

Sesión Especial

# **Oceanografía en la Bahía de Todos Santos, B.C. México**

Organizadores:

Xavier Flores-Vidal  
Paula Pérez Brunius

SE14-1

## CARACTERÍSTICAS DE LA CIRCULACIÓN EN LA BAHÍA DE TODOS SANTOS, B. C.

Castro Rubén<sup>1</sup>, Durazo Reginaldo<sup>1</sup>, Flores Vidal Xavier<sup>2</sup>, Hernández Walls Rafael<sup>1</sup> y Navarro Luis Felipe<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC  
rcastro@uabc.edu.mx

En este estudio presenta una descripción de las Corrientes Superficiales en la Bahía de Todos Santos (BTS). Para esto se realizaron ocho experimentos con boyas de deriva monitoreados vía satelital. Además, se realizaron simultáneamente mediciones de corrientes superficiales con dos radares HF ubicados en la BTS. Los experimentos con derivadores fueron liberados en distintos puntos de la BTS, con duración entre 2 y 8 días. En general los derivadores en la BTS mostraron trayectorias con desplazamientos variables y circulares con predominancia de circulación anticiclónica. El tiempo transcurrido en las trayectorias cerradas de los derivadores fluctuó entre 11-18 horas. Derivadores que fueron liberados frente a la barra del Estero de Punta Banda (EPB) mostraron desplazamientos a lo largo de la costa hacia el norte y en algunas ocasiones incursionaron y salieron del EPB, aunque esto último también sucedió con derivadores liberados en la zona opuesta relativa a la boca del estero. Por otro lado, derivadores liberados en la parte central-norte de la BTS se desplazaron al sur-sureste. En general las velocidades más altas de las corrientes estimadas con los derivadores fueron entre 0.2-0.3 m/s, a excepción de los derivadores que entraron y salieron del EPB, ya que alcanzaron velocidades >0.55 m/s. Esto sucedió en la zona de la canal de entrada del estero y en su parte externa adyacente a la bahía, donde describieron una trayectoria recta de ~2.0 km de longitud, lo que sugiere la presencia de una pluma. Aparentemente en la mayoría de los experimentos las fluctuaciones de velocidad tienen gran influencia de la marea semidiurna. La circulación superficial de la BTS está aparentemente "aislada", con características de circulación anticiclónica, como lo sugieren las trayectorias de los derivadores al promediar el campo de velocidad. Las diferencias entre la circulación descrita por los derivadores, los radares HF, así como su relación con el viento están en proceso de investigación

SE14-2

## IMPORTANCIA DE LA MAREA Y LA INTENSIDAD DE LA CORRIENTE DE CALIFORNIA, SOBRE LA CIRCULACIÓN DE LA BAHÍA DE TODOS SANTOS B.C.

Flores Vidal Xavier<sup>1</sup>, Durazo Reginaldo<sup>2</sup>, Castro Rubén<sup>2</sup>, Navarro Luis Felipe<sup>3</sup>, Domínguez-Preciado Feliciano<sup>3</sup> y Gil Eduardo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Baja California, UABC

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

<sup>3</sup>Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC  
floresx@uabc.edu.mx

Investigaciones recientes han demostrado que la circulación en el interior de la Bahía de Todos Santos (BTS) es modificada por las condiciones al exterior i.e. la Corriente de California (CC). En este trabajo se utilizan datos de radares oceanográficos de alta frecuencia, para detectar incrementos de la CC y para estudiar en qué medida dichas intensificaciones determinan o modifican la circulación al interior de la BTS. Adicionalmente se presenta un análisis armónico de marea que tiene como objetivo cuantificar la importancia de este forzamiento sobre la circulación de la BTS. Se encuentra que existen tres zonas dentro de la bahía que aparentemente son influenciadas por la marea; zona este (boca del estero de Punta Banda), zona al norte (Punta Morro-playitas) y franja de conexión entre la BTS y la CC. No es sorprendente que en la zona de la boca del estero se observe influencia del forzamiento de marea, ya que el flujo y reflujo causan corrientes intensas en la boca de conexión entre el estero y la bahía. En la segunda zona (Punta Morro-Playitas) la explicación es un poco más elaborada, ya que se argumenta una variación importante del campo de vientos debida a una "sombra de viento" originada posiblemente por la cadena montañosa. En cuanto a la franja de conexión entre la BTS y la CC, se observó que durante periodos de intensificación de la CC se desarrolló una barrera o frontera de convergencia-divergencia (valor cero), que confina las aguas superficiales del interior de la BTS y evita que cuerpos de deriva abandonen la BTS. Dicha zona de convergencia-divergencia desaparece si se eliminan del análisis las corrientes de marea, por lo que se argumenta que existe una fuerte interacción entre la CC y las corrientes de marea al interior de la BTS.

SE14-3

## VARIACIÓN SINÓPTICA DE LA TRAMPA DE SURGENCIA EN LA BAHÍA DE TODOS SANTOS B. C.

Calva Chávez Miriam Alin, Pérez Brunius Paula, López Mariscal Juan Manuel, Candela Julio y García Mendoza Ernesto  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE  
mcalva@cicese.edu.mx

La Bahía Todos Santos se encuentra adyacente a sistemas de surgencia costera, que en esta región generalmente son más intensas en primavera y verano. Se ha

observado que la temperatura al interior de la bahía es 1-4 °C mayor que en la zona externa, lo cual sugiere que actúa como una zona de retención de agua o "trampa de surgencia". Este gradiente horizontal de temperatura se intensifica en verano cuando la radiación solar es mayor. Este trabajo presenta un análisis de la variación sinóptica de la intensidad del frente térmico de la trampa de surgencia, con datos de temperatura superficial del mar obtenidos por satélite, de viento, de corrientímetros y de una cadena de termistores en el interior de la bahía durante el 2008. Se estudió la influencia del viento favorable a surgencia y el flujo en la entrada norte en la persistencia y evolución de la trampa de surgencia. Se encontró una correlación significativa (0.3-0.4) entre el esfuerzo del viento y la intensidad del frente térmico con un desfase de 2-3 días, lo cual indica que cuando el esfuerzo del viento es favorable a surgencia, la intensidad del frente térmico aumenta. La temperatura de fondo disminuye en respuesta a los vientos favorables a surgencia, esto ocurre tanto en la entrada como en el interior de la bahía casi de inmediato, lo que sugiere que agua de surgencia entra a la bahía, fluyendo por debajo del lente cálido de la trampa de surgencia. Se encontró una correlación significativa entre el esfuerzo del viento y las corrientes (0.3-0.4), las cuales tardan en responder en 1-2 días a vientos favorables a las surgencias con una circulación hacia el interior de la bahía. Por su parte las corrientes están correlacionadas con la intensidad del frente térmico (0.4) lo que indica que la diferencia de temperatura es mayor cuando la circulación es hacia el interior de la bahía. Esto sugiere que tanto el viento como las corrientes son forzamientos para formar y mantener la trampa de surgencia. La evolución sinóptica de este lente de agua cálida no queda clara ya que la resolución de los datos no ha sido suficiente para explicarla completamente debido, principalmente, a los problemas que presentan las imágenes de satélite por la cobertura de nubes en la región durante el verano.

SE14-4

## DINÁMICA DE ONDAS INTERNAS EN LA BAHÍA DE TODOS SANTOS, BAJA CALIFORNIA

Filonov Anatoliy<sup>1</sup>, Lavín Miguel<sup>2</sup>, Palacios Emilio<sup>1</sup>, Tereshchenko Iryna<sup>1</sup> y Ladah Lydia<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Guadalajara

<sup>2</sup>CICESE

afilonov@cencar.udg.mx

Conocer el transporte de nutrientes y larvas sobre la plataforma continental es de gran importancia para el desarrollo económico y biológico de las zonas costeras. La producción biológica en estas zonas se le atribuye, además de las surgencias inducida por el viento vía transporte de Ekman, a las surgencias de agua fría rica en nutrientes inducida por la mezcla de la marea interna. Esta marea se genera a partir del forzamiento del mar estratificado por la marea barotrópica sobre la topografía de la zona. Es una fuente importante de energía turbulenta y mezcla debido a que al propagarse hacia la costa se desintegra en paquetes de ondas solitarias más cortas que finalmente rompen y se disipan cerca de ella. En los años 2007 y 2009, un grupo de investigadores de la UdeG y de CICESE han realizado una serie de mediciones detalladas de ondas internas en San Miguel, Baja California, dentro de la Bahía de Todos Santos. Los resultados han sido interpretados con las teorías de ondas internas lineales y no lineales. Esto permitió describir las características de ondas y también el escenario de generación, propagación y desintegración de las ondas internas en la plataforma continental en la zona de estudio.

SE14-5

## OBRAS DE PROTECCIÓN COSTERA EN LA BAHÍA DE TODOS SANTOS, B.C., MÉXICO

Guardado France Rigoberto, Ávila Serrano Guillermo Eliezer, Cupul Magaña Luis Antonio, Santa Rosa del Río Miguel Angel y Téllez Duarte Miguel Agustín  
Universidad Autónoma de Baja California, UABC  
rigoberto@uabc.edu.mx

En la Bahía de Todos Santos, B.C., ubicada sobre la costa Noroccidental de la península de Baja California, a 106 km al Sur de la frontera México-Estados Unidos, el crecimiento urbano y de infraestructura en la costa, aunado a la dinámica costera, ha traído consigo la necesidad de proteger la costa. La principal alternativa que ha sido utilizada para estabilizar la costa es la construcción de obras de protección rígidas como espigones, rompeolas, muros y enrocamientos. En 1997 se contabilizaron un total de 45 obras de protección y para el año 2014 el número se incrementó a 50, de los cuales 31 son muros, 10 enrocamientos, 4 espigones, 3 rompeolas y 2 una combinación muro-enrocamiento. Considerando una longitud aproximada de la costa de la bahía de 39 km y una longitud lineal acumulada de las obras de 4.26 km, significa que se ha acorazado un 11% de la costa. El Consejo estatal de Población de Baja California ha proyectado una tasa de crecimiento para Ensenada del 2.7, lo que significa que se tendrá una mayor presión en el uso de la costa, y es de esperar que la construcción de obras de protección se incremente. En este sentido es importante contar con información del comportamiento e impacto de las obras de protección construidas en la bahía con el fin de que sirva de referencia en la toma de decisiones relacionadas con el manejo de la línea de costa. En el presente estudio se presenta un inventario de las obras de protección costera presentes desde 1997 a 2014, así como un comparativo de su funcionalidad basado en el concepto de obra funcional manejado por Edward et al (1995), que considera una obra funcional como aquella que cumple su objetivo, no presenta daños en su estructura y es la adecuada para lo que se construyó. Adicionalmente se presenta un

análisis de los impactos de la implementación de estas obras como impacto visual, erosión pasiva y activa, reducción en acceso a la playa, reducción de ancho de playa e interferencia de aporte sedimentario del continente.

SE14-6

### FLUJOS DE CARBONO EN UNA ZONA DE SURGENCIAS COSTERAS AL NORTE DE BAJA CALIFORNIA

Cepeda Morales Jushiro<sup>1</sup>, Gaxiola Castro Gilberto<sup>2</sup>, De La Cruz Orozco Martín<sup>2</sup>, Castro Rubén<sup>3</sup>, Lavaniegos Bertha<sup>2</sup>, Durazo Reginaldo<sup>3</sup>, Hernández Ayón Martín<sup>3</sup>, Lara Lara José Rubén<sup>3</sup> y Mariano Matias Manuel<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Nayarit, UAN

<sup>2</sup>CICESE

<sup>3</sup>Universidad Autónoma de Baja California, UABC  
jushirocm@gmail.com

Con el objetivo de entender el rol del ecosistema pelágico en la biogeoquímica del carbono se estableció la Red de Monitoreo Costero de Ensenada, Baja California. Durante el 2011 se realizaron cuatro cruceros estacionales para analizar las condiciones termohalinas, pCO<sub>2</sub> superficial del océano (pCO<sub>2</sub>oc), Carbono Inorgánico Disuelto (CID), Carbono Orgánico Particulado del fitoplancton (COPF) y macrozooplancton (COPZ); y calcular el flujo de CO<sub>2</sub> océano-atmósfera. En general, la pCO<sub>2</sub>oc se mantuvo por debajo del valor atmosférico (392 µatm), además el índice de surgencias costeras indicó que los muestreos coincidieron con periodos de relajación de surgencias. En invierno y primavera se presentaron los máximos valores de pCO<sub>2</sub>oc (355 µatm) con disminución en otoño (320 µatm). Los bajos valores de pCO<sub>2</sub>oc fueron asociados con altas concentraciones de POCF (~2 g C m<sup>-2</sup>), lo cual indica el efecto del incremento en la actividad fotosintética sobre la pCO<sub>2</sub>oc. Este efecto no es percibido en la variación del CID, el cual estuvo estrechamente relacionado con las condiciones termohalinas, lo que muestra la complejidad de la dinámica del carbono en los ecosistemas costeros. En el promedio anual el sistema costero tuvo un flujo hacia el océano de -1.8 mmol m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>. La variabilidad estacional del POCZ evidencia el rol del pastoreo del zooplancton en la dinámica del carbono orgánico, con valores mayores de POCZ durante el verano. Nuestros resultados evidencian la predominancia de un sistema eficiente en la transferencia del carbono atmósfera-océano y su flujo posterior hacia niveles tróficos inferiores en esta zona de surgencias costeras.

SE14-7

### INFLUENCIA DE LOS APORTES BENTÓNICOS SOBRE LA DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE MANGANESO DISUELTO EN LA BAHÍA DE TODOS SANTOS, BAJA CALIFORNIA.

Delgadillo Francisco, Huerta Díaz Miguel Angel, Camacho-Ibar Víctor, Torres Delgado Vanessa, Segovia Zavala José Antonio y Hernández Ayón Martín  
Universidad Autónoma de Baja California, UABC  
fdelgadillo@uabc.edu.mx

Con el objetivo de estudiar la distribución vertical del manganeso disuelto (Mn) en la columna de agua de la Bahía de Todos Santos (BTS), Baja California, se realizaron cuatro cruceros oceanográficos durante el periodo de Agosto del 2008 a Junio del 2009. En cada ocasión se muestrearon cinco estaciones situadas a lo largo de un transecto (~24 km), desde la rada portuaria en el interior de la BTS hasta el océano abierto en su boca sur. En cada crucero, se realizaron lances hidrográficos y se recolectaron muestras de agua para el análisis de Mn utilizando técnicas de "ultralimpieza". La recolección de agua de mar se realizó con botellas GoFlo montadas en una roseta y, donde fue posible, se muestreó desde 5 hasta 200m de profundidad. El Mn se preconcentró con la resina quelante Chelex-100 y se cuantificó por espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito. En general, el análisis hidrográfico indicó que la columna de agua se encontró estratificada en primavera y verano, y verticalmente mezclada durante otoño e invierno. En la parte externa de la bahía, la distribución vertical del Mn consistentemente mostró un máximo superficial con concentraciones relativamente elevadas (3.6 - 8.5 nM) y una disminución hacia aguas profundas con valores de 1.0 a 2.4 nM a 200m de profundidad. En contraste, en la parte interna de la BTS se observó un enriquecimiento de Mn y una estructura vertical con valores mucho más altos, tanto en las aguas superficiales (1.5 - 81.5 nM) como en las aguas cercanas al fondo marino (4.2 - 11.7 nM). Nuestros resultados sugieren que la modificación de la estructura vertical y el enriquecimiento con Mn de las aguas de la BTS en relación al Océano Pacífico adyacente, se explican principalmente por la existencia de un flujo de Mn de los sedimentos hacia la columna de agua, más que a la influencia de los aportes atmosféricos y/o antropogénicos de la ciudad de Ensenada. Aunque desconocemos el (los) mecanismo(s) físico(s) exacto(s) que inducen los flujos desde los sedimentos, aquí argumentamos que la retención del agua en el interior de la BTS favorece la manifestación de la señal biogeoquímica que generan los flujos bentónicos sobre los niveles y la distribución vertical del Mn en la BTS. También proponemos que una de las causas de la existencia del máximo superficial de Mn en la parte externa de la BTS, se debe al transporte advectivo de la pluma de agua de la bahía –rica en Mn– que se exporta al océano Pacífico, implicando que los flujos bentónicos son muy importantes en la movilización de este elemento, tanto en la propia bahía como en la zona oceánica adyacente.

SE14-8

### CADMIO, COBRE Y FOSFATO DURANTE LA PRESENCIA DE FLORECIMIENTOS ALGALES DE LINGULODINIUM POLYEDRUM EN LA BAHÍA DE TODOS SANTOS B.C.

Gutiérrez Erica<sup>1</sup>, Lares María Lucila<sup>2</sup> y Huerta Díaz Miguel Angel<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Baja California, UABC

<sup>2</sup>CICESE

<sup>3</sup>UABC

ericagut79@hotmail.com

Los florecimientos algales nocivos (FANs) han aumentado durante los últimos años en las zonas costeras y en especial en las costas de California, Baja California, incluyendo la Bahía de Todos Santos (BTS) en donde la especie dominante de estos eventos ha sido el dinoflagelado *Lingulodinium polyedrum*. Con el fin de estudiar la influencia de los FANs en el comportamiento del Cd, Cu y el PO4<sup>3-</sup> se tomaron muestras de agua superficial a lo largo de tres FANs y en ausencia de florecimientos. Durante los FANs, las concentraciones promedio de Cd y Cu disueltos fueron 1.6 veces mayores que las registradas en ausencia de florecimientos y las concentraciones en la fracción particulada fueron un orden de magnitud y 4 veces mayores durante los FANs. Las mayores concentraciones de Cd estuvieron asociadas al evento más intenso, en donde la concentración de células de *L. polyedrum* alcanzó un máximo de 2.25x10<sup>6</sup> células L<sup>-1</sup>, que corresponde a más del 90% del fitoplancton total. Los resultados anteriores sugieren que tanto la presencia del florecimiento como la intensidad del evento afectan las concentraciones de las especies disueltas y particuladas estudiadas. Las correlaciones significativas obtenidas durante los FANs entre el Cdd-Cdp y el Cud-Cup, así como entre el Cd, Cu y el número de células, son indicativos también de que la composición y abundancia de dinoflagelados en conjunción con procesos biológicos todavía no identificados están afectando el comportamiento del Cd y Cu dentro de la BTS y posiblemente, en otras áreas geográficas de las costas del Pacífico. Se sabe además que el Cdd y el PO4<sup>3-</sup> presentan una fuerte relación positiva, sin embargo, en este estudio se observó un comportamiento diferente ( $r = -0.31$ ,  $P < 0.05$ ), por lo cual se sugiere que hay un desacople entre el Cd y el PO4<sup>3-</sup>. Este desacople, puede ser a causa del tipo de fitoplancton presente y a que puede estar siendo afectado por la captación biológica y/o por procesos de remineralización. Al comparar la razón Cdd/PO4<sup>3-</sup> con el número de células de *L. polyedrum* se observó que existe una relación aunque no muy fuerte, significativa ( $P < 0.05$ ) lo que implicaría que los florecimientos algales de estos dinoflagelados juegan un papel importante en controlar esta razón. Los resultados obtenidos en este estudio sugieren que los florecimientos algales de *L. polyedrum* juegan un papel fundamental en el control de las concentraciones de Cd, Cu y PO4<sup>3-</sup> y juntos juegan un papel importante en la química del agua.

SE14-9 CARTEL

### CÁLCULO DE TRAYECTORIAS LAGRANGEANAS A PARTIR DE UN MODELO EULERIANO, PARA LA BAHÍA DE TODOS SANTOS, ENSENADA, B.C. (BTS)

Rojas Lagunas Lorena y Mateos Farfán Efraín  
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA  
an3r07.rl@gmail.com

En la bahía de Todos Santos, Ensenada, B.C. (BTS) se han realizado diversos estudios con modelos numéricos, sobre la circulación. En este trabajo se evalúa el tiempo de residencia en dos regiones dentro de la BTS: a) región somera, menor a 30 m, y b) región profunda, mayor a 30 m. Para ello se utilizan las salidas eulerianas, de una corrida climatológica del modelo ROMS (Regional Ocean Modeling System), en el modelo LTRANS (Larval TRANsport), para obtener las trayectorias lagrangeanas. Se espera que en la región somera el tiempo de residencia sea mayor que en la profunda.

SE14-10 CARTEL

### DATOS HISTÓRICOS DE OLEAJE Y PERFILES DE CORRIENTES EN DIFERENTES LOCALIDADES DE LA BAHÍA DE TODOS SANTOS

Blanco Betancourt José Rafael<sup>1</sup>, Martínez Díaz de León Asdrubal<sup>1</sup> y Delgado-González Oscar Eduardo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Baja California, UABC

<sup>2</sup>UABC, IIO

blarafa@yahoo.com

Se presentan series de tiempo de oleaje y de perfiles de corrientes registradas durante campañas realizadas entre 1986 y 2011. La información que se presenta fue registrada mediante sensores de presión y perfiladores acústicos de corrientes Doppler, anclados en profundidades variables de entre los 10 y 17 m, la información se colectó como parte de las actividades de los proyectos de investigación del área de oceanografía física del Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la Universidad Autónoma de Baja California. Las localidades de donde se dispone información son las estaciones El Sauzal1 y Sauzal2, Punta Morro, Marina Coral, Boca del Puerto, Estación SEMAR, Estación Punta Morro, Ciprés, Boca del Estero y

Rincón de Ballenas, todas ubicadas en la bahía de Todos Santos, Baja California. Los resultados de los principales parámetros de oleaje medidos de altura, periodo y dirección, para las estaciones, Sauzal1 y Sauzal2, en el caso de las estaciones del Sauzal, se cuenta con dos años de datos, para las otras se cuenta con periodos de datos del orden de meses, los parámetros de oleaje para las estaciones, Sauzal1 y Sauzal2, Boca del Estero, Ciprés, Punta Morro, Boca Rada, y Rincón de Ballenas, son presentados en ese orden: altura máxima 300 cm, periodo (entre 5 y 15 s), dirección 250 grados, Boca del Estero, altura máxima 200 cm, periodo 20 s, dirección 245 grados, Ciprés, altura máxima 373 cm, periodo 20 s, dirección 241 grados, Punta Morreo, altura máxima 180 cm, periodo 20 s, dirección 270 grados, Estación Boca Rada, altura máxima 150 cm, periodo 19 s y dirección 265 grados, Estación Rincón de Ballenas, altura máxima 200 cm, periodo 15 s y dirección 228 grados. Se reportan los datos de corrientes para dos estaciones, Boca del puerto y hacia el sur de la bahía, Rincón de Ballenas, en la estación Boca del Puerto, los vectores de corrientes en forma de astillas, muestran valores de estas máximos de aproximadamente 30 cm/s, mostrando la variación mayor las celdas de corrientes cercanas a la superficie, seguramente influenciadas por el viento, a profundidad su tendencia general es a decrecer en magnitud, sin mostrar un patrón definido, por otro lado, en la estación Rincón de Ballenas al sur de la bahía, se observó el mismo comportamiento en las corrientes que en la estación Boca Rada, en ambos casos, se nota una tendencia a incrementa de su variabilidad en periodos de mareas vivas.