

9

VARIABILIDAD ANUAL DEL CONTENIDO DE CARBON ORGANICO EN LA SUPERFICIE DEL MAR CARIBE OCCIDENTAL OBSERVADA DESDE EL CZCS

CFESP Carlos Alberto Andrade Amaya
Facultad de Oceanografía Física, Escuela Naval Almirante Padilla, Cartagena

ABSTRACT

Photographic mosaics of monthly averaged values of CZCS (Coastal Zone Color Scanner) over the Western Caribbean Sea in 1979, were used to analyze the variability of the chlorophyll and organic carbon content at the sea surface. The basin showed low values ($< .15 \text{ mg/m}^3$) for the most part. Coastal zones had seasonal variability related to the increment and lack of river waters. The Magdalena river plume showed great influence in the basin. High values ($> 1. \text{ mg/m}^3$) to the west of the Guajira Peninsula related to the shelf break upwelling are apparent all year long. Low values in the San Andres Archipelago were detected permanently. The lack of high primary production in the area makes out of this a very fragile ecosystem that needs a special management.

RESUMEN

Mosaicos de valores medios mensuales del CZCS (Coastal Zone Color Scanner) sobre el mar Caribe Occidental fueron utilizados para analizar la variabilidad en el contenido de clorofila y carbón orgánico en la superficie. La cuenca tuvo valores bajos ($< .15 \text{ mg/m}^3$) en la mayor parte. Las zonas costeras mostraron variabilidad estacional relacionada con el incremento o ausencia de aguas descargadas por los ríos. La pluma del río Magdalena mostró tener gran influencia en la cuenca. Se presentaron valores altos ($> 1. \text{ mg/m}^3$) al Oeste de la península de la Guajira relacionados con el afloramiento en la zona durante todo el año. Se detectaron bajos valores en el Archipiélago de San Andrés de manera permanente. La falta de una alta productividad primaria en el área hace de éste un ecosistema muy frágil que necesita un manejo especial.

INTRODUCCION

El Caribe Occidental conocido como la Cuenca de Colombia es el espacio al Oeste de Longitud 70 °W y el paso entre el Archipiélago de San Andrés y Jamaica, Figura No.1. La circulación oceánica del sector se encuentra dominada por la Corriente del Caribe y la Contracorriente del Darién, p.e. Wust (1964), Gordon (1967), Roemich (1981) o Molinari (1981) con alguna variabilidad estacional en el transporte de aguas superficiales y centrales. La meteorología de la cuenca es modulada por la Zona de Convergencia Inter-tropical y tiene dos estaciones climáticas (seca y de lluvias) con marcadas diferencias en el campo de viento, Andrade (1993).

Estudios sobre masas de agua, circulación oceánica y biología en el área de San Andrés muestran gran variabilidad estacional de las aguas superficiales que ocupan la zona, la presencia de remolinos (eddies) producidos por la situación geográfica de los Bancos coralinos y la riqueza biológica especialmente en zooplacton y organismos bentónicos, p.e. González (1987), Garay et al. (1988) y Téllez et al. (1988).

Sobre la costa colombiana son conocidas algunas características del afloramiento en el Oeste de la Península de la Guajira p.e. Fajardo (1979), Corredor (1979) y Aguilera et al. (1986). El área central de la costa colombiana se encuentra dominada por la variabilidad de la pluma del río Magdalena en su llegada al Caribe, Pujos et al. (1986) y Andrade y Thomas (1988). En el área del Darién los ríos Atrato y Sinú tienen la mayor influencia en la región, Molina et al. (1992). El área es rica en movimientos de media escala (eddies) como los que se evidencian en Nystuen y Andrade (1991) observados desde el altímetro de GEOSAT.

La observación del color del mar desde sensores puestos en órbita, como el CZCS, permite utilizar este conocimiento de manera más integral, asimilando las propiedades físicas documentadas para verificarlas, así como estudiar su relación. La intención de este trabajo es la de observar los valores del CZCS en las diferentes áreas del Caribe occidental y relacionar estos valores con los procesos documentados anteriormente.

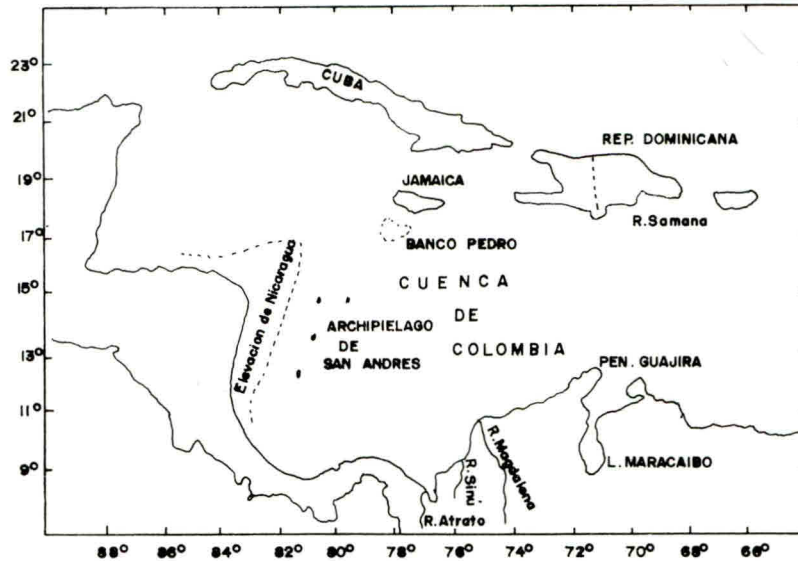


Fig. 1. DESCRIPCION GEOGRAFICA DEL CARIBE OCCIDENTAL

METODOLOGIA

El material analizado fue obtenido por el Coastal Zone Color Scanner (CZCS), un radiómetro con canales en el espectro visible e infrarrojo que operó en el satélite Nimbus 7. Ecuaciones simples semi-empíricas se utilizaron para estimar la concentración de clorofila (fitoplancton) o de carbón orgánico disuelto y sus productos en degradación desde medidas de luz reflejadas al satélite en tres bandas centradas en 443, 520 y 550 nm., cubriendo las regiones azul y verde del espectro, esto con una resolución espacial de un kilómetro en un barrido de 2200 km. de ancho.

Los sedimentos en suspensión, detritos y otros pigmentos distintos a la clorofila también afectan la luz reflejada en el espectro de interés. Esta combinación es desafortunada para la cuantificación de la productividad en las áreas cercanas a las zonas costeras, pero en nuestro caso nos permitirán inferir características del movimiento de aguas costeras del sector.

Las composiciones digitales (mosaicos) fueron elaboradas con los valores mensuales tomados por el sensor durante el año 1979. Las ventanas analizadas fueron tomadas de las imágenes publicadas por NSF-NASA (1989). Dichas ventanas fueron analizadas objetivamente teniendo en cuenta la escala de calibración de la estimación de la concentración de pigmentos en (mg/m^3) de acuerdo con el color asignado. La variación tanto en la posición como en la intensidad de los valores de luz tiene una relación directa con el contenido de carbón orgánico y con el proceso oceánico que esté ocurriendo en el sector a nivel superficial.

En las composiciones, los sectores de tierra están enmascarados en negro y los colores en el mar son los correspondientes al contenido de carbón orgánico como se describió anteriormente. Debe tenerse en cuenta que los valores de luz del CZCS también están relacionados con los bajos fondos en aquellos lugares donde la transparencia es suficiente como en la Elevación Nicaragüense o Banco Pedro por ejemplo.

RESULTADOS

La figura No.2 muestra los valores mensuales durante el mes de Enero. En esta composición se observa que el Caribe se encuentra muy pobre en fitoplancton a nivel oceánico (valores $<.15 \text{ mg}/\text{m}^3$). Se encuentran altos valores de pigmentos i.e. mucho fitoplancton ($>3. \text{ mg}/\text{m}^3$) restringidos a la costa Guajira, relacionada con el intenso afloramiento que ocurre en ese sector en esa época del año. También se observa el agua del Lago de Maracaibo saliendo por el Este del Golfo de Coquibacoa cargado de carbón orgánico y muestra una pluma importante hacia el norte de la península de Paraguaná.

La pluma turbia del río Magdalena se alcanza a distinguir así como los aportes de los ríos Sinú y Atrato en el sector del Darién con poca influencia. La costa Centroamericana, en su mayoría, tiene valores muy bajos de carga orgánica ($<.1$

mg/m³).

La figura No.3 muestra los valores del CZCS correspondientes al mes de Marzo. La cuenca oceánica presenta valores más bajos que en la anterior composición ($< .07 \text{ mg/m}^3$). Los valores más altos sobre la costa colombiana se encuentran hacia el Oeste de la Guajira producto del afloramiento y hacia el Este por las aguas del lago de Maracaibo. Los valores correspondientes a la descarga del río Magdalena tienen poca influencia en este mes, el resto del Caribe sigue con valores bajos en general.

La figura No.4 muestra el contenido de carbón orgánico durante el mes de Junio. Las características de valores altos en las costas de la Guajira siguen constantes, sin embargo la Cuenca de Colombia muestra valores menores de $.05 \text{ mg/m}^3$ en grandes extensiones. La carga de pigmentos asociadas a la descarga del río Magdalena es muy notoria y muestra su influencia hasta el centro de la Cuenca de Colombia. También se observa una pluma de pigmentos asociada a la descarga del río Samaná en República Dominicana.

La Figura No.5 muestra los valores correspondientes al mes de Octubre. En general los valores de pigmentos aumentan en toda la región principalmente en las zonas costeras debido al aumento de las descargas de los ríos durante la estación de lluvias en esta época. Esto es muy notorio especialmente en la costa centroamericana ($> .7 \text{ mg/m}^3$). La costa colombiana tiene altos valores en toda su extensión. También se observa un aumento en los valores correspondientes a la descarga del Lago de Maracaibo.

La Figura No.6 muestra los valores de clorofila en el mes de Noviembre. En él se puede observar el aumento de las concentraciones en la costa centroamericana y la colombiana, proporcional al incremento de las lluvias en la época. Las descargas de los ríos Atrato y Sinú se confunden y la Península de la Guajira se encuentra totalmente rodeada de altos valores.

DISCUSION Y RESULTADOS

Los valores presentados por el CZCS durante los meses observados permiten efectuar una descripción de varios mecanismos en la Cuenca Occidental del Caribe. Desde el punto de vista de la circulación superficial la influencia de la Contracorrente del Darién, documentada p.e. Gordon (1967) y Pujos et al. (1986), es marcada al observar la distribución de los pigmentos hacia el Oeste en la estación de vientos (figs. 2 y 3) y hacia el Este durante la estación de lluvias (fig.5).

Los altos valores de carbón orgánico ($> 1. \text{ mg/m}^3$) cercanos a la costa Oeste de la Península de la Guajira son permanentes durante todo el año. El afloramiento en esta zona ha sido descrito en Corredor (1979) y Fajardo (1979). Este fenómeno es particularmente intenso en la estación seca cuando el Alisio del Norte es máximo, sin embargo las imágenes muestran particular actividad biológica asociada a este sistema aún en la estación de lluvias.

La costa centroamericana tiene una marcada estacionalidad con mucha producción durante el monzón y prácticamente nula en el resto del año. El caso del área de San Andrés es más dramático ya que las composiciones mensuales analizadas en las figuras muestran mínimos valores de clorofila en esa área, lo que indica que el sistema tiene muy pobre producción primaria.

CONCLUSIONES

Los mosaicos mensuales de los valores del CZCS aquí analizados muestran habilidad para determinar algunos mecanismos importantes de la Cuenca del Caribe Occidental como se ha dicho. El mecanismo de afloramiento en la costa oeste de la Guajira es de carácter casi permanente a lo largo del año y su intensidad es modulada por la presencia del Alisio del Norte.

En contraste con lo anterior, el área del archipiélago de San Andrés al ser de tan baja producción primaria muestra ser un ecosistema altamente especializado y

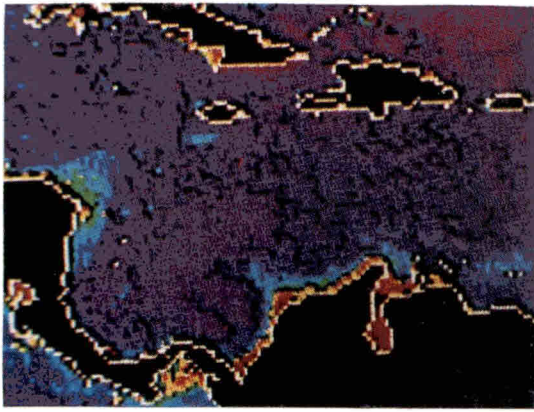


Figura 2. Valores del CZCS durante Enero 79

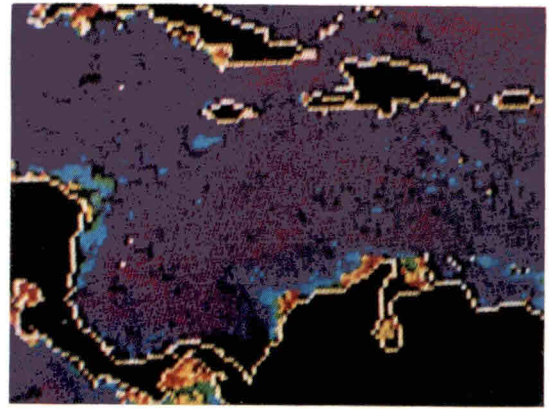


Figura 3. Valores del CZCS durante Mayo 79

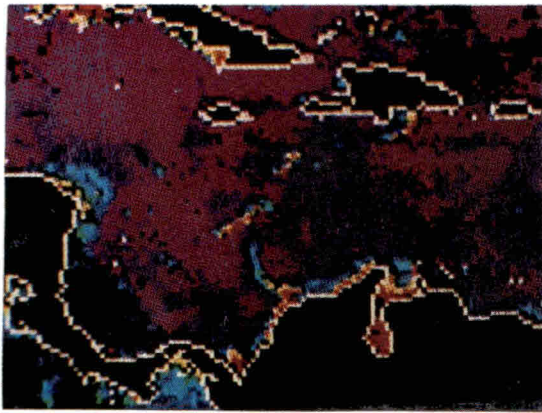


Figura 4. Valores del CZCS durante Junio 79

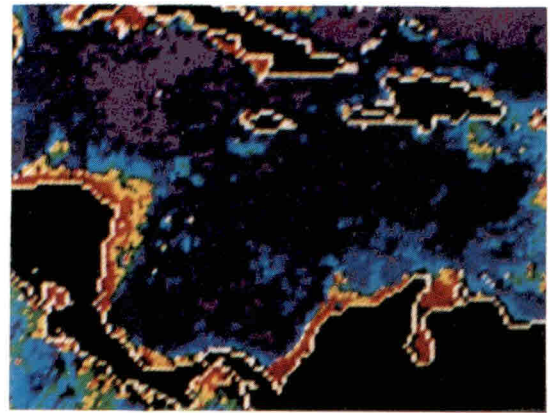


Figura 5. Valores del CZCS durante Octubre 79

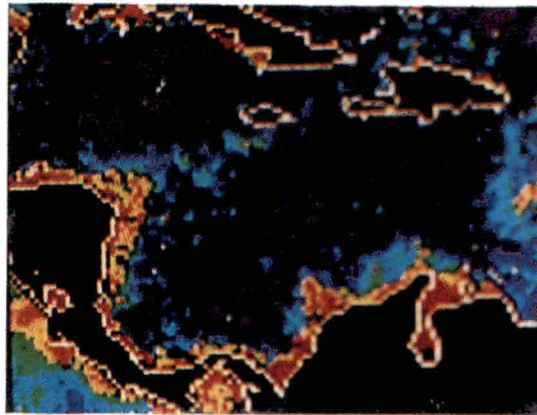
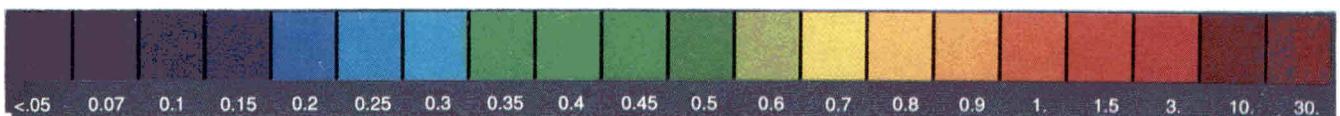


Figura 6. Valores del CZCS durante Noviembre 79



Escala de color correspondiente a valores de clorofila y carbón orgánico disuelto en (mg m^3).

por consiguiente muy frágil.

La influencia del río Magdalena en la Cuenca Occidental del Caribe es muy importante y en ocasiones comparables con la que ejerce el Orinoco en la Cuenca Oriental.

En general el CZCS muestra que el área del Mar Caribe es muy pobre en fitoplancton ($<.15 \text{ mg/m}^3$) con zonas marcadamente ricas asociadas a mecanismos particulares de las zonas costeras como afloramiento o desembocaduras de los ríos.

RECOMENDACIONES

Teniendo en cuenta los datos expuestos en este documento, el área del Archipiélago de San Andrés necesita de un manejo especial debido a la fragilidad que presenta este ecosistema, que tiene apenas la suficiente producción primaria para su sostenimiento. Un accidente que afecte el ambiente superficial en estas aguas puede producir un desastre ambiental en todo el Archipiélago.

BIBLIOGRAFIA

- Aguilera, J., C.A. Andrade, R. Alvarez y P. Nowak, Análisis Retrospectivo de los Núcleos de Surgencia en el Area de la Guajira. Memorias del V Seminario de Ciencia y Tecnología del Mar. p.282, 1986.
- Andrade, C. A. y Y. Thomas, Sedimentos en Suspensión e Hidrodinámica al Sureste del delta del río Magdalena, Mar Caribe (Colombia). Bol. Cient. No. 8 CIOH, 27-34, 1988.
- Andrade, C.A., Análisis de la Velocidad del Viento en el mar Caribe, Bol. Cient. No.13 CIOH, 33-44, 1993.

- Corredor, J.E., Phytoplankton Response to Low Level Nutrient Enrichment through Upwelling in the Colombian Caribbean Sea. *Deep Sea Res.* V. 26a, 731-741, 1979.
- Fajardo, G.E., Surgencia en las Proximidades de la Península Colombiana de la Guajira, *Bol. Cient. No.5 CIOH*, 7-19, 1979.
- Garay, J., F. Castillo, C. A. Andrade, J. Aguilera, L. Niño, M. de la Pava, W. López y G. Márquez, Estudio Oceanográfico del Area Insular y Oceánica del Caribe Colombiano-Archipielago de San Andrés y Providencia y Cayos Vecinos, *Bol. Cient. No. 9 CIOH*, 3-73, 1988.
- González, E., Oceanografía Física Descriptiva del Archipiélago San Andrés y Providencia, con base en el Análisis de los Cruceros OCEANO IV a IX, *Bol. Cient. No.7, CIOH*, 73-100, 1987.
- Gordon, A., Circulation of the Caribbean Sea, *J. Geophys. Res.*, 72, 6207-6233, 1967.
- Molina M, A., C. Molina M., y P.Chevillot, La Percepción Remota Aplicada para Determinar La Circulación de las Aguas Superficiales del Golfo de Urabá y las Variaciones de su Línea de Costa, *Bol Cient. No.11 CIOH*, 43-59, 1992.
- Molinari, R. L., M. Spillane, Y. Brooks, D. Atwood, and C. Duckett, Surface Currents in the Caribbean Sea as deduced from Lagrangian observations, *J. Geophys. Res.*, 86, 6537-6542, 1981.
- Nystuen, J. and C.A. Andrade, Tracking Mesoscale Ocean Features in the Caribbean Sea Using Geosat Altimetry, *J. Geophys. Res.*, 98, 8389-8394, 1993.
- "Ocean Color from Space"*, Space Data and Computing Division, NASA Goddard Space Flight Center - NSF/NASA, US Global Ocean Flux Study Office, Woods Hole Oceanographic Institution, 1989.

Pujos, M., J. Pagliardini, R. Steer, G. Vernet and O. Weber, Influencia de la Contra-corriente Norte Colombiana para la Circulación de las Aguas en la Plataforma Continental: Su Acción sobre la Dispersión de los Efluentes en Suspensión del Río Magdalena. Bol. Cient. No.6 CIOH, 3-15, 1986.

Roemich, D., Circulation in the Caribbean Sea: A Well-resolved Inverse Problem, J. Geophys. Res., 86, 7993-8805, 1981.

Wust, G., *Stratification and Circulation in the Antillean-Caribbean Basins*, 201 pp., Columbia University Press, New York, 1964.