

Sesión Especial

# **Oceanografía costera**

Organizadores:

Christian M. Appendini

Cecilia Enriquez Ortiz

Ismael Mariño Tapia

Roberto Padilla Hernández

SE20-1

## ESCALAS DE VARIABILIDAD DE CLOROFILA SATELITAL FRENTE A LAS COSTAS DE NAYARITESCALAS DE VARIABILIDAD DE CLOROFILA SATELITAL FRENTE A LAS COSTAS DE NAYARIT

Cepeda Morales Jushiro, Bojorquez Iran, Romero Bañuelos Carlos, Inda Díaz Emilio A., Hernández Almeida Oscar y Hernández Vásquez Francisco  
*Universidad Autónoma de Nayarit, UAN*  
 jushirocm@gmail.com

Los eventos del El Niño/La Niña, son de los procesos más importantes en la variabilidad de los ecosistemas marinos en escalas interanuales. Para el Pacífico Oriental frente a México, diversos estudios indican que bajo condiciones cálidas relacionadas con eventos de El Niño, la biomasa del fitoplancton presenta anomalías negativas, lo que tiene fuertes repercusiones sobre la productividad de los ecosistemas. Basado en información derivada de sensores remotos de clorofila (1997-2014) y temperatura superficial de mar (TSM) se analizan las principales escalas de variabilidad de la biomasa del fitoplancton estimada como concentración de clorofila en la región de la entrada del Golfo de California frente a la costa de Jalisco y Nayarit. La región de estudio se caracteriza por ser una zona de transición oceanográfica con complejas características dinámicas. En el valor promedio de largo periodo para clorofila presenta altos valores en la clorofila (2 a 5 mg/m<sup>3</sup>) en la región costera frente a Nayarit, la cual se extiende mar adentro hasta las inmediaciones de las Islas Mariás. La plataforma continental de esta región presenta mayor extensión respecto a sus inmediaciones y se caracteriza por una alta productividad de recursos pesqueros, además de la presencia de importantes ríos. La variabilidad de la concentración de clorofila dentro de la escala estacional presenta un incremento de enero a mayo, con un máximo de clorofila (~2 mg m<sup>-3</sup>) durante junio. Abruptamente cae durante julio y se incrementa en la región más costera durante agosto y septiembre. Dentro de la misma escala, la TSM presenta tres condiciones, durante enero hasta abril se observan bajas temperaturas relativas (~25 °C), máximos valores durante julio a octubre (~32 °C) y condiciones intermedias para los otros meses. Durante eventos interanuales, las condiciones de ENSO generaron anomalías positivas en la TSM. A pesar del descenso en la concentración de clorofila (anomalías negativas) la región frente a Nayarit mantiene valores elevados de CHLO (~1 mg m<sup>-3</sup>). Esta alta productividad biológica suponemos tiene relación con la interacción con el continente a través de las variaciones interanuales en las descargas ríos que son importantes en la región y favorecen a la producción biológica de la región.

SE20-2

## DINÁMICA DE LA PRODUCCIÓN PRIMARIA Y DE ZOOPLANCTON EN LA SURGENCIA DE CABO CATOCHE A TRAVÉS DE MEDICIONES IN SITU Y SENSORES ACÚSTICOS

Sánchez Suleyma<sup>1</sup>, Mariño Tapia Ismael<sup>2</sup> y Reyes Oscar<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, IPN, Unidad Mérida  
<sup>2</sup>CINVESTAV, Mérida  
 suly.sanz.24@gmail.com

Al noroeste de la Península de Yucatán, frente a las costas de Cabo Catoche, Quintana Roo, México, se desarrolla un fenómeno oceanográfico estacional denominado surgencia. Debido a los aportes de nutrientes provenientes de este proceso, la producción primaria tiene un incremento notorio, y con ello se beneficia toda la cadena trófica, incluso debido a este fenómeno se produce una de las agregaciones más importantes a nivel mundial del tiburón ballena (*Rhincodon typus*). El conocimiento de la magnitud, temporalidad y comportamiento de esta surgencia es importante debido principalmente a sus repercusiones en las actividades pesqueras, turísticas y servicios ecosistémicos. En el presente trabajo, se describe la evolución de un pulso de surgencia producido en la región costera de Cabo Catoche, y su efecto en la producción primaria y densidad de zooplancton durante un monitoreo intensivo de 12 días consecutivos. A lo largo de esta campaña, se logró registrar la masa de agua de surgencia, utilizando un perfilador CTD (SBE19 plus), identificando la isoterma de 22.5°C y la isohalina de 36.8. Paralelamente se registraron, dentro de la masa de agua de surgencia, altas concentraciones de nutrientes (amonio y nitrato principalmente) y clorofila-a (5.5 mg/m<sup>3</sup>), a través de tomas in situ de agua. Adicionalmente se encontró también en las muestras un incremento en la biomasa zooplanctónica (232, 783.96 org/m<sup>3</sup>), donde los copépodos fueron el grupo dominante, seguidos de las apendicularias, lamelibranquios y finalmente huevos de pez. Por otro lado, utilizando un perfilador acústico de corrientes (AWAC), se lograron identificar migraciones verticales de zooplancton después de haberse incrementado la producción primaria y desaparecido la masa de agua de surgencia. Para la validación en estas observaciones, se compararon las frecuencias registradas con las muestras in situ de biomasa de zooplancton.

SE20-3

## MECANISMOS GENERADORES Y CONTROLADORES DE UNA SURGENCIA DINÁMICA COSTERA.

Enríquez Cecilia<sup>1</sup> y Mariño Tapia Ismael<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Facultad de Ciencias, Unidad Académica Sisat, UNAM  
<sup>2</sup>CINVESTAV, Mérida  
 cenriqz@ciencias.unam.mx

Las surgencias costeras son fuentes importantes de nutrientes provenientes de mar profundo que por distintos forzamientos se elevan hacia la superficie, donde frecuentemente hay escasez de nutrientes y consecuentemente baja productividad. Ante un evento de surgencia, la repentina abundancia genera zonas altamente productivas a todos los niveles tróficos. En la zona costera de Cabo Catoche, al noreste de la península de Yucatán, ocurren eventos de surgencia durante la primavera y el verano. Estos eventos promueven pesquerías importantes, son los responsables de la presencia de tiburón ballena y mantas gigantes, pero al mismo tiempo ocasionan crecimientos de microalgas que pueden desarrollarse y generar florecimientos algales nocivos y mareas rojas. Para prevenir los efectos, benéficos o dañinos, que resultan de las surgencias, es necesario entender en su totalidad la naturaleza del proceso. En este sitio, aparentemente no hay una sola fuerza generadora de la surgencia, sino una combinación de forzamientos que no siempre pueden diferenciarse claramente. La surgencia fue inicialmente identificada en 1966 por Cochran y estudios subsiguientes atribuyen la surgencia a la fricción entre la Corriente de Yucatán y el borde continental. Mediciones recientes en el sitio de la surgencia muestran que otros procesos intervienen de manera importante en el proceso, particularmente el viento. En este estudio se presenta la importancia relativa de los distintos forzamientos que generan y controlan el proceso de surgencia en Cabo Catoche, Yucatán. La contribución de las distintas fuerzas se obtienen de la combinación de estudios de modelación numérica y de forma analítica mediante el escalamiento de los distintos términos forzantes en la ecuación de Navier-Stokes. Estudios preliminares de modelación numérica, muestran que el viento tiene un efecto importante: durante eventos intensos del sureste, se promueve el fenómeno de surgencia que resulta del transporte de Ekman hacia afuera de la costa que se suma a la fuerza inducida por la Corriente de Yucatán, que dependiendo de su intensidad y cercanía con el margen continental genera distintos grados de fricción con el continente. Por otro lado, vientos del norte, pueden reducir e incluso suprimir el proceso de surgencia.

SE20-4

## PRESENCIA DE FLUJOS PROFUNDOS DE AGUA FRÍA EN LAS BAHÍAS DE MANZANILLO Y SANTIAGO, COL. MÉXICO

Torres-Orozco Ernesto<sup>1</sup>, Soltero-Delgado Diana<sup>1</sup>, Galicia Pérez Marco Antonio<sup>2</sup> y Verdusco-Zapata Manuel Gerardo<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Marinas, UCOL  
<sup>2</sup>Centro Universitario de Investigaciones Oceanológicas, Universidad de Colima  
 etorres@uocol.mx

El área de estudio se localiza en la porción central del Pacífico mexicano, en las costas del Estado de Colima. Está conformada por dos bahías (Santiago y Manzanillo), con profundidades menores a 70 metros. La bahía de Santiago es de menor dimensión y más somera que la de Manzanillo. En esta última se llevan a cabo actividades portuarias y turísticas. En cambio en la de Santiago solo actividades recreativas. Con el propósito de estudiar la presencia de flujos profundos de agua fría en el interior de las bahías de Manzanillo, se llevaron a cabo mediciones de Conductividad, Profundidad y Temperatura mediante un CTD marca Sea Bird modelo 19-PLUS, durante el periodo 2009-2010. El procesamiento de datos se realizó con utilerías proporcionadas por el fabricante y con programas en Matlab. Los resultados muestran que las bahías presentan dos patrones hidrográficos. Uno ocurre en invierno-primavera y el otro en verano-otoño. La termoclina, presente en el primer patrón, está delimitada por las isotermas de 18 °C y 22 °C, a diferencia del segundo patrón que presenta condiciones más homogéneas. Durante invierno y parte de la primavera destaca la presencia de agua fría que se desplaza sobre el fondo marino, la cual ingresa por la bahía de Santiago y su distribución está restringida por la batimetría en el área de estudio. La presencia de esta agua fría coincide con el desarrollo de surgencias costeras observadas en las costas de Jalisco. También se observó que el 2009 presentó condiciones más cálidas respecto al 2010.

SE20-5

## ESTRATIFICACIÓN Y MEZCLA ASOCIADA A APORTES SUBMARINOS DEL ACUÍFERO

Gallegos Diez Barroso Gabriel y Mariño Tapia Ismael  
 Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, IPN  
 malhaya@gmail.com

Las zonas costeras son un medio ambiente en donde confluyen fenómenos atmosféricos, marinos y terrestres, lo que los hace ambientes muy dinámicos, donde además la influencia de actividades antrópicas es cada vez más evidente. Estudiar los procesos de mezcla y estratificación en cuerpos costeros es importante

debido al impacto que tienen en la distribución de nutrientes, larvas de peces, transporte de sedimentos, contaminantes etc. Esto es especialmente importante en regiones donde los aportes submarinos del acuífero representan la principal vía de agua continental al mar. La laguna arrecifal de Puerto Morelos, ubicada a 30km al sur de Cancún, es un cuerpo de agua semicerrado por una barrera de coral sumergida, el cual se ha visto sujeto a una actividad turística creciente. En la laguna se sabe que existen aportes de agua continental subterránea, en forma de ojos de agua submarina. La dinámica de estos aportes son controlados por un gradiente de presión entre el nivel piezométrico y el nivel del mar. Al tener una salinidad y temperatura diferentes a las del medio marino la estructura de la columna de agua se vuelve inestable debido a la naturaleza boyante del agua proveniente del acuífero, menos densa. Estos aportes además de tener diferentes condiciones termohalinas arrastran consigo nutrientes y contaminantes desde tierra adentro que se dispersan dentro del cuerpo costero. Debido a que la mezcla de estos componentes estará gobernada por procesos turbulentos, el presente trabajo estudia a través de mediciones de campo, la evolución temporal y gradientes verticales de la turbulencia, velocidad, nivel del mar, temperatura, conductividad, y oxígeno disuelto, así como la distribución espacial de la evolución de la pluma producto de los procesos de mezcla utilizando mediciones de temperatura, conductividad, velocidades y nitrógeno a través de un instrumento óptico que permite tomar datos in situ de variables químicas (SUNA) de continuo en una embarcación. Este estudio permitirá evaluar la difusividad del sistema, su capacidad para dispersar materiales y el papel de los ojos de agua como aportes de sustancias provenientes del continente.

SE20-6

### VÍNCULOS ENTRE LA HIDRODINÁMICA DE LAGUNAS ARRECIFALES, LA DEGRADACIÓN DE ARRECIFES DE CORAL Y LAS DESCARGAS SUBMARINAS DEL ACUÍFERO.

Mariño Tapia Ismael<sup>1</sup>, Enriquez Cecilia<sup>2</sup>, Franklin Gemma<sup>1</sup> y Escalante Mancera Edgar<sup>3</sup>

<sup>1</sup>CINVESTAV, Mérida

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias, Unidad Académica Sisal, UNAM

<sup>3</sup>ICMyL, UNAM

imarino@mda.cinvestav.mx

La alta complejidad topográfica característica de las colonias de coral ecológicamente sanas, tiene importantes efectos en la hidrodinámica de estos ambientes, especialmente aquellos vinculados con arrecifes de borde, donde la profundidad disminuye drásticamente. La incrementada rugosidad arrecifal es capaz de disipar más eficientemente la energía del oleaje, lo que protege playas; e incrementa la sobre-elevación del nivel del mar por oleaje (set up), lo que genera una circulación más activa en la laguna arrecifal. Por otro lado, ya se sabe que los ecosistemas arrecifales están sufriendo un cambio de fase, transformándose de un ecosistema dominado por corales a uno dominado por macroalgas, lo que genera una pérdida de la complejidad topográfica. Esta pérdida en la rugosidad arrecifal repercute en menor disipación de oleaje (menor protección a playas), y una sobre-elevación de oleaje disminuida (circulación menos activa). Este trabajo evalúa la complejidad arrecifal en la laguna de Puerto Morelos, utilizando mediciones batimétricas de alta resolución; lo que se logra filtrando los efectos del oleaje rompiente con un GPS diferencial. Se incluyen imágenes de video para la caracterización de hábitats bentónicos que generan esta complejidad topográfica. Mediciones in situ de conductividad realizadas en la cresta arrecifal, vinculan las descargas submarinas del acuífero (DSA) a la extensiva presencia de macroalgas, sugiriendo que las DSA pueden ser un importante componente en el cambio de fase y en la pérdida de complejidad del arrecife. Las DSAs son muy comunes en la región y se caracterizan por ser una importante fuente de nutrientes y contaminantes provenientes de efluentes de tierra sin el apropiado tratamiento. El comportamiento de esta entrada de agua salobre al sistema y su dispersión en la laguna arrecifal se investiga utilizando un modelo numérico 3D, y mediciones in situ. El modelo sugiere que la componente termohalina contribuye considerablemente a la circulación de la laguna arrecifal, y las plumas provenientes de las DSA en la cresta arrecifal se propagan hacia la laguna, encima de las comunidades de coral.

SE20-7

### THE WATER EXCHANGE BETWEEN CHINCHORRO BANK AND ITS SURROUNDINGS

Candela Julio<sup>1</sup>, Ochoa José Luis<sup>1</sup>, Sheinbaum Julio<sup>1</sup>, López Mariscal Manuel<sup>1</sup>, Coronado Cesar<sup>2</sup> y Bravo Erick<sup>2</sup>

<sup>1</sup>CICESE

<sup>2</sup>ICMyL, UNAM

jcandela@cicese.mx

Two years of continuous measurements of the subsurface pressure field inside and around Chinchorro Bank, along with currents and waves observed outside, suggest four major processes governing the water exchange of the Bank with its surroundings: 1) surface wave pumping of water into the Bank through its eastern edge, 2) the large scale circulation in the region that drives the sea level changes through geostrophy, 3) the tidal pumping with imposed cyclic flows into and out of the Bank and 4) the imposed drift by the wind. The Bank's region is characterized by the persistent presence of the Trade Winds, besides winter Storms ("Nortes") and the common passage of hurricanes in the summer and fall. Winds, therefore, are clearly

an important forcing factor in the Bank's exchange, not only for being responsible for generating the surface waves impinging on the Bank, as mentioned below, but also for setting up a wind drift within which can be of some importance. The direct wind forced circulation within the Bank is presently the subject of an intense research effort, but it is not part of this presentation. Waves impinging all along the eastern barrier reef induce water inflows (from overtopping the reef) and generate a pressure gradient that drives a drift from east to west throughout the Bank. This western drift can normally replenish the water over the Bank with a time scale of ~10 days. However, extreme wave events, lasting around 24 hours, can replenish the whole Bank's water in the order of day. The region's large scale circulation is dominated by the zonal Cayman Current impinging on the Yucatan Peninsula becoming the Yucatan Current as it turns northward. Variability in the strength and impacting latitude of this current causes sea level gradients within the Bank, i.e., a Yucatan Current increase of 1 m/s, over a period of a couple of weeks, sets up a zonal sea level gradient within that can replenish the whole Bank's water in a time scale of ~14 days. At such times, the large scale current around the Bank is at a maximum thus ensuring an effective removal and dispersal of the exported waters. The Bank has a micro-tidal regime with a semidiurnal amplitude of ~12cm during spring tides and a diurnal of ~2cm, these imply that the Bank is exchanging ~3% of its waters with its surroundings during a tidal cycle. However small, this tidal pumping is effective for the ventilation of the Banks' waters in ~30 days due to the large scale circulation around the Bank that ensures a real exchange with renewed waters.

SE20-8

### VARIABILIDAD TEMPORAL Y ESPACIAL DE LA CIRCULACIÓN EN EL SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO

Zavala-Hidalgo Jorge, Allende-Arandia Ma. Eugenia,

Mateos-Jasso Adriana y Romero-Centeno Rosario

Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

jzavala@atmosfera.unam.mx

Para caracterizar las corrientes en el Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV) y su variabilidad espacial y temporal, se analizaron mediciones de seis años (2007-2012) de perfiles de corriente medidos en la zona norte del SAV. Para complementar el estudio se analizaron vientos de dos modelos numéricos y corrientes de un modelo de circulación oceánica. La variabilidad temporal de las corrientes está dominada por eventos con una duración de 2 a 10 días asociados con las condiciones atmosféricas sinópticas, mediante el forzamiento por la componente del esfuerzo a lo largo de la costa sobre la plataforma de Tamaulipas-Veracruz. Durante el otoño-invierno, episodios de corrientes intensas hacia el sureste prevalecen, alcanzando más de 1.0 m/s, y están asociados con la intrusión de sistemas frontales en el Golfo de México. Sin embargo, también se observan episodios de corrientes intensas hacia el sureste en primavera-verano, forzadas por los vientos de las tormentas tropicales. Entre mayo y agosto, corrientes débiles hacia el noroeste son más frecuentes, con velocidades cuya magnitud es menor a 0.4 m/s. La ocurrencia anual de corrientes hacia el sureste (noroeste) fue de entre 45% y 60% (40-55%) del tiempo, con un promedio de 55% (45%). Se encontró que hay una pequeña contribución a las corrientes perpendiculares a la costa en la frecuencia diurna y que las corrientes de marea son un orden de magnitud más débiles que las forzadas por el viento.

SE20-9

### INTERACCIÓN ENTRE LA CIRCULACIÓN DE PLATAFORMA CONTINENTAL Y LA CIRCULACIÓN LITORAL EN EL CARIBE MEXICANO BAJO DIFERENTES REGÍMENES CLIMATOLÓGICOS

Miret Daniel<sup>1</sup>, Mariño Tapia Ismael<sup>1</sup> y Enriquez Cecilia<sup>2</sup>

<sup>1</sup>CINVESTAV, Mérida

<sup>2</sup>UNAM, UMDI Sisal

miret.dani@gmail.com

El presente trabajo se engloba dentro del proyecto doctoral "Morfodinámica y transporte de sedimentos bajo condiciones de huracán en playas expuestas y protegidas por arrecifes de coral". Se realiza un estudio comparativo de la interacción entre la circulación costera a pequeña escala (zona de rompiente) con la circulación en plataforma continental a más amplia escala, en dos playas sujetas a condiciones de oleaje costafuera muy similares: Cancún, una playa expuesta y Puerto Morelos, cuya playa está protegida por un arrecife de borde. La comparación entre estos dos sistemas es relevante pues la playa expuesta, durante el paso del Huracán Wilma quedó casi totalmente desprovista de arena. Sorprendentemente, la playa de Puerto Morelos, a tan solo treinta kilómetros de distancia de la anterior y sujeta a las mismas condiciones atmosféricas, ganó una considerable cantidad de arena durante ese fenómeno. Se piensa que la dinámica del oleaje rompiente exportó una considerable cantidad de arena de la playa de Cancún, poniéndola disponible a las intensas corrientes de plataforma generadas por Wilma, las cuales fluían hacia Puerto Morelos. Por otro lado, la dinámica del oleaje rompiente en el arrecife permitió introducir arena en la laguna arrecifal, haciendo crecer la playa. Este trabajo se enfoca solamente en el capítulo correspondiente a la circulación. Con la ayuda de los modelos SWAN (oleaje) y ROMS (circulación), se muestran los patrones de circulación más comunes a diferentes escalas en ambas localidades,

bajo condiciones climatológicas típicas de la zona y bajo condiciones de huracán extremo. Se vinculan los efectos de procesos de pequeña escala (zona de surf), con las corrientes de amplia escala, las cuales parecen controlar buena parte de la dinámica sedimentaria bajo condiciones de tormenta.

SE20-10

### HIDRODINÁMICA DEL ESTERO DE PUNTA BANDA: EFECTO DEL VIENTO

Juárez Araiza Braulio<sup>1</sup>, Gómez Valdés José<sup>1</sup> y Valle Levinson Arnoldo<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE

<sup>2</sup>Universidad de Florida, USA  
 bjuarez@cicese.edu.mx

El Estero de Punta Banda es un estuario inverso situado a 31° 51' de latitud norte y 116° 38' de longitud oeste, en la costa oeste de Baja California, México, en el extremo sur de la Bahía de Todos Santos, y a 13 km de distancia de Ensenada. Su hidrodinámica se ha estudiado poco, la mayoría de los estudios son sobre flujos producidos por la marea. De igual forma, el conocimiento sobre el efecto de los vientos en un estuario inverso es escaso. En el caso particular del área de estudio resulta interesante analizar el efecto de los vientos favorables a surgencias en los movimientos del agua del estero, así como la interacción entre diferentes forzantes. En abril del 2014 inició una campaña de observaciones en el Estero de Punta Banda con el objetivo de entender mejor la hidrodinámica de este cuerpo de agua. Al inicio de la campaña se colocaron dos sensores de presión, uno en la boca y el otro en cabeza del estero para monitorear los cambios verticales de la superficie del agua. Asimismo en la periferia de la Bahía de Todos Santos operan desde hace tiempo varias estaciones meteorológicas. En mayo del mismo año se llevó a cabo un estudio intensivo de corrientes e hidrografía. En este trabajo presentamos avances del estudio sobre el efecto del viento en la circulación de las aguas del estero.

SE20-11

### INFLUENCIA DE LOS FORZAMIENTOS REMOTOS Y LOCALES EN LA DINÁMICA BAROTRÓPICA DE UNA LAGUNA COSTERA ALARGADA: CELESTÚN, MEXICO

Casares Salazar Rafael y Mariño Tapia Ismael  
 Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, IPN  
 rachmer@yahoo.com

El objetivo principal de este estudio es investigar la influencia de las fluctuaciones de baja frecuencia del nivel del mar, las mareas astronómicas y el viento local en los niveles de agua y velocidades de flujo de una laguna costera alargada y somera. Las mediciones de campo muestran un incremento submareal del nivel del agua, con un período de 21.33 días, en todas las estaciones de monitoreo dentro de la laguna. Estas oscilaciones de baja frecuencia se propagan desde el mar hacia la cabeza del sistema con muy poca atenuación (~17%), por lo que se consideran forzamientos remotos. En cambio, la señal de marea astronómica se atenúa alrededor de un 85%, y presenta un tiempo de retraso de 7.75 hrs desde la boca hasta la cabeza, indicando una propagación barotrópica dominada por fricción. Adicionalmente, las mediciones de campo sirvieron para implementar, calibrar y validar un modelo numérico barotrópico en 2D (promediado en la profundidad) con el que se investigaron los forzamientos responsables de la sobreelevación submareal observada. Con la finalidad de comparar la influencia de los vientos locales, mareas astronómicas y el forzamiento remoto, se realizaron experimentos numéricos forzados con: i) vientos locales solamente, ii) mareas astronómicas, iii) mareas astronómicas más viento local, iv) nivel del mar medido (que incluye las mareas astronómicas y los forzamientos remotos) y v) nivel del mar medido más viento local. Los experimentos numéricos sugieren que los vientos locales incrementan el nivel del agua en la cabeza de la laguna a lo más 4 cm (36.36% del rango de marea astronómica medida en la cabeza), lo cual está dentro del error cuadrático medio de las simulaciones numéricas, en tanto que los efectos remotos pueden contribuir con cerca de 27.3 cm (248%). Para este modelo 2D, el efecto de los vientos locales y del forzamiento remoto no es notorio en las velocidades y caudales. Sin embargo, al calcular los volúmenes acumulados de agua que pasan a través de secciones transversales (e.g. en la boca) a través del tiempo, el efecto del incremento de baja frecuencia del nivel del mar es evidente. Esto implica que el intercambio de agua con el océano costero está dominado por las fluctuaciones de baja frecuencia de origen remoto, lo cual tiene importantes implicaciones en los tiempos de recambio y en la renovación del agua de la laguna.

SE20-12

### EVALUACIÓN DEL PELIGRO A LA INUNDACIÓN INDUCIDA POR NORTES EN EL POBLADO DE PROGRESO, YUCATÁN, MÉXICO.

Rey Sanchez Wilmer, Salles Paulo, Mendoza Ponce E. Tonatiuh y Ruíz Salcines Pablo  
 LIPC, Instituto de Ingeniería, UNAM  
 w.reysanchez@gmail.com

La Península de Yucatán es afectada por frentes fríos llamados localmente "Nortes", son fenómenos hidrometeorológicos de alta presión que propagan masas de aire frío de norte a sur. Estos eventos presentan una alta frecuencia (aprox. 40/año durante otoño e invierno) y generan marea de tormenta, que de coincidir con una marea alta en marea viva pueden llegar a generar inundaciones considerables en la costa baja característica de las playas de Yucatán. Debido a la escasez de series largas de marea a lo largo de la costa de Yucatán así como el ánimo de evaluar el peligro a la marea total (astronómica más la de tormenta) durante eventos de tormenta, se implementó un reanálisis de 30 años (1979-2008) de sobre elevación del nivel del mar. Se usó el modelo hidrodinámico bidimensional con promedio en la vertical Mike 21; la malla es flexible no estructurada y cubre toda la plataforma de Yucatán. La batimetría fue extraída de la ETOPO 1 y complementada con perfiles de batimetría con una resolución de 10 km a lo largo de la costa. El modelo fue forzado con marea astronómica extraída del modelo global de marea, campos de viento y de presión de la base de datos Climate Forecast System Reanalysis (CFSR) y corrientes promedio a lo largo del canal de Yucatán. El modelo fue calibrado y validado con datos de mareógrafos localizados en los puertos de Telchac, Progreso y Sisal (Yucatán). Dado que las bases de datos subestiman la magnitud de los vientos durante el paso de ciclones tropicales (Swail y Cox, 2000), el nivel del mar generado por el modelo durante estos eventos se encontró que también es subestimado. Sin embargo, durante los Nortes es reproducido satisfactoriamente. Con base en el contenido energético del oleaje (Mendoza y Jiménez, 2009) se identificaron 200 eventos extremos de tormenta en el reanálisis de oleaje de Appendini et.al (2012), 183 de ellos fueron generados por Nortes. La máxima sobre elevación del mar (1.2m) inducida por un Norte se presentó en el año 2004 (coincidió con una marea alta durante una marea viva). Teniendo en cuenta que la máxima altitud en la localidad de Puerto Progreso es de 2.10m sobre el nivel medio del mar, eventos como estos pueden llegar a afectar considerablemente a poblados de la costa yucateca. Debido a la alta ocurrencia de los Nortes se realizó un análisis extremal de marea con los resultados del modelo hidrodinámico para el puerto de Progreso. Con base en este análisis se simuló la inundación con un periodo de retorno de 25 años para esta localidad. Para este caso se amplió la malla de cómputo, cubriendo a todo este poblado. Se hizo uso de datos de topografía LIDAR de alta resolución para interpolarla a la malla de cálculo. En los resultados se presentarán mapas de áreas propensas a inundación en el poblado de Progreso, lo cual será útil para instituciones gubernamentales y agencias privadas en la toma de decisiones concernientes al manejo de la costa de esta zona.

SE20-13

### VULNERABILIDAD COSTERA A EVENTOS DE TORMENTA.

Mendoza Ponce E. Tonatiuh<sup>1</sup>, Ojeda Casillas Elena<sup>1</sup>, Meyer Arent Klaus<sup>2</sup> y Salles Paulo<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Instituto de Ingeniería, UNAM  
<sup>2</sup>University of West Florida  
 emendoza@iingen.unam.mx

Esta contribución presenta el desarrollo de un nuevo índice de vulnerabilidad costera al efecto de impactos de tormenta y su aplicación a las playas arenosas de la costa de Yucatán. El índice propuesto esta compuesto de la morfología de la playa, vegetación y la población a lo largo de la costa son consideradas para obtener un índice multi-criterio de vulnerabilidad, el cual provee información útil acerca del estado de la costa y los probables escenarios del cambio o daños que puedan ocurrir. El desarrollo de índice de vulnerabilidad toma en cuenta 1) los indicadores de la respuesta de la playa basados en la caracterización de las principales elementos de la playa y los impactos potenciales de las tormentas en términos de inundación y erosión inducidos por las características de las tormentas (oleaje y cambios de nivel del mar). 2) Un indicador de vegetación, el cual da una medida del grado de la cobertura de la vegetación en la parte trasera de la playa (con su inherente protección) y 3) el indicador de la antropización, dado por la densidad de los asentamientos humanos. El forzamiento esta definido en términos de eventos representativos utilizando una clasificación de las tormentas basada en oleaje y elevaciones del nivel del agua utilizando reanálisis de 30 años (1979- 2008). Cada evento está definido en términos de altura significativa, periodo pico del oleaje, dirección del oleaje, duración de la tormenta y el contenido energético integrado de la tormenta. Los eventos identificados fueron clasificados en una escala de cinco niveles (análoga a la clasificación de Saffir-Simpson) utilizando el contenido energético como parámetro de clasificación. La caracterización de la respuesta se hizo a través de los indicadores de inundación y erosión. Los elementos característicos de la playa fueron obtenidos utilizando transectos perpendiculares a la playa separados cada 200 m, utilizando un modelo digital de elevación (MDE) obtenido por datos de LiDAR hecho en junio del 2011. Por cada transecto se obtuvieron datos de como ancho de playa, pendiente y elevación máxima en la parte trasera de la playa. La erosión potencial se obtuvo utilizando un modelo perpendicular de variación del perfil de playa y la inundación utilizando

una parametrización del remonte y el valor de marea de tormenta asociada a las tormentas. La respuesta a la erosión y la inundación se dividió en tres grupos con valores de 1, 3 y 6 de acuerdo a los diferentes niveles de afectación, en donde 1 no es afectado y 6 es el más afectado. La cobertura de duna vegetada así como los asentamientos humanos fueron obtenidos utilizando los datos del ordenamiento ecológico del estado de Yucatán y actualizados mediante fotografías aéreas e imágenes de satélite. La vegetación y los asentamientos, fueron divididos en tres niveles en los que el valor de 1 se le asignó a una sistema dunar vegetado con buena salud y baja presencia de asentamientos humanos y 6 a la ausencia de vegetación y alta densidad urbana. Agradecimiento: proyecto PAPIIT IA100113 DGAPA UNAM.

SE20-14

## INDICADOR DE VULNERABILIDAD A LA EROSIÓN EN PLAYAS PARA EL MANEJO COSTERO

Cuevas Alfonso<sup>1</sup>, Euán Jorge I.<sup>2</sup>, Silva Rodolfo<sup>3</sup> y Villatoro Monique<sup>3</sup><sup>1</sup>Universidad Marista de Mérida, UMM<sup>2</sup>CINVESTAV, Mérida<sup>3</sup>Instituto de Ingeniería, UNAM  
acuevas@marista.edu.mx

Tipificar la costa arenosa en función de la vulnerabilidad a la erosión permitiría construir una estrategia de manejo apropiada, priorizando aquellas zonas que requieran de pronta y mayor atención y así como la implementación de acciones adecuadas a cada localidad. Un análisis espacio temporal de aproximación integral, basado en técnicas de fotointerpretación, características geomorfológicas y morfodinámicas permiten sintetizar la susceptibilidad a la erosión en zonas de playa. En este estudio se propone un método cartográfico para identificar oportunamente zonas del litoral de playa con mayor vulnerabilidad a la erosión costera, que permita alertar a los tomadores de decisión sobre la necesidad de implementar acciones y reducir riesgos en zonas prioritarias de atención. La morfología de duna-playa puede ser muy variable y su dinámico equilibrio depende de múltiples factores como el tamaño de grano, la intensidad de energía de oleaje, la disponibilidad de sedimento, las características del perfil de playa y la configuración costera. Una playa con un amplio desarrollo de "backshore" arenoso por sus características en el régimen de deposición de sedimento refleja condiciones de baja energía y disponibilidad de sedimento y dado que la playa protege las propiedades costeras, se consideró en este trabajo el ancho de playa como atributo geomorfológico relevante, donde a mayor ancho de playa, menor la vulnerabilidad por erosión. El método propuesto integra, además de atributos geomorfológicos y morfodinámicos, características antropogénicas de la costa. También se consideraron rasgos ecosistémicos como la vegetación de duna. La integración de diversos atributos en el índice empleado es de utilidad en el manejo e identificación de sitios prioritarios de atención para acciones preventivas. Entre los hallazgos, se observó que los sitios con mayor índice de vulnerabilidad a la erosión se asocian a lugares con mayor densidad poblacional.

SE20-15

## VULNERABILIDAD COSTERA AL OLAJE Y MAREAS DE TORMENTA ANTE ESCENARIOS DE AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR

Appendini Christian<sup>1</sup>, Meza-Padilla José Rafael<sup>1</sup> y Hinojosa Corona Alejandro<sup>2</sup><sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM<sup>2</sup>Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE  
cappendinia@ingen.unam.mx

El último reporte del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC), en base a escenarios globales de ascenso del nivel del mar, estima que las costas mexicanas experimentarán aumentos de 0.5 a 1 m en el nivel medio del mar durante el siglo XXI. Ante dicho escenario, el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático identifica la necesidad de realizar mapas de inundación para las áreas costeras de México. Estos mapas son imprescindibles para comprender las afectaciones y proponer medidas de manejo costero ante tales escenarios, sin embargo, no abordan el problema de aumento de la vulnerabilidad ante los peligros costeros. En este trabajo se toman escenarios de aumento del nivel del mar para dos localidades en el Pacífico (Manzanillo y La Paz) y dos localidades en el Golfo de México (Tampico y Holbox) para ejemplificar el aumento de la vulnerabilidad ante los peligros de oleaje y mareas de tormenta. Para cada una de las localidades se realizaron simulaciones hidrodinámicas y de generación y propagación de oleaje forzando con campos de viento de ciclones tropicales hipotéticos variando la intensidad de los vientos máximos. Los resultados muestran como un aumento en el nivel medio del mar de 1 y de 2 m aumentan considerablemente la vulnerabilidad de las zonas costeras ante el oleaje e inundaciones generadas por ciclones tropicales. También se demuestra que dicho aumento de vulnerabilidad también está determinado por la configuración geomorfológica de la zona receptora del evento extremo.

SE20-16

## MEDICIONES DEL REMONTE DEL OLAJE EN LA PLAYA DE SISAL (YUCATÁN) A PARTIR DE IMÁGENES DE VIDEO

Ojeda Casillas Elena<sup>1</sup>, Mendoza Ponce E. Tonatiuh<sup>1</sup>, Torres-Freyermuth Alec<sup>1</sup> y Puleo Jack A.<sup>2</sup><sup>1</sup>Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros, Instituto de Ingeniería, UNAM<sup>2</sup>Ocean Engineering Laboratory, Center for Applied Coastal Research, University of Delaware  
eojedac@iingen.unam.mx

La erosión y la inundación que sucede en diversas secciones de franja costera la Península de Yucatán son elementos de suma importancia en la gestión de la zona costera. Esto sucede a pesar de no estar sometida a un oleaje de alta energía ( $H_s = 1\text{ m}$ ) y de encontrarse protegida por una plataforma continental muy ancha (más de 180 km) y de poca pendiente (1:1000). Una de las características que puede influenciar este comportamiento erosivo es el régimen de brisas que se caracteriza por vientos que llegan muy oblicuos a la costa y producen un oleaje con un ángulo de incidencia elevado y de periodo corto. En abril de 2014 se realizó una campaña intensiva en la playa de Sisal (Yucatán) a lo largo de la cual se tomaron medidas del oleaje, marea, viento, corriente, morfología de la playa y transporte de sedimentos. Las condiciones del oleaje en la zona están controladas por eventos locales (régimen de brisas) y eventos a mesoscala (Nortes). Entre el arreglo de instrumentación se encontraban dos estaciones de video: una estación de video monitoreo ubicada a 45 m de altura tomando imágenes horarias de una franja de más de 2 km de playa y una cámara individual colocada a 4.5 m de altura apuntando a la zona de swash y monitoreando una franja de alrededor de 10 m a lo largo de la playa. Las cámaras de la estación de video muestrean cada media hora tomando imágenes a casi 4 Hz y produciendo una imagen promedio y una de la desviación estándar de 10 minutos de muestreo. La cámara individual muestreó en continuo durante periodos de 10 minutos a varias horas en las horas de luz a 7.5 Hz guardando las imágenes instantáneas. Todas las imágenes obtenidas se rectificaron geográficamente a partir de puntos de control tomados en la playa para poder hacer medidas de posiciones reales. A partir de las imágenes georectificadas se pretende estudiar el remonte del oleaje en las diferentes condiciones hidrodinámicas que se dieron a lo largo del periodo de estudio; estadios de calma, brisas y Nortes. Lo anterior permitirá evaluar la capacidad de los modelos paramétricos para predecir el remonte del oleaje durante los diferentes forzamientos que controlan la dinámica de la zona. A su vez, se compararán los valores obtenidos con la cámara de alta frecuencia con los valores obtenidos a partir de las imágenes de la desviación estándar obtenidas de la estación de video. Este trabajo fue financiado con Fondos del Instituto de Ingeniería de la UNAM a través de un Proyecto de Colaboración Internacional de la Universidad de Delaware y del proyecto PAPIIT IA100113 de la DGAPA UNAM.

SE20-17

## OBTENCIÓN DE MODELOS DIGITALES DE ELEVACIÓN DE PLAYA A PARTIR DE IMÁGENES DE VIDEO

Gracia Barrera Ashley David<sup>1</sup>, Mendoza Ponce E. Tonatiuh<sup>2</sup>, Ojeda Casillas Elena<sup>2</sup> y Carsolio Priego Ernesto<sup>3</sup><sup>1</sup>Unidad Académica Sisal, Facultad de Ciencias, UNAM<sup>2</sup>Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros, Instituto de Ingeniería, UNAM<sup>3</sup>UABC

davesoun@hotmail.com

El estudio de los cambios de la línea de costa y la morfología de la playa es una tarea importante para la ingeniería costera. Su análisis permite evaluar el funcionamiento de estructuras de protección costera, identificar y cuantificar problemas de erosión, además de servir como información básica para los diseños ingenieriles en la zona costera. Este trabajo presentará una primera aproximación para obtener un modelo digital de elevación de la cara de la playa a partir de imágenes de video y datos de nivel del mar en el momento de la toma de las imágenes. Esto permitirá obtener diferentes características de la playa como la pendiente de la cara de la playa, lo cual es un elemento que dicta el comportamiento del remonte -runup- y que puede ser utilizado como indicador de la inundación en la playa. La metodología se basa en la obtención de la línea de costa momentánea (LCM) asociada a niveles de marea. La línea de costa será obtenida a partir de imágenes del sistema de video monitoreo costero de Sisal (Yucatán), rectificadas a partir de puntos de control conocidos localizadas en tierra, y del nivel del mar obtenido a partir de datos de un mareógrafo instalado en el puerto de abrigo de Sisal. Se pretende evaluar el desempeño de esta aproximación metodológica en la que se desprecian los efectos de la marea de tormenta y del set up inducido por la rotura del oleaje y el viento en la elevación exacta de la línea de costa en el momento de la toma de las imágenes. Los datos obtenidos se compararán con datos de campo medidos por medio de DGPS para concretar los valores de error esperados bajo diferentes condiciones ambientales. Agradecimiento: proyecto PAPIIT IA100113 DGAPA UNAM

SE20-18

## EVALUACIÓN DEL USO DE LA LÍNEA DE COSTA PARA CUANTIFICAR TASAS DE EROSIÓN O ACRECIÓN EN PLAYAS

Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia, García Nava Héctor y Delgado-Gonzalez Oscar Eduardo  
*Universidad Autónoma de Baja California, UABC*  
 amaia@uabc.edu.mx

Las playas son muy dinámicas y experimentan cambios morfológicos significantes a diferentes escalas espaciales y temporales. Desde el punto de vista de la gestión costera, existe una inminente necesidad de entender dichos cambios a mediano y largo plazo (meses a décadas), y en particular, de poder determinar si las playas son estables o se encuentran en condiciones de erosión o acreción progresiva. Para poder evaluar a detalle el estado morfodinámico de una playa se requiere de mediciones de perfiles de playa topobatimétricos frecuentes (mensuales). Sin embargo, en realidad, muchos estudios hacen uso de fotografías aéreas o satelitales para interpretar cambios de línea de costa en el tiempo y determinar el estado morfodinámico de las playas. Se entiende como línea de costa la línea longitudinal que representa la interfase instantánea entre tierra y mar, por tanto, es necesario entender que esa posición es instantánea, y que va a variar con el nivel de marea y la pendiente de la cara de la playa. Por ejemplo, en playas de baja pendiente (disipativas) y de alto rango mareal (macromareales), la línea de costa instantánea sufre de alta variabilidad espacial a lo largo del ciclo mareal. Además, para poder cuantificar tasas de erosión o acreción a partir de diferencias en la posición de la línea de costa, es necesario entender que eso implica que la línea de costa que se está midiendo y el volumen total de la playa están bien correlacionados, lo cual no es siempre cierto. Este trabajo evalúa el significado morfodinámico de la línea de costa y su posible uso para cuantificar tasas de erosión/acreción en playas, y discute la importancia de entender su variabilidad a diferentes escalas espacio-temporales.

SE20-19

## EVALUACIÓN DE LA DISIPACIÓN DE LA ENERGÍA DEL OLEAJE CERCANO A LA COSTA MEDIANTE UN RADAR DE NAVEGACIÓN

Díaz Méndez Guillermo<sup>1</sup>, Haller Merrick C.<sup>1</sup>,  
 Raubenheimer Britt<sup>2</sup>, Elgar Steve<sup>2</sup> y Honegger David A.<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Universidad Estatal de Oregón, OSU  
<sup>2</sup>Woods Hole Oceanographic Institution, WHOI  
 guillermo.diaz@oregonstate.edu

El trabajo que presentamos tiene por objetivo demostrar la viabilidad de utilizar datos obtenidos mediante un radar de navegación para evaluar la variabilidad espacio-temporal del oleaje rompiente en un ambiente costero de morfología compleja dominada por la marea. Los datos que utilizamos fueron adquiridos durante una campaña de mediciones intensivas, realizada en la desembocadura conocida como New River Inlet, Carolina del Norte, en mayo del 2012, como parte de un proyecto multi-institucional financiado por la Oficina de Investigación Naval de EE. UU. La evaluación del oleaje rompiente se basa en la metodología propuesta por Catalán y colaboradores (2011), mediante la cuál se determina un umbral de intensidad del eco del radar (-4 dB en este caso) que ayuda a separar la señal correspondiente a rompiente activa de las correspondientes a oleaje no-rompiente y a espuma. La adecuada contabilidad de esta señal como función del tiempo en cada una de las celdas de resolución del radar, nos permitió estimar series temporales de mapas del parámetro fracción de rompiente, Qb (Battjes y Janssen, 1978). Así, la disipación se calculó mediante el modelo de Janssen y Battjes (2007), alimentado con Qb además de frecuencia del pico del espectro y profundidad, también obtenidos a partir de los datos del radar. Para validar estos resultados utilizamos los valores de disipación para encontrar una solución inversa de la ecuación de balance de energía (1D) y calcular la transformación de la altura de la ola a lo largo de dos transectos perpendiculares a la costa. Mediante la comparación de éstos con mediciones directas de altura del oleaje a lo largo de estos transectos se obtuvieron valores de correlación  $R > 0.9$  y valores mínimos de error cuadrático medio  $rmse = 0.1$  m.

SE20-20

## ESTUDIO NUMÉRICO SOBRE LA ESTRUCTURA VERTICAL DEL CAMPO DE CORRIENTES INDUCIDO POR EL OLEAJE EN LA ZONA COSTERA

Osuna Cañedo Pedro y Ocampo Torres Francisco J.  
 Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE  
 osunac@cicese.mx

Los procesos asociados a la interacción olas-corrientes tienen un impacto importante en la dinámica de la región comprendida entre el interior de la plataforma y la zona de rompiente del oleaje. Es bien sabido que los gradientes del esfuerzo de radiación inducidos por el oleaje pueden generar corrientes costeras y variaciones importantes en la elevación de la superficie del mar. Tradicionalmente, la simulación numérica de la dinámica en esta región se lleva a cabo con modelos barotrópicos en donde se incluyen expresiones del esfuerzo de radiación y la deriva de Stokes integrados en la vertical. La simulación de la dinámica tridimensional en estas zonas

resulta más compleja ya que la deriva de Stokes generada por las olas posee una estructura tal que induce un fuerte corte vertical cerca de la superficie, lo que determina de manera importante la deriva superficial. En este trabajo, se presentan resultados preliminares de la implementación de los procesos más relevantes en la interacción olas-corrientes en un modelo de circulación tridimensional implementado en la zona comprendida entre el interior de la plataforma y la zona de rompiente del oleaje. Estas pruebas preliminares se realizan bajo condiciones idealizadas, en una plataforma con profundidades menores a 12 metros, y se evalúa solo en efecto del oleaje en la hidrodinámica costera. A partir de comparaciones con resultados reportados en la literature, se muestra que el modelo es capaz de simular de manera adecuada tanto la circulación barotrópica como la baroclínica de esta zona. El presente estudio está enmarcado en el desarrollo de un sistema numérico que incorpora de manera adecuada los procesos relevantes de la interacción olas-corrientes y su efecto en la circulación tanto de la zona costera como del océano abierto.

SE20-21

## EFFECTOS DE LA HIDRODINÁMICA EN EL RELLENO ARTIFICIAL DE PLAYAS DE CANCÚN

Aragón González Jesús<sup>1</sup> y Enríquez Cecilia<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros, Instituto de Ingeniería, UNAM  
<sup>2</sup>Facultad de Ciencias, UNAM  
 r\_jag18@hotmail.com

El presente trabajo se centra en el estudio de la hidrodinámica y morfodinámica de la playa de Cancún, Quintana Roo mediante el análisis de mediciones de campo y modelación numérica. Cancún ofrece áreas de esparcimiento con una alta demanda turística con implicaciones importantes en la derrama económica regional y nacional. Sin embargo, su desarrollo propició, entre otras cosas, que en gran medida se hiciera rígida la barra de arena que constituye la zona turística debido a la construcción masiva de infraestructura sobre la duna costera. Esto impide la dinámica sedimentaria natural del sistema, originando una erosión crónica de sus playas. Diversas intervenciones se han llevado a cabo para resolver el problema, sin dar una solución permanente. Esta contribución analiza la variación temporal y espacial del volumen sedimentario calculado a partir de mediciones de perfiles de playa antes y después de un relleno artificial. Mediante el análisis de datos de oleaje y de viento se caracteriza el clima de oleaje de la región, que alimenta una serie de experimentos de modelación numérica aplicando el programa computacional DELFT-3D. De este modo se describe la dinámica costera de playas de Cancún y sus variaciones morfológicas en relación a las distintas condiciones marinas, se determinan los posibles puntos de erosión crónica y se proponen las condiciones (estación del año y características del relleno) óptimas para extender la eficiencia de una alimentación artificial de la playa de Cancún.

SE20-22

## CLIMATOLOGÍA DEL OLEAJE EN LA ZONA COSTERA DE MÉXICO EN EL OCEANO PACÍFICO.

García Nava Héctor, Ruíz de Alegría Arzaburu Amaia y Martínez Díaz de León Asdrubal  
 Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC  
 hector.gnava@uabc.edu.mx

El conocimiento de las características del oleaje en una región es de gran importancia para la planeación adecuada de las actividades que ocurren en ella; particularmente para el desarrollo de proyectos de ingeniería costera y oceánica como son la construcción de estructuras de protección, el diseño de buques y la producción de energía eléctrica a partir del oleaje, entre muchos otros. En este trabajo se presenta el clima, la variabilidad y la tendencia del oleaje en la zona costera de México en el Océano Pacífico y, además, se realiza un análisis de la distribución espacial y temporal del potencial energético del oleaje a lo largo del litoral del Pacífico Mexicano. Para ello se utilizan simulaciones numéricas del oleaje realizadas con el modelo Wave Watch III para los años de 1994 a 2012. Las simulaciones del oleaje tienen una resolución espacial de 1/60, una resolución temporal de 3 horas y utilizan como forzamiento atmosférico los vientos del Climate Forecast System Reanalysis. Como parte de los resultados se presentan una validación global de la implementación del modelo de oleaje y una validación a escala regional a través de comparaciones con las mediciones disponibles en la zona costera de México en el Océano Pacífico para el periodo simulado.

SE20-23

### CENTRALIZATION AND DEVELOPMENT OF NEW PRODUCTS IN THE NEARSHORE WAVE PREDICTION SYSTEM

Padilla Hernández Roberto<sup>1</sup>, van der Westhuysen Andre<sup>1</sup>, Santos Pablo<sup>2</sup>, Gibbs Alex<sup>2</sup>, Gaer Douglas<sup>3</sup>, Tolman Hendrik<sup>4</sup>, Dusek Gregory<sup>5</sup>, Long Joseph<sup>6</sup> y Stockdon Hilary<sup>6</sup>

<sup>1</sup>National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA

<sup>2</sup>NOAA/NWS/Miami Weather Forecast Office, Miami, FL

<sup>3</sup>NOAA/NWS/Southern Region Headquarters, Fort Worth, TX

<sup>4</sup>NOAA/NWS/NCEP/EMC/MMAAB, College Park, MD

<sup>5</sup>NOAA/NWS/CO-OPS

<sup>6</sup>USGS, St. Petersburg, FL

roberto.padilla@noaa.gov

In order to meet the increasing demand for high-resolution nearshore forecast products, the National Weather Service's (NWS), through the National Centers for Environmental Prediction (NCEP) and its Weather Forecast Offices (WFO), is developing the Nearshore Wave Prediction System (NWPS). This system is providing on-demand, high-resolution nearshore wave model guidance to forecasters. It was originally designed to run locally at WFOs due to the required amount of computing resources, administration, and the fact that every coastal WFO differs with respect to the relevant physical processes, requirements for grid resolution and expertise available. However, now NWPS has been restructured to run in "the cloud" at NCEP, but it will still be driven by forecaster-developed wind grids and offshore wave boundary conditions from NCEP's operational WAVEWATCH III, and water level and current fields from NCEP's Extra-Tropical Surge and Tide Operational System (ESTOFS) and from the Real-Time Ocean Forecast System (RTOFS), respectively. The system was originally designed with capabilities such as user-friendly installation and setup, optimized wave model settings, and wave partitioning and spatial and temporal tracking algorithms, from which Gerling-Hanson time series plots and coherent wave system fields are derived. To these have recently been added: parametric rip current and wave run-up guidance, ship routing, and the ingest of probabilistic storm surge water level fields from NOAA's P-Surge model during hurricane events. Results from NWPS for a number of storm events are presented to illustrate these new features

SE20-24

### IMPLEMENTACIÓN DE REDES NEURONALES PARA PREDICCIÓN DE OLEAJE UTILIZANDO DATOS DE VIENTO EN LA COSTA DE YUCATÁN.

Bravo Cortés Luis Mauricio, López González José y Appendini Christian  
Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros, Instituto de Ingeniería, UNAM  
oc.braco.lm@gmail.com

Las redes neuronales artificiales (RNA), de manera general, son máquinas de aprendizaje que imitan el funcionamiento que tiene una neurona biológica. Las RNA permiten analizar gran cantidad de datos con la finalidad de obtener información futura basada en la experiencia, mediante un proceso de aprendizaje y entrenamiento. En este trabajo, se presenta la aplicación de las RNA para predicción de oleaje, a partir de datos de viento. Existen modelos numéricos que predicen el oleaje de manera aceptable, sin embargo una ventaja de las RNA sobre estos modelos, radica en la rapidez del cálculo, lo que se traduce en una reducción de tiempo de cómputo y por ende en reducción de costo. Los datos de viento y oleaje; con los cuales se entrenó la red neuronal en este trabajo, fueron obtenidos en Sisal, Yucatán. Los datos de viento fueron recolectados con un anemómetro supersónico que se encuentra en una torre a 20m de altura y los datos de oleaje con 2 perfiladores acústicos doppler (ADCP) que se colocaron frente a la playa de sisal a 4 y 10 m de profundidad. Las mediciones se realizaron durante el mes de abril del 2014, periodo en el cual se presentaron dos eventos de Norte. Cabe mencionar que el oleaje generado en la zona está directamente relacionado por el sistema de brisas que domina la zona. El método de entrenamiento de la RNA consiste en multiplicar una matriz de pesos (valores) por el vector de datos de entrada (viento), el resultado de este producto es enviado a una neurona que contiene la función de transferencia la cual genera un resultado de salida, este es comparado con el dato real (oleaje medido) y se obtiene un error que se propaga hacia atrás usando un algoritmo con el fin de disminuir este error en la siguiente iteración ajustando la matriz de pesos. El proceso se repite de manera iterativa hasta obtener un error menor al 10%. Una vez logrado esto se dice que la RNA ha quedado entrenada y se procede a generar los pronósticos de oleaje, los cuales fueron evaluados, obteniendo resultados aceptables en términos del coeficiente de correlación y del error cuadrático medio. Los resultados se compararon además, con una predicción hecha por un modelo de oleaje de tercera generación, considerando las mismas condiciones de datos de entrada y área de estudio. Se concluye que los resultados arrojados por ambos métodos son similares en el punto de interés y el presente trabajo muestra que la RNA es una buena alternativa de predicción.

SE20-25 CARTEL

### HIDRODINÁMICA DEL ESTERO DE PUNTA BANDA: APRENDIENDO DE UN CURSO

Gómez Valdés José<sup>1</sup> y Valle Levinson Arnoldo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE

<sup>2</sup>University of Florida

lgomez@cicese.mx

El objetivo de este cartel es compartir con los asistentes a la Reunión Anual 2014 de la Unión Geofísica Mexicana nuestra experiencia relacionada con la enseñanza de un curso sobre oceanografía costera. El curso denominado Introducción a la Hidrodinámica de Lagunas Costeras y Estuarios se impartió del 17 al 31 de mayo de 2014 en el Departamento de Oceanografía Física del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California. Tuvo estudiantes (38) de varias instituciones del país. Consistió de clases de teoría por el instructor y desarrollo de ejercicios por los estudiantes, así como de una campaña intensiva de observaciones en el Estero de Punta Banda. Los estudiantes procesaron en el salón de clases los datos del ADCP utilizado en el experimento. Otra de las particularidades del curso fue que investigadores de otras instituciones, en particular del Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la Universidad Autónoma de Baja California, colaboraron en la campaña de mediciones.

SE20-26 CARTEL

### PRONÓSTICO DE OLEAJE CERCANO A LA COSTA EN MARES MEXICANOS UTILIZANDO EL SISTEMA NWPS

Appendini Christian<sup>1</sup>, Padilla Hernández Roberto<sup>2</sup>, Lira Alejandra<sup>1</sup>, López González José<sup>1</sup> y Torres-Freyermuth Alec<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

<sup>2</sup>NCEP-NOAA/IMSG

cappendinia@ingen.unam.mx

El sistema de predicción de oleaje cercano a la costa (Nearshore Wave Prediction System NWPS) fue desarrollado por la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) con la finalidad de proveer pronóstico en tiempo real de las condiciones de oleaje utilizando mallas de alta resolución. Este sistema se encuentra en operación de manera experimental en la costa de EEUU desde el 2013, pero se ha desarrollado una versión robusta aplicable a cualquier zona. Este sistema ha sido implementado en la costa de México en el Golfo de México y Mar Caribe ya que actualmente no existe un sistema de predicción de oleaje de alta resolución. El sistema está basado en un sistema de mallas anidadas, con alta resolución en zonas específicas como lo son la costa de Yucatán y Quintana Roo y la zona de Tuxpan y Puerto de Veracruz. En este trabajo se presenta el procedimiento de calibración y validación del modelo durante eventos extremos (huracanes y Nortes) y condiciones normales. Específicamente, el sistema se corrió de manera operacional para la costa de Yucatán y fue comparado con las mediciones de oleaje de marzo/abril del 2014 durante la campaña NCSal (Nearshore Coastal Dynamics on a Sea-Breeze Dominated Micro-Tidal Beach). Para este período se realizó una evaluación del pronóstico para distintas ventanas de predicción. Los resultados demuestran que el NWPS es una herramienta importante para el pronóstico de oleaje que permite la toma de decisiones en ámbitos de contingencias en la zona costera y el ámbito marino ante distintas condiciones del oleaje. Este proyecto fue financiado con fondos del Instituto de Ingeniería del Proyecto de Colaboración Internacional con la NOAA (#4314).

SE20-27 CARTEL

### ESTIMACION DE MAREA DE TORMENTA Y OLEAJE INDUCIDOS POR CICLONES TROPICALES EN MARES MEXICANOS

Meza-Padilla José Rafael<sup>1</sup>, Appendini Christian<sup>1</sup> y Pedrozo-Acuña Adrian<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros, Instituto de Ingeniería, UNAM

<sup>2</sup>Instituto de Ingeniería, UNAM

jmezap@ingen.unam.mx

Tanto en el Golfo de México y Mar Caribe como en el Océano Pacífico, cada temporada existe la posibilidad de pérdidas materiales y humanas debido a los efectos de un huracán. Uno de los principales factores que generan daños a la infraestructura en las zonas costeras de México son el oleaje y la marea de tormenta. Varios autores han caracterizado estos fenómenos en base a información histórica, sin embargo, esta información no es suficiente para zonas donde existe poca información de ciclones tropicales y que comprende la mayoría del país. Para resolver esto, se han utilizado un total de 3100 ciclones tropicales sintéticos basados en un modelo estadístico/determinista de generación, propagación y disipación de ciclones tropicales. Con la información de cada evento, se generaron los campos de viento por medio de un modelo radial del perfil de vientos. Esta información se utilizó para forzar un modelo de oleaje de tercera generación y un modelo hidrodinámico basado en las ecuaciones de continuidad, conservación de masa y cantidad de movimiento a fin de generar una base de datos robusta con valores de superficie libre y altura significativa del oleaje a consecuencia de estos fenómenos naturales en los mares mexicanos. A partir de un total de 6,200 simulaciones, se realizó un análisis

de valores extremos con la finalidad de establecer la probabilidad de ocurrencia para distintos periodos de retorno. En base a los resultados, se encontró que el oleaje y nivel del mar de mayor altura se presentan en la península de Yucatán y la parte norte del Golfo de México, así como la zona sur de Baja California Sur y entre los estados de Sinaloa y Guerrero en el Pacífico. Los resultados obtenidos permiten establecer criterios de diseño para diferentes tipos de infraestructura en las costas Mexicanas, así como una ayuda para establecer zonas potenciales de inundación.

SE20-28 CARTEL

### **GENERACIÓN Y MEDICIÓN DE OLAJE IRREGULAR UNIDIRECCIONAL PARA PRUEBAS DE MODELADO EN LABORATORIOS DE HIDRAULICA**

Herrera Charles Roberto<sup>1</sup>, Vergara Miguel Angel<sup>2</sup> y Álvarez Teodoro<sup>1</sup>

<sup>1</sup>CITEDI, IPN

<sup>2</sup>Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, IPN  
robcharles@citedi.mx

Se presenta los resultados tenidos, al diseñar e implementar el generador de oleaje irregular unidireccional, así como el sistema de medición y sensores necesarios para producir diversos espectros de oleaje irregular. El generador es un pequeño canal de olas, el cual se instaló en el Laboratorio de Hidráulicos de Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Unidad Zacatenco, del Instituto Politécnico Nacional. De forma sobresaliente se muestra detalles, tanto el sistema de generación de oleaje basado en un actuador novedoso de motor lineal, así como en la red de sensores inalámbricos e inteligentes. Lo que permiten generar y medir espectros de oleaje irregular. Además el sistema cuenta con un algoritmo de control del espectro producido que se basa en Redes Neuronales, lo cual agrega autoaprendizaje a la generación del espectro del oleaje irregular. Este sistema de control permite generar pruebas con mayor precisión y menor tiempo sobre el pequeño canal de oleaje de prueba del laboratorio. Se presentan resultados de pruebas y medición de algunos espectros de oleaje irregular, que son generalmente requeridos por los laboratorios de hidráulica. Con este tipo de generadores de oleaje irregular y sistemas, pretendemos contribuir a facilitar la ingeniería civil para diseñar, probar, construir y mantener estructurales civiles que se tienen en el país, a lo largo de las costas marinas; así como estudiar e investigar diversos fenómenos que se dan en la línea costera y que son de alto impacto ambiental y económico.