

Ciclo anual de variables hidrobiológicas en el estuario Barra de Navidad, México

Alejandro O. Meyer Willerer^{*}
B. Berenice Velázquez González^{**}
Manuel Patiño Barragán^{*}

Resumen

Se cuantificaron diez variables físicas y químicas, se identificaron y contaron los organismos planctónicos, así como el número más probable de coliformes totales en el estuario de Barra de Navidad, mensualmente, de julio de 2000 a junio de 2001, con objeto de describir la distribución de las variables. Las condiciones del estuario variaron entre las temporadas de lluvias y secas. La salinidad, la temperatura, el oxígeno disuelto y el pH fueron modificados por la entrada de agua dulce del río Marabasco y del agua marina proveniente de la Bahía Navidad. Los ortofosfatos fueron escasos; por el contrario, las concentraciones de los iones nitrato y amonio fueron elevadas. El fitoplancton fue abundante y la composición de especies varió en función de la salinidad: las cianofíceas y euglenofitas dominaron en la zona oligohalobia; las clorofíceas y dinoflagelados en la mesohalobia, y las diatomeas y el zooplancton en la polihalobia. La presencia de un número elevado de coliformes totales denota la influencia negativa de las actividades humanas, de no tratarse de manera apropiada en el futuro.

Palabras clave: Plancton, ciclo anual, estuario Barra de Navidad, nutrimentos.

Introducción

Una parte considerable de la costa de México está formada por estuarios y lagunas costeras (Lankford, 1977). Estos cuerpos de agua son zonas de transición

entre los ríos y el océano, por lo que son ambientes someros, donde la amplitud de las variaciones de los factores físico-químicos, el aporte de agua dulce, la influencia de los sedimentos en la columna de agua y de las mareas, propician un hábitat muy dinámico y abierto (Kennish, 2000; Zedler, 2001). La fauna y la flora presentan alto grado de adaptación evolutiva debido a las presiones ambientales constantes, y por lo general son abundantes porque el aporte de nutrientes es elevado. En estos cuerpos de agua las interacciones ecológicas son tan importantes que se les debería considerar como reservas naturales (Nebel y Wright, 1998).

Los estuarios pueden ser divididos en tres zonas: *Estuario marino bajo*, que tiene conexión libre con el mar; *Estuario intermedio*, que es donde se lleva a cabo el mezclado más intenso de agua dulce y marina, y *Estuario alto o fluvial*, caracterizado por su alto contenido de agua dulce, pero cuyas variaciones de salinidad dependen de las mareas. Los límites entre estas zonas los marca el flujo del río (Kennish, 1986).

Los estuarios y las lagunas también son importantes desde el punto de vista económico porque son utilizados en actividades pesqueras, acuícolas, deportivas y paisajísticas. Son una fuente de recursos animales que sirven de alimento a los seres humanos, como son los bivalvos, crustáceos y peces. Por otro lado, las desembocaduras ocasionalmente son modificadas para ser utilizadas como zonas de recreación y para proteger las embarcaciones contra las inclemencias meteorológicas.

El estudio de lagunas costeras y estuarios en México fue relativamente escaso y puntual hasta los años setenta (Ayala-Castañares y Phleger, 1969). Y debido a la escasez de conocimientos sobre los recursos bióticos de esos cuerpos de agua, así como de sus condiciones hidrológicas, físico-químicas y geológicas, se propició la explotación irracional de algunas especies animales (De la Lanza-Espino, 1986).

^{*} CEUNIVO, Universidad de Colima, km. 20 Carr. Manzanillo-Cihuatlán, Manzanillo, Col. CP 28860; AP 300, Santiago, Col. CP 28860; ameyer@cgic.uco.mx

^{**} FACIMAR, Universidad de Colima, km. 20 Carr. Manzanillo-Cihuatlán, Manzanillo, Col. CP 28860

Los trabajos de investigación realizados en las lagunas costeras y estuarios del Pacífico central mexicano no son muy numerosos cuando se compara con los de otras costas, sobre todo las del Golfo de México (Amezcu-Linares, 1996) y, en su mayoría, describen las particularidades de algunas especies o las características generales de ecosistemas determinados. Entre los que se han llevado a cabo en las costas de Jalisco, Colima y Michoacán, cabe mencionar el estudio desarrollado en la Laguna Agua Dulce, Jal., en los años setenta y ochenta, para recabar datos meteorológicos y predecir el balance hidrológico con respecto a su salinidad (Ocegueda, 1980). A su vez, personal del Departamento de Pesca en los años setenta analizó el efecto de la construcción de una estructura que controlara la entrada de agua del río María García a la Laguna Agua Dulce y el estero Ermitaño (Departamento de Pesca, 1977a y b).

En el estuario Barra de Navidad, que se localiza entre los estados de Colima y Jalisco, los trabajos de investigación han sido escasos. Entre ellos está el emprendido por la compañía Turbana, que realizó estudios del suelo para la planificación de un complejo turístico (Dames y Moore, 1973); posteriormente, por medio de modelos numéricos, Fernández-Perea (1987) describió las corrientes en la laguna (ya modificada por las obras), resultantes tanto de la influencia de las mareas, como de los vientos dominantes. Otros autores analizaron el plancton, la productividad y la comunidad de invertebrados (Rodríguez, 1982; Rodríguez-Cajiga, 1985; Sandoval-Rojo *et al.*, 1988). También se efectuaron investigaciones sobre los crustáceos decápodos y su relación con el tipo de sustrato (Álvarez del Castillo, 1983; Hendrickx, 1989; Álvarez del Castillo *et al.*, 1992). Marmolejo-Rodríguez en 1999 examinó la posible presencia de plaguicidas organoclorados en camarones cultivados en el estuario, sobre la hipótesis de que estos compuestos eran arrastrados por el agua proveniente de la zona agrícola del Valle de Cihuatlán que desemboca la mayor parte del año en el estuario, pero esto no fue confirmado. Por otro lado, Llauger (1994), observó una disminución en la eclosión de nauplios de camarón *Penaeus vannamei* debida a la existencia de metales pesados.

Otros estudios afines a la presencia de metales pesados fueron los efectuados por Meyer-Willerer y colaboradores en 2003, quienes encontraron concentraciones de mercurio en los sedimentos, inferiores a la media calculada para la corteza terrestre. Sin embargo, en la columna de agua Shumilin *et al.* (2005), detectaron cantidades de algunos metales, como plomo, cadmio, cromo, cobre, cobalto y zinc, por encima de los valores establecidos en las norma para aguas

de estuarios sobre material disuelto y particulado en suspensión.

Se desconoce si existen trabajos previos con información hidrológica de este cuerpo de agua, por lo que la presente contribución pretende dar a conocer algunos de los aspectos más relevantes sobre el estuario Barra de Navidad. Se comparan los datos de variables tales como la profundidad, los factores físico-químicos, de comunidades planctónicas, y bacteriológicos registrados en la temporada de lluvias (julio a noviembre 2000) y en la época de secas (diciembre 2000 a junio 2001) con el objetivo de presentar, por primera vez, información de un ciclo anual de este estuario eutroficado por la entrada de nutrimentos y modificado por la construcción de un canal por el que ingresa agua dulce proveniente del río Marabasco (Velázquez-González, 2001).

Métodos y materiales

Área de estudio

El estuario Barra de Navidad se localiza en la costa sur del estado de Jalisco y en la costa norte del estado de Colima, entre las coordenadas geográficas 19°10'51" y 19°12'10" N y 104°39'14" y 104°41'08" O; su eje principal mide 3.6 km de longitud y tiene una dirección noroeste-sureste, por lo que está orientado de manera paralela al océano Pacífico. Su forma asemeja un paralelepípedo y puede dividirse en tres sectores cortados por medio de penínsulas: el sector marino, el más profundo, y adyacente a la boca con dos islas naturales, la de los Puercos y el Alacrán, y una artificial formada para dar acceso a un embarcadero; el sector central entre las dos penínsulas, cuya parte más angosta, de 160 m de longitud, fue formada artificialmente por medio de relleno y la otra península, que forma la Punta las Cuestitas, mide 750 m en su parte más estrecha; y el sector somero en el Este por donde entra el agua dulce. Este último, tiene una parte amplia de entre 1.25 y 1.37 km de ancho y una isla natural, la Tepelolote (Figs. 1 y 2).

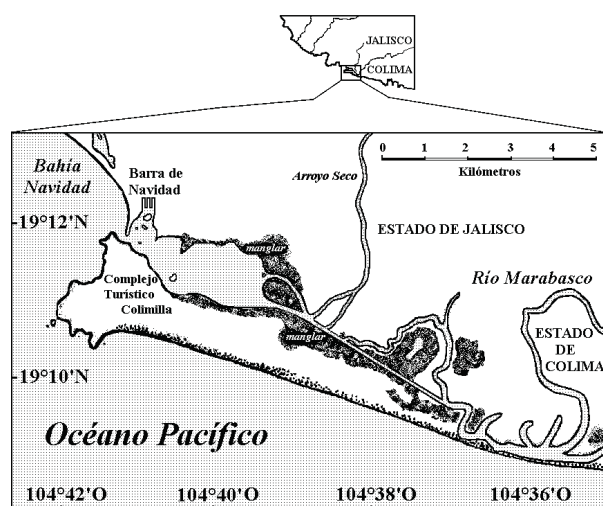
La superficie del estuario es de 367.4 hectáreas, si bien fluctúa continuamente debido a la marea. Este cuerpo de agua posee una comunicación continua con la Bahía Navidad por el noroeste, mientras que el aporte del río Marabasco se realiza a través de un ramal de éste, que ingresa por el lado centro-oriental y de un canal artificial construido con el propósito de controlar los problemas de hipersalinidad, que desemboca por el sureste del estuario.

Este canal es bloqueado esporádicamente por el material proveniente del Arroyo Seco. Por otro

lado, el estuario es alimentado continuamente por las aguas negras tratadas y no tratadas de la población de Barra de Navidad, que se localiza al noroeste del estuario, sobre la barrera de arena que lo separa de la bahía, y del consorcio turístico que se ubica al norte del poblado de Colimilla. En el periodo de estudio, el agua dulce sólo fluyó hacia el estuario en época de sequía; mientras que en la de lluvias el salió, en una ocasión, por una boca que se abrió directamente al océano Pacífico, y por el canal, hacia el estuario.

Figura 1

Localización del área de estudio incluyendo al Río Marabasco y Arroyo Seco



El clima que se presenta en la región es tropical sub-húmedo de tipo (Aw) con temperatura promedio de 26.4 °C (García, 1973). El mes más frío es febrero con 20.2 °C y el más cálido es julio con 31.6 °C. Las lluvias son torrenciales en los meses de mayo a noviembre con una precipitación máxima de 400 mm en septiembre y el promedio total anual es de 1 200 mm. Los vientos dominantes provienen del Suroeste, aunque varían un poco en dirección e intensidad en invierno.

La cuenca del río Marabasco incluye parte de las sierras de Mamey, Manantlán y el Perote. Este río, de tan sólo 60 km de longitud, acarrea nutrientes y sedimentos que contribuyen al azolvamiento del estuario. Con frecuencia se abre una "boca" que comunica directamente al río Marabasco con el océano Pacífico, esto puede ocurrir en forma natural, durante la temporada de lluvias y huracanes, o en forma artificial, para controlar el nivel del agua en la parte baja del valle de Cihuatlán, que es una zona agrícola (ver algunos efectos de este evento en el trabajo de Meyer *et al.*, en este mismo libro). Cuando se abre esta des-

embocadura, la cantidad de agua que llega al estuario es mucho menor que cuando está cerrada.

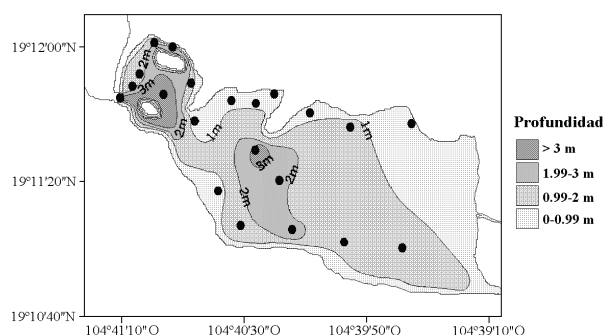
El régimen de mareas en la zona de estudio es mixto, con dos pleamares y dos bajamares diarias (De la Lanza-Espino, 1991). Los patrones de la corriente oceánica en la zona se pueden deducir a partir de los definidos por Wyrski (1965) para el océano Pacífico oriental. Entre agosto y diciembre, la corriente Ecuatorial, regida por los vientos dominantes, fluye del Sureste. En invierno se hace presente la corriente de California, que se dirige hacia el Sur con una velocidad de 15 cm·seg⁻¹. En primavera se forma la zona de convergencia intertropical que da origen a corrientes con una velocidad de 20 cm·seg⁻¹ que fluyen hacia el Norte.

Diseño de muestreo

El estuario se dividió en cinco zonas para su estudio, en función de la salinidad: zona de entrada del agua del río; zona con características estuarinas, donde se realizan los procesos de mezcla del agua dulce y marina; zona intermedia; la boca, con gran influencia oceánica y adyacente a los poblados de Barra de Navidad (Jalisco) y Colimilla (Colima), y la bahía. En el estuario se estableció una red de 21 estaciones para las determinaciones de las variables físicas y químicas: cuatro en la zona somera de mezcla del agua dulce proveniente del río a través del canal y del río, con el agua marina, diez en la zona intermedia y siete en la boca (Fig. 2). Además se establecieron dos estaciones en la Bahía de Navidad. Las mediciones de la profundidad se realizaron en siete puntos por zona, en noviembre de 2001 (N = 35) y ocho sitios por zona, en febrero de 2002 (N = 40), seleccionados de acuerdo con los criterios de Shumilin *et al.* (2005).

Figura 2

Localización de las estaciones para la medición de variables físicas y químicas, obtención de muestras de agua y medición de la profundidad media del estuario Barra de Navidad



Para la identificación del fitoplancton en las diferentes zonas de la cuenca y estuario, se establecieron tres estaciones sobre el río Marabasco, en la montaña (en el puente de Minatitlán, Colima; en el puente de Peña Colorada, Colima; a mitad del río en el puente Manzanillo-Chacala), cuatro en el valle de Cihuatlán (en el poblado El Charco, Colima; en el puente de Cihuatlán, Jalisco; en el poblado El Centinela, Colima y en el delta del río), dos estaciones en el canal (en el puente hacia Colimilla y por el estuario), dos estaciones en la parte somera del estuario, dos en la zona intermedia del estuario, dos estaciones en la boca del estuario y dos en la Bahía Navidad.

Para la medición de la profundidad del estuario y la zona de manglares se utilizó una lancha con motor fuera de borda y una panga pequeña, que permitiera el acceso a las partes más someras, donde desembocan el río y el canal. Las determinaciones se efectuaron en el periodo de pleamar durante las mareas muertas de octubre de 2000. La profundidad se determinó con un equipo ecosonda portátil marca Sonar que permite medir la profundidad con 0.1 pie de precisión. Las correcciones por marea se hicieron con las tablas de la UNAM y efectuando una interpolación entre los valores del Puerto de Manzanillo y los de Puerto Vallarta.

Los muestreos hidrológicos y biológicos se realizaron mensualmente, durante un ciclo anual (julio 2000–junio 2001). Las mediciones se realizaron durante la pleamar de las mareas muertas para que la profundidad en las estaciones fuera similar y de esta manera poder comparar los diferentes muestreos. En cada una de las estaciones de trabajo se llevaron a cabo mediciones en la superficie (0.15 m) y el fondo con un multímetro marca Horiba modelo U-10 con 50 m de cable, excepto en el caso del oxígeno disuelto, que se determinó cada 0.5 m. Este aparato mide las siguientes variables: temperatura (± 0.1 °C de precisión), salinidad (0.01% de asiduidad, calibrado con agua destilada y estándar), potencial de hidrógeno (0.01 unidades de precisión, calibrado con soluciones patrón antes de cada muestreo), oxígeno disuelto (± 0.01 mg·l⁻¹ precisión, calibrado antes de cada salida a campo contra aire) y turbidez (unidades relativas en una escala de 0 a 1 000, el cero fue calibrado con agua destilada y el 1 000, bloqueando el paso de luz de la fuente). Las unidades relativas de turbidez se transformaron a valores de sólidos disueltos (mg·l⁻¹), a partir de una curva de calibración que se construyó con los datos obtenidos de muestras de agua colectadas en el estuario y filtradas a través de membranas Millipore de 0.47 μ m de diámetro de poro, que posteriormente fueron lavadas para eliminar las sales solubles y secadas hasta que el peso se mantuviera constante.

Las muestras fueron seleccionadas para construir una escala de 10 valores que va desde *Muy pocos sólidos* (dos unidades relativas) hasta *Gran cantidad de sólidos* (430 unidades relativas correspondientes a 54 mg·l⁻¹).

El porcentaje de saturación de oxígeno se obtuvo midiendo con un oxímetro marca ysi, modelo 53. El disco de Secchi no se utilizó porque la mayoría de las lecturas fue de aproximadamente 0.10 m en la zona somera del estuario.

Las muestras de agua para la determinación de nutrientes, que se obtuvieron con una botella Van-Dorn de cinco litros de capacidad, se almacenaron en botellas de plástico de un litro de capacidad, sobre hielo. Se procuró que no transcurriera más de cuatro horas desde la toma de la primera muestra, hasta su procesamiento en el laboratorio. Las muestras fueron filtradas con una membrana Millipore lavada previamente. Los iones analizados fueron amonio (N-NH₄⁺), nitritos (N-NO₂⁻), nitratos (N-NO₃⁻), ortofosfatos (P-PO₄³⁻) y silicatos (Si-SiO₃²⁻), los cuales fueron cuantificados en un autoanalizador marca Skalar (San Plus System) con cuatro canales paralelos, que emplea las técnicas descritas por Strickland y Parsons (1972), modificadas. Las muestras se diluyeron (en proporción 1:10) en forma automática hasta alcanzar concentraciones que pudieran ser evaluadas con las curvas estándar elaboradas previamente. Para eliminar las posibles interferencias, consecuencia de las fluctuaciones de salinidad, las diluciones se efectuaron con agua de mar sintética preparada para cada muestra como referencia. Los datos obtenidos por quintuplicado se promediaron y se transformaron a μ g átomos por litro (μ g-at·l⁻¹) para poder sumar los iones que contienen nitrógeno (amonio, nitritos y nitratos) y calcular el índice N:P.

La otra fracción del agua colectada con la botella Van-Dorn se guardó en un frasco de plástico de cuatro litros de capacidad, al que se adicionó formol a 5% neutralizado con tetraborato de sodio para conservar el plancton. Una vez en el laboratorio se procedió al análisis de las muestras con el método de Utermöhl (Utermöhl, 1958; Margalef, 1983). Los conteos se efectuaron con la ayuda de un microscopio invertido marca American Optical, modelo Micro Star y una cámara de sedimentación de 10 ml. La identificación y la cuantificación de géneros y especies se llevaron a cabo mediante el uso de claves taxonómicas de fitoplancton (Moreno *et al.*, 1996; Streble y Krauter, 1987; Palomares-García *et al.*, 1998; Licea-Durán *et al.*, 1995) de diatomeas (Pankow, 1990; Krammer y Lange-Bertalot, 1986, 1988, 1991a, 1991b) y de zooplancton (Streble y Krauter, 1987). Para la identificación de las diatomeas, las muestras fueron sometidas

a una digestión con ácido sulfúrico y permanganato de potasio, neutralizando con ácido oxálico, posteriormente se montaron sobre cubreobjetos con la inclusión de Gum Storax, marca Sigma, para obtener una mejor resolución. En un microscopio óptico marca Leica, modelo ICCA, se procedió a la identificación y cuantificación relativa de un número mínimo de 300 diatomeas (preferentemente hasta 400) por preparación. Se efectuaron correlaciones no paramétricas de Spearman ($p = 0.05$) entre la abundancia porcentual de las 22 diatomeas más numerosas y siempre presentes en el estuario, para determinar las asociaciones fitoplanctónicas, tanto en época de lluvias, como en la de secas. Una vez obtenidos los coeficientes de correlación r de cada uno de los pares, se agruparon en rangos de valores ($r = 0.30-0.39$; $r = 0.40-0.49$; $r = 0.50-0.59$; $r = 0.60-0.69$; $r > 0.70$).

Las asociaciones que se obtuvieron con coeficientes $r = 0.60-0.69$ o mayores a 0.70, agruparon a aquellas especies de diatomeas que viven en agua marina (eurihalinas–polihalobias), agua dulce a salobre (eurihalinas–oligohalobias) y aquellas que subsisten en concentraciones de sal bajas a intermedias (mesohalobias) según Pankow, (1990). Para la determinación de coliformes totales se utilizó la técnica del Número Más Probable (NMP) según APHA-AWWA-WPCF (1992), con frascos de vidrio esterilizados de 0.5 l de capacidad, que se abrían justo en el momento de la toma de muestra. Éstas se guardaban sobre hielo hasta su siembra. El tiempo máximo que transcurría entre la toma de la muestra y su procesamiento fue de dos horas. El proceso se hizo por quintuplicado. También se obtuvieron muestras de agua del río en los poblados de Cihuatlán y El Centinela para observar si había aportación de coliformes.

Los análisis estadísticos de los resultados fueron efectuados con *software* para computadoras personales (Statistica versión 5.1, 2000). La distribución espacial de las variables físico-químicos, nutrientes y del plancton fue graficada con el programa Surfer-7 (1999).

Resultados y discusión

Factores hidrológicos

pH (mínimo 7.93; máximo 8.41)

El pH mostró un gradiente horizontal desde la zona de entrada de agua dulce, hasta la desembocadura con la bahía en la superficie y en el fondo. Se detectaron ligeras diferencias entre la época de lluvia (7.90–8.29 en septiembre 2000), cuando el aporte de agua del río fue mayor, y la de secas (7.90–8.39 en

enero 2001), cuando la influencia del agua marina fue más grande. El pH fue más bajo en la época de secas en el fondo del centro del estuario y en el vaso más pequeño, que se comunica con la bahía, sobre todo en la zona aledaña al poblado de Barra de Navidad en donde hay descargas de aguas negras (Fig. 3, época de lluvias; Fig. 4, época de secas). Sin embargo, los valores medidos están dentro del intervalo (6.5 a 8.25 unidades) que permite una actividad biológica apropiada (Mandelli y Vázquez-Botello, 1976).

Salinidad (mínimo 20.5 ups–máximo 34.1 ups)

La salinidad fue elevada y homogénea (31.0–33.9 ups) en todo el estero en el mes de septiembre del 2000, debido principalmente a que el canal que aporta agua dulce del río Marabasco (Fig. 1) fue cerrado por el acarreo de sedimento del Arroyo Seco a principios de ese mes. En enero de 2001 el canal fue dragado y el agua dulce pudo fluir otra vez al estuario, por lo que en la época de secas se formó un gradiente de salinidad desde la entrada de agua dulce hacia la boca, que alcanzó valores mínimos de 20.5 ups en la superficie, en la zona de mezcla del agua del canal con el estuario, y valores máximos de 34.1 ups tanto en la boca como en la Bahía Navidad.

Temperatura (mínimo 21.1 °C en el fondo; máximo 30.6 °C en la superficie)

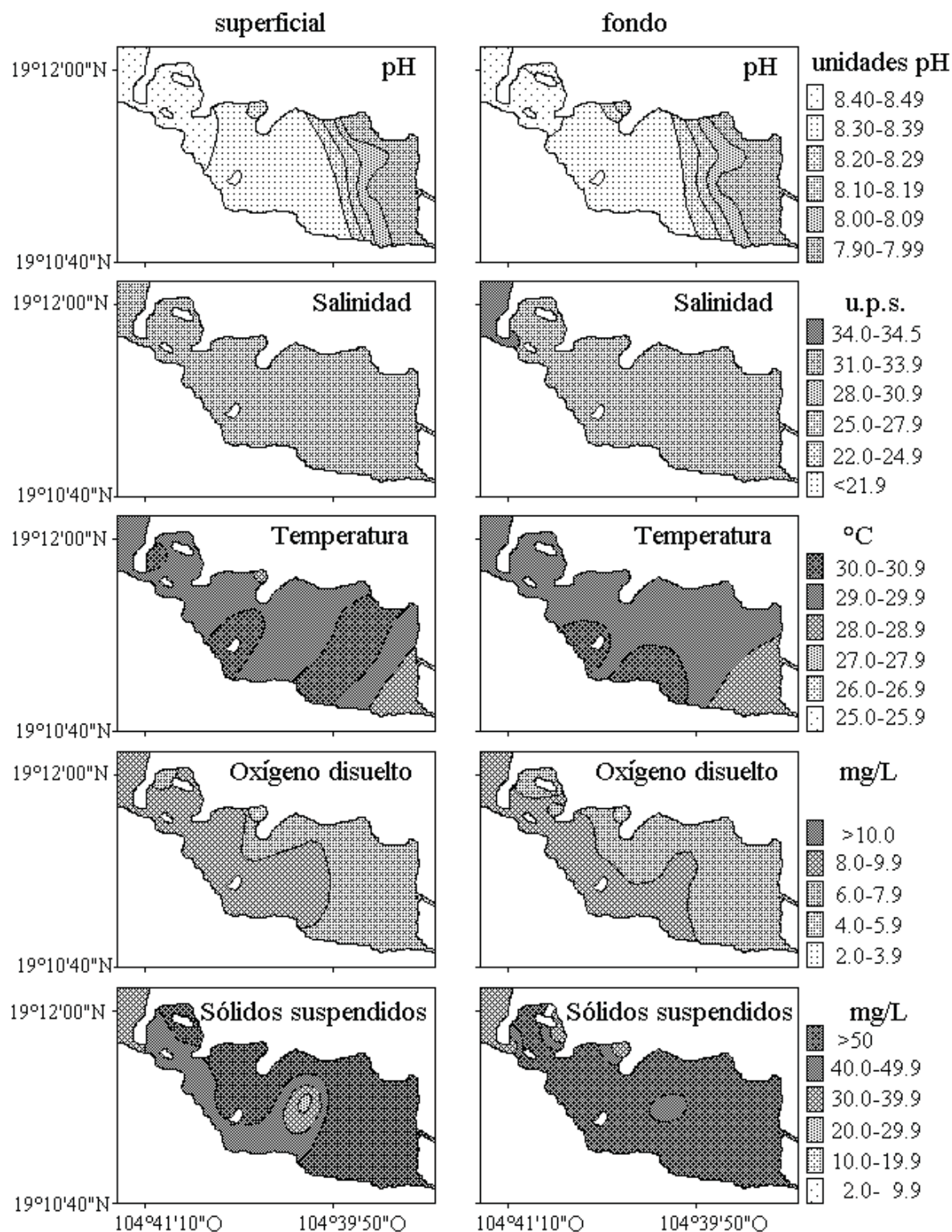
En marzo de 2001 se midió la temperatura más baja en el estuario (21.1 °C), mientras que en la bahía el valor mínimo (19.8 °C) se registró en el mes de abril de ese mismo año. En la época más fría (enero 2001), las temperaturas más bajas (25.3 °C) se registraron en la zona somera; por otro lado, en el centro del estuario la temperatura fue más elevada en la capa más profunda.

La distribución de calor en el cuerpo de agua se debe a los cambios climáticos estacionales que inducen en la época de lluvia (septiembre de 2000) procesos de circulación en las zonas más profundas. En horas de mayor viento (entre las 11:00 y 17:00 horas), es decir, horas después del horario de muestreo, se generan procesos de mezcla en la columna de agua, lo cual distribuye el calor absorbido en la superficie.

Oxígeno disuelto (mínimo 2.2 mg·l⁻¹ en el fondo; máximo 10.05 mg·l⁻¹ en la superficie)

Se observó un gradiente positivo de oxígeno disuelto (OD) entre la zona somera y la de manglares, de tal forma que en el lapso en que se efectuaron las mediciones (09:00 a 11:00 h), cuando el sol es relativamente intenso, se detectaron zonas con sobresaturación de oxígeno (70-120%) en las capas superficiales en medio del estuario y en la boca (Figs. 3 y 4). Cuando se analizó la distribución vertical del OD durante la época de secas, se observó una ligera disminución hacia el fondo, aunque sin llegar a la anoxia (Fig. 5),

Figura 3
Distribución espacial de variables físicas y químicas en el estero de Barra de Navidad
en septiembre del 2000 (época de lluvias)



mientras que en la temporada de lluvias, la distribución vertical fue homogénea en toda la columna de agua, por lo que aun los estratos de agua del fondo presentaron una concentración elevada de oxígeno (Fig. 5), como resultado de la circulación provocada por las mareas y los vientos dominantes. En esta época el porcentaje de saturación fue alto ($90 \pm 10\%$) (Fig. 3). También se observaron zonas con elevada concentración de oxígeno en superficie (Fig. 4), probablemente debida a la actividad fotosintética.

La variación estacional del OD no mostró relación con la temperatura; así por ejemplo, el contenido más bajo de OD fue medido en el mes de abril de 2001, cuando los valores de temperatura fueron bajos. En ese mes el volumen de oxígeno fue homogéneo en casi toda la columna, salvo en la parte cercana al fondo.

Las elevadas concentraciones en la parte superior de la columna de agua sugieren que la disolución de oxígeno desde la atmósfera hacia la superficie es elevada, mientras que la disminución del contenido de OD hacia el fondo, muestra que se consume debido a la presencia de materia orgánica en descomposición. Puesto que es un cuerpo de agua con aportes de nutrientes por aguas continentales y de aguas negras, se observó una abundante biomasa de fitoplancton, que probablemente mantiene una elevada producción de oxígeno como resultado de la fotosíntesis.

Sólidos suspendidos (mínimo $2.0 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$; máximo $53 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$)

En el fondo la distribución de los sólidos suspendidos es más homogénea que en la superficie, principalmente en las partes someras del estuario (Figs. 3 y 4). Por otro lado, hay más sólidos a lo largo de todo el cuerpo de agua en la época de lluvias que en la de secas, cuando se distingue un gradiente, de mayor concentración en la entrada de agua dulce (que es la zona somera), a menor hacia el centro del estuario. Por otro lado, sobre el fondo se forma un gradiente decreciente, desde la zona del poblado de Barra hacia la boca, posiblemente debido a las descargas de aguas negras. También se observan zonas con mayor turbidez en donde hay manglares. La distribución de sólidos suspendidos en el estuario muestra variaciones pronunciadas debido principalmente a que el material arrastrado por el río flucula al mezclarse con el agua marina. La productividad primaria elevada es propiciada por los nutrientes que el agua del río arrastra de campos agrícolas adyacentes.

Nutrientes

Ortofosfatos (0.5 a $1.0 \mu\text{g}\cdot\text{at}\cdot\text{l}^{-1}$)

En la época de lluvia el ión ortofosfato se distribuyó homogéneamente por todo el estuario (0.81 –

$1.00 \mu\text{g}\cdot\text{at}\cdot\text{l}^{-1}$). En la época de secas, cuando entraba agua dulce al estuario, pero con escasos nutrientes, se formó un gradiente positivo (0.5 a $0.9 \mu\text{g}\cdot\text{at}\cdot\text{l}^{-1}$), aunque los valores se pueden considerar bajos (Fig. 6), lo que sugiere que los nutrientes eran aportados por los pobladores de Barra de Navidad. La distribución de los ortofosfatos en la superficie presentó un patrón que denota una regulación del metabolismo de degradación y asimilación de éste por las bacterias y el fitoplancton, respectivamente. Además, la escasez de este ión y su distribución son reguladas por las corrientes provocadas por las mareas, con los respectivos recambios con agua de la bahía, y los vientos.

Amonio (0.3 y $6 \mu\text{g}\cdot\text{at}\cdot\text{l}^{-1}$)

El ión amonio varió entre 0.3 y $6 \mu\text{g}\cdot\text{at}\cdot\text{l}^{-1}$, valores que se consideran altos, empero, su distribución fue homogénea en casi todo el estuario. En época de lluvias se observó un gradiente de mayor a menor concentración en la entrada de agua dulce (6.0 – $4.0 \mu\text{g}\cdot\text{at}\cdot\text{l}^{-1}$) y de la boca hacia la bahía (3.9 – $0.3 \mu\text{g}\cdot\text{at}\cdot\text{l}^{-1}$). En la temporada de secas también se detectó un gradiente en la desembocadura (1.9 – $0.3 \mu\text{g}\cdot\text{at}\cdot\text{l}^{-1}$), pero no fue tan pronunciado como en la de lluvias (Fig. 6). Comparado con otros sistemas lagunares de la región, como la laguna de Chautengo, Guerrero (Rendón-Dircio, 2002), la concentración fue similar y hasta dos veces más alta en la temporada de lluvias, lo que indica una ligera eutrofización si se toma en cuenta que tiene una boca abierta todo el año.

Nitrito (0.10 – $0.39 \mu\text{g}\cdot\text{at}\cdot\text{l}^{-1}$)

La concentración del ión nitrito se considera baja, pero por encima de los límites de detección del método de Shinn, modificado por Bendschneider y Robinson (tomado de Strickland y Parsons, 1972), que es de $0.01 \mu\text{g}\cdot\text{at}\cdot\text{l}^{-1}$. En la época de lluvia se observó mayor contenido de nitritos (0.30 – $0.39 \mu\text{g}\cdot\text{at}\cdot\text{l}^{-1}$) en el centro del estuario (Fig. 6), mientras que en la de secas la distribución fue homogénea (0.10 – $0.19 \mu\text{g}\cdot\text{at}\cdot\text{l}^{-1}$) en todo el cuerpo de agua, salvo en la zona donde descarga el drenaje de Barra de Navidad (0.20 – $0.29 \mu\text{g}\cdot\text{at}\cdot\text{l}^{-1}$). Esos resultados, comparados con los obtenidos en la laguna de Chautengo (Rendón-Dircio, 2002), fueron dos veces más elevados; no obstante, en ambos lugares este ión fue más abundante durante la temporada de lluvia, aunque sin presentar peligro alguno para los organismos que habitan el estuario.

Nitrato (5.0 – $30.0 \mu\text{g}\cdot\text{at}\cdot\text{l}^{-1}$)

La distribución espacial y la estacional del ión nitrato mostraron variaciones similares a las del ión amonio, aunque las cantidades fueron mayores ($>25 \mu\text{g}\cdot\text{at}\cdot\text{l}^{-1}$). En la época de lluvias se observó un gradiente positivo entre la zona de entrada del agua dulce y la boca hacia la bahía (10.0 – $20.0 \mu\text{g}\cdot\text{at}\cdot\text{l}^{-1}$), y otro gradiente pronunciado, aunque negativo, entre la boca y

Figura 4
Distribución espacial de variables físicas y químicas en el estero de Barra de Navidad
en enero del 2001 (época de secas)

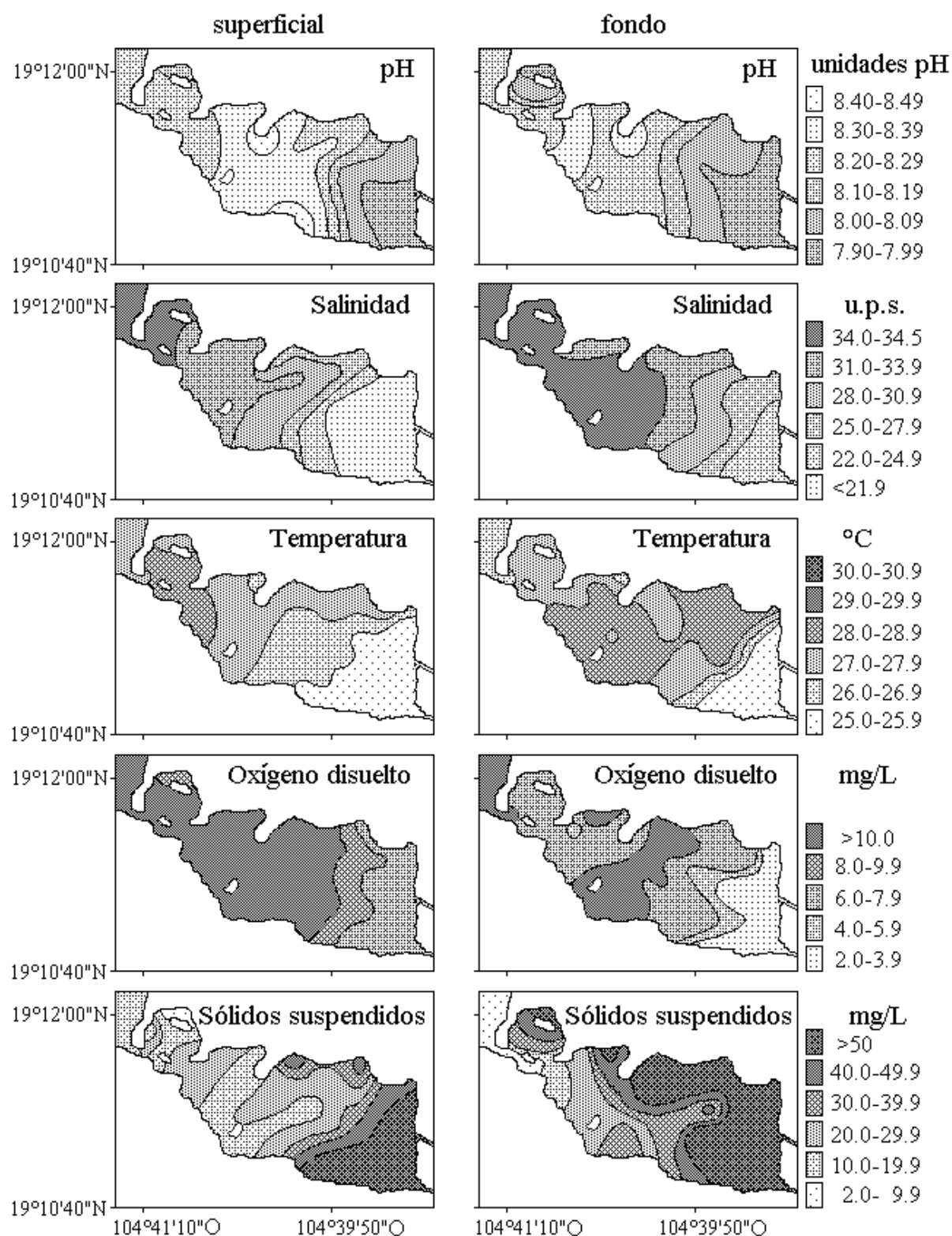
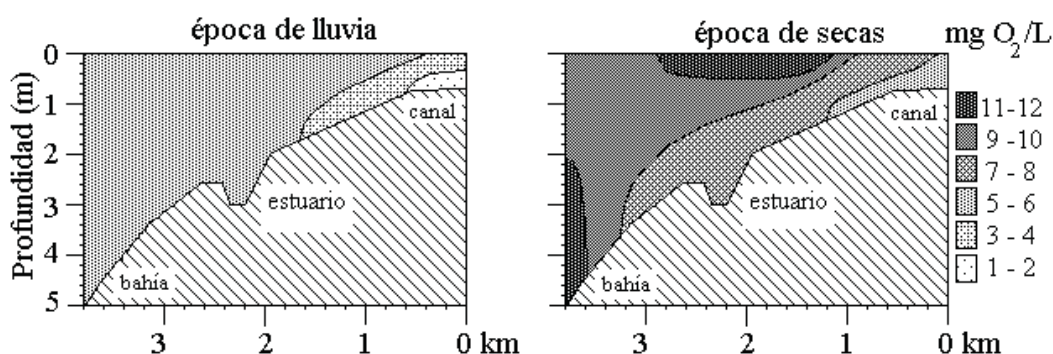


Figura 5

Transecto vertical que muestra la concentración de oxígeno disuelto desde el canal de entrada de agua dulce hasta la bahía



la bahía ($20.0\text{--}5.0 \mu\text{g-at l}^{-1}$). En la época de secas las concentraciones del ión nitrato se encontraron entre 25.0 y $30.0 \mu\text{g-at l}^{-1}$ en la mayor parte del estuario (Fig. 6). En el vaso ubicado en las inmediaciones de la boca se formó un gradiente decreciente, por lo que en la desembocadura el contenido de nitratos fue similar al de la bahía ($20.0\text{--}4.0 \mu\text{g-at l}^{-1}$).

Es poco probable que los nitratos y nitritos se reduzcan a amonio, porque el fondo lodoso es rico en oxígeno disuelto. Mientras que, por el contrario, es muy factible que el fitoplancton y la dilución del agua de la bahía, durante la marea, contribuyan a las variaciones del ión nitrato. Por otro lado, las concentraciones muestran que el estuario se está eutrofizando.

Silicatos (20 a $120 \mu\text{g-at l}^{-1}$)

La distribución de los silicatos solubles mostró una tendencia decreciente (120 a $20 \mu\text{g-at l}^{-1}$) desde la entrada de agua dulce hasta la boca y bahía, tanto en la época de lluvia, como en la de secas (Fig. 6). Es muy probable que el ingreso de agua de la bahía al estuario, durante la fase de marea alta, diluya la concentración de estos nutrientes en el estuario.

Índice N:P

El índice obtenido fue de $33:0.8$ en la época de secas y de $25:1$ en la de lluvias, lo cual muestra que la proporción de compuestos nitrogenados fue mayor que la de los ortofosfatos. En los ecosistemas en los que esa relación es mayor a $6:1$ a lo largo de un ciclo anual, sugiere que reciben gran influencia marina. En el presente estudio, los valores del índice N:P fueron altos debido a la presencia de concentraciones elevadas de nitratos, como es el caso de algunas lagunas del Golfo de México (Contreras *et al.*, 1996). Por el contrario, cuando el valor es menor a $5:1$, se asocia con el ingreso regular de elevados suministros de fosfatos por medio de escurrimientos continentales de ori-

gen natural o como resultado del drenaje de campos agrícolas. Aunque el río Marabasco pasa por la zona agrícola del valle de Cihuatlán, éste no es tan grande como para enriquecer al estuario con fosfatos.

En las condiciones batimétricas e hidrológicas que presenta actualmente el estuario Barra de Navidad se puede considerar que sus aguas revelan problemas de eutrofización. El crecimiento de asentamientos humanos, sobre todo en la boca de este sistema y el azolvamiento que padece este cuerpo de agua, no ayudarán a mejorar la calidad del agua.

Número más probable de coliformes
(NMP $10\text{--}16000/100\text{ml}$)

El valor máximo permitido para descargas de aguas negras es de 1000 por cada 100 ml , según la Norma Oficial Mexicana, NOM-001-ECOL-1996 (DOF, 1997); sin embargo, las muestras recolectadas entre julio y septiembre de 2000, y de febrero a mayo de 2001, mostraron valores superiores a $16000 \text{ NMP}/100 \text{ ml}$, mientras que en los meses restantes fluctuaron entre 130 y 10000 . El valor promedio obtenido a lo largo del periodo de estudio fue de 11175 , muy superior al permitido para aguas de recreación y riego (DOF, 1997). La distribución del NMP de coliformes totales a lo largo del estuario presentó un gradiente decreciente, desde la entrada de agua dulce hacia la boca y la bahía (Fig. 7). En la parte somera de la laguna, donde se recibe el agua del río y el canal, hay aportes de estas bacterias por los desechos de las aves acuáticas. Además, en la zona adyacente a los manglares existen pastizales que son aprovechados por ganado bovino, que también arroja coliformes. Por otro lado, no se observan diferencias entre las zonas por donde ingresan las aguas negras, en la parte aledaña al poblado, y el resto del estuario, con respecto al NMP de coliformes, por lo que se deduce que el agua marina que entra de la Bahía Navidad provoca la muerte de las bacterias por el cambio osmótico.

Figura 6

Distribución espacial de nutrientes en el estero de Barra de Navidad en época de lluvia (julio - noviembre 2000) y en época de secas (diciembre 2000 - junio 2001)

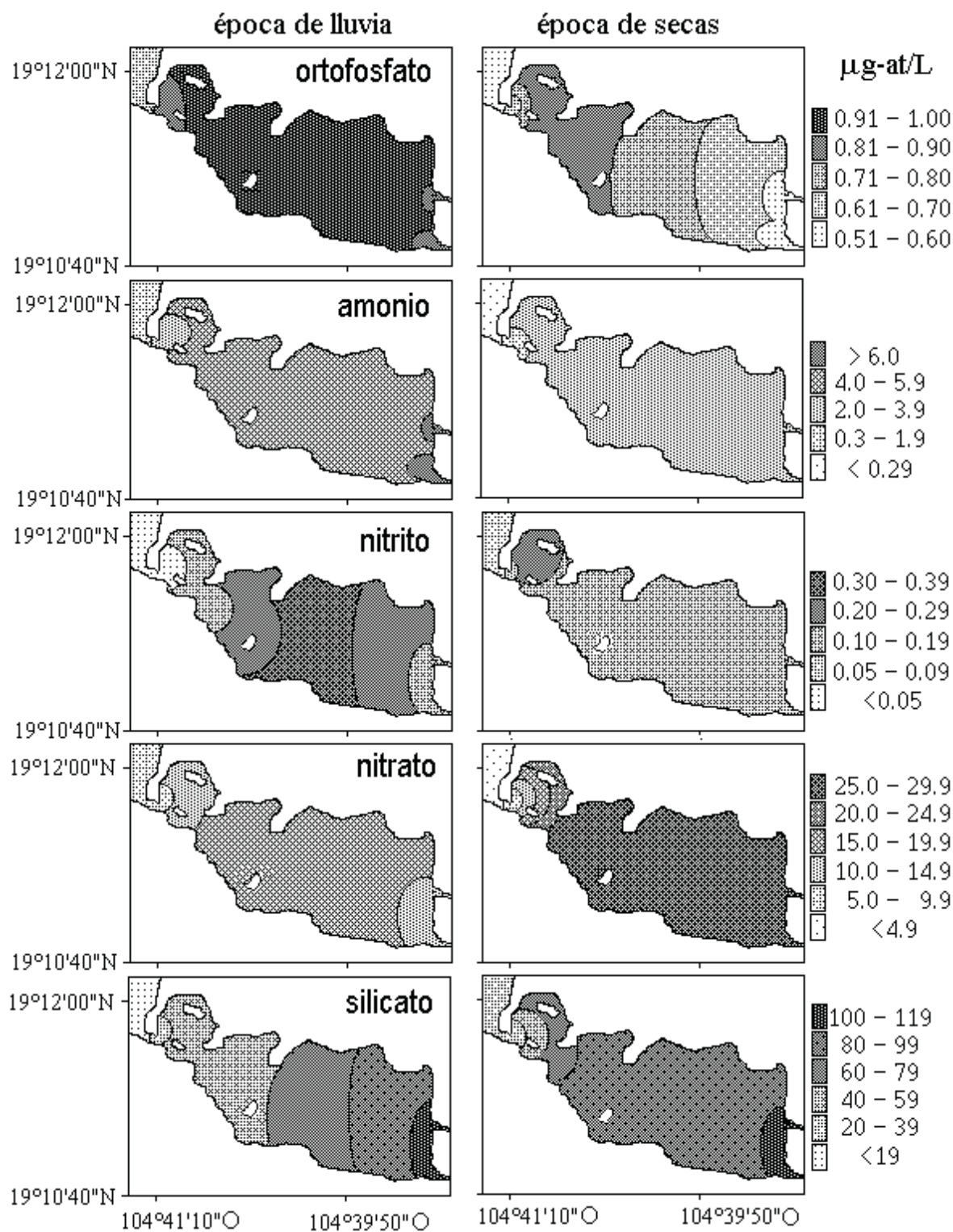
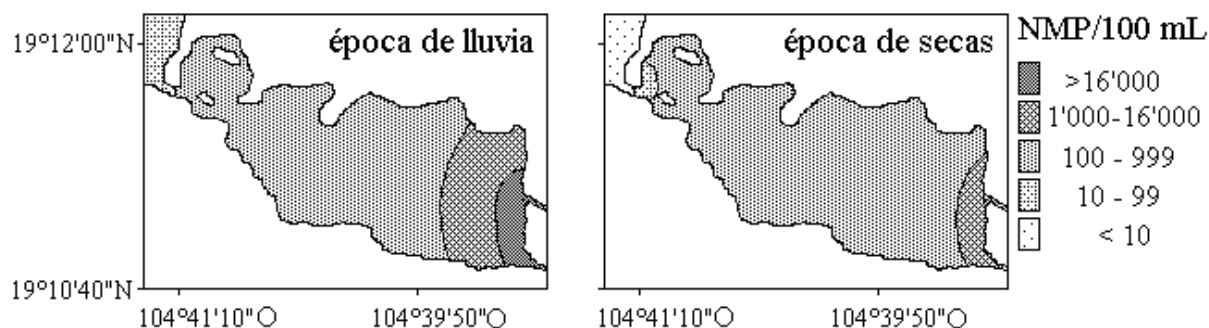


Figura 7

Distribución espacial de coliformes totales (Número Más Probable 100 ml⁻¹) en el estuario de Barra de Navidad en época de lluvia (julio-noviembre 2000) y en época de secas (diciembre 2000 – junio 2001)



En las muestras de agua del río, tomadas en el poblado El Centinela y en la cabecera municipal de Cihuatlán, se estimó en más de 16 000 el NMP/100 ml de coliformes totales, por lo que se considera que estas poblaciones son una fuente de dichas bacterias.

Plancton

La asociación de fitoplancton del estuario está compuesta de 117 géneros, con predominio de las clorofíceas, seguido de las diatomeas, las euglenofíceas, las cianofíceas y, en menor proporción, los dinoflagelados.

Los géneros representativos de las Chlorophyta fueron: *Ankistrodesmus*, *Crucigenia*, *Dictyosphaerium*, *Euastrum*, *Monoraphidium*, *Oocystis*, *Pediastrum*, *Scenedesmus*, *Saurastrum* y *Tetraedron*. De las diatomeas se encontraron representantes de las divisiones Centrales y Pennales. El nombre de las diatomeas, en orden alfabético, y su abundancia relativa por zona, se muestra en la *Tabla 1*.

Los géneros representativos de las Euglenophyta fueron *Euglena* y *Phacus*; mientras que de las cianofíceas fueron *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Chroococcus*, *Lyngbya*, *Oscillatoria*, *Merismopedia* y *Spirulina*. De los silicoflagelados se encontró *Dicthyocha*, mientras que de las Pyrrophyta se encontraron especies de los géneros *Ceratium*, *Gyrodinium*, *Noctiluca*, *Oxytoxum*, *Peridinium*, *Podolampas*, *Prorocentrum* y *Protoperidinium*. Las especies se colocaron en orden alfabético.

Los resultados muestran que el río Marabasco, la laguna de Barra de Navidad y su estuario conforman un sistema acuático variable con respecto a la cantidad de plancton presente (Fig. 8). El zooplancton estuvo representado principalmente por rotíferos, copépodos y larvas de crustáceos y moluscos. Estos organismos abundaron en la zona de mezcla, donde la profundidad fue mayor, sobre todo en época de lluvia.

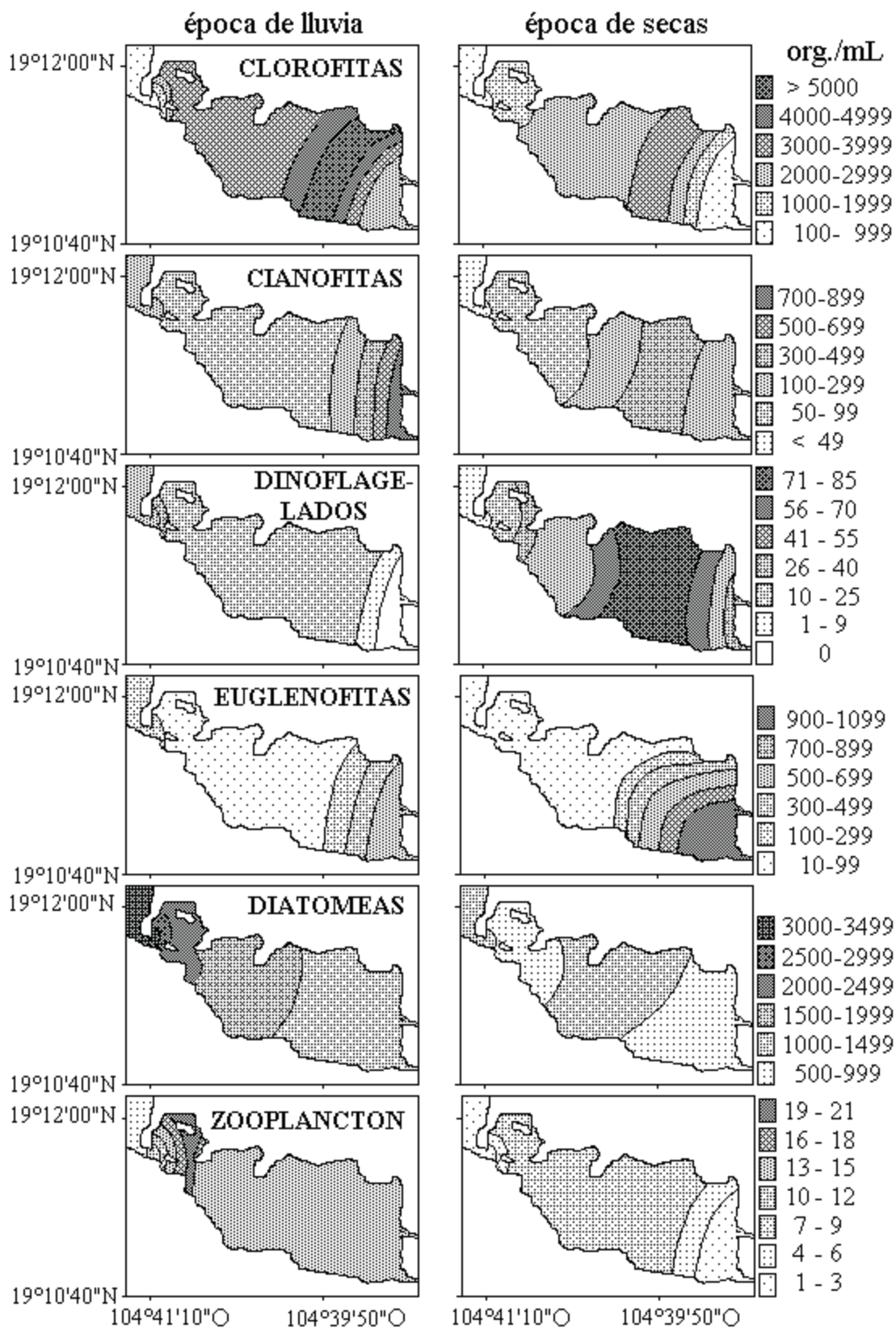
Por otro lado, debido a que en el periodo de estudio no se presentaron lluvias torrenciales, no se observó una disminución marcada de la abundancia del fitoplancton y zooplancton en la laguna entre la época de lluvias y la de secas.

Se efectuaron correlaciones entre la abundancia de las diatomeas más abundantes en el estuario de Barra de Navidad, para detectar la preferencia de éstas, con respecto al gradiente de salinidad que se forma entre la entrada de agua dulce y la zona marina. Esa tendencia también se puede apreciar entre las asociaciones de diatomeas en época de secas y en la de lluvias (Fig. 9). Las asociaciones ubicadas a la derecha en la *figura 9* fueron observadas en aguas dulces a salobres (eurihalinas-oligohalobias); las que se localizan a la izquierda son las que prefieren agua marina (eurihalinas-polihalobias) y las del centro son aquellas que toleran una amplia gama de concentraciones de sal o mesohalobias (Pankow, 1990). Los nombres de los géneros y especies de diatomeas más abundantes con sus respectivos autores se muestran en la *tabla 2*. Éstas fueron clasificadas según su tolerancia a medios salobres, a salinos, o marinos.

Se encontraron diferencias en la distribución de los diferentes géneros de fitoplancton de la laguna, que concuerdan con las reportadas en trabajos realizados en otros cuerpos costeros, como el de Laguna de Términos (Day *et al.*, 1987). El estuario presenta agua de color café todo el año debido a la presencia de sustancias húmicas, que probablemente estimulan la productividad (Prakash y Rashid, 1968; Day *et al.*, 1987). Sandoval-Rojó *et al.* (1988) consideraron que la materia orgánica en la laguna, procedente de la producción fitoplanctónica, de las algas bentónicas, de la entrada del río y de los manglares, favorece los procesos heterotróficos al inicio de la época de secas, especialmente en el centro del estuario. Por otra par-

Figura 8

Distribución espacial de plancton en el estero de Barra de Navidad en época de lluvia (julio – noviembre 2000) y en época de secas (diciembre 2000 – junio 2001)



te, los cambios estacionales en la abundancia del fitoplancton y zooplancton influyen en otras variables, como los nutrimentos.

La materia orgánica proveniente de los humedales colindantes puede ser una fuente importante de nutrimentos para sistemas lagunares en el Pacífico mexicano (Mee, 1977). Las tasas de producción diaria neta estimadas por Sandoval-Rojo *et al.* (1988), a partir de los datos de oxígeno disuelto o de nutrientes inorgánicos, en el estuario de Barra de Navidad, son similares a las de la Laguna de Chautengo (Rendón-Dircio, 2002). Sandoval-Rojo *et al.* (1988) sugieren, por tanto, que los estuarios con boca permanente como la de Barra de Navidad, tienen dilución con agua oceánica en forma continua, especialmente durante la época de secas, lo cual provoca una significativa pérdida de nutrimentos y se refleja en bajas concentraciones de estos compuestos, especialmente de fosfatos solubles. Por otro lado, la concentración de los nutrimentos en las lagunas costeras es característica de ambientes eutróficos (Rinaldi *et al.* 1992), como lo es el caso del estuario Barra de Navidad.

Conclusiones

En general, la distribución de la salinidad en los estuarios muestra amplias variaciones; sin embargo, en Barra de Navidad, durante la época de lluvias correspondiente al periodo del estudio, no hubo entrada de agua dulce del río Marabasco, por lo que las condiciones fueron homogéneas. Empero, en la época de secas se formó un gradiente muy evidente (20.5–34.1 ups) desde la entrada de agua dulce hasta la boca que comunica con la bahía. La temperatura fue la representativa para cuerpos tropicales, cálida en verano con pocos cambios (28.0–30.6 °C) y más templada y con gradiente negativo, desde la entrada de agua marina hasta la entrada de agua dulce, en la época de secas (25.0–28.9 °C). El contenido de oxígeno disuelto fue elevado en la capa superior y su distribución a lo largo del cuerpo de agua fue irregular en época de lluvia; mientras que en la de secas se observó un gradiente positivo que inicia en el área de manglar y termina en la boca. En el fondo de esa zona se determinó una baja concentración de OD, que se incrementó en la parte más profunda del estuario. Los sólidos suspendidos fueron elevados en la mayor parte del estuario, sobre todo en época de lluvias, en los sitios donde se mezcla el agua dulce con la salada, y en las áreas con manglar.

Los nutrimentos variaron en el espacio y en el tiempo. El nitrógeno fue 25 veces más abundante que el fósforo disuelto, lo que se interpretó como el

resultado del recambio de agua con la bahía. El contenido de sílice disuelto no fue limitante, y entra al sistema con el agua dulce, aunque el florecimiento de diatomeas se produjo en la época de lluvias en la zona colindante con la bahía. Estos ecosistemas tienden a eutroficarse, lo que hay que tomar en cuenta para no adicionar más nutrientes vía escurrimientos. La abundancia de coliformes totales fue elevada, ya que rebasa los límites permitidos (1 000 NMP por cada 100 ml) para los cuerpos de agua con uso recreativo. Este problema se detectó principalmente en la parte somera del estuario, en la confluencia del canal y del río. Las clorofíceas abundaron en la zona central, somera del estuario, a diferencia de las cianofíceas y las euglenofitas, cuya distribución sugiere que provienen del río. El zooplancton fue más cuantioso en la zona de mezcla, sobre todo en época de lluvia. Las diatomeas más abundantes en el estuario se clasificaron como oligohalobias, mesohalobias y polihalobias, según su tolerancia a la salinidad; por otro lado, la preferencia de cada diatomea por determinada cantidad de sal coincidió con lo reportado por Hustedt (1959). Esta distribución varió entre la época de lluvias y la de secas. La gran cantidad de microalgas contribuye a la producción de oxígeno disuelto en los días soleados, y el recambio continuo del agua con la bahía ocasiona que este estuario sea altamente productivo; sin embargo, la presencia de un número elevado de coliformes totales denota que hay problemas de contaminación de origen antropogénico.

Agradecimientos

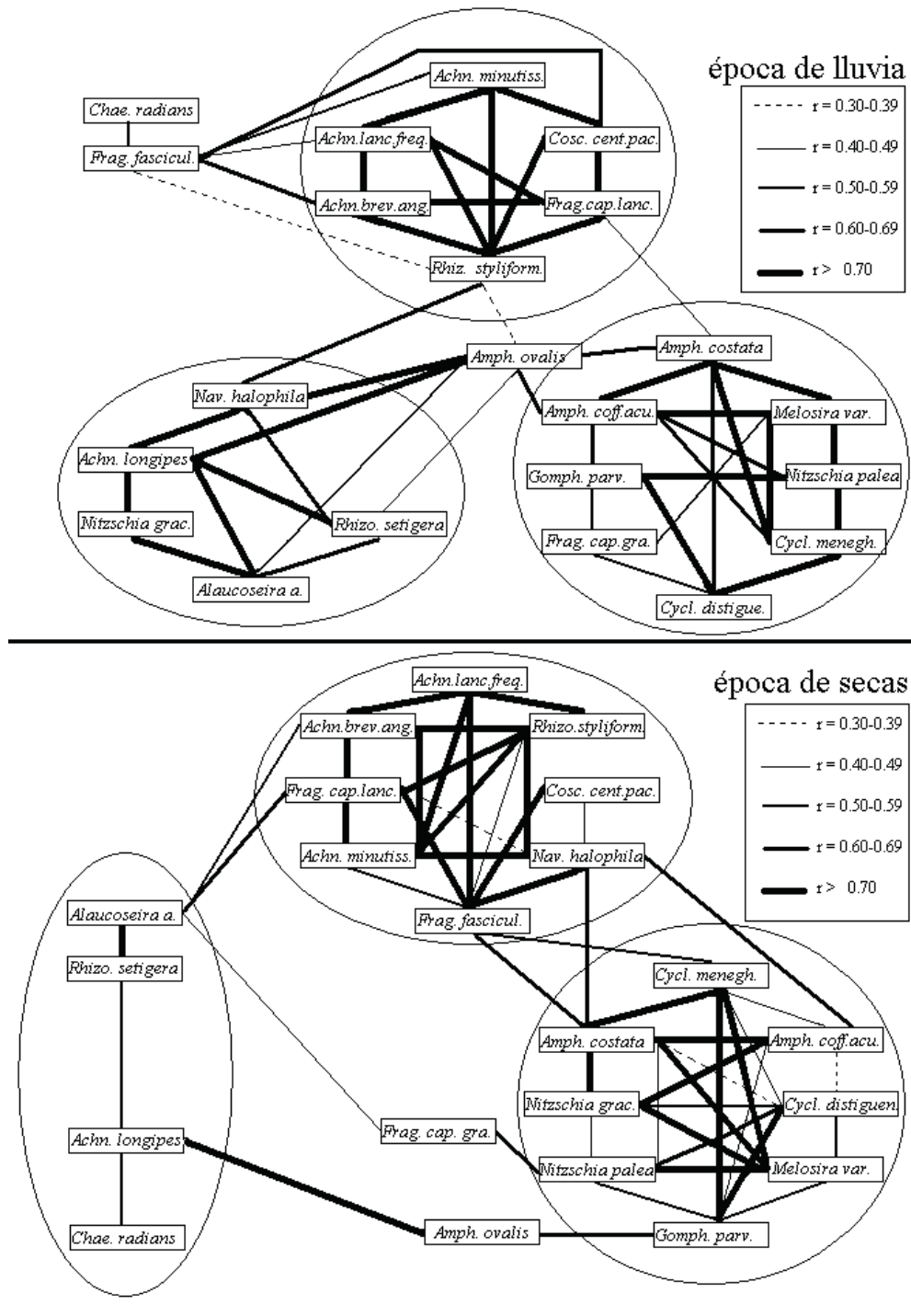
Los autores agradecen a los cuatro revisores por sus comentarios para mejorar el presente escrito. Al Conacyt y al Fondo Dr. Ramón Álvarez Buyla de Aldana, de la Universidad de Colima, por las contribuciones recibidas para realizar este estudio (Proyecto Conacyt 32462-T, FRABA 004, respectivamente).

Referencias bibliográficas

- ÁLVAREZ DEL CASTILLO, M. 1983. *Estudio de la fauna de los crustáceos decápodos del ambiente rocoso en la Laguna de Barra de Navidad, Jalisco*. Tesis Licenciatura. Escuela de Biología, UAG, Guadalajara, Jalisco, México. 100p.
- ÁLVAREZ DEL CASTILLO, M., M.E. Hendrickx y S. Rodríguez. 1992. Crustáceos decápodos de la Laguna Barra de Navidad, Jalisco, México. *Proc. San Diego Soc. Nat. Hist.*, 27:1-9.
- AMEZCUA-LINARES, F. 1996. *Peces demersales de la plataforma continental del Pacífico Central de México*. ICMYL-UNAM, CONABIO, México DF. 184p.
- APHA-AWWA-WPCF. 1992. *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*. Díaz de Santos, Madrid, España. 1 816p.

Figura 9

Correlaciones (Spearman, nivel de significancia $p < 0.001$) entre las abundancias relativas de las 22 especies de diatomeas más numerosas en época de lluvia y en época de secas del estuario Barra de Navidad



En los círculos de la derecha se concentraron las diatomeas eurihalinas-oligohalobias, en el círculo del centro las mesohalobias y en la izquierda las eurihalinas – polihalobias o marinas.

- AYALA-CASTAÑARES, A. y F.B. Phleger (eds.). 1969. Coastal lagoons: A symposium. *Mem. Internacional Symposium on Coastal Lagoons*. UNAM, UNESCO, México, DF. 686p.
- CONTRERAS, F., O. Castañeda, A. García-Nagaya y F. Gutiérrez. 1996. Nutrientes en 39 lagunas costeras mexicanas. *Rev. Biol. Tropical*, 44(2):421-429.
- DAMES, J. y C. Moore. 1973. *Reporte preliminar y de Ingeniería*. Planificación para la laguna e investigación del suelo del sitio de Barra de Navidad para Turbana, S.A. Barra de Navidad, Jalisco, México. 21p.
- DAY J., F. Ley-Lou F., C. J. Madden, R. Wetzel y A. Machado-Navarro. 1987. Aquatic primary productivity in the Laguna de Términos. En: A. Yáñez-Arancibia y J. Day (eds.). *The Laguna de Términos: An estuarine profile*. ICMYL-UNAM, México DF. pp. 267-284.
- DE LA LANZA-ESPINO, G. 1986. Materia orgánica en los sedimentos del sistema lagunar Huizache-Caimanero. Importancia, comportamiento y significado en modelos de predicción. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol.*, UNAM, 13(1):252-286.
- DE LA LANZA-ESPINO, G. (ed.). 1991. *Oceanografía de mares mexicanos*. AGT, México DF. 569p.
- DEPARTAMENTO DE PESCA. 1977a. *Estudios realizados para la justificación de la construcción de la estructura de control de niveles canal de interconexión (Estero Ermitaño-Laguna Agua Dulce)*. Informe interno, México. 49p.
- DEPARTAMENTO DE PESCA. 1977b. *Antecedentes de estudio y justificación hidrológica para la construcción de la estructura de control de niveles en el río María García - Laguna Agua Dulce - Estero Ermitaño, Jalisco*. Informe interno, México. 69p.
- DOF. 1997. Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. *Diario Oficial de la Federación*, México, Junio 1, 1997.
- FERNÁNDEZ-PÉREA, E.V. 1987. *Modelación hidrodinámica numérica de la albufera Barra de Navidad*. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior de Ciencias Marinas, UdeC. Manzanillo, Col. México. 52p.
- GARCÍA, E. 1973. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)*. Instituto de Geografía, UNAM. México DF. 246p.
- HENDRICKX, M.E. 1989. On a small collection of caridean shrimps (Crustacea, Decapoda) from the Barra de Navidad coastal lagoon, Jalisco, México. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol.* UNAM, 15(1): 245-248.
- HUSTEDT, F. 1959. *Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz*. Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig K.G., Leipzig. 845p.
- KENNISH, M.J. 1986. *Ecology of estuaries. Volume I: Physical and chemical aspects*. Marine Science Series. CRC Press, Boca Raton, Fl. EU. 512p.
- KENNISH, M.J. 2000. *Estuary restoration and maintenance. The National Estuary Program*. CRC Press, Boca Raton, EU. 359p.
- KRAMMER, K. y H. Lange-Bertalot. 1986. Bacillariophyceae. 1. Teil: Naviculaceae. En: H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig y D. Mollenhauer (eds). *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, Band 2/1. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart. 876p.
- KRAMMER, K. y H. Lange-Bertalot. 1988. Bacillariophyceae. 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. En: H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig y D. Mollenhauer (eds). *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, Band 2/2. VEB Gustav Fischer Verlag. Jena. 596p.
- KRAMMER, K. y H. Lange-Bertalot. 1991a. Bacillariophyceae. 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. En: H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig and D. Mollenhauer (eds). *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, Band 2/3. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart. 576p.
- KRAMMER, K. Y H. Lange-Bertalot. 1991b. Bacillariophyceae. 4. Teil: Achnanthaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema, Gesamtliteraturverzeichnis Teil 1-4. En: H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig y D. Mollenhauer (eds). *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, Band 2/4. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart. 437p.
- LANKFORD, R.R. 1977. Coastal lagoons of Mexico: Their origin and classification. En: M. Wiley (ed.). *Estuarine Processes*. Academic Press, New York. pp.182-215.
- LICEA-DURÁN, J.L. Moreno, H. Santoyo, G. Figueroa. 1995. *Dinoflagelados del Golfo de California*. UABCS, México. 165p.
- LLAUGER, O. 1994. *Efecto de metales pesados (Cd, Cu, Pb y Zn) y agentes quelantes (EDTA y DTPA) sobre la eclosión, sobrevivencia y metamorfosis de la zoea de Penaeus vannamei (Boone)*. Tesis de Licenciatura, Escuela de Biología-UAG, Jalisco. México. 42p.
- MANDELLI, E.F. y A. Vázquez-Botello. 1976. *Subprograma de hidrología (Informe final de la 3ª etapa del estudio sobre el uso de la zona costera de los Estados de Michoacán y Guerrero)*, México. Comisión del Río Balsas-SRH, ICMYL-UNAM (Contrato de estudios No. 0C-E-03-74).
- MARGALEF, R. 1983. *Limnología*. Omega, Barcelona, España. 1010p.
- MARMOLEJO-RODRÍGUEZ, A.J. 1999. *Determinación de plaguicidas organoclorados en camarón blanco adulto (Penaeus vannamei) cultivado en laboratorio*. Tesis de Maestría en Acuicultura, Facultad de Ciencias Marinas, UdeC., Manzanillo, Colima. 80p.
- MEE, L.D. 1977. *The chemistry and hydrography of some tropical coastal lagoons of the Pacific coast of Mexico*. Tesis de Doctorado. University of Liverpool, Gran Bretaña. 125p.
- MEYER-WILLERER, A.O., F.S. Kot, E.N. Shumilin, S. Lutsarev y A.J. Marmolejo-Rodríguez. 2003. Mercury in bottom sediments of the tropical Rio Marabasco, its Estuary, and Laguna de Navidad, Mexico. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 70:1213-1219.
- MORENO, J.L., S. Licea y H. Santoyo. 1996. *Diatomeas del Golfo de California*. SEP-FOMES, PROMARCO, UABCS, La Paz. 272p.
- NEBEL B.J. y R.T. Wright. 1998. *Environmental science: the way the world works*. Prentice Hall, New Jersey, EU. 455p.
- OCEGUEDA, M.X. 1980. *Relación de los elementos climatológicos componentes del balance hidrológico con la salinidad en la Laguna de Agua Dulce, Jalisco*. Centro de Estudios Limnológicos, SARH. pp. 231-263.
- PALOMARES-GARCÍA, J.R., E. Suárez y S. Hernández. 1998. *Catálogo de los copépodos (Crustacea) pelágicos del Pacífico Mexicano*. CICIMAR-IPN, ECOSUR, México D.F. 352p.
- PANKOW, H. 1990. *Ostsee-Algenflora*. 1. Auflage. Gustav Fischer Verlag, Jena, Alemania. 648p.
- PRAKASH, A. y M. Rashid. 1968. Influence of humic substances on the growth of marine phytoplankton: dinoflagellates. *Limnology and Oceanography*, 13:598-606.
- RENDÓN-DIRCIO, J.A. 2002. *Estudio del comportamiento hidrológico de la laguna de Chautengo, Guerrero, México*. Tesis de Maestría. PICP, UdeC, Tecmán, Colima, México, 123p.
- RINALDI, A., G. Montanari, A. Ghetti, C.R. Ferrari y A. Ferrari. 1992. Eutrophy and dystrophy in the Goro lagoon. En: R.A. Vollenweider, R. Marchetti y R. Viviani. (eds.). *Marine coastal eutrophication*. Elsevier Sci., EU. pp. 457-470.
- RODRÍGUEZ, S.M. 1982. *Contribución al estudio taxonómico de las clases Bivalvia y Gasteropoda del Phylum Mollusca, de la laguna de Barra de Navidad, Jalisco*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. UAG. Guadalajara, Jalisco, México. 54p.

- RODRIGUEZ-CAJIGA, S.R. 1985. *Informe general sobre el conocimiento actual de la Laguna de Barra de Navidad, Jalisco, México*. Informe interno. Lab. de Ciencias Marinas. UAG, Jalisco, México. 45p.
- SANDOVAL-ROJO, L.C., F.J. Flores-Verdugo, U. Zaragoza-Araujo, J.W. Day Jr. y A. Estrada-Mercado. 1988. Phytoplankton productivity in the Barra de Navidad coastal lagoon on the Pacific coast of México. *Rev. Hydrobiol. Trop.* 21(2):101-108.
- SHUMILIN, E., A. Meyer-Willerer, A.J. Marmolejo-Rodríguez, O. Morton-Bermea, M. A. Galicia-Pérez, E. Hernández y G. González-Hernández. 2005. Iron, cadmium, chromium, copper, cobalt, lead and zinc distribution in the suspended particulate matter of the tropical Marabasco River and its Estuary, Colima, Mexico. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 74:518-525.
- STATSOFT. 2000. Statistica for Windows (Computer program manual). Tulsa, OK. Email info@statsoft.com. Web: <http://www.statsoft.com>.
- STREBLE, H. y D. Krauter. 1987. *Atlas de los microorganismos de agua dulce. La vida en una gota de agua*. Omega, Barcelona, España. 357p.
- STRICKLAND, J.D.H. y T.R. Parsons. 1972. *A practical handbook of seawater analysis*. Bulletin, 167. Fish. Res. Board of Canada, Canadá. 311p.
- SURFER. 1999. *Surfer mapping systems. User's Guide, Version 7.00*. Golden Software Inc., Golden.
- UTERMÖHL, H. 1958. Zur Vervollkommnung de quantitativen Phytoplankton Methodik. *Mitt. Int. Ver. Limnol.* 9:1-38.
- VELÁZQUEZ-GONZÁLEZ, B.B. 2001. Determinación de la calidad del agua del río Marabasco, canal-laguna Barra de Navidad y costa norte del estado de Colima durante la época de lluvias y época de secas 2000-2001. *Memorias I Congreso Estatal de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico*. Universidad de Colima, SIMORELOS, Colima. p. 26
- WYRTKI, K. 1965. Surface currents of the eastern tropical Pacific. *Inter-American Tropical Tuna Commission Bulletin*, 5(9): 63-97.
- ZEDLER, J.B. 2001. *Handbook for restoring tidal wetlands*. CRC Press, Boca Raton, EU. 439p.

Tabla 1
Abundancia porcentual por región de diatomeas en el Río Marabasco y Laguna Barra de Navidad
(en % de abundancia en cada región*)

Región								Región							
Diatomea	Montaña	Valle	Canal	Canal-Laguna	Laguna	Boca	Bahía	Diatomea	Montaña	Valle	Canal	Canal-Laguna	Laguna	Boca	Bahía
<i>Achnanthes biasolettiana</i>	1*	5	-					<i>Campylodiscus clypeus</i>				-			
<i>A. brevipes</i> v. <i>angustata</i>				2	1	1	-	<i>Catacombas gaillonii</i>				-		-	-
<i>A. brevipes</i> v. <i>inter</i>			-	-	2	3	-	<i>Cerataulina bergonii</i>		-					
<i>A. conspicua</i>			-					<i>Cerataulus turgidus</i>				-		-	-
<i>A. curvirostrum</i>				-	-	-		<i>Chaetoceros atlanticus</i>							-
<i>A. delicatula</i>			-					<i>C. compressus</i>	1	1					
<i>A. exigua</i> v. <i>elliptica</i>	2	5	5					<i>C. debilis</i>							-
<i>A. exigua</i> v. <i>exigua</i>	1	2	1					<i>C. didymus</i>							-
<i>A. lanceolata</i> v. <i>frequentis</i>	3	1	-	3	4	2	-	<i>C. laeve</i>	-	-	-				
<i>A. lanceolata</i> v. <i>robusta</i>		1			-	1		<i>C. decipiens</i>				-			-
<i>A. longipes</i>					1	4	1	<i>C. curvisetus</i>					-		
<i>A. lutheri</i>	4	3						<i>C. messanense</i>							-
<i>A. minutissima</i>			-	3	3	2	-	<i>C. radians</i>				-	-	-	-
<i>A. minutissima</i> v. <i>affinis</i>	5	3	4					<i>Climacosphenia moniligera</i>						-	-
<i>A. punctulata</i>			1					<i>Cocconeis convexa</i>						-	
<i>A. pseudosolea</i>			-					<i>C. placentula</i> var. <i>euglypta</i>	5	-	-	1	1	2	
<i>A. submarina</i>				-	-	-	-	<i>C. placentula</i> v. <i>placentula</i>	1	-					
<i>Actinoptychus undulatus</i>					-	-	-	<i>C. placentula</i> var. <i>lineata</i>							-
<i>A. splendens</i>					-	-	-	<i>C. scutellum</i>						-	
<i>Alaucoseira ambigua</i>		3	-	5	1	1	4	<i>Coscinodiscus</i> sp.1			-				
<i>A. granulata</i>			-	-			-	<i>C. centralis</i> var. <i>pacifica</i>				4	4	2	3
<i>Amphipleura lindheimeri</i>	5	1	1	-				<i>C. curvatulus</i>				-	-	-	1
<i>Amphora angusta</i> v. <i>ventr</i>					-	1	-	<i>C. granii</i>					-	-	
<i>A. angusta</i> v. <i>angust.</i>					-	-	-	<i>C. wailesii</i>							1
<i>A. bigibba</i>					-	-	-	<i>Cyclotella atomus</i>				1	-	-	1
<i>A. cymbifera</i>				-	-	1	-	<i>C. distiguenda</i>	3	-	5		-	-	-

Región								Región							
Diatomea								Diatomea							
	Montaña	Valle	Canal	Canal-Laguna	Laguna	Boca	Bahía		Montaña	Valle	Canal	Canal-Laguna	Laguna	Boca	Bahía
<i>A. coffeaeformis</i>	-	3	3	1	-	-	-	<i>C. distinguenda</i> var. <i>unipunctata</i>			1				
<i>A. coffeaeformis</i> v. <i>acut</i>	-	3	5	1	4	4		<i>C. gamma</i>			-				
<i>A. commutata</i>			-					<i>C. glabriuscula</i>			-				
<i>A. costata</i>			2	-	3	1	-	<i>C. hakanssoniae</i>			1				
<i>A. flebilis</i>	-	-						<i>C. meneghiniana</i>	1	-	5	1	5	-	-
<i>A. hyalina</i>			-		-	1	-	<i>C. ocellata</i>	-	-					
<i>A. laevis</i>			-		-			<i>C. striata</i>			-				-
<i>A. libyca</i>					-			<i>C. stylorum</i>						1	
<i>A. mexicana</i> var. <i>maior</i>			-	1				<i>Cymatopleura solea</i>	-	-	-				
<i>A. montana</i>		2						<i>Cymbella brehmii</i>	5	-	-				
<i>A. normannii</i>	3	1						<i>C. lacustris</i>		2	-				
<i>A. ocellata</i>						-		<i>C. mexicana</i>	-	2	-	-	-	-	
<i>A. ostrearia</i>						-	-	<i>C. perpusilla</i>	1	-					
<i>A. ovalis</i>	1	-	1	-	1	3	-	<i>C. pusilla</i>			1	1	1		
<i>A. pediculus</i>			-					<i>C. silesiaca</i>		-	-				
<i>A. proteus</i>							-	<i>C. tumidula</i> var. <i>tumidula</i>	-	-	-				
<i>A. spectabilis</i>				-	-		-	<i>Delphineis surirella</i> v					-	-	-
<i>A. veneta</i>			1					<i>D. angustata</i>					-		-
<i>Anomoeneis sphaerophora</i>			-	-	-			<i>Denticula elegans</i>	-		-				
<i>Asteromphalus heptactis</i>						-	-	<i>D. tenuis</i>	-	-	-	-		1	-
<i>Bacillaria paradoxa</i>		-	3	-	-	-	-	<i>Dentonula pumila</i>					-		
<i>Bacteriastrium comosum</i>							-	<i>Diatoma vulgare</i> var. <i>constricta</i>				-		-	
<i>Berkeleya micans</i>						-		<i>D. vulgare</i>	-	-	-		-		
<i>Biddulphia aurita</i>			-		-	-		<i>D. mesodon</i>		-					
<i>B. biddulphiana</i>						-	-	<i>Dictyocha fibula</i>				-	-	-	-
<i>B. subaequa</i>	-	-						<i>Diploneis interrupta</i>				-	-	1	-
<i>B. tuomeyi</i>						-	-	<i>D. papula</i>			-				
<i>Brebissonia</i> sp.1							-	<i>D. coffaeiformis</i>			-				
<i>Caloneis amphisbaena</i>	-		-		-			<i>D. crabro</i>						-	-
<i>C. elongata</i>					-		-	<i>D. smithii</i>			-				-
<i>C. westii</i> var. <i>westii</i>							-	<i>Diploneis subovalis</i>						-	-
<i>Campylodiscus bi-costatus</i>			-					<i>Distephanus speculum</i>							-
<i>Ditylum brightwellii</i>						-*		<i>Melosira lineata</i>	5	-		-			
<i>Ellerbeckia arenaria</i>	-		-					<i>M. varians</i>	3	3	5	1	2	-	-
<i>Entomoneis alata</i>	-	1	-		-			<i>Meridion circulare</i>	4	-					
<i>Epithemia argus</i>		1	-					<i>M. varians</i>			2				
<i>E. sorex</i>			-					<i>Navicula abbreviata</i>			-				
<i>E. adnata</i>			1	-		-		<i>N. abrupta</i>						-	
<i>Eucampia zodiacus</i>		-						<i>N. acutiuscula</i>						-	
<i>Eunotia arcus</i>		-	-	-	-	-	-	<i>N. arenaria</i>	2	1	1	-	-	-	
<i>E. bilunaris</i>	-	-	-	-	-	1	-	<i>N. brasiliensis</i>						-	-
<i>E. pectinalis</i>						-	-	<i>N. cincta</i>		-					
<i>Fallacia pygmaea</i>				-	-	-		<i>N. crucicula</i>			-				
<i>Fragilaria arcus</i>		-						<i>N. cryptolyra</i>	-	-	-				
<i>F. brevistriata</i>		1						<i>N. cuspidata</i>		2					
<i>F. parasitica</i>			-		-	1	1	<i>N. cuspidata</i> var. <i>ambigua</i>	5	5	3	-	-		
<i>F. tabulata</i> var. <i>ovalis</i>			1					<i>N. dicephala</i>			-				
<i>F. tabulata</i> var. <i>parva</i>	1							<i>N. digito-radiata</i> var. <i>rostrata</i>	1	4	1	-	-	-	-

Región								Región							
Diatomea								Diatomea							
	Montaña	Valle	Canal	Canal-Laguna	Laguna	Boca	Bahía		Montaña	Valle	Canal	Canal-Laguna	Laguna	Boca	Bahía
<i>F. capucina</i> var. <i>gracilis</i>	5	5	2	2	1	-	1	<i>N. directa</i>	-						
<i>F. capucina</i> var. <i>lanceolata</i>	1	4		3	4	1	1	<i>N. fracta</i>	1	-	-				
<i>F. capucina</i> var. <i>mesolepta</i>	-	2						<i>N. gregaria</i>	-						
<i>F. construens</i> var. <i>subsalina</i>				1		-	2	<i>N. halophila</i>	3	5	-	1	4	4	-
<i>F. delicatissima</i>		1						<i>N. halophiloides</i>			2				
<i>F. elliptica</i>				-	-	1	-	<i>N. hamulifera</i>				-		-	
<i>F. fasciculata</i>	5	2	1	4	5	3	5	<i>N. hustediana</i>	1						
<i>F. striatula</i>	-							<i>N. hyalina</i>				-	-	-	
<i>Gomphonema mexicanum</i>	3	1	3					<i>N. incertata</i>	3	-					
<i>G. augur</i>	-	2	-	-	-	-	-	<i>N. jamalinensis</i>				-			
<i>G. clavatum</i>	5	1	3					<i>N. libonensis</i>	1			-			
<i>G. exiguum</i>			2	1				<i>N. mutica</i> var. <i>ventricosa</i>		1					
<i>G. olivaceum</i>					-	-	-	<i>N. parva</i>			-				
<i>G. parvulum</i>	4	4	4	-	-	2	-	<i>N. peregrina</i>			-				
<i>Grammatophora marina</i>					1	-	-	<i>N. perminuta</i>			-				
<i>G. angulosa</i>						-		<i>N. phyllepta</i>	5	3	4	-	-		
<i>G. oceanica</i>					-			<i>N. pygmaea</i>			-				
<i>G. undulata</i>						-		<i>N. placentula</i>	5	-					
<i>Gyrosigma acuminatum</i>	-	-						<i>N. protracta</i>	-	-					
<i>G. attenuatum</i>			-					<i>N. pseudotuscula</i>	1	1					
<i>G. scalproides</i>			-	-				<i>N. pupula</i>			1				
<i>G. spencerii</i>	-	2	-	-			-	<i>N. radiosa</i>			2				
<i>G. nodiferum</i>		-						<i>N. rhynchocephala</i>	5	1					
<i>Hantzschia amphioxys</i>	-	1						<i>N. salinarum</i>			-			-	
<i>H. marina</i>				-	-	-	-	<i>N. tuscula</i>	1	2					
<i>H. spectabilis</i>			-					<i>Neidium densestriatum</i>		-					
<i>H. virgata</i>			-					<i>N. productum</i>	5	-	-				
<i>Hemiaulus hauckii</i>						-		<i>Nitzschia acuminata</i>			-		-		
<i>Hemidiscus cuneiformis</i>						-		<i>N. amphibia</i>	-	1					
<i>Hyalosira tropicalis</i>				-				<i>N. amplexans</i>			-				
<i>Licmophora gracilis</i>				-	-	-	-	<i>N. baltica</i>			-				
<i>L. abbreviata</i>		-						<i>N. brevissima</i>		2	-				
<i>L. flabellata</i>						-		<i>N. capitellata</i>				1			-
<i>L. gracilis</i> var. <i>anglica</i>				-	-	-	-	<i>N. closterium</i>				-			
<i>L. remulus</i>						-		<i>N. coarctata</i>			1				
<i>Lithodesmium undulatum</i>						-		<i>N. communis</i>	-	-					
<i>Lyrella approximatoidea</i>						-	-	<i>N. compressa</i> var. <i>compressa</i> .		4	-	1	-	-	-
<i>L. lyra</i>						-	-	<i>N. compressa</i> var. <i>elong.</i>	-	-	-	-	1	-	-
<i>Mastogloia smithii</i>			-					<i>N. constricta</i>	1	-	-			-	
<i>Mastogloia elliptica</i>			-					<i>N. debilis</i>	5	3	-				
<i>M. citrus</i>						-		<i>N. delicatissima</i>		-	1			-	-
<i>M. pumila</i>				-	-	-	-	<i>N. dissipata</i>	-	-	-				
<i>N. distans</i>				-	-	-	-	<i>Pseudoeunotia doliolus</i>						-	1
<i>N. filiformis</i> var. <i>conferta</i>			-					<i>Pseudoamphiprora stauroptera</i>			-				
<i>N. fonticola</i>	1							<i>Rhabdonema minutum</i>		-	-				
<i>N. frustulum</i> var. <i>frustulum</i>	-	1	2	-	2	2		<i>Rhaphoneis crucifera</i>				-	1	1	
<i>N. gracilis</i>			-	-			4	<i>R. amphiceros</i>							-
<i>N. hungarica</i>			-	-				<i>Rhizosolenia</i> sp.1	2	1	-				

Región								Región							
Diatomea								Diatomea							
	Montaña	Valle	Canal	Canal-Laguna	Laguna	Boca	Bahía		Montaña	Valle	Canal	Canal-Laguna	Laguna	Boca	Bahía
<i>N. inconspicua</i>	2	-	2	-				<i>R. longiseta</i>	1	-					
<i>N. lanceolata</i>		2	-			-		<i>R. setigera</i>				5	1	5	5
<i>N. lacunarum</i>		-						<i>R. styliformis</i>				4	5	4	1
<i>N. levidensis</i>	5	-	-					<i>R. hebetata</i>							-
<i>N. littoralis</i>	-	5	2	-				<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	-	1	-		-	-	
<i>N. littorea</i>			-					<i>Rhopalodia constricta</i>					5		
<i>N. longissima</i>		-	-	-	-	-	-	<i>R. gibba</i>	-	5	-	-	-	-	-
<i>N. martiana</i>				-	-			<i>R. gibba</i> var. <i>parallela</i>		-	-	4			
<i>N. navicularis</i>		-						<i>R. gibba</i> var. <i>minuta</i>		-					
<i>N. obtusa</i>		2	-	-	-			<i>R. gibberula</i>	-	1	-	-	1	-	-
<i>N. ovalis</i>				-				<i>Scoliopleura tumida</i>				-		-	
<i>N. paleacea</i>	2		-					<i>Skeletonema costatum</i>					2		
<i>N. palea</i>	4	4	5	3	3	1	2	<i>S. subsalsum</i>	5						
<i>N. paleaeformis</i>	1	1	-					<i>Stauroneis anceps</i> var. <i>a.</i>		-	-				
<i>N. palustris</i>	-	-	-					<i>S. dubitabilis</i>	-	2					
<i>N. pusilla</i>				1	2	2	-	<i>S. phoenicenteron</i>			2				
<i>N. recta</i>	-	-	-	2	-	-		<i>S. producta</i>	-	-	-	-			
<i>N. salinarum</i>			-					<i>S. salina</i>						-	-
<i>N. scalaris</i>			-	-	-	-	-	<i>Staurosira construens</i>				-			
<i>N. scalpelliformis</i>	-	-	-	-	-	-	-	<i>Stenoneis inconspicua</i>				-	-		
<i>N. sigma</i>		-	-	-	-	-	-	<i>Stenopterobia delicatissima</i>			-				
<i>N. sigmoidea</i>	1	-	-					<i>Surirella constricta</i>				1	-	-	-
<i>N. solitaria</i>	1	-	1					<i>S. elegans</i>		-					
<i>N. terrestris</i>	-							<i>S. fastuosa</i>							1
<i>N. umbonata</i>	2							<i>S. minuta</i>		-	-				
<i>N. vermicularis</i>	-							<i>S. ovalis</i>			-				
<i>Odontella rhombus</i>						-	-	<i>S. pinnata</i>	-	-					
<i>Opephora marina</i>					-	-	-	<i>S. robusta</i>			-				
<i>O. pacifica</i>		1	-					<i>S. spiralis</i>	1						
<i>Paralia sulcata</i>				1				<i>S. striatula</i>	-		-				
<i>Peronia</i> sp.1		-						<i>Synedra crystallina</i>					1	-	-
<i>Pinnularia acrosphaeria</i>	-		-			-	-	<i>S. pulchella</i> var. <i>lanceolata</i> .			-				
<i>P. interrupta</i>	-	1						<i>S. pulchella</i> v. <i>macrocephala</i>		-					
<i>P. lundii</i>		3	-	-	-	-		<i>S. ulna</i> var. <i>ulna</i>	1	5	-	-	-	-	
<i>P. nodosa</i>			-					<i>S. ulna</i> var. 1					-		
<i>P. similis</i>		1						<i>Tabellaria fasciculata</i>						1	-
<i>P. viridis</i>	-	-	-					<i>Tetracyclus rupestris</i>	-						
<i>Plagiogramma staurophorum</i>				-	-			<i>Thalassiosira oestrupii</i>					-		
<i>Plagiotropis pusilla</i>				-	-	-	-	<i>T. pseudonana</i>	-	-	-	2	1	1	
<i>P. validum</i>						3	-	<i>T. nanolineata</i>				-	-	1	1
<i>P. lepidoptera</i>						-		<i>Thalassiothrix mediterranea</i>					-	-	-
<i>Pleurosigma aestuarii</i>			-					<i>Trachyneis aspera</i>					-	-	
<i>P. cuspidatum</i>						-		<i>Trigonium alternans</i>				-	-	-	-
<i>P. elongatum</i>					-	-		<i>T. reticulum</i>						-	
<i>P. nicobaricum</i>						-		<i>Tropidoneis dannfeldtii</i>			-				
<i>P. salinarum</i>		-		-	-	-	-	<i>T. vanheurckii</i>				-	-	-	
<i>P. longum</i>		-						<i>T. vitrea</i> var. <i>scaligera</i>			-			-	
<i>P. normannii</i>			-					<i>T. vitrea</i> var. <i>vitrea</i>			-	1			

Región							Región								
Diatomea	Montaña	Valle	Canal	Canal-Laguna	Laguna	Boca	Bahía	Diatomea	Montaña	Valle	Canal	Canal-Laguna	Laguna	Boca	Bahía
<i>Podocystis spathula</i>						-		<i>Tryblionella calida</i>				-			
<i>Podosira montagnei</i>						-		<i>T. coarctata</i>						-	-
<i>Psammodictyon const.</i>						-		<i>T. granulata</i>				1			
<i>Psammodiscus nitidus</i>						-									

* - = escasa; 1 = 1.00 – 1.99%; 2 = 2.00 – 2.99%; 3 = 3.00 – 3.99%; 4 = 4.00 – 4.99%; 5 = 5.00 – 5.99%

Tabla 2

Género y especie de 19 diatomeas abundantes identificadas en el estuario y la Bahía de Navidad según la zona halobia y su respectiva tolerancia (según Pankow, 1990)

Género, especie	Zona	Tolerancia
1. <i>Achnanthes brevipes</i> var. <i>angustata</i> (Kütz. 1833) Cleve 1895	mesohalobia	eurihalino
2. <i>Achnanthes lanceolata</i> (Bréb. In Kütz. 1849) Grunow in Cleve et Grunow 1880	polihalobia	mesohalino
3. <i>Achnanthes longipes</i> C.A. Ag. 1830-32	polihalobia	meiohalino
4. <i>Achnanthes minutissima</i> Kütz. 1833	oligohalobia	
5. <i>Amphora coffeaeformis</i> var. <i>acutiuscula</i> (C.A. Ag. 1827) Kütz. 1844	polihalobia	pleiohalino
6. <i>Amphora costata</i> W. Smith 1853	polihalobia	meiohalino
7. <i>Amphora ovalis</i> (Kütz. 1833) Kütz. 1844	oligo-indiferente	mesohalino
8. <i>Chaetoceros radians</i> Schütt 1895 b	oligohalobia	mesohalino
9. <i>Coscinodiscus</i> Ehrenberg 1838	oligohalobia	meio-pleio
10. <i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz. 1844	oligohalobia	pleioeurih.
11. <i>Fragilaria capucina</i> Desmaz. 1825	oligohalobia	meiohalino
12. <i>Fragilaria tabulata</i> (C.A. Ag. 1830-32) Lange-Bertalot 1980b) Syn.: <i>F. fasciculata</i> (C.A. Ag. 1812) Lange-Bertalot 1980 b	mesohalobia	eurihalina
13. <i>Gomphonema parvulum</i> (Kütz. 1844) Kütz. 1849	oligohalobia	pleiohalino
14. <i>Melosira varians</i> C.A. Ag. 1817 nom. cons.	oligohalobia	meso-eurih.
15. <i>Navicula halophila</i> (Grunow in v.H. 1880-85) Cleve 1894	mesohalobia	-
16. <i>Nitzschia gracilis</i> Hantzsch ex Rbh. 1860	oligohalobia	meiohalino
17. <i>Nitzschia palea</i> (Kütz. 1844) W. Smith 1856	oligohalobia	meiohalino
18. <i>Rhizosolenia setigera</i> Brightw. 1858	oligohalobia	mesohalino
19. <i>Rhizosolenia styliformis</i> Brightwell 1858	oligohalobia	meiohalino