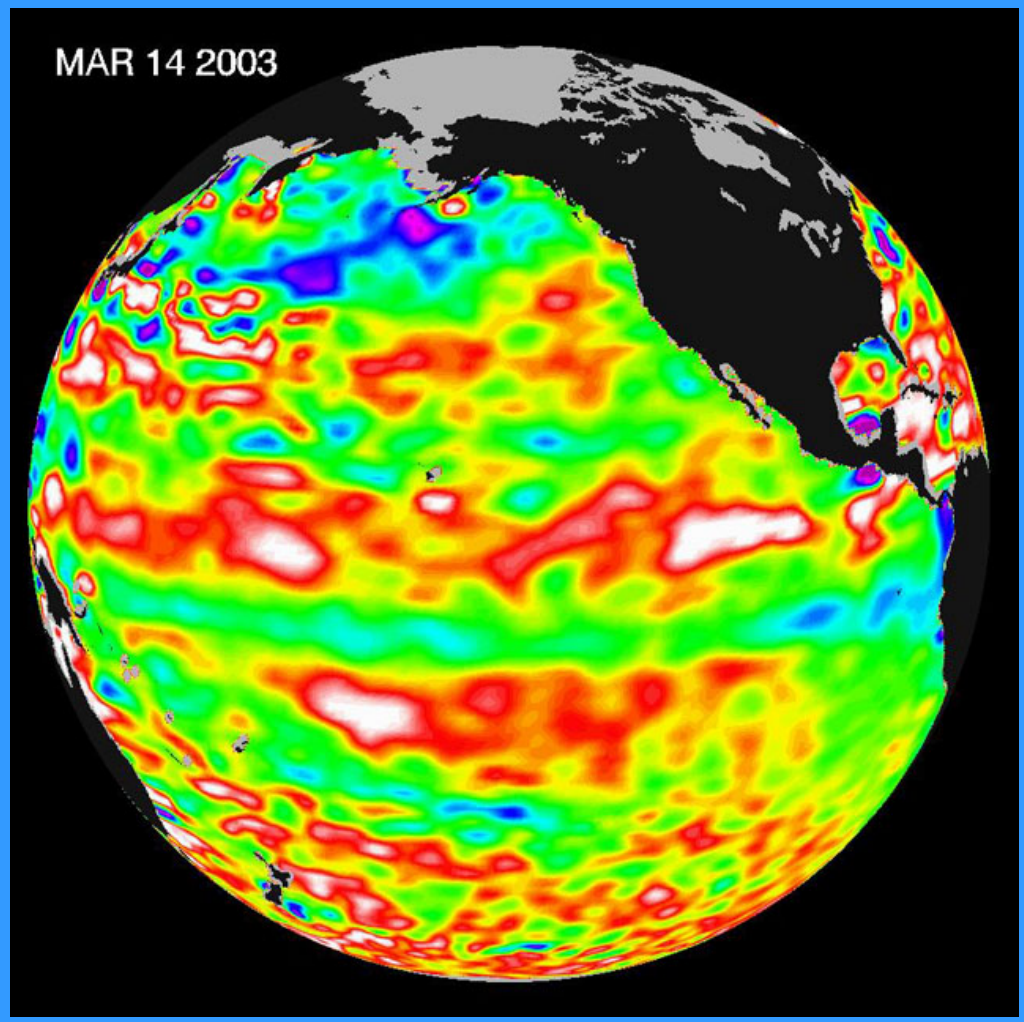
El Niño - 1997



La Niña - 2000

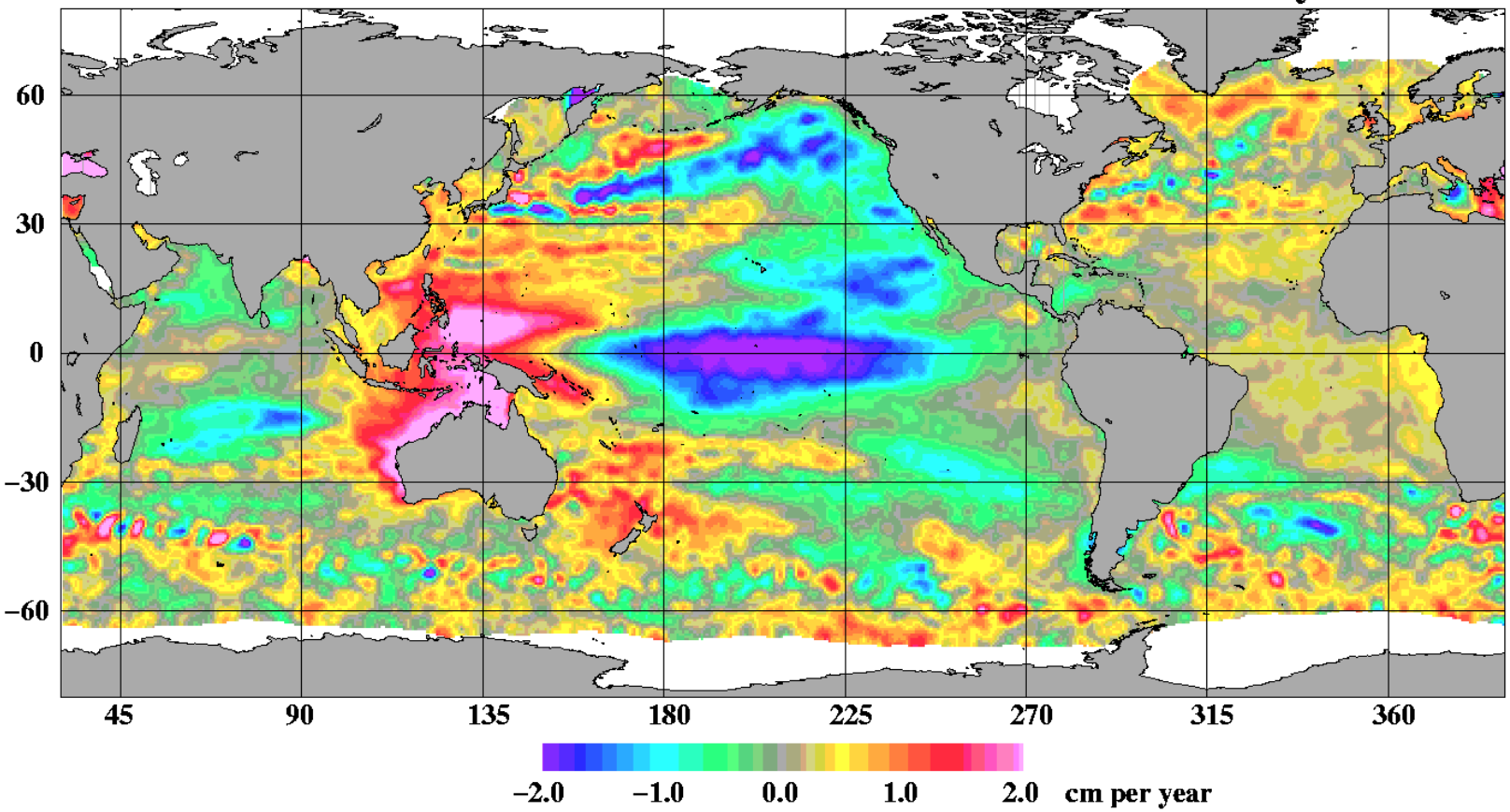


El Niño - 2003



NASA/CNES

Sea level trends from TOPEX/POSEIDON altimetry



Servicios de distribucion de datos

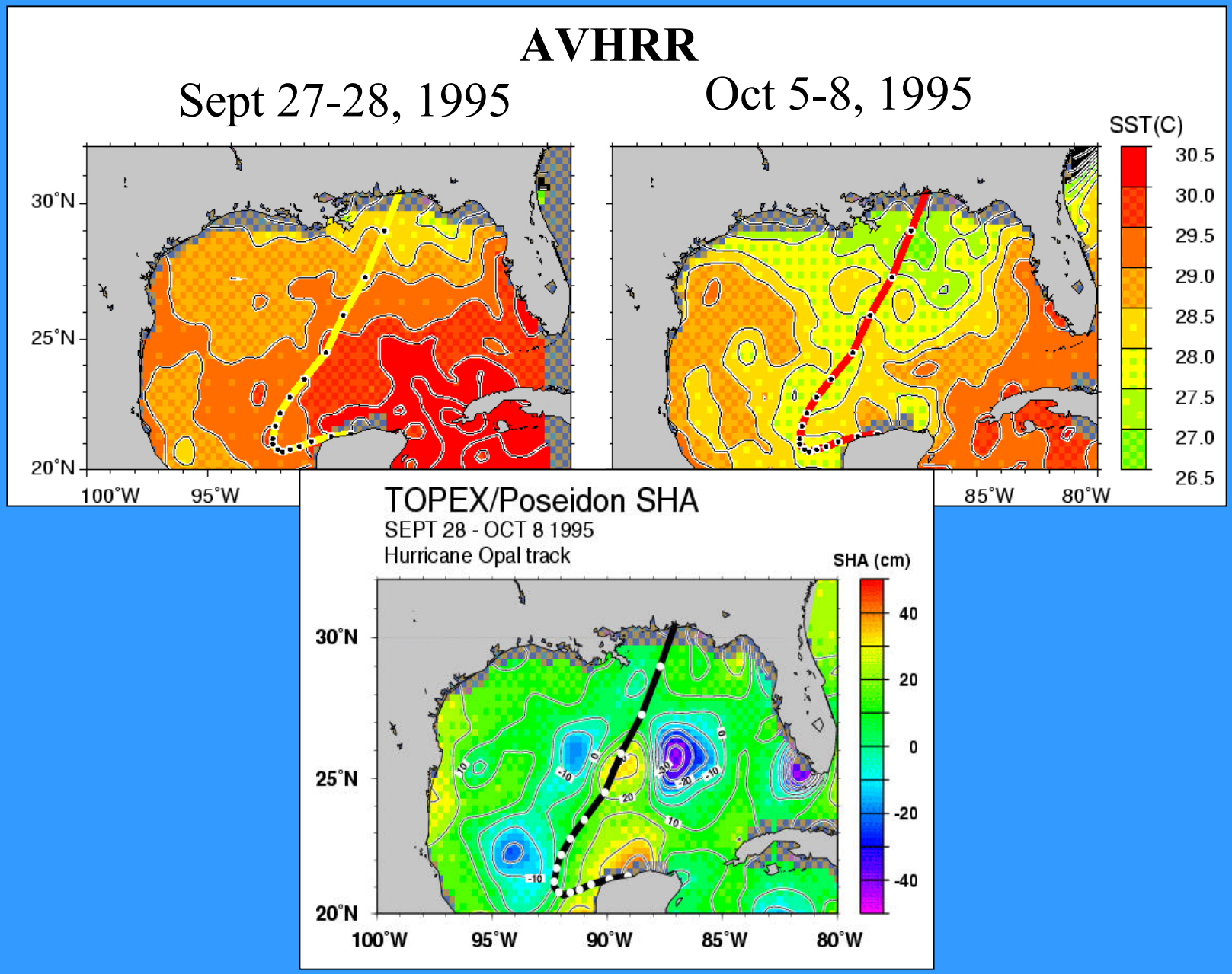
Las siguientes agencias tienen datos de altimetro disponibles en forma pubica:

- ESA
- NASA, CNES,
- U.S.-Navy

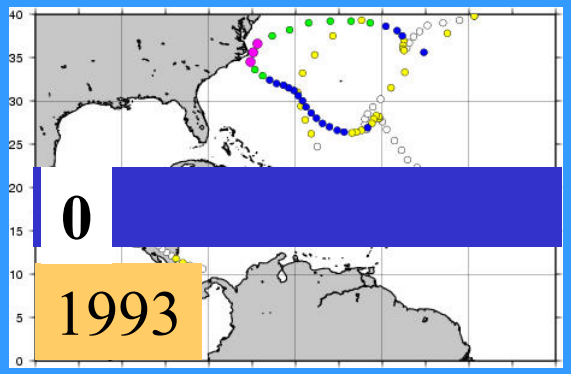
Otras agencias tienen datos procesados o con adicional valor disponibles:

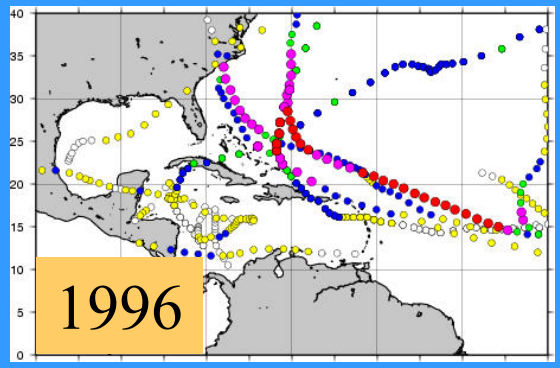
1. Space agencies (NASA/JPL, CNES/CLS)
2. Research institutions (CSR, DEOS, KMS, GFZ)

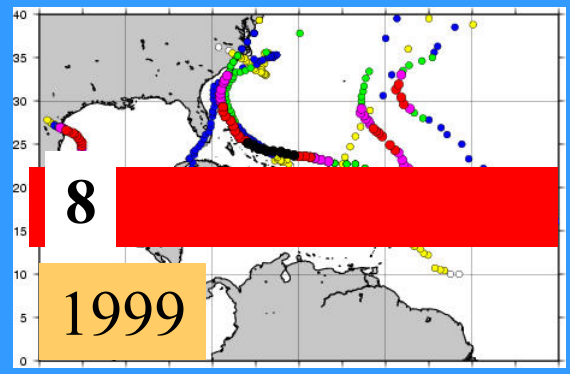
AVHRR vs ALTIMETRY

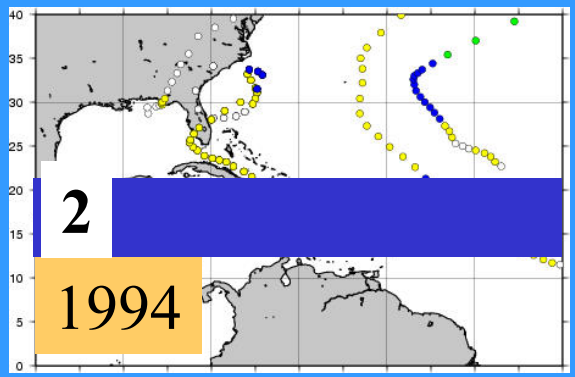


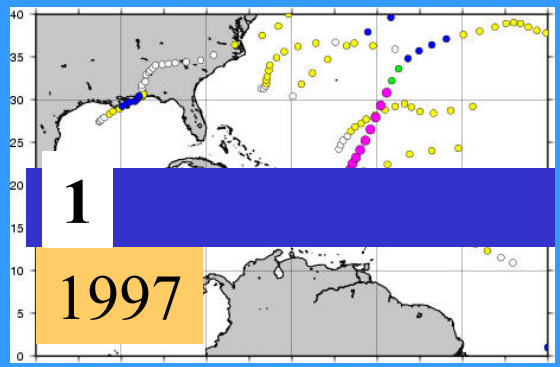
Hurricanes in the North Atlantic during 1993-2000

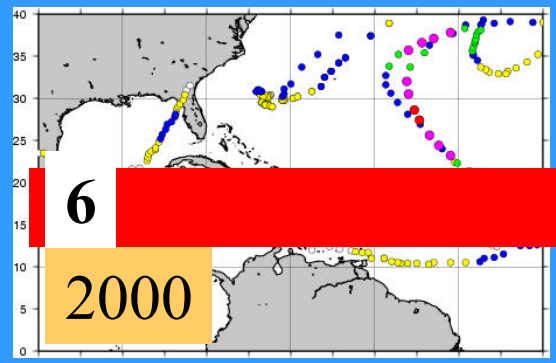


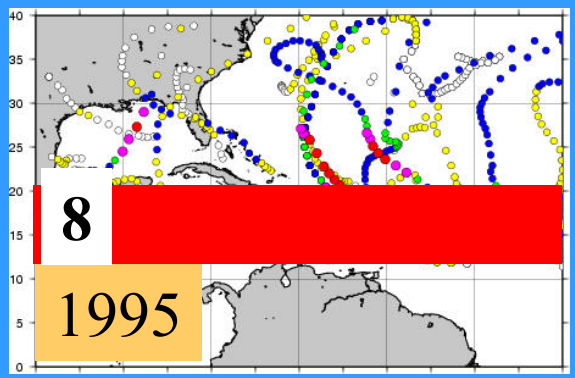


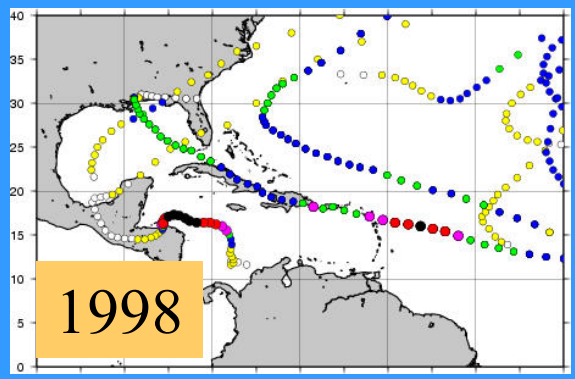


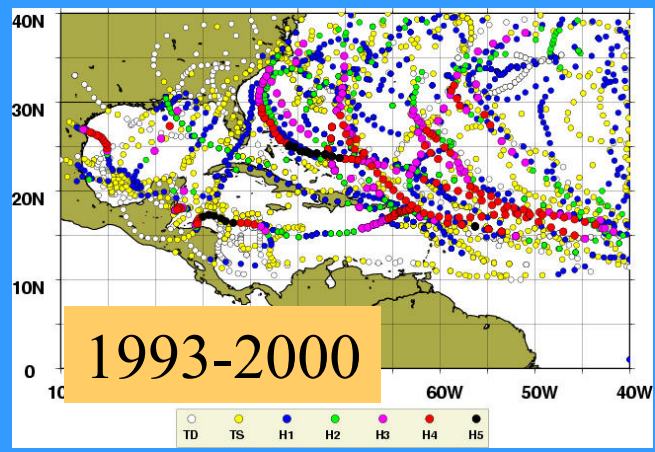




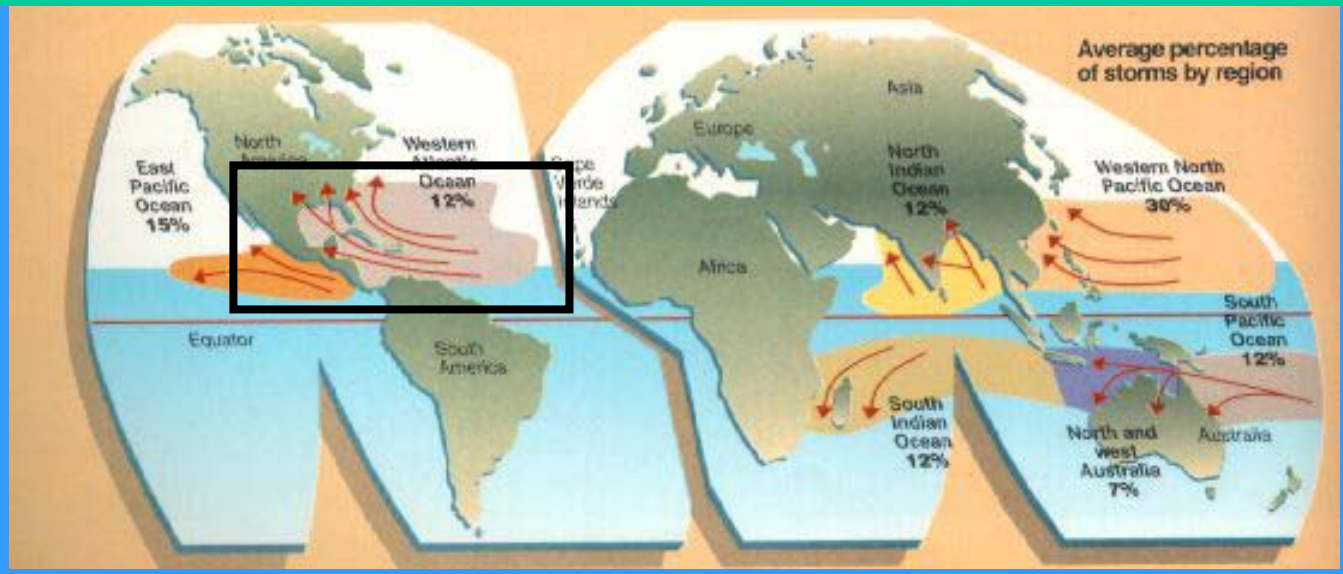








Donde Ocurren los Hurcanes ?



From SDSU web page

Regiones:

- **Atlantic**
- **Northeast Pacific**
- **Northwest Pacific**
- **North Indian**
- **Southwest Indian**
- **Southeast Indian/Australian**
- **Australian/Southwest Pacific**

Servicios de distribucion de datos

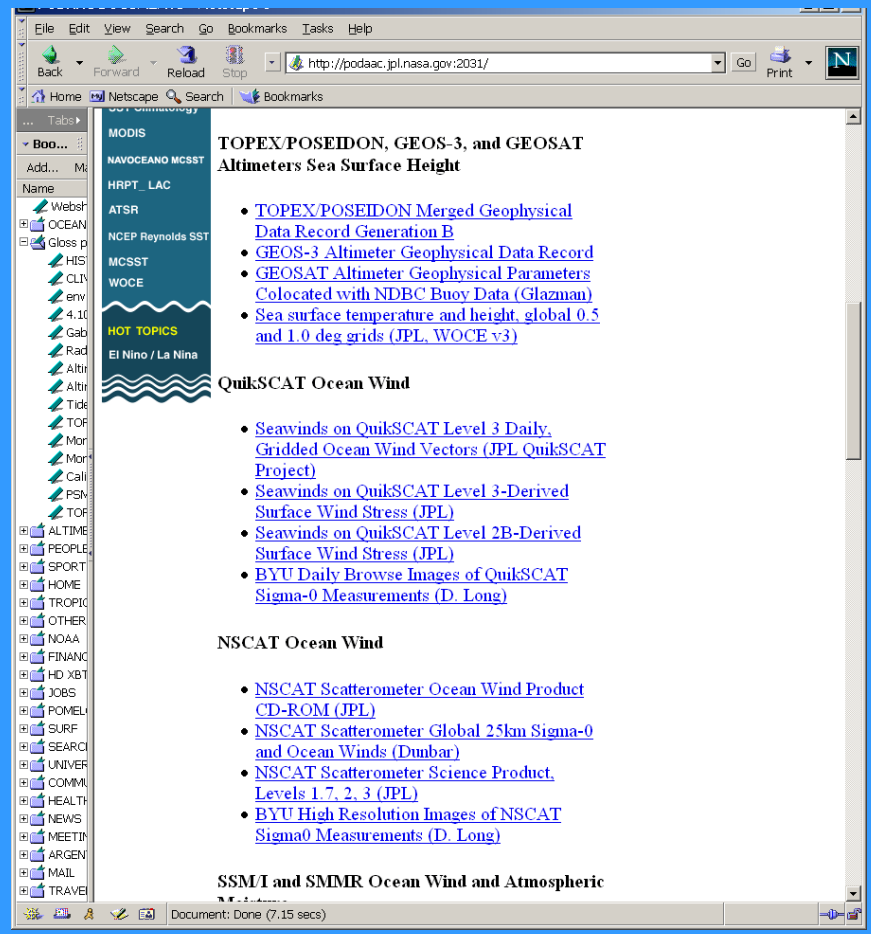
Las siguientes agencias tienen datos de altimetro disponibles en forma pubica:

- ESA
- NASA, CNES,
- U.S.-Navy

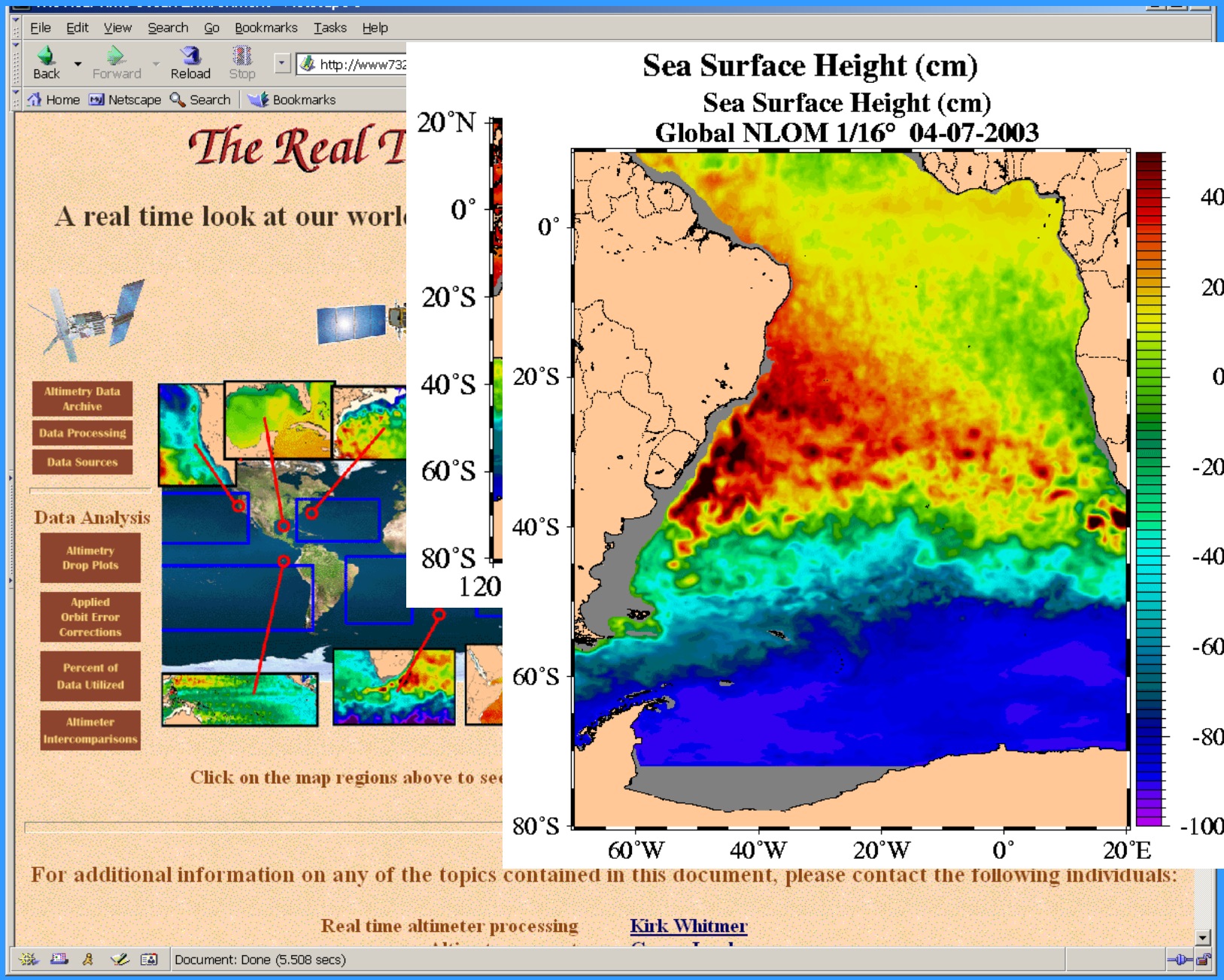
Otras agencias tienen adicional valor di

1. Space agencies (
2. Research instituti GFZ)

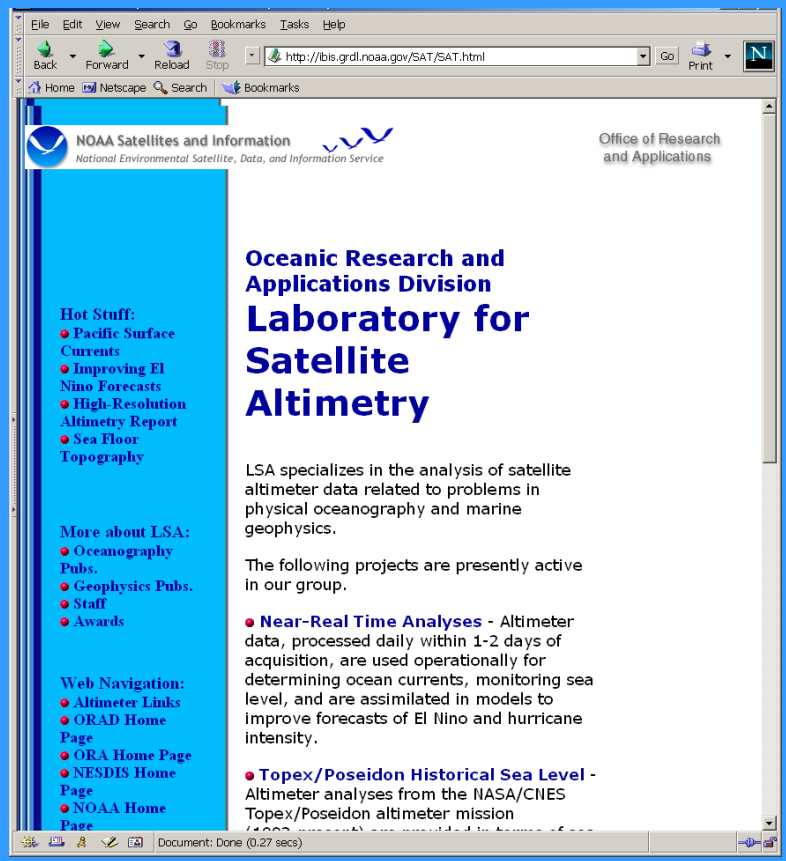
http://podaac.jpl.nasa.gov:2031/

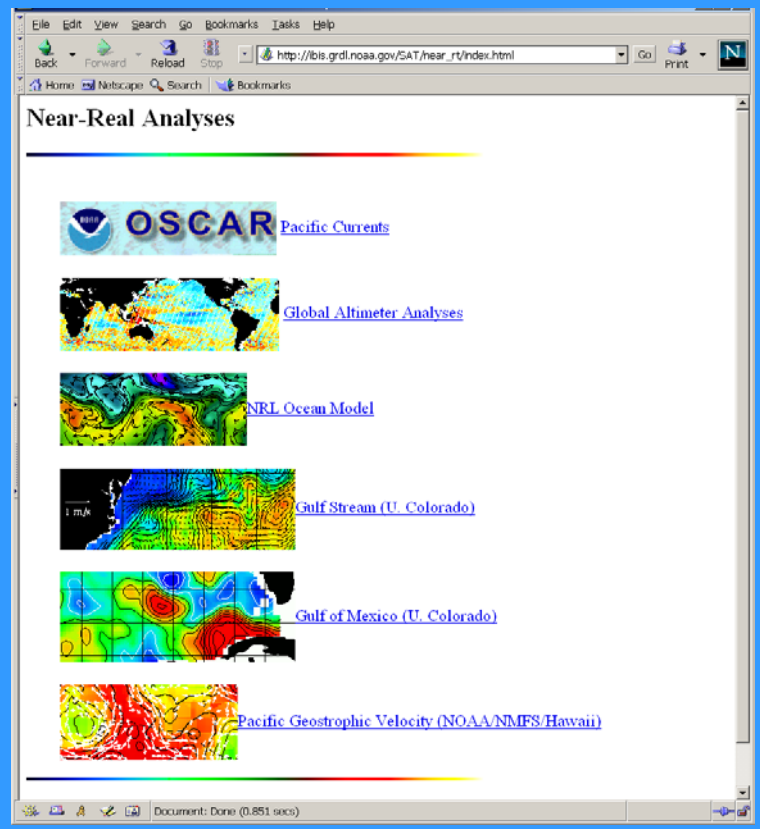


http://www7320.nrlssc.navy.mil/altimetry/index.html

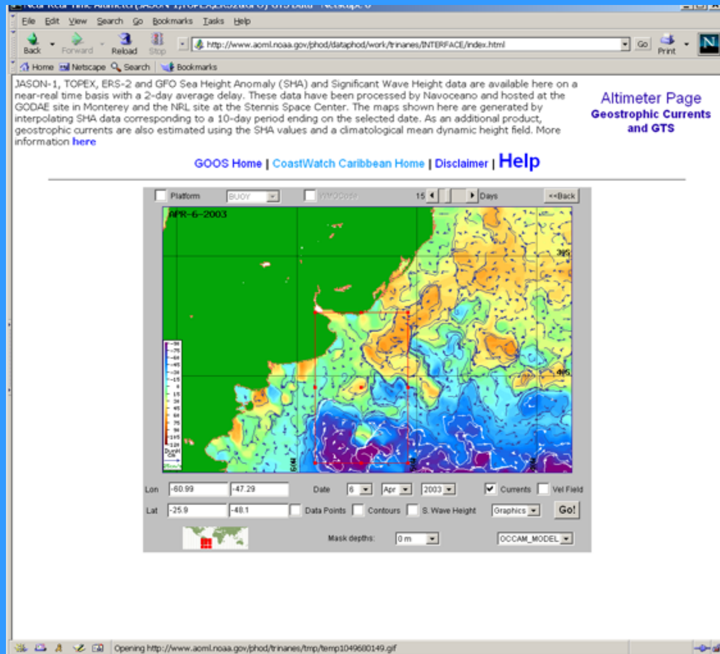


http://ibis.grdl.noaa.gov/SAT/SAT.html

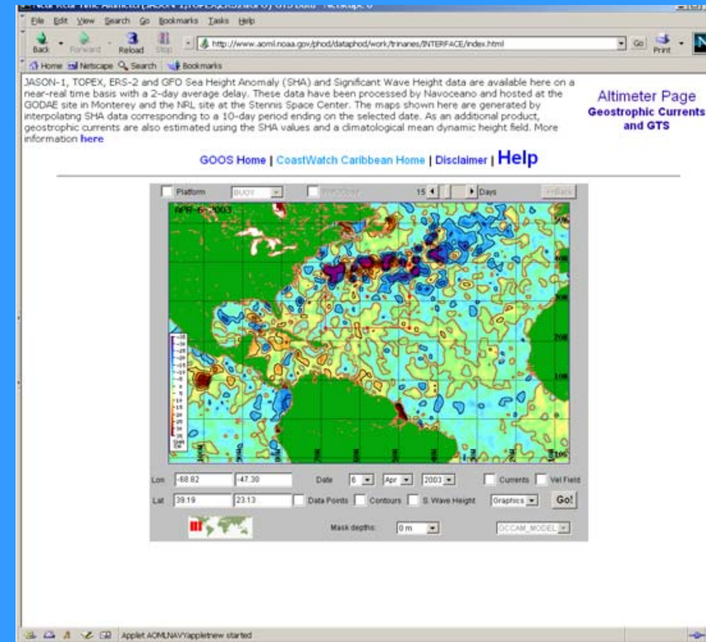




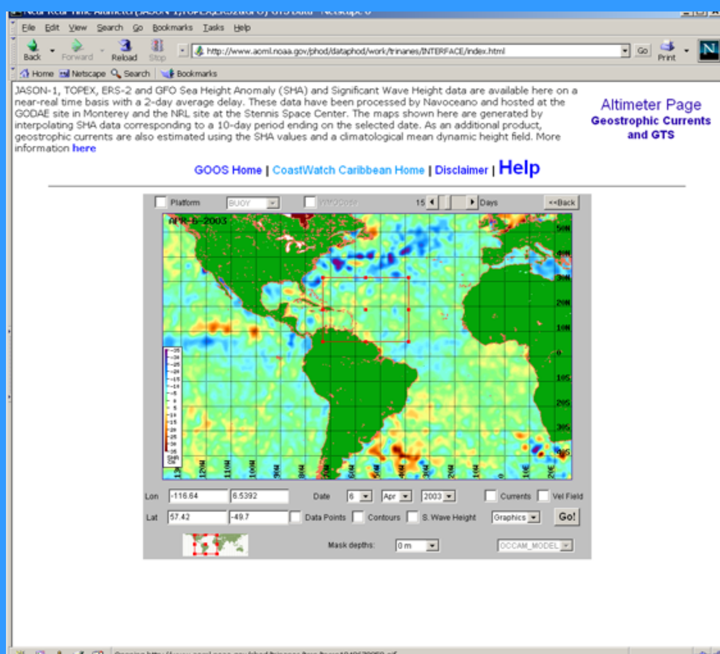
http://cwcaribbean.aoml.noaa.gov/



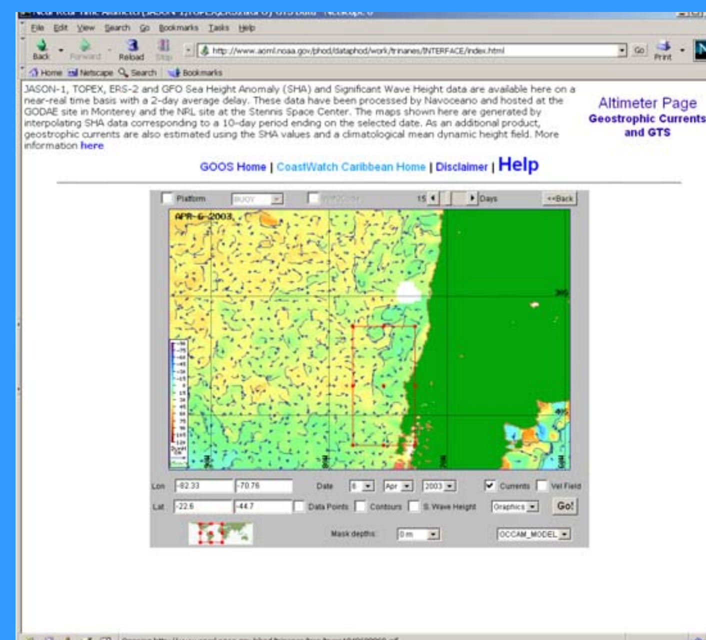
File Edit View Search Go Bookmarks Tasks Help
http://www.aoml.noaa.gov/phod/dataphod/work/trinanes/INTERFACE/index.html
JASON-1, TOPEX, ERS-2 and GFO Sea Height Anomaly (SHA) and Significant Wave Height data are available here on a near-real time basis with a 2-day average delay. These data have been processed by Navoceano and hosted at the GODAE site in Monterey and the NRL site at the Stennis Space Center. The maps shown here are generated by interpolating SHA data corresponding to a 10-day period ending on the selected date. As an additional product, geostrophic currents are also estimated using the SHA values and a climatological mean dynamic height field. More information here
Altimeter Page
Geostrophic Currents and GTS
GOOS Home | CoastWatch Caribbean Home | Disclaimer | Help
Platform
BUOY
Days
<<Back
APR-6-2003
Lon -60.99 -47.29
Lat -25.9 -48.1
Date 6 Apr 2003
Currents
Vel Field
Data Points
Contours
S. Wave Height
Graphics
Go!
Mask depths: 0 m
OCCAM_MODEL



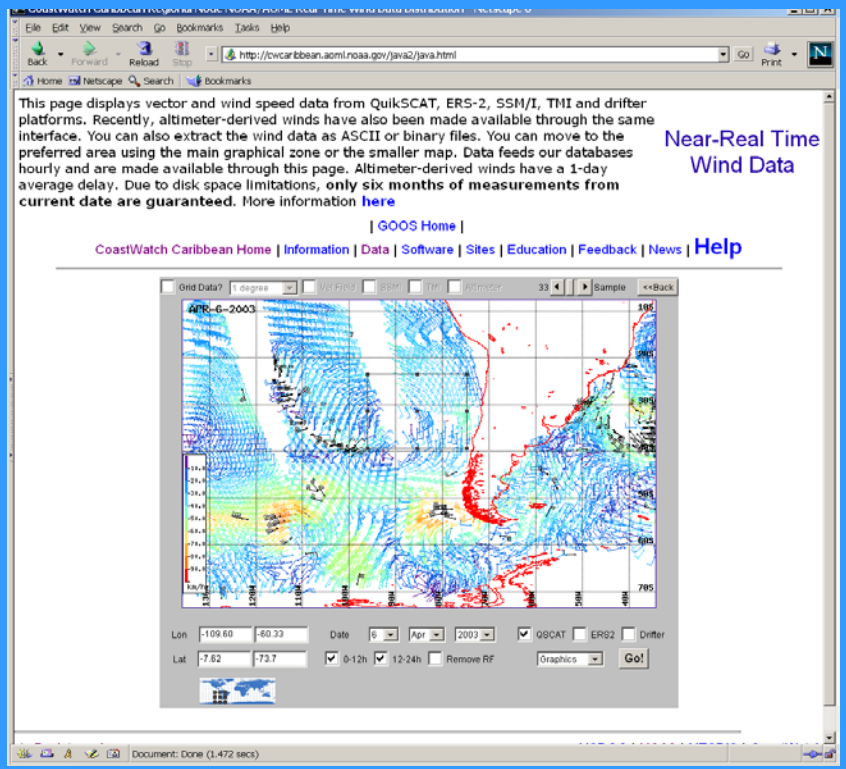
Altimeter Page
Geostrophic Currents and GTS
GOOS Home | CoastWatch Caribbean Home | Disclaimer | Help
APR-6-2003
Lon -68.82 -47.30
Lat 39.19 23.13
Date 6 Apr 2003
Go!
Applet AOMLNAVYapplet started

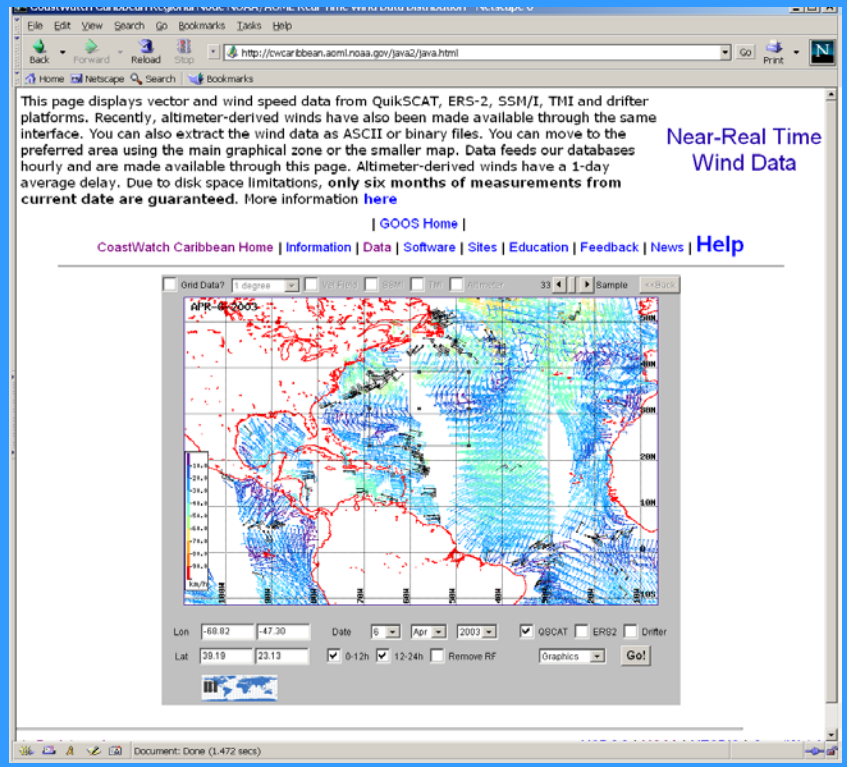


Altimeter Page
Geostrophic Currents and GTS
GOOS Home | CoastWatch Caribbean Home | Disclaimer | Help
APR-6-2003
Lon -116.64 6.5392
Lat 57.42 -49.7
Date 6 Apr 2003
Go!



Altimeter Page
Geostrophic Currents and GTS
GOOS Home | CoastWatch Caribbean Home | Disclaimer | Help
APR-6-2003
Lon -82.33 -70.76
Lat -22.6 -44.7
Date 6 Apr 2003
Go!


File Edit View Search Go Bookmarks Tasks Help
Back Forward Reload Stop
http://cwcaribbean.aoml.noaa.gov/java2/java.html
Go Print
Home Netscape Search Bookmarks
This page displays vector and wind speed data from QuikSCAT, ERS-2, SSM/I, TMI and drifter platforms. Recently, altimeter-derived winds have also been made available through the same interface. You can also extract the wind data as ASCII or binary files. You can move to the preferred area using the main graphical zone or the smaller map. Data feeds our databases hourly and are made available through this page. Altimeter-derived winds have a 1-day average delay. Due to disk space limitations, only six months of measurements from current date are guaranteed. More information here
Near-Real Time Wind Data
| GOOS Home |
CoastWatch Caribbean Home | Information | Data | Software | Sites | Education | Feedback | News | Help
Grid Data? 1 degree Vel Plot SSMI TMI Altimeter 33 Sample <<Back
APR-6-2003
Lon -109.60 -60.33 Date 6 Apr 2003 QSCAT ERS2 Drifter
Lat -7.62 -73.7 0-12h 12-24h Remove RF Graphics Go!
Document: Done (1.472 secs)


File Edit View Search Go Bookmarks Tasks Help
Back Forward Reload Stop
http://cwcaribbean.aoml.noaa.gov/java2/java.html
Go Print
Home Netscape Search Bookmarks
This page displays vector and wind speed data from QuikSCAT, ERS-2, SSM/I, TMI and drifter platforms. Recently, altimeter-derived winds have also been made available through the same interface. You can also extract the wind data as ASCII or binary files. You can move to the preferred area using the main graphical zone or the smaller map. Data feeds our databases hourly and are made available through this page. Altimeter-derived winds have a 1-day average delay. Due to disk space limitations, only six months of measurements from current date are guaranteed. More information here
Near-Real Time Wind Data
| GOOS Home |
CoastWatch Caribbean Home | Information | Data | Software | Sites | Education | Feedback | News | Help
Grid Data? 1 degree Vel Plot SSMI TMI Altimeter 33 Sample <<Back
Lon -68.02 -47.30 Date 6 Apr 2003 QSCAT ERS2 Drifter
Lat 30.19 23.13 0-12h 12-24h Remove RF Graphics Go!
Document: Done (1.472 secs)

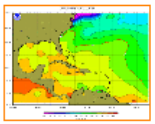
Altimetry and Hurricane Intensification - Microsoft Internet Explorer

File Edit View Favorites Tools Help

www.aoml.noaa.gov/phod/cyclone/data

Altimeter-derived Sea Height Anomaly Upper Layer Thickness, Sea Surface Temperature and Hurricane Heat Potential in the Western North Atlantic

Date: Jun 25 2001



- Altimetry and Hurricane Intensification
- Maps

- 2001 Hurricane Season
- Hurricane Advisories

- Gustavo Goni's Homepage
- NOAA/AOML/PHOD
- DAC Data Products
- HRD Home

Links

Altimetry

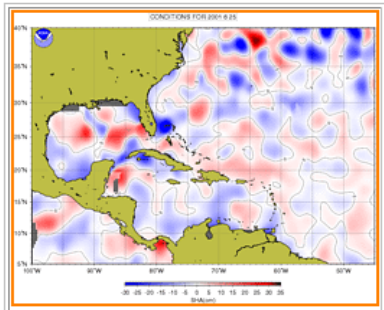
NOAA/NESDIS
NASA/JPL
AVISO
Univ. Colorado

Hurricanes

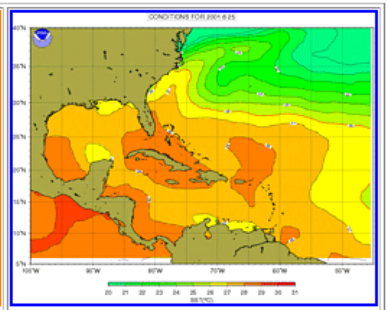
NOAA/AOML/HRD
FAQ: Hurricanes
NOAA/NWS
Univ. Miami
Unisys Weather

Altimetry & Hurricanes

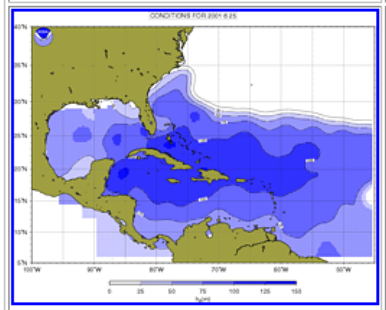
Univ. Colorado



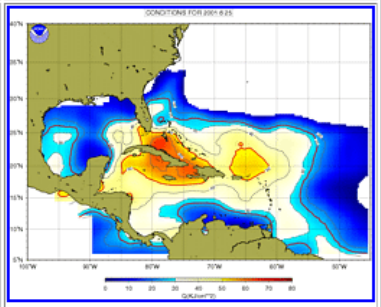
Sea Height Anomaly



Sea Surface Temperature



Upper Layer Thickness



Hurricane Heat Potential

Internet

Hands on Training

Estimar las condiciones oceanicas (anomalias de altura, temperatura de superficie, corrientes geostroficas) en el Oceano Pacifico Este afuera de Chile.

Observar la evolucion de las anomalias de altura de superficie del mar en el Oceano Pacifico ecuatorial y relacionarla con el fenomeno de El Nino.