

## CALCULO DEL OLEAJE Y EL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS EN LA COSTA CARIBE COLOMBIANA

Luis Giraldo<sup>1</sup> y Serguei Lonin<sup>2</sup>

*División de Estudios Ambientales, Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas, Cartagena de Indias D.Ty C., Colombia*

### RESUMEN

El documento presenta los resultados obtenidos de la aplicación del modelo matemático "Hindcast Shallow Water Waves" sobre la costa colombiana, comprendida entre Galerazamba y Barranquilla. Utilizando los resultados del cálculo de energía del oleaje y su variación en los puntos de una malla de cálculo, el paquete se ha complementado con un bloque de cálculo de la función de corriente y de la deriva litoral y corrientes generadas por las olas de diferentes direcciones.

Se han identificado dos sectores con las siguientes características: El primero comprendido entre Bocas de Ceniza y Morro Hermoso, donde los gradientes de batimetría son pronunciados y el oleaje llega a la costa con mayor energía y se forman las corrientes de compensación de mayor intensidad; el segundo, entre Morro Hermoso y Lomarena, donde la batimetría es suave y la energía del oleaje en la costa decrece. Asimismo, se identificó el oleaje proveniente del noroeste, como el de mayor incidencia erosiva en la costa.

### ABSTRACT

*This paper introduces the results of applying the "Hindcast Shallow Water Waves" model to the colombian coast, sector from Galerazamba through Barranquilla. Using the wave energy and its variation in the grid points, the model was completed with a stream function, litoral drift and wave stream routines.*

*It has been identified two sectors with the following characteristics: The first one extends from Bocas de Ceniza to Morro Hermoso, with significant depth gradients and waves approaching to the coast with high energy; the second one, from Morro Hermoso to Lomarena, with smooth bathymetry and decreasing wave energy decreasing. It was determined northwest waves, as the responsible for the more significant erosion of the coastal line.*

### 1. INTRODUCCION

Ha sido siempre una preocupación de los pobladores de las zonas costeras y, en general, de los países con salidas al mar, la conservación de sus litorales, tratando en la medida de lo posible de defenderlos de los embates de los elementos marinos. En unos casos la erosión conduce a la pérdida de tramos considerables de costa y al

retroceso de los límites marinos del País; en otros, la sedimentación no deseada de sectores importantes en el sentido económico, obstaculiza el intercambio y renovación de las aguas en zonas de cultivos de peces, camarones, etc. Ya en 1728, en Callao (Perú) la población colonial determinó instalar unos espigones incipientes contruidos con arena y piedra para defender un sector de murallas. Las costas colombianas, especialmente las del Caribe, presentan ejemplos claros de protecciones artificiales, calculadas y contruidas a fin de disminuir el efecto de la dinámica marina sobre el litoral.

<sup>1</sup>Ing. Oceanólogo, M SC.

<sup>2</sup>Ing. Oceanólogo, Ph. D.

El diseño de obras de protección de un sector costero debe considerar tres aspectos fundamentales: Los efectos morfológicos que se derivarán de la construcción de la obra a implementar, los aspectos medio ambientales, propios del sector de interés y cuáles de ellos determinan el proceso que queremos estudiar y, por último, el diseño final de la obra de protección. De estos debemos destacar los factores ambientales como determinantes definitivos de los demás aspectos y, dentro de ellos, se identifica al oleaje como el parámetro más interesante y fuerza motriz de los procesos costeros. Es, entonces, objetivo del presente trabajo describir la base teórica utilizada para el cálculo del oleaje en el sector comprendido entre Galerazamba y Barranquilla (Bocas de Ceniza) y del transporte de sedimento a lo largo de este tramo de litoral, así como los resultados obtenidos.

## 2. CONCEPTOS TEORICOS

Como una medida de la intensidad de los procesos costeros se toma la deriva litoral, definida como el transporte de sedimentos que resulta de la conjugación de diferentes factores, entre los cuales, la acción del oleaje se destaca como el más importante. La dirección y la tasa del transporte litoral dependen de la componente de la energía del oleaje, paralela a la costa, de las características y de la disponibilidad del sedimento y de otros factores tales como el rango de mareas y la pendiente costera (Holmes, 1975).

Los conceptos clásicos sobre el oleaje se fundamentan en la caracterización de los aspectos más importantes de una ola, producida por cualquier perturbación de la superficie libre del mar en aguas profundas. Tales características son: la altura  $H$ , el período  $T$  (frecuencia  $f = 1/T$ ), longitud de onda  $\lambda$  y la velocidad del desplazamiento (velocidad de fase)  $C = \lambda/T$ , que es equivalente a la relación  $f/k$ , donde  $k$  es el número de onda, que expresa el número de crestas en la unidad de distancia. En el caso de olas dispersivas en aguas profundas, la velocidad de grupo  $C_g$  es igual a la mitad de la velocidad de fase, que puede ser calculada por la relación de dispersión:

$$C_g = \frac{\partial f}{\partial k}$$

En aguas someras no es posible hablar de olas dispersivas, debido al papel regulador del fondo, donde la velocidad de fase tiende a la de grupo ( $C \rightarrow C_g$ ). En aguas con profundidades  $h$  finitas

$$f^2 = gk \tanh(kh); \quad C_g = \frac{1}{2} \frac{f}{k} \left[ 1 + \frac{2kh}{\sinh(2kh)} \right],$$

donde  $g$  es la gravedad. Para profundidades muy grandes

$$C_g = \frac{1}{2} \frac{f}{k} \text{ y para aguas muy someras } C_g = \frac{f}{k} = \sqrt{gh}.$$

Esta teoría está sustentada en la concepción lineal del oleaje para el caso de olas bajas. Sin embargo, en el océano el oleaje se presenta como un paquete de olas de diferentes características, en cuyo caso, debe tomarse como objeto del análisis el espectro de densidad de la energía, que representa la distribución de esta última como función del período (o de la frecuencia) y la dirección.

Se aplica este concepto teniendo en cuenta que la correspondencia que existe entre las características del oleaje y el viento de poca intensidad, se rompe con el incremento de la velocidad de este último. Así, si bajo velocidades de 25 cm/s en la superficie se forman ondas capilares con un alto grado de uniformidad y alturas de unos cuantos milímetros (Istoshin, 1969), el aumento de la intensidad del viento conduce al paso de las ondas capilares a gravitacionales, las cuales, en una primera etapa, presentan peraltes significativos de  $a = 1/7 - 1/10$ . El posterior aumento de la velocidad  $W_a$  del viento llevará al rompimiento de las relaciones determinísticas entre los elementos del oleaje y  $W_a$ , debido a que las olas dependen, también, del tiempo y la distancia de acción uniforme del viento (fetch). Bajo tales condiciones, el desarrollo de las ondas gravitacionales puede ser determinado a través del balance de energía.

Con el objeto de ser aplicado posteriormente en el cálculo del transporte de sedimentos y de la intensidad de la deriva litoral, el presente estudio ha enfocado el análisis del oleaje con base en la determinación de la evolución de la energía desde la zona de aguas profundas, donde la influencia de la profundidad es aún imperceptible, y su posterior aproximación a la costa, donde la profundidad tiene un orden de magnitud similar a la longitud de la onda.

Las metodologías existentes para la determinación de la energía del oleaje se sustentan en la aplicación de teorías, ya sea monocromáticas (Raubenheimer et al., 1996) o bien de soluciones para superficies. Los modelos estacionarios así creados, se orientan a la solución de la ecuación de energía:

$$\nabla(C_g E) = F,$$

donde  $F$  es la pérdida de energía y es igual a cero en

aguas profundas, mientras que en aguas someras  $F < 0$ .

Un método práctico es efectuar el cálculo de energía del campo de oleaje en los puntos de la malla en que hayamos dividido la zona de interés (en lugar de hacerlo a lo largo de los frentes de ola) aplicando un modelo paramétrico. Así, el espectro es discreto con respecto a las direcciones y paramétrico en cuanto a las frecuencias. Esto significa que en cada dirección se propagan dos características: la densidad de energía, integrada con respecto a las frecuencias, y la frecuencia media. Ambas características varían a través del área de estudio y pueden ser calculadas integrando los efectos locales del viento, el fondo y las corrientes, mientras se propagan con una velocidad de grupo correspondiente a la frecuencia media (entendida como una componente unidireccional del oleaje) a lo largo y ancho de la zona de estudio. Así, para el cálculo deberán considerarse tantos componentes como direcciones haya en el espectro. La variación de la acción del oleaje se calcula para cada dirección, aplicando en forma separada las siguientes ecuaciones (Holthuisen et al., 1989, Booij et al., 1993):

$$\frac{\partial}{\partial x}(C_x^* A_0) + \frac{\partial}{\partial y}(C_y^* A_0) + \frac{\partial}{\partial \theta}(C_\theta^* A_0) = T_0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial x}(C_x^{**} A_1) + \frac{\partial}{\partial y}(C_y^{**} A_1) + \frac{\partial}{\partial \theta}(C_\theta^{**} A_1) = T_1 \quad (2)$$

La ecuación (1) representa la evolución del espectro de densidad de la acción del oleaje para cada dirección espectral para el momento estadístico de orden cero  $A_0$ , mientras que (2) lo es para el momento de primer orden densidad de acción en cada dirección espectral  $A_1$ . En estas ecuaciones  $C_x^*$ ,  $C_y^*$  y  $C_\theta^*$  son las velocidades de propagación de la acción del oleaje en el espacio  $x$ ,  $y$  y  $\theta$ ;  $C_x^{**}$ ,  $C_y^{**}$  y  $C_\theta^{**}$  son las velocidades de propagación de la frecuencia media en el mismo espacio; en ambas ecuaciones  $C_x$  y  $C_y$  son velocidades de movimiento rectilíneo, mientras que  $C_\theta$  representa la refracción. La generación y la disipación de  $A_0$  y  $A_1$  están representadas por los términos  $T_0$  y  $T_1$ . En términos generales, la parte izquierda de las ecuaciones (1) y (2) describe la propagación del oleaje en el espacio  $x$ ,  $y$  y  $\theta$ .

Los fenómenos físicos que son descritos por estas ecuaciones son la refracción, la acción del viento, la disipación por deriva y por corrientes. La propagación se analiza en forma rectilínea, a lo largo de los ejes  $x$  y  $y$ ;

considerando su refracción. Las velocidades  $C_x$  y  $C_y$  del movimiento rectilíneo se determinan con base en la teoría lineal del oleaje, incluyendo los efectos del fondo y las corrientes.

Convencionalmente el método de más aplicación para el estudio de la refracción del oleaje ha sido la teoría de rayos, que implica un cambio de dirección continuo del transporte de energía mientras la ola se desplaza por el área de estudio (a lo largo de un rayo), conocido como la aproximación lagrangeana del proceso. Es posible concebir este mismo proceso como el desplazamiento de la energía, no solo a través del área de estudio, sino también de una dirección a otra. Este último aspecto permite considerar hacer aplicación de la aproximación euleriana, según la cual la energía no se propaga sino a través de una malla de puntos en que se ha dividido previamente el área de interés. Así, la refracción se considera como un proceso de transmisión de energía de una dirección a otra durante el desplazamiento de la ola (Booij et al., 1993). Este es el proceso que se describe con las ecuaciones (1) y (2).

El vector de transporte de energía se determina por la fórmula:

$$F_x = \int \rho g C_x \sigma A d\theta; \quad F_y = \int \rho g C_y \sigma A d\theta,$$

donde  $\rho$  es la densidad del agua,  $\sigma$  es la frecuencia afectada por las corrientes. En ausencia del campo de corrientes  $\sigma(\theta)$  es igual a la frecuencia del oleaje.

El vector de transporte está determinado por la magnitud de las componentes del tensor de tensiones radiativas en la ola

$$S_{xx} = \int \rho g (n \cos^2 \theta + (n-1/2)) \sigma A d\theta$$

$$S_{xy} = \int \rho g n \sin \theta \cos \theta \sigma A d\theta$$

$$S_{yy} = \int \rho g (n \sin^2 \theta + (n-1/2)) \sigma A d\theta,$$

donde  $n$  es la relación de la velocidad de grupo a la

$$\text{velocidad de fase } n = \frac{C_g k}{f}$$

Así, el vector de las fuerzas radiativas se determina a través de las divergencias

$$F_x = \left( \frac{\partial S_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{xy}}{\partial y} \right); \quad F_y = \left( \frac{\partial S_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial S_{yy}}{\partial y} \right)$$

La primera aproximación del carácter del transporte litoral, generado por el oleaje, lo obtenemos calculando la función de corriente  $\Psi$ , que nos expresa el movimiento integral de la columna de agua en la zona de estudio. Para el caso estacionario que estamos considerando, esta función se calcula por la fórmula:

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} + \frac{\partial F}{\partial x} \frac{\partial \psi}{\partial x} + \frac{\partial F}{\partial y} \frac{\partial \psi}{\partial y} = \frac{g}{F} \left\{ \frac{\partial}{\partial x} \left[ -\frac{1}{h} \frac{F_x}{\rho} \right] - \frac{\partial}{\partial y} \left[ -\frac{1}{h} \frac{F_y}{\rho} \right] \right\}$$

La fuerza  $F$  de fricción puede determinarse como

$$F = \frac{2\bar{c}H}{h^2 T \sinh(kh)}$$

donde  $\bar{c}$  es el coeficiente de fricción, igual a  $2 \cdot 10^{-3}$ . La función de corriente se determina entonces a través de las componentes de la corriente  $\bar{u}$  y  $\bar{v}$ ,

$$\bar{u} = -\frac{1}{d} \frac{\partial \psi}{\partial y}; \quad \bar{v} = +\frac{1}{d} \frac{\partial \psi}{\partial x}$$

Para caracterizar el sector de estudio en términos de erosión/sedimentación se complementó el modelo con un bloque de sedimentos, basado en el cálculo del flujo de partículas, determinado a su vez por una concentración de equilibrio, teniendo en cuenta las condiciones de estacionaridad:

$$Q_x = \bar{u} C_{eq} \cdot Q_y = \bar{v} C_{eq}$$

La concentración de equilibrio  $C_{eq}$  representa un contenido de material, que no puede superar un valor de saturación dado para las condiciones ambientales reinantes. Así,

$$C_{eq} = \alpha \ln(\beta u_* / w_g) \vartheta$$

donde  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$  son constantes empíricas;  $w_g$  es la velocidad vertical de sedimentación de una partícula  $\vartheta$  es la función de parametrización integral de los efectos

de la estratificación vertical de la suspensión en toda la columna de agua y se calcula por (Lonin, sin publicar)

$$\vartheta = \frac{[1 - \exp(-\gamma h)]}{\gamma h}, \quad \gamma = \text{Const.}$$

Para determinar las zonas de erosión o sedimentación en el sector de estudio, es suficiente calcular la divergencia del vector de transporte del material suspendido

$$D = \text{div} \vec{Q}$$

El sector de estudio se puede caracterizar así:

$D > 0$  para zonas de erosión,  $D < 0$  para zonas de sedimentación.

### 3. INFORMACION UTILIZADA

Los cálculos de los parámetros y su evolución por efecto del asomeramiento se efectuaron a partir de la información contenida en el Atlas climatológico para el mar Caribe (CIOH, 1997). El viento registrado durante las salidas de campo efectuadas entre 1996 y 1997 permitieron identificar las épocas climáticas en las que se enmarcó cada salida y caracterizar la información del viento en el marco de las dos épocas relevantes para el Caribe colombiano: seca y húmeda. Se definieron los oleajes correspondientes a cada una de estas épocas, para los cuales se efectuó la simulación de su evolución con el bloque de oleaje, para posteriormente calcular la intensidad de las corrientes y el transporte de sedimentos y posterior influencia, así:

EPOCA	DIRECCION	ALTURA(metros)	PERIODO(seg.)
SECA	NORESTE	2	7
TRANSICION	NOROESTE	2	7
HUMEDA	OESTE	2	7

Estas condiciones presentan un porcentaje ocurrencia en las costas de la zona de estudio, superior al 60%, de acuerdo con CIOH (1997).

En el bloque de sedimentos se dio una velocidad vertical  $w_g = 7 \cdot 10^{-4}$  m/s.

La malla batimétrica inicial fue de 56 X 100 puntos con un  $\Delta x = \Delta y = 250$  metros, debido a la propiedad del modelo de calcular las características del oleaje en cada punto de la malla, esta resolución no ejerce ninguna influencia en la resolución de cualquier tipo de oleaje, dado que los cálculos se efectúan en términos de energía transportada. Sin embargo, aprovechando las ventajas del esquema numérico y para lograr aumentos en la resolución de la zona de rompiente, especialmente, el paso de la malla fue disminuido a  $\Delta x = \Delta y = 125$  metros mediante interpolación bilinear (Booij et al., 1993), para adoptar una configuración de 113 X 201 puntos.

La batimetría del lugar se caracterizó por presentar los mayores gradientes en los sectores central y norte, mientras que en el sur, frente a Lomarena (Figura 1), la isóbata de los 10 metros penetra en forma considerable hacia mar abierto. El ángulo de orientación de la costa fue estimado en 53 grados con respecto del norte.

#### 4. RESULTADOS Y ANALISIS

El efecto de la disminución de la profundidad con el acercamiento a la costa sobre los parámetros del oleaje (asomeramiento), se ve mejor expresado en las variaciones de los campos de altura y longitud de las olas. En la Figura 2 llama la atención la diferencia en la evolución del oleaje en cada sector de la zona de estudio. Frente a Bocas de Ceniza el oleaje proveniente del noroeste sufre una evolución mucho más lenta y la zona de rompiente forma una franja mejor definida que frente al sector de Lomarena, donde el ángulo de la pendiente es mucho menor.

Esta evolución se ve mejor reflejada por el campo de longitud (Figura 3). El recorte de las olas está en perfecta correlación con la batimetría de la zona. Esto es fácilmente apreciable en el sur, frente a Lomarena, donde la isóbata de los 10 metros penetra hasta una distancia aproximada de 10 kilómetros y dibuja el contorno de las longitudes de onda entre 60 y 70 metros, para el caso del oleaje del noroeste. Se distinguen entonces dos sectores en la zona de estudio, con las siguientes propiedades: Un sector norte, comprendido entre Bocas de ceniza y Morro Hermoso, donde los gradientes de profundidad son pronunciados y el recorte de la ola se efectúa con mayor rapidez en proximidades al contorno costero; un segundo sector, ubicado al sur de Morro Hermoso y que se extiende hasta Lomarena, donde los gradientes son suaves y el proceso de recorte de la ola se inicia a una mayor distancia. Estas condiciones, con algunas variaciones poco importantes, se conservan durante todo el año en el sector de estudio, debido, principalmente, a

una tendencia del campo de vientos a conservar la componente norte como predominante durante las dos épocas climáticas.

Sin embargo, la formación de sectores con tendencias de erosión o sedimentación en la zona de estudio parece obedecer más a la presencia de la componente zonal del viento (del oleaje) que la meridional. Esta observación se deduce de los resultados obtenidos en el cálculo de la energía del oleaje y del transporte litoral.

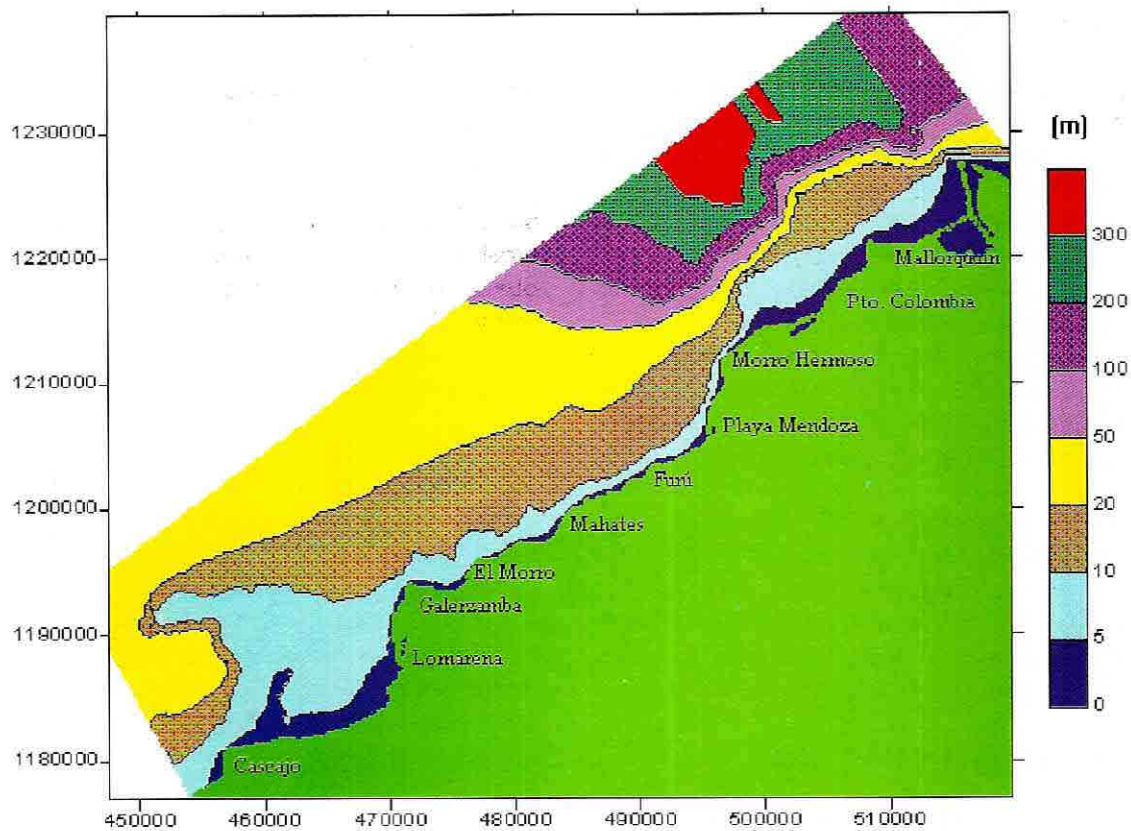
En el caso del oleaje proveniente del noroeste, se observa la proliferación de sectores de concentración de energía y formación de corrientes de compensación en dirección hacia mar abierto, que originan índices de erosión superiores a los de zonas vecinas (Figuras 4 y 5). Este aspecto lo reflejan en forma clara, tanto el campo de función de corriente, donde abundan los vértices de diferente sentido en proximidades de la costa, como el de dirección y velocidad de la corriente generada por el oleaje, donde, con rojo, se representan las mayores velocidades del tránsito litoral ( $V = 0.03$  m/s). Así, se identifican los sectores al norte del área de estudio, en proximidades a Bocas de Ceniza, como los de mayor acción del oleaje y concentración de la energía.

Entre tanto, el oleaje del oeste, con una probabilidad significativa durante la época de transición en las series multianuales (CIOH, 1997), presenta índices bajos de energía en su aproximación a la costa, generando menor cantidad de sectores de convergencia energética (Figuras 6 y 7). La menor incidencia del oleaje del oeste se refleja en la estabilidad que durante la época de transición caracteriza a la mayor parte de la zona de estudio, donde sólo se identifican los sectores de Mahates y Playa Mendoza como afectados por la acción de oleaje y con tendencia a la erosión.

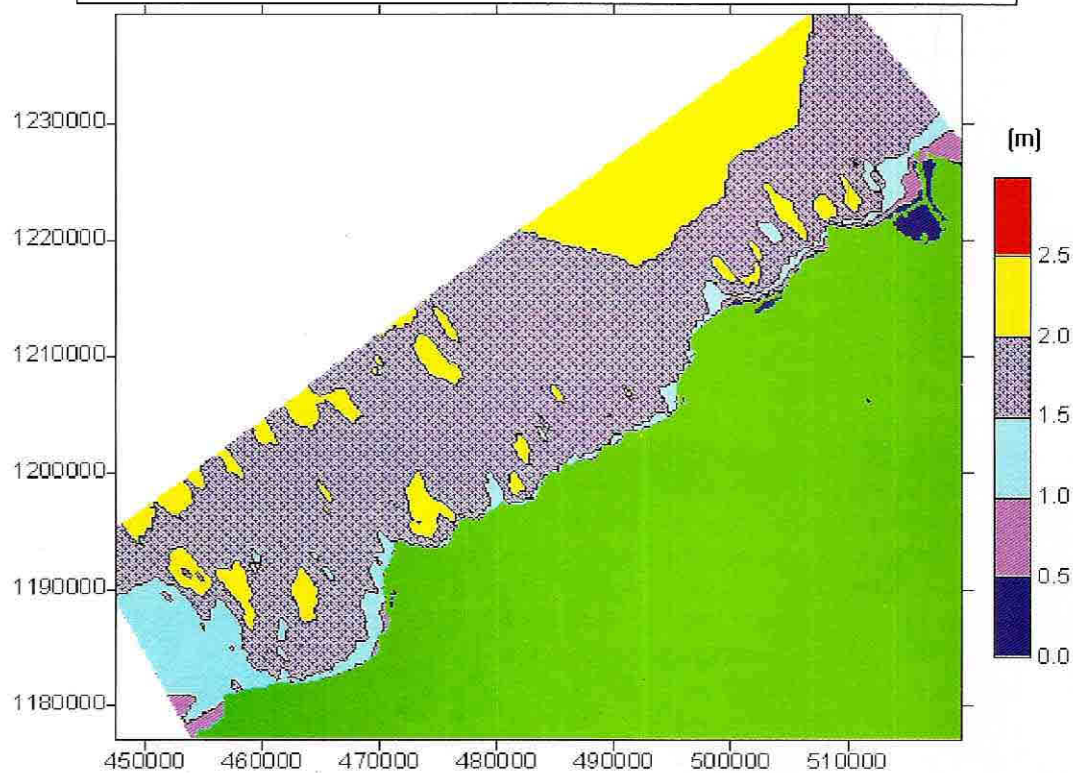
La mayor influencia de la componente zonal del viento (y del oleaje) en la estabilidad de la línea de costa se ve reflejada en las Figuras 8 y 9, donde la configuración del campo de corrientes de oleaje no dibuja zonas de formación de corrientes de compensación, a excepción de los sectores de mayor dinámica, ubicados en La Garita, Mahates y al oeste de Salinas del Rey.

#### 5. CONCLUSIONES

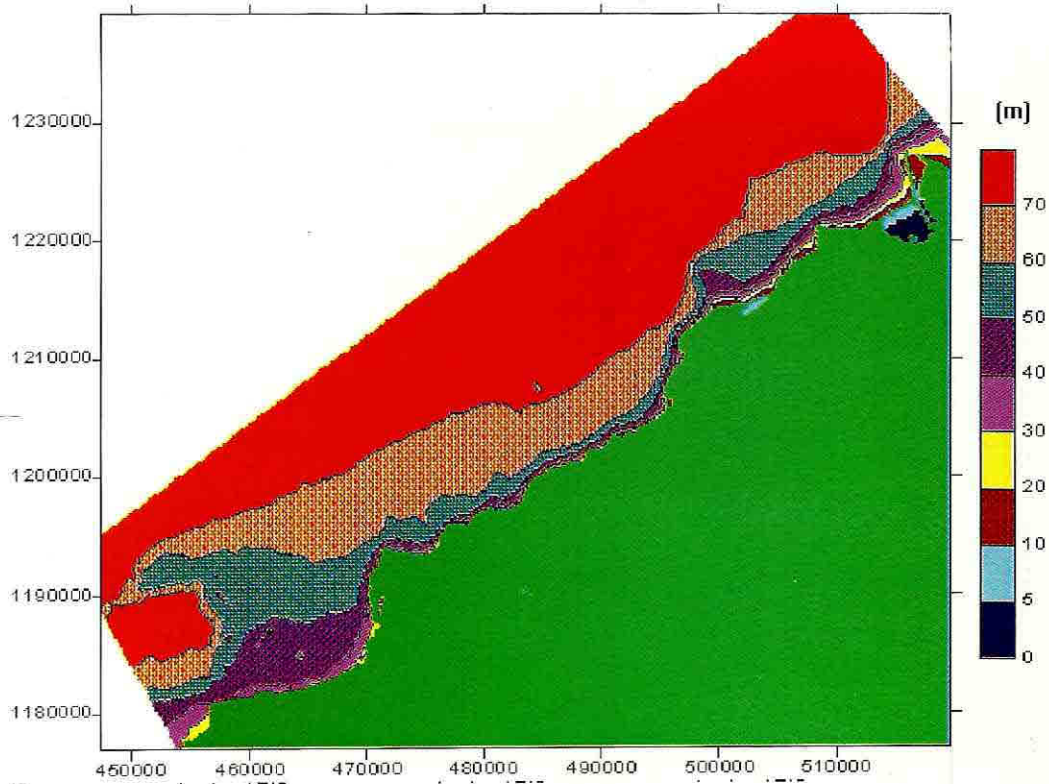
Se ha creado una herramienta de gran utilidad, que en conjunto con la percepción remota y los trabajos de validación en el campo, permite emitir conceptos sobre la evolución del oleaje en un sector determinado y su influencia sobre la línea de costa. Los resultados permiten



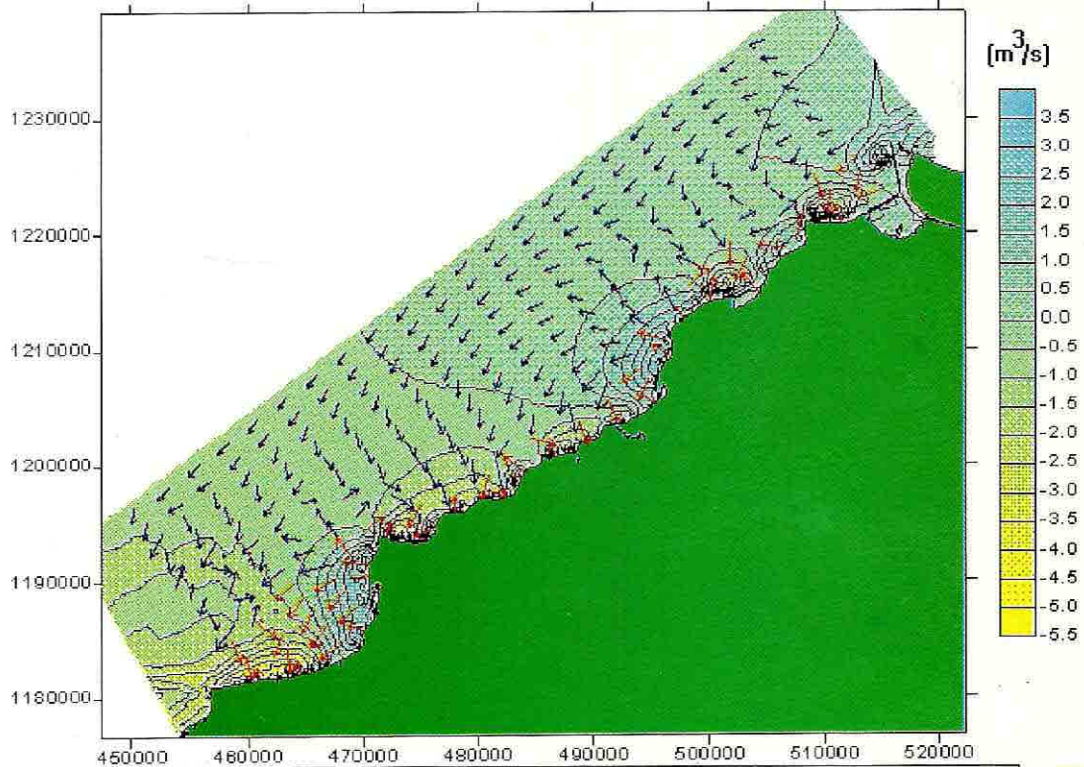
**Figura 1.** Aspecto de la barimetría en el sector comprendido entre Galerazamba y Bocas de Ceniza.



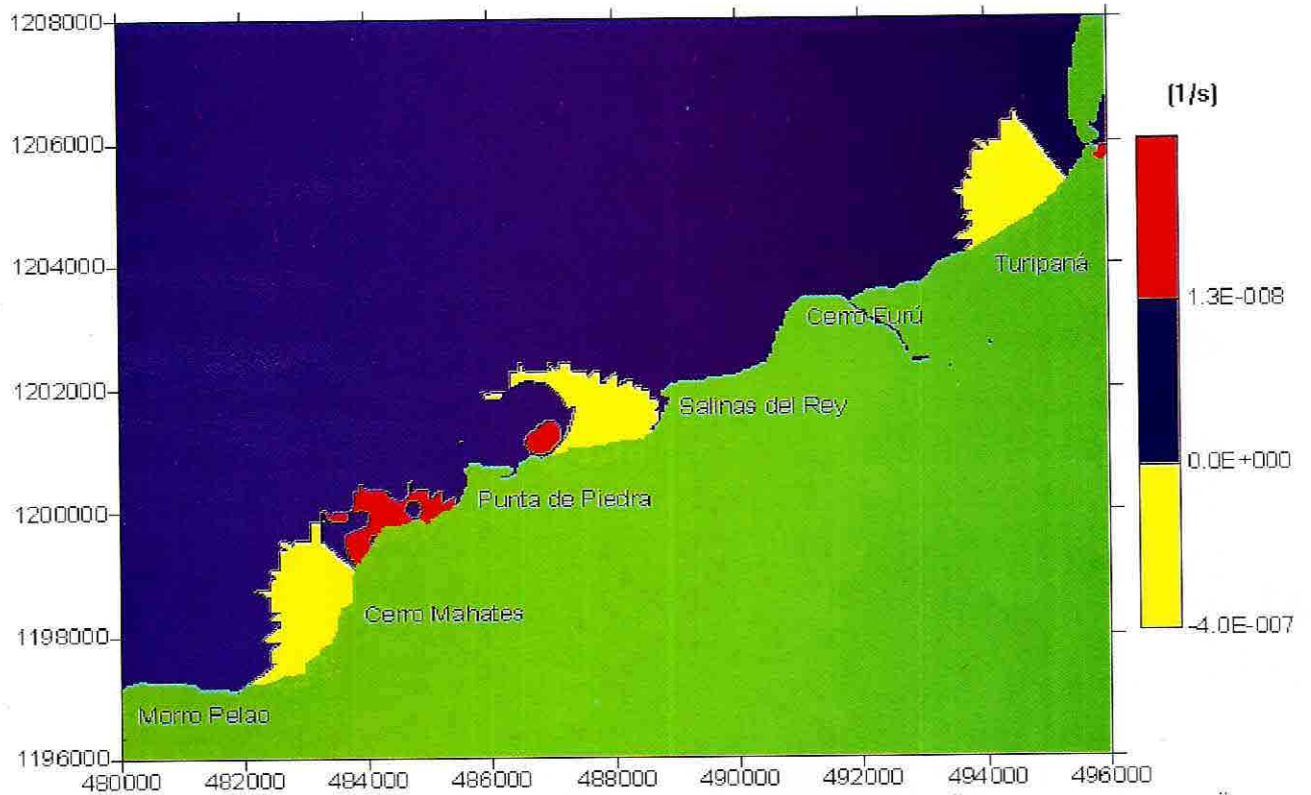
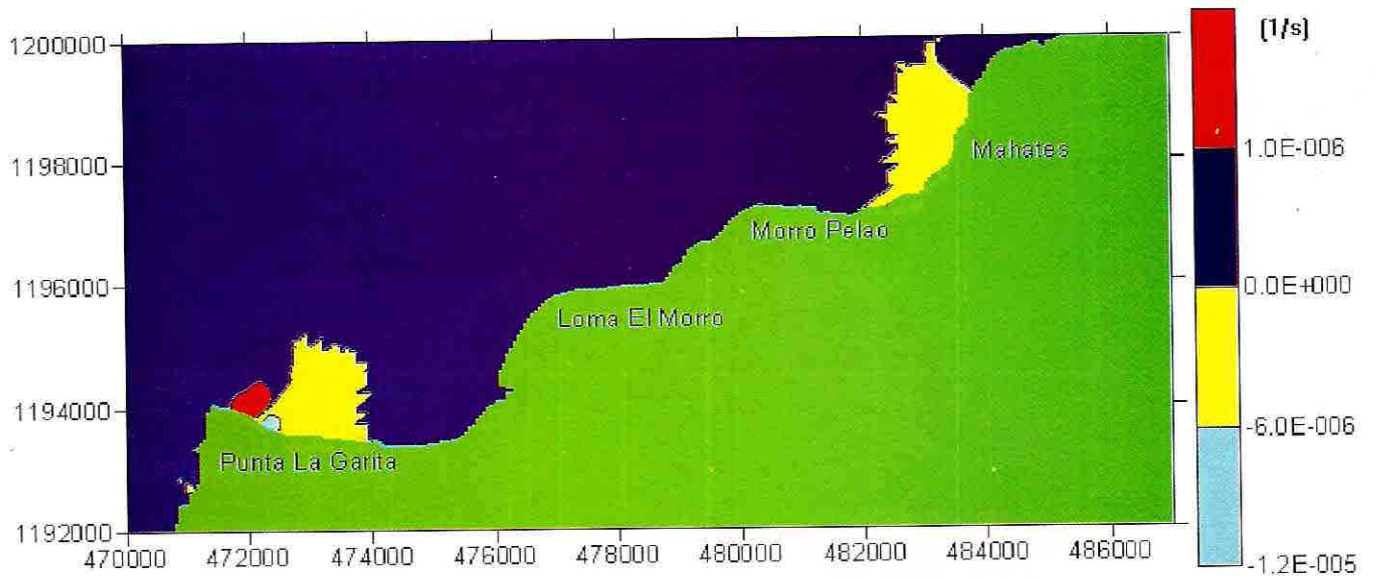
**Figura 2.** Evolución del oleaje del noreste. Altura en aguas profundas 2.0 metros y periodo 7 segundos. Condiciones de la época seca.



**Figura 3.** Disminución de la longitud de onda con la aproximación del oleaje del noreste a la costa.

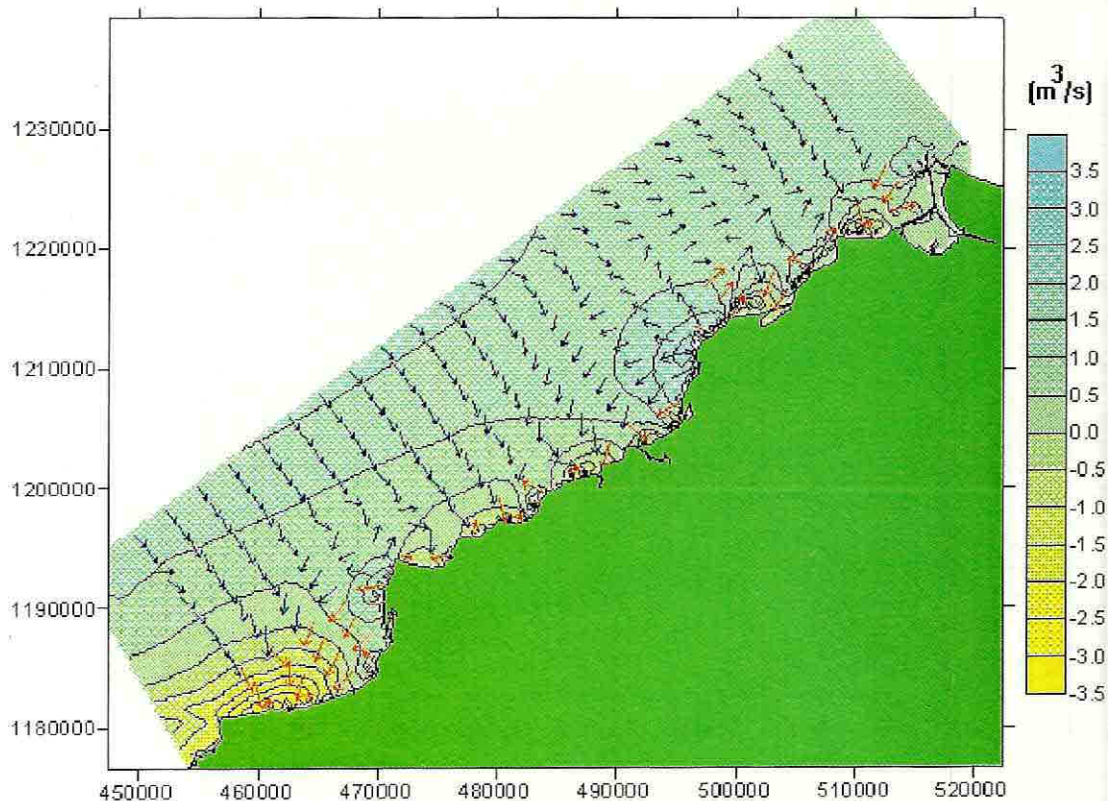


**Figura 4.** Corrientes generadas por el oleaje del noreste y resalte de la circulación de deriva en la costa.

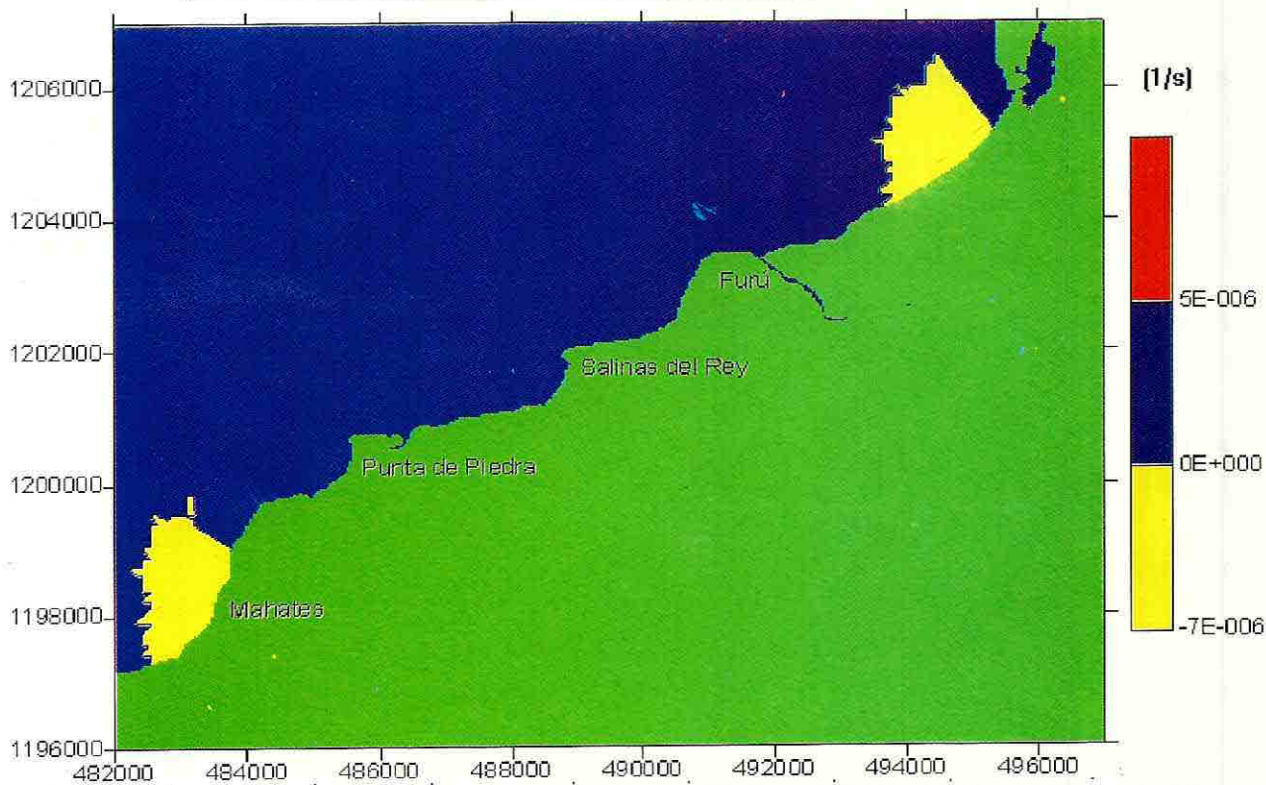


**Figura 5.** Ubicación de las zonas con tendencias a la erosión (en amarillo) o sedimentación (en rojo) en el litoral durante la época seca.

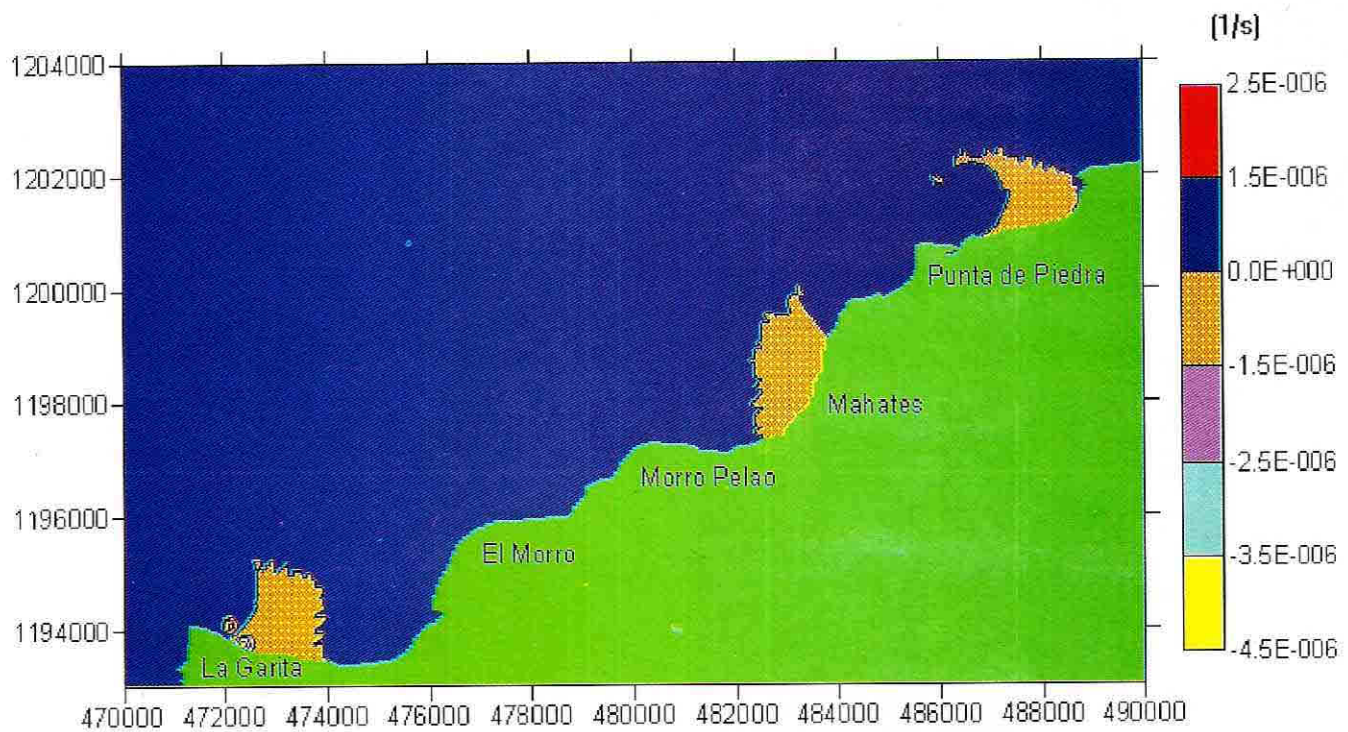




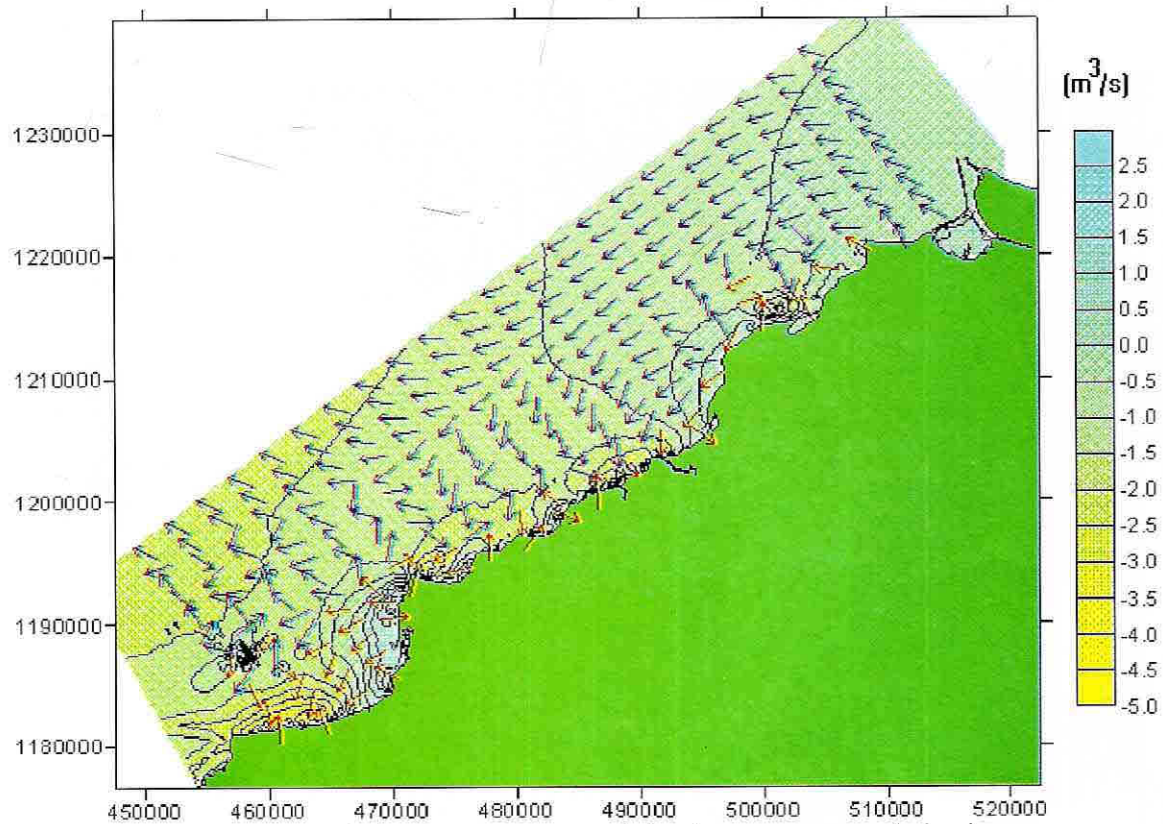
**Figura 6.** Corrientes generadas por el oleaje del oeste y carácter de la circulación de deriva en la costa.



**Figura 7.** Ubicación de las zonas con tendencias de erosión (en amarillo) o sedimentación (en rojo) en el litoral, por efecto del oleaje del oeste.



**Figura 8.** Corrientes generadas por el oleaje del noreste y carácter de la circulación de deriva en la costa.



**Figura 9.** Ubicación de las zonas con tendencias de erosión o sedimentación en el litoral, por efecto del oleaje del norte.

identificar zonas con tendencia sedimentaria o de acreción y caracterizar el litoral en términos de su morfodinámica.

Aunque la tendencia general observada, es la de conservar un balance erosivo sedimentológico estacional, con desgaste de la mayor parte del litoral durante la primera mitad del año y recuperación durante la segunda, se identificaron sectores como La Garita y Mahates, donde la erosión es un fenómeno persistente durante la mayor parte del año. En tales sectores, el retroceso de la línea costera es evidente y no presenta aún tendencias hacia la recuperación.

*Agradecimientos:* Este trabajo fue realizado en el marco del proyecto de investigación "Estudio Oceanográfico y Geológico de la Franja Litoral Caribe Colombiano (Barranquilla - Galerazamba), cofinanciado por la Dirección General Marítima y COLCIENCIAS, a quienes los autores expresan su agradecimiento.

## 6. BIBLIOGRAFIA

Booij, N. and LH Holthuijsen, L.H. hiswa user manual. Prediction of stationary, short-crested waves in shallow water with ambient currents, Delft University of Technology, Delft, 76 p, 1993.

Atlas climatológico para el Caribe, Central de Pronósticos Oceanográficos y Meteorológicos Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas, Cartagena - CIOH 120 P, 1997.

Holmes P. Wave condltions In coastal areas, In *Nearshore sediment dynamics and sedimentation*, ed. J. Halls and A. Carr, John Wiley and sons, Taunton, pp. 1 - 16. 1975.

Holthuijsen, L.H., Booij, N. and Herbers, T.H.C. A prediction model for stationary, short-crested waves In shallow water with ambient currents, *Coastal engineering*, Elsevier, Amsterdam, p, 23-54. 1989.

Istoshin, Y. V. *Oceanologia.*, Leningrado: Hldrometeolzdats, 468 p, 1969.

Komar, P.D. Nearshore currents: Generation by obliquely incident waves and longshore variations In breaker height, In *Nearshore sediment dynamics and sedimentation*, ed. J. Halls and A. Carr, John Wiley and sons, Taunton, pp, 17 - 46. 1975.

Morales, E. y Campusano, A. Generación y predicción del olas, Universidad Católica de Valparaiso y Organización de Estados Americanos, Valparaiso, 220 p, 1982.

Raubenheimer, b., Guza, R.T. and Elgar, S. Wave transformation across the inner surf, *Journal. of Geophys. Res.*, Vol. 101, No. C10, pp, 25589 - 25597. 1996.

---

L. Giraldo, S. Lonin, Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas.

A.A .982 Tel 6694465, Fax 6694390, Cartagena, Colombia  
E-mail:ciroh@sirius.enap.edu.co