

Bol. Cient. CIOR	Cartagena (Colombia)	No. 8	Pg. 27-34	Julio 1988	ISSN 0120-0542
------------------	-------------------------	-------	-----------	------------	----------------

SEDIMENTOS EN SUSPENSION E HIDRODINAMICA AL SURESTÉ DEL DELTA  
DEL RIO MAGDALENA, MAR CARIBE (COLOMBIA)

Por: Carlos Andrade Amaya (1) et Yves Francois Thomas (2)

RESUMEN

Las imágenes obtenidas por el radiómetro Alta Resolución Visible "HRV" del satélite Spot cubren el área entre el delta del Río Magdalena (Barranquilla) y el delta del Canal del Dique (al Sur de Cartagena) sobre la costa caribe colombiana.

Se estudia el aporte de sólidos en suspensión del Río Magdalena, el más grande de los aportantes al Caribe y de enorme influencia en la repartición de los sedimentos en la zona circundante.

Las imágenes permiten efectuar una síntesis sobre la repartición de los sólidos en suspensión y la hidrodinámica en el área observada; la pluma turbia del Magdalena está manejada por dos agentes dinámicos diferentes y de sentido contrario: Los Alisios del Noreste que la inclinan profundamente en la parte más externa y la contracorriente de Darién que penetra entre la pluma y la costa casi hasta el mismo delta dividiendo la pluma en dos partes, confundiendo la parte costera de la pluma con la deriva litoral.

ABSTRACT

The imagery obtained by SPOT HRV (High Resolution Visible) over Colombian Caribbean Coast covers the area between the Rio Magdalena Delta (Barranquilla), and the Canal del Dique, located south of Cartagena. Suspended load of Rio Magdalena is studied, this river supplies most of the suspensions to the Caribbean sea and strongly influences the neighbouring sea dynamics.

A global view of the distribution of the suspended load and the related hydrodynamics obtained from image analysis is proposed. The turbid plume of the Rio Magdalena depends upon two dynamical factors, with contrary effects: 1) the North East Trade Winds tend to curve the outer part of the plume towards the coast whereupon, 2) the Darien counter-current divides it into two branches, the one following the coast - almost as far as the delta - flows into the littoral drift waters.

(1) Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas Aéreo, Aéreo 082 - Cartagena - Colombia.

(2) Unité Associée "Etude des Rivages" du Centre National de la Recherche scientifique (CNRS), 1 rue Maurice Aron, 93120 - Laboratoire de Géographie de l'ENS, Montrouge, France.

## I. INTRODUCCIÓN

El Magdalena drena sobre más de 1.500 km las aguas y productos de erosión de los suelos de las cordilleras Central y Oriental del sistema andino colombiano. Es el más importante de los afluentes de la cuenca Caribe y tiene una enorme influencia sobre la repartición de los sedimentos en esta zona. Su caudal promedio anual es de  $7.500 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  y la masa promedio de sus aportes añidos es estimada en una tonelada por segundo. Es caracterizado por tres desembocaduras: en Barranquilla su delta natural de morfología triangular, que está sometido a fuertes oleajes y es canalizado hacia el mar por un dique de unos 20 km. Por otra parte, la canalización desde el siglo XVII de uno de sus brazos por el Canal del Dique conduce sus aguas a la bahía de Barbacoas, donde edificó un segundo delta de tipo digitado y en la bahía de Cartagena.

El clima tropical de esta área tiene dos estaciones bien marcadas: un período seco, de diciembre a abril, caracterizado por la presencia de vientos Alisios bien establecidos sopiando muy regularmente de este a noreste; y una época húmeda (o de lluvias), de septiembre a noviembre, durante la cual los Alisios disminuyen; los otros meses del año constituyen un período de transición.

Los estudios sobre la dinámica del sector caribe colombiano revelan la presencia de dos corrientes principales: la corriente del Caribe, prolongación de la corriente norte ecuatorial, engendrada por los vientos Alisios de dirección este, llevándola hacia el oeste; la Contracorriente del Darién, o torbellino panameño, que se dirige al norte a lo largo de la costa colombiana y de importancia inversamente proporcional a la fuerza de los vientos Alisios. (Pujos, et al, 1986).

Las imágenes de HRV (Alta Revolución Visible) del satélite Spot tratadas en esta nota, son fruto de la primera observación con satélites de alta resolución espacial, del volumen de las aguas del Río Magdalena.

Cubre el área comprendida entre las ciudades de Barranquilla al noreste, y de Barbacoas, al suroeste, sobre la costa Caribe de Colombia.

## II. LOS DATOS

Las imágenes elegidas fueron adquiridas el 27 de marzo/86 por los sensores HRV-2 (escena 642-328) y HRV-1 (escena 641-238 hasta 330) en modo espectral multibanda, o sea con una resolución geométrica sobre el suelo de  $20 \times 20 \text{ m}$ , según el método de cobertura "casi-vertical".

Fue escogido el nivel de pre-tratamiento IB. La fig. 1 y la tabla 1, suministran respectivamente la ubicación geográfica de las imágenes tratadas y sus condiciones de adquisición.

CARACTERÍSTICAS	1	2	3	4
Satélite	SPOT 1	SPOT 1	SPOT 1	SPOT 1
Sensor	HRV 1	HRV 1	HRV 1	HRV 2
Modo	Xs	Hs	Hs	Hs
Referencia { K	641	641	641	642
{ J	328	329	330	328
Fecha	27/03/86	27/03/86	27/03/86	27/03/86
Hora	15h36'59"	15h37'08"	15h37'16"	15h36'58"
Centro { L	11o01'08"N	10o31'06"N	10o01'004"N	11o01'08"
{ I	75o20'36"W	75o27'27"W	75o34'17"W	74o58'50"
Azimuth solar	110,0°	108,9°	107,7°	110,5°
Evaluación solar	65,9°	66,0°	66,1°	66,4
Incidencia	D 2,3°	D 2,3°	D 2,3°	G 2,3
Orientación	8,9°	8,8°	8,6°	8,9
Ganancia	5 6 5	5 6 5	5 6 5	5 6 5
Número de líneas	3004	3004	3004	3005
Número de píxeles	3178	3178	3180	3181
Tamaño del píxel	20m	20m	20m	20m
Nivel de tratamiento	1B	1B	1B	1B

TABLA 1.- Características de las imágenes SPOT utilizadas

### III. LOS TRATAMIENTOS

Los coeficientes de calibración absoluta A (K) (K=1,2,3,...) fueron utilizados para calcular la iluminancia equivalente L(k) de los objetos observados a partir del valor radiométrico X(k) de los elementos de imagen:  $L(k) = X(k) / A(k)$ . Esta transformación permitió eliminar las diferencias de sensibilidad de las tomas de vista de una binescena por los instrumentos HRV-1 y 2. Las luminancias son expresadas en  $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$ .

El procedimiento de tratamiento escogido se basa sobre una visualización de la banda espectral XS-1 (0,50 hasta 0,59  $\mu m$ ) muy sensible a la difusión de la iluminación incidente por el material en suspensión en el agua y contribuyendo así al trazado de las plumas turbias.

El medio continental ha sido enmascarado por la banda espectral XS-3 (0,79 hasta 0,89  $\mu m$ ) que corresponde a una banda de longitudes de onda para las cuales la iluminación incidente es fuertemente absorbida por el agua.

La figura 2 ilustra los resultados obtenidos.

#### IV. LOS HECHOS EVIDENCIADOS

La serie de imágenes tratadas permite presentar una síntesis de la repartición de los sedimentos en suspensión y la hidrodinámica de una porción del litoral Caribe colombiano durante la estación seca. La figura 2 muestra tres hechos principales: La morfología del penacho turbio del Río Magdalena, la presencia de una importante deriva litoral y la situación de abrigo de la cual se beneficia el Archipiélago del Rosario. Imagen 1

##### (1). La morfología del Pluma turbia del río Magdalena

Sometida a agentes dinámicos diferentes y actuando en sentido contrario, es fuertemente flectada hacia el este al nivel de su parte más externa por la corriente del Caribe, y aislada de las costas por la Contracorriente del Darien cuya lengua oceánica, caracterizada por aguas claras, costea el litoral.

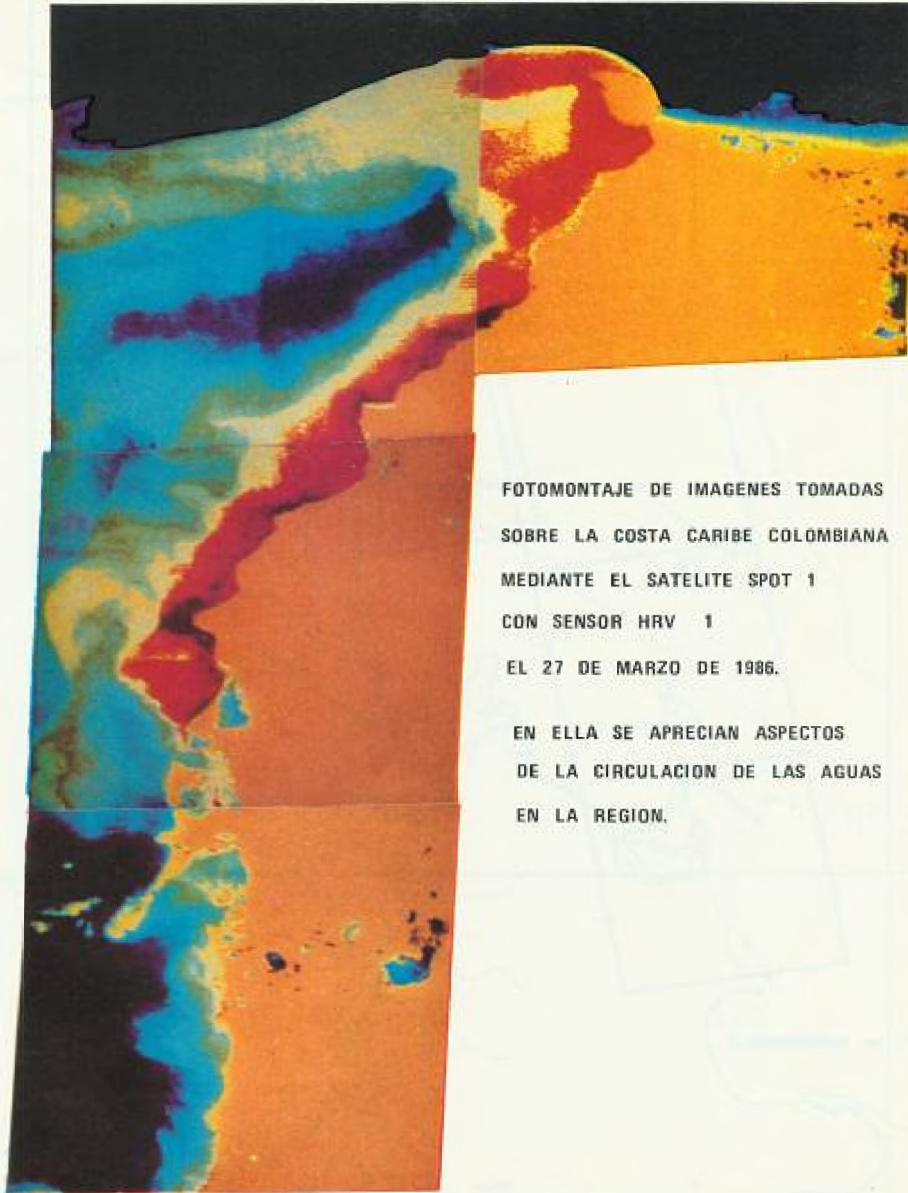
##### (2). La franja turbia litoral

Una cinta de agua turbia se extiende sobre la totalidad de la zona litoral que corresponde a los sedimentos en suspensión bajo la acción del oleaje dentro de la célula de deriva litoral. Es marcada por protuberancias locales (lenguas turbias) al nivel de la Ensenada de las Damas, de Punta de la Garita, de Punta Galenzamba y de Punta Canoas en donde toma su extensión máxima. La explicación de esta localización y geometría se apoya sobre dos hipótesis: Las aguas son provistas con material en suspensión sobre los varios puntos de la costa que están erodando por su orientación con el oleaje inducido por los vientos Alisios, la génesis de lenguas puede ser debida a remolinos provocados por "efectos de cabo".

##### (3). La situación de abrigo del Archipiélago del Rosario

El frente turbia litoral es abruptamente interrumpido a la altura de la Isla Tierra Bomba, que cierra la bahía de Cartagena.

Igualmente, las aguas turbias procedentes del delta del Canal del Dique quedan encerradas dentro de la bahía de Barbacoas. La principal consecuencia de esta situación dinámica la de proteger el archipiélago coralino del Rosario de los altos niveles de turbidez nefastos al desarrollo de los antozoarios.



FOTOMONTAJE DE IMAGENES TOMADAS  
SOBRE LA COSTA CARIBE COLOMBIANA  
MEDIANTE EL SATELITE SPOT 1  
CON SENSOR HRV 1  
EL 27 DE MARZO DE 1986.

EN ELLA SE APRECIAN ASPECTOS  
DE LA CIRCULACION DE LAS AGUAS  
EN LA REGION.

Imágen 1

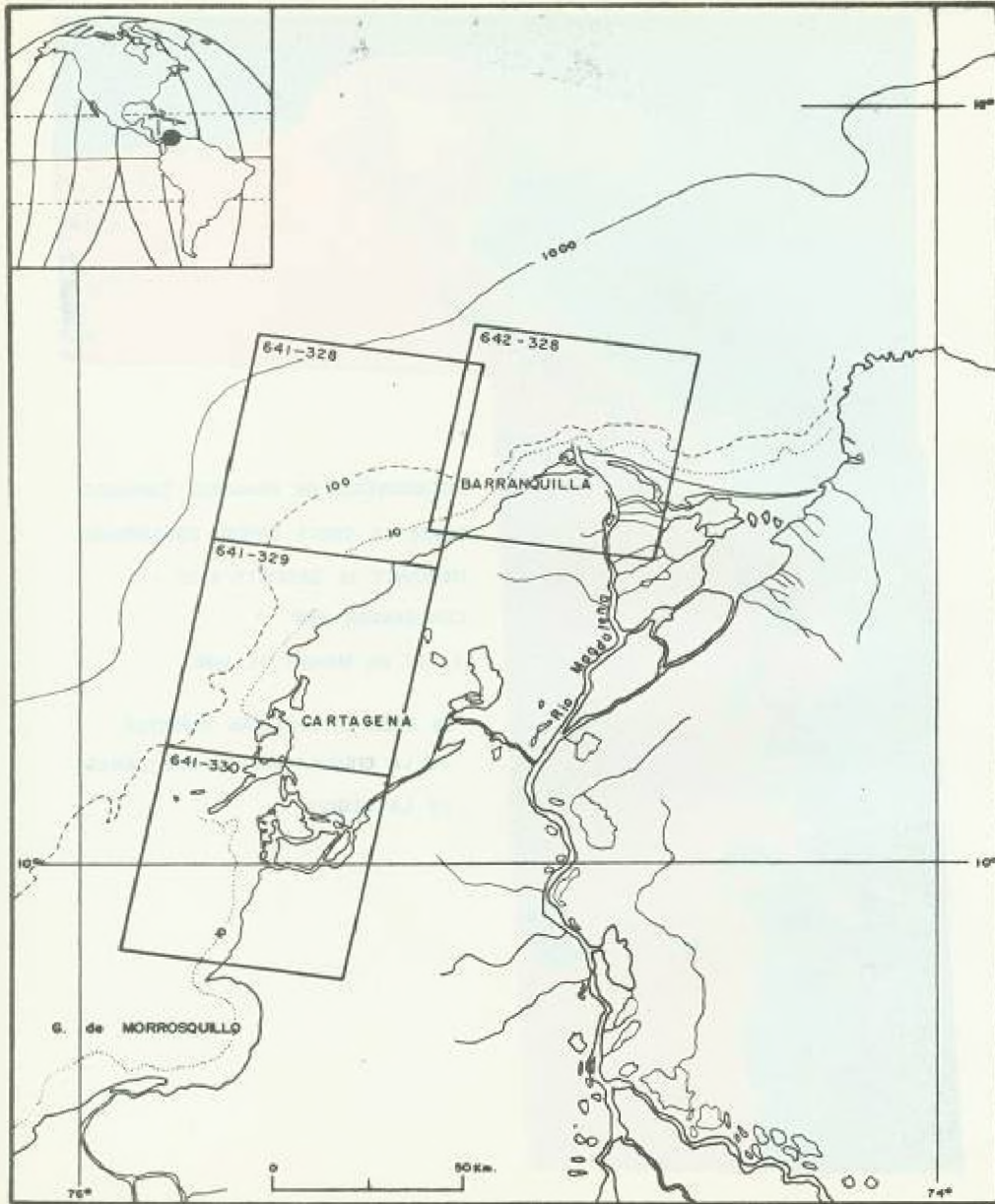


FIGURA 1.

## V. CONCLUSIONES

Los fenómenos puestos en evidencia por el análisis de este conjunto de imágenes Spot son sintetizados en la figura 2, comprenden:

- Los efectos puestos de la corriente del Caribe, debida a los vientos Alisios, y de una lengua oceánica de la Contracorriente del Darién sobre la dirección de derrame de las aguas turbias procedentes del Río Magdalena.

- Los sedimentos en suspensión provocados por la deriva litoral que produce una notable erosión de las costas, principalmente entre Barranquilla y punta Canoa.

- El control de la turbidez en el sector del Archipiélago del Rosario por un brazo costero de la Contracorriente del Darién.

## VI. REFERENCIAS

CNES et SPOT-IMAGE. Guide des utilisateurs de données SPOT. Toulouse, CNES et SPOT-IMAGE Ed., 1986, multipagination.

Pujos M., Pagliardini J., Steer R., Vernet G. et Weber O. Influencia de la Contracorriente 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, Boletín Científico del Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas, Cartagena 1986, n° 6, p. 3-15.

Secretaría de Marina. Atlas oceanográfico del golfo de México y mar Caribe; Sección 1: Mareas y corrientes. México D.F., Secretaría de Marina, Dirección General de Oceanografía y Señalamiento Marítimo Ed., 1974, 39 p.

Vernet G. La plate-forme continentale caraïbe de Colombie du débouché du Magdalena au golfe de Morrosquillo. Importance du diapirisme argileux sur la morphologie et la sédimentation. Mémoires de l'Institut de Géologie du Bassin d'Aquitaine, n° 20, 1986, 387 p.

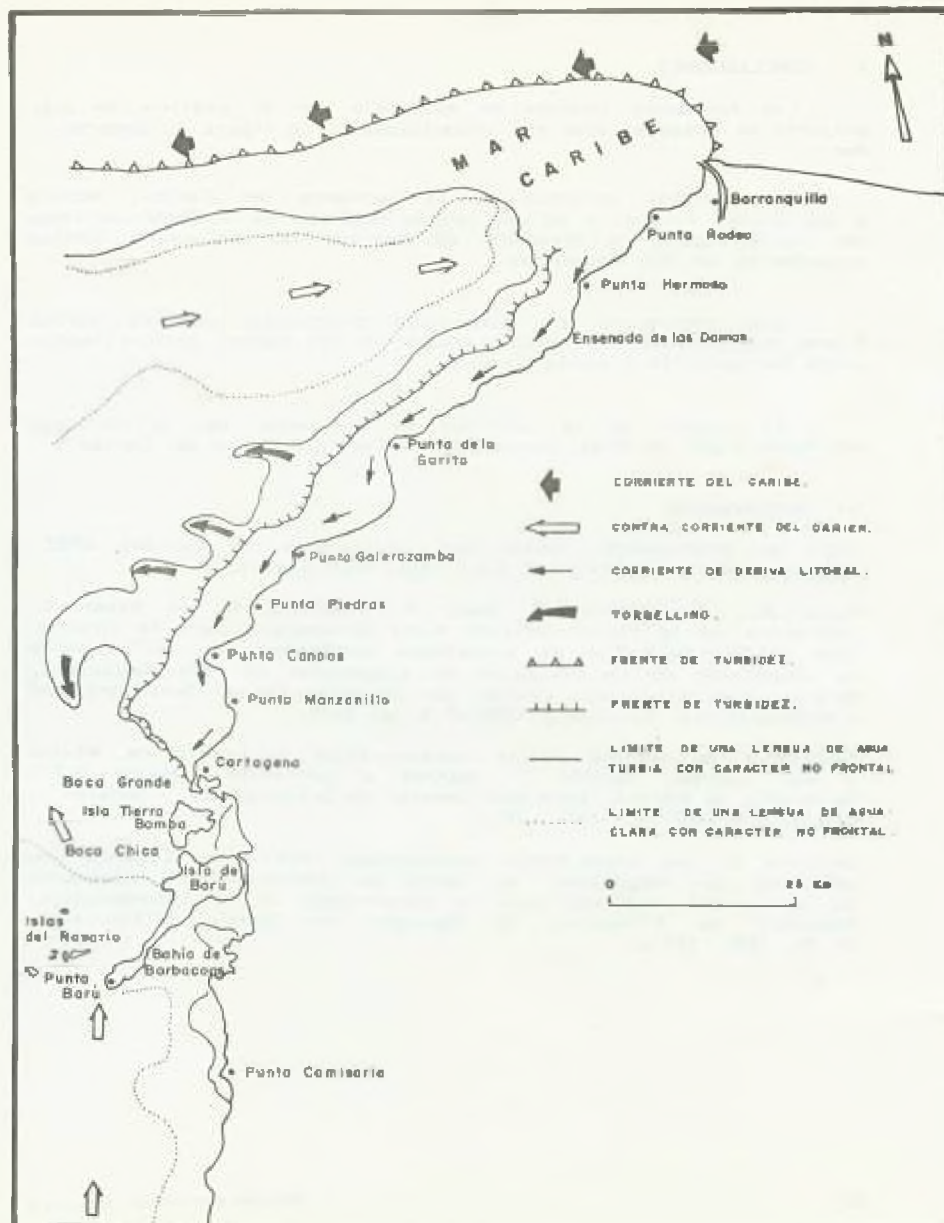


FIGURA 2.