

## OCE-1

**ESTIMACIÓN DEL NIVEL MEDIO DEL MAR Y DEL MODELO GEOIDAL UTILIZANDO ALTIMETRÍA**

Moraila V. Carlos R. y García López Ramón V.

Escuela de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Sinaloa  
moraila@hotmail.com

La estimación del nivel medio del mar (Mean Sea Surface Level, MSSL), y del geoide es crucial para el desarrollo de trabajos geodésicos, geofísicos y oceanográficos.

La altimétrica satelital mide la altura de los océanos con una precisión de 5 cm. y esta relacionada al elipsoide de referencia. Esta altura es la suma del geoide marino N y las variaciones del nivel del océano debido a fenómenos físicos (corrientes, procesos hidrotermales, mareas, efectos atmosféricos).

Diferentes metodologías han sido propuestas para el establecimiento del nivel medio del mar, así como del geoide marino a partir de mediciones altimétricas. En el presente trabajo se muestran la estimación así como el análisis de los datos altimétricos para obtener una dinámica y consistente forma de representación del MSSL.

El método para la determinación del nivel medio del mar con datos de la misión satelital altimétrica Topex Poseidon (T/P), utiliza las mediciones de la altura de la superficie del océano (Sea Surface Height, SSH) de cada ciclo, las cuales son promediadas e interpoladas por cada paso del satélite.

Se tomo una zona de 10 x 10 grados para la determinación de MSSL, con un periodo de dos años de medición de SSH de T/P. Empleando un modelo de la dinámica del océano se determino el geoide.

El resultado final fue consistente con los errores de los datos, y sus correcciones.

## OCE-2

**MODELACIÓN NUMÉRICA DE LA CIRCULACIÓN CUASI-ESTACIONARIA EN EL NORTE DEL GOLFO DE CALIFORNIA**

Makarov Viacheslav

Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN  
smakarov@ipn.mx

El carácter bimodal de la circulación en esta región, que se expresa como la existencia de un giro permanente, pero con la rotación opuesta durante las épocas de invierno y verano, fue investigado numéricamente mediante los diferentes modelos estacionarios. El primer modelo, de corrientes básicas, se basa en las suposiciones sobre la homogeneización horizontal de vorticidad potencial en los giros y en la tendencia de la estructura de las corrientes a evolucionar hacia un estado con un mínimo de energía mecánica del sistema. Las corrientes en este caso fueron forzadas solamente por mecanismos básicos estacionarios, los cuales reflejan las características propias de la región (la forma, el relieve, la rotación de la Tierra), sin la influencia de los factores externos no-estacionarios. El modelo fue usado en dos variantes: para el océano homogéneo y para el océano baroclínico en la aproximación de dos

capas. El segundo modelo es un modelo tridimensional estacionario baroclínico de tipo de Ekman en coordenadas sigma. Las corrientes son forzadas por el viento y por la heterogeneidad del campo de densidad. Dicho campo fue construido en base a datos históricos de salinidad y temperatura mediante una técnica de ajuste con curvas segmentadas, basándose en el algoritmo no lineal de mínimos cuadrados.

Los resultados de modelación de corrientes básicas barotrópicas muestran la existencia de solo un giro anticiclónico casi en el centro de la región. La variante baroclínica (dos capas) da únicamente un desplazamiento insignificante y una disminución de la intensidad del remolino en la capa superior. Esta situación coincide con la circulación observada para la época de invierno. La circulación barotrópica por deriva de viento presenta la existencia de dos giros con rotaciones opuestas en la parte oriental (mas grande) y occidental, con un flujo intenso entre ellos. El giro principal (oriental) tiene rotación anticiclónica cuando el viento tiene la componente hacia al sur; si la dirección del viento es opuesta, este giro cambia su rotación. Sin embargo, la distribución real del viento en la región del norte del golfo es prácticamente uniforme durante todo el año; el viento tiene la dirección hacia al sureste. La circulación baroclínica es más complicada y tiene una fuerte influencia del relieve del fondo. Sin embargo, podemos observar que durante el invierno (y parcialmente en la primavera) la distribución de densidad provoca la formación, en el centro de la región y entre las islas grandes, de remolinos anticiclónicos. En verano y otoño la circulación es principalmente ciclónica.

Los resultados obtenidos nos permiten admitir que la existencia del giro anticiclónico en la época del invierno es causada por los mecanismos básicos (planetarios-topográficos) y los efectos baroclínicos y del viento soporten esta circulación. Entonces, los tres dichos mecanismos están en fase en este tiempo. La existencia del giro ciclónico en la época corta del verano es causada principalmente por la distribución específica de la densidad, que provoca corrientes relativamente más fuertes.

## OCE-3

**EFFECTO DE LA VARIABILIDAD ESPACIAL Y TEMPORAL DEL VIENTO SOBRE LA CIRCULACIÓN ESTACIONAL DEL GOLFO DE CALIFORNIA**

Jiménez Domínguez Aleph, Marinone Moschetto S.G. y Parés

Sierra A.

CICESE

aleph@cicese.mx

Con un modelo numérico del Golfo de California se estudia y compara su circulación debida al forzamiento de un viento espacialmente homogéneo y de evolución temporal simétrica (VI), y de otro derivado de datos de QuikScat (VO). Se presentan las diferencias entre ambos del promedio y de su evolución estacional del campo de corrientes, densidad de energía cinética, vorticidad relativa y divergencia horizontal. En el promedio las corrientes generadas por VO tienden a una circulación ciclónica en la cuenca norte, y en el sur aparecen una serie de remolinos de signo intercalados. Para VI las corrientes son más débiles a VO con una estructura más simple: circulación anticiclónica en el sur e irregular en el norte. En ambos la variabilidad es mayor sobre la costa continental en aguas someras y difieren en la duración del giro ciclónico/anticiclónico en la cuenca norte. La magnitud del campo de corrientes también muestra

diferencias entre experimentos, debido a la mayor intensidad del viento de otoño a invierno para VO y en verano para VI. El promedio de la energía cinética es mayor sobre la costa continental en ambos experimentos. Alta vorticidad relativa, en VO, se presenta a lo largo del golfo en una serie de núcleos intercalados en su signo. Cerca de las costas la divergencia y convergencia es mayor para ambos forzamientos, lejos sólo en el caso VO. La evolución temporal de la energía, vorticidad y divergencia es más irregular en el experimento VO. La vorticidad y divergencia en VI se origina sólo con viento fuerte y en las costas mientras que en VO se produce también por el rotor del viento aun y que éste no sea muy fuerte.

OCE-4

### EVOLUCIÓN DEL CALENTAMIENTO SUPERFICIAL ESTACIONAL DEL GOLFO DE CALIFORNIA

Amador Buenrostro Alberto  
CICESE  
aamador@cicese.mx

Se integra una base de datos con las imágenes de satélite de la temperatura superficial (avhrr) del Golfo de California para los meses de enero a septiembre del año 2000 y se realiza un análisis para estudiar la evolución del calentamiento estacional de la parte media y norte del Golfo. De este análisis podemos distinguir 4 zonas que responden y evolucionan de manera diferente al calentamiento estacional del área. 1) La zona somera norte (< de 30 m de profundidad) del extremo norte del Golfo, 2) el golfo norte, al norte del archipiélago central, exceptuando la zona antes descrita, 3) la zona de las grandes islas que forman el archipiélago central y 4) el Golfo central al sur del archipiélago y hasta la cuenca de Farallón. Tres fenómenos son los que tienen mayor influencia en el aumento o disminución de la temperatura superficial, el calentamiento directo del sol, la advección, y la mezcla provocada por mareas y surgencias que transporta aguas frías subsuperficiales, a las capas superficiales.

La zona somera norte responde a la mezcla ocasionada por las mareas y el viento y a la ganancia o pérdida de calor por la superficie, formando un frente de agua fría en el invierno y uno de agua cálida en el verano. La zona del archipiélago la temperatura superficial del agua es la más fría durante todo el año, exportando, por advección esta agua hacia el sur en otoño, invierno y parte de primavera, y hacia el norte en parte de la primavera y en el verano. El golfo norte y la zona al sur de ellas, responden primero a un calentamiento general por ganancia del calor solar, de manera que, después de pasar la época de surgencias invernales en la costa continental, los primeros meses van a la par, con un calentamiento gradual y uniforme. Al avanzar la primavera empieza una invasión de aguas cálidas desde la boca del golfo, en mayo alcanzan la cuenca de Guaymas y empiezan a presionar sobre las aguas frías de la zona de las islas. A fines de mayo o principios de junio, con la presencia de los vientos del sureste, las aguas cálidas del sur penetran la zona entre las islas, pero al mismo tiempo aguas frías de esta zona es transportada por advección hacia el golfo norte, ocasionando en general un enfriamiento de este.

OCE-5

### CONDICIONES BAROCLÍNICAS EN BAHÍA DE LA PAZ, B.C.S., MÉXICO

Obeso Nieblas Maclovio, Shirasago Germán Bernardo y Perez Lezama Edgar Leonardo  
CICIMAR, IPN  
mniebla@ipn.mx

Esta región costera es fuertemente influenciada por el Golfo de California, especialmente en la parte profunda, por lo tanto la variabilidad en el sur del golfo determina en gran parte la variabilidad de mesoescala en la Bahía de La Paz. El Golfo de California a su vez presenta un acoplamiento a la variabilidad climática interanual de gran escala del Pacífico Oriental, la cual se ha registrado por medio de series de tiempo de nivel del mar y anomalías de temperatura en la costa.

Con el objeto de determinar las condiciones baroclinicas en la Bahía de La Paz, se analizan datos de CTD de campañas de muestreo realizadas durante verano, otoño e invierno en la zona de estudio.

Los resultados revelados variaciones importantes en la estructura hidrográfica de la bahía, tanto en espacio como en tiempo. Los veranos analizados presentaron una ausencia completa de la capa de mezcla, con un gradiente de temperatura más intenso en la zona de la termoclina, durante el verano 1996. Adicionalmente, toda la columna de agua experimentó un aumento de temperatura de 1.5 a 2°C en el verano de 1997 (de 0 a 375 m de profundidad) y la haloclina no estuvo presente en relación al verano de 1996. Por el contrario, en otoño e invierno se tiene una capa de mezcla importante y una termoclina menos pronunciada producto de los vientos locales del nor-noroeste en la zona.

La inclinación de las isopícnas se hizo evidente en la sección Cabeza de Mechudo a La Lobera durante el muestreo de julio de 1996 y en la sección entre Bahía Coyote a La Partida en el muestreo de julio de 1997; donde las isopícnas se elevan como respuesta, a una circulación ciclónica en la zona. En estas épocas se aprecian fuertes condiciones baroclinicas en la región de estudio. Las componentes geostroficas de velocidad, relativas a la profundidad común mas profunda (deepest common depth) originan un flujo de norte a sur desde Cabeza de Mechudo hasta San Juan de La Costa y de sur a norte frente al complejo insular Espíritu Santo - La Partida. En general, el flujo geostrofico entre estas estaciones concuerda bastante bien con las características de un giro ciclónico en la parte profunda de la bahía.

OCE-6

### GENERACIÓN DE BANCOS DE ARENA POR FLUJOS DE MAREA EN CUENCAS MARGINALES

Carbajal Pérez José Noel<sup>1</sup> y Piney Stephanie<sup>2</sup>  
<sup>1</sup> IPICYT  
<sup>2</sup> INSA de Lyon, France  
noelc@ipicyt.edu.mx

En el proceso de reflexión de ondas de Kelvin en cuencas marginales, la geometría juega un papel fundamental. Lo ancho de la cuenca determina si los modos de Poincaré generados en la frontera cerrada se propagan hacia la frontera abierta o bien son atrapados en la región cercana a la frontera cerrada y entonces su amplitud decae

rápidamente en forma exponencial. La relación de lo ancho de la cuenca y la frecuencia de la onda de Kelvin incidente inducen entonces diferentes situaciones dinámicas. En este trabajo se investigan mediante experimentos numéricos las consecuencias de este hecho sobre el transporte de sedimentos y particularmente en la generación de bancos de arena.

OCE-7

### **SOBRE LA INTERACCIÓN DE LOS REMOLINOS CICLÓNICOS CON LA CORRIENTE DEL LAZO**

Zavala Hidalgo Jorge<sup>1</sup>, Morey Steven L.<sup>2</sup>, O'Brien James J.<sup>2</sup> y Zamudio López Luis<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

<sup>2</sup> Center for Ocean-Atmospheric Prediction Studies, Florida State University, USA  
jzavala@atmosfera.unam.mx

La interacción de los remolinos ciclónicos con la Corriente del Lazo (CL) es estudiada utilizando el Navy Coastal Ocean Model, el Navy Layer Ocean Model, datos de altimetría de Topex/Poseidon e imágenes de satélite de temperatura superficial del mar. En los poco más de 30 años de observaciones, entre febrero de 1998 y agosto de 1999, se muestra que el período más largo entre la formación de remolinos anticiclónicos coincide con la presencia de un gran remolino ciclónico que permaneció al norte de la CL durante varios meses. Utilizando simulaciones numéricas se muestra que, cuando grandes ciclones interactúan con la CL, ésta pierde masa, momento y energía, cediéndolos al ciclón o mediante la formación de pequeños anticiclones que se mueven a lo largo del talud de la plataforma occidental de Florida. Los resultados de simulaciones numéricas también muestran que la pérdida de masa de la Corriente del Lazo hacia los remolinos frontales retrasa su penetración hacia el norte y la formación del siguiente gran anticiclón.

OCE-8

### **CIRCULACIÓN Y SURGENCIA EN LA PLATAFORMA OESTE DEL GOLFO DE MÉXICO**

Rodríguez Sobreya Ranulfo<sup>1</sup>, Zavala Hidalgo Jorge<sup>2</sup> y Gallegos García Artemio<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

<sup>2</sup> Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM  
ranulfo@mar.icmyl.unam.mx

Se analizan 8 años de temperatura superficial del mar (TSM), distintos productos de viento y resultados de una simulación numérica para identificar regiones y periodos de surgencia en la plataforma oeste del Golfo de México. En escala estacional, se encuentra que en las plataformas de Tamaulipas y Veracruz se desarrollan vientos favorables al desarrollo de surgencias de abril a agosto, cuando dominan los vientos del sursureste. En la plataforma de Tamaulipas, la surgencia de verano retrasa el máximo de TSM hasta el mes de septiembre mientras que en la mayor parte del Golfo se alcanza en agosto. Esta diferencia está asociada con el cambio de dirección de la corriente a lo largo de la costa que tiene lugar en septiembre y con el final de las condiciones de viento favorables a surgencia. Durante el invierno, existe un frente térmico a lo largo de la plataforma de Tamaulipas que es producido por advección de agua fría proveniente de la plataforma de Texas y Louisiana y no por surgencia. En el extremo sur de la Bahía de Campeche, las condiciones de verano

favorecen el desarrollo de surgencia, la cual se detecta en las imágenes de TSM. En el este del Banco de Campeche se observa una surgencia persistente debida a vientos que la favorecen.

OCE-9

### **VARIABILIDAD HIDROGRÁFICAS EN BAHÍA CONCEPCIÓN, B.C.S., MÉXICO**

Obeso Nieblas Maclovio<sup>1</sup>, Shirasago Germán Bernardo<sup>1</sup> y Gaviño Rodríguez Juan H.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> CICIMAR, IPN

<sup>2</sup> Centro Universitario de Investigaciones Oceanológicas, Universidad de Colima  
mniebla@ipn.mx

Bahía Concepción está localizada a pocos minutos al sur de Mulegé, B.C.S. Hermosas playas arenosas se pueden encontrar en ambas costas. Son un paraíso tropical, con todo e islas desiertas frente a las costas. Se caracteriza por ser un cuerpo de aguas someras con un canal de 30 m de profundidad localizado en la porción noroeste. Es una región con una importante perspectiva turística y pesquera, lo que representa un importante capital ecológico para el desarrollo económico del Estado de B.C.S. En este contexto, la conservación de los ecosistemas queda eslabonada con el principio del desarrollo sustentable.

Con el objetivo de determinar la variabilidad hidrográfica en Bahía Concepción, B.C.S., se analizan datos obtenidos con CTD durante primavera, verano, otoño e invierno, a bordo de la embarcación tipo yate CICIMAR XV.

Los resultados muestran la bahía completamente homogénea durante invierno, producto de los vientos del nor-noroeste y la marea en la región. El proceso de estratificación se inicia en primavera y continua hasta alcanzar su máximo a fines de verano, originado por la fuerte radiación y las frecuentes calmas en la zona. Durante otoño se genera el proceso de mezcla de la columna de agua, el cual culmina durante invierno creando condiciones uniformes de las variables hidrológicas en la bahía.

La distribución de temperatura, salinidad y densidad difieren espacial y estacionalmente, lo cual es producto de la radiación solar, vientos locales, configuración de la bahía y la influencia del Golfo de California.

OCE-10

### **SOBRE EL MODO FUNDAMENTAL DE RESONANCIA LIBRE EN EL PUERTO INTERIOR DE MANZANILLO, COLIMA**

Gaviño Rodríguez Juan H., Galicia Pérez Marco Antonio y Olivos Ortiz Aramis

Centro Universitario de Investigaciones Oceanológicas, Universidad de Colima  
gavinho@ucol.mx

Se aplican dos métodos para obtener los modos de oscilación libres de una cuenca marina, en nuestro caso el Puerto Interior de Manzanillo que se discretizó en una malla de 50m x. 50m En el 1.) utilizando un modelo hidrodinámico barotrópico, se excita por un cierto tiempo la superficie libre con vientos de diferentes periodos y direcciones, después de lo cual, se le permite al sistema oscilar libremente, se almacena la información temporal de ciertos puntos, a

la cual se le realiza un análisis de Fourier, los picos espectrales encontrados se asocian a los frecuencias de resonancia. En el 2.) se utiliza el método de Lanczos con el operador hidrodinámico barotrópico sin fricción, con el que se genera una matriz tridiagonal cuyos eigenvalores corresponden a las frecuencias de resonancia buscadas.

Algunos registros del nivel del mar de la estación mareográfica de la NOAA en Manzanillo se analizaron respecto a seiches y se encontró que el periodo fundamental de oscilación es de alrededor de 33min. Este valor concuerda con el calculado con los dos métodos arriba descritos.

OCE-11

### **CIRCULACIÓN GEOSTROFICA EN EL LITORAL DE COLIMA DURANTE EL 2002**

Galicia Pérez Marco Antonio, Gaviño Rodríguez Juan H. y  
Olivos Ortiz Aramis  
Centro Universitario de Investigaciones Oceanológicas, Universidad  
de Colima  
galicia@cgic.ucol.mx

Se presentan las condiciones hidrológicas estacionales en el litoral del estado de Colima. Los datos de temperatura y salinidad fueron obtenidos con un CTD SEA BIRD SBE19Plus. Las mediciones fueron realizadas en febrero, mayo, agosto y noviembre del 2002 a bordo de los barcos "Altair" y "Humbolt" de la Armada de México. Los resultados muestran que la velocidad y dirección de la corriente geostrofica varía estacionalmente. Esto es, en invierno y verano se presentan flujos con dirección hacia fuera de la costa, frente a la bahía de Manzanillo, alcanzando velocidades máximas de 57 cm/s. En primavera y otoño este flujo se invierte con dirección hacia la costa y con velocidad máxima de 45 cm/s. También en otras regiones se presentan inversiones de flujos, por ejemplo entre Armería y Boca de Apiza. Tal patrón de circulación posiblemente esta relacionada con la presencia de un cañón submarino ubicado en la desembocadura del Río Armería. Por otra parte, se observó que el comportamiento horizontal de la temperatura y la salinidad difiere entre las estaciones costeras y oceánicas en 5°C y 1.9 ups respectivamente.

OCE-12

### **LA ESTRUCTURA DE LOS CAMPOS HIDROFÍSICOS EN LA PRESENCIA DE ONDAS INTERNAS EN LA BAHÍA DE BANDERAS, MEXICO**

Filonov Anatoliy<sup>1</sup>, Plata Rosas Luis<sup>2</sup>, Tereshchenko Irina<sup>1</sup>,  
Monzón César<sup>1</sup>, Ávalos Cueva David<sup>3</sup> y Kelly Liza<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Depto. de Física, Universidad de Guadalajara

<sup>2</sup> Posgrado en Oceanografía Costera, UABC

<sup>3</sup> Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

<sup>4</sup> Posgrado en Desarrollo Sustentable, Universidad de Guadalajara  
afilonov@ccip.udg.mx

Se describen las características de las ondas internas en la Bahía de Banderas a partir de lances de CTD ondulante de un levantamiento oceanográfico rápido llevado a cabo el 24 y 25 de noviembre de 2001. Es elaborado un mapa que muestra la zona de generación de ondas internas en el interior de la bahía a partir de la teoría de ondas internas, que indica que las zonas de generación son función sólo de la pendiente del fondo, alfa, y de la estratificación de la densidad del agua, que a su vez determina la pendiente del rayo característico,

gama, donde se considera un valor crítico. Las fluctuaciones de las características hidrofísicas de la plataforma continental causadas por las ondas internas son suavizadas mediante un filtro cuyos parámetros se determinan por la forma de la función de correlación espacial de las pulsaciones del campo de la característica analizada. Se presentan los campos de temperatura y de velocidad geostrofica, una vez filtradas las ondas internas, para diferentes profundidades. Se discuten los resultados de mediciones instrumentales de fluctuaciones de temperatura con tres termógrafos, ubicados en dos anclajes perpendicularmente a la costa en la parte este de la Bahía. Estos se comparan con los resultados obtenidos con ayuda de la teoría de ondas internas lineales y no lineales.

OCE-13

### **SOBRE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN EL LAGO DE CHAPALA Y LA LAGUNA DE CAJITITLAN, JALISCO, MÉXICO**

Avalos Cueva David<sup>1</sup>, Filonov Anatoliy<sup>2</sup>, Tereshchenko Irina<sup>2</sup> y  
Monzón César<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup> Depto. de Física, Universidad de Guadalajara  
avalos@ccip.udg.mx

El propósito de este trabajo es contribuir al conocimiento de los lagos de alta montaña en América Latina, con el objetivo de proporcionar información sobre la cual puedan generarse futuras estrategias de recuperación ecológica. Se presentan los resultados obtenidos de un análisis sobre los factores hidrometeorológicos que afectan el vaso del Lago de Chapala y a la Laguna de Cajititlán, Jalisco, esta última, ubicada a 10 km al norte del lago. Se usaron técnicas de mediciones directas en el campo, resultados de simulaciones numéricas de un modelo lineal para aguas someras y análisis espectral. Mediante el uso de datos tanto históricos como actuales sobre el régimen hidrometeorológico del Lago de Chapala y la Laguna de Cajititlán, trataremos de responder a las siguientes preguntas: ¿qué es lo que sucede con el nivel del Lago de Chapala y de la Laguna de Cajititlán?, ¿por qué éstas han disminuido en los últimos años?, y ¿qué les esperan en un futuro a corto plazo?

OCE-14

### **VARIABILIDAD ESTACIONAL DEL CAMPO TERMOHALINO EN EL SISTEMA LAGUNAR BAHIA MAGDALENA-ALMEJAS, B.C.S.**

Zaitsev Oleg<sup>1</sup>, Sanchez Montante Orzo<sup>1</sup> y Gallegos Garcia  
Artemio<sup>2</sup>

<sup>1</sup> CICIMAR, IPN

<sup>2</sup> ICMYL, UNAM  
ozaytsev@ipn.mx

A partir del análisis de los datos históricos sobre la temperatura superficial del mar (SST), obtenidos en el periodo de 1996 a 2001, los campos promedio mensual de SST, que resultan del tratamiento de las imágenes AVHRR-NOAA en 1996-2000, y de los datos del CTD en una red de 40 estaciones, obtenidos durante 5 campañas oceanográficas (Abril, 2000, Febrero, Noviembre 2001, Mayo 2002 y Marzo 2003), se describe la estructura termohalina en el sistema lagunar Bahía Magdalena-Bahía Almejas (BM-BA) y sus variaciones temporales.

El análisis de los datos históricos y los de satélite indica un ciclo anual bien marcado, con un valor promedio sobre todo el sistema BM-BA de  $20.7 \pm 3.28^\circ\text{C}$ . El valor mínimo medio se alcanza en el mes de Abril ( $16.8 \pm 1.69^\circ\text{C}$ ) y el máximo en el de Agosto ( $25.7 \pm 0.97^\circ\text{C}$ ). Las diferencias medias entre cada mes,  $\Delta\text{SST} = \text{SST}(t+1) - \text{SST}(t)$  donde  $t$  es el tiempo en meses, indican que el mayor calentamiento se presenta durante el mes de Junio (hasta  $4.0^\circ\text{C}$ ) y el mayor enfriamiento se presenta durante los meses de Noviembre y Diciembre.

Segmentando una región adyacente del Pacífico se encontraron en promedio las diferencias mínimas con el ciclo anual en el interior del sistema. Sin embargo, subdividiendo el interior del sistema a las zonas someras y profundas, se encuentran diferencias marcadas en la SST entre ellas. Esta diferenciación permitió obtener una correlación positiva entre la SST en la zona adyacente durante las surgencias y la SST en la zona profunda del complejo.

Los datos del CTD muestran que no obstante que el sistema lagunar es bien mezclada verticalmente, se presentan estratificaciones en las regiones de los canales y en la zona profunda de BM (>20m de profundidad). El ascenso de las isoterms hacia la costa, encontradas en la zona adyacente, confirma la ocurrencia de surgencias en los meses de primavera y verano.

OCE-15

### FORZAMIENTO OCEÁNICO AL COMPLEJO LAGUNAR MAGDALENA-ALMEJAS, B.C.S.

Zaitsev Oleg<sup>1</sup>, Sanchez Montante Orzo<sup>1</sup> y Robinson Mendoza Carlos<sup>2</sup>

<sup>1</sup> CICIMAR, IPN

<sup>2</sup> ICMYL, UNAM  
ozaytsev@ipn.mx

El sistema lagunar Magdalena-Almejas esta formada por dos bahías semicerradas y relativamente someras. Cada bahía se conecta con el Océano Pacífico Norte a través de las bocas. En Bahía Magdalena la boca tiene una profundidad promedio de 35 m y un ancho aproximado de 5 km, mientras que en la boca de la Bahía Almejas las profundidades no exceden los 5 m. Uno de los procesos claves que modula la circulación y distribución de masa en el interior del sistema lagunar es la interacción dinámica a través de sus bocas, la cual está principalmente forzada por la acción de la marea y, en menor grado, por el oleaje asociado al viento local de brisas.

A fin de evaluar este proceso de intercambio, se realizaron mediciones en cuatro campañas durante los años de 2000 a 2003. En éstas fueron instalados en la boca de Bahía Magdalena corrientímetros "InterOcean" S4 con los sensores adicionales de presión, temperatura y conductividad, además se realizaron mediciones de corrientes con un ADCP Sontek. Estos datos fueron completados con las mediciones continuas de ADCP a lo largo de la boca, obtenidas durante el crucero del B/O "El Puma" en Marzo del 2003.

Las diferentes series de las variaciones de nivel del mar muestran que el rango de marea varía de 0.6 m, en la fase de cuadratura, a 2.2 m en la de sicigia. Las corrientes máximas de marea en la boca alcanzan 1 m/s en la fase de sicigia. Durante los instantes de flujo y reflujo, las corrientes en la boca están dirigidas en una misma dirección sin presencia de contracorrientes de fondo. La mayor intensidad del transporte de volumen se concentra de manera muy homogénea en la capa superior de 10 m de profundidad y en toda la

columna de agua en la parte sureste del transecto, donde las profundidades exceden los 35 m. El gradiente de la temperatura superficial de casi  $2^\circ\text{C}$ , establecido entre los extremos de la sección, fue inversamente correlacionado con la profundidad. Este resultado sugiere que en las profundidades mayores encima del fondo irregular las corrientes intensas de marea producen una mayor mezcla vertical generando un descenso de la temperatura superficial.

OCE-16

### MODELACION NUMERICA DE LA CIRCULACION EN EL SISTEMA LAGUNAR BAHIA MAGDALENA-BAHIA ALMEJAS, B.C.S.

Sanchez Montante Orzo y Zaitsev Oleg  
CICIMAR, IPN  
orzosam@yahoo.com

La circulación en el interior del sistema lagunar Magdalena-Almejas fue simulada a partir de la implementación del modelo numérico de la circulación oceánica costera ECOM-3D. El modelo fue calibrado con base en las mediciones de las variables hidrográficas obtenidas durante las campañas de experimentación oceanográfica realizadas por el CICIMAR en el periodo 2000-2003. Con el fin de analizar la respuesta de la circulación fue realizada una serie de experimentos numéricos variando los distintos forzamientos en las bocas del sistema: marea, viento y diferencias en densidad, cuantificando en cada caso el transporte de volumen asociado a través de las bocas.

Los resultados indican que uno de los principales forzantes de la circulación es la acción de la marea. El forzamiento aplicado en la boca de Bahía Almejas se amortigua rápidamente por la escasa profundidad sobre la que se propaga la onda de marea. La circulación forzada por la marea induce un sistema de corrientes reversivas, en la boca BM la intensidad de la corriente promedio en la vertical alcanza 0.60 m/s con una amplitud de marea hasta 1.2 m durante la marea viva. Asociado a éstas corrientes de marea se calculó un volumen total medio de 0.7 km<sup>3</sup> transportado durante una fase de flujo o reflujo de la marea a través de la boca de Bahía Magdalena. Con la base en los flujos calculados a través de los canales de interconexión del sistema lagunar se calculó un tiempo de residencia de 15 ciclos de la marea en la fase de cuadratura y 12 durante la de sicigia.

Un retraso del máximo de la amplitud de marea entre la boca y los canales Gaviotas y San Carlos alcanza 1 hr en las componentes semidiurnas y 20 minutos en las componentes diurnas. Una diferencia de amplitud bien marcada se presenta en el Canal de Gaviotas, aproximadamente 0.20 m en las diurnas y 0.05 m en las semidiurnas.

El patrón de la circulación generada por el forzamiento del viento tiene una dirección rotacional anticiclónica en los casos de forzamientos con un viento constante proveniente del Norte y del Oeste y ciclónica para los de un viento constante proveniente del Sur y del Este. En este patrón de la circulación se presentó una inclinación de nivel a la dirección del viento. No obstante, la altura de la superficie libre del mar forzado por el viento es mucho menor que la que resulta por el forzamiento de marea. La intensidad de las corrientes dirigidas por el viento de 5 m/s fue menor que las forzadas por la marea. En el caso de un viento esporádico extremo con intensidades hasta 15 m/s, las corrientes resultantes alcanzan 1/3 de las intensidades máximas promedio generadas por la marea.

OCE-17

### IMPORTANCIA RELATIVA DE LOS TÉRMINOS DE LA ECUACIÓN DE MOVIMIENTO PARA LAS CORRIENTES SUPERFICIALES EN LA ZONA COSTERA ENTRE EEUU Y MÉXICO

Hernández Walls Rafael y Rojas Mayoral Evaristo Manuel  
UABC  
rwalls@uabc.mx

Usando información de las corrientes superficiales obtenidas con el sistema de radares HF, instalados en la zona fronteriza entre EEUU y México, se calcula la importancia relativa (en porcentaje) de los términos de las ecuaciones de movimiento con el objetivo de simplificar dichas ecuaciones usando sólo los términos más importantes. Esto es posible gracias a que el sistema de radares HF permite obtener el campo espacial de velocidades obtenidos cada media hora.

OCE-18

### VARIABILIDAD ESTACIONAL Y ESPACIAL DE CD, CU, AG Y PB EN LA BAHÍA DE TODOS SANTOS, B.C.

Lares Reyes M.L.  
CICESE  
llares@cicese.mx

Se estudió la variabilidad estacional de los metales traza Cd, Cu, Ag y Pb en la Bahía de Todos Santos por medio del análisis de estos elementos en agua de mar y organismos indicadores. Las muestras fueron recolectadas en nueve puntos costeros de la bahía en verano y otoño de 2001 e invierno y primavera de 2002. La bioacumulación de dichos metales, por dos especies de mejillón (*Mytilus californianus* y *Mytilus galloprovincialis*), fue estudiada por medio del análisis de diferentes tejidos (aparato digestivo, branquias, pie, borde del manto) tanto en organismos nativos como transplantados. Los trasplantes se realizaron a tres lugares de los cuales se hipotetiza que tienen diferentes niveles de metales: 1) zona de cultivo de *M. galloprovincialis* - lugar considerado limpio, 2) marina del hotel Coral - considerado medianamente contaminado y, 3) la rada del puerto de Ensenada - considerado altamente contaminado. Los mejillones transplantados fueron muestreados después de 1, 3 y 6 meses de efectuado el trasplante. Con el fin de conocer la capacidad de acumulación, los diferentes tejidos fueron analizados y su concentración comparada con las concentraciones de los metales en el agua de mar. La capacidad de respuesta a las concentraciones del medio, de las dos especies de mejillón, es también comparada.

OCE-19

### DYNAMICS OF INTERNAL WAVES GENERATED BY MOUNTAIN BREEZE IN ALCHICHICA, A DEEP VOLCANIC LAKE IN MEXICO

Filonov Anatoliy<sup>1</sup>, Konyaev Konstantin<sup>2</sup>, Alcocer Duran Javier<sup>3</sup> y Tereshchenko Irina<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Depto. de Física, Universidad de Guadalajara  
<sup>2</sup> N.N. Andreyev Acoustics Institute, Moscow, Russia  
<sup>3</sup> Laboratorio de Limnología, FES, Iztacala, UNAM  
afilonov@ccip.udg.mx

In this work the results of experimental measurements in Lake Alchichica (Mexico) which has a volcanic origin, a circular basin with a 1.8 km diameter and a 60 m depth are discussed. In the top layer there is a large daily temperature flux with gradual accumulation of heat and formation of a thermocline. Wind action on the lake creates diurnal internal waves of a horizontal mode with large amplitude. The daily waves effectively rock the semidiurnal ones, whose frequency is close to the resonant frequency of the basin. The internal waves partially collapse especially near the slopes of the shores in the area of the thermocline and near the bottom, supporting baroclinic circulation and providing mixing of the water column.

OCE-20

### UNA NUEVA FORMULACIÓN PARA EL ROMPIMIENTO DEL OLEAJE EN AGUAS PROFUNDAS EN MODELOS DE TERCERA GENERACIÓN

Padilla Hernandez Roberto<sup>1</sup>, Meza Conde Eustorgio<sup>2</sup> y Perrie William<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de Tamaulipas  
<sup>2</sup> CICATA, IPN  
<sup>3</sup> Bedford Institute of Oceanography, Halifax, Canada  
robepa0@hotmail.com

En aguas profundas el rompimiento del oleaje es el factor más importante de disipación de su energía, sin embargo, es quizá el mecanismo menos entendido de entre los que generan, transforman y disipan las olas. Datos sobre el rompimiento en aguas profundas del oleaje (conocido también como rompimiento por saturación de energía) en situaciones reales, son muy escasos. A pesar de que se carece de una teoría de la dinámica del rompimiento por saturación, se ha progresado por medio de la solución numérica de modelos teóricos. En este trabajo de investigación la reciente formulación de Meza et al (2002), ha sido incorporada a los modelos numéricos WAM y SWAN. Dicha formulación fue obtenida a partir de experimentos en laboratorio. El objetivo es probar la nueva formulación en situaciones reales. Se presentarán comparaciones de los resultados de los modelos usando las formulaciones del rompimiento del oleaje de Meza (2002), Janssen (1991) y Hasselmann (1974), y comparaciones contra mediciones in situ, hechos por un perfilador acústico y una boya direccional.

OCE-21

**ANÁLISIS DE DISTINTAS TEORIAS DEL OLEAJE**Cardoso Landa Guillermo<sup>1</sup> y Fuentes Mariles Oscar Arturo<sup>2</sup><sup>1</sup> Instituto Tecnológico de Chilpancingo<sup>2</sup> Instituto de Ingeniería, UNAM  
gclanda@prodigy.net.mx

Se desarrollaron cuatro programas de computo que permiten calcular las características físicas del oleaje: longitud de la ola, perfil de la superficie libre, celeridad, presión debajo de la superficie libre, periodo, velocidades orbitales horizontal y vertical de las partículas, aceleraciones orbitales horizontal y vertical, desplazamientos horizontal y vertical, energía y potencia, utilizando las teorías lineal, de segundo orden de Stokes, de tercer orden de Stokes y cnoidal de Keulegan y Patterson, empleando el lenguaje de programación turbo-pascal. Para la teoría lineal se desarrolló el programa llamado P-1, que calcula la longitud de la ola aplicando el método de Newton Raphson y posteriormente determina trece características físicas del oleaje. El programa P-2 se implementó para calcular las once características del oleaje de acuerdo a las expresiones propuestas por la teoría de segundo orden de Stokes. De manera similar se desarrolló el programa P-3 que permite determinar directamente los nueve elementos de la teoría de tercer orden de Stokes, expresadas mediante funciones hiperbólicas. Finalmente se implementó el programa P-4 para calcular rápidamente las nueve características físicas del oleaje, cuyas ecuaciones se presentan a través de funciones elípticas jacobianas, teniendo que deducirse una expresión que relacionara directamente las integrales elípticas completas de primera y segunda clase con su módulo.

Los resultados obtenidos con estos programas se comparan para las cuatro teorías analizadas con resultados de mediciones efectuadas en el tanque de olas Tetra Tech por Le Mehaute, Divoky y Lin para olas con periodos de 1 a 12 segundos y relaciones  $d/T^2$  con valores entre 0.05 ft/s<sup>2</sup> y 0.8 ft/s<sup>2</sup>; así mismo se valida la región de aplicación propuesta por Littman para la teoría cnoidal.

OCE-22

**VARIABILIDAD ESPACIAL DE LA ALTURA DEL OLEAJE DENTRO DE LA BAHÍA DE TODOS SANTOS, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO**

Martínez Díaz de León Asdrubal, Lizarraga Arciniega Roman y Blanco Betancourt Rafael

Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC  
asdrubal@uabc.mx

En los últimos cinco años la industria del turismo ha tenido una explosión a lo largo de la costa oeste de Baja California. Como consecuencia de este crecimiento se han venido construyendo nuevos y más costosos desarrollos turísticos en esta región. Esto ha venido a hacer más evidente aún la importancia que tiene el poder conocer las características locales del oleaje, aún por periodos cortos de tiempo, sobre todo cuando series de tiempo cortas de las características del oleaje pueden ser utilizadas para mostrar que información remota de oleaje que se propaga en aguas profundas puede ser extrapolada de una manera aceptable para representar las características locales del oleaje.

En este trabajo se analiza información de oleaje medida en cuatro localidades a lo largo de la costa de la Bahía de Todos Santos, Baja California, durante el invierno 2001-2002 para documentar las características del oleaje y su variabilidad espacial dentro de la Bahía. La información analizada es utilizada también para investigar la posibilidad de extrapolar información de oleaje de aguas profundas al interior de la Bahía.

Los resultados muestran una marcada variabilidad espacial del oleaje dentro de la Bahía, donde en algunos lugares la altura del oleaje puede ser hasta 2.5 veces más alta que en el resto de los lugares considerados. Se muestra que esta variabilidad espacial es inducida principalmente por la combinación de los efectos de someramiento, la convergencia de energía, inducida por la refracción del oleaje al entrar a la bahía y el efecto de sombreado inducido por la presencia de las islas de Todos Santos. Un análisis de regresión entre las alturas del oleaje dentro de la Bahía y las del oleaje medido en una estación de aguas profundas frente a la costa de California muestra que el oleaje es altamente coherente en ambas regiones, lo que establece la oportunidad de reconstruir las características del oleaje dentro de la Bahía de Todos Santos a partir de las mediciones de oleaje que se han realizado por más de dos décadas ya a lo largo de la costa de California.

OCE-23 CARTEL

**SOBRE EL ESPECTRO DE LAS ONDAS INTERNAS NOLINEALES EN LA PLATAFORMA CONTINENTAL DEL PACÍFICO MEXICANO**Filonov Anatoliy<sup>1</sup> y Vadim Novotriysov<sup>2</sup><sup>1</sup> Depto. de Física, Universidad de Guadalajara<sup>2</sup> V.I. Ichev Pacific Oceanological Institute, Far-Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia  
afilonov@ccip.udg.mx

En este trabajo se presenta el modelo espectral analítico de las ondas internas gravitacionales no lineales para un mar somero con una inclinación del fondo muy suave. El modelo fue desarrollado en base a la ecuación de Burgers modificada. Se muestra que en el producto de interacción en el campo de oleajes se forman los overtone de la frecuencia básica y una asintótica de disminución de energía como "omega-3". Se discute la comparación de los resultados de la teoría con resultados de mediciones del espectro de las ondas de la marea interna en la costa del Pacífico Mexicano, cerca de Barra de Navidad. Se muestra que el modelo espectral propuesto describe adecuadamente las peculiaridades del espectro de las ondas de marea interna, medidas en la plataforma continental.