

Sesión Especial

PROCESOS FÍSICOS EN SISTEMAS COSTEROS

Organizadores:

Ismael Mariño Tapia
Alec Torres Freyermuth
Adrián Pedrozo Acuña

SE14-1

CICLONES TROPICALES: COMPARATIVA DE CAMPOS DE VIENTO PARAMÉTRICOS Y DE ALTA RESOLUCIÓN

Robles Díaz Lucía¹, Appendini Christian M.¹, Díaz Hernández Gabriel², Torres Freyermuth Alec¹ y Salles Afonso de Almeida Paulo¹

¹Instituto de Ingeniería, UNAM

²Instituto de Hidráulica Ambiental de Cantabria, Universidad de Cantabria, España
luciaroblesdiaz@gmail.com

Los modelos paramétricos de viento son una opción ampliamente usada en la definición de los campos de viento asociados a eventos ciclónicos. Esto es debido a que son modelos sencillos y de muy bajo costo computacional que permiten estimar con una gran definición dichos campos de viento. Por ello suponen una herramienta útil en la mejora de la resolución de los campos de vientos de las bases de datos de reanálisis, que comúnmente subestiman las velocidades de viento durante eventos ciclónicos. En las últimas décadas se han presentado multitud de formulaciones paramétricas que intentan reproducir con mayor exactitud la gran complejidad de los campos de vientos asociados a estos fenómenos meteorológicos. Este estudio tiene como objetivo principal validar tres de las formulaciones pioneras en la parametrización de vientos de elevada vorticidad, Depperman (1947), Holland (1980) y Young and Sobey (1981). De esta forma determinar en que medida las formulaciones de viento más básicas son capaces de reproducir vientos ciclónicos.

Metodología: Se implementaron tres modelos paramétricos de viento con distintas correcciones a partir de la base de datos HURDAT que contiene información de los parámetros característicos de un evento ciclónico (ubicación, velocidad máxima del viento, presión central y radio de viento máximo) para huracanes del Atlántico desde 1944. En base a 4 huracanes, se definieron los campos de viento obtenidos por los modelos paramétricos y sus correcciones (geostrofica y de asimetría), en un dominio computacional de 8° de extensión a partir del centro del huracán con una resolución espacial de 0.3°. Los campos de viento son evaluados a partir de datos de alta resolución espacio-temporal (Hwind). Para ello se hace uso de diversos parámetros estadísticos como el error sistemático y el coeficiente de correlación. Posterior a la evaluación de los modelos paramétricos, se estiman el desempeño de los diferentes modelos en la modelación de oleaje. Para ello se utilizó un modelo de oleaje de tercera generación (Boijj et al. 1999), forzado con campos de viento de los modelos paramétricos y campos HWIND, con un dominio computacional cubriendo el Golfo de México y el Mar del Caribe con una resolución espacial máxima de 5 Km.

Resultados y conclusiones: Los resultados presentan la comparativa entre los campos de viento del Hwind y los modelos paramétricos, y comparativas de oleaje entre los resultados utilizando los vientos del Hwind y de los modelos paramétricos comparados con mediciones con boyas de la NDBC de la NOAA. Se presentan también estimaciones de error para los campos de viento. El trabajo concluye que los modelos paramétricos sin corrección producen sobreestimación tanto de la velocidad de viento como de la altura de ola; la corrección geostrofica reduce las sobreestimaciones de viento y oleaje durante el pico del huracán; y finalmente que el modelo que proporciona el mejor ajuste es Young and Sobey (1981), mientras que Rankine (Depperman, 1947) a menudo subestima la velocidad de viento.

SE14-2

MONITOREO DE OLEAJE CERCA DE LA COSTA UTILIZANDO RADARES DE NAVEGACIÓN

Díaz Méndez Guillermo Mauricio, Haller Merrick, Pittman Randall y García Medina Gabriel
Escuela de Ingeniería Civil y de Construcción, OSU
guillermo.diaz@oregonstate.edu

Como parte de un Sistema Integrado de Observación del Océano, investigadores de la Universidad Estatal de Oregón han instalado un radar de navegación en Yaquina Bay, Oregón, con el fin de estimar las condiciones del estado del mar cercanas a la costa. Se trata de un sistema desarrollado por Imaging Science Reserach, Inc. y consiste de un radar comercial de banda-X (9.4 GHz) y un sistema de control integrados a una computadora para el procesamiento y almacenamiento de datos. Con base en sus especificaciones de diseño y parámetros de operación, el sistema adquiere series temporales de la intensidad del eco del radar I_{rad} en un dominio circular con radio de 4 km cada 1.25 s, con resolución radial de 3 m y angular de 0.8 grados. Estas series de datos se analizan mediante técnicas Fourier para obtener espectros de I_{rad} en tres dimensiones $S(k_x, k_y, f)$, a partir de los cuales se infieren parámetros asociados a la hidrodinámica cercana a la costa, de acuerdo con Young et al. (1985) y Nieto Borge et al. (2004). Nuestros resultados muestran una alta correlación con parámetros de oleaje (número de onda k , periodo T y dirección de propagación θ) obtenidos a partir de simulación numérica de alta resolución realizada con el sistema OSUWW3 (García-Medina et al., en preparación). Se concluye que el radar de navegación es una alternativa confiable para el monitoreo del estado del mar, en particular para regiones costeras donde el

anclaje y/o el emplazamiento submarino de sensores de oleaje resulte costoso o peligroso.

SE14-3

DEVELOPMENT OF NWPS: A HIGH-RESOLUTION NEARSHORE WAVE MODELING SYSTEM

Padilla Hernández Roberto¹, Van der Westhuysen Andre², Santos Pablo³, Gibbs Alex³, Gaer Douglas⁴, Nicolini Troy⁵, Tjaden Sten⁵, Devaliere Eve-Marie⁶ y Tolman Hendrik⁷

¹NOAA/NCEP/MMAB

²NOAA/NWS/NCEP/EMC/MMAB-UCAR

³NOAA/NWS/Miami Weather Forecast Office

⁴NOAA/NWS/Southern Region Headquarters

⁵NOAA/NWS/Eureka Weather Forecast Office

⁶ERT at NOAA/NESDIS/JCSDA

⁷NOAA/NWS/NCEP/EMC/MMAB

roberto.padilla@noaa.gov

In order to meet the increasing demand for high-resolution nearshore forecast products, the United States National Weather Service (NWS), through the Weather Forecast Offices (WFO) and the National Centers for Environmental Prediction (NCEP), is developing the Nearshore Wave Prediction System (NWPS). This system will provide on-demand, high-resolution nearshore wave model guidance to forecasters. It is designed to run locally at WFOs due to the required amount of computing resources, administration and the fact that every coastal WFO differ with respect to the relevant physical processes, requirements for grid resolution and expertise available. NWPS will be driven by forecaster-developed wind grids, offshore wave boundary conditions from NCEP's operational WAVEWATCH III, and water level and current fields from NCEP's Real-Time Ocean Forecast System (RTOFS). The nested nearshore wave model used is SWAN, and optionally a new nearshore version of WAVEWATCH III. NWPS is based on the earlier IFP-SWAN and SR-SWAN guidance, systems developed by the NWS Western and Southern Regions, respectively. It consolidates these earlier systems by baselining their functionality into the new Advanced Weather Information Processing System (AWIPS) II and extending its capabilities. These include user-friendly installation and setup of the system, the optimization of wave model settings, and the refinement of wave partitioning and spatial and temporal tracking algorithms, from which the Gerling-Hanson graphs are derived. Initial validation against observations shows good agreement with observations. A description of the system and its functionality, along with results of the aforementioned calibration and validation is presented.

SE14-4

EFFECTO DE LA RUGOSIDAD ARRECIFAL EN LA HIDRODINÁMICA EN ZONAS COSTERAS

Franklin Gemma Louise¹, Mariño Tapia Ismael², Torres Freyermuth Alec³, Valle Levinson Arnoldo⁴ y Enriquez Ortiz Cecilia³

¹Recursos del mar, CINVESTAV, Unidad Merida, IPN

²Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, Instituto Politécnico Nacional, Unidad Merida

³Instituto de Ingeniería, UNAM, Campus Sisal

⁴University of Florida, Gainesville, FL, USA

louiseg@mda.cinvestav.mx

El objetivo del presente trabajo es conocer a detalle los procesos hidrodinámicos impulsados por el oleaje que ocurren en la zona rompiente de una laguna arrecifal y el efecto de la rugosidad del arrecife sobre estos procesos. La rotura del oleaje en la zona rompiente resulta en la generación de corrientes (a lo largo de y perpendicular a la costa), los cuales son de alta importancia para procesos claves como el transporte de sedimento, larvas, y absorción de nutrientes entre otros. Estudios de campo aún son insuficientes para entender a detalle la hidrodinámica en estas zonas que son morfológicamente complejas.

En este trabajo se integran observaciones en el campo y simulaciones de un modelo numérico de dos dimensiones (2DV). Se utilizó el modelo de Cornell Breaking Wave and Structures (COBRAS), el cual resuelve las ecuaciones de Reynolds-Averaged Navier-Stokes (RANS). El efecto de diferentes coeficientes de rugosidad (Nikuradse) en la altura de ola, tensor de radiación y sobre-elevación del nivel medio del mar fue investigado para diferentes perfiles y niveles del agua. Los resultados del modelo fueron comparados con datos obtenidos en el campo a partir de un arreglo de instrumentos instalados en la zona rompiente de la laguna arrecifal de Puerto Morelos, Quintana Roo, México.

Los datos de campo muestran un flujo cercano al fondo (perpendicular al arrecife) dentro de la zona de rompientes cuando las alturas de ola son de ~1 m, pero para olas mas pequeñas se observan flujos hacia el mar asociados con pequeñas aumentos en la altura de ola. Una gradiente localizado en la sobre-elevación del nivel del mar por oleaje podría generar una corriente parecida a la resaca, lo cual no ha sido reportado previamente. Los resultados

del modelo también muestran la presencia de este flujo y su intensidad varía con forme cambia la rugosidad del arrecife. En conclusión, parece que al aumentar la rugosidad, se aumenta la sobre-elevación, y la intensidad de la corriente de la resaca disminuye. Creemos que es muy importante tomar en cuenta la rugosidad en el estudio de la hidrodinámica en arrecifes, considerando que sus efectos podrían tener importantes implicaciones ecológicas en el funcionamiento del sistema (e.g. transporte de larvas).

SE14-5

VARIABILIDAD MORFODINÁMICA EN PROGRESO, YUCATÁN, MÉXICO

Ruiz Martínez Gabriel¹, Mariño Tapia Ismael¹ y Silva Casarin Rodolfo²¹Laboratorio de Procesos Costeros y Oceanografía Física, Recursos del Mar, CINVESTAV²Instituto de Ingeniería, UNAM

gruizm@mda.cinvestav.mx

La estabilidad de la línea de costa se encuentra en función de un equilibrio donde intervienen las distintas interacciones que existen entre el oleaje, las corrientes marinas, el transporte de sedimentos y finalmente, las acciones humanas. Comprender a fondo los procesos costeros que originan la erosión de playas es trascendental para poder llevar a cabo esquemas eficientes de manejo costero, los cuales provoquen el mínimo daño colateral a la infraestructura costera y promuevan una estabilidad ecológica. Las playas de la costa Norte de Yucatán han sufrido un permanente proceso de erosión a lo largo de los últimos 15 años (López, 2011). Las medidas de mitigación que se han adoptado, principalmente, incluyen rellenos de playa y el uso de estructuras perpendiculares semi rígidas (espolones) o sumergidas, como lo son geotextiles y arrecifes artificiales en la zona litoral. Sin embargo se ha observado que tales soluciones, solo han tenido un éxito parcial y en algunas ocasiones han agudizado el problema de la erosión costera, puesto que los proyectos han sido realizados con base a un proceso de prueba y error. A partir de ello, el trabajo que se presenta tiene como objetivo estudiar la influencia del comportamiento morfodinámico que es el responsable de los procesos costeros observados en la región de Progreso, Yucatán, México. La morfodinámica del lugar se estableció a partir de las simulaciones numéricas realizadas con el modelo hidro-morfodinámico DELFT3D. Para la modelación se crearon un conjunto de escenarios que contemplaron diferentes condiciones energéticas de oleaje, así como distintas configuraciones de estructuras sumergidas que se colocaron en las isobátas de uno y dos metros. Las condiciones de frontera que delimitaron la zona de estudio y que se proporcionaron al esquema numérico fueron datos correspondientes a los niveles de superficie libre del agua y magnitudes de corrientes marinas registrados por medio de una boyas oceanográfica del CINVESTAV-Mérida. Por otro lado, mediante la variación de los parámetros de la ecuación de Bailard (1984) en el modelo, se estudió la influencia que tiene el sesgo del oleaje en el transporte de sedimentos y cómo tal fenómeno aunado al efecto de las corrientes marinas en playas con pendientes someras, son los elementos que controlan el movimiento de los sedimentos en la playa. Los resultados preliminares que se obtuvieron al modificar los distintos coeficientes de transmisión de los espigones permeables o los arrecifes de bola característicos de la región, mostraron la influencia de los distintos esquemas de protección costera en la morfodinámica de la región. Adicionalmente, se analizó a detalle el efecto que producen rellenos de playa sumergidos y subaéreos, así como la influencia de la circulación marina de amplia escala en la dinámica sedimentaria. A partir de los resultados generados se concluyó que dada la baja energía del oleaje, los procesos de plataforma continental puedan ejercer una fuerte influencia en el acarreo litoral en Progreso, Yuc. El modelo numérico fue adaptado para incorporar tales efectos.

SE14-6

EFFECTO DEL PUERTO DE ALTURA DE PROGRESO EN LA TRANSFORMACIÓN DEL OLAJE Y TRANSPORTE DE SEDIMENTO EN LA PLAYA DE CHELEM, YUCATÁN

Lira Pantoja Alejandra, Torres Freyermuth Alec, Appendini Albrechsten Christian, Salles Afonso de Almeida Paulo, Mendoza Ponce E. Tonatiuh y López González José

Instituto de Ingeniería, UNAM

mlirap@ingen.unam.mx

La costa del estado de Yucatán ha experimentado una severa erosión durante las últimas décadas, con tasas de 0.9 m/año medidas durante el período de 1948-1978 (Meyer-Arendt, 1993) y con valores semejantes en años más recientes, especialmente en la playa de Chelem localizada 5 km al oeste del muelle fiscal de Progreso y del puerto de Yucalpetén. La erosión en esa zona ha llegado al punto en que las casas en la primera línea de playa han sufrido daños importantes y son altamente vulnerables a eventos extremos. Son pocos los estudios realizados en esta área que pueden ser útiles para determinar las causas de la erosión y poder dar soluciones viables para la recuperación de las playas, por lo que con este trabajo se pretende contribuir evaluando el efecto del muelle fiscal de Progreso analizando los datos de campo y aplicando modelación numérica. El muelle fiscal tiene 6 km de longitud y se divide en 2 secciones, la primera de 2.17km construida por arcos de concreto simple que permiten el transporte de sedimento longitudinal a través de la estructura y una

extensión impermeable de 4 km construida en 1985. Las campañas de campo consistieron en la medición bimestral de perfiles de playa en el área de estudio y mediciones del oleaje que incide en la zona. El análisis de los perfiles confirmó la tendencia erosiva que ha deteriorado la playa. A partir de las mediciones de oleaje frente al área de estudio se caracterizó el oleaje en la zona para el forzamiento de un modelo de transformación de oleaje. Se evaluó el efecto del muelle fiscal en la dinámica marina mediante el modelado del oleaje con y sin la estructura. Posteriormente, las predicciones de oleaje cercano a la costa fueron utilizadas para el modelado de transporte longitudinal en diferentes puntos, con el objetivo de identificar el efecto de la estructura. El modelo numérico sugiere que bajo condiciones medias de oleaje el muelle de Progreso induce gradientes en el transporte longitudinal a gran escala. Por otro lado, durante las tormentas de invierno cuando la dirección de las olas es del N-NW la estructura no tiene un efecto importante en la transformación del oleaje incidente y por lo tanto ocurren pérdidas de transporte transversal asociadas con el ciclo estacional. La estructura debilita la capacidad de transporte durante las condiciones medias del oleaje. En una menor escala, la marina de Yucalpetén interrumpe el transporte de sedimento longitudinal que se dirige a la playa de Chelem. Estos resultados requieren ser corroborados mediante el modelado bidimensional de transporte de sedimento en la zona.

SE14-7

DETECCIÓN DE BARRAS DE ARENA POR MEDIO DE SISTEMAS DE VIDEO

Mendoza Ponce Ernesto Tonatiuh, Ojeda Casillas

Elena, Guillen Jorge, Chic Oscar y Salles Paulo

Instituto de Ingeniería, UNAM

emendoza@iingen.unam.mx

La costa de Yucatán, en la parte sureste del Golfo de México, se caracteriza por presentar playas extremadamente disipativas, las cuales se han encontrado en erosión durante las últimas décadas (Meyer-Arendt, 1993). Esta región de micro-marea está expuesta a un clima de oleaje medio con un valor de Hsmedia de 0.80m y períodos de aproximadamente 5 s, aunque ocurren eventos altamente energéticos los cuales son causados por dos sistemas de vientos muy diferentes: (i) sistemas meteorológicos anticiclónicos de latitudes medias que generan frentes fríos llamados Nortes y (ii) sistemas ciclónicos tropicales que incluyen depresiones y tormentas tropicales y huracanes.

Aunque varios estudios han lidiado con la dinámica costera de la región (e.g., Meyer-Arendt, 1993, Zetina et al., 2008) y que en la actualidad, existe una variedad de proyectos que estudian la morfología y la hidrodinámica de la región, todavía existen huecos importantes en el conocimiento como el efecto de las intervenciones humanas en la dinámica de las playas, las tasas del transporte de sedimento a lo largo de la playa y su papel en la erosión de la costa, cambio en el perfil de playa debido a eventos extremos o la dinámica del perfil de playa submarino.

Para mejorar el conocimiento en la región, se ha implementado el sistema de video monitorización SIRENA (Nieto et al., 2010) en una torre meteorológica de 50m. El primer objetivo de esta estación es el estudiar el perfil sumergido. En este sentido se ha detectado la existencia de barras de arena haciendo perfiles de playa en diferentes transectos y mediante análisis visual de imágenes de satélite.

Debido a las condiciones de oleaje en el área, se espera lidiar con dos tipos de imágenes de las que se pueden extraer (i) durante los meses más energéticos (en términos de dinámica del oleaje) a las barras de arena se les hará un seguimiento a través de patrones de las rompiente del oleaje y durante los meses de calma se intentará obtener la posición de la barra a través del contraste y brillo de lecho marino. Se necesita desarrollar una nueva metodología en el segundo caso. Ambos métodos se deben calibrar para la región de Sisal; esto se hace obteniendo datos batimétricos utilizando GPS. de esta manera se presentarán ambas metodologías del mapeo de las barras, la relación entre las barras obtenidas por imagen y por levantamientos batimétricos.

SE14-8

VARIABILIDAD DE LA DUNA EN LA PLAYA DE CUYUTLÁN, COLIMA

Galicía Pérez Marco Antonio¹, Patiño Barragán Manuel², Torres Orozco Ernesto²,Gaviño Rodríguez Juan², Quijano Scheggia Sonia² y Lara Chávez Basilio²¹CEUNIVO, UCOL²Universidad de Colima

galicia@ucol.mx

Las costas son uno de los ambientes más dinámicos de nuestro planeta, se ven afectadas por diversos factores ambientales como el oleaje, que continuamente erosiona y modifica su forma. Por ello se ha implementado el uso de estructuras como escolleras para la estabilización y protección, ya que es una de las obras más utilizadas para disminuir la erosión costera. El frente costero de la laguna de Cuyutlán, es una de las zonas con problemas de depósito y erosión, cuya

geomorfología se encuentra dominada por dunas, las cuales presentan la mayor razón de retroceso y aporte sedimentario en la barra de Cuyutlán. El objetivo de este trabajo fue analizar la evolución de la línea de costa a partir de perfiles de playa y observar los cambios en la morfología. Se hicieron cálculos para determinar las áreas y volúmenes, para cada uno de los perfiles de playa, para poder realizar un comparativo del comportamiento que fue teniendo la línea de costa. También se analizó el ancho y la pendiente de la duna, la berma y cara de playa para todos los perfiles de julio 2008 a julio 2009. Los resultados sugieren que el perfil de equilibrio es 90% estable. Se encontró, en términos generales, que el transporte de sedimentos se comporta de Este a Oeste durante seis meses y en sentido contrario durante los otros seis meses. La playa es muy dinámica y muy estable, pues se recupera muy pronto de eventos de erosión y depósito, sin embargo, se sugiere, considerar como medida de mitigación, para aminorar el proceso erosivo en la playa Este, una batería de espigones perpendiculares a la línea de costa. Esta es la solución más utilizada para resolver problemas de inestabilidad en las playas y los resultados son satisfactorios, ya que reducirá el proceso erosivo y ayudará a ser estable la playa del lado Este.

SE14-9

EXPERIMENTOS NUMÉRICOS SOBRE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS EN DIFERENTES CONFIGURACIONES GEOMÉTRICAS

Carbajal Pérez Noel¹ y Gaviño Rodríguez Juan H.²

¹Geociencias Aplicadas, IPICYT
²CEUNIVO, Universidad de Colima
 noelc@ipicyt.edu.mx

La dinámica de sedimentos en zonas costeras y en mares marginales de la plataforma continental revela estructuras como bancos de arena, ondas de arena, barras y otras formas del fondo marino. Muchas de las propiedades relacionadas con el crecimiento de formas u ondulaciones en el fondo marino han sido explicadas como un proceso de inestabilidad ante un flujo oscilatorio como el de las mareas. Estos modelos teóricos tienen una limitante por la complejidad del problema. Sus cálculos se basan en mares infinitos, es decir, sin consideración de fronteras. La inspección de imágenes satelitales de zonas costeras como deltas, lagunas y bahías muestran patrones que reflejan claramente la influencia de la costa y su forma geométrica. En este trabajo realizamos toda una serie de experimentos con diferentes configuraciones geométricas con la finalidad de obtener información sobre la importancia de la presencia de fronteras en la dinámica de sedimentos.

SE14-10

CIRCULACIÓN DEBIDA A LA MAREA ASTRONÓMICA EN LA LAGUNA DE TÉRMINOS CAMPECHE: MODELACIÓN NUMÉRICA Y OBSERVACIONES

Zavala Hidalgo Jorge¹, Douillet Pascal² y Contreras Ruiz Esparza Adolfo¹

¹Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
²Institut de recherche pour le développement, France
 jzavala@atmosfera.unam.mx

Se presentan los resultados obtenidos del análisis de mediciones realizadas en la Laguna de Términos, Campeche por espacio de 12 meses. Las mediciones incluyeron mediciones de presión y temperatura en 8 diferentes puntos alrededor de la laguna, incluyendo las dos bocas principales de la misma. Simultáneamente se realizaron mediciones de perfiles de corrientes utilizando ADCP's instalados uno en la boca de Cd. del Carmen y el otro en la de Puerto Real, por un periodo de 6 y 8 meses respectivamente. El objetivo general del estudio es evaluar el efecto de la marea astronómica, el viento sobre la laguna, el viento regional, así como las descargas de los 3 ríos principales que desembocan en la laguna. En este artículo se presentan los resultados detallados del estudio de la circulación generada por la marea astronómica, para lo cual se evaluaron las mediciones de la variación del nivel del mar, así como de corrientes. La información de corrientes y nivel del mar, fue analizada con los paquetes SHOM y Ttide, con el fin de obtener las magnitudes de fase y amplitud de las diferentes componentes armónicas.

La información obtenida se utilizó para validar la modelación hidrodinámica, la cual se realizó utilizando un modelo de diferencias finitas tridimensional, el cual permite el mojado y secado de celdas. El modelo utilizado es el MARS3D, el cual fue forzado con la información de 8 componentes armónicas (K1, O1, P1, Q1, M2, S2, N2, K2), extraídas de la base de datos TPX0.7.

La modelación muestra una alta correlación con las mediciones de nivel y de dirección de las corrientes, permitiendo observar el flujo de oeste a este debido a la marea astronómica.

SE14-11

HIDRODINÁMICA E INUNDACIÓN COSTERA EN UNA LAGUNA COSTERA TROPICAL RODEADA DE HUMEDALES

Enríquez Ortiz Cecilia¹ y Mariño Tapia Ismael²

¹Facultad de Ciencias, UNAM
²Recursos del mar, CINVESTAV, Unidad Merida, IPN
 cenriquezo@ingen.unam.mx

La variabilidad hidrodinámica debida al viento, cambios del nivel del mar, y modificaciones de origen antropogénico en la geometría de un sistema lagunar costero se investiga con un modelo numérico 2D. La Laguna Chelem en el noroeste de la Península de Yucatán es un sistema somero, en un ambiente tropical rodeado de manglares y humedal. Es altamente utilizado en actividades turísticas y comerciales, siendo también un sitio de resguardo para flotas pesqueras, navales y yates deportivos. En las últimas décadas, este sistema ha sufrido cambios importantes al ser adaptado a actividades humanas que impactan drásticamente en la hidrodinámica natural del sitio. Para este estudio se realizaron mediciones detalladas de la batimetría de la laguna y se instalaron anclajes para recabar series de tiempo de nivel del agua y corrientes, dentro y fuera del sistema. Estos datos se utilizaron para implementar y validar un modelo numérico del sistema lagunar. Los resultados de la modelación muestran los patrones de circulación e inundación por mareas y la influencia clara e importante del efecto del viento en la hidrodinámica. El efecto del viento es dominante, especialmente durante eventos intensos del Este (dirección de los vientos Alisios que afectan la región), al coincidir con el eje principal (zonal) de la laguna. La topografía baja de la región favorece la inundación de extensas regiones aledañas a la laguna, particularmente durante elevaciones extraordinarias del nivel del mar, como ocurre durante el invierno durante el paso de frentes fríos con viento del Norte. Adicionalmente, este estudio muestra los efectos de obras de dragado y vertido de sedimento y la restricción severa en la circulación que resulta de la construcción de un camino que divide la laguna con una estructura rígida, impactando enormemente en la calidad del agua y la salud del ecosistema.

SE14-12

HIDRODINÁMICA DE LA LAGUNA DE ALVARADO A PARTIR DE MEDICIONES Y MODELACIÓN NUMÉRICA

Olvera Prado Erick¹, Zavala Hidalgo Jorge¹, Moreno Casasola Patricia², Osorio Tai María Elena¹, Mateos Hasso Adriana¹ y Romero Centeno Rosario¹

¹Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
²El Instituto de Ecología, INECOL
 erick@atmosfera.unam.mx

Se estudia el estado actual de las lagunas y ríos de la cuenca del Papaloapan a fin de tener una línea base con la cual comparar diferentes escenarios de elevación del nivel del mar, con atención particular en el cambio en la salinidad media, sus cambios en diferentes zonas de las lagunas y la penetración hacia los ríos. Para este propósito se realizaron mediciones hidrográficas, de nivel del agua, batimétricas y de corrientes que se complementarán con un modelo numérico que se calibrará con dichas mediciones. Se han realizado 4 campañas de mediciones en las cuales se cubrió una red de 46 estaciones hidrográficas, se realizaron mediciones batimétricas y se instalaron un corrientímetro y 10 sensores de presión; la primera campaña se realizó del 1-2 de Agosto de 2011, la segunda del 2-4 de Diciembre de 2011, la tercera del 20-21 de Marzo y la cuarta del 17-18 de Mayo. Se encontró que las componentes de marea más importantes son la O1 y K1, con una amplitud de 14 y 12 cm en el canal respectivamente, 2.3 y 2.1 cm en la Laguna Camaronera, 10 y 10 cm en la Laguna de Buen País, 9 y 8 cm en la Laguna de Tlalixcoyan, 12 y 12 cm en el Papaloapan y 2.3 y 2.6 cm en el río Limón. De acuerdo con su amplitud le siguen en importancia las componentes M2, N2 y S2. Los datos hidrográficos muestran que en todas las campañas la Laguna Camaronera presentó mayor salinidad que las lagunas Buen País, Alvarado y Tlalixcoyan además de que la temperatura de las aguas del río Papaloapan fueron menores que en las lagunas.

SE14-13

SIMULACIÓN DE LA HIDRODINÁMICA DEL ESTERO URÍAS, MAZATLÁN, SIN.

Ramírez Aguilar María Isabel¹, Paez Emilio², Calvario Omar², Blanco Rafael³ y Sánchez Miguel²

¹CICESE
²CIAD
³UABC
 iramirez@cicese.mx

El estero Urías es una laguna costera al sur de la ciudad de Mazatlán, localizado entre los 23° 09'00" a 23° 13'00" N y 106° 19'00" a 106° 25'00" W.

Tiene una área superficial de 18km² y una profundidad promedio de cinco metros. La boca del estero ha sido dragada para ser utilizada como puerto de altura, con una profundidad promedio de 15 metros en los primeros 2km. El estero recibe descargas naturales de 7 afluentes durante las épocas de lluvias, estos caudales son utilizados por diferentes empresas para descargar flujos residuales de procesamientos alternos. Se adaptó la batimetría del estero Urías y parte de la bahía Mazatlán a un modelo hidrodinámico tridimensional con el objeto de determinar la circulación y la edad del agua del sistema estuarino. Se realizaron tres campañas de mediciones durante las épocas de lluvia y secas para obtener la información necesaria para inicializar el modelo y para su validación. Se validó el modelo con información de corrientes y temperatura obteniendo una correlación de .75 entre los datos medidos y el modelo. Las corrientes muestran poca variación vertical mostrando un patrón barotrópico en un perfil en la entrada del estero, sin embargo existe una variación horizontal que permite observar un gradiente común en los sistemas estuarinos debido a la circulación de marea.

SE14-14

SIMULACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL ESTERO URÍAS, MAZATLÁN, SIN.

Paez Valencia Emilio¹, Calvario Omar¹ y Ramírez Aguilar Isabel²¹CIAD²CICESE

eipj12@gmail.com

El estero Urías es una laguna costera situada al sur de la ciudad de Mazatlán. El estero recibe descargas continuas de 7 afluentes principales de los cuales 3 corresponden a descargas industriales, 2 son arroyos y los 2 restantes corresponden a drenes pluviales. El estero es considerado como el más urbanizado y uno de los más impactados del estado, en él se vierte una gran cantidad de desechos de origen doméstico, recibe descargas de aguas residuales provenientes de unidades de producción camaronícola, de la planta termoeléctrica, de fabricas procesadoras de alimentos así como de las diferentes embarcaciones pesqueras, deportivas y turísticas que atracan en el lugar. Se adaptó la batimetría del estero Urías y parte de la bahía Mazatlán a un modelo hidrodinámico tridimensional con un acoplamiento a un modelo de calidad del agua para simular las variables de mayor relevancia dentro del estero Urías. Se realizaron cuatro campañas de mediciones durante las épocas de lluvia y secas para obtener la información necesaria para inicializar el modelo y para su validación. Se validó el modelo con información de corrientes y temperatura obteniendo una correlación de .75 entre los datos medidos y el modelo. El modelo de calidad se inicializó con datos de 12 variables obtenidos durante campañas estacionales de muestreo. Debido a las características de las descargas que tienen como destino el estero Urías se seleccionaron nitratos, amonio, ortofosfatos y PH, para determinar la distribución y el nivel de impacto originado por estos afluentes sobre el cuerpo de estudio. Los resultados del modelo muestran que el impacto de los fosfatos es limitado y únicamente cercano a las fuentes de emisión. Sin embargo los nitratos y amonio, si tienen una dispersión amplia afectando aproximadamente la mitad del estero.

SE14-15

EVALUACIÓN DE DIFERENTES ESCENARIOS DE EUTROFIZACIÓN POR APORTES DE AGUA RESIDUAL EN LA LAGUNA LA CARBONERA, YUCATÁN MEDIANTE UN MODELO NUMÉRICO ECOLÓGICO

Meza Padilla José Rafael¹, Salles Afonso de Almeida Paulo², López Aguiar Korynthia³, Galicia Pérez Marco⁴ y Appendini Alberchtsen Christian²¹Centro Universitario de Investigaciones Oceanológicas, CEUNIVO, UCOL²Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros, Instituto de Ingeniería, UNAM³Facultad de Química, UNAM⁴Centro Universitario de Investigaciones Oceanológicas, UCOL

lenny_adictmaker@hotmail.com

La importancia de las lagunas costeras y sus hábitats asociados radica en que son el foco de reproducción y crianza de recursos pesqueros además de una fuente de alta biodiversidad. Estos sistemas son vulnerables al aumento en las concentraciones de nutrientes, ya que son susceptibles a ser alterados por el aporte de agua residual de origen urbano, industrial, ganadero y agrícola. Aunque los nutrientes son esenciales en la cadena trófica, un incremento excesivo de ellos implica un aceleramiento en el proceso causando una perturbación en el balance energético entre distintos niveles tróficos en la columna de agua. En casos extremos se dan florecimientos fitoplanctónicos que consumen el oxígeno disuelto, lo cual genera una gran mortandad de peces, malos olores por procesos anaeróbicos e incluso llega a afectar la pesca en la zona litoral.

En suelos cársticos como el que se presenta en la península de Yucatán, hay una alta permeabilidad y un gradiente hidráulico casi nulo, generando la infiltración del agua al subsuelo. El agua es transferida al acuífero y transportada

por un flujo subterráneo de sur a norte desembocando en la zona costera al norte de la península.

La Carbonera es un cuerpo costero interno que se encuentra en la costa noroeste del estado de Yucatán entre los pueblos de Sisal y Chuburná y se conecta a las aguas del Golfo de México por medio de una bocana estrecha formada a consecuencia del huracán Gilbert en 1988. Consta de una predominancia de aguas someras y un ojo de agua principal que intercambia agua entre la laguna y el acuífero subterráneo (fuente y sumidero).

En este estudio se ha implementado un modelo numérico de la calidad del agua a fin de caracterizar distintos escenarios de eutrofización en la laguna debido a la descarga de agua residual. A lo largo de tres temporales típicos de la región (sequías, lluvias y nortes), se incrementaron las concentraciones de nitrógeno y fósforo inorgánico aunado al aumento o reducción de oxígeno disuelto en el ojo de agua para determinar el impacto que tienen estas variables en la clorofila-a, la transparencia y la producción primaria en el resto de la laguna. Se establecieron puntos de control en la bocana para determinar si las afectaciones del ojo de agua, por efecto de mareas, son estacionarias o llegan a la zona costera.

SE14-16

ESTRUCTURA VERTICAL DE LOS FLUJOS DE MAREA EN EL CANAL DE LA BAHÍA DE GUAYMAS

Gómez Valdés José¹, Dworak Robinson Juan Adolfo², Vázquez Peralta Heriberto Jesús³ y Paz Manuel Enrique²¹División de Oceanología, CICESE²Instituto Tecnológico de Guaymas³Instituto Mexicano del Petróleo

jgomez@cicese.mx

Se estudió la estructura vertical de los flujos de marea, a partir de 144 días de observaciones realizadas por un ADP anclado al fondo en la entrada de la Bahía de Guaymas, cuya área es de 33.6 km² y se encuentra en una región semiárida. Se aplicaron métodos de análisis armónico a las series de tiempo de velocidad y a las series de tiempo de elevación del nivel del mar, para extraer los parámetros de las elipses de marea y para calcular amplitudes y fases de la marea. También se analizaron dos series de tiempo del nivel del mar adicionales obtenidas antes del experimento en sitios interiores de la bahía. Las corrientes barotrópicas de marea de mayor importancia fueron la K1 y la M2, estuvieron alineadas con la topografía de la entrada y mostraron amplitudes máximas de 7.8 ± 0.2 cm/s y 7.4 ± 0.3 cm/s, respectivamente. Mientras que la corriente de agua somera de mayor importancia fue la M4, con una amplitud máxima de 1.0 ± 0.2 cm/s. Debido a que la bahía cumple con la condición de cuerpo de agua pequeño, los principales movimientos de marea mostraron características de onda estacionaria. La estructura del perfil vertical de la corriente fue parabólico, lo que sugiere que la corriente barotrópica fue afectada por procesos de capa límite, además el perfil promedio de las corrientes confirmó la formación de una circulación estuarina inversa. Las corrientes de marea diurnas rotaron contra las manecillas del reloj en la capa superior y con las manecillas del reloj en la capa inferior, lo que sugiere que fueron moduladas por la estratificación.

Gómez-Valdés, J., J. A. Dworak, H. J. Vázquez, and M. Paz, 2012, Vertical structure of tidal flows at the entrance to Guaymas Bay, Mexico. *Geofísica Internacional*, 51, 271-279.

SE14-17

CIRCULACIÓN SUPERFICIAL DE LA BAHÍA DE TODOS SANTOS, B.C., DURANTE EL VERANO DE 2012: RADARES HF Y ELEMENTOS DE DERIVA

Flores Vidal Xavier¹, Durazo Reginaldo², Castro Rubén², Lavin Miguel³ y Navarro Luis Felipe¹¹Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC²Facultad de Ciencias Marinas, UABC³Departamento de Oceanografía física, CICESE

flores@uabc.edu.mx

En este trabajo se presenta una serie de experimentos novedosos realizados durante verano de 2012, con el objetivo de estudiar la circulación superficial de la Bahía de Todos Santos (BTS), Baja California. Durante periodos de 12 a 72 horas se midieron de manera simultánea, corrientes superficiales con boyas de deriva y radares de alta frecuencia (HF). Los datos mostraron una notable congruencia entre las trayectorias seguidas por los elementos de deriva y la corriente superficial medida por los radares HF. Esto permitió observar la rápida variabilidad de las corrientes superficiales al interior de la BTS, así como identificar algunas zonas de re-circulación y poca dispersión. Las velocidades obtenidas fueron en promedio de ~0.15 m/s, con máximos de hasta ~0.3 m/s durante condiciones de viento intenso (~8 m/s). En condiciones de viento débil se observó una circulación ciclónica en la porción noroeste de la BTS. Cuando el viento incrementó la circulación ciclónica desapareció y se observó un flujo hacia el sur-este, mismo que dio lugar a una circulación anticiclónica en el

extremo sur-este de la BTS. Debido a su origen ambos esquemas de circulación tuvieron una duración menor a 24 horas. Por otro lado, los resultados revelaron dos zonas de calma, frente al puerto de Ensenada y en el centro de la BTS, que algunas veces fueron interrumpidas por pequeños remolinos con duración menor a 5 horas. Las causas de dichos remolinos pueden ser asociadas a procesos turbulentos y aumento de la vorticidad relativa originada por chorros y algunos pequeños meandros. Por último, cabe destacar que los elementos de deriva siguieron los esquemas de circulación descritos sin distorsionar su formación original, e incluso en un par de ocasiones los arreglos originales se agruparon y fusionaron, lo que sugirió poca dispersión superficial.

SE14-18

OBSERVACIONES DE LA VARIABILIDAD DE LA CORRIENTE COSTERA FRENTE A ZONAS ARRECIFALES DEL SISTEMA ARRECIFAL Mesoamericano

Carrillo Bibréza Laura Elena
 Departamento de Ecología y Sistemática Acuática, ECOSUR
 lcarrillo@ecosur.mx

El análisis de la variabilidad de la corriente costera frente a las zonas arrecifales es clave para entender la relación entre los procesos oceánicos y los procesos cercanos a costa dentro de estos sistemas. Por otra parte, en las zonas costeras con una plataforma estrecha, la zona de la plataforma pueden ser considerada como una zona de amortiguamiento. Una gran parte del Sistema Arrecifal Mesoamericano presenta una plataforma estrecha. Sin embargo, las observaciones costeras actuales en los sistemas de arrecifes mesoamericanos son todavía escasas. El objetivo de este estudio es presentar un análisis de las corrientes costeras del sitio costero conocido como Arrecifes de Xcalak, que forma parte de la barrera arrecifal mesoamericana. Se analizó mediciones de corrientes costeras obtenidas durante un periodo aproximado de 2 años mediante un ADP instalado en la zona frente al arrecife. Adicionalmente, se utilizó información de viento obtenido de una estación meteorológica cercana al área de estudio. Resultados de las componentes principales, análisis espectral y correlaciones con viento son presentados. Las observaciones muestran una alta variabilidad en la zona de estudio, oscilaciones cercanas al periodo diurno y submareal presentan la mayor energía del sistema. Los eventos de tormenta y el viento local se presentan como los principales agentes forzantes. La alta variabilidad de esta zona dificulta el análisis armónico convencional sobre las series de tiempo. Este análisis representa el primer esfuerzo para definir la corriente costera frente a las zonas arrecifes de esta región del mesoamericano.

SE14-19

PROCESOS OCEANOGRÁFICOS DE LA SURGENCIA DE YUCATÁN. MEDICIONES IN-SITU EN LA REGIÓN COSTERA DE CABO CATOCHÉ.

Reyes Mendoza Oscar Fabián¹, Mariño Tapia Ismael¹, Herrera Silveira Jorge¹, Enríquez Ortiz Cecilia² y Cárdenas Palomo Natali¹
¹Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, IPN
²Instituto de Ingeniería, UNAM, Campus Sisal
 oreyes@mda.cinvestav.mx

Las zonas costeras del mundo que presentan eventos de surgencia tienen una relación intrínseca con la población humana. Se asume, que la surgencia es constante a lo largo de las costas del lado oeste de un continente bajo fricción del viento paralelo a la costa dirección al ecuador, ocasionando convergencia de masas de agua de zonas profundas por fuerza de Coriolis determinada como transporte y espiral de Ekman.

Al noreste de la Península de Yucatán, México, en primavera y verano se presenta la "surgencia de Yucatán" de ubicación oriental, consiste en agua de aproximadamente 16 a 22° C, rica en nutrientes y Cl-a mayor de 1 mg.m3, que surge de una profundidad de 200-250 m del canal de Yucatán, gobernada por la intensa corriente del mismo nombre. El agua aflorada de Yucatán (AAY) y el agua superficial del Caribe (ASC) estratifican la columna de agua de todo el Banco de Campeche. Dicha surgencia tiene implicaciones en la flota pesquera de la Península, así como en el turismo de poblaciones costeras, y se asocia con eventos de florecimientos algales nocivos.

Se conocen los procesos generales espaciales y temporales de la surgencia de Yucatán pero aun se discute que los ocasiona y prácticamente se dividen en dos teorías: la fricción topográfica y fricción del viento y en ambas considera la intensidad y dirección de la corriente de Yucatán. Sin embargo, es necesario determinar los componentes físicos que interactúan atmosfera-oceano para establecer el proceso de surgencia, su temporalidad y espacialidad específica.

Con tal fin se diseñó un estudio in-situ en la región costera de Cabo Catoche punto de máxima afloración del AAY, donde se trazo un transecto de 50 km oeste-este y otro de 20 km sur-norte con estaciones discretas en las cuales se dejó caer un CTD Sea Bird 19 plus a 4 Hzt de frecuencia, entre verano de 2007, 2008, 2011. A 12 km de la costa a 8 m de profundidad se instaló un perfilador acústico (Nortek) registrando corrientes y temperatura desde junio 2010 a julio 2012, a 10 m de altura se estimó la presión atmosférica y temperatura ambiental.

Se utilizaron campos de vientos de la estación meteorológica de la NOAA (NDBC 42056).

Con los transectos se realizaron mapas de distribución vertical de la temperatura (18-31°C), salinidad (35-38 psu) densidad (22-27 kg/m3) y graficas T-S. Se determinaron análisis espectrales de series de tiempo para la temperatura del fondo, componentes U y V de las corrientes y nivel del mar. Se realizaron análisis de espectros cruzados de las componentes de viento y temperatura ambiental, con la temperatura y corrientes. Los resultados preliminares indica que la surgencia se presenta en pulsos de 13 días entre junio y julio asociadas a la disminución del nivel del mar e incremento de la componente U de la corriente observados entre Abril a Septiembre (~ -0.09 m/s), y disminuye durante la época de nortes (~ -0.049), y es posible que la intensidad de viento del sureste sea el agente causante de los pulsos descritos.

SE14-20

SHIPBOARD ADCP OBSERVATIONS IN A COASTAL UPWELLING ZONE OFF NORTHERN BAJA CALIFORNIA

Torres Gutiérrez Héctor Salvador y Gómez Valdés José
 División de Oceanología, CICESE
 torresg@cicese.mx

During October 2009 shipboard observations were made in the coastal upwelling zone off northern Baja California coast (31-28 °N). The experiment began during an upwelling-favorable wind event after a relaxation event. There was also a relaxation event during the experiment. The wind patterns included a positive wind stress curl along the coast stronger at the southern part of the study area. Analysis of the shipboard acoustic Doppler current profiler (ADCP) data of the subsurface (40 m) layer revealed an equatorward coastal jet on the continental shelf at the northern part, a mesoscale anticyclonic eddy at the middle part, and a coastal countercurrent on the slope at the southern part. Analysis of the hydrographic measurements revealed that the equatorward coastal jet was associated with an upwelling event, that the eddy was associated with the countercurrent, and that the countercurrent was generated at the southern part. A frontal zone in the coastal upwelling region was established. The eddy was below of the mixed layer. The countercurrent was barotropic at the southern part where the wind curl was positive. The circulation pattern was confirmed with Lowered acoustic Doppler current profiler (LADCP) data.

Torres, H.S., J. Gomez-Valdes (2012) Shipboard ADCP observations in a coastal upwelling zone off northern Baja California. Continental Shelf Research (Submitted)

SE14-21 CARTEL

ASCENSO DEL OLEAJE EN PLAYAS DE YUCATÁN

Brinkkemper Joost¹, Torres Freyermuth Alec², Mendoza Ponce Tonatuh², Ruessink Gerben¹ y Salles Afonso del Almeida Paulo²
¹Department of Physical Geography, Faculty of Geosciences, UU
²Instituto de Ingeniería, UNAM, Campus Sisal
 joost.brinkkemper@gmail.com

La parametrización del ascenso del nivel del agua en playas debido a la acción del oleaje (runup) es una herramienta importante para el análisis de vulnerabilidad a la erosión e inundación de zonas costeras. El runup está conformado por el incremento en el nivel medio del mar debido a la rotura del oleaje (setup) y las fluctuaciones temporales (de alta y baja frecuencia) con respecto al nivel medio asociadas al oleaje incidente. Existen varios trabajos enfocados a su parametrización a partir de mediciones de campo. Sin embargo, existe una dispersión significativa de los datos con respecto a las parametrizaciones existentes. Esto conlleva a la necesidad de mejorar el estado del conocimiento de los procesos físicos que pueden tener un papel importante en dichas parametrizaciones, y su evaluación ante su eventual aplicación en zonas de estudio específicas. En este trabajo se modeló el runup extremal en varias playas del estado de Yucatán mediante el acoplamiento de los modelos de transformación de oleaje SWAN y SWASH. El modelo SWASH es un modelo no-lineal de transformación de oleaje transitorio que permite modelar la rotura, reflexión y runup en playas. Se simuló dos series de casos para investigar: (i) el efecto de la pendiente en la cara de la playa, condiciones de oleaje incidente, y el nivel de la marea en el runup; y (ii) la validez de las parametrizaciones existentes en perfiles de playa característicos de la zona de Yucatán. En el primer caso se encontró que al variar la pendiente de la cara de la playa (0.04-0.12) en un perfil medido, los cambios en la componente de infragravedad ($f < 0.05\text{Hz}$) y el oleaje incidente ($f > 0.05\text{Hz}$) no producen cambios importantes en el swash de las playas. Por otro lado, los valores son fuertemente sensibles a los cambios de nivel debido a las mareas. Finalmente, los modelos paramétricos predicen el valor de runup (remonte) extremo dentro del 25% de los resultados de los modelos numéricos con un rango de marea normal. Sin embargo, existen diferencias significativas en aquellos casos en que el incremento del nivel del mar excede el valor máximo de las mareas, como es el caso de las mareas de tormenta.

SE14-22 CARTEL

EFFECTO DE RELLENOS ARTIFICIALES DE ARENA EN LA MORFODINÁMICA Y LOS PROCESOS DE TRANSPORTE SEDIMENTARIO EN PLAYAS DE BAJA ENERGÍA CON EROSIÓN CRÓNICA

Medellín Mayoral Gabriela, Mariño Tapia Ismael y Euán Ávila Jorge
Departamento de Recursos del Mar, CINVESTAV, Unidad Mérida
gmedellin@mda.cinvestav.mx

La costa yucateca ha experimentado numerosos cambios durante el siglo pasado, provocados tanto por alteraciones antropogénicas como por fenómenos meteorológicos (nortes y huracanes). Como resultado, existe una importante erosión generalizada a lo largo de la costa. En los últimos años se han implementado diferentes medidas para la recuperación de playas que comprenden la remoción de estructuras perpendiculares a la costa, la regeneración de playas, e instalación de geotubos paralelos a la costa. En este estudio se analiza la evolución de un relleno de playa llevado a cabo en el 2002 en una sección de ~2 km localizada al Este del muelle de altura de Progreso posterior a la remoción de estructuras perpendiculares a la costa.

A partir de datos topográficos medidos bimestralmente por un periodo de ocho años se analiza la permanencia de dicho relleno, así como la evolución espacio-temporal de la línea de costa y del volumen de sedimento. Los perfiles medidos en la sección de playa frente al malecón y al Este del mismo presentan un comportamiento diferenciado. El análisis de los datos topográficos sugiere que la playa se encuentra actualmente en un proceso erosivo (a partir del 2007), en particular en la sección Este, con una tasa de -5 m³/m-año, en contraste con lo observado en años anteriores donde el aporte externo era evidente mostrando una tasa de +10.5 m³/m-año. La sección Oeste (frente al malecón) muestra una leve recuperación a partir del 2007 (+1 m³/ m-año), a diferencia de los primeros cuatro años de medición que presentaron tendencia erosiva (3.4 m³/m-año). Los datos topográficos de los últimos tres años de muestreo (2007-2010), periodo en el cual no se observan aportes sedimentarios externos y se considera que la playa ha vuelto a su estado natural, indican tendencia erosiva en la parte Este y acreción en la parte Oeste en el perfil subaéreo, así como una erosión generalizada en las cotas sumergidas; además de una evidente ritmicidad estacional en el perfil sumergido de la playa frente al malecón. El volumen de acreción calculado para la sección Este de la playa entre las cotas +1 m y -1.5 m (~47 700 m³), durante el año posterior al relleno, resultó muy similar al volumen de relleno proyectado (40 000 m³) para dicha sección. Sin embargo, el análisis sugiere que más de la mitad del volumen vertido se perdió en el transcurso del primer año. Se observa una evidente acreción en fechas posteriores la cual se atribuye a la advección de material de rellenos aledaños (corriente arriba) a la zona de estudio.

A pesar de que la playa se encuentra en una fase erosiva actualmente, se considera que, tanto la remoción de estructuras realizada previa al relleno, como el relleno mismo, han resultado una medida satisfactoria para mantener en condiciones óptimas esta sección de playa en Progreso. Sin embargo, el análisis sugiere que de no haber existido el relleno masivo realizado en playas aledaños, la playa analizada se encontraría en una condición más vulnerable.