

Near-Real Time Operational Ocean Products (MODIS)

Sergio Cerdeira
Gerardo López

Coordinación de Percepción Remota
Dirección de Geomática
Conabio



April 23, 2008 - Antena Chetumal: Use of remote sensing data for environmental and civil security applications in Mexico



Tópicos:

1. Sensor MODIS (Aqua y Terra).
2. Antenas de recepción satelital en México. Status de recepción.
3. Hardware y software de procesamiento de imágenes MODIS.
4. Esquemas de procesamiento de productos oceánicos.
5. Productos oceánicos obtenidos en la CONABIO en tiempo real. Algoritmos de procesamiento.
6. Publicación de los productos en la Web de Conabio.
7. Colaboraciones entre instituciones marinas.
8. Color del mar con ENVISAT-MERIS.



NASA

**Earth Observing System
EOS**

SATÉLITE TERRA

(EOS AM-1)

lanzado el 18 de diciembre de 1999

SATÉLITE AQUA

(EOS PM-1)

lanzado el 4 de mayo del 2002

MODIS

Moderate Resolution
Imaging Spectroradiometer

ASTER

The Advanced Spaceborne
Thermal Emission and
Reflection Radiometer

MODIS

Moderate Resolution
Imaging Spectroradiometer

Nocturnas: ~4:15GMT, ~6:00GMT

Diurnas: ~16:30GMT, ~18:00GMT

Nocturnas: ~7:00GMT, ~8:30GMT

Diurnas: ~19:30GMT, ~21:15GMT

Resolución Espacial: 2 bandas de 250 m, 5 bandas de 500 m, y 29 bandas de 1 km

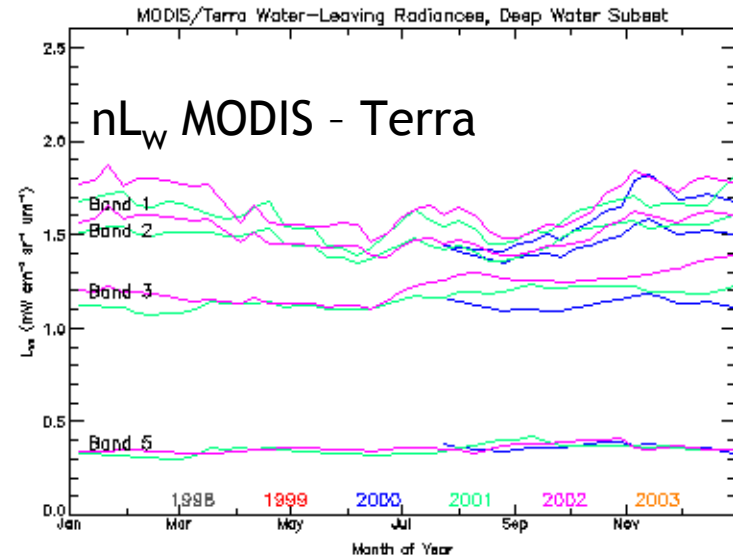
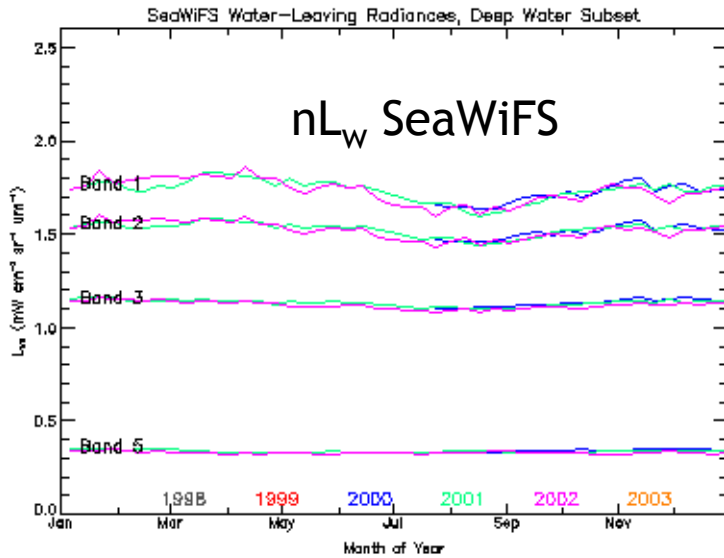
Resolución Radiométrica: 12 bits ($2^{12} = 4096$ niveles digitales)

Ancho de la cobertura: 2330 km



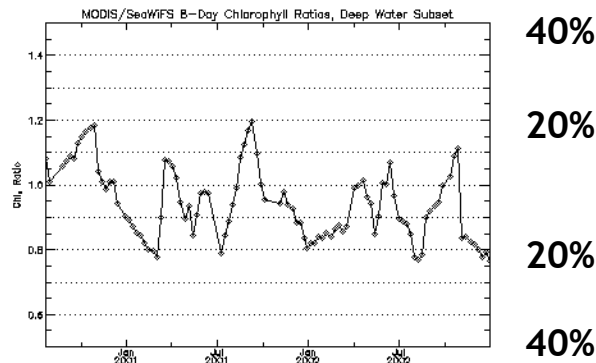
MODIS - Terra (Anomalía en el sensor)

- Inestabilidad temporal de los productos oceánicos.



- Diferencias significativas en comparación con datos SeaWiFS.

Chl-a ratios
MODIS-Terra / SeaWiFS



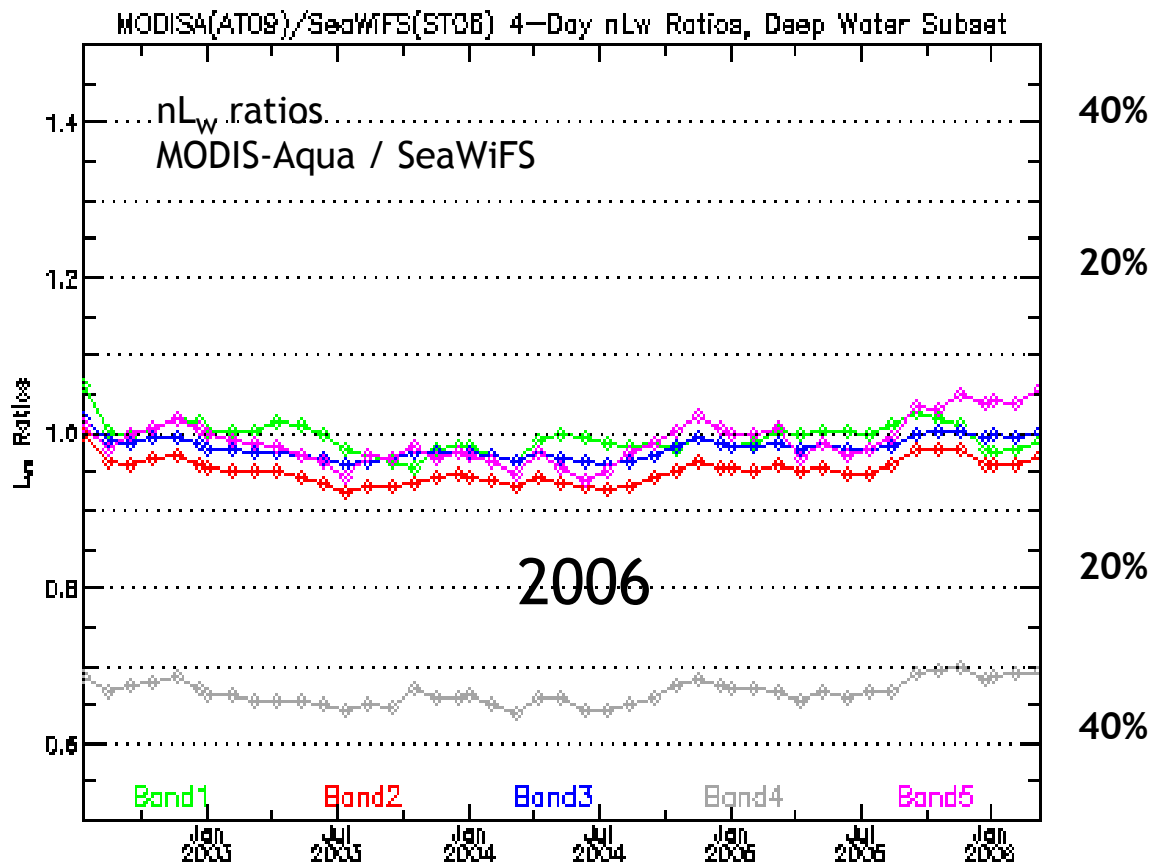
- NASA ha desahabilitado la generación de productos oceánicos del sensor MODIS-Terra. En su sitio Web solo publica SST para Terra.



MODIS - Aqua

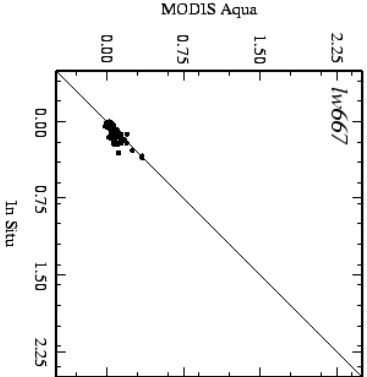
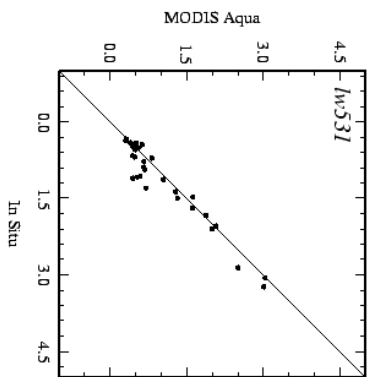
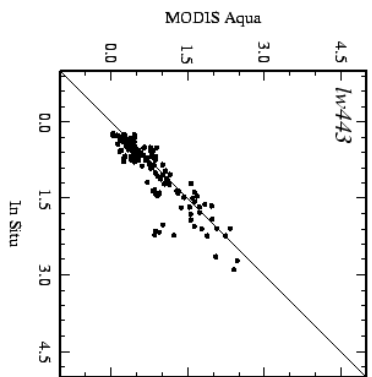
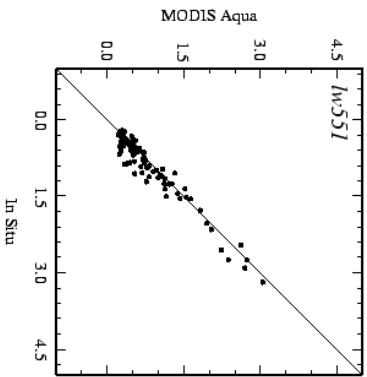
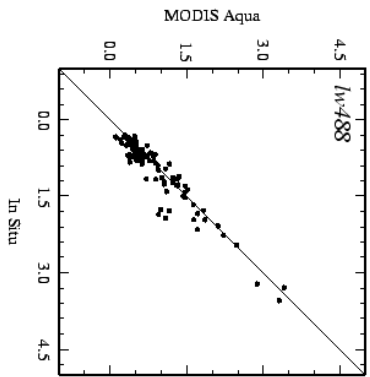
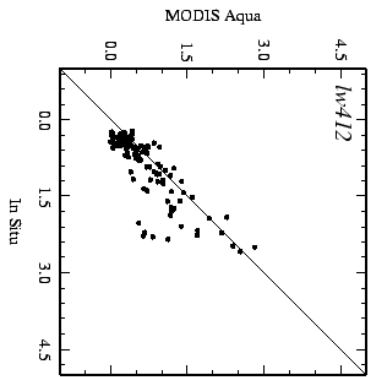
- No hay anomalías significativas comparadas con MODIS-Terra

Good



Good agreement with *in situ* measurements

MODIS - Aqua



Antenas de recepción en México de imágenes satélites en tiempo real



MODIS Direct-Broadcast X band systems
Antena en ECOSUR - Chetumal, Q.R.



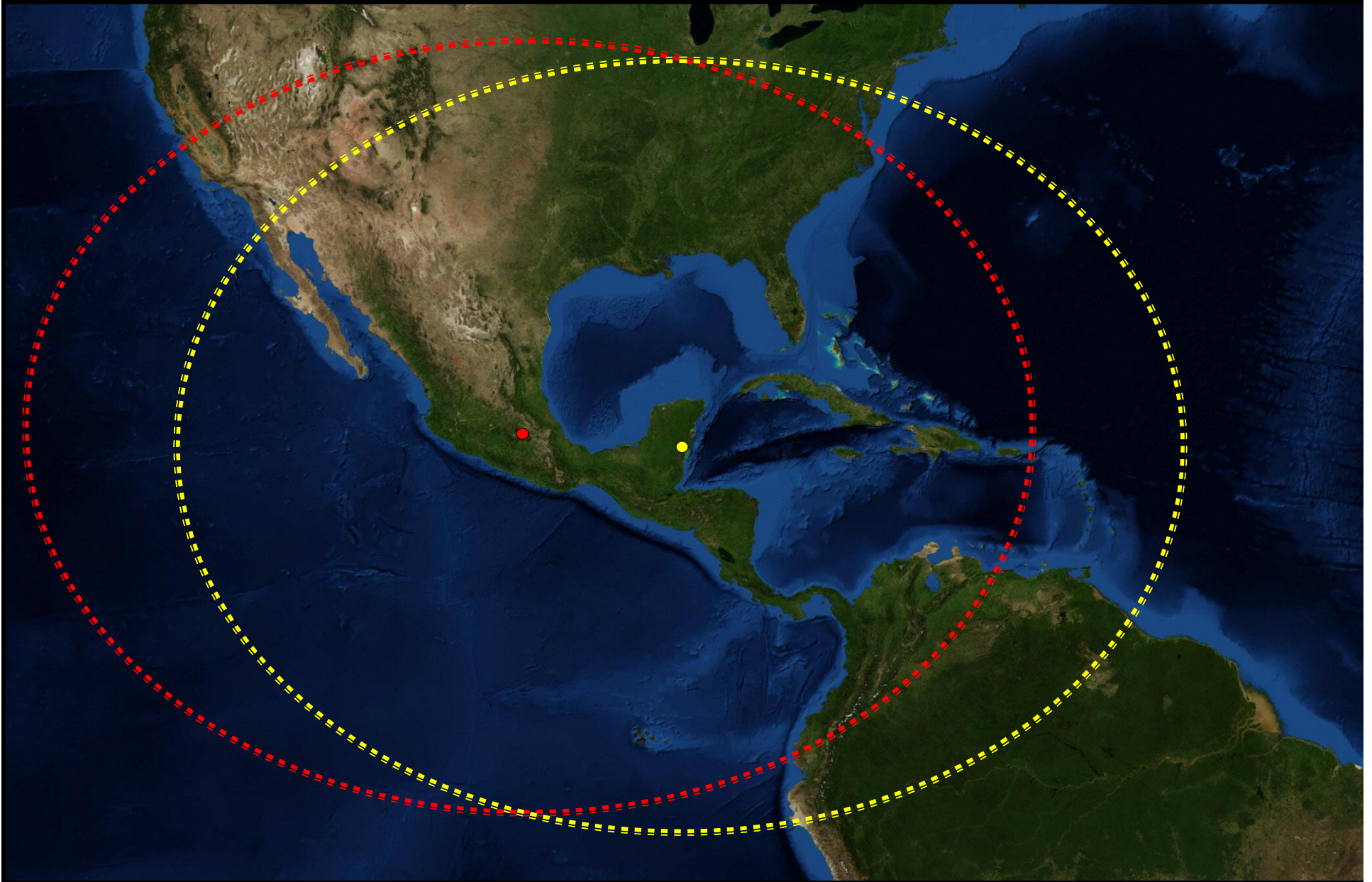
MODIS Direct-Broadcast X-L band systems
Antena en CONABIO, México D.F.



TeraScan Remote Sensing Software



COBERTURAS DE LAS ANTENAS DE RECEPCIÓN DE IMÁGENES DE SATÉLITE EN MÉXICO



Antena en CONABIO, México D.F.

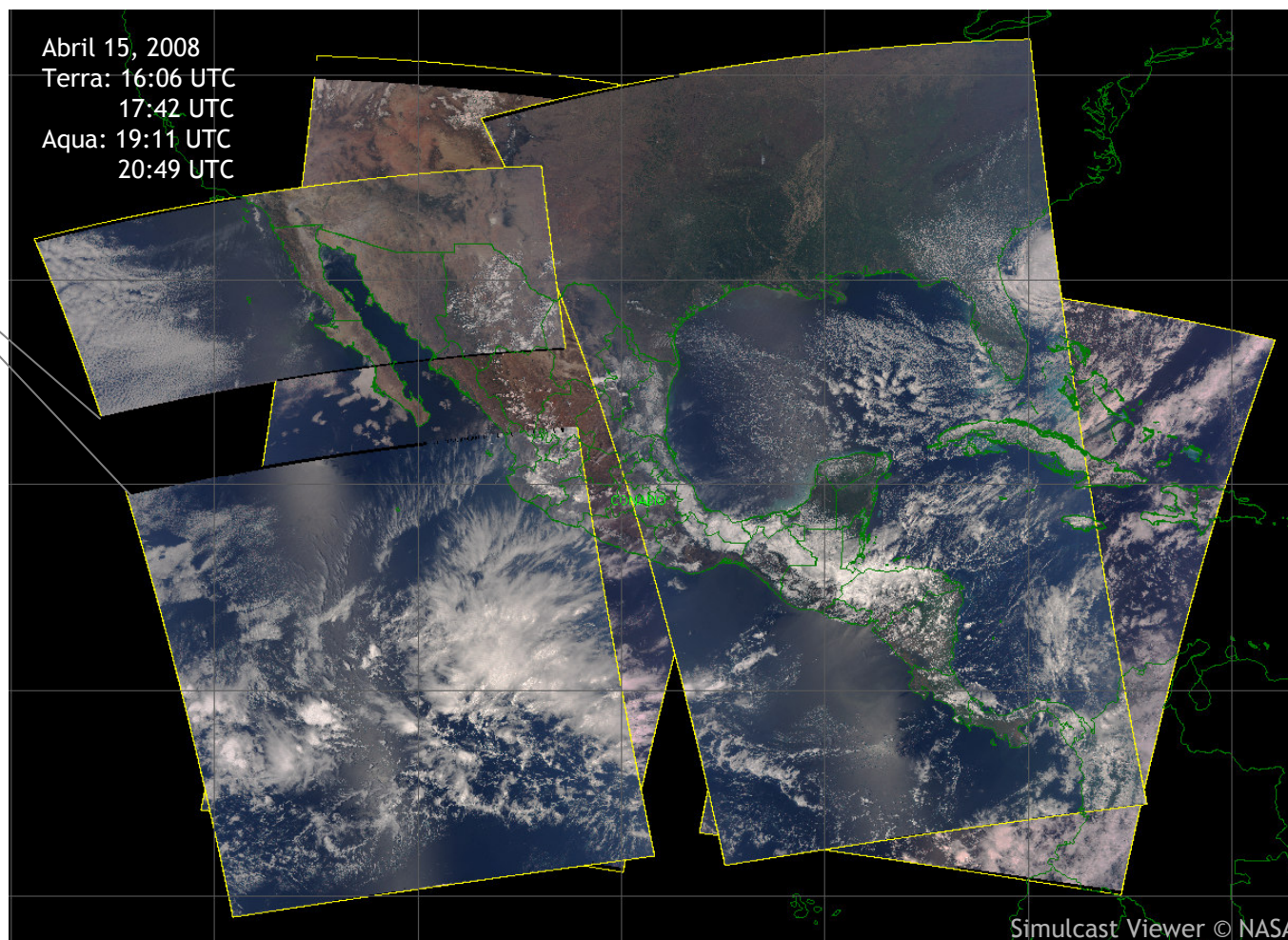


Antena en ECOSUR - Chetumal, Q.R.

COBERTURA DE MODIS (AQUA y TERRA) DESDE LA ANTENA DE CONABIO

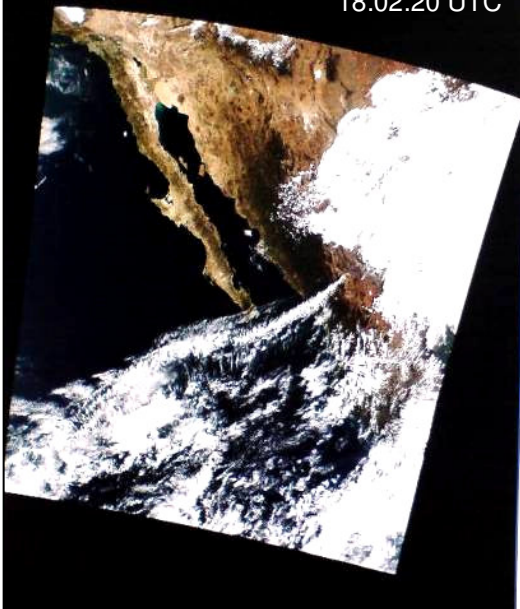


Zona sin cobertura
por la presencia de
un edificio.

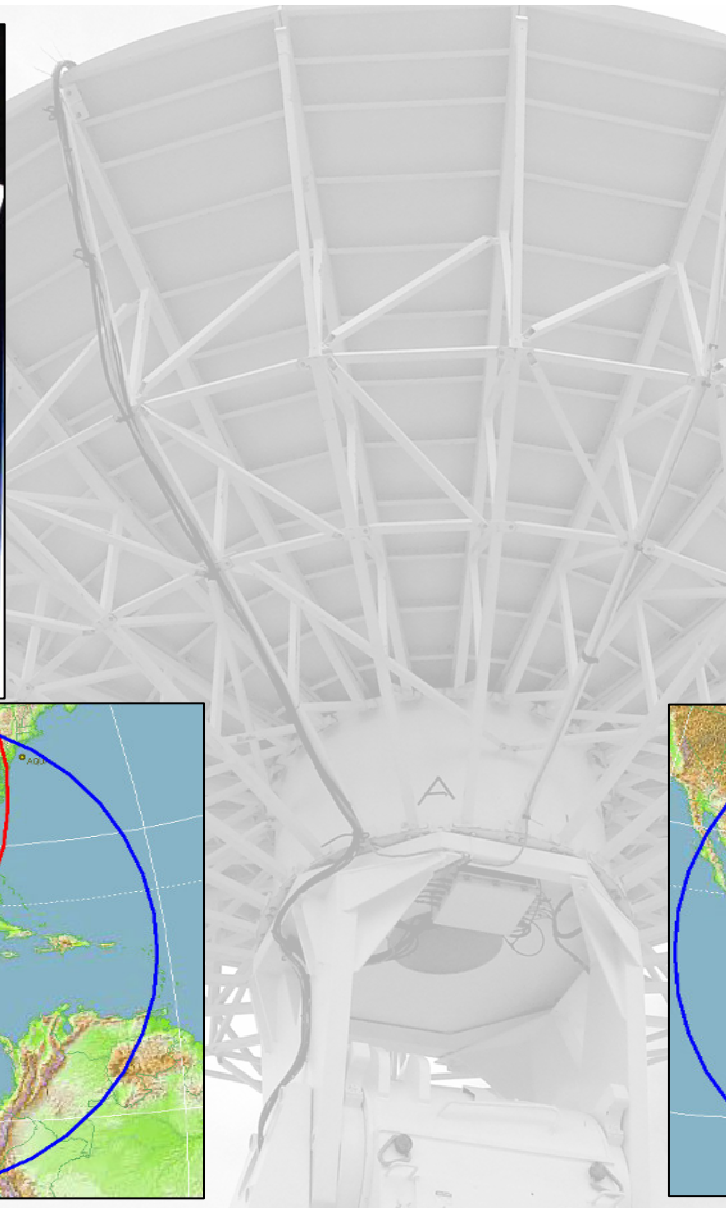


COBERTURA DE MODIS-TERRA DESDE LA ANTENA DE CHETUMAL

Enero 15, 2008
18:02:20 UTC




Febrero 21, 2008
15:05:05 UTC



HARDWARE PARA LA RECEPCIÓN Y PROCESAMIENTO DE MODIS EN CONABIO

Recepción y Almacenamiento




MODIS 1
Sistema de Almacenamiento en Cintas de DLTtape IV (80GB)
(Se almacenan hasta 50 pasos de MODIS)


Software Terascan (SeaSpace) para la recepción de imágenes MODIS crudas.

- Procesador Intel Pentium D 3.4 GHz
- 360 GB HDD
- 2GB RAM

Sistema Operativo: CentOS 4.4 (32 bits)



Procesamiento Actual




XITLE (Software SeaDAS 5.1.6)


- 2 Procesadores Intel Xeon Dual-Core 3.4 GHz
- 32GB RAM
- HDD 1.8 TB
- Sistema Operativo: CentOS 4.2 (32 bits)

MODIS 2 (Software SeaDAS 5.1.6)

- 2 Procesadores Intel Xeon Quad-Core 2.66 GHz
- 32 GB RAM
- Un arreglo de 6 HDD SCSI 300 GB a 15000 rpm (1.8 TB)
- Sistema Operativo: CentOS 4.1 (64 bits)



Procesamiento ~ Julio 2008




CLUSTER
12 nodos montados en 6 gabinetes y cada nodo tiene:

- 2 procesadores Intel Xeon Quad-Core E5430 a 2.66GHz, 12Mb caché, 1333 MHz.
- 4GB de Memoria RAM 667MHz DDR2 ECC Fully Buffered CL5 DIMM.
- 1 Disco Duro de 250GB Enterprise SATA 3Gb/s 16MB buffer 7200rpm 3.5".

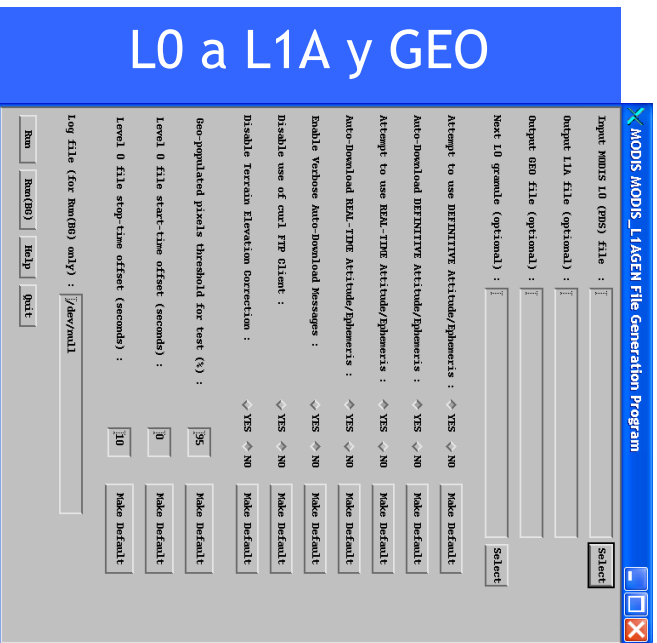
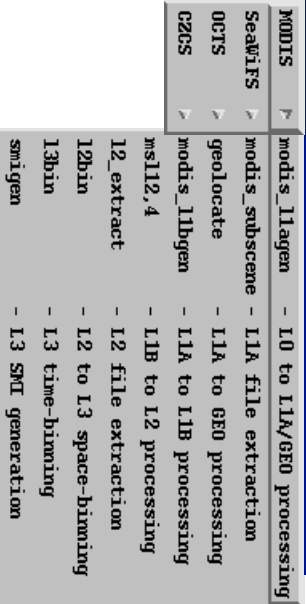
(Total actual: 98 Cores, 48GB RAM y 3TB HDD)

A su total capacidad podría utilizar hasta 96 procesadores, 48 GB RAM y 3 TB HDD.
Sistema Operativo: CentOS 5.1 (64 bits)





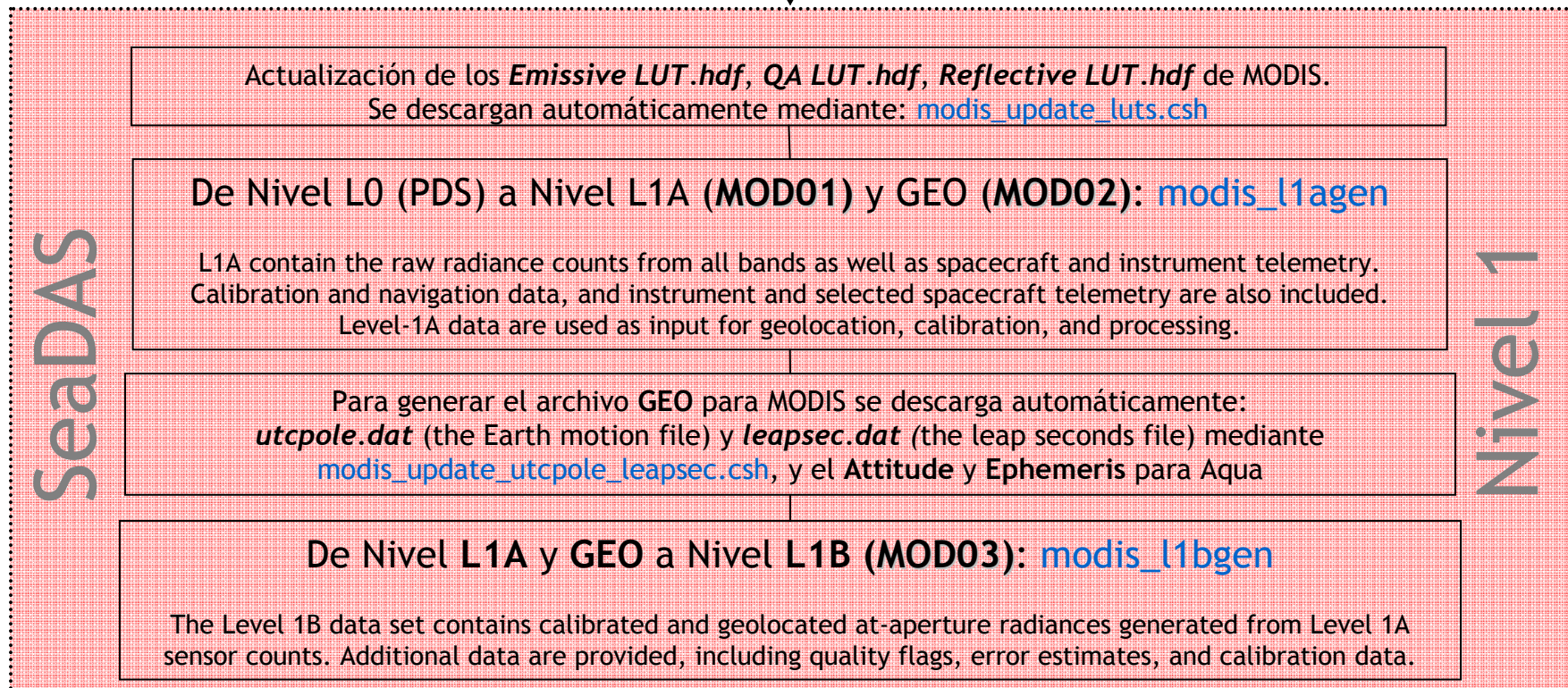
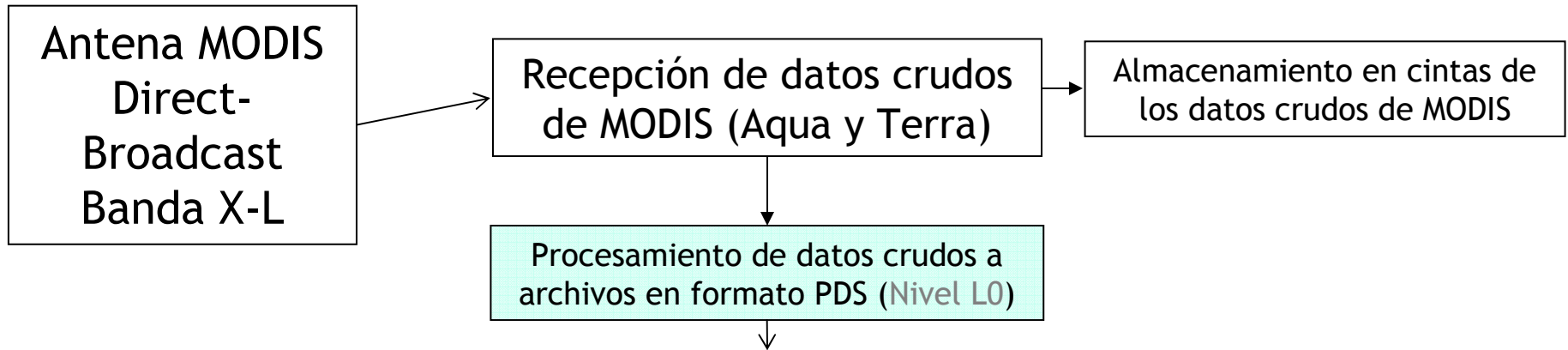

SeADAS (SeaWiFS Data Analysis System)



Software

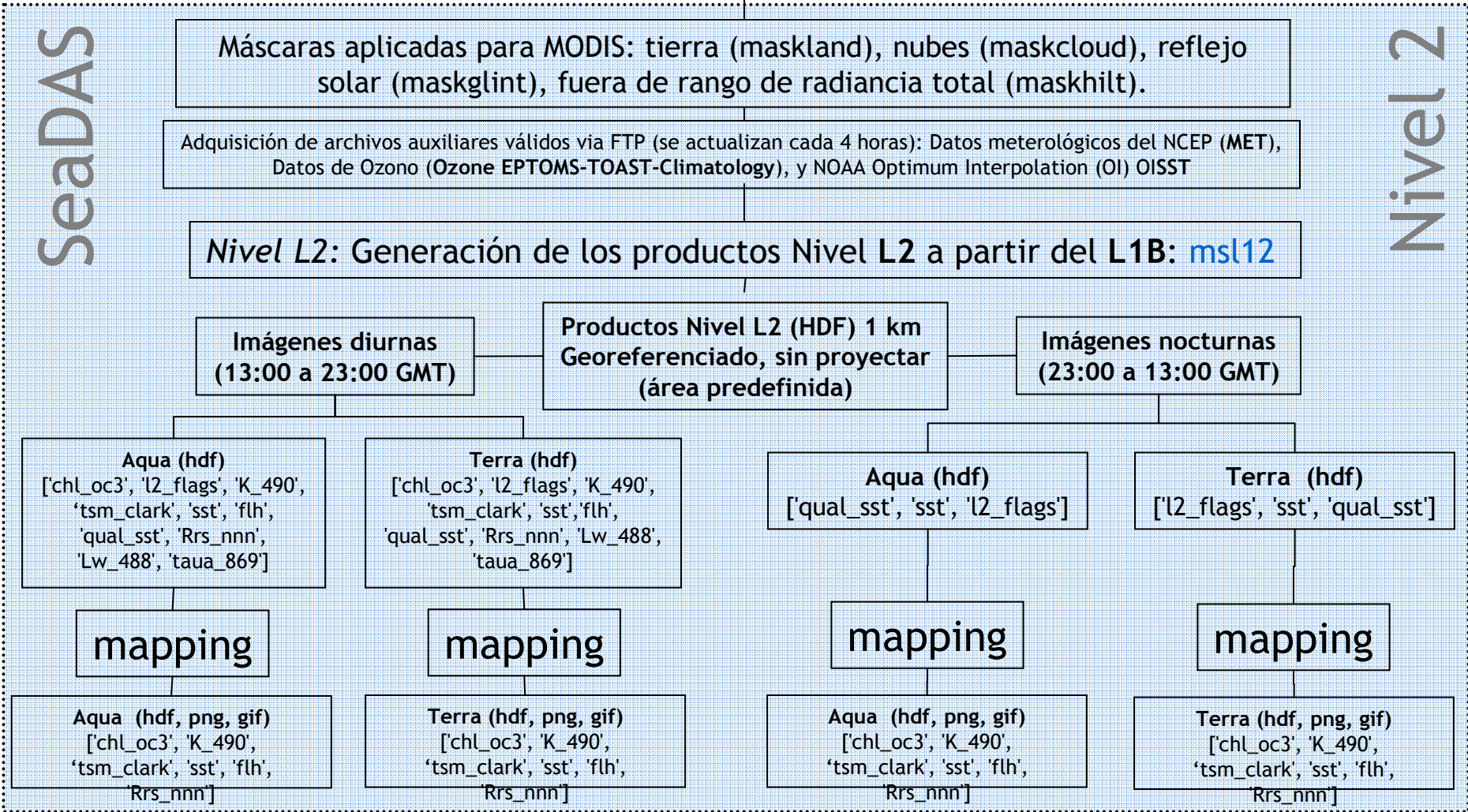


Procesamiento en tiempo cuasi-real de productos oceánicos de MODIS (Aqua/Terra) en Conabio usando líneas de comandos de SeaDAS 5.1.6 (CentOS 4.2 / 32 bits)



Procesamiento en tiempo cuasi-real de productos oceánicos (Cont.)

Archivos MODIS - MOD03 - Nivel L1B



Reprocesamiento final de los productos L2 (por update Ozono)



Productos oceánicos diarios MODIS (1 km) procesados con SeaDAS en tiempo cuasi-real y proyectados

Color del Océano (HDF - PNG - GIF) (Imágenes diurnas de Terra y Aqua)

Chl-OC3 - Chlorophyll-a Pigment concentration, OC3 Algorithm [$\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$] - **MOD21**

Flh - Chlorophyll Fluorescence line height [$\text{mW cm}^{-2} \mu\text{m}^{-1} \text{sr}^{-1}$]- **MOD20**

TSM_Clark - Total Suspended Matter concentration [mg/l] (sólidos suspendidos) - **MOD23**

K490 - Diffuse attenuation coefficient at 488 nm [m^{-1}] - **MOD26**

Sea Surface Temperature (SST) [$^{\circ}\text{C}$] - **MOD28** (HDF-PNG-GIF) (Imágenes nocturnas de Terra y Aqua)

SST4 (short-wave IR) - 4micron (night time only) Algorithms (Bands 20, 22 and 23)

SST (long-wave or thermal IR) - 11micron (day-night time) Algorithms (Bands 31 and 32)

Remote Sensing Reflectance (HDF) (Imágenes diurnas de Terra y Aqua)

Rrs_443

Rrs_488

Rrs_551

Próximamente los productos serán publicados en el sitio Web de Conabio



Área de cobertura de los productos oceánicos de MODIS-Conabio



Esquina superior izquierda [LonLim W _ LatLim N]	Esquina inferior derecha [LonLim W _ LatLim N]	Center Lat. / Center Long. [Proyección]	Tamaño de la ventana [Píxeles]	Resolución espacial del píxel [km]
-120.0 33.0	-72.0 3.0	3.0 -96.0 [Cónica Conforme de Lambert] Standard Parallels: 8 ° & 28 °	5333 x 3333	1 x 1



Bandas del MODIS - Color del Mar

Primary use	Band #	Key used	Description	Range (reflected) [μm]
Ocean Color/ Phytoplankton/ Biogeochemistry Pixel size = 1 km	8	Chlorophyll	Visible	0.405 – 0.420
	9	Chlorophyll	Blue	0.438 – 0.448
	10	Chlorophyll	Visible	0.483 – 0.493
	11	Chlorophyll	Green	0.526 – 0.536
	12	Sediments	Green	0.546 – 0.556
	13	Atmosphere, Sediments	Red	0.662 – 0.672
	14	Chlorophyll Fluorescence	Red	0.673 – 0.683
	15	Aerosol Properties	Near Infra-Red	0.743 – 0.753
	16	Aerosol Properties, Atmospheric Properties	Near Infra-Red	0.862 – 0.877



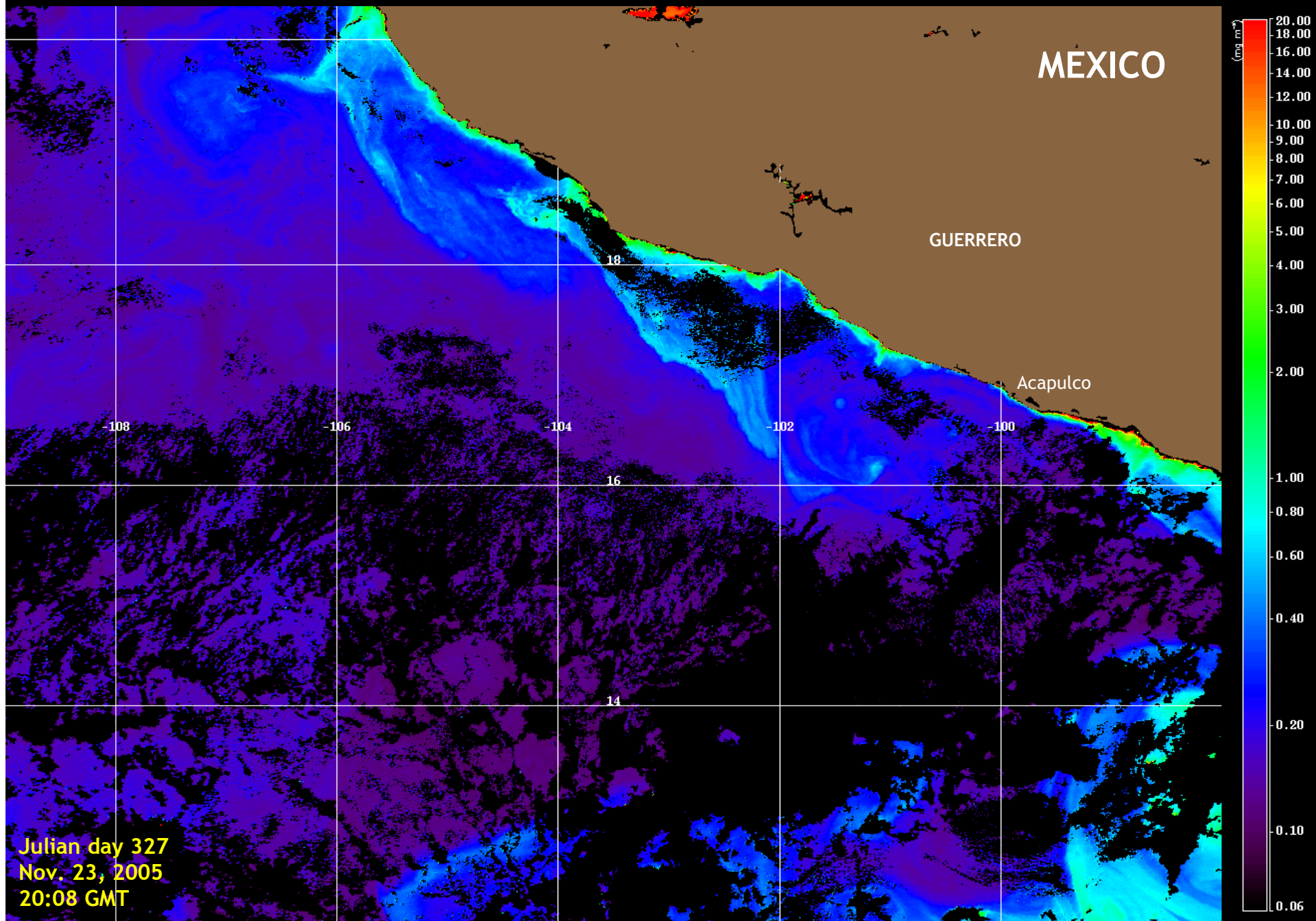
MOD19 - MODIS Chlorophyll-a Pigment Concentration Algorithm (OC3) [mg.m⁻³]

$$C_a = 10^{0.283 - 2.753R + 1.457R^2 + 0.659R^3 - 1.403R^4}, \text{ where } R = \log_{10} \left(\frac{R_{rs443} > R_{rs488}}{R_{rs551}} \right)$$

La presencia de clorofila en el mar es índice del nivel fundamental de productividad biológica y en consecuencia, un indicador de áreas biológicamente ricas y potencialmente pesqueras.



MODIS - Aqua chl_oc3: Chlorophyll-a concentration, OC3 algorithm



Coeficiente de atenuación difusa K490 en la banda 10 del MODIS (488 nm)

(Muller 2000 and Smith and Baker 1981)

Indica la turbidez de la columna de agua, es decir, cuanta luz del visible (azul-verde) penetra dentro de la columna de agua. Está directamente relacionado con la presencia de partículas en la columna de agua.

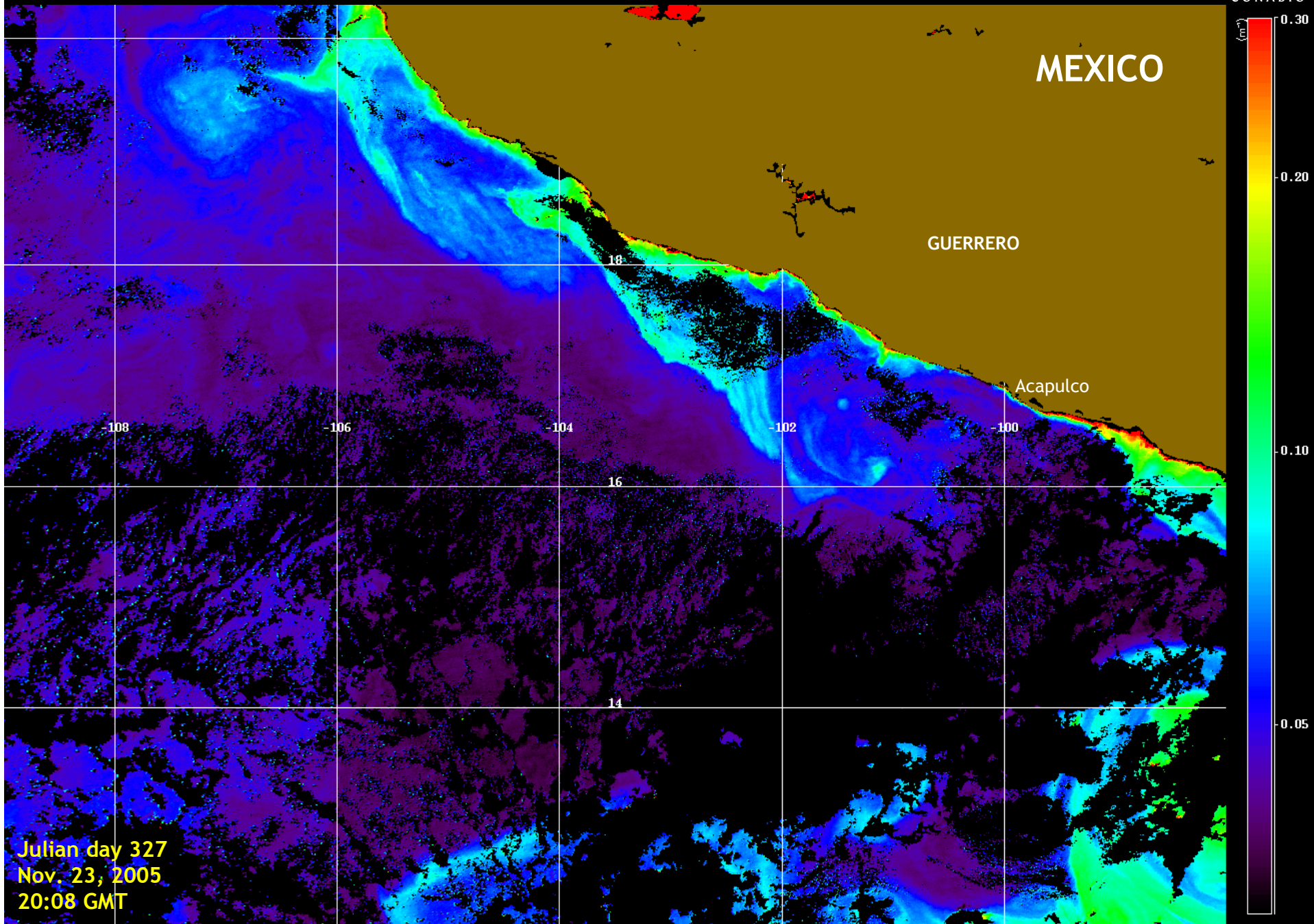
Para su determinación se necesita el coeficiente de atenuación difusa para el agua pura, que es igual a 0.016 m^{-1} , al igual que las relaciones entre las bandas 488/490 y 551/555.

$$K(490) = K_w(490) + A \left[\frac{L_W(\lambda_1)}{L_W(\lambda_2)} \right]^B$$

El coeficiente $A=0.15645$ y $B=-1.5401$



MODIS - Aqua K490 Diffuse attenuation coefficient at 488nm [m⁻¹]



MEXICO

GUERRERO

Acapulco

-108

-106

-104

-102

-100

18

16

14

0.30

0.20

0.10

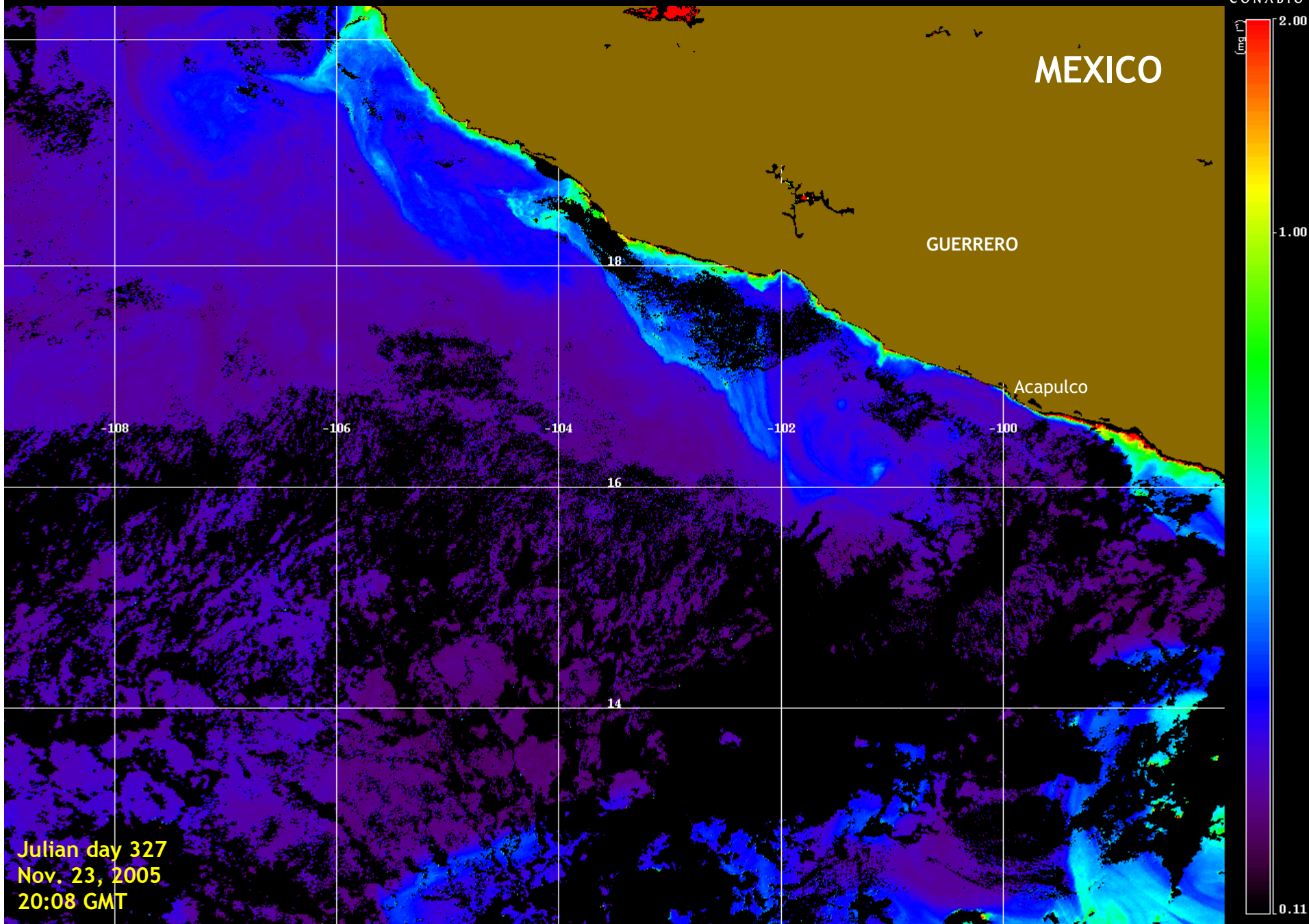
0.05

Julian day 327
Nov. 23, 2005
20:08 GMT

MODIS - Aqua TSM: Total Suspended Matter [mg/l]



CONABIO



$R_{rs}(\lambda)$: Remote sensing reflectance

Es el estándar utilizado como entrada a los muchos de los algoritmos que generan productos. Se calcula como:

$$R_{rs}(\lambda) = L_w(\lambda) / E_d(\lambda, 0^+)$$

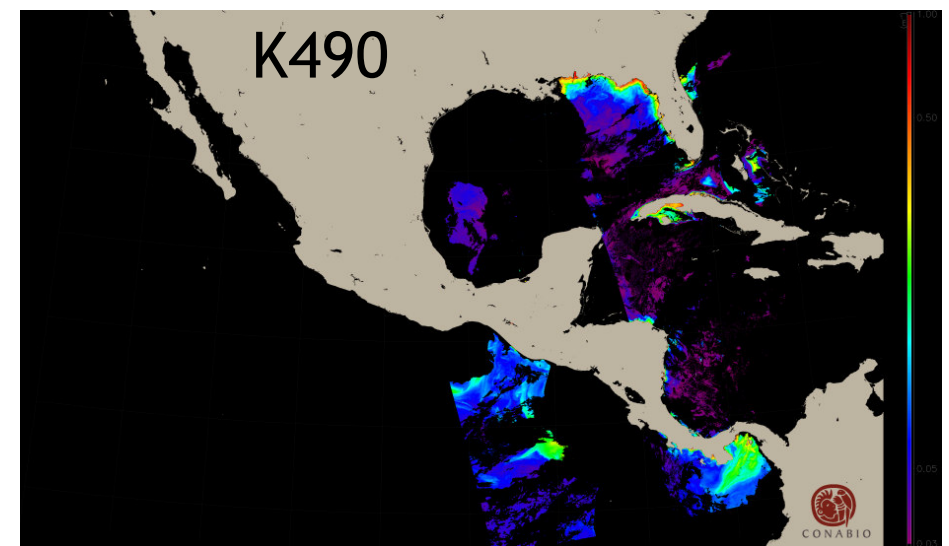
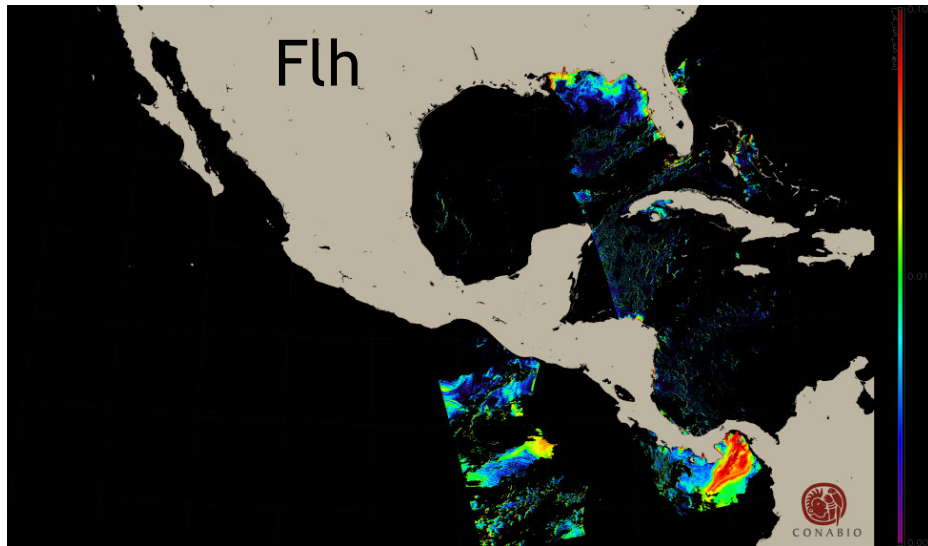
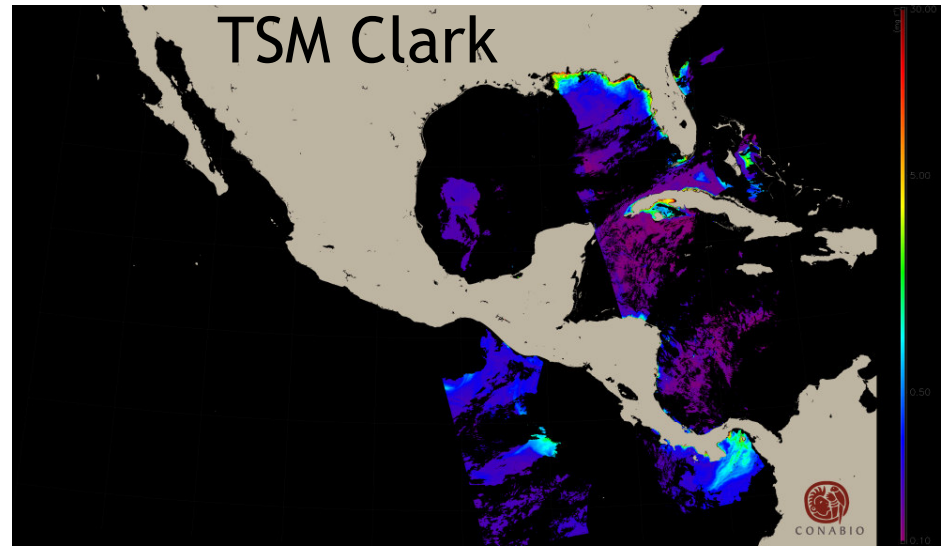
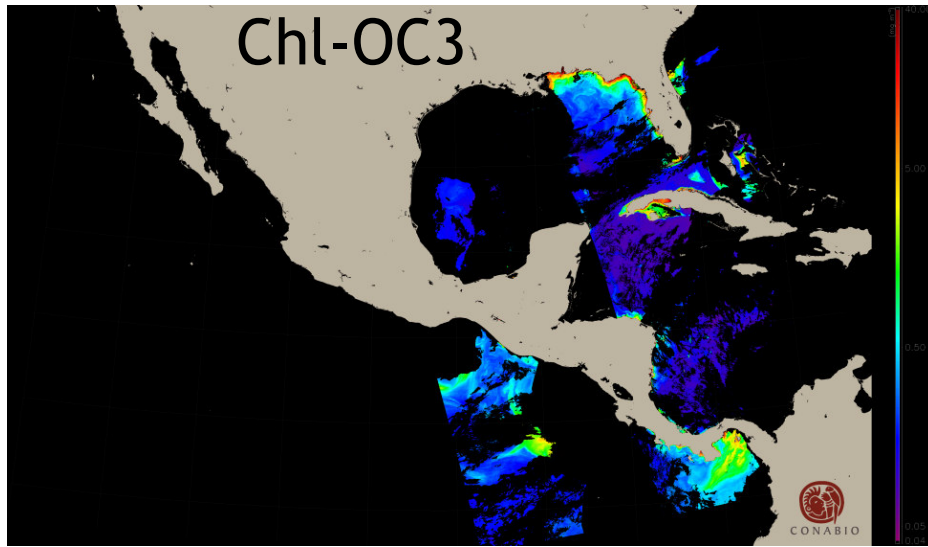
$R_{rs}(\lambda)$ is defined as the water-leaving radiance, $L_w(\lambda)$, divided by the downwelling irradiance just above the sea surface, $E_d(\lambda, 0^+)$.

Water-Leaving Radiance, $L_w(\lambda)$ [$\text{mW cm}^{-2} \mu\text{m}^{-1} \text{sr}^{-1}$] - MOD 18

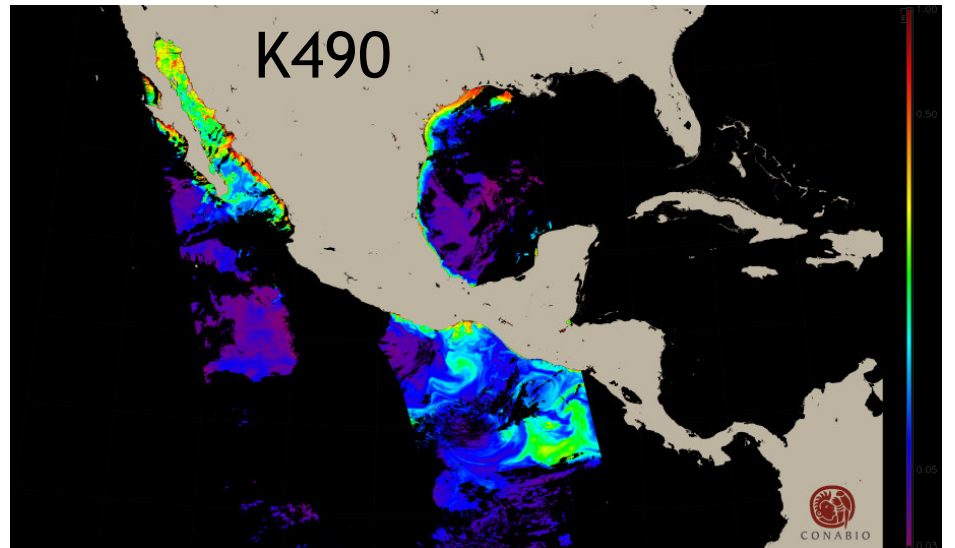
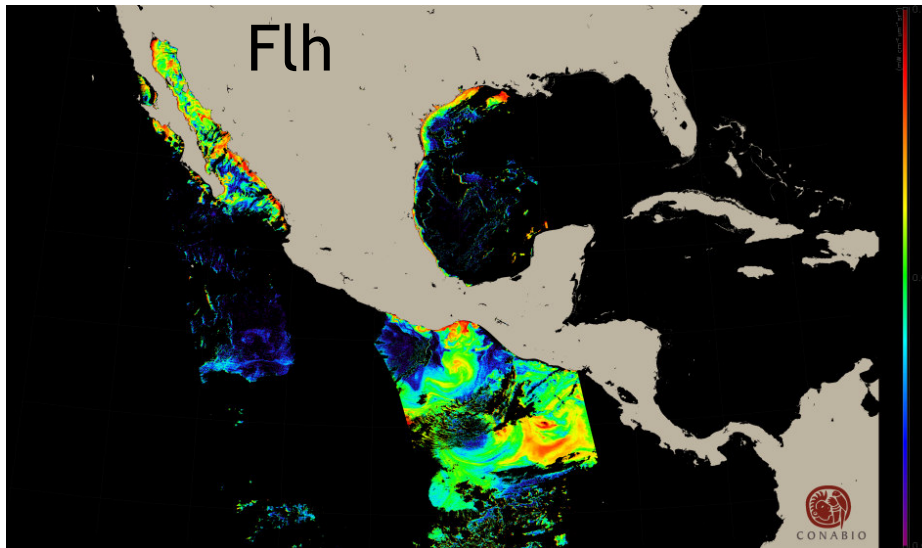
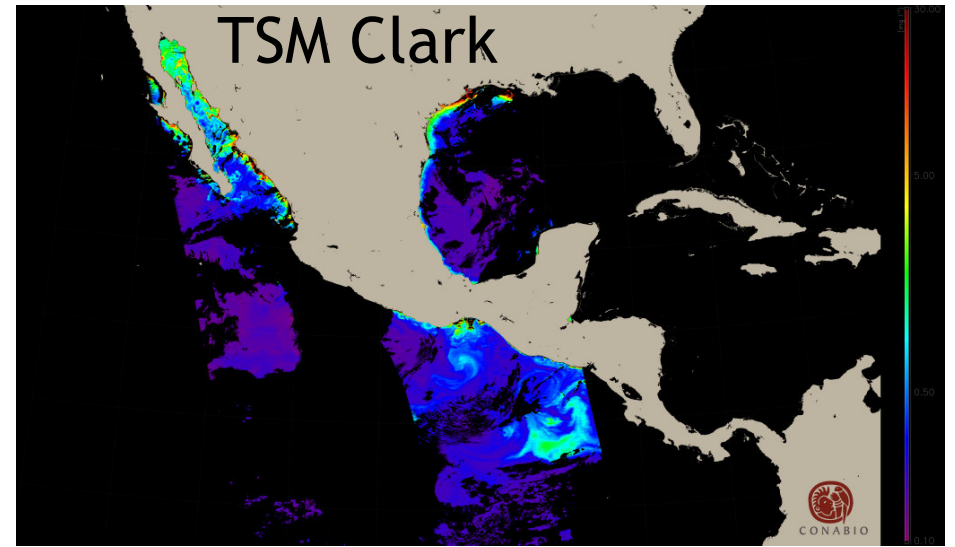
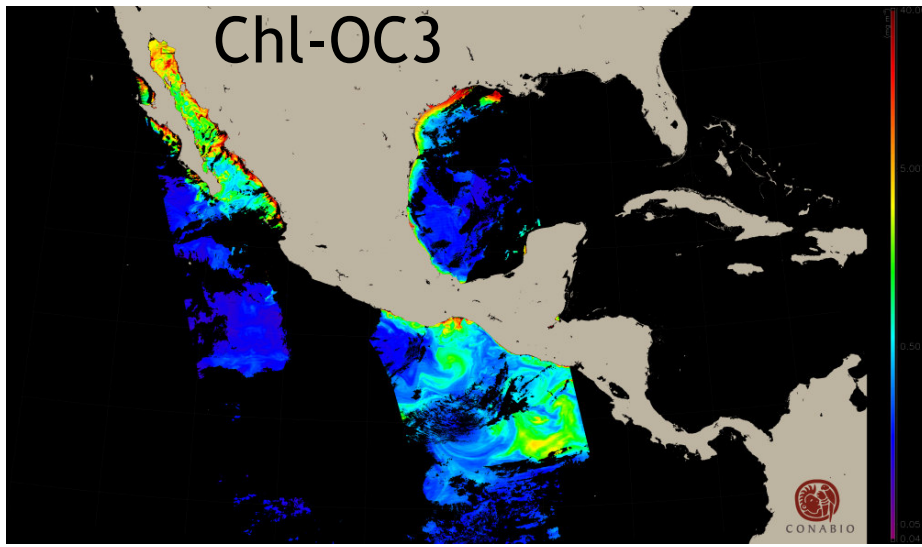
Son radiancias subsuperficiales que son reflejadas desde el océano hacia la interface tierra-aire.



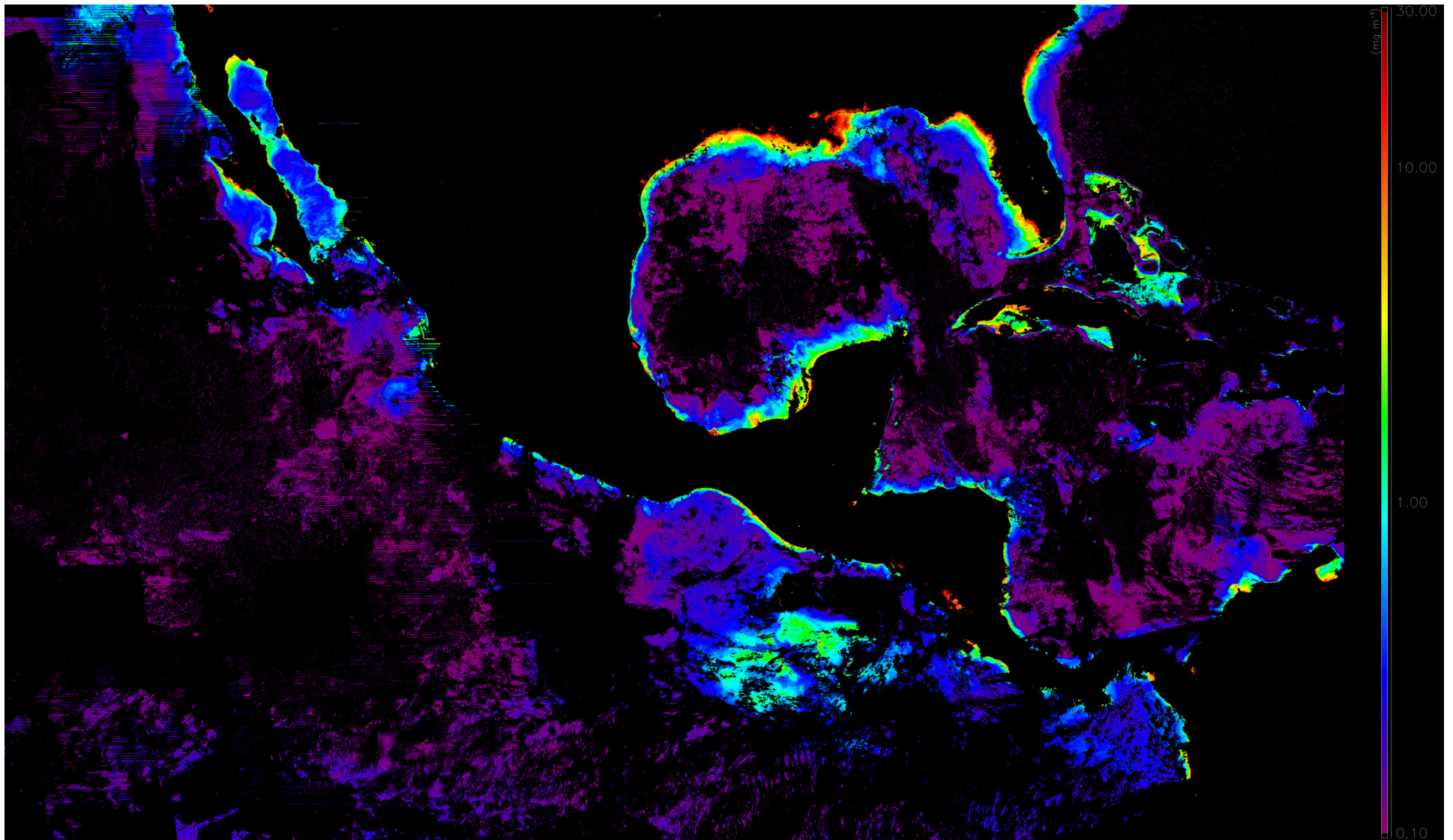
MODIS/Aqua - Marzo 23, 2008 - 19:05 UTC



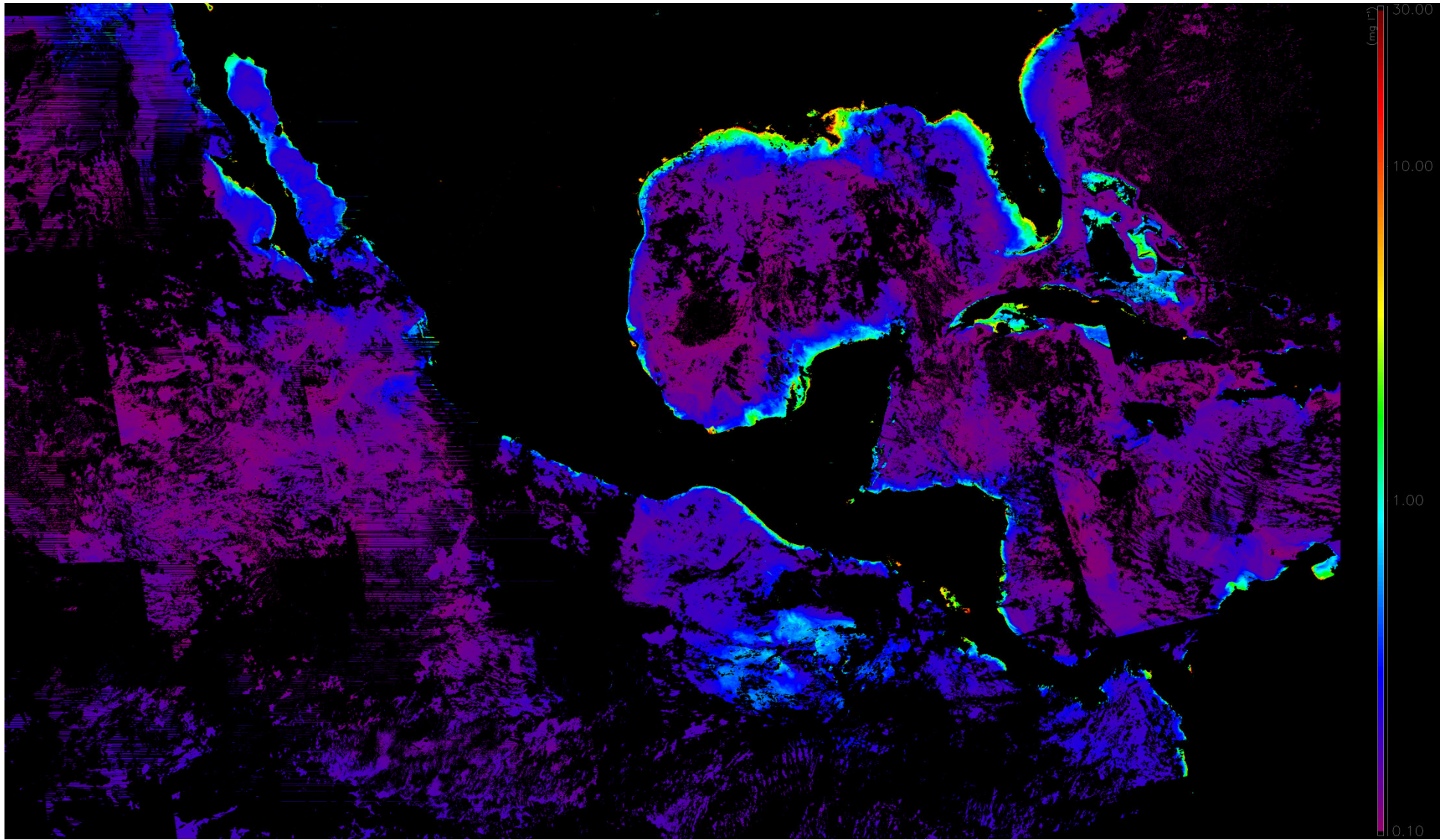
MODIS/Aqua - Marzo 22, 2008 - 19:59 UTC



Composite Chla-OC3 (1km) Agosto 19-28, 2007



Composite TSM_Clark (1km) Agosto 19-21, 2007



Bandas del MODIS utilizadas para determinar la Temperatura Superficial del Mar (SST)

Primary use	Band #	Key use	Description	Range (emitted) [μm]
Surface/Cloud Temperature Pixel size = 1 km	20	Sea Surface Temperature	Thermal Infrared-Red	3.660 – 3.840
	22	Cloud Temperature, Surface Temperature	Thermal Infrared-Red	3.929 – 3.989
	23	Cloud Temperature, Surface Temperature	Thermal Infrared-Red	4.020 – 4.080
Surface/Cloud Temperature Pixel size = 1 km	31	Cloud Temperature, Forest Fires & Volcanoes, Surface Temp.	Thermal Infrared-Red	10.780 – 11.280
	32	Cloud Height, Forest Fires & Volcanoes, Surface Temperature	Thermal Infrared-Red	11.770 – 12.270

Constituye un indicador del stress de corto plazo que pudieran afectar el arrecife coralino

Su análisis permite evaluar el impacto del cambio climático.



SST4 (short-wave) and SST (long-wave) Algorithms

SST4 (short-wave): Sea Surface Temperature - 4micron (night time only)

$$\text{MID - SST4 [C]} = a + b * \text{BT} + c * \text{dBT} + d * \text{dBT} * (\sec(\theta) - 1)$$

BT22	dBT2223	const	b(BT)	c(dBT)	d(sec)
		-0.25	1.0	1.35	0.0

Note: No satellite zenith angle term

SST (long-wave): Sea Surface Temperature - 11micron

$$\text{Thermal-IR SST} = c1 + c2 * \text{B31} + c3 * \text{B3132} * \text{refsst} + c4 * \text{secterm}$$

Coefficients c1, c2, c3 and c4

are respectively 1.4526 0.976 0.126 1.683 if B3132 <=0.7

and 2.8978 0.891 0.125 1.109 if B3132 > 0.7.

Where: B22 = Band 22 brightness temperature (Bt)

B2223 = Band 22 - Band 23 Bt difference

B31 = Band 31 Bt

B3132 = Band 31 - Band 32 Bt difference

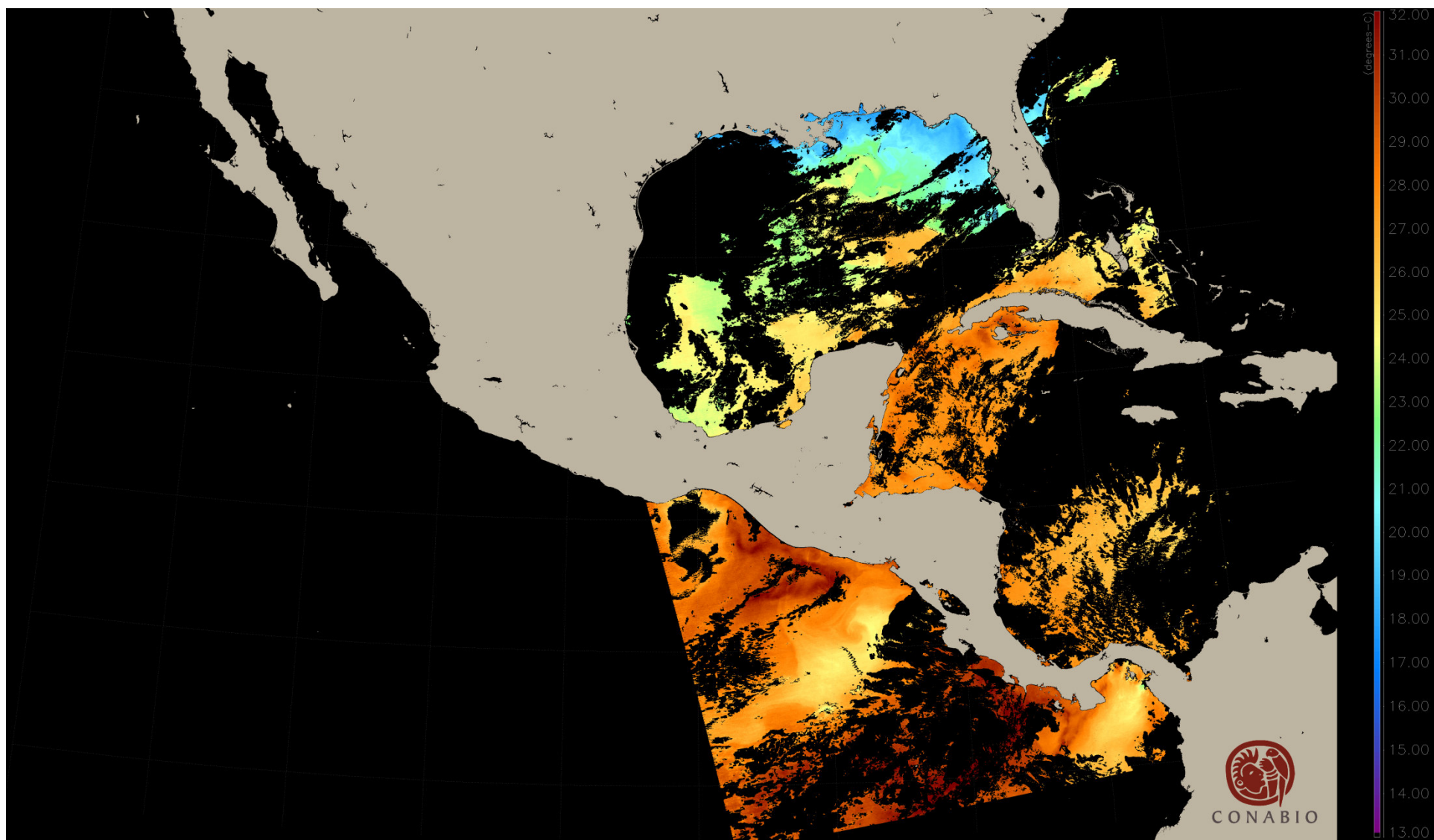
refsst = Reynolds SST reference field (day), SST4(night)

secterm = (sec(theta) -1) * B3132

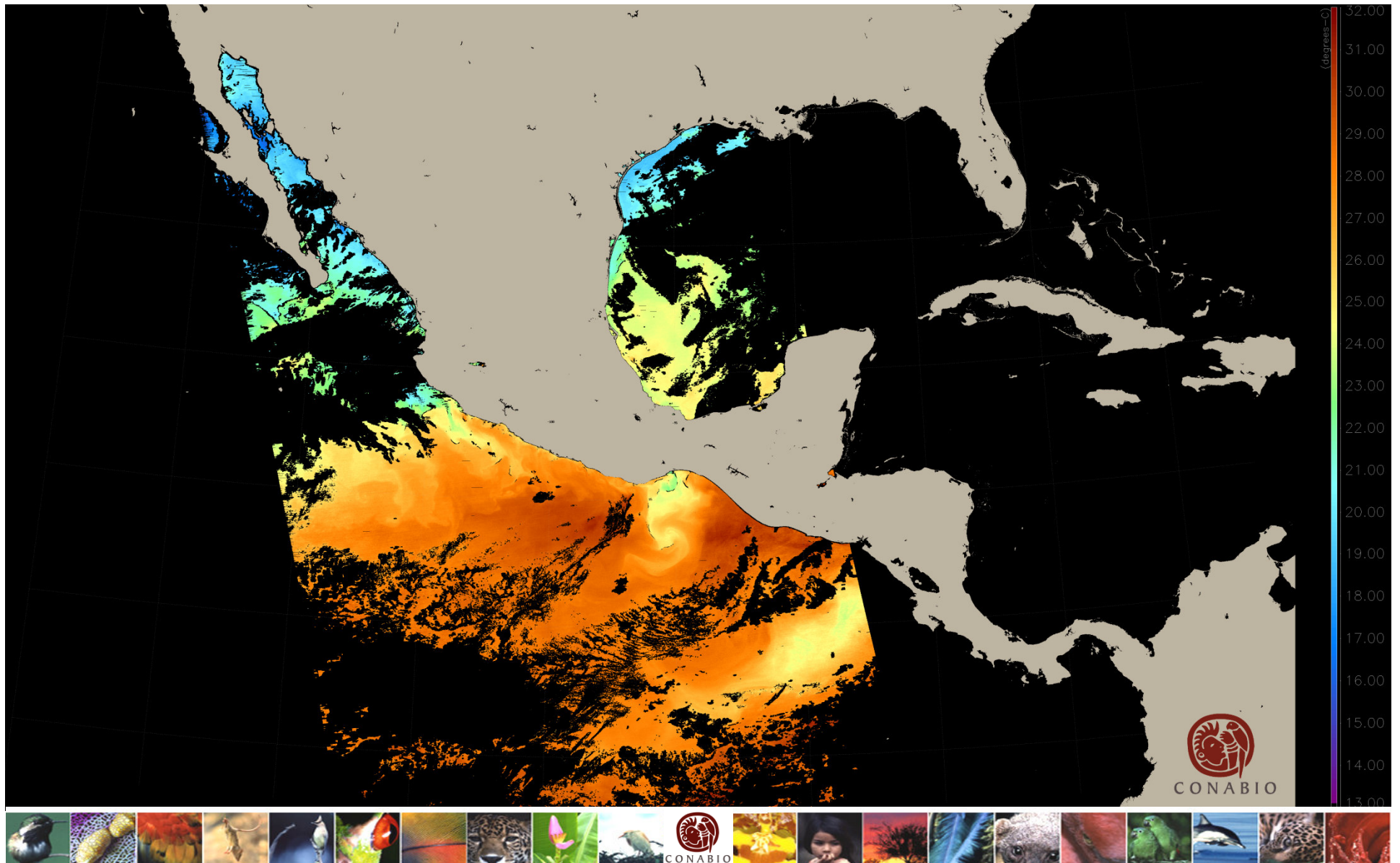
(Band 22 has failed and noisy detectors)



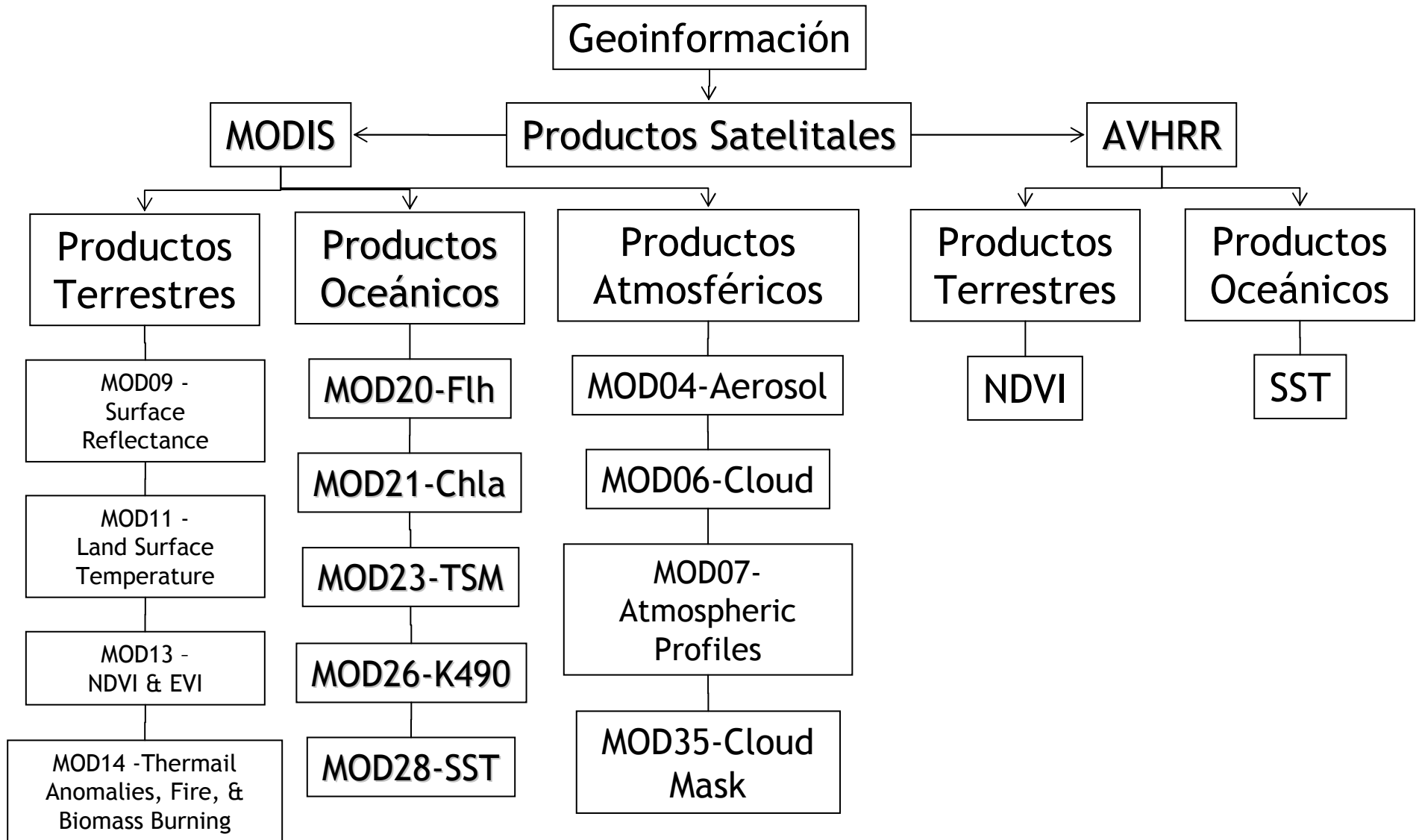
MODIS/Aqua - Marzo 23, 2008 - 19:05 UTC
SST



MODIS/Aqua - Marzo 22, 2008 - 19:59 UTC SST



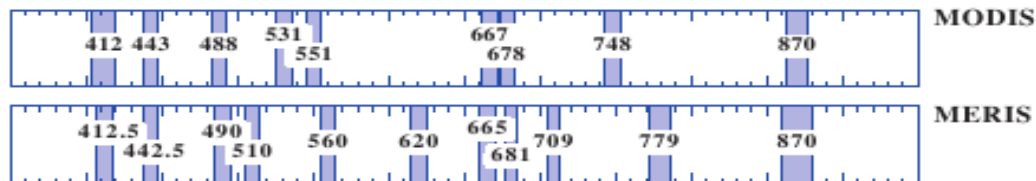
Publicación en el sitio Web de Conabio de productos satelitales en tiempo cuasi-real



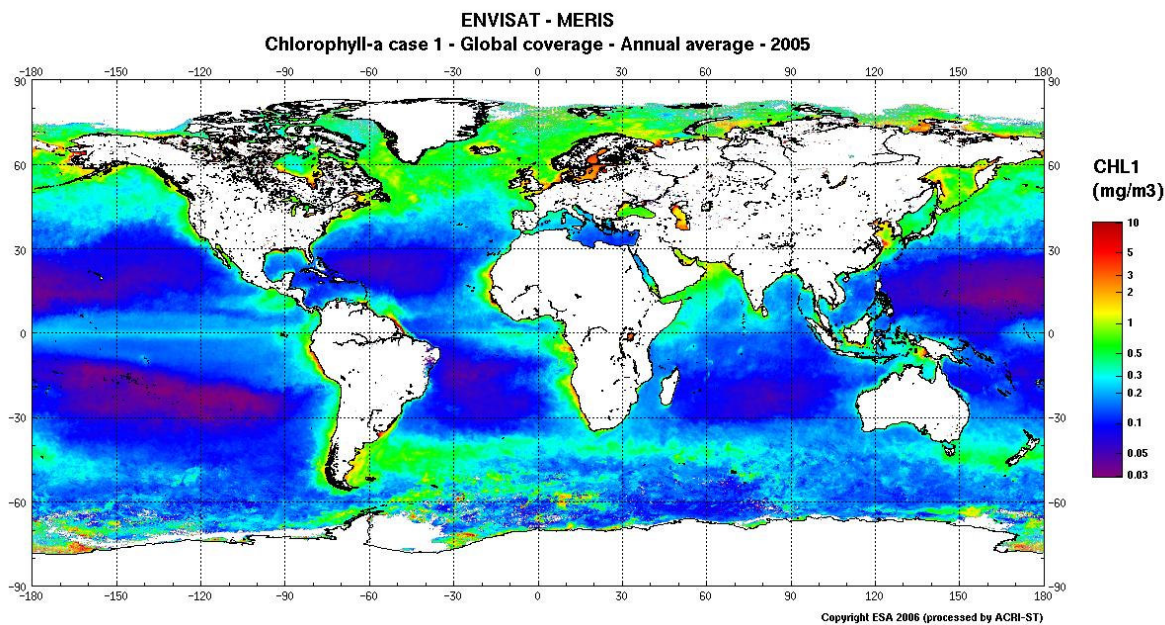
Colaboración de instituciones en México con interés en los productos oceánicos MODIS



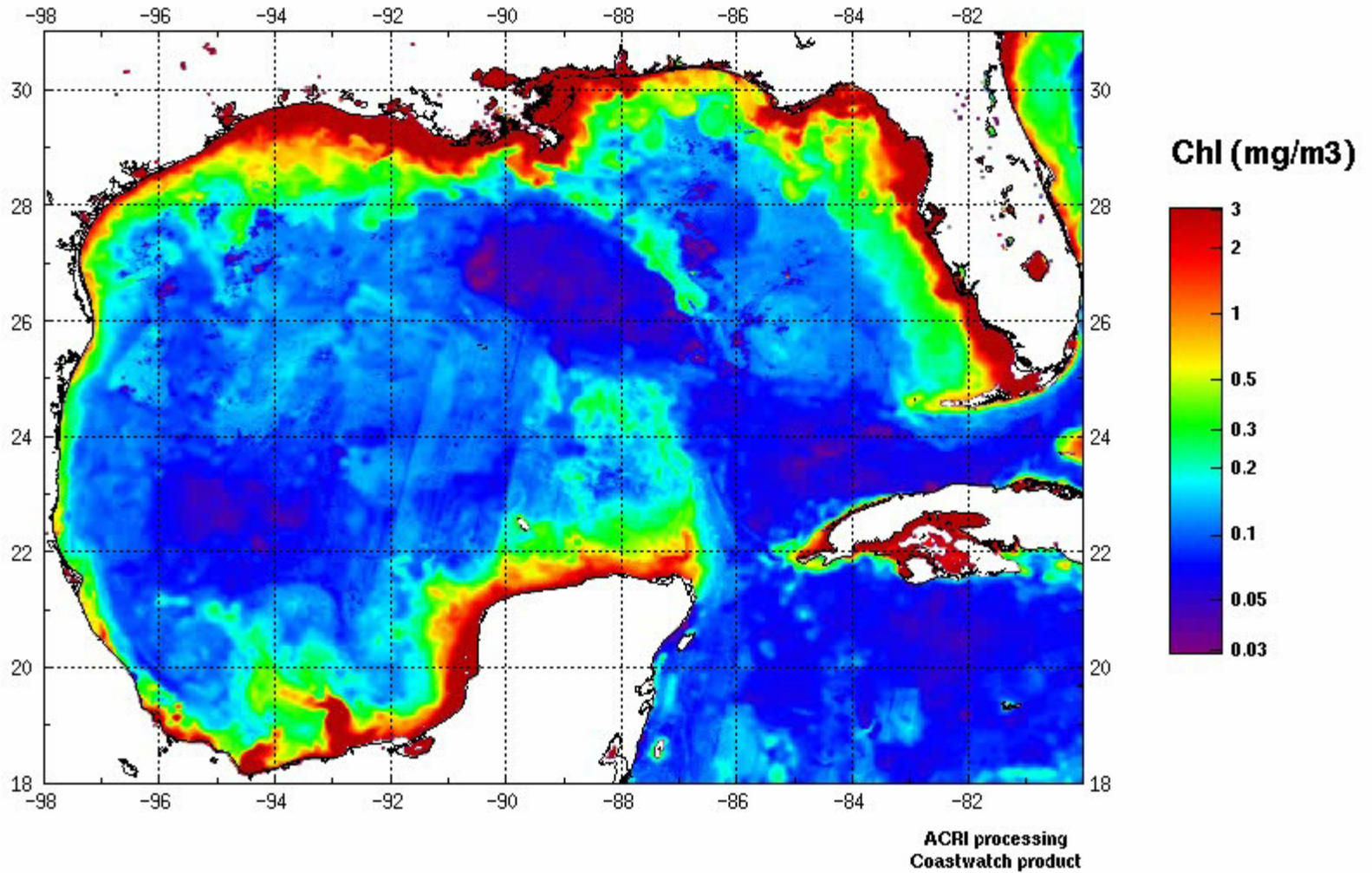
¿ Color del Mar usando el sensor MERIS de ENVISAT (ESA) ?



300 m Resolución espacial
Marzo 2002-Presente



MERIS/MODIS merged Chlorophyll 2005-07-25



GRACIAS !

Sergio Cerdeira: scerdeira@conabio.gob.mx

Gerardo López: glopez@conabio.gob.mx

