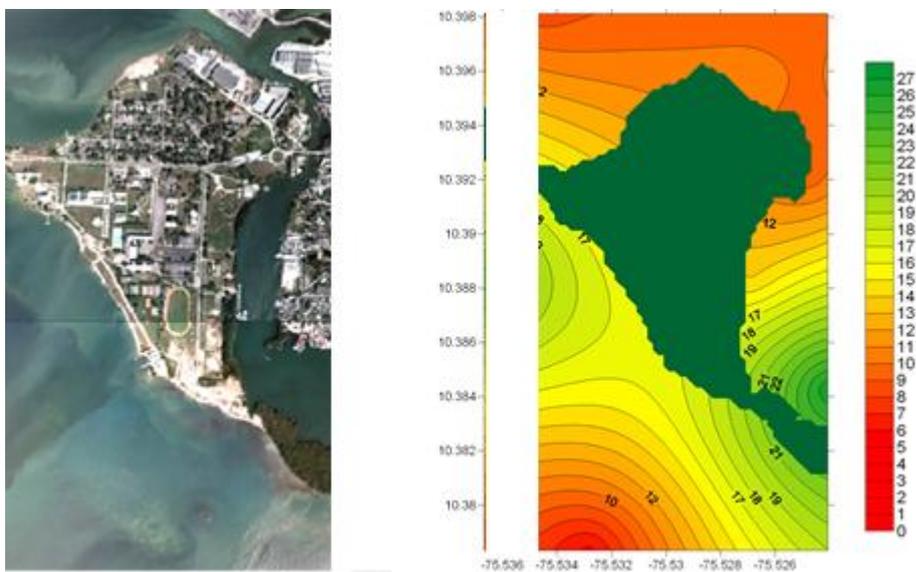


BOLETÍN ELECTRÓNICO No. 3

FACULTAD OCEANOGRAFÍA FÍSICA



Imágenes tomadas del proyecto Manzanillo

Isla de Manzanillo - Variación espacio temporal de concentración de sustancias que absorben en la misma longitud de onda de la feotina-a (mg/m^3) a nivel superficial durante la época de transición.

MARZO 2013

ESCUELA NAVAL DE CADETES "ALMIRANTE PADILLA"

Barrio Manzanillo, Avenida El Bosque
Conmutador 6724610 ext. 122 Telefax: 6724624
www.escuelanaval.edu.co - dfof@enap.edu.co
Cartagena de Indias D.T y C.

TABLA DE CONTENIDO

1. Monitoreo de Calidad de aguas Marinas que circundan la Isla de Manzanillo.
2. 2013 Pan American Advanced Studies Institute (PASI) en los procesos atmosféricos en América Latina y el Caribe: Las observaciones, análisis, y de los impactos.
3. Salida de campo CCPO Marbella y Bocagrande.
4. La Facultad de Oceanografía física y el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe efectúan muestreo de las condiciones océano-atmosféricas y en la Ciénaga de Portonaito.
5. Modelación de Abrasión y Protección de Acantilados

1. MONITOREO DE CALIDAD DE AGUAS MARINAS QUE CIRCUNDAN LA ISLA DE MANZANILLO

Cómo parte de las actividades que integran el Semillero de Investigación “Isla de Manzanillo”, se realizó el 06 de marzo de 2013, salida de campo para toma de muestras de agua, en 7 estaciones definidas para valorar la calidad del agua en esta zona de estudio. En la figura 1, se pueden observar las estaciones monitoreadas, las cuales se integran a la grilla de estaciones que el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas, realiza para estudios de la Bahía de Cartagena.

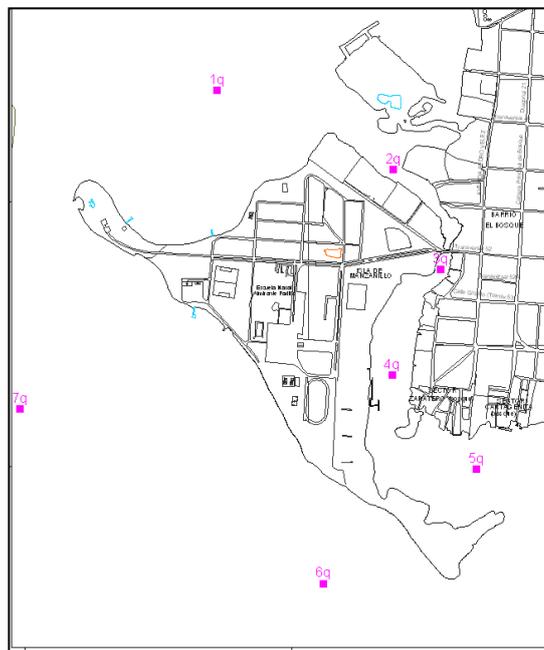


Figura 1. Estaciones de monitoreo Semillero de Investigación “Isla Manzanillo”

Los datos tomados corresponden a la época climática seca, los cuales se integran al segundo año de monitoreo del proyecto “SEMILLA”. Estos resultados, permitirán contribuir con el estado de conocimiento de la dinámica ambiental de las masas de agua de la Bahía de Cartagena.

Para el desarrollo de estas actividades, se contó con el apoyo de la Escuela Naval de Cadetes “Almirante Padilla”, a través del Comando Logístico, Decanatura Académica y el Batallón de Cadetes, quienes suministraron los insumos (lancha, combustible, refrigerios, personal de motoristas) necesarios para la toma de las muestras, y con el apoyo del Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe –

CIOH, se contó con la infraestructura necesaria para la toma y análisis de las muestras, en los laboratorios del Area de Protección del Medio Marino.

Uno de los objetivos fundamentales de la actividad, se centra en la participación de estudiantes del programa, quienes en compañía de docentes e investigadores de la Facultad y el CIOH, recibieron instrucción de cada una de las fases propias de este tipo de monitoreo (Tabla 1).

Tabla 1. Listado de participantes del monitoreo del 6 de marzo de 2013

INSTITUCIÓN	NOMBRE Y APELLIDO
DOCENTE ENAP	STELLA PATRICIA BETANCUR TURIZO
DOCENTE ENAP	CAMILO ANDRÉS PLATZ MARROQUÍN
INVESTIGADOR CIOH	KAREN LÓPEZ SUAREZ
PASANTE CIOH	NEIDIS FONTALVO ALVIS
ESTUDIANTE CURSO 2.1 SPO	CANO MONTEJO MARIA PAULA
ESTUDIANTE CURSO 2.1 SPO	HURTADO CARO ALEJANDRO
ESTUDIANTE CURSO 2.1 SPO	PEÑA MIRELES DANIEL STIVEN
ESTUDIANTE CURSO 4.2 SPO	CADENA DURAN FELIPE ANDRES
ESTUDIANTE CURSO 4.2 SPO	MORALES MONTILLA ALVARO MARTIN
ESTUDIANTE CURSO 4.2 SPO	ESTEBAN RODRIGUEZ YOHANNA MILLARY
MOTORISTA ENAP	SJ MERCADO MIELES DAMIT
MOTORISTA ENAP	SJ. MENDOZA CASTRO JORGE

El proceso de enseñanza aprendizaje, contempla de igual forma que los estudiantes participantes, demuestren mediante la construcción de un escrito, lo aprendido en cada actividad formativa y por ello, a continuación se incluye el documento redactado por los estudiantes del 2.1 SPO, en el cual los cadetes socializan con la comunidad académica su experiencia como integrantes de un monitoreo de calidad ambiental marina.

Por:

STELLA PATRICIA BETANCUR TURIZO

Jefe de Programa Oceanografía Física
Facultad de Oceanografía Física
sbetancur@enap.edu.co

NOTA CADETES CURSO 2.1 SPO

“Toma de Muestras Isla de Manzanillo”

El día 06 de marzo de 2013 se realizó una actividad de campo, en la cual participaron Guardiamarinas, Cadetes y profesionales en el área de oceanografía, biología y microbiología, para hacer una toma de muestras del agua de los alrededores de la Isla Manzanillo; en la cual teníamos en cuenta todos los factores que intervenían en el ambiente.

La mañana comenzó al embarcar todos los instrumentos y equipos que se necesitarían en la toma de muestras en el CIOH, después nos dirigimos al primer punto, el cual fue la boya No. 30, que como punto fijo, permite tener un espacio de referencia y ayuda a ubicación rápida del lugar.

Paso a paso nos fueron explicando cómo se debía proceder, con qué instrumentos se debían tomar los distintos datos y la forma como se debía ir almacenando la información para llevar así un registro total de la actividad.

Las variables que tomamos en cuenta fueron:

- Ubicación (coordenadas con ayuda de un GPS)
- Nubosidad
- Velocidad del viento
- Transparencia
- Temperatura atmosférica y de la masa de agua colectada
- Profundidad
- PH
- Salinidad
- Oxígeno Disuelto.

Todos estos datos los debemos realizar en cada punto en donde se vaya a tomar una muestra, es importante que siempre se anoten, evitando que hayan olvidos en dicho

proceso de toma de muestras. Para este muestreo en particular alrededor de la Isla de Manzanillo, se tomaron 5 estaciones, así:

1. Boya Casa de Huéspedes.
2. Entrada Norte Caño Zapatero.
3. Puente Zapatero.
4. Frente a Pañol de Botes.
5. Entrada Sur Caño Zapatero.

A continuación se presentan los datos tomados en la primera estación; la Boya Casa de Huéspedes (BCH):

La ubicación se tomó con el GPS, en donde simplemente se posicionó la lancha, y se esperó la señal satelital con su subsiguiente marcación de la coordenada respectiva, la cual fue:

 10°23'42" Latitud
 75°32'04" Longitud

La nubosidad se tomó, aplicando el sistema de apreciación por Octas en donde se divide el cielo en ocho partes y se toma la referencia del total de cuadrantes que se encuentre nublado, así:

Octas	Definición	Categoría
0	Despejado	Buen tiempo
1	1/8 de cielo cubierto o menos, pero no cero	Buen tiempo
2	2/8 de cielo cubierto	Buen tiempo
3	3/8 de cielo cubierto	Parcialmente nuboso
4	4/8 de cielo cubierto	Parcialmente nuboso
5	5/8 de cielo cubierto	Parcialmente nuboso
6	6/8 de cielo cubierto	Nuboso
7	7/8 de cielo cubierto o más, pero no 8/8	Nuboso
8	8/8 de cielo completamente cubierto, sin claros	Cubierto

La **Velocidad del Viento** es tomada con un aparato meteorológico llamado **Anemómetro**, usado para la medición del tiempo y, específicamente para medir la velocidad del viento.

La **Transparencia** o turbidez en masas de agua, es con la cual se define el alcance de penetración de luz en el agua y su registro se hace a través de un Disco de Secchi, que está dividido en cuartos que se pintan de blanco y negro. Al sumergirlo está atado a una cuerda graduada con la cual al dejar de visualizar el disco se toma el valor correspondiente al punto marcado. BCH: 1,40 m.

La **Profundidad** se tomó con un cabo amarrado con contrapeso, denominado, **la sondaleza**, este se lanza y al tocar el fondo, permite determinar el valor marcado por la cuerda que delimita con la superficie del agua. BCH: 8 m.

El **PH** es la cantidad de Hidrogeniones o Hidroxilos disponibles en la muestra de agua, se lectura se hizo con ayuda de un **Peachimetro**, el cual, es una herramienta que consiste en una sonda de medición especial para determinar el pH de la muestra.

El valor de **Salinidad** se halló con un **Conductimetro**, el cual es un aparato que mide la resistencia eléctrica que ejerce el volumen de una disolución, este aparato permite hallar los valores de salinidad de una muestra de agua, al igual que determinar la temperatura de la misma. BCH: 31,7 ups (Unidades Practicas de Salinidad).

Para tomar una muestra de agua utilizamos un muestreador de agua **Alfa-Horizontal** (Figura 1) en acrílico, el cual toma una muestra representativa de agua para una profundidad específica; es ideal para muestrear en la termoclina y otros niveles de interés particular.



Figura 1. Botella Alfa Horizontal

El **oxígeno disuelto** que se encuentra en una muestra de agua se halla a través de un **oxímetro**, pero si no contamos con uno, se puede medir a través del **método Winkler** el cual determina la cantidad de mg/l de oxígeno disuelto a través de una

valoración química. Al realizar el método Winkler se puede definir una proporción visual de oxígeno en la muestra, con la cual, si es de tonalidad blanca tiene poca presencia de oxígeno, entre más amarillo o color whiskey esto indica una gran cantidad de oxígeno.

En estas muestras el agua colectada, permitirá la valoración en el laboratorio de los Nutrientes presentes (Nitritos, Nitratos, Amonios, Fosfatos y Silicatos) y la concentración de clorofila-a y feopigmentos presentes a nivel superficial.

Al finalizar se llevaron todos los datos obtenidos en la actividad, al igual que las 5 muestras de agua recogidas en cada estación, para analizarlos en el laboratorio y sacar todos los análisis correspondientes a la muestra. Con esto logramos realizar una actividad propia de nuestra especialidad, con la cual aprendimos demasiado, para aplicarlo en un futuro en las distintas unidades.

Por:

CD. Peña Mireles Daniel Stiven

CD. Hurtado Caro Alejandro

CD. Cano Montejo María Alejandra

2. TALLER DE CAPACITACIÓN ENMARCADO DENTRO DEL PROYECTO COCONET EN LA ESCUELA NAVAL DE CADETES "ALMIRANTE PADILLA"

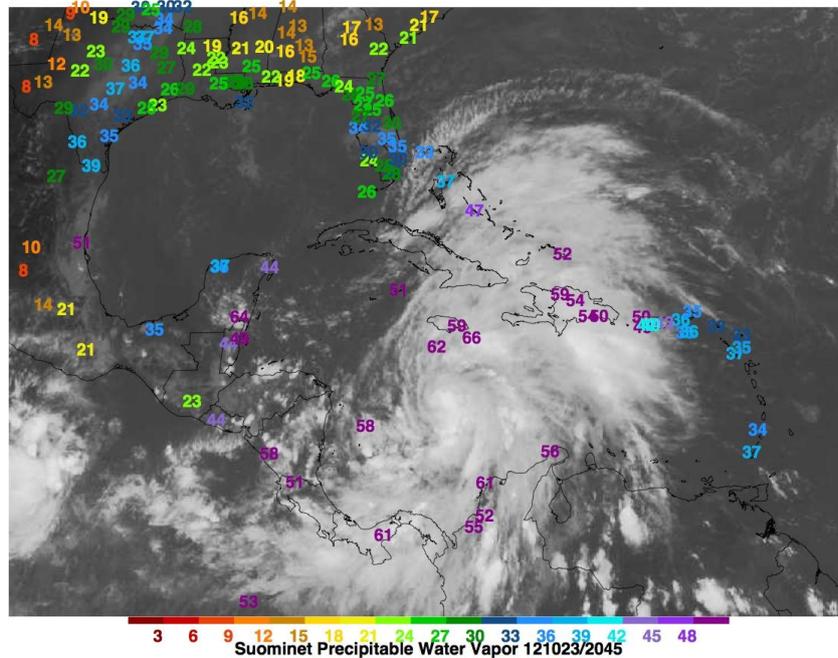


Imagen satelital tomado de internet página proyecto Coconet

Descripción del taller:

Este Taller se destina a fomentar una comunidad de científicos de carrera temprana que están interesados en los procesos atmosféricos que son importantes para América Latina y el Caribe. Este curso de dos semanas le proporcionará un amplio resumen del estado de los conocimientos de los procesos clave que son importantes para la región, incluyendo global tele-conexiones, sistemas regionales monzón, fuentes regionales de humedad y su transporte, los huracanes, océano de aire las interacciones, los huracanes, y pequeña escala convección.

Lugar y Fecha: Cartagena, Colombia 27 de mayo - 7 junio de 2013



Imagen de Cartagena tomada de internet

Este Taller de dos semanas se celebrará en Cartagena, Colombia, 27 de mayo - 7 2013 junio en las instalaciones de la ENAP.

Beneficios del Taller a la Escuela Naval "Almirante Padilla"

- La ENAP-ARC tendrá un espacio de 60 minutos para exponer los avances en investigación y/o desarrollo de proyectos en temas relacionados con el ascenso del nivel del mar, amenazas de origen marino y cómo la información recibida en el curso podría servir para mejorar las herramientas computacionales con la calibración de modelos ya existentes. (modelo atmosférico y oleaje).
- Se recibirá capacitación y quedará en cada uno de los computadores de los alumnos participantes una herramienta que le permitirá interpretar la información que actualmente ofrece la red de monitoreo en todo el Caribe, la cual puede servir de apoyo para los pronósticos atmosféricos del CIOH y generar conocimiento en alumnos e investigadores ENAP.
- Se podrá tener acercamiento con el gremio académico internacional para explorar la posibilidad de traer docentes para los alumnos de pregrado y posgrado en Oceanografía, dirección de trabajos de grado, acceder a capacitaciones o asistencia a eventos internacionales de personal de planta, fortalecer el grupo de investigaciones de Oceanología GIO. Este tipo de espacios favorece además la inclusión en redes de información y redes de cooperación, que hoy día son una de las estrategias que las instituciones han creado para fortalecer la investigación.
- Se mejorarán los indicadores de medición, para los procesos de acreditación, medición de grupos ante Colciencias y gestión de calidad; además la participación de la ENAP como organizador de eventos científicos, representa

un valor agregado para el cumplimiento de los objetivos de excelencia académica.

- Se tendrá acceso a las memorias, en las cuales el programa tendrá autoría dada la ponencia incluida dentro de la agenda del evento en mención. Esto al final, se convertirá en una publicación que aumentara los indicien del grupo de investigación GIO.
- Se fortalecerá la imagen institucional ya que se tendrá la participación de 30 investigadores en el nivel de Doctorado y Posdoctorados de 10 países extranjeros y periodismo local. Este evento se realizará por primera vez en América Latina y es financiado por la agencia espacial NASA y la fundación nacional de USA para la ciencia.
- Cooperación interinstitucional ya que asistirán personal del Instituto del Servicio Geológico Colombiano y Fuerza Aérea Colombiana en calidad de alumnos.
- El requerimiento por parte de la organización se centra en el préstamo de un aula con internet con espacio para 45 personas aproximadamente, apoyo logístico para la toma del almuerzo y coffee break, un salón para presentación de posters por un día en horas de la tarde. Este apoyo es posible acuerdo visita previa del suscrito y el Dr Hector Mora representante para Colombia del proyecto COCONET y los Oficiales encargados de las dependencias comprometidas.
- Los costos del evento son asumidos por el proyecto y en caso de ser autorizado se trabajaría en una propuesta económica de la misma.

Participantes:



COSMIC



UCAR



NSF



SGC



COCONet



NOAA



DIMAR



UNAVCO



Colombian Naval Academy

POR:

CF NELSON ENRIQUE MURILLO GÓMEZ

Decano Facultad De Oceanografía Física

3. SALIDA DE CAMPO CURSO DE COMPLEMENTACIÓN PROFESIONAL EN OCEANOGRAFIA FISICA A MARBELLA Y BOCAGRANDE



Imagen tomada desde el la terraza del Edificio Tocahagua, en El Laguito- Cartagena

El pasado 21 de febrero el Curso de Complementación Profesional en Oceanografía realizó una salida de campo con el fin de afianzar conocimientos dentro de la programación de la malla académica que desarrolla la Facultad de Oceanografía Física de la Escuela Naval "Almirante Padilla". Dicha salida se llevó a cabo en los sectores de Marbella, Bocagrande y El Laguito de la ciudad de Cartagena con la orientación de la MSc. Adriana Puello Alcázar, quien dicta la asignatura de "Ondas Oceánicas". La salida consistió básicamente en hacer observaciones desde lo alto de varios edificios ubicados en los sectores antes mencionados y de este modo poder relacionar los conocimientos teóricos de clase con los prácticos.



Imagen tomada desde el la terraza del Edificio Tocahagua, en El Laguito- Cartagena

Desde los puntos de observación, fue posible ver fenómenos como el de la refracción, reflexión y difracción, la manera como la energía de la ola altera la línea de costa y a su vez como las estructuras (espolones, rompeolas) influyen directamente en la erosión o sedimentación acelerada de ciertas zonas de playa. También se evidenció y se obtuvo datos de altura de la ola, periodo de la ola, longitud del oleaje, dirección del tren de olas y turbidez. Toda esta información es esencial para el estudio de los modelos y la construcción de estructuras.

Para diseñar una estructura como un espolón o un rompeolas hay que hacer un levantamiento topográfico, batimétrico, perfiles de playa, análisis de erosión-sedimentación, estudio granulométrico, estudio de corrientes, estudio del oleaje y estudios hechos por entidades sobre la zona a lo largo del tiempo. Una ventaja de estos últimos es la utilización de modelos matemáticos, en las cuales uno puede ubicar una estructura con el fin de generar datos de corrientes, altura de la ola y de este modo jugar con las variables y cambiarlas en el modelo para saber cómo repercuten estas variaciones.

Así mismo se logró apreciar los efectos del oleaje de aguas afuera hacia el interior de la Bahía de Cartagena y el modo en que los espolones deben ser ubicados para neutralizar de manera acertada los resultados de las rompientes sobre la costa. Es importante tener claro estos conceptos para la investigación, el estudio de las dinámicas del mar y de este modo asociarlas a la oceanografía en general fortaleciendo cada día más el aprendizaje de la materia.

Por:

TF. EDDER ROBLEDO LEAL

Oficial Curso de Complementación en Oceanografía Física

4. LA FACULTAD DE OCEANOGRAFÍA FÍSICA Y EL CENTRO DE INVESTIGACIONES OCEANOGRÁFICAS E HIDROGRÁFICAS DEL CARIBE EFECTÚAN MUESTREO DE LAS CONDICIONES OCÉANO-ATMOSFÉRICAS EN LA CIÉNAGA DE PORTONAITO.

INTRODUCCIÓN

La facultad de Oceanografía dentro de la asignatura instrumentación oceanográfica con cadetes del curso 3.2 SUPO, el profesor Jose Payares como instructor de la materia, el TN DEL CAIRO ZAID alumno del curso de complementación en Oceanografía y personal técnico e investigador de las áreas Oceanografía Operacional, hidrografía y área de pronósticos del Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe, participaron activamente en una campaña oceanográfica en la Ciénaga de Portonaito con el levantamiento batimétrico del área, monitoreo por 37 horas de parámetros como viento, sensación térmica, temperatura exterior, punto de condensación, humedad relativa, corrientes, TSM (Temperatura superficial del mar) y presión atmosférica en la de Portonaito, recolección y posterior análisis de 40 muestras de sedimentos. Estas campañas enmarcadas dentro del cumplimiento interinstitucional entre ENAP-CIOH son de carácter multipropósito ya que familiarizan al cadete naval en el manejo de los equipos a utilizar dentro de su perfil profesional como Oceanógrafo, como soporte a trabajos de grado a Oficiales y buscar información para robustecer la data del CIOH.

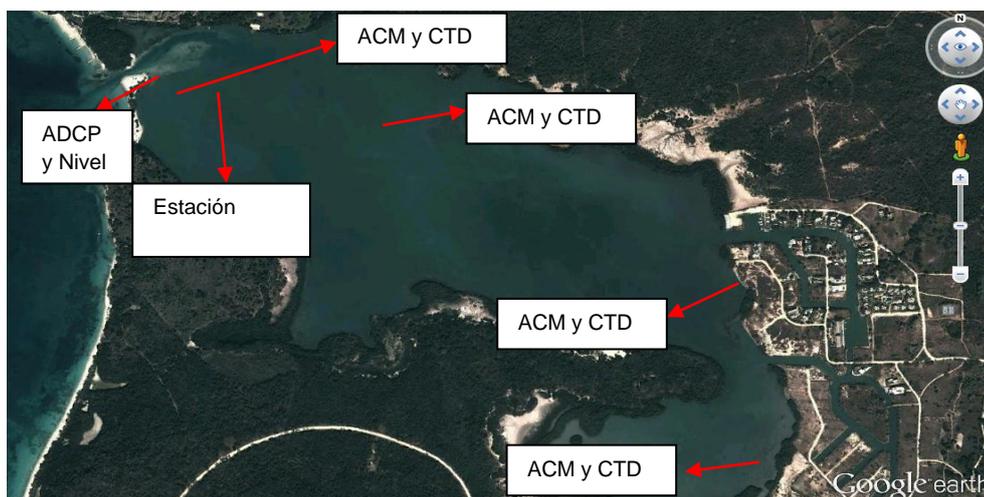


Imagen 1. Ciénaga de Portonaito, sectores de muestreo correntómetro ACM (medidor de corriente), CTD (conductividad, temperatura y profundidad), ADCP (medidor perfil de corriente), estación meteorológica y nivel. Fuente: Google earth y autor.



Imagen 2. Ciénaga de Portonaito, sectores de muestreo sedimentos. Fuente: Google earth y autor

TEMÁTICA: Oceanografía Operacional – Hidrografía – Pronósticos.

Dentro de los objetivos del monitoreo se pretende establecer:

- Analizar la variabilidad espacial y temporal de los flujos de corrientes, en la boca como de la Ciénaga de Portonaito; durante los periodos de muestreo.
- Determinar el tiempo de residencia (flushing time) promedio en la Ciénaga de Portonaito; durante los periodos de muestreo.
- Calcular los cambios en la distribución salina durante los ciclos de marea, en base a los periodos de muestreo.
- Efectuar una caracterización granulométrica del sedimento actual en la Ciénaga de Portonaito.

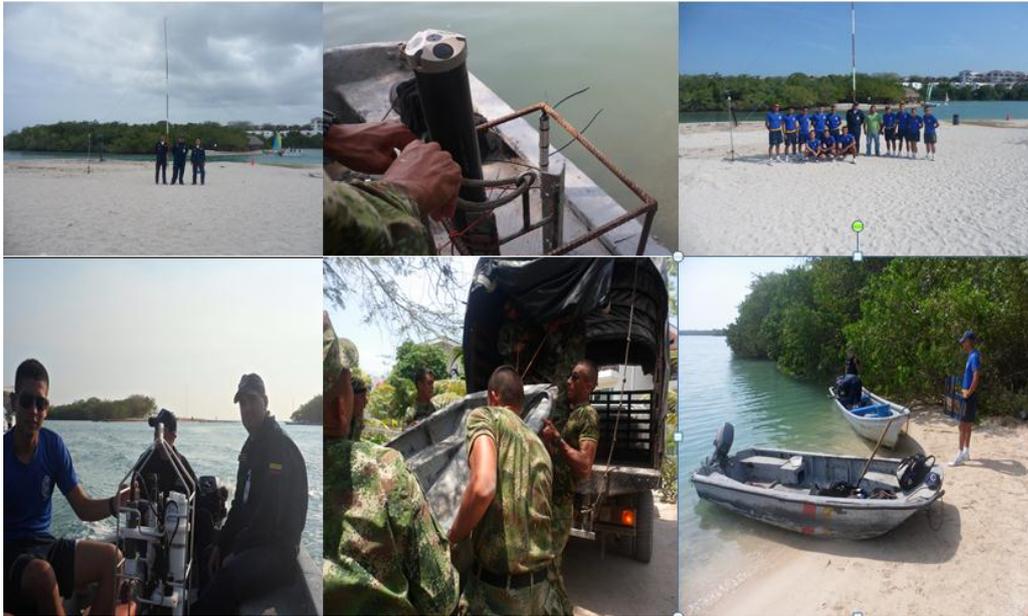


Imagen No 3. Mosaico fotográfico de la salida de campo a ciénaga de Portonaito

CONCLUSIÓN

Esta salida de campo apporto información útil y necesaria en la Ciénaga de Portonaito con el fin de mitigar la carencia de información la cual serviría para el conocimiento científico de los fenómenos hidrodinámicos en la Ciénaga y para la toma de decisiones de las autoridades marítimas, ambientales y civiles, a la hora de tramitar permisos y/o concesiones; o como soporte a información base a futuros proyectos investigativos.

POR:

TN ZAID DEL CAIRO

Oficial Curso de Complementación en Oceanografía Física

5. MODELACIÓN DE ABRASIÓN Y PROTECCIÓN DE ACANTILADOS

(Primera parte: Los Muchachitos)

Capitán de Navío Mauricio Moreno

Trabajo de grado para optar el título Magíster en Oceanografía

Director: Serguei Lonin. PhD

Fecha de aprobación: 19/11/2012

Resumen

En la actualidad, las decisiones en la ingeniería y gestión costera se apoyan cada vez más, en los modelos numéricos predictivos de los procesos costeros, los cuales se basan en modelos conceptuales simplificados que no reproducen de manera adecuada todos los procesos físicos relacionados con la dinámica costera. En el presente trabajo se aborda la segunda parte del estudio del impacto producido por la energía del océano en la abrasión costera de acantilados mediante el análisis de olas, corrientes inducidas por las mismas y el transporte de sedimentos. Se analiza el comportamiento y variabilidad temporal de las playas pertenecientes a la zona Norte del departamento de Bolívar, mediante el estudio de la oscilación natural del perfil transversal de playa, en respuesta a la acción de procesos oceánicos moderados y extremos, haciendo uso de los modelos SBEACH (Cuerpo de Ingenieros de los EEUU), SWAN (2007) para las aguas someras, CaribWAM (Lonin *et al.*, 2007) para las aguas profundas y el sistema LIZC con el objeto de simular las corrientes inducidas por olas, corrientes de viento, fluviales y residuales de la marea.

1. RESULTADOS

1.1 Estudio de alternativas de obras hipotéticas.

Las alternativas de obras hipotéticas fueron escogidas desde el análisis de que las obras de protección deben ser estructuras paralelas a la costa para minimizar el impacto de olas y la abrasión del acantilado, dados los patrones de ola presentados en la Tabla 1. Las obras pueden variar en sus elementos de diseño, es decir, se considera una opción de obras tradicionales en forma de una serie de rompeolas exentos no permeables (el tope de la obra se encuentra por encima del nivel del mar) o paneles delgados sumergidos. Se observa que la mejor alternativa de solución de las 3 presentadas en la Tabla 2 es la alternativa 1, es decir, un rompeolas impermeable, el cual muestra una mayor disminución de la energía de ola detrás de la estructura y en términos de la energía son cuatro veces más eficientes. Consecuentemente, este será nuestro objeto a evaluar.

Tabla 1. Patrones del oleaje con mayor ocurrencia en las aguas profundas frente al sector del interés.

Caso	Hs, m	Período pico, s	Direcc, grad.	Ocurr%
1	1.62	7.45	41.9	Interp
2	1.50	7.00	60.0	11.3
3	1.00	6.00	60.0	10.9
4	1.50	7.00	30.0	8.0

Tabla 2. Alternativas evaluadas de protección Costera.

Alternativa	Tipo	Descripción
1	Rompeolas impermeable	Reflexión total de la ola
2	Paneles sumergidos	0.4 m entre el tope y la superficie del mar
3	Paneles sumergidos	0.2 m entre el tope y la superficie del mar

Los datos de entrada para el modelo SBEACH para los diferentes casos:

1. La ola monocromática. Ángulo de incidencia de la Ola: 0° .
2. La ola monocromática que incide con ángulo de -20° a la playa, de acuerdo con lo estimado en el apartado 6.1.1.
3. La ola irregular. Ángulo de incidencia de la Ola: 0° .
4. La ola irregular que incide con ángulo de -20° a la playa.

Los cuatro casos anteriores son evaluados sin y con rompeolas en 10 y 30 m, esta última equivale a la isobata de los 1.8 m.

La modelación se hace con un intervalo de tiempo igual a 10 minutos para un total de 60 días, con salidas intermedias en 20 y 40 días, para observar la evolución del perfil, igual que en el caso anterior.

La ubicación y el perfil escogido se muestran en las figura 1. Tiene una longitud de 3.710 m, llegando a una profundidad cercana a los 12 m.

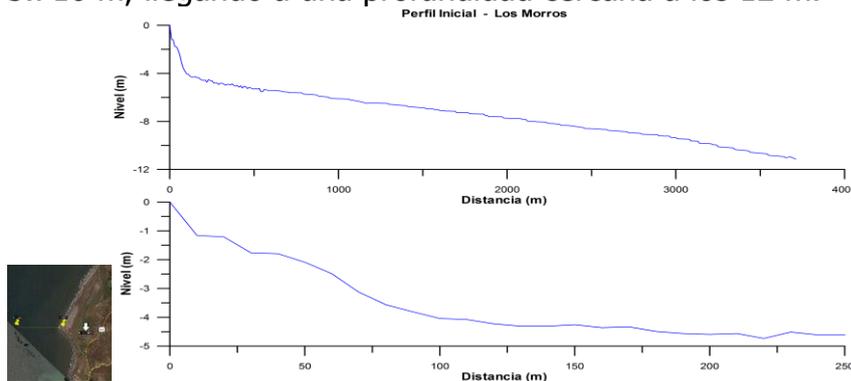


Figura 1. *Izquierda.* Ubicación del perfil en el área de Los Morros (tomado y modificado de Google Earth). *Derecha.* Perfil inicial en el sector de Los Morros.

Al desarrollar los casos mencionados anteriormente, dadas las condiciones de ola para este sector, encontramos que no existe diferencia significativa entre los diferentes casos de estudio, para las diferentes posiciones modeladas del rompeolas. A manera de ejemplo, se ilustra en la figura 2, el caso de la posición del rompeolas en 30 m.

Al desarrollar las condiciones de ola para este sector, encontramos que no existe diferencia significativa entre los diferentes casos de estudio, para las diferentes posiciones modeladas del rompeolas. A manera de ejemplo, se ilustra en la figura 2, el caso de la posición del rompeolas en 30 m.

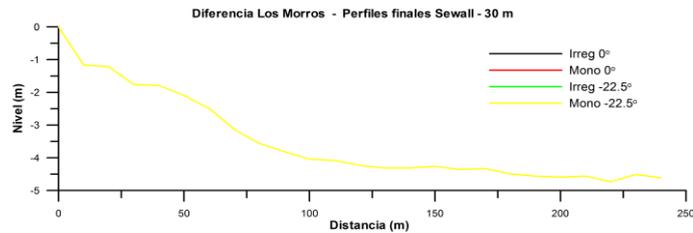


Figura 2. Diferencia entre los perfiles finales (60 días) para las diferentes tipos y ángulos de incidencia de ola.

En la figura 2 no se observan las diferentes líneas debido al traslape de las gráficas dado que no hay mayor diferencia entre los casos mencionados. Debido a esto, no tiene objeto presentar los diferentes casos individuales, por lo que solo se muestra uno de ellos. En este caso, mostraremos la ola irregular con incidencia perpendicular a la línea de costa.

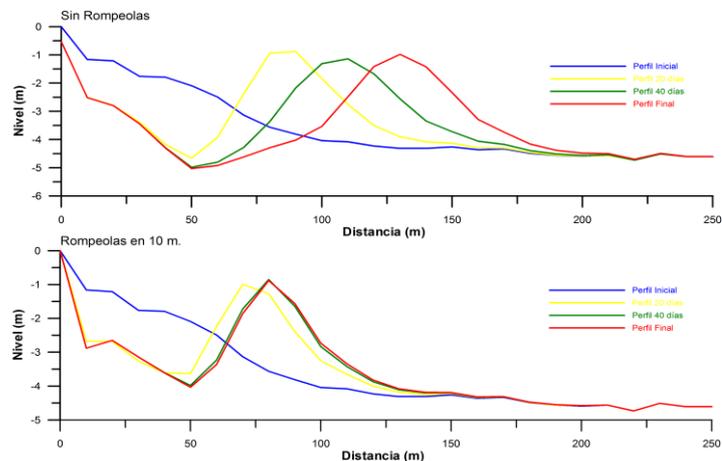


Figura 3. Comportamiento del perfil batimétrico para las condiciones de ola presentes en el sector. Resultados de SBEACH a los 20, 40 y 60 días. Superior: Sin rompeolas. Inferior: Rompeolas ubicado a 10 m del inicio del perfil.

Las figuras 3 y 4 muestran el comportamiento del perfil batimétrico en los diferentes casos. Es decir, cuando no se coloca la obra de protección y cuando se coloca la obra a diferentes distancias del inicio del perfil. Se observa como la presencia de la obra ayuda a la restitución del perfil inicial en la medida que se acerca a la zona de mayor transporte, hasta alcanzarse el equilibrio a los 30 m de la línea de costa.

Al realizar el cálculo de la diferencia relativa normalizada (ec. 1) para las diferentes situaciones de modelación entre el perfil inicial y modelado final el resultado es en promedio del orden de 10^{-4} , lo cual significa que el perfil final obtenido con la obra hipotética es prácticamente el mismo inicial.

$$\left[\frac{Y_{SBEACH} - Y_{perfil}}{Y_{perfil}^2} \right] \quad (1)$$

La figura 5 muestra el comportamiento del transporte de arenas. Es completamente clara la afectación que el clima de olas ejerce sobre el área de estudio (línea azul). Entre los 70 y 100 m, se obtiene un máximo de transporte perpendicular a la costa del orden de los 150 m³/m.

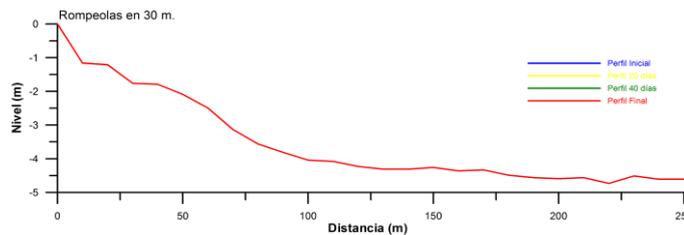


Figura 4. Comportamiento del perfil batimétrico para las condiciones de ola presentes en el sector. Resultados de SBEACH a los 20, 40 y 60 días. Superior: Rompeolas ubicado a 30 m.

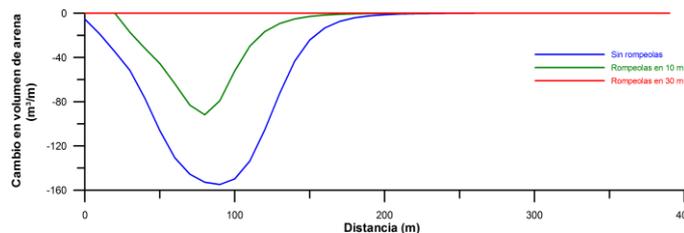


Figura 5. Comportamiento del transporte de arena. Resultados de SBEACH a los 20, 40 y 60 días.

El transporte de sedimento disminuye sustancialmente en la medida que se coloca la obra de protección. En ese orden de ideas, al colocar la obra hipotética en 30 m, se detalla que el transporte perpendicular a la costa es prácticamente nulo.

El caso inicial, es decir, la modelación del perfil sin estructura dura (figura 3 – arriba), muestra la evolución de la barra. En otras palabras, la distancia entre crestas de la barra a los 20, 40 y 60 días es mayor que para el caso cuando se ubica un rompeolas a los 10 m de distancia de la costa.

En igual sentido, se observa que la barra se forma a una distancia menor de la costa en comparación que cuando no tenemos ninguna protección. En consecuencia se tiene un menor volumen transportado como lo muestra la figura 5.

Al colocar el rompeolas a 10 m, se observa la socavación al pie de la estructura del orden de los 50 cm, pero la formación de la barra y por ende el volumen

transportado costa-afuera disminuye sustancialmente, siendo así casi nulo colocando la estructura a 30 m de distancia de la costa (ver figuras 4 y 5). En la figura 4 (arriba) no se observan los diferentes perfiles dado el traslape de las gráficas.

2. DISCUSIÓN

La concentración de la población en zonas costeras afecta en gran medida a las áreas acantiladas, en las cuales se han construido edificios e infraestructuras que a menudo se encuentran amenazadas por la erosión costera. En consecuencia, el conflicto entre la ocupación antrópica y la inestabilidad inherente a estas zonas costeras se ha convertido en un problema de creciente importancia (Moore y Griggs, 2002).

Por otra parte, la erosión de acantilados tiene consecuencias muy contrastadas. Por un lado, amenaza a las infraestructuras y actividades ubicadas en su coronación, pero al mismo tiempo los acantilados en erosión constituyen una fuente de sedimentos para las playas adyacentes, excepto donde los acantilados están constituidos por rocas muy resistentes, o por sedimentos demasiado finos para permanecer en las playas (Lim *et al.*, 2010).

La variabilidad morfológica de las zonas inter e infralitoral induce cambios en la energía del oleaje a la que están expuestos los acantilados. Asimismo, la orientación de la costa tiene una gran influencia en la vulnerabilidad, ya que determina el grado de exposición al oleaje erosivo de los temporales.

En algunos casos, los movimientos de masas pueden verse favorecidos por diversos factores inherentes al acantilado, como la estructura interna o la resistencia mecánica de los materiales que lo componen. También pueden influir ciertas variables meteorológicas, como las precipitaciones o las oscilaciones térmicas (Greenwood y Orford, 2007). Estos factores, en nuestro caso, son considerados de menor importancia, comparados con la acción del oleaje, ya que las precipitaciones de carácter bimodal y las temperaturas son prácticamente uniformes en las zonas de estudio.

Por otro lado, las significativas diferencias existentes en la intensidad de los vientos para la época de vientos alisios (Diciembre-Febrero) y el resto de año en las áreas de estudio afectan a la vulnerabilidad ante la erosión a escala de décadas, y sólo actúan de manera muy indirecta sobre los procesos de meteorización en los acantilados. La manera directa en que los sistemas de brizas locales y los vientos estacionales pueden afectar la dinámica de litoral es a través de la generación de olas de corto periodo y un aumento en la altura significativa de la ola, al igual que en la resuspensión de sedimentos. El transporte de sedimentos a lo largo de la costa inducido por las olas generadas por los sistemas de brizas bajo determinadas circunstancias podría llegar a ser importantes (Masselink y Pattiaratchi, 1998). Para

determinar en qué grado puede afectar o no los sistemas de brizas, de manera directa en las zonas de interés se hace necesario un estudio particular y detallado para el mismo.

En cuanto al rango mareal, contrariamente a lo observado por Gornitz *et al.* (1994), no se observan indicadores que delaten una influencia importante sobre los procesos de erosión de los acantilados de las zonas de estudio, dadas las características de la marea en el Caribe colombiano.

En las modelaciones desarrolladas se observan migraciones en la barra de arena que se forma como consecuencia del transporte perpendicular a la costa producido por el rompimiento de las olas. La formación de las barras depende en gran medida del tipo de ola que afecta al perfil. De acuerdo con Thorton *et al.* (1996) y Gallagher *et al.* (1998), la migración de la barra de arena es el resultado de la retroalimentación entre la resaca y la ruptura de la ola impulsada por el cambio batimétrico. Las barras afectan la circulación y las olas cerca de la costa y en conjunto causan el transporte de sedimentos y la evolución morfológica. Al llegar las olas y "sentir el fondo", las olas se rompen en la cresta de la barra e impulsan un flujo costa afuera, lo que se traduce en la migración de la barra.

Cuando las corrientes promedio perpendiculares a la costa son relativamente débiles, pero la velocidad orbital (la cual es proporcional a la altura de ola) no es pequeña, el transporte neto asociado con gradientes en la asimetría de las aceleraciones del fluido pueden dominar los cambios morfológicos, resultando en una migración de la barra de arena hacia la costa. Cuando en conjunto las olas y las corrientes son pequeñas, hay un pequeño transporte sin cambio morfológico (equilibrio dinámico) (Elgar *et al.*, 2001).

En las áreas de estudio, debido a que las playas se pueden considerar reflectivas, la energía de la ola llega sin disipación significativa hasta la orilla, la dinámica de sedimentos debe ser fuerte. El sedimento puede transitar el área y también tener el origen en esta zona debido a la abrasión del acantilado.

En la figura 3 (inferior) se observa que al colocar una estructura dura se produce una fuerte erosión al pié de la misma de orden de unos 50 cm. Esta situación se puede regular en la ingeniería colocando en la base de la estructura sólida un "delantal" de roca de tamaño 20 – 40 cm. El modelo no es capaz de reproducir esto.

El caso inicial, es decir, la modelación del perfil sin estructura dura, muestra la evolución de la barra. En otras palabras, la distancia entre crestas de la barra a los 20, 40 y 60 días es mayor que para el caso cuando se ubica un rompeolas para la primera simulación con el SBEACH, en los casos respectivos (20 m – Los Muchachitos, 10 m Los Morros). Esto indica que cuando no se tiene la estructura el proceso erosivo continúa.

Para el caso cuando se coloca el rompeolas, la barra se forma a una distancia menor de la costa en comparación que cuando no tenemos ninguna protección. Esto significa que cuando se coloca la obra, se forma la barra y en un tiempo posterior se alcanza la estabilización de la misma.

La diferencia entre zonas con respecto al sedimento, es que en Los Muchachitos el material es blando, proveniente de la montaña por escorrentía, en Los Morros el sedimento es calcáreo, es un arrecife coralino muerto emergido por procesos geológicos. Las pendientes de las áreas de estudio también son diferentes observándose así una pendiente casi constante a partir de los 100 m de profundidad en Los Morros, mas no así en Los Muchachitos. Esto puede influir en las distancias de formación y evolución de las barras en las dos zonas, así como también en los volúmenes de transporte de sedimento, siendo éste último casi constante ($\sim 60 \text{ m}^3/\text{m}$) entre los 40 y 100 m en Los Muchachitos y del orden de los $150 \text{ m}^3/\text{m}$ en la franje de los 70 a 100 m en Los Morros.

La distancia óptima de construcción de la estructura está relacionado con, si hay dinámica detrás de la estructura o no, es decir si se forma un tómbolo no hay dinámica detrás de la estructura.

Seawall es la estructura menos favorable. La ola en esta situación, aunque se puede pensar que es disipativa la playa, aunque bajo algunas situaciones puede romper sobre la pared, base de acantilado, significa llevar mucha energía de ola hasta este nivel, esto implica la socavación a esta profundidad (contorno de orilla) produce mayor socavación, si colocamos alguna estructura más delante de la orilla, cuando la ola se rompe sobre una estructura exenta la ola pierde su energía, mientras que la profundidad aún es grande. Es decir, la velocidad de retorno de flujo de la ola (velocidad orbital) es menor.

Al colocar una estructura mar adentro la velocidad orbital en el fondo es menor que la misma en menor profundidad, debido a que ésta es inversamente proporcional a la profundidad.

En cuanto a la relación costo-beneficio de colocación de una obra expuesta, para evitar la erosión, es de anotar que al colocarla a mayor distancia de la costa aumentan los costos debido a la cantidad de material a utilizar, se obtiene una menor socavación y aumenta la eficiencia.

La obra más eficiente sería aquella que se ubique a una distancia de la costa cuando el costo-beneficio corresponde a menor volumen de sedimento que se erosiona en perfil subacuático a menor distancia de la costa que tiene que ver con menor deriva litoral. A menores distancias se pueden formar tómbolos – todo con obras expuestas, si es sumergida la eficiencia disminuye.

Las obras en forma de rompeolas tradicionales impermeables generan, unos sistemas circulatorios típicos para estos tipos de estructuras, cuando el sedimento entra en el eje central entre dos rompeolas y tiende a salir detrás de las obras en sus extremos. Este comportamiento claramente indica la formación de salientes o tómbolos (depende de la magnitud de la obra, su longitud versus distancia hasta la costa). Después de formarse, las estructuras van a acumular parcialmente los sedimentos entre los tómbolos y la costa va a estabilizarse. El chorro del agua (corrientes inducidas por olas) se retirara hacia el mar a la línea de los rompeolas y el tránsito de sedimentos se restituye. Este efecto no se espera en el caso de los paneles sumergidos.

Se conocen ciertas diferencias entre las alternativas de rompeolas tradicionales y los paneles, siendo los últimos las estructuras sumergidas. Rijn (1998) menciona que los rompeolas impermeables tienen los siguientes efectos:

- reducción sustancial del oleaje;
- generación de las celdas de circulación, provocando la formación de tómbolos o salientes;
- erosión sustancial en la zona flujo abajo (debe considerarse después de la última estructura);
- deterioración del efecto visual (no relevante en este caso);
- costo relativamente alto de construcción (se requiere el análisis de costos);
- se aplican con éxito en condiciones de cualquier rango de la marea para protección de head-lands (puntos duros, acantilados como es el caso).

Al contrario, para el caso de rompeolas sumergidos (los paneles en este estudio), los efectos son:

- solamente eficientes para atrapar las arenas y formar salientes cuando el tope de la estructura es relativamente alto (entre 0.5 y 1.0 m debajo del nivel medio del mar – el caso estudiado en las Alternativas 2 y 3);
- generación de corrientes a lo largo de la costa y corrientes de corte (rip currents), lo que puede socavar el sedimento;
- la erosión flujo abajo usualmente es menor;
- las obras no se observan desde las embarcaciones (no es relevante);

- costo relativamente menor (se requiere el análisis de costos);
- con éxito aplicados en condiciones de micro-marea.

El presente estudio tiene como base el efecto producido por olas regulares, con un periodo de retorno frecuente, que se presenta en la parte de la dinámica litoral y su intervención por la obra. Estas olas fueron clasificadas como ciertos patrones definidos anteriormente. De acuerdo con esto, las olas poco frecuentes, pero extremas, no se tienen en cuenta en la parte de la deriva litoral y cambios morfológicos de la costa, debido a que con obra o sin ella, el impacto de olas extremas produce ciertas alteraciones en la costa y son inevitables.

Desde el punto de vista de ingeniería, estas olas extremas tienen importancia para el cálculo de estabilidad de obra, lo cual no es el objeto del estudio.

REFERENCIAS

Elgar, S., Gallagher. E., Guza. R. Nearshore sandbar migration. *J. Geophys. Res.* 106. 11,623-11,627.

Gallagher, E., Elgar. S., Guza. R. 1998. Observations of sandbar evolution on a natural beach. *J. Geophys. Res.* 103. 3203 – 3215.

Gornitz, V.M., Daniels, R.C., White, T.W. & Birdwell, K.R. 1994. The development of a coastal risk assessment database: Vulnerability to sea-level rise in the U.S. Southeast. En: *Coastal hazards: Perception, susceptibility and mitigation* (C.W. Finkl, ed.). *J. Coastal Res.*, SI 12, 327-338.

Greenwood, R.O., Orford, J.D. 2007. Factors controlling the retreat of Drumlin coastal cliffs in a low energy marine environment–Strangford Lough, Northern Ireland. *Journal of Coastal Research* 23, 285–297.

Lim, J., Rosser N., Allison R., Petley P. 2010. Erosional processes in the hard rock coastal cliffs at Staithes, North Yorkshire. *Geomorphology*. Vol. 114, Issues 1-2. 12-21

Lonin, S.A. 2007. Modelo espectral de oleaje para el Caribe. Nombre Comercial: CaribWAM. Contrato/registro: 0038-GINRED2-2008. En: Colombia. Plataforma: Cluster HP 24 procesadores. Ambiente: LINUX programación paralela.

Masselink, G., Pattiaratchi, Ch. 1998. Morphological evolution of beach cusps and associated swash circulation patterns, *Marine Geology*. Vol. 146, Issues 1–4, 93-113.

Rijn, van Leo C. 1998. Principles of Coastal Morphology. Aqua Publ., The Netherlands.

SWAN. 2007. SWAN Cycle III versión 40.41; Delft Univ. of Techn., The Netherlands.

Thornton, E., R. Humiston, and W. Birkemeier. 1996. Baro-trough generation on a natural beach. J. Geophys. Res, 101, 12,097-12,110.

Por:

Jean R. Linero C.

Director Maestría en Oceanografía
Facultad de Oceanografía Física
maestriaoceanografia@enap.edu.co