

Sesión Regular

# **OCEANOLOGÍA**

Organizadores:  
Francisco Javier Ocampo Torres  
Noel Carbajal Pérez

OCE-1

### SEASONAL AND INTERANNUAL VARIABILITY OF THE EDDY FIELD IN THE CARIBBEAN SEA

Jouanno Julien<sup>1</sup>, Sheinbaum Pardo Julio<sup>1</sup>, Molines Jean-Marc<sup>2</sup> y Candela Pérez Julio<sup>1</sup><sup>1</sup>CICESE<sup>2</sup>LEGI, France

jouanno@cicese.mx

The variability of the eddy field in the Caribbean Sea is analyzed using geostrophic anomalies derived from altimeter data and high resolution (1/12°) regional numerical simulations of the period during the period 1992-2009. The largest and strongest Caribbean eddies are shown to occur in the Colombia Basin. Their size and energy follow a semi-annual cycle. The two maxima of Eddy Kinetic Energy (EKE) which occur in the Colombia basin during the year have distinct origins. There is one during September-November which has a clear link with the shedding of more energetic North Brazil Current rings during winter of the year before. Indeed, monthly fields of EKE show successive maxima of mesoscale variability along the American Coast from the retroflection region to the Colombia Basin. The second maximum occurs in March-April with no evidence of advection from eastern regions. Analysis of energy conversion terms between mean field and eddy field in the numerical model indicates that this maximum is produced locally by a strong release of available potential energy of the main Caribbean Current through baroclinic instability. Comparisons between numerical simulations allow to investigate the respective roles of the variability of local wind stress and Caribbean inflow on the seasonal and interannual variability of the Caribbean eddies.

OCE-2

### DINÁMICA COSTERA DEL GOLFO DE TEHUANTEPEC Y SU INTERACCIÓN CON EL PACÍFICO TROPICAL ORIENTAL

Flores Vidal Xavier<sup>1</sup>, Zavala Sansón Luis<sup>2</sup>, Durazo Arvizu Reginaldo<sup>1</sup>, Flament Pierre<sup>3</sup>, Chavanne Cedric<sup>4</sup>, Reyes Cristobal<sup>5</sup> y Ocampo Torres Francisco Javier<sup>2</sup><sup>1</sup>Facultad de Ciencias Marinas, UABC<sup>2</sup>División de Oceanología, CICESE<sup>3</sup>Physical Oceanography Department, University of Hawaii<sup>4</sup>University of East Anglia, Norwich, UK<sup>5</sup>Universidad del Mar, Puerto Angel  
xfloresv@gmail.com

La circulación costera del Golfo de Tehuantepec (GT) está fuertemente influenciada por chorros de viento que pasan a través de una depresión orográfica en la sierra madre del sur de México. Diversos estudios han reportado la formación de grandes remolinos (50-200 km) en la superficie oceánica del GT como un reflejo directo del chorro de viento. Sin embargo, algunos aspectos como la estructura vertical de los remolinos, las condiciones dinámicas del GT en ausencia del viento y la influencia de corrientes geostróficas del Pacífico Tropical Oriental sobre la circulación costera del GT, han sido escasamente abordados. Utilizando radares de alta frecuencia (HFR, por sus siglas en inglés) el presente trabajo estudia los patrones de circulación costera (# 100 km desde la costa) durante primavera, verano y otoño de 2006. Se encontró que la circulación de primavera fue similar a la circulación típica de invierno, influenciada por chorros de viento intenso del norte (> 8 ms-1) perpendicular a la costa y en forma de pulsos conocidos localmente como Tehuanos, mismos que generan grandes remolinos (#50-200 km de diámetro) ciclónicos y anticiclónicos. En ausencia de vientos Tehuanos se observó una corriente costera de #50 cms-1 hacia el oeste. Durante verano no se observaron Tehuanos, aunque si remolinos ciclónicos que pudieran estar relacionados con la presencia de la corriente costera hacia el oeste. Durante los meses de otoño se observó un evento de viento que aunque no superó los #12 ms-1, fue continuo y persistente durante casi 15 días, lo que permitió observar una competencia continua entre el efecto del viento y la corriente costera hacia el oeste. Se encontró que la corriente costera esta compuesta de agua cálida y ligera de origen tropical. En el dominio sub-inercial oscilaciones con periodo cercano a 4 días son asociadas con pulsos de agua cálida y por lo tanto con la corriente costera. A su vez, estas oscilaciones tienen coherencia espectral al 95 % de confianza con el régimen de viento en el Golfo de Panamá. La profundidad de la termoclina contiene las mismas oscilaciones (# 4 días de periodo). Se propone que las oscilaciones inerciales generadas por los chorros de viento en Panamá ( $f_i=0.25$  cpd), pudieran propagarse hacia el norte en forma de ondas atrapadas a la costa y ser detectadas en el Golfo de Tehuantepec (~1200 km al norte de Panamá).

OCE-3

### MODELACIÓN DE UN SALTO HIDRÁULICO SOBRE LA PLATAFORMA CONTINENTAL

Salas Monreal David

Ciencias Marinas y Pesquerías, UV

davsalas@uv.mx

Los saltos hidráulicos han sido ampliamente estudiados debido a que modifican la estratificación de la columna de agua y son unos de los causantes de la distribución y dispersión de los organismos planctónicos, entre otros. En algunas áreas son los causantes del incremento en la productividad como puede ser el caso del salto hidráulico localizado en la plataforma continental frente a Isla del Carmen (Golfo de California). Dicho salto hidráulico fue estudiado usando datos in situ, adquiridos mediante un ADCP y un CTD durante un ciclo de marea y datos obtenidos a través de un modelo hidrostático y un modelo no hidrostático. Usando los datos in situ tomados alrededor del área de muestreo como condiciones de frontera ambos modelos lograron reproducir el salto hidráulico, sin embargo, el modelo no hidrostático muestra en el campo de densidades una mayor dispersión, misma que se acopla más a los datos in situ obtenidos mediante el CTD. Una de las diferencias marcadas entre ambos modelos es la estratificación obtenida entre ambas capas, el modelo hidrostático simula una honda de lee bien marcada, en la cual los organismos o trazadores se distribuyen en la picnoclina. Mientras que en el modelo no hidrostático el gradiente de densidad no es tan marcado (menores números en la frecuencia de Brünt-Väisälä) como en el caso anterior. Dichos resultados muestran una distribución vertical de los organismos planctónicos o trazadores localizada a una distancia de 5 a 10 m respecto a la picnoclina. De las simulaciones obtenidas se puede deducir que el campo de densidades del modelo no hidrostático se apegó más a las observaciones in situ, mientras que las simulaciones del campo de velocidades obtenidas mediante el modelo hidrostático fueron más parecidas a las observadas mediante los datos in situ.

OCE-4

### ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES ESTADÍSTICAS DE LA SUPERFICIE MARINA A PARTIR DE IMÁGENES REMOTAS UTILIZANDO UN MODELO GEOMÉTRICO CON ÁNGULO DE REFLEXIÓN VARIABLE Y CONSIDERANDO UNA FUNCIÓN DENSIDAD DE PROBABILIDAD NO GAUSSIANA

Álvarez Borrego Josué<sup>1</sup> y Martín Atienza Beatriz<sup>2</sup><sup>1</sup>División de Física Aplicada, CICESE<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Marinas, UABC  
josue@icese.mx

Al reflejarse la luz del Sol en la superficie del mar se genera una imagen de ésta que presenta contrastes de intensidad elevados. Dicha imagen se denomina patrón de brillo y puede quedar registrada en una fotografía aérea. Con el registro de este patrón se pueden determinar las propiedades estadísticas de la superficie del mar.

En 2010 propusimos un nuevo modelo geométrico en el que la línea de visión entre el detector y un punto de la superficie marina dependía de la posición del punto en el perfil de datos. Teniendo en cuenta este modelo, se ha generado sintéticamente un perfil de datos unidimensional de la superficie del mar con distribución no gaussiana y se han calculado las correspondientes pendientes y el patrón de brillo resultante.

Asimismo, se ha utilizado una función de distribución no gaussiana para obtener una relación nueva entre la varianza de las pendientes de la superficie y la varianza de las intensidades de la imagen en donde el ángulo de incidencia de la luz del Sol varía entre 10° y 50°, medidos respecto a la vertical. También se calcula la relación entre la función de correlación de las pendientes de la superficie y la función de correlación de las intensidades de la imagen para los mismos ángulos de incidencia. Ambas relaciones se analizan analíticamente y geoméricamente en el presente trabajo.

OCE-5

### OLEAJE INVERNAL EN LA COSTA NOROESTE DE BAJA CALIFORNIA

Martínez Díaz de León Asdrúbal, Delgado González Oscar Eduardo,

Lizarraga Ciniagua Roman, Gil Silva Eduardo y Blanco Betancourt Rafael

Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC

asdrubal@uabc.edu.mx

El turismo es una de las principales actividades económicas de los municipios de la costa noroeste de Baja California, lo que ha motivado la construcción de nueva y costosa infraestructura costera, incluyendo marinas, paredes o muros para estabilizar la línea de costa o proteger infraestructura residencial, entre otra. Situación que ha incrementado como nunca la importancia y necesidad de contar con información de las características del oleaje al que dicha infraestructura estará expuesta. En este trabajo se analiza y discuten

las características del oleaje medido durante la época invernal, 15 diciembre del 2002 al 15 de febrero del 2003, en cuatro puntos distribuidos a lo largo de la costa noroeste de Baja California. Se investiga también la posibilidad de utilizar la altura del oleaje medida en una de las cuatro estaciones, la cual ha operado ininterrumpidamente por nueve años, para ser extrapolada a los otros tres sitios de medición. Los resultados muestran que las características del oleaje a lo largo de toda la costa noroeste de Baja California es altamente coherente durante la época invernal, lo que ofrece una oportunidad única para la extrapolación regional de la altura del oleaje.

OCE-6

#### ESTIMACIÓN DEL ESPECTRO DEL OLEAJE EN FRECUENCIA A PARTIR DE UN MODELO PARAMÉTRICO UTILIZANDO INFORMACIÓN DE RADARES DE ALTA FRECUENCIA

Toro Valencia Vladimir Giovanni<sup>1</sup>, Ocampo Torres Francisco Javier<sup>1</sup>, Durazo Arvizu Reginaldo<sup>2</sup>, Osuna Cañedo José Pedro<sup>1</sup>, Flament Pierre<sup>3</sup> y Flores Vidal Xavier<sup>2</sup>

<sup>1</sup>División de Oceanología, CICESE

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Marinas, UABC

<sup>3</sup>Universidad de Hawaii

vtoro@cicese.mx

Los modelos utilizados para obtener información del oleaje por medio de radares de alta frecuencia (HF) relacionan la información de la reflexión difusa de segundo orden del espectro Doppler medido con el espectro del oleaje. Estos espectros se relacionan por medio de una ecuación integral en el caso del modelo de Barrick o de manera lineal en el modelo de Hasselmann. La forma lineal de este último utiliza un parámetro (alfa) que es función de la frecuencia y cuyo valor general en el trabajo de Gurgel se propuso a partir de un conjunto específico de datos (EuroROSE). Para obtener el espectro del oleaje en función de la frecuencia a través de mediciones de radares de alta frecuencia en el Golfo de Tehuantepec (GT), se desarrolló una metodología que permite seleccionar de una forma más adecuada la información de la reflexión difusa de segundo orden del espectro Doppler y se obtuvieron valores de alfa utilizando para esto información de oleaje medida con una boya. La información del espectro Doppler mostró que la potencia de la señal tiene un marcado ciclo diario cuya media permitió seleccionar los espectros que tuvieran un valor alto de la relación entre la señal y el ruido (SNR). La información de la reflexión difusa de segundo orden obtenida se utilizó en el modelo matemático de Hasselmann, se encontró que alfa depende de la velocidad del viento (U10) en las altas frecuencias (>0.15Hz), no así en las bajas frecuencias. Los resultados de altura significativa y espectros del oleaje en frecuencia sugieren una buena aproximación entre los datos medidos por una boya y los obtenidos con el modelo de Hasselmann. Estos resultados muestran mejoras sustanciales en la obtención de la altura significativa y del espectro de frecuencia con respecto al modelo de Gurgel. Además señalan la necesidad de establecer a partir del modelo original de Hasselmann un marco teórico para la estimación del parámetro alfa (T1/T2, en el modelo de Hasselmann) que es una función de transferencia definida por interacciones hidrodinámicas entre ondas gravitatorias y electromagnéticas entre la onda del radar y el oleaje, de tal manera que el modelo pueda ser utilizado para cualquier conjunto de datos.

OCE-7

#### SIMULACIÓN NUMÉRICA DEL ESPECTRO DIRECCIONAL DEL OLEAJE EN EL GOLFO DE TEHUANTEPEC

Ocampo Torres Francisco Javier

División de Oceanología, CICESE

ocampo@cicese.mx

Utilizando un modelo de tercera generación para describir el espectro direccional del oleaje, se estudia el oleaje generado por eventos tehuanos (vientos del norte, intensos y persistentes) y se analiza en particular, la influencia del oleaje generado por tormentas lejanas (OGTL). En la validación de los resultados de la simulación numérica se consideran como base las mediciones realizadas en el Golfo de Tehuantepec (Experimento intOA) de febrero a marzo de 2005. El caso de oleaje local y OGTL en dirección opuesta es típico de la región de estudio cuando se presentan los eventos tehuanos. Aunque se sabe que la presencia de OGTL impone una influencia en el intercambio de momento entre el océano y la atmósfera, el objetivo fundamental del presente trabajo es determinar el mecanismo fundamental de esa influencia. Las ondas cortas y la rugosidad que representan en la superficie del mar pueden ser modificadas por el efecto del OGTL a través de interacciones no-lineales. Los componentes del oleaje que pueden interactuar presentan una conexión entre cuartetos, que puede estimarse mediante el modelo numérico utilizado. Los resultados muestran que las interacciones entre componentes del oleaje son más intensas durante la presencia de tehuanos y la presencia del OGTL induce una redistribución de la energía atenuando las componentes de frecuencias relativamente altas. Además, en este trabajo también se abordan aspectos relacionados al esquema de disipación de la energía que se emplea en el modelo.

OCE-8

#### VARIACIÓN DE LOS PARÁMETROS OCEANOGRÁFICOS ALREDEDOR DEL ARRECIFE ISLA VERDE EN EL PARQUE NACIONAL SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO

Jasso Montoya Jannay y Salas Monreal David

Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, UV

jannay\_jm@hotmail.com

Las características hidrodinámicas y meteorológicas en el Golfo de México al interactuar con el Sistema Arrecifal Veracruzano generan cambios en los gradientes físico-químicos y variaciones en la diversidad, abundancia y ciclos de la biota, por lo cual es de gran importancia realizar investigaciones que permitan un mejor entendimiento sobre la relación entre parámetros hidrográficos, con su relevancia en la permanencia y supervivencia de los sistemas coralinos. Para el presente trabajo se eligió al Arrecife Verde debido a que cuenta con un área de influencia por el río Jamapa durante la temporada de lluvias, y se encuentra directamente influenciado durante la temporada de nortes por el agua de la plataforma que incide del noroeste. Mediante un CTD en 16 puntos del Arrecife Isla Verde, se obtuvieron la salinidad, densidad, temperatura, oxígeno y clorofila-a, durante la temporada de Lluvias, nortes y secas. Durante la temporada de lluvias se observó una variación de 2 °C en la temperatura, 2 mg/l en el oxígeno y 2 ups durante un ciclo de marea. En la temporada de nortes se observaron dos masas de agua: la primera con una temperatura de 28 a 26°C y una salinidad de 33.5 a 35 ups, y la segunda con una temperatura de 22 a 25 °C y una salinidad de 35 a 36 ups. Durante la temporada de secas la variación de la temperatura (2 °C) y la salinidad (2 ups) fueron mayores que durante la época de lluvias. Los resultados obtenidos en las tres temporadas muestran la presencia de una masa de agua durante la temporada de secas y dos masas de agua durante la temporada de nortes, contrario a lo que se creía debido al efecto del viento que puede ocasionar la mezcla de la columna de agua. Esto se debe principalmente a la intrusión del agua de la plataforma en el sistema arrecifal veracruzano.

OCE-9

#### IMPACTO DE LOS CICLONES CARIBEÑOS EN LA LIBERACIÓN DE REMOLINOS DE LA CORRIENTE DE LAZO

Athie Gabriela, Candela Pérez Julio, Ochoa de la Torre José Luis y Sheinbaum Pardo Julio

División de Oceanología, CICESE

g\_athie@hotmail.com

La corriente de frontera Oeste en el Atlántico Norte, se caracteriza por un intenso flujo superficial, que alcanza los 2.5 m/s de velocidad, el cual entra por las Antillas Menores, atraviesa el Mar Caribe y continúa a través del Canal de Yucatán hacia el Golfo de México, donde forma la Corriente de Lazo. Una de las características más importantes de dicha corriente es la liberación de remolinos anticiclónicos con un período irregular. Mediciones simultáneas de la Corriente de Lazo, el Canal de Yucatán y el Caribe Mexicano (i.e. la parte Oeste del Mar Cayman) se llevaron a cabo entre Enero de 2005 y Julio de 2009. Dichas mediciones en conjunto con datos satelitales del nivel del mar (AVISO), se utilizaron para investigar la relación entre el cizallamiento horizontal a lo largo de la Corriente de Yucatán y el desprendimiento de anticiclones de la Corriente de Lazo. Los resultados indican que las liberaciones son precedidas por un desplazamiento importante hacia el Este del núcleo de la Corriente de Lazo a 23°N de latitud. Este movimiento, a su vez está asociado con anomalías ciclónicas que se propagan hacia el Norte a lo largo de la costa del Caribe Mexicano. Una vez que dichas anomalías entran al Golfo de México, contribuyen al desarrollo y/o crecimiento de los remolinos ciclónicos observados en el Banco de Campeche, los cuales se han relacionado con la liberación de anticiclones por la Corriente de Lazo (Zavala-Hidalgo et al., 2003(1); Schmitz, 2005(2)). A partir de estos resultados se concluye que los remolinos ciclónicos en la parte Oeste del Mar Cayman pueden contribuir significativamente, entre otros factores, al complejo proceso de liberación de remolinos de la Corriente de Lazo.

(1) Zavala-Hidalgo, J., S. L., Morey and J. J. O'Brien (2003), Cyclonic eddies northeast of the Campeche Bank from altimetry data, *J. Phys. Oceanogr.*, 33, 623–629.

(2) Schmitz, W. J. Jr. (2005), Cyclones and westward propagation in the shedding of anticyclonic rings from the Loop Current, in *Circulation in the Gulf of Mexico: Observations and Models*, Vol. 161, edited by W. Sturges and A. Lugo-Fernandez, pp. 263-278, *Geophys. Monograph Ser.*, AGU, Washington, DC.

OCE-10

### EVALUACIÓN DE MODELOS PARAMÉTRICOS PARA LA GENERACIÓN DE CAMPOS DE VIENTO DE CICLONES TROPICALES

Robles Díaz Lucía<sup>1</sup>, Díaz Hernández Gabriel<sup>2</sup>, Torres Freyermuth Alec<sup>1</sup>,  
Appendini Albrechtsen Christian Mario<sup>1</sup> y Salles Afonso de Almeida Paulo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ingeniería, UNAM

<sup>2</sup>IH Cantabria, España

luciaroblesdiaz@gmail.com

Los ciclones tropicales son sistemas meteorológicos de gran escala que se caracterizan por una alta vorticidad en el campo de vientos asociado a ellos. Las tres componentes principales que convierten a los ciclones tropicales en una importante amenaza son los fuertes vientos, lluvias intensas, y efectos oceánicos inducidos tales como olas extremas. En el caso de la costa del Golfo de México se sabe que los eventos de oleaje extremal están principalmente asociados a eventos ciclónicos. En los últimos tiempos se ha comprobado la gran eficacia de modelos numéricos para simular estados de mar a partir de campos de vientos bien definidos. Por lo que para el estudio de eventos extremos es necesario contar con bases de datos de viento extensas y bien caracterizadas. Sin embargo, las bases de datos de reanálisis de viento (e.g. NCEP, NARR) no caracterizan bien el campo de vientos durante eventos ciclónicos y esto conlleva a la subestimación del oleaje extremal en estas zonas. Una opción a menor escala pero de mayor precisión para caracterizar los campos de vientos durante eventos ciclónicos son los modelos paramétricos de viento. Estos describen el campo de presión y velocidad viento en función de la posición del huracán, velocidad máxima, presión central y ambiental, radio de viento máximo y velocidad de translación (datos HURDAT). Por lo tanto, el objetivo principal de este trabajo es hacer una evaluación de los modelos paramétricos existentes. En primer lugar se lleva a cabo una revisión de las limitaciones y ventajas de cada modelo. Posteriormente se validan las predicciones de magnitud y dirección del viento mediante la comparación con mediciones temporales (boyas NDBC) y espacio- temporales (HWIND). Finalmente se estudia la sensibilidad que presenta un modelo de generación de oleaje (SWAN) forzado con formulaciones paramétricas en relación con el forzamiento con el Hwind. De esta forma se determina si la predicción del oleaje varía mucho en función del modelo empleado con respecto a las predicciones basadas en el campo de vientos del Hwind.

OCE-11

### CARACTERIZACIÓN DEL OLEAJE EN DOS REGIONES COSTERAS DEL SUR DE CHILE

Osuna Cañedo José Pedro y Ocampo Torres Francisco Javier  
División de Oceanología, CICESE  
osunac@cicese.mx

Las regiones X y XI, al sur de Chile, comprenden una zona con orografía y morfología costera muy complicada. La región X, conocida como región de Los Lagos, abarca una zona protegida por la Isla Chiloe, donde se encuentra el Seno de Reloncaví, el Golfo de Ancud, el Golfo Corcovado y una conexión al Océano Pacífico a través de la boca del Guafo. Contigua al sur, en la región XI, se encuentra una zona de canales estrechos y profundos. Aún cuando se trata de regiones con alta productividad pesquera y sistemas de maricultivo bien desarrollados, las características oceanográficas de la zona han sido poco estudiadas. Recientemente se llevaron a cabo periodos cortos de observaciones (espectros direccionales y viento) encaminados a caracterizar las condiciones del oleaje en las regiones X y XI. Se realizaron experimentos numéricos utilizando modelos de tercera generación para determinar las características del oleaje en las distintas zonas, utilizando como referencia las observaciones antes mencionadas. Se analiza el impacto que tiene el uso de campos de viento con alta resolución espacial y temporal sobre la caracterización del oleaje en la región. Se observa que la zona externa a la región de Los Lagos está dominada por oleaje largo, originado por tormentas en el Pacífico Sur. La zona que conecta a Los Lagos con el Pacífico, así como la región sur de Los Lagos (Golfo Corcovado) está dominado por oleaje de transición entre oceánico y local. Se encuentra que la zona norte de los Lagos (Golfo de Ancud y Seno de Reloncaví), así como la zona de los fiordos, están dominadas principalmente por oleaje local. Se observa que el uso de la base de vientos con alta resolución espacial y temporal tiene un impacto importante en las zonas donde el estado del mar está determinado por el oleaje local.

OCE-12

### EFFECTO DEL OLEAJE EN EL ESFUERZO SUPERFICIAL DEL VIENTO EN CONDICIONES DE VIENTOS INTENSOS

García Nava Héctor y Ocampo Torres Francisco Javier  
División de Oceanología, CICESE  
hgarcia@cicese.mx

El esfuerzo del viento sobre el océano depende del estado del mar. En particular, la presencia de swell puede modificar el esfuerzo superficial del viento a través de dos mecanismos: por interacción directa con el flujo del aire sobre la superficie del mar y a través de modificar la rugosidad aerodinámica asociada al oleaje local. Se sabe que el primer mecanismo puede ocasionar variaciones de la magnitud y dirección del esfuerzo superficial en condiciones de vientos débiles con swell intenso. Mientras que, el segundo mecanismo, mucho menos estudiado, es importante en condiciones de vientos intensos con oleaje local en desarrollo. En este trabajo se determina el efecto del swell en el oleaje local a partir del análisis de mediciones realizadas en condiciones de vientos intensos. El impacto de la interacción entre componentes del oleaje sobre el esfuerzo del viento se investiga a través de la modelación numérica del esfuerzo utilizando la teoría cuasi lineal de generación de oleaje. Los resultados muestran que la presencia de swell ocasiona una atenuación del oleaje local y que dicha atenuación provoca una disminución de la cantidad de momento que soportan las olas cortas lo que a su vez causa una reducción del esfuerzo total.

OCE-13

### EVALUACIÓN DE DISTINTOS REANÁLISIS DE VIENTOS PARA LA MODELACIÓN DE OLEAJE

Appendini Albrechtsen Christian Mario<sup>1</sup>, Oropeza Rosales Fernando<sup>2</sup>, Torres Freyermuth Alec<sup>1</sup>, Salles Afonso de Almeida Paulo<sup>1</sup>, Mendoza Ponce Ernesto Tonatiah<sup>1</sup> y López González José<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ingeniería, UNAM

<sup>2</sup>Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM  
cappendinia@iingen.unam.mx

A pesar de la importancia que tiene la información de oleaje para la planeación, diseño y manejo de recursos marinos, la dificultad de instrumentar los océanos hacen difícil la recolección de estos datos, en particular en países como México donde no existe un programa nacional de medición de datos oceanográficos. Sin embargo, con los avances en la tecnología de cómputo y la modelación numérica, es posible complementar las mediciones con datos derivados de modelos en zonas no instrumentadas. El desarrollo reciente de los modelos de oleaje de tercera generación ha alcanzado un grado de precisión en el cual los datos generados por estos modelos son altamente fiables. Debido a que los campos de viento son el agente forzante de los modelos de oleaje, la precisión de los últimos esta dado por la precisión de los primeros, al grado que se han utilizado modelos de oleaje para evaluar bases de datos de vientos, como los llamados reanálisis de vientos. Es conocido que a pesar de la homogeneización de las técnicas empleadas en los reanálisis de viento, debido a la resolución espacial y temporal de estos tiene una repercusión directa sobre la precisión de los modelos de oleaje, en particular en la reproducción de eventos extremos (e.g. huracanes). La falta de datos de oleaje en México y la necesidad de éstos, hacen que los modelos numéricos sean una herramienta ideal para la creación de bases de datos. De esta manera, este trabajo presenta el uso de 3 reanálisis de viento distintos (NCEP/NCAR, ERA interim y NARR) para la modelación de oleaje en el Golfo de México y el Mar Caribe, con el fin de evaluar la precisión de la modelación de oleaje bajo eventos extremos y normales para las 3 bases de datos de viento. Se utilizó el modelo MIKE 21 SW para obtener información de oleaje cada 3 horas para dos periodos de modelación, 2005 y 2006. El 2005 representa un año con una alta actividad de eventos ciclónicos, mientras que el 2006 no presenta actividad ciclónica pero si una importante actividad de los eventos denominados Nortes, que generan vientos de hasta 30 ms-1. Se realizó una evaluación estadística de los parámetros de oleaje, comparándolos con mediciones históricas de boyas en el Golfo de México y Mar Caribe. Los parámetros estadísticos muestran un buen ajuste con las mediciones de oleaje en base a los 3 reanálisis, sin embargo, el análisis de eventos extremos muestran deficiencias en particular al emplear los datos del NCEP. Por otro lado, los datos derivados del uso del NARR arrojaron los mejores resultados para la modelación de oleaje durante eventos ciclónicos. Se presentará una discusión completa de los resultados obtenidos.

OCE-14

### CLIMA DE OLEAJE Y TENDENCIAS EN GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE DURANTE EL PERIODO 1979-2008

Appendini Albrechtsen Christian Mario<sup>1</sup>, Torres Freyermuth Alec<sup>1</sup>, Oropeza Rosales Fernando<sup>2</sup>, Salles Afonso de Almeida Paulo<sup>1</sup>, Castro Pech Fernando<sup>3</sup>, Mendoza Ponce Ernesto Tonatihu<sup>1</sup> y López González José<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ingeniería, UNAM

<sup>2</sup>Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

<sup>3</sup>Facultad de Ingeniería, UADY

cappendinia@iingen.unam.mx

La falta de información de oleaje en mares mexicanos es una importante deficiencia en el desarrollo de las zonas costeras e industria petrolera mar adentro, ya que este fenómeno tiene una gran repercusión en estas zonas. A pesar de la importancia del oleaje, en México no existe un programa de monitoreo y los esfuerzos en este rubro son realizados de manera independiente, recolectando solo datos en zonas específicas y por intervalos cortos de tiempo. Por otro lado, los avances tecnológicos en el ámbito computacional, así como el desarrollo de la modelación numérica, permite utilizar otras alternativas por un lado para la generación de datos de viento a nivel regional y global (reanálisis) y por otro la generación de bases de datos históricas de oleaje en base a dichos reanálisis, permitiendo la caracterización del clima marítimo a largo plazo, con una gran cobertura espacial, que no sería posible en base a instrumentación oceanográfica. En este trabajo se presenta la modelación de oleaje de 30 años en el Golfo de México y el Mar Caribe, utilizando un modelo de oleaje de tercera generación (MIKE 21 SW) forzado con los vientos del North American Regional Reanalysis (NARR). En base a una evaluación estadística de los parámetros de oleaje, comparándolos con mediciones históricas de boyas en el Golfo de México y Mar Caribe, se obtuvo un buen ajuste entre datos medidos y simulados tanto para eventos extremos como medios. En base a los resultados obtenidos, se realizaron distintos análisis estadísticos para caracterizar el clima de oleaje en ambas cuencas, definiendo alturas y periodos de oleaje medios y extremos, así como periodos de retorno de oleaje. De manera similar se realizó una caracterización de los parámetros de oleaje por mes, así como un análisis de tendencias, que permiten evaluar zonas en las cuales la energía de oleaje ha aumentado en los últimos años, lo cual representan una importante evaluación para las intervenciones oceánicas y costeras. Se presentará una discusión completa de los resultados obtenidos.

OCE-15

### ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE LA FRECUENCIA DE ANIDACION DE LA TORTUGA GOLFINA Y LAS CONDICIONES HIDROMETEOROLÓGICAS EN EL PLAYÓN DE MISMALOYA, JALISCO

Filonov Anatoly<sup>1</sup>, Trejo Robles José Antonio<sup>2</sup>, Tereshchenko Iryna<sup>1</sup>, Jiménez Quiroz María del Carmen<sup>3</sup>, Carretero Montes Rosa Estela<sup>2</sup> y Flores Chávez Edgardo Isaías<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, UDG

<sup>2</sup>Departamento de Estudios para el Desarrollo Sustentable de Zonas Costeras, UDG

<sup>3</sup>Centro Regional de Investigación Pesquera, Manzanillo

afilonov@prodigy.net.mx

Se discuten los resultados del estudio de la influencia de las condiciones meteorológicas y oceanográficas a la anidación y a la tortuga golfina en la zona de Reserva del Playón de Mismaloja, Jalisco. Desde 1996 los investigadores del Departamento para el Desarrollo Sustentable de Zonas Costeras de la Universidad de Guadalajara llevaron a cabo las actividades de investigación para la protección y conservación de las tortugas marinas. La zona del Playón se caracterizó por haber sido una de las playas de anidación de la tortuga golfina más importante de México, cubriendo una extensión aproximada de 69 km, donde anualmente (de Julio a Diciembre) depositan huevos de 2 mil a 3 mil tortugas. En el año 2010 fueron recolectados 1899 nidos y rescatados 178,576 huevos. En el año 2008 los investigadores del Departamento de Física de la UdeG colocaron en el Playón una estación meteorológica y pusieron un polígono con sensores de temperatura y humedad en la playa de hasta 2 m de profundidad en la arena. También fueron colocados termógrafos en el mar. Esto fue con la intención de investigar la influencia de variabilidad hidrometeorológica y la relación con la frecuencia y la ubicación de los nidos de tortugas marinos. El análisis de los datos recibidos ayudó a conocer el régimen térmico y de humedad de la arena del Playón. Además, el análisis demostró que ciclones tropicales afectan mucho a la anidación de tortugas marinas. Los resultados de este estudio son útiles para biólogos ya que les permitirá mejorar sus actividades de conservación de tortuga marina.

OCE-16

### VARIACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EN EL PARQUE NACIONAL SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO, SUROESTE DEL GOLFO DE MÉXICO

Avedaño Álvarez José Otilio y Salas Monreal David  
Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, UV  
ottoavend@gmail.com

Los parámetros físico-químicos presentes en la columna de agua determinan en cierta medida las características propias de medio que favorecen o inhiben el desarrollo de ciertos organismos que existen en este. Las Investigaciones sobre características físico-químicas y biológicas en el Golfo de México han descrito comportamientos a gran escala, esto hace imposible que dicha información pueda ser utilizada para describir comportamientos en zonas específicas o a escala local como lo es el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV). En el caso particular de estudios hidrobiológicos se han realizado pocas investigaciones dirigidas a comprender los procesos biofísicos en escalas espacio-temporales no mayores a 24 h, sin embargo es necesario contar con estudios hidrobiológicos durante al menos un ciclo anual que nos ayuden a comprender las características necesarias para la supervivencia de los sistemas arrecifales. Las características meteorológicas del Golfo de México influyen sobre las características físico-químicas del PNSAV produciendo lluvias en verano y otoño, vientos fuertes predominantes del norte durante otoño e invierno y un periodo de secas en abril y mayo, lo cual ocasiona cambios en la termoclina y la pincoclina del Sistema Arrecifal Veracruzano. Este trabajo tiene por objetivo Analizar la variación espacio-temporal de los parámetros; salinidad, temperatura, densidad, nitrógeno, oxígeno y clorofila a en el PNSAV, utilizando 13 estaciones de muestreo y con un registro mensual, a partir de marzo de 2011. Con los parámetros hidrográficos y con la clorofila-a se observó una variación dependiendo de la época del año; una columna de agua bien estratificada durante el periodo de secas en abril y mayo, valores mínimos de salinidad y picos en la clorofila-a durante la temporada de lluvias en verano y otoño y una columna de agua homogénea durante la temporada de vientos fuertes predominantemente del norte en el otoño e invierno.

OCE-17

### PATRONES DE CIRCULACIÓN SUPERFICIAL FRENTE A BAJA CALIFORNIA. PARTE I.

Vázquez Peralta Heriberto J. y Gómez Valdés José  
División de Oceanología, CICESE  
hvazquez@cicese.mx

En este trabajo se reportan patrones y estadísticas de los sucesos de viento que ocurren sobre las aguas marinas frente a Baja California obtenidos a partir del análisis de 11 años de datos de vientos a 10 metros de altura sobre el nivel del mar de la fuente Cross-Calibrated Multi-Plataform (CCMP). Además, se reportan los patrones atmosféricos de escala grande y los patrones de temperatura superficial frente a Baja California asociados a cada uno de los sucesos, para lo cual se usan datos de presión a nivel del mar de la fuente Fleet Numerical Meteorology and Oceanography Center (U. S. FNMOC) y datos de temperatura superficial del mar de la fuente Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR), respectivamente. Utilizando una técnica basada en el análisis de correlación compleja, se lograron separar cinco sucesos: noroeste o favorable a surgencias, noreste o Santa Ana, suroeste, sureste y relajación. Se analizan las distribuciones espaciales del esfuerzo del viento y del rotor del esfuerzo del viento de cada suceso. Se establece un rotor positivo (favorable a surgencias) cerca de la costa de Baja California cuando ocurren eventos noroeste, mientras que lo opuesto se presenta cuando ocurren eventos sureste. Durante los eventos noreste se presenta un dipolo en el rotor del esfuerzo del viento, mientras que en los eventos suroeste se establece un rotor positivo fuera de la costa. Se analiza la frecuencia de ocurrencia de cada uno de los sucesos. Los eventos noroeste son los más frecuentes y ocurren durante todo el año, al igual que los eventos de relajación. En cambio, los eventos noreste, suroeste y sureste son esporádicos y ocurren principalmente en el invierno. Con respecto a la distribución de temperatura superficial del mar, se encontró que durante los eventos noroeste se presentan bajas temperaturas a lo largo de la costa de Baja California y altas temperaturas lejos de esta, lo que representa al patrón típico de surgencias costeras. En los eventos de relajación, aguas anómalamente cálidas se presentan a lo largo de la costa de Baja California, asociadas a una contracorriente costera inducida, probablemente, por un gradiente de presión a lo largo de la costa.

OCE-18

### PATRONES DE CIRCULACIÓN SUPERFICIAL FRENTE A BAJA CALIFORNIA. PARTE II.

Gómez Valdés José y Vázquez Peralta Heriberto J.  
División de Oceanología, CICESE  
jgomez@cicese.mx

Surgencias costeras, frentes, filamentos y remolinos, ocurren regularmente en las aguas marinas frente a la costa de Baja California, indicando que el viento es un factor significativo en su dinámica. Con base en el análisis de datos tomados durante el periodo 1998-2008 de la anomalía del nivel mar por el programa AVISO, así como en el análisis de datos de la hidrografía y de las corrientes tomados durante el mismo periodo por el programa IMECOCAL, en esta investigación se examina la evolución espacial y temporal de la circulación superficial frente a Baja California asociada a los sucesos de viento descritos en la parte I. Encontramos que solo un subconjunto del suceso noroeste genera surgencias costeras, debido a que estas dependen del grado de estacionariedad de los vientos y de la profundidad de la capa de mezcla. Durante los eventos noroeste de primavera y verano, cuando la profundidad de la capa de mezcla es relativamente somera, se establece el patrón típico de surgencias costeras. Durante los eventos de relajación de un sistema de vientos noroeste, se presenta una contracorriente superficial costera. Ambos patrones fueron detectados tanto por datos satelitales como por datos hidrográficos. Debido a que los sucesos noreste o Santa Ana, sureste y suroeste resultaron de corta duración, asociarles un patrón de circulación con base en observaciones de AVISO o IMECOCAL resultó una tarea difícil.

OCE-19

### MODELACIÓN NUMÉRICA DE LA CIRCULACIÓN COSTERA FRENTE A BAJA CALIFORNIA Y SUR DE CALIFORNIA

Mateos Farfán Efraín, Marinone Moschetto Silvio Guido L. y Lavín Peregrina Miguel  
División de Oceanología, CICESE  
emateos@cicese.mx

Se presenta un estudio numérico de la circulación costera en la región norte de Baja California, México y sur de California, Estados Unidos. Los resultados del modelo fueron consistentes con estudios previos del Sistema de Corrientes de California. La variabilidad de la circulación costera refleja la evolución estacional y de meso escala de la Corriente Costera Superficial y de la Contracorriente Sub-Superficial. Ambas corrientes son formadas en el exterior del dominio del modelo y están incluidas en las condiciones de frontera abierta, las cuales fueron obtenidas de SODA (Simple Ocean Data Assimilation). La evolución estacional de estas corrientes es debida principalmente al esfuerzo del viento. La Corriente Costera Superficial es más intensa en primavera y verano, como resultado de la formación de frentes de densidad causados por surgencias costeras. La surgencia en primavera, produce un gradiente de densidad fuerte y profundo (> 50 m) debido a que el transporte de Ekman es superior a  $50 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \times 100 \text{ m}$  de línea de costa. El rotor del esfuerzo del viento es  $>0.6 \text{ Pa Km}^{-1}$  en primavera y verano, pero es más efectivo en intensificar la Contracorriente Costera Sub-superficial porque durante primavera la Corriente Costera Superficial es intensa y profunda en ese tiempo. Las salientes costeras, en especial Point Loma, California, favorecen que la vorticidad relativa de la corriente costera sea positiva en su parte cercana a la costa, causando que la corriente se aleje de la costa. La variabilidad de meso escala de las corrientes está asociada a la presencia de remolinos ciclónicos, los cuales interactúan con las corrientes estacionales, migran hacia el oeste, y se fusionan entre ellos. Agua superficial costera es transportada hacia regiones oceánicas por la migración de los remolinos, causando surgencia en la costa, manteniendo a la Corriente Costera Superficial a pesar de la disminución en el transporte de Ekman durante verano. La variabilidad encontrada en la corriente costera y la contracorriente, los bajos valores en la escala temporal baroclínica, y los valores en el gradiente de la vorticidad potencial, sugieren que ambas corrientes son barotrópica y baroclinicamente inestables.

OCE-20

### DEPOSITACIÓN DE ÓPALO BIOGÉNICO EN LOS SEDIMENTOS DEL GOLFO DE CALIFORNIA COMO HERRAMIENTA PARA ESTIMAR EL APORTE NETO DE MICRO Y NANONUTRIENTES DEL PACÍFICO AL GOLFO

Álvarez Borrego Saúl  
División de Oceanología, CICESE  
alvarezb@cicese.mx

El Golfo de California tiene un flujo neto promedio anual de calor del aire al agua de  $>100 \text{ W m}^{-2}$ . Este calor tiene que ser exportado al Pacífico, porque de otra forma la temperatura del golfo estaría aumentando. Existe un flujo neto de agua del golfo al Pacífico en los primeros 200 m y hacia el interior del golfo de 200 a 600 m. Los métodos físicos han producido resultados muy

diferentes de este intercambio de agua entre el golfo y el Pacífico (de  $<1 \text{ Sv}$  hasta  $12 \text{ Sv}$ ,  $1 \text{ Sv} = 10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ). Se utilizó el balance entre el ópallo biogénico depositado en los sedimentos del golfo y el aporte neto anual de silicato disuelto del Pacífico al golfo para estimar un intercambio neto de agua de  $0.26 \text{ Sv}$ . Se estimó un perfil vertical promedio del transporte de agua integrado a través de la boca del golfo ( $\text{TINT}(Z)$ ,  $\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$ ) de 0 a 600 m de profundidad, con transporte cero a 200 y 600 m. Se generaron perfiles promedio de concentración de fosfato inorgánico disuelto ( $\text{PO}_4$ ) y de cadmio disuelto ( $\text{Cd}$ ) para la boca del golfo. Los valores de  $\text{TINT}(Z)$  se utilizaron como factores de ponderación para generar promedios ponderados de  $\text{PO}_4$  y  $\text{Cd}$  para los intervalos de profundidad 0-200 m y 200-600 m (v.g.:  $\text{PO}_4(0-200) = \#(\text{PO}_4(Z) \cdot \text{TINT}(Z)) / \#(\text{TINT}(Z))$ ). El valor de intercambio de agua y los promedios ponderados de concentración de  $\text{PO}_4$  y  $\text{Cd}$  se utilizaron para estimar el aporte neto de estos nutrientes del Pacífico al golfo. El flujo neto promedio anual de  $\text{PO}_4$  hacia fuera del golfo es  $(1.9 \times 10^3 \text{ moles m}^{-3})(0.26 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1})(86400 \text{ s d}^{-1})(365 \text{ d año}^{-1}) = 15.58 \times 10^9 \text{ moles PO}_4 \text{ año}^{-1}$ , y hacia el interior del golfo es  $24.02 \times 10^9 \text{ moles PO}_4 \text{ año}^{-1}$ . La diferencia es el aporte neto anual ( $8.44 \times 10^9 \text{ moles PO}_4 \text{ año}^{-1}$ ). De una manera similar, para el  $\text{Cd}$  se obtiene un aporte neto anual de  $3.9 \times 10^6 \text{ moles Cd año}^{-1}$ . Los aportes netos de  $\text{PO}_4$  y  $\text{Cd}$  son consumidos por la producción fitoplanctónica nueva del golfo (PPNueva) en la proporción  $(3.9 \times 10^6 \text{ moles Cd año}^{-1}) / (8.44 \times 10^9 \text{ moles PO}_4 \text{ año}^{-1}) = 0.462 \times 10^{-3}$ . Este valor es significativamente mayor que el intervalo al 95% de nivel de confianza  $(0.389 \pm 0.018) \times 10^{-3}$  de la literatura para la relación  $\text{Cd}:\text{PO}_4$  de las aguas del golfo, y que el valor  $0.326 \times 10^{-3}$  para aguas oceánicas profundas. Las concentraciones de  $\text{Cd}$  y  $\text{PO}_4$  están en exceso de las de  $\text{NO}_3$  para la realización de la PPNueva en las aguas del golfo. Este exceso es exportado del golfo al Pacífico en las aguas de la capa superior (0-200 m).

OCE-21

### CONECTIVIDAD ESTACIONAL EN EL GOLFO DE CALIFORNIA

Marinone Moschetto Silvio Guido L.  
División de Oceanología, CICESE  
marinone@cicese.mx

A partir de resultados de un modelo numérico de circulación del Golfo de California (GC), se calcula el grado de conectividad entre diferentes regiones del golfo. Para calcular las matrices de conectividad es necesario definir el lugar de origen de las partículas y encontrar la posición final de las mismas después de un periodo de tiempo por definir. A partir de las características de la circulación Eulereana se definieron 12 regiones en el GC. En cada una de las áreas se liberaron miles de partículas, llenando cada área, el primer día de cada mes y se calcularon las trayectorias Lagrangeanas. Las trayectorias son debidas a la advección del campo Eulereano de velocidad más una contribución de caminata aleatoria relacionada a procesos turbulentos. Al final de cada mes se busca el destino final de las partículas y se construyen matrices de conectividad y se encuentra la evolución estacional de la conectividad entre las regiones. Se encuentra que en general ocurre una gran retención de partículas en las regiones del Golfo Norte y la región peninsular al sur del golfo. El primer caso es debido principalmente a la presencia de giros en la región y en el segundo debido a que las corrientes son mucho menores ahí. En términos de conectividad biológica, una alta retención implica un mayor auto reclutamiento de larvas. En contraste, en las regiones del lado de Sonora/Sinaloa al centro/sur del golfo, la retención de partículas es baja debido a la presencia de corrientes fuertes hacia arriba y abajo del mismo durante todo el año, lo que implica una mayor conectividad espacial.

OCE-22

### THE ROLE OF FRONTAL ZONES ON THE THREE-DIMENSIONAL DISTRIBUTION OF LARVAL FISH ASSEMBLAGES IN A TIDAL SEMI-ENCLOSED SEA (GULF OF CALIFORNIA) DURING WINTER MIXING CONDITIONS

Inda Díaz Emilio Adolfo  
Ciencias Biológicas, Agropecuarias y Pesqueras, UAN  
eindad@gmail.com

We examine the role of the frontal zone found in the highly-tidal Midriff Archipelago Region (MAR) of the Gulf of California on the three-dimensional distribution of larval fish assemblages (LFA) during winter (February 2007), when the surface mixed layer is deep (~80 m) due to wind- and convection-mixing. Zooplankton samples were obtained in and around the MAR with an opening-closing net (505µm) in 50-m strata from the surface to 200m depth. Four LFAs were defined (on the basis of 39 identified species); two in the northern sector and the MAR, and two south of the MAR. Their three-dimensional distribution showed the frontal zone south of the MAR to be the strongest boundary between southern and northern LFAs. The LFAs registered north of the front were: (i) The LFA located in the northeastern side, over the mainland shelf, from surface to 100 m depth; the presence of *Citharichthys fragilis* differentiated it from (ii) the LFA extending from the northwestern sector to the southeastern sector, crossing the frontal zone from surface to 200 m depth; due to the dominance in the assemblage of the ubiquitous species *Engraulis mordax*. The

LFA's located at the south side of the front were: (iii) an LFA in an anticyclonic eddy, with the highest larval abundance and number of species from surface to 100 m depth, possible due to retention effects. This LFA appeared to extend, below the eddy, to north and south, probably because such was the distribution of the dominant species (*Leuroglossus stilbius* and *Diogenichthys laternatus*). (iv) A southern assemblage occupied the top 200 m in all the area south of the MAR outside the anticyclonic eddy. This LFA was formed by southern species that had their lowest abundance in the eddy (e.g. *Sardinops sagax* and *Scomber japonicus*). Despite the weak stratification and the consequent low thermal contrast (~1.5 °C) across the surface thermal front during winter, the frontal system and its associated circulation had a strong impact as a barrier for horizontal and vertical LFA distributions, generating different contiguous planktonic habitats with well-marked hydrographic limits. Similar conditions may occur in other frontal systems during periods of strong vertical mixing.

OCE-23

### PARTICLES DYNAMICS CONSIDERING ALL CORIOLIS TERMS IN THE EQUATIONS OF MOTION

Carbajal Pérez Noel<sup>1</sup> y Gaviño Rodríguez Juan Heberto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>División de Geociencias Aplicadas, IPICYT

<sup>2</sup>Centro Universitario de Investigaciones Oceanológicas, UCOL  
noelc@ipicyt.edu.mx

Usually, in the description of geophysical flows, several terms of the Coriolis force are eliminated in the calculations with the argument that they are small compared with other forces present in the investigated phenomenon. In the ocean and in the atmosphere, the Coriolis force plays a fundamental role in different kind of waves and in other dynamic processes. This practical approximation led to consider Coriolis terms only in the horizontal components of the equation of motion. We carried out a mathematical analysis considering all Coriolis terms in the three-dimensional equation of motion. In the ocean, a very important phenomenon is the permanent presence of tides. Tides are generated by the gravitational force of sun and moon and propagate in the ocean as Kelvin waves, where the Coriolis force is essential for the description of its dynamic properties. Additionally, tides are always working on the marine ecosystems of the world. It explains its importance. Therefore, it is necessary to know details on the movement of water particles as tidal waves propagate through all oceans and seas of the world. We calculated theoretically expression for particles dynamics considering all Coriolis terms and applying a linear version of the three-dimensional equations of motion in Cartesian coordinates.

OCE-24

### CIRCULACIÓN GEOSTRÓFICA EN LA BAHÍA DE LA PAZ

Monreal Gómez María Adela y Salas de León David Alberto  
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM  
monreal@cmarl.unam.mx

La circulación geostrofica en la Bahía de la Paz se analizó en diferentes épocas del año. No obstante que la estratificación es diferente en invierno y verano y que el viento presenta patrones bien definidos; del norte y noroeste desde finales de otoño hasta principios de primavera, y del sureste y sur el resto del año, las corrientes geostroficas describen una circulación ciclónica, tanto en invierno como en verano indicando que la topografía de la bahía, así como el flujo a través de boca grande, determinan el tipo de circulación.

OCE-25

### VARIABILIDAD ESPACIAL Y TEMPORAL DEL CAMPO DE VIENTO EN EL GOLFO DE CALIFORNIA

Castro Valdes Ruben<sup>1</sup>, Larranaga Fu Marco<sup>1</sup>, Mascarenhas Affonso<sup>2</sup>,  
Marinone Moschetto Silvio Guido L.<sup>3</sup> y Pares Sierra Alejandro<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Marinas, UABC

<sup>2</sup>Universidad Federal de Rio de Janeiro (COPPE)

<sup>3</sup>División de Oceanología, CICESE  
rcaastro@uabc.edu.mx

La variabilidad espacial y temporal del campo de viento en el Golfo de California es estudiada a través de tres fuentes de datos: 1. Datos de "Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set" (COADS; 1823-1997). 2. Datos diarios de re-análisis "A Cross-Calibrated Multi-Platform Ocean Surface Wind Components" (CCMP; 2000-2010, con resolución espacial 0.25 x 0.25 grados). 3. Datos horarios de una estación meteorológica ubicada en la Punta sureste de la Península de Baja California (2003-2010). Debido a que las observaciones de COADS tienen una distribución no uniforme a lo largo del golfo, con gran concentración en la porción sur y en la parte continental del golfo, solo se obtuvieron estadísticas básicas de los rangos de la variabilidad del viento y su comparación con las otras dos fuentes de datos. Por otro lado, se realizaron

correlaciones vectoriales entre las observaciones de la estación meteorológica y los datos de CCMP, encontrando que la máxima correlación fue alrededor de 0.83. El carácter del patrón de viento monzónico fue evidente en las tres fuentes de datos, aunque el cambio de dirección del viento de sureste al noroeste en el verano no ocurrió de igual forma a lo largo del golfo. A partir de los datos CCMP, se encontró que los vientos son muy persistentes en el invierno (0.8-0.9) y el verano (-0.75), con los mínimos en el otoño (-0.4). El análisis armónico anual del viento mostró que la mayor amplitud fue para la componente meridional (~4.5 m/s) y ocurrió en la zona de la entrada al golfo, mientras que la amplitud de la componente zonal (~2 m/s) fue en la parte central del golfo. Se observaron rasgos importantes en la señal semianual en algunas zonas del golfo. El rotacional del esfuerzo del viento fue negativo (positivo) a lo largo de la mitad oeste (este) del golfo durante el invierno e incrementó hacia el sur, pero cambió de signo en el verano.

OCE-26

### ESTUDIO NUMÉRICO DE LA RESPUESTA ASIMÉTRICA DEL OCEANO POR VIENTO NORMAL A LA COSTA, CON ÉNFASIS EN EL GOLFO DE TEHUANTEPEC, MÉXICO

Velázquez Muñoz Federico Angel y Martínez Alcalá José Antonio  
Facultad de Ciencias Marinas, UABC  
federico.velazquez@uabc.edu.mx

Las observaciones de la formación de remolinos de mesoescala forzados por viento en el Golfo de Tehuantepec muestran notorios rasgos de asimetría. En general, es fácil observar la formación y evolución de remolinos anticiclónicos en el lado Oeste del golfo, a diferencia de sus compañeros ciclónicos que en raras ocasiones se puede identificar en el lado Este. Mediante imágenes satelitales es posible identificar levantamientos del nivel del mar asociados a altas concentraciones de clorofila y rodeados parcialmente de agua con menor temperatura, lo cual es evidencia de los remolinos anticiclónicos. Esta diferencia en la respuesta del océano hacia ambos lados del viento ha sido explicada en términos de las características del viento, sin tomar en cuenta la línea de costa, la batimetría u otros factores. En este estudio se analiza el efecto que tienen la orografía, la batimetría y también se discuten las interpretaciones clásicas que tratan de dar una explicación a la diferente respuesta del océano en ambos lados del viento. Se investiga la respuesta del océano mediante una serie de experimentos numéricos asumiendo fondo plano, costa recta y Coriolis constante y agregando los diferentes componentes que lo vuelven más realista. Los resultados muestran que varios factores contribuyen a la respuesta asimétrica en el Golfo de Tehuantepec, por lo que se propone una ponderación de elementos en orden de importancia.

OCE-27

### MODELADO NUMÉRICO NO LINEAL DE LA HIDRODINÁMICA ARRECIFE

Lanza García Daniel<sup>1</sup>, Torres Freyermuth Alec<sup>1</sup>, Mariño Tapia Ismael<sup>2</sup>, Díaz Hernández Gabriel<sup>3</sup> y Salles Afonso de Almeida Paulo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ingeniería, UNAM

<sup>2</sup>Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, Unidad Mérida

<sup>3</sup>IH Cantabria, España

danielanzagarcia@gmail.com

Las barreras arrecifales están ubicadas en zonas tropicales alrededor del mundo y ofrecen una protección natural de la zona costera ante eventos extremos. Con la presencia de una barrera arrecifal existen fenómenos no lineales asociados a la rotura violenta del oleaje y turbulencia que sugieren que la teoría lineal no es la adecuada para describirlo. Por tanto, es importante utilizar modelos numéricos capaces de modelar dichos procesos de forma adecuada si se pretende predecir la hidrodinámica en estos ambientes. En este trabajo se utiliza un modelo numérico bidimensional (2DV) que resuelve las ecuaciones de Reynolds Promediadas (RANS) con un modelo de turbulencia  $k-\epsilon$  algebraico no lineal. A pesar de que el modelo ha sido previamente validado para el estudio de la interacción oleaje-estructura y playas, no existe un estudio previo enfocado a realizar una validación rigurosa de su aplicación en arrecifes. Para la validación se utilizaron los ensayos de laboratorio en la Universidad de Michigan de un modelo a escala en la cual se simulaban distintos casos de propagación de oleaje irregular con ( $H_s=1.9-5.4m$  y  $T_p=8-20s$  prototipo) para diferentes niveles de marea. El modelo numérico es capaz de modelar de forma satisfactoria todos los casos. Adicionalmente, mediciones de presión y velocidad correspondientes a una campaña de campo realizada en julio de 2011 en el arrecife de Puerto Morelos fueron empleados para validar el modelo numérico en el campo. La predicción de la hidrodinámica en este caso es fuertemente dependiente del ángulo de incidencia del oleaje debido a que el modelo supone oleaje incidente normal. Sin embargo, la circulación dentro de la laguna arrecifal inducida por la rotura del oleaje pretende estimarse utilizando el modelo 2DV con distintos perfiles batimétricos que caractericen la variación longitudinal del arrecife y haciendo un balance de cantidad de movimiento a lo largo del arrecife.

OCE-28

**MODELO HIDRODINÁMICO DE LA LAGUNA LA CARBONERA, YUCATÁN**

Rey Sánchez Wilmer<sup>1</sup>, Salles Afonso de Almeida Paulo<sup>1</sup>, Chiappa Carrara Xavier<sup>2</sup>,  
Appendini Albrechtsen Christian Mario<sup>1</sup>, López González José<sup>1</sup> y Zetina Moguel Carlos<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ingeniería, UNAM

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias, UNAM

<sup>3</sup>Facultad de Ingeniería, UADY  
wreys@ingen.unam.mx

Uno de los principales problemas en las lagunas costeras del Estado de Yucatán, México, es la poca información acerca de su hidrodinámica, lo cual es la base para comprender los procesos de degradación ambiental y planteamiento de estrategias de conservación y manejo. Una de las formas de estudiar la hidrodinámica de los sistemas lagunares es con el uso de modelos numéricos y en Yucatán su aplicación está apenas iniciando.

La zona de estudio fue la laguna costera la Carbonera, ubicada al noroeste del Estado de Yucatán. La hidrodinámica de esta laguna está regida tanto por el intercambio de agua salada procedente del Golfo de México, como por aportes de agua dulce, puntuales (ojos de agua en Petenes) y difusos.

Con el fin de caracterizar la hidrodinámica del sistema, fue necesario estimar aportes de agua, así como la variación de los niveles de superficie libre del agua. Se realizaron dos campañas (en mareas vivas y mareas muertas) en las cuales se realizaron mediciones de gasto en la boca de la laguna y mediciones de velocidad en un ojo de agua (en el interior de la laguna) con un Perfilador acústico Doppler (ADCP) y un velocímetro acústico (Vector) respectivamente durante 25 horas. Además se creó una red de monitoreo en función de los flujos preferenciales con 5 sensores de conductividad, temperatura y profundidad (CTD) durante 6 semanas, para monitorear la variación de los niveles en el interior de la laguna. A la par con todo lo anterior se llevó a cabo la batimetría de la zona de estudio con DGPS (Differential Global Positioning System) y ecosonda.

Así mismo, se recabaron datos meteorológicos de interés (viento, presión) de la estación meteorológica más cercana (18 km, en el Puerto de Sisal, Yucatán).

En este caso, se utilizó el modelo Mike 21 para modelar la hidrodinámica del cuerpo lagunar en el sistema La Carbonera, el cual incorpora las contribuciones de agua dulce proveniente del acuífero de Yucatán y agua salada proveniente del Golfo de México.

El modelo fue calibrado con forzamientos de niveles de superficie libre del agua (en dos puntos en la cabecera de laguna y además en la zona marina), corrientes constantes a lo largo de la frontera (dirección este-oeste en la zona marina), fricción de fondo variante en el espacio, viento y turbulencia (constante y usando la formulación Smagorinsky).

El modelo fue calibrado variando los parámetros de fricción y viscosidad turbulenta, y reproduce satisfactoriamente la hidrodinámica del sistema.

OCE-29

**ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA INFLUENCIA DE LA TOPOGRAFÍA DEL FONDO EN EL CICLÓN DEL GOLFO DE CAMPECHE**

Sandoval Hernández Erika, Pérez Brunius Paula, Zavala Sansón Luis, Sheinbaum Pardo Julio y López Mariscal Pedro Gilberto

División de Oceanología, CICESE  
akiresanher@yahoo.com.mx

Observaciones recientes del giro ciclónico del Golfo de Campeche sugieren que su tamaño y posición están determinados por la batimetría de la región. Una característica singular de la cuenca es que a los 94.5°O se presenta un cambio drástico en la profundidad del fondo marino: la región occidental muestra profundidades de 2000m hasta 3500m, mientras que la región oriental es más somera. En el presente trabajo se estudia el ajuste del flujo a la topografía de un modelo idealizado del Golfo de Campeche mediante experimentos de laboratorio en una mesa rotatoria. Se representa a la región oriental como un escalón, y se estudia la evolución del flujo tras ser forzado inicialmente mediante el aumento (spin-up) y disminución (spin-down) de la rotación del sistema. Los resultados experimentales muestran que se acumula vorticalidad ciclónica en la zona profunda adyacente al escalón, independientemente del forzamiento inicial. Estos resultados sugieren que la presencia del giro ciclónico en la región profunda del Golfo de Campeche es un estado preferente del sistema dada la geometría del fondo marino, y que la existencia del giro no depende de un rotacional positivo del viento como ha sido sugerido en la literatura.

OCE-30

**RECTIFICACIÓN DE LA CORRIENTE EN EL SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO DEBIDO A CAMBIOS ABRUPTOS DE BATIMETRÍA**

Riveron Enzastiga Mayra Lorena<sup>1</sup> y Carbajal Pérez Noel<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

<sup>2</sup>Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica  
riveron@yahoo.com

Un año de datos de corrientes, nivel del mar y temperaturas del agua fueron obtenidos en cuatro puntos del Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV), usando ADCPs anclados a 20 m de profundidad con una resolución de 50 cm en la vertical y promediados cada 15 minutos, con la finalidad de estudiar la rectificación de la corriente debida a cambios batimétricos abruptos. Dichos datos fueron complementados mediante muestreos mensuales en forma de zigzag en el SAV usados como condiciones iniciales y de frontera en un modelo numérico tridimensional (ROMS). Las velocidades horizontales y el campo de temperaturas obtenidas mediante el ROMS en el área de estudio (SAV) muestran la presencia de un giro ciclónico frente a la desembocadura del Río Jamapa (a la mitad del área de estudios) mismo que se va desplazando hacia el norte durante el verano. Dicho giro es producido por el gradiente de advección en la horizontal debido a la presencia del cabo de Antón Lizardo (en la zona sur del área de estudio). El patrón de corrientes y temperaturas en la columna de agua muestran una alta estratificación durante la época de lluvias, cuando las corrientes superficiales y de fondo se desplazan con una diferencia de hasta 60 grados entre ellas y la termocline se encuentra bien definida a una profundidad de 7 m. Mientras que durante la temporada de nortes la columna de agua se encuentra mezclada, observándose la misma temperatura desde la superficie hasta el fondo.

OCE-31

**VARIABILIDAD ESPACIO-TEMPORAL D-13C, D-15N Y C/N EN MATERIA ORGÁNICA SEDIMENTARIA DE LAGUNA DE TÉRMINOS, CAMPECHE, MÉXICO**

Romo Ríos Javier Alfredo<sup>1</sup>, Aguiñiga García Sergio<sup>1</sup>, Sánchez González Alberto<sup>1</sup>, Tripp Valdéz Arturo<sup>1</sup>, Macías Zamora José Vinicio<sup>2</sup>, Ramírez Álvarez Nancy<sup>2</sup>, Zetina Rejón Manuel<sup>1</sup>, Arreguín Sánchez Francisco<sup>1</sup>, Futema Jiménez Sonia<sup>1</sup>, Ruvalcaba Angel<sup>1</sup> y Escobedo Urias Diana<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN

<sup>2</sup>Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC

<sup>3</sup>Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Sinaloa, IPN

jrromor1100@alumno.ipn.mx

En el presente estudio se utiliza una aproximación geoquímica múltiple (d-13C, d-15N, C/N) para determinar la variabilidad espacial de la materia orgánica sedimentaria (MOS) y las especies del necton en Laguna de Términos y Sonda de Campeche. La geoquímica espacial de la MOS concuerda con el patrón de circulación de Laguna de Términos, que permite clasificar: (a) Zona Geoquímica 1 que comprende la Boca de Puerto Real, la Barra y Boca del Carmen con valores promedio de d-13C (-22.7‰), d-15N (3.3‰) y C/N (11.9), y (b) Zona Geoquímica 2 que comprende las desembocaduras de los Ríos Palizada, Calendaría y Chumpan incluyendo el área más profunda (4 m) hacia el interior de la Laguna de Términos con valores de d-13C (-24.4‰), d-15N (5‰) y C/N (13.8) indicando procesos de desnitrificación. El drenaje de la Laguna por la Boca del Carmen influencia la Sonda de Campeche al menos hasta la isóbata de 50 m con valores de d-13C (-22.8‰), d-15N (3.7‰) y C/N (13.1) mezclándose con el plancton oceánico. En la escala temporal, los valores geoquímicos de los núcleos indican aportes de fuentes orgánicas diferentes a las actuales, especialmente en la Zona 2 donde se registran valores d-13C = -21‰ y d-15N = 2.8 que sugieren influencia de materia orgánica marina. En el Núcleo Manigua (impacto antropogénico extremo) se determinaron PCB's con máximos de 17 ng/g asociados a valores indicativos de desnitrificación (d-15N = 7‰) y materia orgánica refractaria (d-13C = -23.2‰). Esto contrasta con los mínimos de PCB's (9.7 ng/g) y bajos valores d-15N (3.1‰) posiblemente asociados a periodos de bajo impacto antropogénico al ecosistema con la predominancia de materia orgánica con valores d-13C = -24‰. La variabilidad geoquímica espacial actual coincide con la zonación del necton con una relocalización importante de bagres (*Ariopsis felis*, *Cathorops melanopus*) y pez globo (*Sphoeroides testudineus*) en la Zona 1 ya que no se detectó en la barra de Isla del Carmen, hubo escasa presencia hacia Boca Puerto Real y un aumento importante de biomasa en la isóbata de 20 m en la Sonda de Campeche. Mientras las mojarras (*Eugerres plumieri* y *Diapterus rhombeus*) invadieron la barra de Isla del Carmen y la Zona Geoquímica 2.



OCE-32

### VARIABILIDAD ESTACIONAL DE TEMPERATURA Y SALINIDAD EN BAHÍA CONCEPCIÓN, GOLFO DE CALIFORNIA, MÉXICO

Obeso Nieblas Maclovio<sup>1</sup>, Shirasago Germán Bernardo<sup>1</sup>, Gaviño Rodríguez Juan Heberto<sup>2</sup>, García Morales Ricardo<sup>1</sup>, Obeso Huerta Hipolyto<sup>3</sup>, Gamez Soto Diego<sup>1</sup> y Guevara Guillén Cristóbal<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN

<sup>2</sup>Centro Universitario de Investigaciones Oceanológicas, UCOL

<sup>3</sup>Instituto Tecnológico de La Paz, B.C.S.

mniebla@ipn.mx

Se analizó la variabilidad estacional de temperatura y salinidad en Bahía Concepción, Golfo de California, con datos de CTD de cuatro cruceros realizados durante 1994 en (invierno, primavera, verano y otoño). Se aprecia la bahía térmicamente homogénea durante invierno y otoño, producto de los fuertes vientos del noroeste, mientras que en primavera y verano se presenta estratificada, con un frente termohalino superficial en la zona de la boca, debido a la intensa radiación solar y a las surgencias generadas por los vientos del sureste, en la frontera con el Golfo de California. La salinidad en la bahía mostró mezclado vertical, durante invierno y otoño, mientras que en primavera y verano, presentó una estratificación horizontal, registrándose la máxima y la mínima salinidad superficial en primavera e invierno respectivamente. La distribución de temperatura y salinidad difieren estacional y espacialmente, producto de la radiación solar, estratificación por calentamiento, surgencias y el flujo impulsado por el viento. Es de destacar, que el comportamiento de la estructura térmica en la bahía muestra un calentamiento temporal, el cual está asociado con el desarrollo de la termoclina estacional, fluctúa de una condición homogénea y fría a un ambiente estratificado y caliente, separado por dos períodos cortos de transición.

OCE-33

### VARIABILIDAD ESTACIONAL TERMOHALINA EN BAHÍA DE LA PAZ, GOLFO DE CALIFORNIA

Obeso Nieblas Maclovio<sup>1</sup>, García Morales Gisela<sup>1</sup>, Shirasago Germán Bernardo<sup>1</sup>, Gaviño Rodríguez Juan Heberto<sup>2</sup>, Jiménez Illescas Ángel Rafael<sup>1</sup>, Obeso Huerta Maclovio<sup>3</sup> y Sánchez Lindoro Fernando<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN

<sup>2</sup>Centro Universitario de Investigaciones Oceanológicas, UCOL

<sup>3</sup>Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS

mniebla@ipn.mx

Con el objetivo de analizar la variabilidad estacional termohalina en la bahía, se procesaron datos de CTD obtenidos durante invierno, primavera, verano y otoño de 2009. Se aprecia claramente la evolución del calentamiento – enfriamiento en la bahía, la mínima temperatura superficial se registró en marzo, se incrementó para junio y fue máxima en septiembre, posteriormente disminuyó para diciembre, este comportamiento al parecer es cíclico. Toda la columna de agua recibe el efecto de este proceso, la mayor influencia se observa hasta los 150 m de profundidad. También, la salinidad se modifica estacionalmente en la bahía, con el valor mínimo superficial en septiembre, se incremento en diciembre, continuó su aumento en marzo, y se registró el máximo en junio. La mayor variabilidad se observa hasta los 100 m de profundidad y se aprecia este efecto en toda la columna de agua.

Es de destacar en marzo, las ausencias de una capa de mezcla y la presencia de una estratificación térmica, al parecer originadas por la radiación solar y la ausencia de los vientos del noroeste. La termoclina se puede apreciar aflorada durante marzo, junio y septiembre, con el máximo gradiente en junio en los primeros 100 m de profundidad, ocasionada por el arribo de aguas subsuperficiales más frías del Golfo de California, producto de la flotabilidad positiva originada por las surgencias costeras que se generan en estas épocas del año en la costa occidental del Golfo de California, debido a la acción de los vientos del sur y sureste.

Durante otoño e invierno la estructura termohalina está determinada por dos masas de agua, Agua del Golfo de California (AGC) y Agua Subsuperficial Subtropical (ASS) en la parte profunda de la bahía. Al finalizar la primavera se registró (AGC y ASS) con el arribo de Agua Superficial Tropical (AST) en la costa sureste de la Boca Norte. Para el verano se registraron tres masas de agua (AGC, ASS y AST), con una significativa disminución de (AGC), compensada por la presencia de una importante cantidad de (AST). La masa de agua que recibe el mayor efecto del proceso calentamiento – enfriamiento en la bahía es el (AGC), al transcurrir el año se calienta y se hace menos salada, después de septiembre el proceso se invierte. En la parte profunda la masa de agua fue muy estable excepto durante junio.

OCE-34

### DESCRIPCIÓN DE UN EVENTO DE SURGENCIA COSTERA CUYA PROFUNDIDAD ES DEL ORDEN DE LA PROFUNDIDAD DE LA CAPA DE MEZCLA

Torres Gutiérrez Héctor Salvador y Gómez Valdés José

División de Oceanología, CICESE

torresg@cicese.mx

Sobre los sistemas de corrientes limítrofes orientales, la literatura nos dice que la profundidad de procedencia de las aguas frías asociadas al fenómeno de surgencias es generalmente entre 50 y 200 m y que en la dinámica de las surgencias costeras los campos de vientos favorables para su desarrollo (magnitud, dirección, gradientes) juegan un papel muy importante. Típicamente, la profundidad de la surgencia costera difiere de la profundidad de la capa de mezcla superficial del océano. Esta última profundidad, depende principalmente de la intensidad de los vientos y de las fuerzas de flotabilidad. Con base en el análisis de datos hidrográficos y meteorológicos, tomados en una campaña oceanográfica frente a las costas de Baja California durante el periodo del 9 al 19 de Octubre del 2009, se detectó un evento de surgencia costera. Mediante técnicas convencionales para el análisis de las propiedades termodinámicas, se determinó que la profundidad del afloramiento de aguas frías fue del orden de la profundidad de la capa de mezcla. Las aguas frías superficiales cerca de la costa asociadas al fenómeno procedieron de la zona de la termoclina estacional. En la presente investigación, examinamos la importancia de la profundidad de la capa de mezcla en el desarrollo de un evento de surgencia costera.

OCE-35

### OBSERVACIONES DE EVENTOS DE SURGENCIA EN EL CAÑÓN SUBMARINO DE PETACALCO

Ruiz Angulo Angel y Zavala Hidalgo Jorge

Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

angelruizangulo@gmail.com

El cañón de Petacalco se encuentra en el Océano Pacífico (alrededor de 18N y 102W). La batimetría de este cañón submarino, cerca de la cabecera, tiene una pendiente media a lo largo del eje de 6% y pendientes mucho más pronunciadas perpendiculares al eje. La extensión de este cañón llega hasta 110 km de la costa, hasta la Fosa de América central a 4600 m de profundidad. La importancia de este cañón en la región se refleja principalmente en la actividad pesquera. Además de la surgencia debida al transporte de Ekman provocada por vientos cerca las regiones costeras, la presencia del cañón incrementa el afloramiento de aguas profundas de la región oceánica adyacente llevando nutrientes, que se inyectan en la bahía, mejorando así la productividad primaria, lo cual beneficia las actividades pesqueras. Durante al menos seis campañas oceanográficas en la zona, los datos de CTD han mostrado una fuerte surgencia. Con base en dichas observaciones se diseñó una campaña de muestreo cubriendo el cañón de Petacalco con una red de estaciones de CTD más fina, obteniendo así una resolución espacial mucho más grande. Además de esas mediciones, dos arreglos de termistores fueron desplegados en la cresta SW del cañón a una profundidad de aproximadamente 60 [m], también dos corrientímetros ADCP fueron desplegados a 20 [m] de profundidad en los lados opuestos del eje del cañón cerca de la cabecera del cañón.

Las observaciones, de los arreglos de termistores, muestran que la variaciones en temperatura, a una determinada profundidad, puede abarcar rangos de 28 a 14 grados Celsius (durante la campaña realizada en Septiembre de 2010). Esta variación, sugiere la presencia de ondas internas, ya que los cañones submarinos actúan como regiones para incrementar la mezcla enfocando y amplificando las ondas internas.

Los perfiles individuales de la densidad potencial localizados al borde del cañón muestran, por debajo de la termoclina, la existencia de vuelcos; sugiriendo así, procesos de mezcla turbulenta debido a la posible ruptura de ondas internas.

OCE-36

### PARÁMETROS HIDROGRÁFICOS Y SU RELACIÓN CON LA CLOROFILA-A EN LA ZONA NORTE DEL PARQUE NACIONAL SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO, GOLFO DE MÉXICO

Robles Cortés Marisol y Salas Monreal David

Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, UV

ardorina19@hotmail.com

Dada la escasa información oceanográfica existente en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV) se realizó un estudio en la zona que abarca Isla Sacrificios, Arrecife Pájaros, Isla Verde y Arrecife Anegada de Adentro para lograr explicar la conectividad existente entre los parámetros hidrográficos y la clorofila-a en una zona con cambios batimétricos abruptos. Dicho estudio se realizó durante un ciclo de marea diurno (24 h) en el mes de Mayo del 2011, se utilizó un CTD para obtener los parámetros hidrográficos. La clorofila-a se obtuvo mediante un fluorómetro en los 19 puntos seleccionados

estratégicamente en la zona norte del PNSAV. Se observó una variación de 2°C temperatura, 0.5 ups de salinidad y 0.5 Kg/m<sup>3</sup> de densidad, durante las cinco repeticiones muestreadas en cada uno de los 19 puntos. Mientras que el oxígeno presentó una variación de 1 ml/l y la clorofila-a de 1 µg/l. Se observó que la concentración de clorofila-a contó con una variación espacial de 2-3 µg/l en la termoclina (10 m) contando con un incremento a los 15 m de profundidad en la zona protegida de Isla Verde e Isla Sacrificios, principalmente producidos por procesos de convergencia atribuidos a cambios batimétricos abruptos. El oxígeno por el contrario se incrementó de la superficie hasta la picnoclina en 2 ml/l, mientras que en la zona de alta concentración de clorofila-a el oxígeno disminuyó entre 1 y 1.5 ml/l, esto se debe entre otras cosas al consumo del oxígeno por organismos planctónicos entre otros, debido a que la temperatura se mantuvo constante. De forma general la concentración de clorofila-a incrementó en las zonas de frentes termo-halinos presentes en las áreas en la que existen islas y en los giros ciclónicos producidos por cambios batimétricos principalmente en las áreas donde los arrecifes no emergen hasta la superficie.

OCE-37

#### FORZAMIENTO POR MAREA BAROTRÓPICA Y BAROCLÍNICA EN LA AGREGACIÓN Y DISPERSIÓN DE ICTIOPLANCTON EN EL SUR DEL GOLFO DE MÉXICO

Salas de León David Alberto, Monreal Gómez María Adela, Flores Coto Cesar y Flores Hernández Fernando  
*Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM*  
 dsalas@servidor.unam.mx

En este estudio se analiza el papel que juega el forzamiento por la marea barotrópica y baroclinica en la agregación y dispersión de ictioplancton en el sur del Golfo de México, para esto se tomaron muestras de ictioplancton y de parámetros hidrográficos durante 24 horas durante verano, en un punto con una profundidad total de 180 m, en el borde del talud continental (19° 32' N – 92° 38.5' W). Las muestras biológicas se colectaron con una red Bongo y los parámetros hidrográficos con un CTD cada dos horas iniciándose en marea baja. La termoclina, haloclina y picnoclina subieron 15 m en 6 horas indicando la existencia de una marea baroclinica. El número de taxa y de larvas de peces oscilaron con un desfase de 5 horas con respecto a la marea y estuvieron en fase con la oscilación de la termoclina. Estos resultados indican que el forzamiento por la marea barotrópica y baroclinica modula la agregación y dispersión del ictioplancton en la zona.

OCE-38

#### PROCESOS DE MESOESCALA EN EL CAÑÓN DE CAMPECHE A PARTIR DE DATOS DE VELOCIDAD DEL SONIDO

González Orduño Ana<sup>1</sup>, Monreal Gómez María Adela<sup>1</sup>, Urrutia Fucugauchi Jaime<sup>2</sup> y Salas de León David Alberto<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>*Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM*  
<sup>2</sup>*Instituto de Geofísica, UNAM*  
 glezoa@hotmail.com

La identificación de las masas de agua a través de instrumentación convencional ha contribuido al conocimiento a la hidrografía de la columna de agua, actualmente se ha desarrollado una nueva área denominada Oceanografía Sísmica que permite tener una visión de las condiciones termohalinas con una mayor resolución en la horizontal. El principio de la técnica se basa en la propagación de una onda sonora para obtener diferencias en densidad en la columna de agua. Bajo esta consideración el presente trabajo inicia de manera inversa, para la obtención de patrones utilizando datos de velocidad de sonido, los cuales son estimados a partir de datos hidrográficos con CTD en la Bahía de Campeche. A partir del análisis de estos datos y de la velocidad del sonido se obtuvieron características típicas de un núcleo frío y de un giro anticiclónico asociado al afloramiento subsuperficial sobre el Cañón de Campeche. El objetivo final en esta investigación es conjuntar la información hidrográfica e imágenes sísmicas para la generación de imágenes sintéticas de la estructura de la columna de agua con una resolución horizontal mayor que la obtenida con CTD, para detectar estas características hidrográficas de mesoescala.

OCE-39

#### EVIDENCIAS DE DESNITRIFICACIÓN Y FIJACIÓN DE NITRÓGENO EN EL MOP DEL SUR DE LA CORRIENTE DE CALIFORNIA (#13C, #15N Y C/N – MOP, CRUCERO IMECOCAL IM0201)

Aguñiga García Sergio<sup>1</sup>, Gaxiola Castro Gilberto<sup>2</sup>, Herguera García Juan Carlos<sup>2</sup>, Saldierna Martínez Ricardo Javier<sup>1</sup>, Sánchez González Alberto<sup>1</sup>, Romo Ríos Javier Alfredo<sup>1</sup> y Ruvalcaba Angel<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>*Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN*  
<sup>2</sup>*División de Oceanología, CICESE*  
 saguini@ipn.mx

El estudio de las fuentes que definen la composición y variabilidad de la materia orgánica particulada, permite entender como la variabilidad geoquímica de la base trófica se mantiene hasta depredadores tope. En el presente estudio se caracterizó la composición isotópica (#13C y #15N) y la razón C/N (molar) de la materia orgánica particulada (MOP) en el intervalo de 0 a 50 m de profundidad (integrado) y a 600 m de profundidad (dentro de la zona de oxígeno mínimo) colectada durante el crucero IMECOCAL IM0201. Se observó una división latitudinal a la altura de Punta Eugenia con valores de la razón C/N ~7 y #13C-MOP de hasta 26‰ al norte (transectos 103 a 120) y de C/N ~5 y 22‰ hacia el Sur (transectos 120 a 130). Los valores #15N-MOP mostraron una distribución muy similar a la razón C/N y #13C-MOP con valores de 5.5‰ al norte y 7.5‰ al sur. Sin embargo, se detectaron zonas con valores anómalamente altos (#15N = 10.5‰) en las estaciones costeras de 120.30 (Bahía Vizcaino) y 127.35 (San Juanico) y oceánicas: 120.7, 120.8, 123.55 y 127.35. Lo anterior contrasta con valores anómalamente bajos (#15N = 2‰), muy notablemente a lo largo del transecto 110 (Punta Baja) y las estaciones oceánicas 120.75 y 127.45. Estas diferencias latitudinales indican que el origen de nutrientes nitrogenados influyen el #15N-MOP. Al norte de Punta Eugenia se registraron valores #15N-MOP típicos de surgencias (6‰) alternado con valores bajos (2‰) que sugieren la presencia de la cianofita nitrificadora *Trichodesmium*. Al sur de Punta Eugenia, los altos valores #15N-MOP sugieren la somerización de aguas desnitrificadas asociadas a la intensificación de un giro ciclónico. La diferencia negativa entre los valores #15N-MOP de 600 metros y la zona fótica (0 a 50 m) evidencian significativamente la influencia de la zona de desnitrificación en la materia orgánica particulada hacia el sur de punta Eugenia.

OCE-40

#### RESULTADOS DE ESTUDIO DE ESTRUCTURA TERMOHALINA EN LA BAHÍA DE BANDERAS (OCTUBRE DEL 2009 Y MARZO DEL 2011)

Tereshchenko Iryna, Mireles Loera Ignacio Omar, Monzón César, Filonov Anatoly, Palacios Hernández Emilio y Plata Rosas Luis  
*Departamento de Física, UDG*  
 itereshc@cencar.udg.mx

Se discuten los resultados de las expediciones de otoño del 2009 y primavera del 2011 en Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit, México. En las últimas décadas el desarrollo urbano en la bahía ha ocasionado un aumento en la contaminación de sus aguas. Con el fin de determinar la variación estacional en los parámetros hidrográficos y el transporte de contaminantes pasivos que tiene lugar en la bahía se realizaron mediciones en el otoño del 2009 y primavera del 2011. La estructura termohalina de la columna de agua se determinó mediante lances verticales con un CTD-ondulante SBE-19plus hasta una profundidad de 450 m. En la primera expedición oceanográfica se obtuvieron 115 perfiles verticales de la temperatura y salinidad en catorce transectos perpendiculares a la costa (área del levantamiento 30 x 40 km) hasta una profundidad de 300 m. En la segunda expedición oceanográfica se obtuvieron 1019 perfiles verticales de la temperatura y salinidad en 26 transectos perpendiculares a la costa (misma área de levantamiento) hasta una profundidad de 450 m. Ya que los datos se ven fuertemente contaminados por las fluctuaciones de las características hidrográficas causadas por intensas mareas internas, recurrimos a aplicar un filtrado vertical (por medio de promedios móviles) y uno horizontal (por la forma de la función de correlación espacial de las pulsaciones del campo). Al filtrar las ondas de marea interna podemos proceder a calcular el campo de velocidades de corrientes geostroficas para esta zona. Se encontró que los vectores estimados de las corrientes geostroficas siguen aproximadamente los contornos de batimetría, siendo más fuertes al este de la bahía (7 cm/s) que al oeste (2 cm/s), es decir en la boca.

OCE-41 CARTEL

### LIMNOLOGÍA FÍSICA DEL LAGO DEL CRÁTER DE ISLA ISABEL, NAYARIT

Palacios Hernández Emilio<sup>1</sup>, Filonov Anatoly<sup>2</sup>, Carrillo Briezca Laura Elena<sup>3</sup>, Villaseñor Pérez Francisco Javier<sup>2</sup> y Tereshchenko Iryna<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Ciencias Básicas, UDG

<sup>2</sup>Universidad de Guadalajara

<sup>3</sup>El Colegio de la Frontera Sur

<sup>4</sup>Departamento de Física, UDG  
emilio6x111@gmail.com

Se realiza un estudio limnológico para explicar los principales factores de la dinámica de Lago del Cráter, ubicado al interior de la Isla Isabel, localizada en el Océano Pacífico entre los 21°52'N y los 105°54'W frente a las costas de Nayarit, México. Se obtuvieron de series de datos meteorológicos, que se utilizan en un modelo numérico hidrodinámico de circulación estacionario bidimensional. La hidrografía es analizada mediante lances de CTD y análisis espectral de series de tiempo de temperatura, derivadas de una cadena de termistores anclados en el interior del lago. Los resultados del modelo hidrodinámico fueron comparados con velocidades muestreadas con un perfilador acústico ADP, anclado a 15 m de profundidad. En general se observa que durante la época de estiaje las velocidades son pequeñas: la media 1.8 cm/s y la máxima de 6 cm/s la cual se presenta a las 17 horas, visualmente se observa la presencia de un dipolo, cuya posición oscila del NE al NW durante el ciclo de simulación. Las series de tiempo de los termistores muestran que el máximo de temperatura no se encuentra en las primeras capas de agua, sino bajo la superficie del espejo de agua a 1.6 m de profundidad con un valor de 37.9 °C, donde a partir de los 4 m de profundidad la temperatura permanece constante a 27 °C. Se deduce que este fenómeno térmico se debe a la mínima mezcla generada por el viento, ya que está protegido por la orografía del cráter que además este cráter está totalmente cubierto por un bosque además, los escurrimientos pluviales de menor densidad cubren la capa superficial del lago, manteniendo este perfil de temperatura. Los cambios a mayores profundidades son consecuencia de las variaciones de los efectos estacionales sobre la columna de agua, procesos dinámicos complejos, gobernados por los procesos sinópticos locales. Este es el único lago crater en una isla mexicana y es el primer estudio de este tipo que se realiza.

OCE-42 CARTEL

### ISÓTOPOS ESTABLES DE OXÍGENO Y CARBONO EN FORAMINÍFEROS BENTÓNICOS RECIENTES DEL PACÍFICO NORORIENTAL

Sánchez Vargas Lilia, Sánchez González Alberto, Aguiñiga García Sergio y Juárez Fonseca Miryam  
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN  
alsanchezg@ipn.mx

Las condiciones químicas y físicas de la columna de agua y la circulación del océano han sido reconstruidas a partir de la composición isotópica de oxígeno y carbono de diversos géneros de foraminíferos bentónicos (e.g., epibentónicos o endobentónicos). Donde se considera que los foraminíferos bentónicos calcifican en equilibrio con el D18O del agua de mar y muy cercana del D13C del CID en el océano. En el presente trabajo reportamos la composición isotópica de oxígeno y carbono de foraminíferos bentónicos de los géneros Cibicides, Planulina y Uvigerina colectados a lo largo de una red de muestreo de 7 transectos en el intervalo de 70 a 500 m de profundidad en el margen suroccidental de la Península de Baja California. Los análisis isotópicos fueron realizados en el Laboratorio de Espectrometría de Masas (LEsMa) del CICIMAR-IPN. Los valores del D18O de Cibicides spp. y Planulina spp. están en equilibrio isotópico con el D18O de la calcita formada en equilibrio con el agua de fondo, mientras que Uvigerina spp. presentó una desviación isotópica de -0.68‰. Los valores del D13C de los géneros epibentónicos ninguno registro una relación 1:1 con el D13C del CID, sin embargo, mostraron la misma tendencia que el perfil del D13C del CID. La desviación isotópica de los géneros Cibicides/Planulina vs Uvigerina fue +0.88±0.08‰ para el margen suroccidental de la Península de Baja California. La determinación de la desviación isotópica de oxígeno y carbono para los géneros Cibicides/Planulina vs Uvigerina permitirá determinar las condiciones paleoceanográficas de la columna de agua en el Pacífico Nororiental Mexicano cuando alguno de los tres géneros este presente/ausente en el registro sedimentario.

Palabras claves: Isótopos Estables de Oxígeno y Carbono, Foraminíferos bentónicos, Columna de Agua, Pacífico Nororiental Mexicano.

OCE-43 CARTEL

### OCEANOGRAFÍA SÍSMICA, NUEVA HERRAMIENTA, VIEJA TÉCNICA

Covarrubias Guarneros Myriam y Gómez Ceballos Luis Fernando  
Facultad de Ingeniería, BUAP  
amushlight@gmail.com

La prospección sísmica marina es una herramienta de la geofísica empleada usualmente para mapear el fondo oceánico con fines generalmente de exploración a fin de poder determinar los lugares propicios de almacenamiento de hidrocarburos como petróleo y gas. No obstante los oceanógrafos han encontrado una posible nueva utilidad a esta herramienta. La determinación de estructuras finas en el océano como ondas internas e intrusiones que se encuentran asociadas a la mezcla en el océano y también límites de masas de agua, remolinos, corrientes.

Para poder confiar en esta posible nueva herramienta se necesita un explicación cuantitativa de como la nueva herramienta actúa sobre las propiedades físicas que llevan al resultado final. El proceso de mapeo puede ser visto como un filtro actuando sobre un campo de impedancia acústica, que en la escala que importa, es primariamente asociado con variaciones de temperatura.

Se usa una profundidad-conductivo de temperatura (CTD por sus siglas en inglés) traza de la periferia de un remolino para estimar la contribución de anomalías termales y salinas a una traza sísmica sintética y luego usar múltiples trazas CTD del mismo conjunto de información para construir una imagen sísmica sintética. Esta imagen sintética se compara favorablemente con una imagen real sísmica de un remolino distinto con importantes diferencias que pueden ser atribuidas a una muy alta resolución de la técnica sísmica.

#### INTRODUCCIÓN

Las imágenes sísmicas marinas multicanales han usado por décadas reflexiones acústicas recibidas a lo largo de un arreglo de hidrófonos para mapear estructuras junto con la Tierra sólida pero recientemente se introdujo un campo científico nuevo demostrando que las técnicas sísmicas pueden mapear estructuras junto con el interior del océano.

En 2004(1) se mostró que las imágenes reflectoras correspondían a estructuras termales oceánicas. La técnica sísmica multicanal usa reflexiones de contrastes de impedancia acústica relativamente horizontales que son más delgadas que 10m aproximadamente. Estas "estructuras finas" son bien conocidas en el océano y están asociadas con una variedad de fenómenos físicos, como olas internas, intrusiones termohalinas, capas dobles difusas, parches de mezcla de agua, parches de mezclas de agua, y torbellinos.

En el 2005(2) se hicieron inferencias cuantitativas acerca de los niveles de energía de las olas cerca de la pendiente del fondo del océano que eventualmente se podría conectar con las propiedades de reflexión de las ondas internas y cerca del fondo oceánico donde ocurre la mezcla.

Hay cuatro factores por los cuales los oceanógrafos físicos se les hace difícil aceptar la oceanografía sísmica como una herramienta posible:

- 1) Las imágenes lucen muy diferente a el tipo de planos al cual se está acostumbrado
- 2) Una falta de entendimiento cuantitativo de cómo exactamente las características de las imágenes están relacionadas con la profundidad-conductividad-temperatura.
- 3) Los reflectores sísmicos son manejados en libros como interfaces bruscas mientras que la estratificación del océano se refiere a una combinación de gradientes y escalones
- 4) Las diferencias entre los campos del enfoque sísmico, donde las imágenes sísmicas son interpretadas en términos de estructuras geológicas basadas en experiencias previas.

OCE-44 CARTEL

### HIGHLY NONLINEAR INTERNAL TIDE IN A SEMI ENCLOSED SEA (GULF OF CALIFORNIA)

Filonov Anatoly<sup>1</sup>, Novotryasov Vadim<sup>2</sup> y Lavín Peregrina Miguel<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, UDG

<sup>2</sup>Physical Oceanography Department, V.I.I.I'ichev Pacific Oceanological Institute, Vladivostok, Russia

<sup>3</sup>División de Oceanología, CICESE

aifilonov@prodigy.net.mx

This work studies the nonlinear transformation of the semidiurnal internal tide in the northern Gulf of California, based on spectral analysis of temperature and current fluctuations from moored instruments, and analytical simulation. It was observed that: (a) The spectrum presented a quasilinear structure with peaks at frequencies  $n\omega_0 \pm \omega_0$ , where  $\omega_0$  is the frequency of the tidal harmonic M2 and  $n = 1, 2, \dots$  is the subharmonics number. (b) The amplitudes of the even subharmonics „M4 and „M8 were of the same order, as were those of the uneven subharmonics „M6 and „M10, but the latter pair was larger. (c) The energy

of the subharmonics decreased like  $3f_0\#$  with increasing  $n$ . These features of the measured spectra were simulated by an analytical model spectrum of nonlinear internal waves for the hydrological conditions of the northern Gulf of California. The model spectrum of nonlinear long internal waves has a line structure formed by the harmonics whose frequencies and energy depend on the distance traveled by the wave from the area of generation. It is shown that in the approximation of quadratic nonlinearity, the spectrum of nonlinear long internal waves in the zone of wave breaking is asymptotically  $\sim 2.6nf_0\#$ , which is close to the asymptotic behavior  $\sim 3f_0\#$ . Allowance for cubic nonlinearity leads to a non-monotonic decay of the energy subharmonics depending on their number  $n$ , similar to the observed energy spectrum, which indicates that the internal semidiurnal tide in the northern Gulf of California

OCE-45 CARTEL

### MORFOLOGÍA DEL FONDO Y TURBIDEZ EN EL ALTO GOLFO DE CALIFORNIA

Álvarez Sánchez Luis Gustavo<sup>1</sup>, Ramírez Mendoza Rafael<sup>1</sup> y Gould Richard W.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>División de Oceanología, CICESE

<sup>2</sup>Naval Research Laboratory, Stennis Space Center, USA

lalvarez@cicese.mx

La abundancia de sedimentos finos en el Alto Golfo de California y el régimen macro-mareal produce estructuras notables en la distribución espacial de concentración de material particulado en suspensión (MPS) y por lo tanto, de la turbidez. Suponemos que además de la dinámica, la complicada batimetría influye también en la distribución espacial de la turbidez, vía la resuspensión de sedimentos del fondo. Con datos obtenidos en las mareas vivas de junio-julio, 2008, se analizó la distribución espacial de concentración de MPS observada, la obtenida mediante imágenes satelitales, la morfología del fondo y las condiciones dinámicas. La distribución superficial de MPS total obtenida con percepción remota muestra bandas alternas de altas y bajas concentraciones, orientadas casi paralelas al eje del Alto Golfo, con longitudes de varios kilómetros. Se observa que las bandas de alta turbidez superficial coinciden con los bajos alargados que dominan el relieve del Alto Golfo, mientras que las bandas de baja turbidez coinciden con las depresiones entre los bajos. Usando un modelo hidrodinámico de marea y el modelo de Rouse se ha calculado una distribución espacial opuesta, es decir, alta turbidez sobre las depresiones, no sobre los bajos. Esta inconsistencia se atribuye principalmente a diferencias en el esfuerzo crítico de erosión de sedimentos del fondo y a que el modelo de Rouse no reproduce la evolución temporal de concentración del MPS. (Proyecto CONACYT CB-2005-01-50668)

OCE-46 CARTEL

### APLICACIÓN DE ALGORITMOS SEMIANALÍTICOS PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES BIO-ÓPTICAS DEL AGUA DE MAR FRENTE A LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA

Alvarado Graef Patricia, Martín Atienza Beatriz, González Silvera Adriana Gisel y Hernández Walls Rafael

Facultad de Ciencias Marinas, UABC

alvaradograef@gmail.com

La utilización de sensores remotos ha permitido mejorar la recopilación de datos oceanográficos, tanto a escala temporal como espacial, para el estudio de las propiedades del agua del mar. En épocas recientes, la percepción remota se ha aplicado a la determinación del color del océano, el cual está relacionado directamente con las Propiedades Ópticas Inherentes del agua del mar (POIs), como la radiancia del agua, entre otras. La importancia del estudio de las POIs radica en su utilización para estimar las concentraciones de los diversos constituyentes del agua del mar, en particular, la concentración de clorofila a (Chl-a), elemento fundamental en la estimación de la biomasa fitoplanctónica existente en ciertas zonas del océano.

Se han desarrollado múltiples algoritmos de inversión que permiten estimar la concentración de Chl-a a partir de un conjunto de datos de radiancia del agua registrados en varias escalas espaciales y temporales. La distribución espectral y angular de la radiancia del agua, así como su magnitud, dependen de las POIs, como el coeficiente de absorción, el coeficiente de esparcimiento y la reflectancia. Entre los diversos tipos de algoritmos propuestos en la literatura se encuentran los algoritmos semianalíticos, los cuales plantean modelos teóricos parametrizados de manera empírica. Las relaciones empíricas en dichos modelos cambian con la estación, la geografía y la temperatura de la superficie del mar, por lo que se presenta la necesidad de adaptarlos a la región de estudio.

En este trabajo se presenta un algoritmo basado en el modelo de Carder (Carder et al., 1999; Carder et al., 2004) para determinar las propiedades bio-ópticas (POIs y concentración de Chl-a) del agua de mar en la Corriente de California, frente a la Península de Baja California, de manera que permita realizar las modificaciones pertinentes en los parámetros involucrados que lleven a una mejora en la aplicación del modelo elegido.

OCE-47 CARTEL

### REGIONES BIO-ÓPTICAS DEL ALTO GOLFO DE CALIFORNIA: JUNIO 2008

González Silvera Adriana Gisel

Facultad de Ciencias Marinas, UABC

adriana.gonzalez@uabc.edu.mx

Este trabajo presenta datos tomados durante un crucero (GolCa) realizado durante los días 2 al 17 de junio de 2008 en una malla de 48 estaciones sobre el Alto Golfo de California (28 a 32°N). El objetivo es presentar una evaluación de la variabilidad espacial de algunas propiedades bio-ópticas que resultan en la definición de tres regiones bio-ópticas: Delta del Río Colorado (DC), Alto Golfo Medio (AGM) y Grandes Islas (GI). Para esto se miden reflectancia marina ( $R(\#)$ ), coeficiente de atenuación de luz ( $K_d$ ), coeficiente de absorción de luz por el fitoplancton ( $aph(\#)$ ) y material detrítico ( $ad(\#)$ ), y concentración de pigmentos (Clorofila-a y accesorios) en superficie. La clorofila-a (Chla) presentó una fuerte variación con valores oscilando entre 0.03 y 3.28 mg m<sup>-3</sup>, siendo los más elevados en la región DC, con una disminución en la región central (AGM) y volviendo a subir en la región mas sureña (GI). La estructura de la comunidad de fitoplancton fue dominada por diatomeas y dinoflagelados en casi todas las estaciones, pero con un patrón diferenciado para cada región bio-óptica. En la región CD se presentan las mayores proporciones de Fuco (característica de diatomeas) con una contribución importante de Chlb (característica de Chlorophytes) y Hex (diagnóstico para Prymnesiophytes) en dos estaciones. En la región bio-óptica MUG, se observan valores de Chla en general inferiores a 1.5 mg m<sup>-3</sup> y un aumento en la presencia de los pigmentos Zea (característica de Cyanobacteria), Hex (diagnóstico para Prymnesiophytes) y Clb (característica de Chlorophytes), esto es, aumenta la participación de células del pico y nanoplancton. Finalmente, en la región bio-óptica GI, la Chla vuelve a aumentar y se observa que la proporción de Peri (diagnóstico para dinoflagelados) y Fuco también aumenta. Aún así, se pueden encontrar altas proporciones de Hex. Así mismo, se observa que la contribución del fitoplancton y el detrítico a la absorción total de luz también cambia espacialmente, con una contribución del detrítico superior al 40% en la región DC. Por otro lado, en la región AGM esta contribución no pasa del 40% en la mayoría de las estaciones mientras la región GI presenta los menores valores. Se evaluó la forma del espectro de absorción detectándose que aquellos del DC tienen una menor participación de pigmentos fotoprotectores lo que se ha asociado a una mayor turbidez de estas aguas. Así mismo, aquí se determinaron los mayores valores de R(550), relacionado a mayores concentraciones de sedimento. Finalmente, se discuten estos resultados con respecto a sus implicaciones para la percepción remota de la Chla.

OCE-48 CARTEL

### SIMULACIÓN NUMÉRICA DE LA CIRCULACIÓN SOBRE LA PLATAFORMA CONTINENTAL DE TAMAULIPAS Y NORTE DE VERACRUZ

Mancilla Rojas María del Rocío, Rivas Camargo David y Rivas Lara Carmen Patricia

Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Unidad Altamira, IPN

rmancilla\_rojas956@hotmail.com

Se implementó un modelo numérico tridimensional para un dominio entre las latitudes de 21° a 26° N y las longitudes de 94.5° y 97.5° W, el cual comprende a las costas de Tamaulipas y norte de Veracruz. La resolución es intermedia de 5 km aproximadamente.

En las fronteras laterales abiertas (oeste, norte y sur) se utilizan los promedios diarios de las salidas de la versión de 1/8° de resolución del Modelo Oceánico Costero de la Naval de EUA (NCOM).

Los forzamientos en la superficie del modelo incluyen el esfuerzo del viento de QuikSCAT o los parámetros meteorológicos del Reanálisis Regional de Norte América (NARR, por sus siglas en inglés).

El modelo también incluye la descarga del Río Pánuco, como uno de los principales forzamientos costeros.

Dentro de los resultados preliminares, para un periodo en primavera se observa una pluma del Río que fluctúa de sur a norte, evidenciado por una zona de salinidades mínimas de forma un tanto circular alrededor del punto de descarga, y con desviaciones estándar ligeramente sesgadas hacia el norte, congruentes con los patrones de variabilidad del viento. Asociado con esto, las velocidades actúan de norte a sur con variación de  $\sim 10$  cm s<sup>-1</sup>, orientadas con la batimetría. Otro aspecto interesante que muestra el modelo es la existencia de una región de surgencia costera, angosta pero que se extiende hacia el sur de Tamaulipas, llegando incluso a la parte Norte de Veracruz.

OCE-49 CARTEL

### CARACTERÍSTICAS PREDOMINANTES EN BAHÍA TODOS SANTOS DEL OLEAJE INVERNAL 2011

López Palacios David<sup>1</sup> y Ocampo Torres Francisco Javier<sup>2</sup><sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, BUAP<sup>2</sup>División de Oceanología, CICESE  
davidlopezgif@hotmail.com

Este trabajo contempla la integración de un conjunto de datos del oleaje obtenidos mediante mediciones directas durante el periodo de enero a mayo de 2011 con una boya instalada en un área de 20 m de profundidad frente a la Isla Todos Santos al Noroeste de México, en el límite Oeste de la Bahía de Todos Santos, como parte del proyecto "Determinación del potencial energético del oleaje en la costa de la Península de Baja California (pe-OleajePBC)". Estos datos pueden ser considerados como referencia para validar los resultados de simulaciones numéricas tanto locales como regionales.

La descripción estadística está basada en la representación del campo del oleaje mediante su espectro de energía. Aunque no se pretende describir la forma de la superficie del mar ni su evolución instantánea a instantánea, por medio de la estadística del oleaje nos enfocamos a describir el régimen del oleaje prevaletante en la Isla Todos Santos mediante el estudio del espectro direccional, que es obtenido con el método más utilizado, a partir de la expansión de la serie de Fourier de los datos en tiempo, elevación, desplazamiento Norte y desplazamiento Este, recabados por la boya. Posteriormente se obtiene el espectro direccional del oleaje dependiente en frecuencia y dirección mediante la expansión cruzada de los primeros cinco coeficientes de dicha serie.

En los datos recabados pudimos observar que el viento era proveniente del Noroeste de igual manera la altura significante, periodo pico del oleaje, construyendo así un conjunto de datos oceanográficos que pueden servir para hacer una descripción más detallada del comportamiento del oleaje, útiles para la determinación del potencial energético en la Bahía de Todos Santos.

OCE-50 CARTEL

### CARACTERÍSTICAS DEL ESPECTRO DIRECCIONAL DE OLEAJE DE TORMENTA A LO LARGO DE LA TRAYECTORIA DE CICLONES TROPICALES EN EL GOLFO DE MÉXICO

Adame Hernández Guadalupe Mayela<sup>1</sup>, Padilla Hernández Roberto<sup>2</sup> y Sánchez Montante Orzo<sup>1</sup><sup>1</sup>Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Unidad Altamira, IPN<sup>2</sup>National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA  
gmadameh@hotmail.com

La evolución del espectro direccional de olas a lo largo de la trayectoria de tres ciclones tropicales (agosto-septiembre 2007) es analizada mediante el uso del modelo espectral de olas WAM, configurado para la región del Golfo de México (GM). El modelo de oleaje fue forzado usando campos de viento proporcionados por IFREMER/CERSAT. Los espectros direccionales del oleaje se analizan en puntos específicos sobre la trayectoria de los Ciclones Tropicales (CT) y en puntos próximos a esta. Se delimitaron dos regiones, Regiones A y B, localizadas a la derecha e izquierda de la trayectoria del CT, respectivamente. Considerando los parámetros ciclónicos, tales como la velocidad de los vientos máximos, velocidad de propagación y la distribución asimétrica de los campos de viento se distinguen las características del oleaje. La mayoría de los espectros direccionales del oleaje simulados tienen una distribución uni-modal. En el caso del CT Lorenzo se observó un comportamiento bi-modal sobre todo en los puntos localizados en la región B. Los espectros presentan una mayor dispersión de energía en frecuencia y dirección en la región A. Las diferencias encontradas entre los tres casos de estudio se distinguieron en términos de la velocidad de fase del oleaje en relación con la rapidez de propagación del CT, interpretado como la permanencia relativa del oleaje dentro de la región de generación del CT. En todos los casos el oleaje de mayor energía se propaga en la Región A, mientras que en la región B se propaga un oleaje irregular constituido de olas cortas y largas. Dos de los tres casos de CT analizados coinciden en trayectorias que cruzan el Golfo de Campeche con dirección hacia el Oeste, y el tercer caso describe una trayectoria de Sureste hacia el Noroeste, arribando al continente en las costas de Texas. Comparaciones de los resultados del modelo con datos de boyas del NDBC muestran que los resultados del modelo aproximan muy bien a las mediciones, sobre todo en las alturas máximas del oleaje producidas por las tormentas.

OCE-51 CARTEL

### SIMULACIÓN DE LA CIRCULACIÓN EN LA BAHÍA DE LA PAZ, B.C.S.

Martínez Mérida Jorge Luis, Monreal Gómez María Adela y Salas de León David Alberto  
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM  
jorgemerida2005@gmail.com

La circulación en la Bahía de La Paz se simuló mediante un modelo de gravedad reducida, considerando como mecanismos de forzamiento el viento estacional y los flujos a través de las fronteras abiertas; Boca Grande y Canal de San Lorenzo. El modelo numérico semi-implícito se corrió sobre una malla uniforme de 1 km de resolución. Las condiciones iniciales fueron el reposo, imponiendo tanto esfuerzo superficial del viento como corrientes geostroficas en fronteras abiertas como mecanismos de perturbación. Los resultados muestran que la circulación es dominada por el flujo a través de las bocas, presentándose una circulación predominantemente ciclónica.

OCE-52 CARTEL

### GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A PARTIR DE ENERGÍA MECÁNICA PRODUCIDA POR OLEAJE EN LA COSTA DE CHACAGUA, OAXACA

Mata Saavedra Dante, Mendoza Maravillas Alejandro y Gutiérrez Mendiola Uriel  
Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Ciencias de la Tierra, IPN  
alcondante@hotmail.com

Los países que sustentan sus economías en la importación de combustible fósil se enfrentan a dos riesgos a largo plazo: la variabilidad de los precios del petróleo y los impactos ambientales negativos. Se empezaron a investigar fuentes alternativas para la obtención de energía eléctrica. Como consecuencia se propulsaron las denominadas energías renovables, aquellas que proceden de fuentes naturales inagotables. Algunas energías renovables como la solar, hidráulica o eólica, tienen ya un grado de desarrollo e implantación en el mercado importante. Sin embargo, la extracción de energía procedente del mar continúa en proceso de investigación, siendo escasas las plantas operativas dedicadas a este fin. Las energías marinas son fundamentalmente cinco: La energía de las mareas o mareomotriz., La energía térmica oceánica, El aprovechamiento del gradiente salino, La energía de las corrientes, La energía de las olas o undimotriz.

Nuestro proyecto se centra en la energía de las olas o energía undimotriz, debido a que la energía de las olas se puede considerar como una forma concertada de energía solar. Sabemos que el viento es generado debido al calentamiento diferencial de la superficie de la tierra y éste a su vez, transmite parte de su energía a la superficie del agua generando el oleaje. Dado que tres cuartas partes de la superficie terrestre están recubiertas por mar, este recurso supone una fuente importante en el ámbito de las energías renovables.

Evaluaremos los factores orientados al diseño e instalación de un sistema que nos permita realizar la conversión de energía mecánica a energía eléctrica. Los factores a evaluar son de tipo oceanográfico, considerando la intensidad de oleaje, mareas, factores climatológicos y meteorológicos. Nuestra zona de estudio se encuentra ubicada en la costa de Oaxaca, debido a que el mar Pacífico nos presenta un oleaje más aprovechable para la investigación y realización de nuestro proyecto.

Lo desarrollado hasta ahora son medidas oceanográficas de algunos parámetros que pudieran influir en el diseño tecnológico del generador de electricidad. Se tiene entonces un muestreo de parámetros básicos oceanográficos como temperatura, salinidad y densidad. Además reporte y medida de altura de marea característica, así como dirección de sedimentación y su influencia en la degradación de la playa. También se ha empezado a distinguir el avance o la modificación de la línea de costa.

Respecto del generador que pudiera adaptarse en la costa, se analiza la factibilidad de no más de tres modelos con patente existente. El análisis conjunto del aspecto tecnológico del generador con los correspondientes del estudio oceanográfico, conllevará al mejor diseño del sistema de generación de electricidad por oleaje. Esto representará dar un paso en tecnología de vanguardia y proporcionar alternativas energéticas más sustentables.

OCE-53 CARTEL

### PARÁMETROS FISIQUÍMICOS Y SEDIMENTOLÓGICOS DE LA LAGUNA TAMPAMACHOCO, TUXPAN, VERACRUZ, MÉXICO

Mendoza Maravillas Alejandro, Bárcenas Marino Ricardo, González Flores Ernesto, Camacho Ramírez Erick, Hernández Mogollan Héctor, Licona Sánchez Julio César, Mariles Alonso María Consuelo, Medel Hernández Hugo, Niño Olivo Isidro, Ramírez Velasco Salvador, Torres Baeza Raúl y Méndez Alonso Azalea Paola  
Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, IPN  
ammaravillas@gmail.com

Se analizaron los parámetros fisicoquímicos y sedimentológicos de la laguna Tampamachoco, Tuxpan. A partir de la construcción de la Termoeléctrica Adolfo

López Mateos a inicios de 1999, las variaciones de estos parámetros se han ido modificando a lo largo del tiempo de tal forma que han afectado a la producción pesquera de la laguna que ha disminuido notablemente. (Sánchez Rueda 1984 reporta a 76 especies como abundantes). A su vez la laguna se esta asolvando, por ende los organismos están migrando al Golfo, en busca de aguas más frescas y profundas.

Durante primavera del 2007, se realizaron muestreos en el área mencionada, con un total de 54 estaciones puntuales y distribuidas a lo largo y ancho del cuerpo lagunar, los elementos determinados fueron profundidad, temperatura, salinidad, densidad, materia orgánica, carbonatos y las características granulométricas de los sedimentos, como arenas, limos y arcillas. Los métodos que se utilizaron para la determinación de las variables, son los tradicionales.

La profundidad máxima que se determino fue de 5.10 m. en la boca de la laguna y un mínimo de 13 cm. En la parte noroeste del mismo cuerpo, con un promedio de 1.13 m. La laguna tiene una barra de arena en la parte casi central ya estabilizada, esto es el resultado del dragado de un canal que comunica la laguna de Tamiahua y la de Tampamachoco, realizado por PEMEX. Estas profundidades son muy someras para el desarrollo de los peces y estas bajas profundidades se ve reflejado en el aumento de la temperatura que va de 29° C como máximo y 25° C mínimo, la salinidad también se ve afectada, sus valores son de 36‰ el mayo y 26‰ el más bajo. La densidad se presenta como sigma ( $\sigma_t$ ), su determinación es de 34.40 a 18.05, variables muy relacionadas.

La materia orgánica que se encontró va de 53% a 3.5% tiene un amplio rango entre estos valores, en la laguna tiene lugares muy estables y no hay corrientes que remuevan la materia orgánica que se va acumulando por el aporte de hojas de los mangles y putrefacción de la misma.

En relación de los carbonatos este parámetro oscilo de 85% a 5.6%. Dentro del cuerpo lagunar se siembra una gran cantidad de ostión los cuales cuando se cosecha, la mayoría de los pescadores desconchan el ostión y arrojan las conchas a la laguna, y por esta actividad los rangos son amplios.

En la determinación de las arenas, limos y arcillas hay variaciones altas, en arenas se observan de 73.26 % a 3.90%, en arcillas de 61.94% máximo y 4.45% mínimo, para los limos van de 60.48% a 4.47%. En el tratamiento de las muestras se determina la procedencia de los sedimentos, en el proceso se encontraron fragmentos de chapopote como contaminante, principalmente en la zona noroeste de la laguna.