

# Estudio de la dispersión de la pluma del Río Orinoco utilizando el sensor MODIS Aqua

Belitza A. Brocco ([belynuska@gmail.com](mailto:belynuska@gmail.com))  
Departamento de Ciencias Marinas  
Universidad de Puerto Rico Mayagüez

## Resumen

Las aguas del Mar Caribe son afectadas por la dispersión de la pluma del Río Orinoco. El alto contenido de materia orgánica y clorofila se dispersa a través de toda la pluma modulando la óptica de la región. El estudio de la dispersión del río es posible usando imágenes del color del océano generadas de imágenes de satélites. Utilizando los productos de clorofila (*Chl a*) y el coeficiente de atenuación a 490nm ( $k_{490}$ ) del sensor MODIS Aqua fue posible observar la dispersión de la pluma. En la relación entre datos obtenidos por percepción remota y datos *in situ* se encontró que los valores de *Chl a* de MODIS son mayores que los reportados en las medidas *in situ*. Estas imágenes nos permiten determinar si realmente las estaciones se encontraban afectadas por aguas asociadas a la pluma del río.

Palabras claves: clorofila a, color océano, ENVI, materia orgánica

## I. INTRODUCCIÓN

La entrada de aguas asociadas a los ríos en el océano representa un cambio en las propiedades y los ecosistemas de este. El estudio de los patrones de dispersión de la pluma, sus características físicas, la distribución de nutrientes, la biomasa fitoplanctónica presente y la

productividad primaria asociada a estas descargas ha sido muy estudiada durante los últimos años.

El estudio de la dispersión de la pluma de un río es posible usando imágenes del color del océano generadas de imágenes de satélites. El alto contenido de materia orgánica disuelta se dispersa a través de toda la pluma modulando la óptica de la región. El espectro de radianza del agua se ve afectado en función a la variedad de constituyentes disueltos y suspendidos como lo son la materia orgánica coloreada disuelta y los pigmentos fitoplanctónicos. Esto hace posible diferenciar las aguas asociadas al río de las oceánicas.

La entrada de las aguas de la pluma del Rio Orinoco al Caribe fue documentada por Muller Karger et al. 1989 y Del Castillo et al., 1999. La descarga del Orinoco afecta significativamente las propiedades ópticas de las aguas del Mar Caribe aumentando la producción primaria e introduciendo gran cantidad de materia orgánica coloreada disuelta (CDOM). En 2001, Corredor y Morell reportaron la variación en salinidad, silicatos y CDOM asociados a la pluma del río, en la estación (CaTS) al sur de Puerto Rico.

## II. OBJETIVOS

Observar el desplazamiento de la pluma del Rio Orinoco hacia el Caribe utilizando imágenes del color del océano generadas durante uno de los meses de mayor descarga.

Utilizar los datos obtenida para determinar el lugar en la pluma en la que se realizaron estudios previos para la determinación de la productividad primaria y respiración fitoplanctonica.

Utilizar el programa ENVI para el procesamiento de las imágenes obtenidas

### III. METODOLOGÍA

El Río Orinoco, en Venezuela, está catalogado como el tercero más grande del mundo por su descarga de aproximadamente  $3.6 \times 10^4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ . El sensor utilizado para el estudio de la dispersión de la pluma fue MODIS AQUA (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) (Apéndice 1). Las imágenes utilizadas fueron de nivel 2 para el mes de septiembre de 2006 solicitadas usando <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/cgi/browse.pl?sen=am>. Se seleccionó una imagen que cubre toda el área de interés ( $10^\circ\text{-}20^\circ\text{N}$ ,  $60^\circ\text{-}68^\circ\text{W}$ ).

Se utilizaron los productos de clorofila a (Chl a) y el coeficiente de atenuación a 490nm ( $k_{490}$ ) como parámetro para determinar el desplazamiento de la pluma. Los datos de Chl a y  $k_{490}$  se reciben corregidos. Los algoritmos utilizados por MODIS fueron OC3M MODIS Chlor-a y el coeficiente de atenuación difusa.

Chl a:

$$C = 10^{(0.2830 - 2.753R_{3M} + 1.457R_{3M}^2 + 0.659R_{3M}^3 - 1.403R_{3M}^4)} \quad (1)$$

$R_{3M} = \log_{10}(R_{443/550} > R_{490/550})$   
OC3 incorporando la banda 443 y 488

Coefficiente de atenuación difusa:

$$K(490) = K_w(490) + A^B \quad (2)$$

$K_w(490)$  = coeficiente de atenuación para el agua pura  
 $A = 0.15645$      $B = -1.5401$

Las imágenes obtenidas de MODIS fueron procesadas usando ENVI. Se realizó una georeferenciación usando la aplicación para MODIS. Se creó una región de interés (ROI, latitud y longitud de estaciones muestreadas) que fue exportada a una lista de vectores (Export ROI to EVF) que fue aplicada a la imagen. Se hizo una extracción del valor del píxel para comparar con datos *in situ*. A las imágenes se le asignó color y se generaron las mismas en formato jpeg.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La figura 1a y 1b presenta la imagen generada usando los datos de *Chl a* y k490 respectivamente. Ambas imágenes son del 20 de septiembre de 2006. En ambas imágenes se puede ver la entrada de aguas asociadas a la pluma del río en el Caribe.

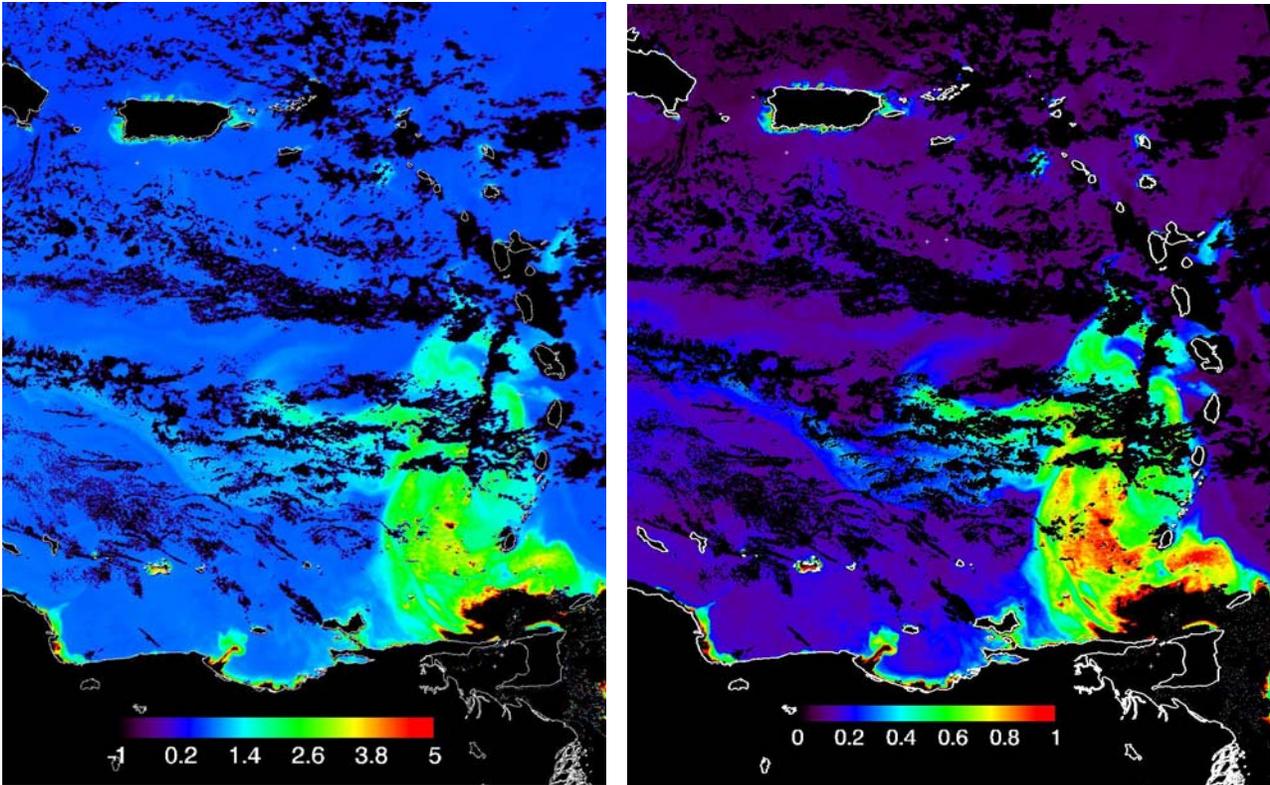


Figura 1a (izquierda) Imagen generada usando datos de *Chl a*. Figura 1b (derecha) Imagen generada usando datos de k490.

Una comparación de valores de *Chl a in situ* y datos de MODIS fue realizada. Para los datos *in situ* (Tabla 1) se utilizó la medida de *Chl a* a 1m de profundidad de todas las estaciones analizadas durante septiembre 2006. Los datos de *Chl a* de MODIS fueron extraídos de la imagen del 20 de septiembre de 2006. Los valores de -1 en MODIS indican que no hay datos

para estas áreas. La ausencia de datos está asociada a la interferencia por nubes. Los valores de *Chl a* de MODIS son mayores que los reportados en las medidas *in situ*. Esta diferencia nos indica que el algoritmo para la determinación de la concentración de *Chl a* usando por MODIS sobre estima la concentración en aguas de Caso 2, como lo son las aguas estudiadas. Es importante recordar que el tamaño del pixel es 1k y las medidas *in situ* fueron realizadas en un área dentro de ese kilómetro. El número de estación (Tabla 1) aumenta de norte a sur (en Tabla 2 es de S→N) lo que nos indica que generalmente mientras más cercano a la pluma del río mayor concentración de *Chl a*. La estación 13 presenta un comportamiento diferente lo cual se atribuye a que la muestra no fue tomada en aguas asociadas directamente a la pluma, esto no puede ser corroborado ya que no hay datos de satélite.

Para determinar la posición exacta de las estaciones muestreadas *in situ* se añadieron la longitud y latitud de cada una de estas en formato de vectores a la imagen. En la Figura 2 y 3 encontramos las estaciones que fueron analizadas *in situ*. Utilizando estas imágenes podemos determinar si realmente las estaciones se encontraban afectadas por aguas asociadas a la pluma del río. En la imagen 2 se observa que la estación 4 y 5 (dentro de círculo) se encuentran una fuera y una dentro de la pluma respectivamente. Los valores de estas estaciones usando MODIS presentan esta diferencia mientras que los valores *in situ* reportan datos iguales. La igualdad de números puede estar asociada a que los datos *in situ* son un promedio de *Chl a* en el primer metro de la columna de agua.

Tabla 1. Comparación de datos de *Chl a* de medidas *in situ* vs. medidas de satélite MODIS.

Estación	MODIS (mg m <sup>3</sup> )	<i>In Situ</i> (mg m <sup>3</sup> )
1	0.12	0.02
2	0.12	0.03
3	-1	0.12
4	0.24	0.14
5	0.51	0.14
6	1.50	0.17
7	1.45	0.10
8	1.65	0.45
9	1.04	0.64
10	3.94	0.82
11	-1	1.06
12	-1	2.76
13	-1	0.71

Tabla 2. Comparación de datos de *Chl a* de medidas *in situ* vs. medidas de satélite MODIS.

Estación	MODIS (mg m <sup>3</sup> )	<i>In Situ</i> (mg m <sup>3</sup> )
1b	-1	2.03
2b	2.28	0.33
3b	0.93	0.01
4b	1.61	0.12
5b	-1	0
6b	0.25	0.06
7b	0.11	0.03

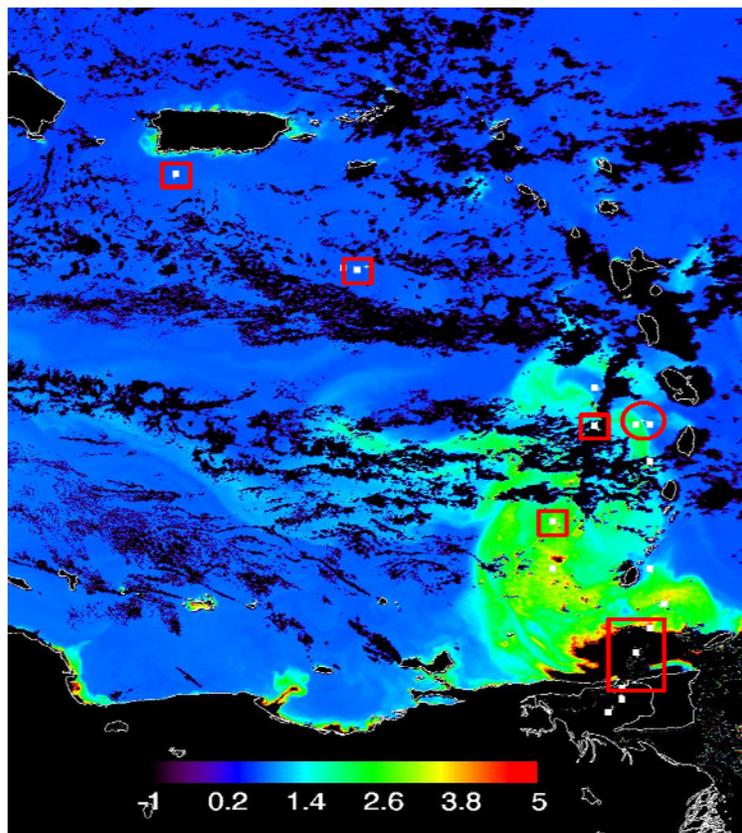
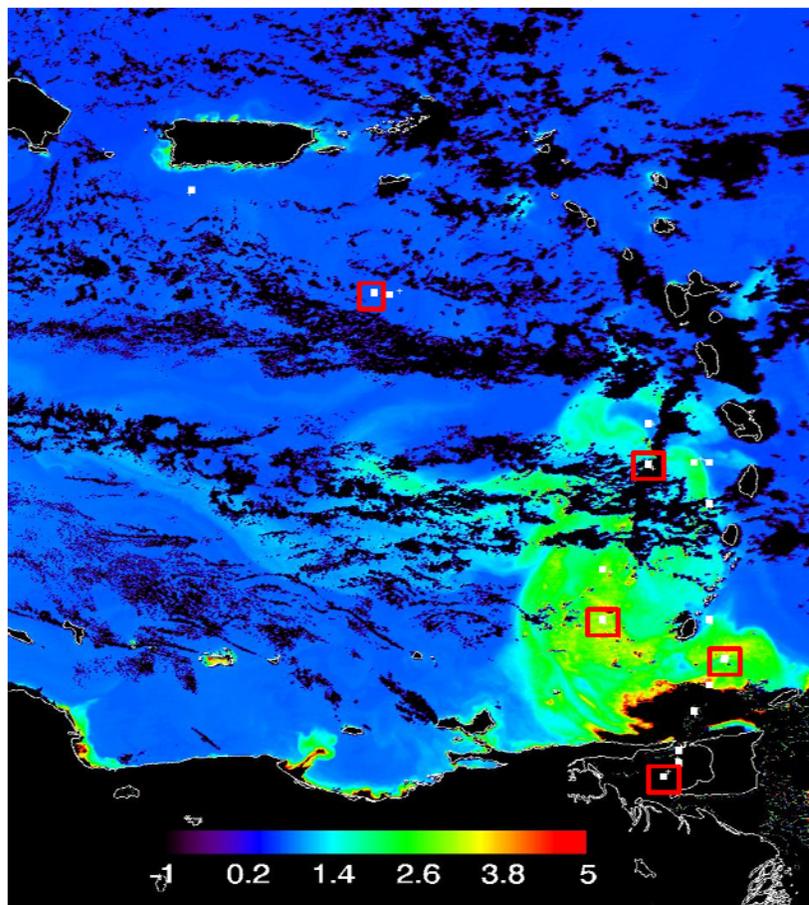


Figura 2(arriba) y 3(abajo). Imagen para determinar la posición de las estaciones *in situ*. Las estaciones dentro de los cuadros fueron las analizadas.



## V. CONCLUSION

El estudio de la dispersión de la pluma de un río es posible usando imágenes del color del océano generadas de imágenes de satélites.

El uso de imágenes de MODIS Aqua nos permite analizar el desplazamiento de la pluma del Orinoco y la localización exacta de las estaciones muestreadas.

La diferencia en valores de *Chl a* es asociada a la resolución del sensor.

## VI. REFERENCIAS

Corredor, J. E., J. M. Morell, J. M. López, J. E. Capella and R. A. Armstrong. 2004. Cyclonic Eddy Entrains Orinoco River Plume. EOS Trans. Amer. Geophys. U. 85 (20) 197; 201-202.

Del Castillo, C. Coble, P. Morell, J. Lopez, J. Corredor, J. Analysis of the optical properties of the Orinoco River plume by absorption and fluorescence spectroscopy. Marine Chemistry 661999.35–51

Hu, C. Montgomery, E., Schmitt, R., Muller, F. The dispersal of the Amazon and Orinoco River water in the tropical Atlantic and Caribbean Sea: Observation from space and S-PALACE floats. Deep-Sea Research II 51 (2004) 1151–1171

Morell, J.M. J. Corredor. 2001. Photomineralization of fluorescent dissolved organic matter in the Orinoco River plume: Estimation of ammonium release. J. Geophys. Res., 106, 16807-16813.

Müller-Karger, F. E., C. R. McClain, T. R. Fisher, W. E. Esaias, and R. Varela (1989), Pigment distribution in the Caribbean Sea: Observations from space, *Prog. Oceanog.*, 23, 83-64.

Odriozola A. L. 2004. On the color of the Orinoco River Plume. Tesis M.S Colegio de Ciencias Marinas Universidad del Sur de la Florida

## VII. APENDICE

<b>Orbit:</b>	705 km, 10:30 a.m. descending node (Terra) or 1:30 p.m. ascending node (Aqua), sun-synchronous, near-polar, circular
<b>Scan Rate:</b>	20.3 rpm, cross track
<b>Swath</b>	2330 km (cross track) by 10 km (along track at nadir)
<b>Dimensions:</b>	
<b>Telescope:</b>	17.78 cm diam. off-axis, afocal (collimated), with intermediate field stop
<b>Size:</b>	1.0 x 1.6 x 1.0 m
<b>Weight:</b>	228.7 kg
<b>Power:</b>	162.5 W (single orbit average)
<b>Data Rate:</b>	10.6 Mbps (peak daytime); 6.1 Mbps (orbital average)
<b>Quantization:</b>	12 bits
<b>Spatial</b>	250 m (bands 1-2)
<b>Resolution:</b>	500 m (bands 3-7) 1000 m (bands 8-36)
<b>Design Life:</b>	6 years