

# CONDICIONES FISICOQUÍMICAS DEL PUERTO DE ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, CON VISTAS A LA INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE BOMBEO POR ENERGÍA DEL OLEAJE (SIBEO).

Roberto González de Zayas <sup>1</sup> Guadalupe de la Lanza Espino <sup>2</sup> y Steven Czitrom Baus <sup>3</sup>

- (1) Centro de Investigaciones de Ecosistemas Costeros de Cayo Coco (CIEC), Morón, CP 69400, Ciego de Ávila. Cuba. Email: [roberto@ciec.fica.inf.cu](mailto:roberto@ciec.fica.inf.cu)
- (2) Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Apdo 70-153, CP 04510, México, DF. Email: [gdlle@servidor.unam.mx](mailto:gdlle@servidor.unam.mx)
- (3) Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria, Coyoacán, CP 04510, México DF. Email: [czitrom@mar.icmyl.unam.mx](mailto:czitrom@mar.icmyl.unam.mx)

## RESUMEN

El Puerto de Ensenada, Baja California, es uno de los más importantes en la costa del Pacífico de México y ha experimentado un incremento de las actividades antropogénicas en las últimas décadas, lo que unido a su limitada circulación, ha traído posibles cambios en las características fisicoquímicas de aguas. El objetivo del presente trabajo es la caracterización espacio-temporal de la fisicoquímica del puerto con vistas a la instalación de un Sistema de Bombeo por Energía del Oleaje (SIBEO). Se muestrearon 18 estaciones, con frecuencia trimestral, determinándose los parámetros: temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, nutrientes (amonio, nitratos + nitritos, fosfatos y silicatos), clorofila *a* y demanda química de oxígeno. Los resultados indicaron que la estructura termohalina del puerto fue similar a la de la Bahía de Todos Santos y estuvo asociada a ciclos estacionales; con las temperaturas más elevadas en verano (22°C) y más bajas en otoño (16°C). La distribución espacio-temporal de nutrientes y materia orgánica fue reflejo de varios factores, a saber: descargas residuales, resuspensión de sedimentos y existencia de giros ciclónicos frente a los muelles de cruceros y contenedores. En noviembre, las condiciones de hipoxia (< 3 ml/L) y los contenidos más elevados de amonio (19.0 µM), nitratos + nitritos (3.1 µM), fosfatos (2.8 µM), silicatos (12 µM) y DQO (28 mgO<sub>2</sub>/L) en la zona norte, reflejaron un gradiente de mayor a menor desde la zona norte hacia la boca. Se recomienda la instalación de un SIBEO en la zona norte del puerto, para su saneamiento y su efectividad ante la ocurrencia puntual en eventos de contaminación por causas antrópicas o naturales.

Palabras claves: sistemas de bombeo; condiciones fisicoquímicas; ISE, México

## ABSTRACT

The Port of Ensenada, Baja California, is one of the most important in the Pacific coast of Mexico. It has experienced an increase of the anthropogenic activities in the last decades, which together with its limited circulation, has brought about possible changes in the physiochemical characteristics of its waters. The main objective of the present work is the spatial and seasonal characterization of the physiochemical parameters of the waters of the port to install a Wave Energy Pump System (SIBEO). The investigation was carried out in 18 stations, with a quarterly frequency and the parameters were: temperature, salinity, dissolved oxygen, nutrients (ammonium, nitrates + nitrites, phosphates and silicates), chlorophyll "a" and chemical oxygen demand (COD). The results indicated that the thermohaline structure of the port was similar to that of the Bay of Todos Santos and it was associated to seasonal cycles, with the highest temperatures in summer (22 °C) and lowest in autumn (16 °C). The spatial and seasonal distribution of nutrients and organic matter was due to several factors, that is: waste disposal, resuspension of sediments and existence of cyclonal turns in front of the jetties of cruises and containers. Particularly, in November, the hypoxic conditions (<3 ml/L) and the highest contents in ammonium (19.0 µM), nitrates + nitrites (3.1 µM), phosphates (2.8 µM), silicates (12 µM) and DQO (28 mgO<sub>2</sub>/L) in the northern area, reflected a bigger to smaller gradient from the northern area toward the mouth.

Key words: pump systems; physicochemical conditions; ISE, México.

La contaminación marina está definida como la introducción directa o indirecta de sustancias y/o energía al medio ambiente marino, que provoca riesgos a la salud humana, a la pesca y/o la calidad del agua marina (Sañudo *et al.*, 1985). Asimismo, la composición de los desechos de las actividades humanas es modificada por los

procesos que ocurren en los sistemas costeros, promoviendo en algunos casos un aumento en el impacto de estos residuos o bien su depuración, por lo que el correcto conocimiento de la zona costera sólo se logrará a través del estudio detallado de los procesos que ocurren en ella (Guerrero-Galván, 1997). La caracterización

fisicoquímica de cualquier sistema acuático implica no sólo el conocimiento de su dinámica, sino que además permite elaborar estrategias de manejo consideradas claves en la conservación de ecosistemas que se encuentran periódicamente sometidos al desarrollo activo de industrias (De la Lanza-Espino y Cáceres, 1994).

Una de las acciones que se han aplicado para el mejoramiento de la salud de los cuerpos de agua con baja capacidad de autodepuración, y que han sido impactados por el hombre, es favorecer el intercambio de agua entre estos sistemas y el mar. Buscando una solución para estos problemas, la Universidad Nacional Autónoma de México ha desarrollado diversos sistemas que contribuyen a la depuración de cuerpos de agua, uno de ellos, es el diseñado por Ruiz *et al.* (1994); el otro es el Sistema de Bombeo por Energía de Oleaje (SIBEO) (Czitrom *et al.*, 1993 y Czitrom *et al.*, 1996), que consiste de un tubo de succión o resonante y uno de desagüe conectados mediante un elemento de bombeo.

Por lo anterior, el objetivo principal de este trabajo es determinar la variación fisicoquímica espacio – temporal de las aguas del Puerto de Ensenada, B. C. y valorar las implicaciones de la instalación de un SIBEO sobre las condiciones actuales de dicha rada.

## ÁREA DE ESTUDIO.

El Puerto de Ensenada, se considera un puerto de altura localizado en los 116° 37' 30" W y los 31° 51' 30" N (Fig. 1), aproximadamente a 100 km al S de la frontera México-EUA, sobre la margen noreste de la Bahía de Todos Santos (Coronado-Méndez, 2002), con una extensión de 1.98 km<sup>2</sup> y protegido en sus márgenes oeste y sur por dos rompeolas conectados a la costa. El canal principal (junto al rompeolas oeste) tiene una longitud de 900 m y una profundidad de 13 m. La dársena de ciaboga es de 200 m y una profundidad entre 9.5 y 12 m (Torres-Rodríguez y Gómez-Morín, 1989). Las principales descargas de aguas residuales al puerto se localizan en el extremo norte (Agencia Arjona, Astilleros Progreso, Bivalba, Industria Naval de California Nishikawa y Asociados, Marítima de Ensenada y Productos Procesados del Mar). En el rompeolas oeste se localizan Ensenada Internacional Terminal y Grupo Peredia e Hijos, el muelle de cruceros y los muelles de CEMEX México (Fig. 1).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se llevaron a cabo cuatro campañas de muestreo en 17 estaciones dentro del puerto, las que se eligieron bajo el criterio de la dinámica de circulación (influencia mayor del prisma de marea en la parte sur y restringida en el norte) y la ubicación de las principales descargas de aguas residuales y una estación fuera del puerto con el objetivo de conocer las condiciones fisicoquímicas del mar adyacente al área de estudio

Las variables temperatura, salinidad y oxígeno disuelto fueron medidas *in situ* mediante un CTD marca Sea - Bird modelo SBE19plus. En cada una de las estaciones de muestreo se colectó agua superficial (< 1m), y de fondo con una botella oceanográfica tipo Niskin de dos litros, de la cual, se tomaron las siguientes submuestras:

a) Agua sin filtrar para la determinación de Demanda Química de Oxígeno en frascos de polietileno de 150 mL de capacidad.

b) Agua filtrada con membranas de nitrocelulosa de 0.45 µm (Millipore<sup>tm</sup> tipo HA), para la determinación de nitratos + nitritos, amonio, fosfatos y silicatos en frascos de polietileno de 150 mL de capacidad y congeladas a - 20°C para su análisis posterior.

c) Para clorofila *a* se pasaron 150 mL de agua a través de un filtro de nitrocelulosa de 0.45 µm (Millipore<sup>tm</sup> tipo HA), los filtros fueron envueltos en papel de aluminio y almacenados en un recipiente con silicagel hasta su procesamiento en el laboratorio.

La determinación de nutrientes se realizó mediante un autoanalizador de flujo segmentado SKALAR SAN<sup>plus</sup>, con cuatro canales para análisis simultáneos de nitratos + nitritos, amonio, fosfatos y silicatos (Manual del SAN<sup>plus</sup>, 1994). La demanda química de oxígeno (DQO) fue según lo descrito por APHA (1986). La clorofila *a* fue medida espectrofotométricamente a una longitud de onda de 665 y 750 nm, después de una extracción con acetona al 90 % y centrifugación (De la Lanza-Espino y Hernández-Pulido, 1994).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Temperatura

La temperatura dentro de la dársena portuaria, dependió de la de la Bahía de Todos Santos y correspondió típicamente a las variaciones climáticas de cada época; con las aguas más cálidas (22.0 °C) en verano (septiembre) y más

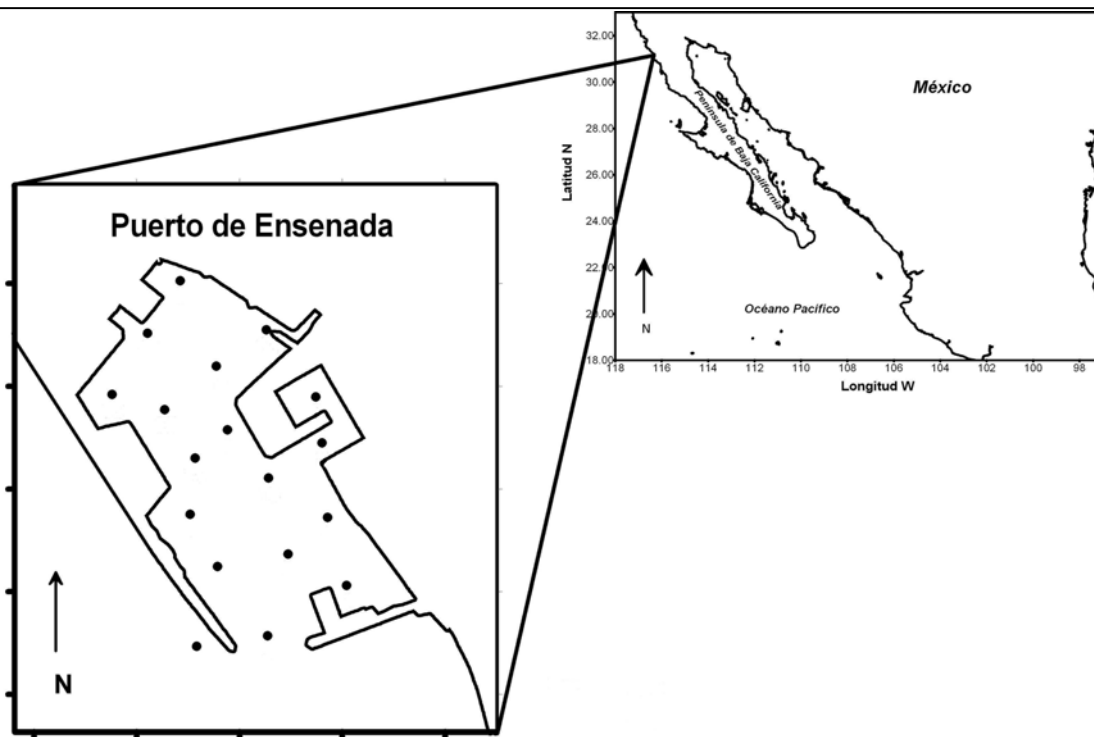


Fig. 1. Localización y red de estaciones de muestreo del Puerto de Ensenada, B.C.

frías (16.0 °C) en invierno (noviembre) (Cabrera-Muro, 1974; Morales-Zúñiga, 1977 y Grijalva-Chon *et al.* 1983). La homogeneidad de la temperatura superficial dentro del puerto en todos los muestreos, explicó la ausencia de zonas de confinamiento que permitieran un incremento de la temperatura con respecto a otras. En los muestreos de marzo y septiembre, en las estaciones de mayor profundidad, se registró una diferencia de 3.5 y 6 °C, respectivamente, con una termoclina mejor definida en septiembre. En noviembre la columna de agua presentó una uniformidad térmica, causada por la disminución en la radiación solar característica de la época climática predominante. En todos los muestreos la distribución dentro del puerto fue determinada por la estructura térmica de la Bahía de Todos Santos (Figs. 2 a, b, c, d).

### Salinidad

El intervalo de este parámetro (33.0 – 33.7 ups) señaló una uniformidad estacional influenciada posiblemente por las aguas de la Corriente de California de salinidad superficial menor que 33.8 ups. La homogeneidad en la distribución de salinidad, tanto en superficie como en el fondo, indicó que los volúmenes de aguas residuales vertidas fueron intermitentes y de baja magnitud;

además, con una escasa influencia del Arroyo Ensenada, en época de lluvias. La uniformidad en el perfil vertical de la salinidad sugirió que un patrón de mezcla dentro de la rada portuaria dominada más por la temperatura que por la salinidad.

### Oxígeno

La uniformidad en el oxígeno disuelto en la estación fuera del puerto, estuvo influenciada por el patrón de circulación de la Bahía de Todos Santos, que aportó aguas características de la Corriente de California, con contenidos mayores a 5 ml/L durante todo el año excepto en junio (De la Cruz-Orozco, 2002).

El déficit paulatino de oxígeno desde la boca a la zona norte, evidenció de que el prisma de marea afectó solamente la sección sur del puerto, limitando la renovación y el intercambio de las aguas; a este comportamiento se unió la constante influencia antropogénica como consecuencia de una mayor concentración de la actividad portuaria en el área norte (Fig. 1). En noviembre, hubo una tendencia a la hipoxia (< 3 ml/L) en más de la mitad del puerto, y el contenido mínimo en el área norte (1.7 ml/L), consecuencia probable de un incremento en las descargas de materia orgánica

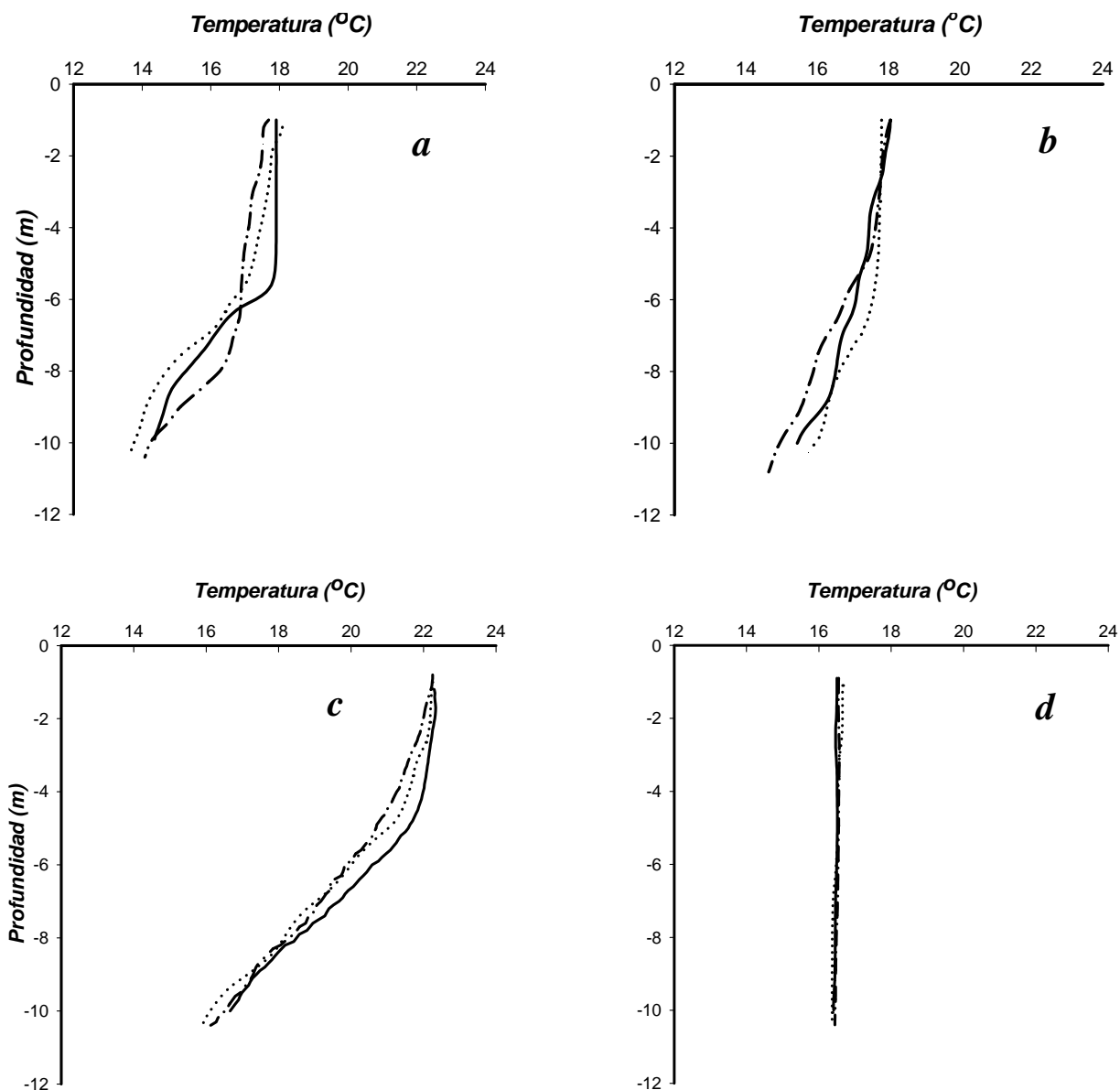


Fig. 2. Perfiles verticales de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) en la estación 1 (Bahía de Todos Santos) y estaciones 6 y 7 (Puerto de Ensenada) en marzo (a), junio (b), septiembre (c) y noviembre (d).

de las instalaciones asentadas en esa área; o de la resuspensión de sedimentos (Fig. 3). El perfil vertical de oxígeno en marzo, junio y septiembre tuvo máximos entre 6-8 m, lo que permitió una mayor oxigenación de las aguas en el fondo, en noviembre se observó un máximo en el contenido del gas a los 2 m, para posteriormente disminuir hasta condiciones de hipoxia (Fig. 4).

### Nutrientes

Los nutrientes cuantificados en la zona marina adyacente al puerto fueron estables ( $0.8 - 3.0 \mu\text{M}$  de amonio;  $0.1 - 6.2 \mu\text{M}$  de nitratos + nitritos;  $0.2 - 0.9 \mu\text{M}$  y hasta  $7.9 \mu\text{M}$  de silicatos), tanto en superficie como en el fondo, con contenidos semejantes a las aguas oceánicas y costeras de la zona de estudio, bajas en general, comparadas con las características de sistemas acuáticos que reciben altos subsidios de nutrientes acarreados por ríos, o aportados por escorrentía superficial, incluso por debajo de zonas con fuertes impactos humanos (Rivera-Duarte *et al.*, 1986; Millán-Núñez

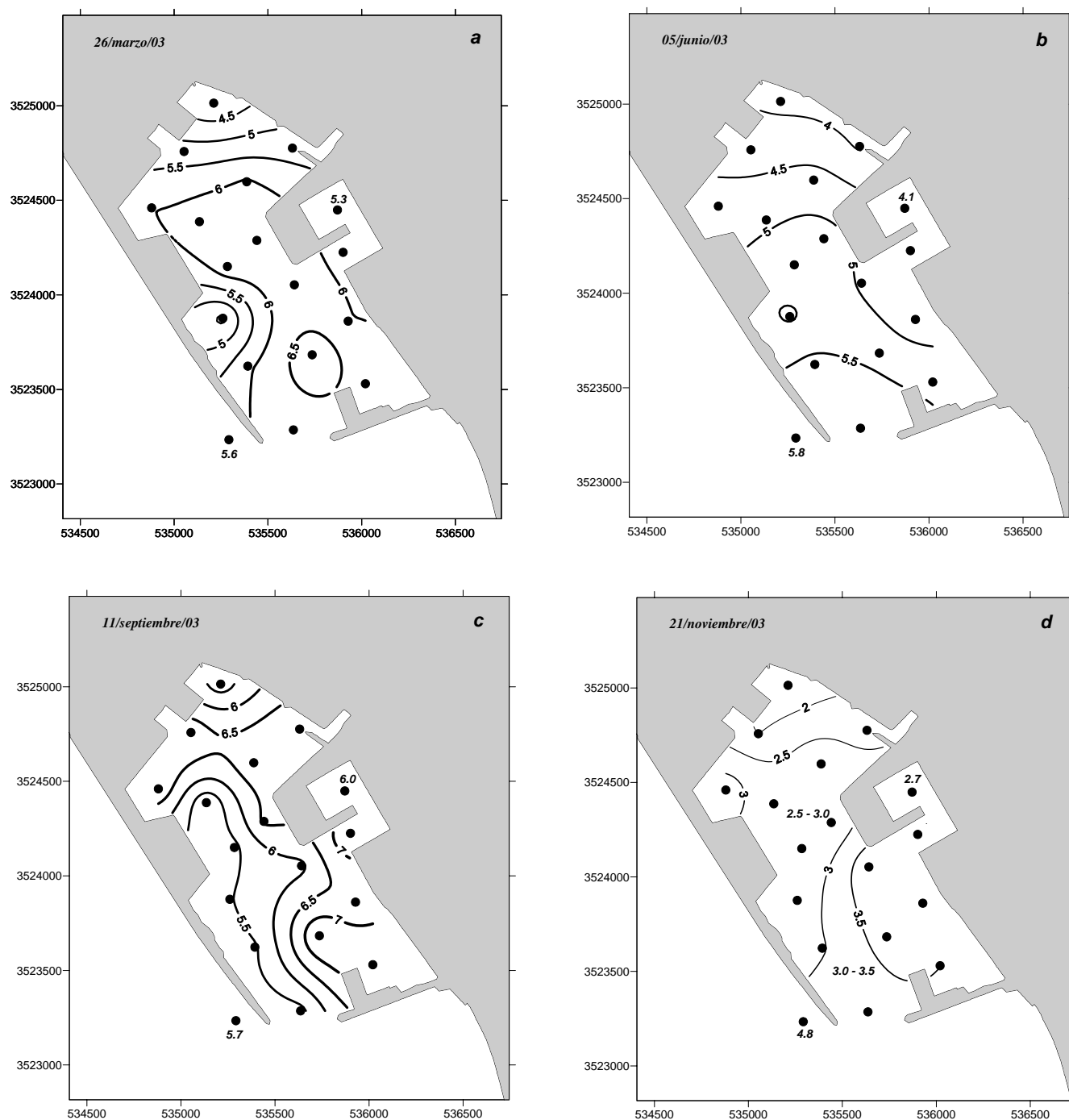


Fig. 3. Distribución del oxígeno disuelto (ml/L) en el Puerto de Ensenada, B. C., en marzo (a), junio (b), septiembre (c) y noviembre (d).

y Rivas-Lozano, 1988 y Martínez *et al.*, 2001). En marzo, junio y septiembre, el amonio ( $0.3 - 4.8 \mu\text{M}$ ) y los fosfatos ( $0.1 - 1.3 \mu\text{M}$ ) tuvieron niveles similares dentro del puerto; en noviembre hubo un incremento (hasta  $19.0 \mu\text{M}$  para el amonio y  $2.8 \mu\text{M}$  para el fosfato), que pudo ser causado

principalmente por dos factores; el primero, un “pico” en la descarga portuaria en la dársena, ya que el muestreo fue realizado en un período caracterizado por una elevada presencia de turistas en la ciudad (evento deportivo internacional) y un aumento en el número de

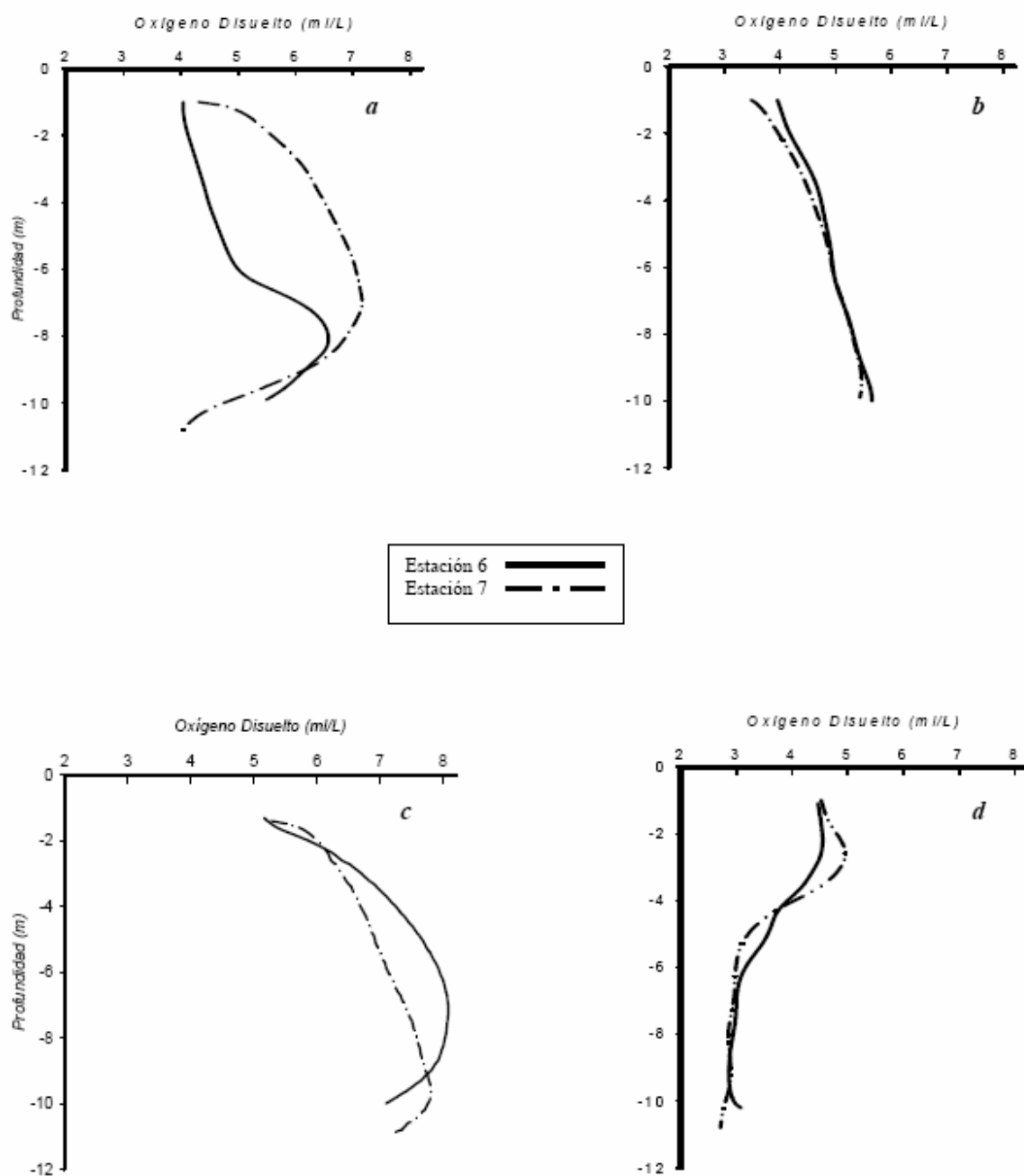


Fig. 4. Perfiles verticales de oxígeno disuelto (ml/L) de las estaciones 6 y 7 en el Puerto de Ensenada, B.C en marzo (a), junio (b), septiembre (c) y noviembre (d).

embarcaciones (vida a bordo, cruceros) que permanecieron en el puerto; el segundo, al efecto de resuspensión del sedimento, debido al tránsito de embarcaciones capaces de remover materiales en zonas de baja profundidad, promoviendo la liberación de nutrientes, lo que fue más explicable

ya que los mayores contenidos estuvieron en el fondo.

Los nitratos + nitritos ( $6.4 \mu\text{M}$ ) y los silicatos ( $18.2 \mu\text{M}$ ) fueron máximos en marzo; contenidos estables en junio, septiembre y noviembre ( $0.1 - 3.7 \mu\text{M}$ )

para los nitratos + nitritos y de 0.6 a 13.7  $\mu\text{M}$  en los silicatos). Los mayores contenidos en marzo, principalmente en el fondo, pudo deberse a varios factores; el primero, la fertilización natural de las aguas cercanas a la zona de estudio, debido a la posible influencia de surgencias costeras, que son comunes en los meses de primavera y verano en Bahía de Todos Santos; el segundo, la liberación de los sedimentos superficiales debido a la alta energía que prevaleció en la zona cercana al rompeolas oeste del puerto; por último, el aporte fluvial de los arroyos que desembocan sobre la costa sur de la Bahía de Todos Santos (el Gallo, San Carlos y las Ánimas), sobre todo si los meses de mayor lluvia fueron febrero y marzo (más de 100 mm) (CNA, 2003) y que a través de las corrientes, que fueron más intensas cerca de la costa y en dirección norte con predominio del viento del SW (Argote *et al.*, 1991) hayan sido transportados hacia las inmediaciones de la dársena portuaria. De estos factores, el más consistente fue el aporte de ambos nutrientes a través de las descargas fluviales y la liberación de los sedimentos, ya que las figuras de temperatura superficial (Erick Márquez, com. pers.) descartaron el afloramiento de agua profunda (temperaturas bajas) en las zonas características para que estas ocurran (Punta San Miguel y Punta Banda) (Ladah, 2003). En noviembre también se observó un gradiente de mayor a menor desde el norte hacia del puerto, así como la existencia de giros ciclónicos en el muelle de cruceros (Fig. 5). Esta distribución contribuyó a delimitar los ambientes dentro del puerto con mayor influencia del intercambio mareal con el mar adyacente, de bajas concentraciones en la zona sur, y los de circulación limitada así como mayor influencia antrópica, con incremento en sus niveles hacia la zona norte. Coronado-Méndez (2002) midió el efecto de la marea en el puerto a través de un trazador y explicó que en la zona norte la concentración del trazador permaneció inalterable después de un ciclo de marea viva, mientras que en la zona sur el trazador fue evacuado completamente debido al intercambio con la Bahía de Todos Santos. El sistema de giros que se forma debido a la dinámica de circulación dentro del Puerto de Ensenada, ha sido documentado por Czitrom *et al.* (2003) y Coronado-Méndez (2002); los primeros, a través de un modelo bidimensional encontraron evidencias de los mismos en el sureste, la rada de la Marina Baja Internacional (MBI), la zona noroeste y en la zona sur del muelle de contenedores; el segundo autor, a partir de un modelo tridimensional documentó la formación de al menos cuatro giros (sureste, muelle de cruceros, muelle de SEMAR y boca del puerto).

### Clorofila *a*

Las concentraciones fueron elevadas (0-16  $\text{mg}/\text{m}^3$ ) comparadas con las reportadas por otros autores para la Bahía de Todos Santos (0-1  $\text{mg}/\text{m}^3$ ) (Galarza-Placencia y Gaxiola - Castro, 1987; González- Morales y Gaxiola - Castro, 1991). Sin embargo, coincidieron con lo cuantificado por Cardona - Canizales *et al.* (1990) y Millán-Núñez y Loya-Salinas (1993) en épocas de surgencias costeras en Bahía de Todos Santos y Estero de Punta Banda (20  $\text{mg}/\text{m}^3$ ).

La correlación de la clorofila *a* con los nutrientes fue baja en la mayoría de muestreos en superficie y fondo; las causas principales de este comportamiento, pudieron ser, la distribución heterogénea del fitoplancton (formación de "parches"), la dinámica de circulación del puerto que influyó en la estabilidad de la comunidad fitoplanctónica y las tasas de crecimiento de la biomasa, en las cuales existió un desfase con la utilización de los nutrientes (Harris, 1980 y Cardona-Canizales *et al.*, 1990).

Espacialmente, la distribución del pigmento siguió un patrón poco definido, comparado con los demás parámetros determinados. En marzo, esta heterogeneidad fue más evidente que en los muestreos de septiembre y noviembre, con los contenidos más elevados en el sur y el centro del puerto. La distribución de fondo en noviembre, mostró una mayor concentración de clorofila *a* en la región con mejor influencia del medio marino adyacente, siendo menores sus concentraciones hacia la zona norte, donde las condiciones de turbidez, debido a la suspensión de partículas, fueron más elevadas (Martínez *et al.*, 2001 y Guillermo Martínez, com. pers.).

La distribución en la columna de agua fue similar al perfil de oxígeno disuelto, principalmente en marzo y noviembre, señalando que la actividad fotosintética en la distribución vertical influyó significativamente en el contenido de oxígeno y su saturación. El incremento de la producción primaria a profundidades entre 6 y 8 m, contribuyó con los elevados niveles de oxígeno disuelto registrados en marzo en el fondo, favoreciendo a la disponibilidad del gas en las capas profundas para la oxidación de materia orgánica en los sedimentos.

### Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La demanda química de oxígeno (DQO), mostró variaciones temporales (0 - 28  $\text{mg O}_2/\text{L}$ ) dentro del

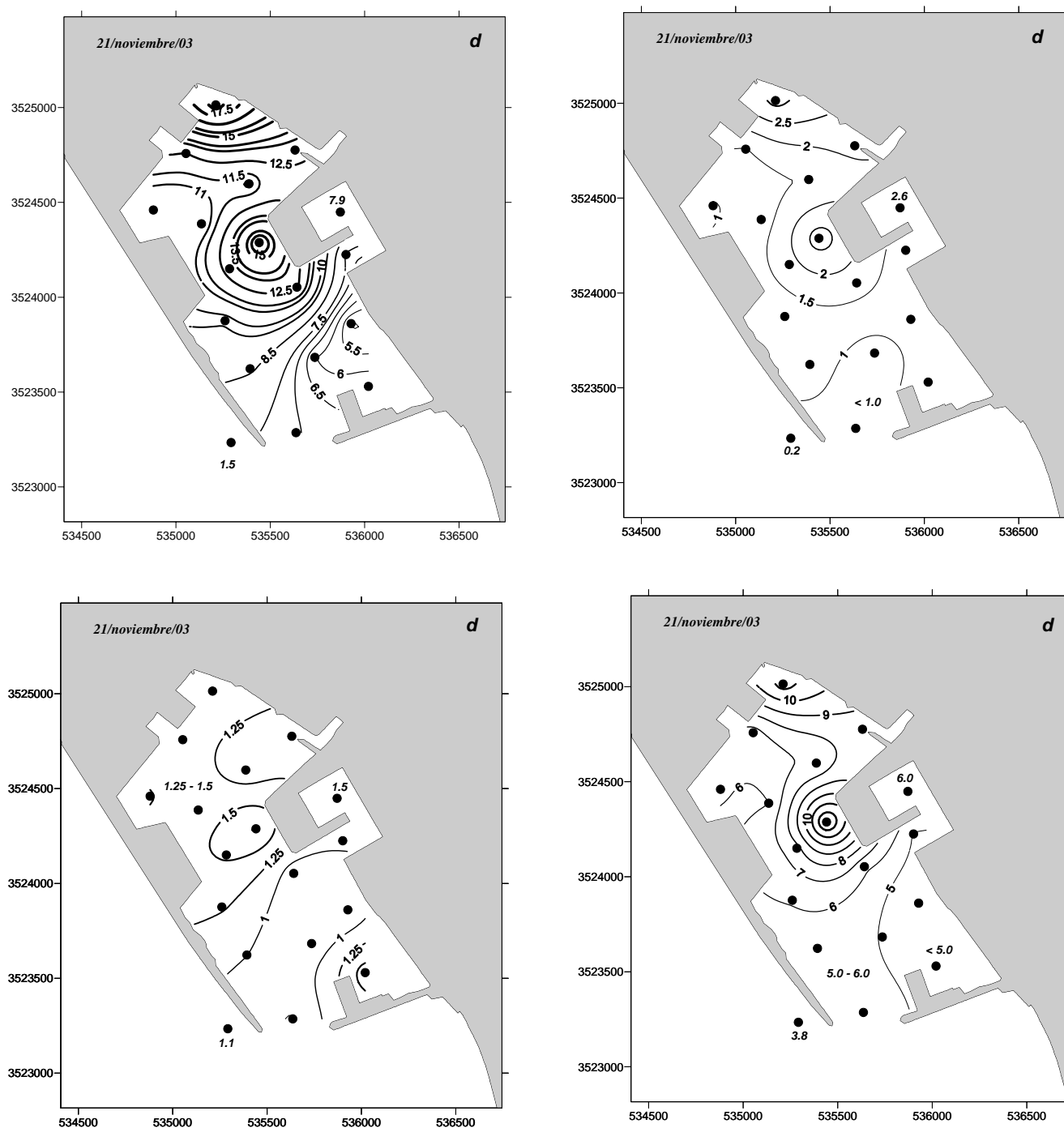


Fig. 5. Distribución de amonio (a), nitratos + nitritos (b), fosfatos (c) y silicatos (d) en noviembre en el Puerto de Ensenada, B.C.

puerto. En la Bahía de Todos Santos los intervalos fueron bajos (0.2–2.5mg O<sub>2</sub>/L), en correspondencia con las características de sus aguas.

Los resultados de este trabajo indicaron que los contenidos más elevados fueron en noviembre (hasta 28 mg O<sub>2</sub>/L), y pudieron ser consecuencia de los mismos fenómenos que han sido ya descritos como posibles causantes directos de los



elevados niveles de nutrientes y las condiciones de hipoxia (menos de 3 ml/L) registradas en la misma región, lo cual se corroboró con las correlaciones de la DQO con el oxígeno disuelto, el amonio, los nitratos + nitritos, y los fosfatos ( $r=-0.69$ ;  $r=0.82$ ;  $r=0.55$ ;  $r=0.71$ ,  $p=0.001$ ).

### **Consideraciones generales en cuanto a la instalación del SIBEO.**

El SIBEO se pretende instalar en la zona noroeste del puerto por el oleaje, pues esta posición sería ventajosa en cuanto a la captación de olas, y además, según los modelos aplicados, donde su flujo afectaría el área más extensa dentro de la rada. Sin embargo Czitrom *et al.* (2003) y Coronado-Méndez (2002) encontraron que este aporte sería poco significativo en la zona norte de puerto. Los resultados de este trabajo sugirieron que la zona más afectada fue la norte, por lo que el flujo y posición del SIBEO, deberían garantizar principalmente la evacuación de estas aguas.

Coronado-Méndez (2002) concluyó que la eliminación de condiciones anóxicas en el fondo de la rada, a través del aporte de agua más oxigenada del mar adyacente, sería poco probable. Los resultados del estudio señalaron la ausencia de zonas anóxicas en el fondo del puerto; por lo que resultaría más productivo el saneamiento de la zona norte a partir de promover la evacuación de sus aguas.

Peynador (2000) sugirió la posibilidad de que el uso del SIBEO para remoción de contaminantes impactaría a áreas aledañas a la zona de estudio. Los mayores contenidos de materia orgánica y nutrientes en el puerto fueron en noviembre, por lo que la evacuación de éstos, traerían prácticamente ningún impacto; primero porque el efecto de dilución del SIBEO contribuiría a que sus concentraciones fueran características de zonas oceánicas y costeras; y segundo porque las corrientes los transportarían a mar abierto en época de invierno (Argote *et al.*, 1991).

La presencia de giros en la dinámica de circulación del puerto fue reportada por Czitrom *et al.* (2003) y Coronado-Méndez (2002). El posible incremento de nutrientes y materia orgánica en dos giros ciclónicos: uno en el muelle de contenedores y el otro en el muelle de cruceros, deben ser tomadas en cuenta en las perspectivas del SIBEO de contribuir a la liberación de contaminantes de la rada portuaria.

Una de las posibles causas del incremento de nutrientes y materia orgánica en el puerto pudo ser la resuspensión del sedimento por el tránsito de embarcaciones, sugiriendo que en los estudios posteriores para la instalación del SIBEO y la evaluación de su impacto, el papel de los sedimentos debe ser tomado en cuenta.

Peynador (2002) cuestionó las posibles implicaciones que sobre la resuspensión del sedimento tendría el flujo del SIBEO; sin embargo por los resultados de este estudio, el tránsito de embarcaciones y las corrientes dentro del puerto pudieron tener más efectos en la fisicoquímica de las aguas, que la cantidad de sedimento que pudiera resuspender la corriente generada por el flujo del SIBEO.

### **CONCLUSIONES**

- La estructura termohalina del puerto fue similar a la de la Bahía de Todos Santos, con temperatura y salinidad superficiales uniformes en todos los muestreos, y una estratificación por temperatura en marzo, junio y septiembre. Cabe destacar que esta similitud fue más evidente en las estaciones de mayor profundidad (región central de la dársena).
- En el Puerto de Ensenada, principalmente en noviembre, los desechos industriales y domésticos y la resuspensión de sedimentos debido al tránsito de embarcaciones, pudieron contribuir a la generación de aguas con características hipóxicas ( $< 3\text{ml/L}$ ) y un incremento en los contenidos de amonio ( $19\ \mu\text{M}$ ), nitratos + nitritos ( $3.1\ \mu\text{M}$ ), fosfatos ( $2.8\ \mu\text{M}$ ), silicatos ( $12\ \mu\text{M}$ ) y DQO ( $28\ \text{mgO}_2/\text{L}$ ). Estos factores, además de la circulación limitada en la zona norte y la existencia de giros ciclónicos frente a los muelles de cruceros y contenedores, condicionaron la distribución espacio-temporal de los parámetros determinados, además de la existencia de un gradiente de mayor a menor desde la zona norte hacia la boca, señalando que el prisma de marea influyó principalmente en la mitad sur del puerto.
- La implementación del SIBEO contribuiría a la limpieza paulatina de la zona norte del puerto y sería un elemento importante para evitar eventos de contaminación, provocados por picos en las descargas de aguas residuales.

### **REFERENCIAS**

American Public Health Association (APHA), American Water Work Association, Water Pollution

- Control Federation (1986): *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water*. 16<sup>th</sup> Edition. Washington. D. C. 1268 pp.
- Argote-Espinoza, M. L., F. J. Gaviria-Medina y A. Amador-Buenrostro (1991): Wind Induced Circulation in Todos Santos Bay, B. C., México. *Atmósfera*, 4: 101-115.
- Cabrera-Muro, H. R. (1974): Distribución de Temperatura en la Bahía de Todos Santos. *Ciencias Marinas*. 1(1): 65 – 77.
- Cardona-Canizales, C., R. Millán-Núñez, J. R. Lara-Lara y J. E. Valdez-Holguín (1990): Variabilidad espacio temporal de la clorofila *a* en una zona de surgencia frente a Baja California. *Ciencias Marinas*. 16 (2): 53 – 65.
- Comisión Nacional del Agua (CNA) (2003): Gerencia Regional de la Península de Baja California, Subgerencia Regional Técnica, Jefatura de Proyecto de Meteorología. Av. Reforma y Calle “L”-2do. Piso, Colonia Nueva, Mexicali, Baja California 21100, México.
- Coronado-Méndez, C. (2002): Aplicación de un Modelo Hidrodinámico Tridimensional en el Puerto de Ensenada, B.C. Tesis de Licenciatura. UABC. Ensenada. B. C. 56 pp.
- Czitrom, S.P.R., M. Merino, F. Ruiz y M.A. Alatorre (1993): Premio León Bialik a la Innovación Tecnológica (CIT, UNAM), por el proyecto “Bombeo de Agua Mediante Ductos Resonantes”. Gaceta de la UNAM. 3 (784): 7 -8.
- Czitrom, S.P.R., E. Prado, R. Godoy, R. Rodríguez y R. Peralta-Fabi (1996): Sea-Water Pumping by Resonance. Second European Wave Power Conference, Lisboa, November 8-10, 1995. Abstracts. 34 pp.
- Czitrom, S.P.R., I. Núñez e I. Ramírez (2003): Innovative uses of wave power: Environmental management of Port of Ensenada, México. *Journal of the Marine Technology Society* 36(4):74-84.
- De la Cruz-Orozco, M. (2002): Efecto de El Niño 1998 – la Niña 1999 en el oxígeno disuelto de la región sur de la Corriente de California. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas, UABC. 83 pp.
- De la Lanza-Espino, G. y M.A. Rodríguez-Medina (1993): Nutrient exchange between subtropical lagoons and the marine environment. *Estuaries*. 16(2): 273 – 279.
- De la Lanza-Espino, G. y S. Hernández-Pulido (1994): Nutrientes y productividad primaria en sistemas acuícolas, capítulo 2. En: *Ecología de sistemas acuícolas* (L. Martínez, ed.), México, 227 pp.
- De la Lanza-Espino, G y C. Cáceres (1994): *Lagunas Costeras y el Litoral Mexicano*. Universidad Autónoma de Baja California Sur, 525 pp.
- Harris, G.P. (1980): Temporal and spatial scales in phytoplankton ecology. Mechanisms, methods, models, and Management. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37: 877 – 900.
- Galarza-Placencia, J. y G. Gaxiola-Castro (1987): Variación de clorofila, fitoplancton y nutrientes en agua costera de Baja California, enriquecida con EDTA. *Ciencias Marinas* 13(3): 113 – 130.
- González-Morales, A. T y G. Gaxiola-Castro (1991): Variación día a día de de características físico – químicas, biomasa y productividad del fitoplancton en una zona de surgencia costera de Baja California. *Ciencias Marinas* 17(3): 21 – 37.
- Grijalva-Chon, J.M., R. Castro-Longoria y M.G. Hamman (1983): Temperatura y visibilidad en la Bahía de Todos Santos, B.C., México, octubre de 1982 a septiembre de 1983. *Ciencias Marinas* 11(1): 39 – 48.
- Guerrero-Galván, S. (1997): Estudio biogeoquímico de los procesos de mezclado estuarino en una laguna costera subtropical de México. México, Universidad Nacional Autónoma de México, Tesis de Doctorado, 105 pp.
- Ladah, L. (2003): The shoaling of nutrient-enriched subsurface waters as a mechanism to sustain primary productivity off Central Baja California during El Niño winters. *Journal of Marine Systems* 42: 145– 152.
- Manual del equipo (1994): The SAN<sup>plus</sup> segmented flow analyzer seawater analysis. Skalar Analytical B.V. Holanda, 50 pp.
- Martínez, E., M. Sánchez y F. Moreno (2001): Estudio de Calidad del Agua en la Bahía de Ensenada, B.C. Informe Final, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), 100 pp.

- Millán-Núñez, R. y A.M. Rivas-Lozano (1988): Nutrientes y clorofilas en Bahía de Todos Santos (mayo 1983). *Ciencias Marinas* 14(4): 23-42.
- Millán-Núñez, E. y D.H. Loya-Salinas (1993): Variabilidad temporal del fitoplancton en una zona costera del noroeste de Baja California. *Ciencias Marinas* 19(1): 61 - 74.
- Morales-Zúñiga, C. (1977): Variaciones estacionales de la temperatura en la Bahía de Todos Santos. *Ciencias Marinas* 4(1). 23 - 33.
- Peñador, C. (2000): Evaluación de impacto ambiental del Proyecto SIBEO. (Inédito). Elaborado por Lorax Consultores S. A de C. V de Ensenada, 20 pp.
- Rivera-Duarte, I., K. Nishikawa Kinamura, S. Sañudo-Wilhelmy y J.A. Segovia-Zavala (1986): Efecto de los contaminantes derivados de la industria de la harina de pescado en la Bahía de Todos Santos, B.C. *Ciencias Marinas* 12(2): 69- 84.
- Ruiz, F., M. Merino, M.A. Alatorre, S.P.R Czitrom y V. Franco (1994): Un dispositivo de bombeo de agua marina activado por el oleaje. *Ingeniería Hidráulica en México* 9(2): 45 - 51.
- Sañudo-Wilhelmy, S., I. Rivera-Duarte, J.A. Segovia-Zavala, M.V Orozco-Borbón, F. Delgadillo-Hinojosa y J. del Valle-Villorin (1985): Estado actual de la contaminación marina en la Bahía de Todos Santos, B.C: diagnóstico y alternativas para su reducción y control. *Reporte Técnico* 85-01. IIO-UABC, 32 pp.
- Torres-Rodríguez, J. y L. Gómez-Morín (1989): Estimación cuantitativa y cualitativa del azolvamiento en el Puerto de Ensenada, B. C., México. *Ciencias Marinas* 15(4): 39 - 50.

Aceptado: 4 de enero del 2006