

# MARCO AMBIENTAL

*Biología- Macroalgas, Productividad Primaria,  
Fitoplancton y Mareas Rojas*



# Macroalgas del límite norte del Pacífico tropical mexicano

Ildefonso Enciso Padilla\*

Elisa Serviere Zaragoza\*

## Resumen

Se presenta un análisis de los estudios realizados acerca de las macroalgas marinas de los litorales de Nayarit y Jalisco, considerados como el límite norte del Pacífico Tropical Mexicano (PTM). Se reporta el inventario de las algas marinas de esta zona, en la que confluyen dos grandes corrientes oceánicas: la de California y la Norecuatorial. A partir de la integración de los registros bibliográficos, la revisión de ejemplares de herbario y de recolectas propias, se obtuvo una lista de 294 especies, de las cuales 181 (62%) pertenecen a la división Rhodophyta, 61 (20%) a la Chlorophyta y 52 (18%) a la Phaeophyta. De esos taxones, 178 se registraron en 21 localidades de cuatro municipios costeros de Nayarit; en el litoral de Jalisco se han detectado 199 especies en 35 localidades. La distribución de algunas especies es discontinua como *Caulerpa sertularioides*, *Cladophora vagabunda*, *Codium dichotomum*, que se encontraron entre los 19° y 20°01' N y entre los 21°01' y 22°N.

**Palabras clave:** Inventario de macroalgas, Nayarit, Jalisco, afinidades, Pacífico Tropical Mexicano.

## Introducción

Los estudios florísticos pueden tener distintas orientaciones: taxonómicas, ecológicas o biogeográficas. Sin embargo, una de las principales intenciones que persiguen es encontrar algún orden o patrón de los organismos, que permita hacer predicciones o ex-

trapolaciones (González-González, 1992 y 1993). La información obtenida de los estudios florísticos tiene una aplicación directa en otras disciplinas de la biología, como por ejemplo en la ecología, la biogeografía y la biotecnología, ya que contribuyen al conocimiento de la distribución de las especies, del ambiente en el que se desarrollan y de los usos y aplicaciones que se les pueda dar a algunas de ellas.

Las diversas regiones costeras de México han tenido una historia del conocimiento ficoflorístico muy diferente, ya que las más estudiadas son las subtropicales, como el Pacífico de Baja California y el Golfo de California. En estas zonas se han realizado recopilaciones ficoflorísticas, trabajos taxonómicos y monográficos, así como estudios ecológicos, biogeográficos y biotecnológicos, debido a la abundancia y la diversidad de las poblaciones algales con utilidad e importancia comercial, *e. g.* *Macrocystis pyrifera* y *Gelidium robustum* (Aguilar-Rosas, 1981; Aguilar-Rosas y Aguilar-Rosas, 1993). En el Pacífico Tropical Mexicano (PTM) la mayoría de los trabajos realizados es de tipo florístico (Pedroche y González, 1981; Mateo-Cid y Mendoza, 1992; Mateo-Cid y Mendoza, 1994).

La incorporación de nuevas líneas de investigación, como la bioquímica, los ciclos de vida, la ecología de poblaciones y comunidades, ha fortalecido a las tradicionales, lo cual ha incrementado el conocimiento de las algas y su entorno. Lo anterior es uno de los aspectos necesarios para entender la composición, la distribución y las interrelaciones funcionales de una comunidad (Serviere-Zaragoza, 1993; Candelaria-Silva, 1996; León-Tejera, 1996). Este trabajo integra la información sobre la flora ficológica del límite norte del PTM, que comprende la costa de Jalisco y Nayarit, lo cual permitirá conocer la situación actual del estado de conocimiento de las macroalgas y de las especies de importancia económica que existen en esa región.

Los primeros reportes acerca de las algas marinas de los litorales de Nayarit y Jalisco datan de 1944,

\* Laboratorio de Ecosistemas Marinos y Acuicultura. Departamento de Ecología. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara. Apartado Postal 52-114. Zapopan, Jalisco, México. Correo electrónico: ienciso@cucba.udg.mx

cuando se publicaron los trabajos de Elmer Yale Dawson. El material se colectó durante las expediciones organizadas por la Fundación Allan Hancock por el Pacífico de Baja California y del PTM. Desde entonces se han publicado 38 trabajos sobre este tema, distribuidos de la siguiente manera: siete para Nayarit, 10 para Jalisco y 21 compartidos. Los objetivos fueron muy diversos, ya que los trabajos son de diferente tipo: florístico, monográfico, taxonómico y ecológico (Tabla 1). Esto es indicativo de que existe una marcada diferencia en cuanto al conocimiento ficoflorístico para el litoral de ambos estados ya que, de acuerdo con González-González *et al.* (1996), los trabajos de tipo florístico son locales, prospectivos y generalmente exploratorios, y por tanto no abarcan otros aspectos igualmente importantes (ecológicos, taxonómicos) que complementen el conocimiento de la ficoflora del límite norte del PTM.

### Métodos y materiales

De acuerdo con De la Lanza (1991), el PTM abarca desde Cabo Corrientes, en el estado de Jalisco, hasta la frontera de México con Guatemala. En una escala biogeográfica regional, la parte norte del PTM comprende desde los límites de la costa de Nayarit y Sinaloa, hasta la división entre los estados de Jalisco y Colima (Serviere-Zaragoza *et al.*, 1993). La plataforma continental en esta región es notablemente angosta debido a su cercanía con la trinchera mesoamericana (Carriquiry y Reyes-Bonilla, 1997).

La línea costera de los estados de Nayarit y Jalisco tiene una longitud aproximada de 610 km (Figs. 1 y 2), donde la intrusión de agua superficial subtropical propicia cambios anuales de 5 °C o más en el área cercana a Cabo Corrientes, en el estado de Jalisco. La salinidad oscila entre 32 y 35.5 ppm. Las variaciones de temperatura y salinidad se originan por la presencia de la corriente de California y la contracorriente Ecuatorial, que en su derivación hacia los litorales mexicanos se le denomina Corriente Costanera de Costa Rica (Badán, 1997). En la región de estudio se presenta una zona de transición como resultado de la convergencia de estas dos grandes corrientes oceánicas, las cuales son estacionales y transportan calor, nutrientes y biomasa de una región oceánica a otra (Fernández-Eguiarte *et al.*, 1993); las características de esta región dependen de la intensidad relativa de las dos corrientes y de los vientos superficiales; en invierno, cuando la corriente de California es más intensa, la zona de transición se localiza más al sur, mientras que en verano se desplaza hacia el Norte, cuando la contracorriente Noercuratorial está más de-

sarrollada. Esta variación es anual, de tal modo que la zona de transición presenta un movimiento latitudinal.

Figura 1

Franja litoral de los estados de Nayarit y Jalisco

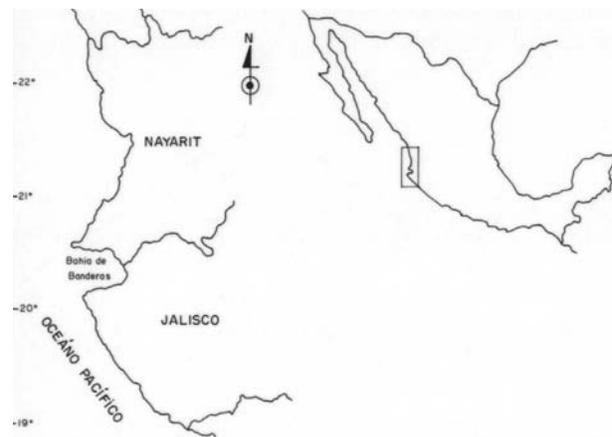
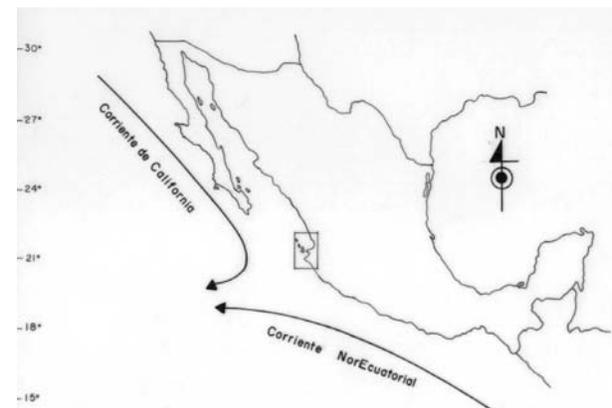


Figura 2

Sistema de corrientes más importantes en el Pacífico mexicano y ubicación del área de estudio



El listado y el análisis de las microalgas que habitan la costa de Nayarit y Jalisco se realizaron mediante investigación documental, la revisión de ejemplares en herbarios y las recolectas realizadas en campo por los autores. A continuación se describe cada una de estas etapas.

#### Recopilación documental

Con el propósito de integrar y sistematizar la información de las especies de algas marinas reportadas para el área de estudio, se realizó una recopilación documental y el análisis de 38 obras sobre algas marinas, que comprenden desde listados florísticos y obras monográficas, hasta caracterizaciones de ambientes y

Tabla 1  
Estudios ficológicos desarrollados en los litorales de Nayarit y Jalisco

| <i>Autor</i>                        | <i>Nay.</i> | <i>Jal.</i> | <i>Estudio</i> | <i>Autor</i>                           | <i>Nay.</i> | <i>Jal.</i> | <i>Estudio</i> |
|-------------------------------------|-------------|-------------|----------------|--|-------------|-------------|----------------|
| Dawson (1944)                       | *           | *           | Florístico     | Serviere-Zaragoza (1993)               | *           | *           | Floríst.-Ecol. |
| Taylor (1945)                       | *           | *           | Florístico     | Hernández (1998)                       |             | *           | Floríst.-Ecol. |
| Dawson (1949a)                      | *           | *           | Florístico     | Serviere-Zaragoza <i>et al.</i> (1998) | *           | *           | Floríst.-Ecol. |
| Dawson (1950b)                      | *           | *           | Florístico     | Dawson (1949b)                         | *           | *           | Monográfico    |
| Dawson (1953b)                      | *           | *           | Florístico     | Dawson (1953a)                         | *           | *           | Monográfico    |
| Dawson (1954a)                      | *           |             | Florístico     | Dawson (1954b)                         | *           |             | Monográfico    |
| Dawson (1959)                       | *           |             | Florístico     | Dawson (1960b)                         | *           | *           | Monográfico    |
| Dawson (1961b)                      | *           | *           | Florístico     | Dawson (1961a)                         | *           | *           | Monográfico    |
| Huerta (1978)                       | *           | *           | Florístico     | Dawson (1962b)                         | *           |             | Monográfico    |
| Pedroche (1978)                     |             | *           | Florístico     | Dawson (1963a)                         | *           | *           | Monográfico    |
| Silva (1979)                        |             | *           | Florístico     | Dawson (1963b)                         | *           | *           | Monográfico    |
| Chávez (1980)                       | *           | *           | Florístico     | Rodríguez (1989)                       | *           | *           | Monográfico    |
| Pedroche y González (1981)          |             | *           | Florístico     | Dawson (1950a)                         | *           |             | Taxonómico     |
| Ortega <i>et al.</i> (1986)         | *           | *           | Florístico     | Dawson (1950c)                         | *           |             | Taxonómico     |
| Águila (1995)                       |             | *           | Florístico     | Hollenberg (1969)                      | *           | *           | Taxonómico     |
| Gaspar (1995)                       |             | *           | Florístico     | Norris y Johansen (1981)               | *           | *           | Taxonómico     |
| Enciso-Padilla <i>et al.</i> (1995) |             | *           | Florístico     | Mendoza <i>et al.</i> (1992)           |             | *           | Taxonómico     |
| Águila <i>et al.</i> (1998)         |             | *           | Florístico     | Mateo-Cid y Mendoza (1992)             | *           |             | Taxonómico     |
| Enciso-Padilla (2000)               | *           | *           | Florístico     | Pedroche y Silva (1996)                |             | *           | Taxonómico     |

localidades particulares (Tabla 1). Se utilizó como referencia el trabajo de Serviere-Zaragoza (1993) para Bahía de Banderas, que incluye las algas marinas reportadas en la porción sur de Nayarit y norte de Jalisco. Además se consultaron las colecciones bibliográficas de la Facultad de Ciencias de la UNAM del Instituto de Botánica de la Universidad de Guadalajara. En las publicaciones revisadas únicamente se consideraron las citas de los géneros, ya que la mayoría de las obras no incluyó descripciones taxonómicas, y por tanto no fue posible comparar las determinaciones hasta categoría de especie. Se respetaron las citas originales de los nombres científicos, salvo en el caso de cambios nomenclaturales recientes considerando los criterios de Silva y Moe (1994), Wynne (1986) y Dreckmann-Estay (1998). El número de registros que corresponden a la base de datos bibliográfica (726) correspondió a 43.8 por ciento.

#### Consulta de herbarios

Se revisó el material proveniente de cinco herbarios: Herbario Nacional de México (MEXU), del Instituto de Biología de la UNAM; FCME de la Facultad de Ciencias de la UNAM; ENCB de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional; el Herbario GUADA de la Universidad Autónoma de Guadalajara; y el IBUG del Instituto de Botánica de

la Universidad de Guadalajara. En estas fuentes se obtuvieron 665 registros.

#### Trabajo de campo

Se realizaron recolectas en nueve localidades de la costa del estado de Jalisco: Mismaloya, en la Bahía de Banderas; Punta Cucharas, Talpichichi, Villa del Mar; Careyes, en la Bahía de Chamela; Playa Mora, El Tamarindo, Majahuas y El Palmito, en la Bahía de Tenacatita. El trabajo se realizó durante mayo, julio y noviembre de 1997. Los sitios seleccionados fueron aquellos que no habían sido visitados por otros autores, como Talpichichi, Villa del Mar y Majahuas, o aquellos que habían sido escasamente estudiados, como Mismaloya, Careyes, Playa Mora y El Tamarindo. El número de registros obtenido durante los muestreos fue de 263 (16%). Las recolectas se realizaron sobre sustrato rocoso y en la zona intermareal, a excepción de Playa Mora en donde se tomaron muestras del submareal hasta una profundidad máxima de seis metros. Para todas las localidades, y tanto en el intermareal como en el submareal, se recolectaron especímenes de todos los crecimientos visibles que contenían diferentes especies. Éstos fueron desprendidos completos del sustrato con ayuda de un cincel y depositados en frascos de plástico, para posteriormente preservarlos en una solución de for-

*Tabla 2*  
Composición cuantitativa de cada división en órdenes, familias, géneros y especies encontrados en el presente trabajo

| División    | Órdenes | Familias | Géneros | Especies |
|-------------|---------|----------|---------|----------|
| Rhodophyta  | 14      | 25       | 75      | 181      |
| Phaeophyta  | 7       | 8        | 17      | 52       |
| Chlorophyta | 6       | 12       | 17      | 61       |
| TOTAL       | 27      | 45       | 109     | 294      |

maldehído a 4% diluido en agua de mar. El tipo de sustrato, la exposición al oleaje y el nivel en el intermareal fueron observaciones directas. En el caso de las muestras que se tomaron de la zona submareal, se registró tanto la profundidad como la temperatura del fondo. Las muestras fueron debidamente etiquetadas y transportadas al Laboratorio de Ecosistemas Marinos y Acuicultura (LEMA) del Departamento de Ecología del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara, en donde fueron determinadas siguiendo los procedimientos usuales de laboratorio, que incluyen el análisis de morfología externa, interna y reproductiva, con apoyo de técnicas de microscopía, cortes histológicos y caracteres morfológicos del talo y las estructuras reproductivas. Para la identificación de los especímenes se consultaron claves taxonómicas y la bibliografía especializada, como Setchell y Gardner (1930), Dawson (1944, 1947, 1953a, 1960a, 1961a, 1962a), Taylor (1945, 1960), Abbott y Hollenberg (1976) y Norris y Johansen (1981).

La actualización del estatus taxonómico de las especies se hizo por medio de una revisión de la sinonimia consultando, además de los anteriores autores, a Dreckman-Estay (1998): La lista completa con las sinonimias se presenta en el trabajo de Enciso-Padilla (2000). Los géneros fueron listados alfabéticamente en cada familia y las especies ordenadas alfabéticamente en cada género.

## Resultados

*Riqueza específica.* La información mostró que existen 294 especies, registradas en 56 localidades del área de estudio; 181 pertenecen a la división Rhodophyta (62%), 52 a la Phaeophyta (18%) y 61 a la Chlorophyta (2%). El número de órdenes, familias y géneros que componen cada división, se presenta en la *tabla 2*; mientras que la lista de las especies, así como la procedencia de los registros de cada una de ellas (bibliográfica, de herbario o de recolectas), en el *Anexo*.

### *Distribución geográfica*

*Nayarit.* En 21 localidades del litoral de Nayarit (Fig. 3), se han registrado 178 especies, de las cuales 116 (65%) pertenecen a la división Rhodophyta; 38 (21%) a la Chlorophyta y 24 (14%) a la división Phaeophyta.

*Jalisco.* En el litoral de este estado se registraron 199 especies, 115 (58%) correspondientes a la división Rhodophyta; 43 (22%) a la Phaeophyta y 41 (20%) a la división Chlorophyta. Estos organismos estuvieron distribuidos en 35 localidades de la costa de Jalisco (Fig. 4).

### *Riqueza de especies por localidad*

En la costa de Nayarit las localidades con mayor riqueza fueron Punta Mita e Isla María Magdalena, con 76 y 51 especies, respectivamente; en contraste, los lugares con menor número de especies fueron Las Minitas, Destiladeras, La Cruz de Huanacastle y la Isla María Cleofas con una sola especie registrada, y Careyeros con dos.

En el estado de Jalisco los sitios con mayor riqueza fueron Puerto Vallarta (63) y El Tamarindo (57). En cuanto a las localidades con el menor número de especies presentes fueron Playas Gemelas y Talpichichi, ambas con una sola especie.

En la *tabla 3* se enlistan las localidades del área de estudio, con el número total de registros y la riqueza específica de cada una de ellas. El arreglo se hizo de acuerdo con su ubicación geográfica, de norte a sur, a lo largo del litoral de Nayarit y Jalisco.

Los lugares con mayor número de especies se ubican en las grandes bahías e islas, ya que allí hay mayor diversidad de ambientes (pozas de marea, canales de corriente, riscos, plataformas rocosas o rocoso-arenosas), con áreas expuestas y protegidas al oleaje y a la desecación, además de grandes afloramientos rocosos.

*Distribución latitudinal*

Los datos obtenidos en cada una de las localidades se arreglaron de acuerdo a su distribución geográfica, por grado de latitud (Tabla 4) desde los 19° N hasta los 22° N, con la intención de conocer la distribución y la riqueza de las especies por grado. El mayor número de especies (187) se presentó entre los 19° y los 20° N, mientras que entre los paralelos 20°01'-21° y 21°01'-22° N, el número de especies fue similar (145 y 149 respectivamente).

En cuanto al porcentaje de especies correspondientes a cada división en los tres intervalos de latitud, la mayoría era de la división Rhodophyta (>50%), pero al norte de los 20° N las clorofitas fueron más abundantes que las feofitas (Tabla 4). El análisis por gradiente latitudinal permitió conocer las macroalgas que habitan sólo en una latitud determinada, esto es, las especies exclusivas (Tabla 4). En el intervalo comprendido entre 21°01' y 22° N se detectaron 62 especies exclusivas (42%), de un total de 149. En el intervalo 20° 01'-21° N hubo 39 especies exclusivas, de un total de 145, que equivalen a 27% del total de esta latitud. Por último, en las localidades que se ubican entre los 20° y 19° N se presentaron 94 especies exclusivas, es decir, 50.5% de un total de 187 presentes en esa latitud.

*Recursos potenciales*

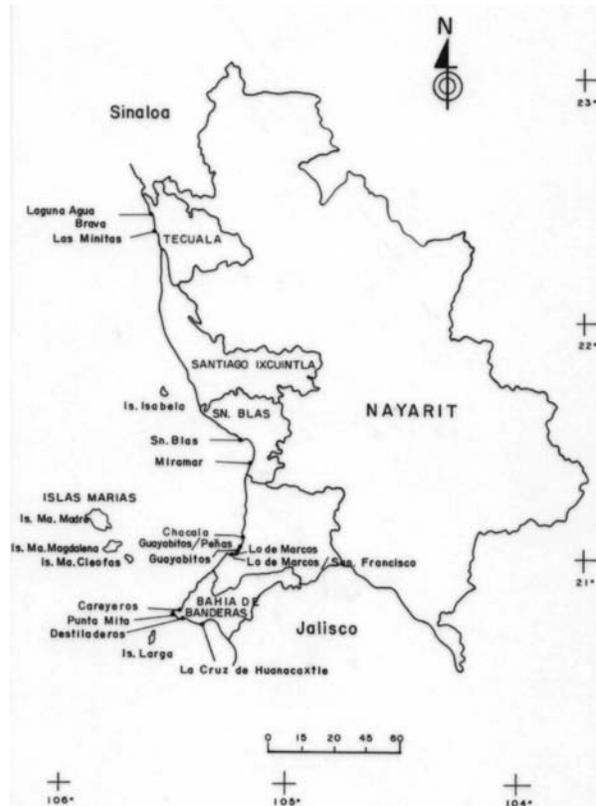
En el área de estudio existen al menos 46 especies de algas marinas que han sido reconocidas con algún uso o aplicación en diferentes industrias (Tabla 5). La división que más especies aporta en este aspecto es la Rhodophyta, con 23, seguida de la Chlorophyta con 14 y, por último, la Phaeophyta con nueve.

En relación con las aplicaciones potenciales, 26 especies pueden ser utilizadas con fines médicos, 21 en aplicaciones farmacéuticas y agropecuarias, de 19 se pueden extraer ficocoloides (13 de las cuales son rodofitas) y 15 que podrían emplearse como alimento. La división con mayores aplicaciones es la Chlorophyta, ya que 10 especies tienen aplicaciones alimenticias, 10 farmacéuticas y 12 medicinales (Tabla 5).

**Discusión**

El número de especies registradas fue de 294, la mayoría de las cuales pertenece a la división Rhodophyta, seguida de las Chlorophyta y, finalmente, las Phaeophyta. Este mismo patrón se detectó en la mayoría de los estudios realizados en la región y áreas adyacentes (Martinell-Benito, 1986; Dreckmann-Es-

*Figura 3*  
Ubicación de los municipios y localidades en el litoral de Nayarit



*Figura 4*  
Ubicación de los municipios y localidades en el litoral de Jalisco



Tabla 3  
Localidades, número de especies y número de registros para Nayarit y Jalisco

| <i>Localidad</i>                   | <i>Especies (Núm.)</i> | <i>Registros (Núm.)</i> | <i>Latitud</i> |
|------------------------------------|------------------------|-------------------------|----------------|
| <i>Nayarit</i>                     |                        |                         |                |
| Laguna Agua Brava                  | 6                      | 7                       | 1              |
| Las Minitas                        | 1                      | 1                       | 1              |
| San Blas                           | 8                      | 10                      | 1              |
| Miramar                            | 20                     | 20                      | 1              |
| Isla Isabela                       | 10                     | 18                      | 1              |
| Isla María Madre                   | 10                     | 11                      | 1              |
| Isla María Magdalena               | 51                     | 112                     | 1              |
| Islas Tres Marías                  | 15                     | 17                      | 1              |
| Chacala                            | 29                     | 45                      | 1              |
| Guayabitos-Las Peñas               | 35                     | 57                      | 1              |
| Guayabitos                         | 47                     | 47                      | 1              |
| Lo de Marcos                       | 34                     | 43                      | 1              |
| Lo de Marcos-Playa Sn. Francisco   | 22                     | 24                      | 1              |
| Isla María Cleofás                 | 1                      | 2                       | 1              |
| Careceros                          | 2                      | 2                       | 1              |
| Punta Mita                         | 76                     | 114                     | 1              |
| Isla Larga                         | 2                      | 3                       | 1              |
| Islas Marietas                     | 4                      | 5                       | 1              |
| Destiladeras                       | 1                      | 1                       | 1              |
| La Cruz de Huanacastle             | 1                      | 2                       | 1              |
| Bahía de Banderas, Jal.-Nay.       | 2                      | 5                       | 1              |
| <i>Jalisco</i>                     |                        |                         |                |
| Puerto Vallarta                    | 63                     | 96                      | 2              |
| Playa Los Muertos                  | 4                      | 5                       | 2              |
| Playas Gemelas                     | 1                      | 2                       | 2              |
| Conchas Chinas                     | 30                     | 32                      | 2              |
| Km. 7 carr. Pto.Vallarta-Mismaloya | 5                      | 7                       | 2              |
| Mismaloya                          | 36                     | 51                      | 2              |
| Quimixto                           | 3                      | 3                       | 2              |
| Yelapa                             | 35                     | 46                      | 2              |
| Chimo                              | 17                     | 19                      | 2              |
| Bahía Corrales                     | 14                     | 19                      | 2              |
| Cabo Corrientes                    | 29                     | 49                      | 2              |
| Punta Cucharas                     | 4                      | 4                       | 2              |
| Talpichichi                        | 1                      | 1                       | 2              |
| Villa del Mar                      | 2                      | 2                       | 2              |
| Chalacatepec                       | 3                      | 6                       | 2              |
| Punta Pérula                       | 12                     | 12                      | 2              |
| Careyes                            | 46                     | 82                      | 3              |
| Chamela                            | 12                     | 19                      | 3              |
| Isla Cocinas                       | 13                     | 14                      | 3              |
| Playa La Rumorosa                  | 19                     | 29                      | 3              |
| Playa Mezcales                     | 9                      | 14                      | 3              |
| Playa Playitas                     | 16                     | 25                      | 3              |
| Playa Virgen                       | 10                     | 12                      | 3              |
| Bahía de Tenacatita                | 28                     | 51                      | 3              |
| Bahía de Tenacatita (Playa Mora)   | 28                     | 48                      | 3              |
| El Tecuán                          | 2                      | 3                       | 3              |
| La Manzanilla                      | 3                      | 3                       | 3              |
| El Tamarindo                       | 57                     | 67                      | 3              |
| El Palmito                         | 31                     | 34                      | 3              |
| Majahuas                           | 32                     | 42                      | 3              |
| Cuastecomates                      | 36                     | 100                     | 3              |
| Melaque                            | 11                     | 12                      | 3              |
| Barra de Navidad                   | 36                     | 40                      | 3              |
| Barra de Navidad-Melaque           | 10                     | 11                      | 3              |
| Bahía Navidad (Melaque)            | 19                     | 115                     | 3              |

La clave de latitud corresponde a: 1) 21°01'-22° N; 2) 20°01'-21° N; 3) 19°-20° N

Tabla 4  
Riqueza específica por división y gradiente latitudinal. Se incluyen las especies exclusivas

| Gradiente     | Rhodophyta | Phaeophyta | Chlorophyta | Total especies | Especies exclusivas |      |
|---------------|------------|------------|-------------|----------------|---------------------|------|
|               |            |            |             |                | (Núm.)              | (%)  |
| 22°00'-21°01' | 95 (64%)   | 18 (12%)   | 36 (24%)    | 149            | 62                  | 42   |
| 21°00'-20°01' | 83 (57%)   | 29 (20%)   | 33 (23%)    | 145            | 39                  | 27   |
| 20°00'-19°00' | 110 (59%)  | 43 (23%)   | 33 (18%)    | 187            | 94                  | 50.5 |

Tabla 5  
Usos y aplicaciones de las algas marinas registradas en Nayarit y Jalisco

| Especies  | Usos |     |     |     |
|---|------|-----|-----|-----|
|   | AH   | FIC | F/A | MED |
| RHODOPHYTA  |      |     |     |     |
| <i>Amphiroa mexicana</i> Taylor   |      |     |     | •   |
| <i>Asparagopsis taxiformis</i> (Delile) Trevisan                                | •    |     | •   |     |
| <i>Centroceras clavulatum</i> (C. Agardh) Montagne                              |      |     |     | •   |
| <i>Dasya pedicellata</i> (C. Ag.) C. Ag. var. <i>stanfordiana</i> (Farl.) Daws. |      |     |     | •   |
| <i>Gelidiella acerosa</i> (Forsskal) J. Feldman & G. Hamel                      |      | •   |     |     |
| <i>Gelidium pusillum</i> (Stackhouse) Le Jolis                                  |      | •   |     |     |
| <i>Gracilaria crispata</i> S. & G.  |      | •   | •   |     |
| <i>Gracilaria pachydermatica</i> S. & G.  |      | •   |     |     |
| <i>Gracilaria spinigera</i> Daws.   |      | •   |     |     |
| <i>Gracilaria textorii</i> (Suringar) De Toni                                   |      | •   |     |     |
| <i>Grateloupia prolongata</i> J. Agardh   |      |     |     | •   |
| <i>Gymnogongrus johnstonii</i> (S. & G.) Daws.                                  |      | •   |     |     |
| <i>Hypnea johnstonii</i> S. & G.  |      | •   |     |     |
| <i>Hypnea pannosa</i> J. Agardh   |      | •   |     |     |
| <i>Hypnea spinella</i> (C. Agardh) Kützing                                      |      | •   |     |     |
| <i>Hypnea californica</i> Kylin   |      | •   |     |     |
| <i>Jania adhaerens</i> Lamouroux  |      |     |     | •   |
| <i>Jania pacifica</i> Areschoug   |      |     |     | •   |
| <i>Jania tenella</i> (Kützing) Grunow   |      |     |     | •   |
| <i>Laurencia papillosa</i> (C. Agardh) Greville var. <i>pacifica</i> S. & G.    | •    | •   | •   |     |
| <i>Lithophyllum</i> sp.   |      |     | •   |     |
| <i>Pterocladia caloglossoides</i> (Howe) Dawson                                 |      | •   |     |     |
| <i>Spyridia filamentosa</i> (Wulfen) Harvey                                     |      |     | •   | •   |
| PHAEOPHYTA  |      |     |     |     |
| <i>Chnoospora minima</i> (Hering) Papenfuss                                     |      |     |     | •   |
| <i>Colpomenia sinuosa</i> (Mertens ex Roth) Derbés & Solier                     |      | •   | •   |     |
| <i>Dictyopteria</i> sp.   |      |     | •   |     |
| <i>Dictyota dichotoma</i> (Hudson) Lamouroux                                    | •    | •   | •   | •   |
| <i>Dictyota flabellata</i> (Collins) Setchell & Gardner                         | •    | •   | •   |     |
| <i>Padina crispata</i> Thivy  |      |     |     | •   |
| <i>Padina durvillaei</i> Bory   | •    |     | •   | •   |
| <i>Padina gymnospora</i> (Kütz.) Sonder   |      |     |     | •   |
| <i>Sargassum liebmani</i> J. Ag. var. <i>liebmani</i>                           |      | •   | •   | •   |
| CHLOROPHYTA   |      |     |     |     |
| <i>Caulerpa racemosa</i> (Forssk.) J. Ag. var. <i>peltata</i> (Lamour.) Eub.    | •    |     | •   | •   |
| <i>Caulerpa sertularioides</i> (S. Gmelin) Howe                                 | •    |     | •   | •   |
| <i>Chaetomorpha antennina</i> (Bory de Saint-Vincent) Kützing                   |      |     |     | •   |
| <i>Chaetomorpha linum</i> (O.F. Müller) Kützing                                 | •    | •   | •   |     |
| <i>Codium cuneatum</i> Setchell & Gardner                                       | •    |     | •   | •   |
| <i>Codium giraffa</i> Silva   |      |     |     | •   |
| <i>Enteromorpha clathrata</i> (Roth) Greville                                   | •    | •   | •   |     |
| <i>Cladophoropsis robusta</i> Setchell et Gardner                               |      |     |     | •   |
| <i>Halimeda discoidea</i> Decaisne  |      |     |     | •   |
| <i>Enteromorpha intestinalis</i> Linnaeus                                       | •    |     | •   | •   |
| <i>Ulva lactuca</i> Linnaeus  | •    |     | •   | •   |
| <i>Enteromorpha linza</i> (Linnaeus) J. Agardh                                  | •    |     | •   | •   |
| <i>Enteromorpha prolifera</i> (Müller) J. Agardh                                | •    |     | •   | •   |

Claves: AH: alimento humano; FIC: Extracción de Ficoloides; F/A = Usos en la industria farmacéutica y agropecuaria; MED: Utilidad médica o en la medicina

tay, 1987; Dreckmann-Estay *et al.*, 1990; Senties *et al.*, 1990). El trabajo que ha incorporado el mayor número de nuevos registros para esta zona del PTM ha sido el de Serviere-Zaragoza (1993), realizado en la Bahía de Banderas, con un total de 54 especies, mientras que en el presente trabajo se incorporaron 11 nuevos registros para un total de cinco localidades del litoral de Jalisco, lo que muestra la importancia de realizar evaluaciones de manera sistemática y constante, y sobre todo de explorar nuevas localidades para incrementar el conocimiento ficoflorístico sobre esta región.

Las diferencias que se observaron al comparar los resultados de este trabajo con los de otros autores en cuanto a las especies, y las que se obtuvieron de la revisión del material de herbario y del trabajo de campo, estuvieron determinadas por los diferentes sitios y fechas de recolecta, así como también por los objetivos con que fueron realizados esos trabajos.

El análisis retrospectivo de la información de Nayarit y Jalisco permitió identificar las áreas en las cuales no se habían realizado recolectas, o que habían sido escasamente exploradas. La mayor cantidad de localidades reportadas en los trabajos consultados, se ubica en el litoral de Jalisco (35). En la costa de Nayarit existen registros de 21 localidades, la mayoría de las cuales se encuentra en el sur del estado, en donde se presentan grandes afloramientos rocosos y acantilados, mientras que en el norte son más abundantes las playas arenosas y los manglares, ambientes poco propicios para el establecimiento y el desarrollo de las algas. En el estado de Jalisco los sitios explorados están distribuidos sobre la costa, con excepción de la parte central, donde se presentan grandes extensiones de playas arenosas que abarcan desde el sur de la localidad de Corrales hasta Chalacatepec.

La mayor cantidad de especies se presentó en dos lugares ubicados en Bahía de Banderas: Punta Mita, Nayarit; y Puerto Vallarta, Jalisco. En el primero la riqueza representó 23.6 %, mientras que en el segundo, 19.5 % del total. Otras localidades como Isla María Magdalena y Guayabitos, en Nayarit; y El Tamarindo y Careyes, en Jalisco, también presentaron una elevada riqueza específica. Cabe hacer mención que El Tamarindo fue una de las nuevas localidades ficoflorísticas exploradas y que Careyes se había visitado de manera esporádica.

La exclusividad de algunas especies en ciertas latitudes es consecuencia de las condiciones ambientales tales como el gradiente de la temperatura (Eber *et al.*, 1968) y las corrientes marinas (Baumgartner y Christensen, 1985), además de las características fisiográficas de la costa, la exposición al oleaje y el tipo de sustrato. Esto se demuestra porque algunas especies de afinidad templada, como *Enteromorpha*

*clathrata*, *Ceramium camouii*, *Dasya pedicellata* var. *stanfordiana*, *Hydrolithon farinosum* y *Polysiphonia decussata*, sólo se hallaron dentro del área comprendida entre los 21° y 22° N, donde hay mayor influencia de la corriente de California. Sin embargo, también se detectaron algunas especies de afinidad templada en sitios con mayor influencia tropical (19° N), como *Cladophora microcladioides*, *Ulva californica*, *U. lobata*, *Dictyota crenulata*, *Giffordia mitchelliae*, *Sargassum horridum*, *Gracilaria textorii* y *Laurencia gardnerii*.

Por el contrario, algunas especies de afinidad tropical únicamente se registraron en los 19° N, como fue el caso de *Enteromorpha crinita*, *E. flexuosa*, *Polyphysa parvula*, *Dictyota divaricata* y *D. flabellata*. Aunque algunas especies de afinidad tropical también se distribuyeron hasta los 22° de latitud N, que presenta características de zona templada, tales como: *Caulerpa sertularioides*, *Phyllocladon anastomosans* (o *Struvea anastomosans*), *Digenia simplex* y *Lithothamnium australe*. Asimismo hubo especies como *Bryopsis hipnoides*, *Chaetomorpha antennina*, *Ch. linum*, *Ulva lactuca*, *Chnoospora minima*, *Padina gymnospora* y *Amphiroa mexicana*, con amplia distribución en la región porque se encontraron en los tres intervalos latitudinales establecidos entre los 22° y los 19° N.

Aunque el factor temperatura es el más reconocido como limitante en la distribución de las macroalgas en escalas biogeográficas amplias (Breeman, 1988), es necesario establecer si los cambios en el gradiente de temperatura afectan directamente a la composición cualitativa de las especies de macroalgas, o si es un efecto combinado entre varios factores ambientales, tales como salinidad, tipo de sustrato, influencia del oleaje y dinámica de la playa, entre otros.

La distribución de 21 especies no fue continua a lo largo del gradiente latitudinal analizado en este estudio, ya que se observaron dentro de las latitudes 19°-20° y 21°-22° N pero estuvieron ausentes entre los 20°01' y 21° N. Entre las especies que presentaron este tipo de distribución están: *Caulerpa sertularioides*, *Cladophora vagabunda*, *Codium dichotomun*, *C. giraffa*, *Dictyota dichotoma*, *Dilophus pinnatus*, *Ralfsia fungiformis* y *Amphiroa mexicana*. De acuerdo con Silva (1962), van den Hoek (1975) y Druehl (1981), el material que se encuentra a la deriva, los cambios climáticos y los sistemas de dispersión son los principales mecanismos que dan lugar a las discontinuidades, lo que generalmente ocurre en especies de amplia distribución. Por otro lado, este tipo de distribución y la baja diversidad de especies en la zona de estudio, también están determinadas por la presencia de grandes extensiones de playas arenosas, humedales y lagunas costeras en Nayarit y Jalisco.

En la costa de Nayarit-Jalisco se detectaron macroalgas que podrían ser un recurso potencial para la región, aunque su biomasa es escasa, es decir, no existen poblaciones que puedan ser susceptibles de explotación comercial.

## Conclusiones

El análisis de la información obtenida por otros autores para el área de estudio, además de la generada por medio de recolectas, permitió obtener un inventario de 294 especies de algas marinas, distribuidas en 56 localidades. La integración de estos trabajos es una primera aproximación al conocimiento de la ficoflora de esta zona, que contribuye a tener una visión más amplia sobre los recursos potenciales existentes y a plantear alternativas para enriquecer el estado de conocimiento de los mismos. A pesar de que a partir de esos estudios se determinó la gran riqueza existente, no se puede afirmar que se conozca la totalidad de la ficoflora de la región, ya que ésta se encuentra en un continuo proceso de cambio; es posible que algunas especies que se encuentren ahora en determinada localidad, desaparezcan en un corto lapso de tiempo; o por el contrario, que algunos taxones ausentes cuando se hicieron esos trabajos, ahora se encuentren en alguna localidades de la costa. Por ello, es importante continuar con los estudios ficoflorísticos en los litorales de Nayarit y Jalisco, e iniciarlos en la costa de Colima y Michoacán, así como diversificar sus objetivos para que el conocimiento de la ficoflora del límite norte del PTM sea integral.

Puesto que este documento sintetiza el estado de conocimiento sobre las algas marinas del litoral rocoso de los litorales de Nayarit y Jalisco, puede servir como fundamento para generar propuestas que permitan caracterizar de manera integral esta región. Es necesario iniciar trabajos que comprendan aspectos biogeográficos (afinidad y distribución de especies), comparando la ficoflora de otras latitudes (templadas y tropicales) con la del límite norte del PTM, porque esta zona presenta características oceanográficas muy particulares. Esto permitirá establecer subregiones dentro del contexto biogeográfico y estudiar los aspectos ecológicos (análisis de poblaciones y comunidades) de las macroalgas, con especial atención en la exploración y las recolectas en nuevas localidades y otros ambientes no considerados aquí, como son las zonas de marismas, lagunas costeras y el nivel litoral submareal.

## Referencias bibliográficas

- ABBOTT, I.A. y G.J. Hollenberg. 1976. *Marine algae of California*. Stanford Univ. Press. Stanford, Calif. 827p.
- ÁGUILA, R.N. 1995. *Macroalgas en el litoral rocoso de Bahía Navidad y Bahía Cuastecomates, Jalisco, Mex. (Diciembre 1993-Julio 1994)*. Tesis Profesional. Fac. de Ciencias Biológicas. UdeG. Guadalajara. 60p.
- ÁGUILA, R.N., F.A. Gaspar, P.I. Enciso y N.M.R. Mora, 1998. Algas Marinas de la Costa Sur de Jalisco. *Boletín del Instituto de Botánica de la Universidad de Guadalajara (IBUG)*, 5(1-3):507-514.
- AGUILAR-ROSAS, L.E. 1981. Algas Rojas (Rodophyta) de la Bahía Todos Santos, Baja California, México, durante el ciclo anual 1978-1979. *Ciencias Marinas*, 7(1):85-101.
- AGUILAR-ROSAS, L.E. y R. Aguilar-Rosas. 1993. Ficogeografía de las Algas Pardas (Phaeophyta) de la Península de Baja California. En: S.I. Salazar-Vallejo y N.E. González (eds.). *Biodiversidad Marina y Costera de México*, CONABIO, CIQRO. pp. 197-206.
- BADÁN, A. 1997. La corriente costera de Costa Rica en el Pacífico Mexicano. En: M.F. Lavín (ed). *Contribuciones a la Oceanografía Física en México*. Monografía 3. Unión Geofísica Mexicana, México. pp. 99-112.
- BAUMGARTNER, T. y N. Christensen, 1985. Coupling of the Gulf of California to large-scale interannual climatic variability. *J. Mar. Res.*, 43:825-848.
- BREEMAN, A.M. 1988. Relative importance of temperature and other factors in determining geographic boundaries of seaweeds: experimental and phenological evidence. *Helgol. Meeresunters*, 42: 199-241.
- CANDELARIA-SILVA, C.F. 1996. *Macroalgas del estado de Guerrero*. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. UNAM. México. 191p.
- CARRIQUIRY, J.D. y H. Reyes-Bonilla. 1997. Estructura y distribución geográfica de los arrecifes coralinos de Nayarit, Pacífico de México. *Ciencias Marinas*, 23(2):227-248.
- CHÁVEZ, M.L. 1980. Distribución del género *Padina* en las costas de México. *An. Esc. Nac. Cienc. Biol., Méx.* 23:45-51.
- DAWSON, E.Y. 1944. The Marine Algae of the Gulf of California. *Allan Hancock Pacif. Exped.*, 3(10):189-464.
- DAWSON, E.Y. 1947. A guide to the literature and distribution of the marine algae of the Pacific coast of North America. *Mem. of the South Calif. Academy of Sciences*, 3(1):1-134.
- DAWSON, E.Y. 1949a. Resultados preliminares de un reconocimiento de las algas marinas de la costa Pacífica de México. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.*, 9:215-255.
- DAWSON, E.Y. 1949b. Studies of Northeast Pacific Gracilariaceae. *Allan Hancock Foundation Publ. Occ. Pap.*, 7:1-105
- DAWSON, E.Y. 1950a. Notes on some Pacific Mexican Dictyotaceae. *Bull. Torrey Bot. Club.*, 77: 83-93.
- DAWSON, E.Y. 1950b. Notes on Pacific Coast marine algae. *V. Am. J. Bot.*, 37:337-344.
- DAWSON, E.Y. 1950c. A review of *Ceramium* along the Pacific coast of North America with special reference to its Mexican representatives. *Farlowia*, 4:113-138.
- DAWSON, E.Y. 1953a. Marine Red Algae Pacific Mexico. Part.1 Bangiales to Corallinaceae subf. Corallinoideae. *Allan Hancock Pacif. Exped.*, 17(1): 1-239.
- DAWSON, E.Y. 1953b. Resumen de las investigaciones recientes sobre algas marinas de la costa Pacífica de México con una sinopsis de la literatura, sinonimia y distribución de las especies descritas. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.*, 13:97-197.
- DAWSON, E.Y. 1954a. Notes on Pacific coast marine algae. vi. *Wasman Jour. Biol.*, 11:323-351.

- DAWSON, E.Y. 1954b. Marine Red Algae. Part. 2. Cryptonemiales (cont.). *Allan Hancock Pacif. Exped.*, 17(2):241-397.
- DAWSON, E.Y. 1959. Marine algae from the 1958 cruise of the Stella Polaris in the Gulf of California. *Los Angeles County. Mus. Contrib. Sci.*, 27:1-39.
- DAWSON, E.Y. 1960a. Marine Red Algae Pacific Mexico. Part. 3. Cryptonemiales, Corallinaceae subf. Melobesioideae. *Pacif. Nat.*, 2: 3-125.
- DAWSON, E.Y. 1960b. A review of the ecology, distribution and affinities of the benthic flora. En: Symposium: The biogeography of Baja California and adjacent seas. II Marine Biotas. *Systematic Zoology*. 9(3/4): 93-100.
- DAWSON, E.Y. 1961a. Marine red algae Pacific Mexico. Part. 4. Gigartinales. *Pacif. Nat.*, 2:291-343.
- DAWSON, E.Y. 1961b. A guide to the literature and distributions of Pacific benthic algae from Alaska to the Galapagos Islands. *Pacific Sci.*, 15:370-461.
- DAWSON, E.Y. 1962a. Marine red algae Pacific Mexico. Part. 7. Ceramiales, Delesseriaceae. *Allan Hancock Pacif. Exped.*, 26:1-207.
- DAWSON, E.Y. 1962b. Una clave ilustrada de los géneros de algas bentónicas del Pacífico de la América Central. *Pacif. Nat.*, 3(4):168-231.
- DAWSON, E.Y. 1963a. Marine red algae of Pacific Mexico. Part. 6. Rhodymeniales. *Nova Hedwigia*, 5:437-476.
- DAWSON, E.Y. 1963b. Marine red algae of Pacific Mexico. Part. 8. Ceramiales: Dasyaceae, Rhodomelaceae. *Nova Hedwigia*, 6:401-481.
- DE LA LANZA-ESPINO, G. 1991. *Oceanografía de los Mares Mexicanos*. AGT. Editores, México. 569p.
- DRECKMANN-ESTAY, K.M. 1987. *Algas marinas bentónicas de Playa San Telmo, Michoacán, Méx.* Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, UNAM, México. 170p.
- DRECKMANN-ESTAY, K.M. 1998. *Clasificación y nomenclatura de las macroalgas marinas bentónicas del Atlántico mexicano*. CONABIO. México. 140p.
- DRECKMANN-ESTAY, K.M., F.F. Pedroche, y G.A. Senties. 1990. Lista florística de las algas marinas bentónicas de la costa norte de Michoacán, Méx. *Bol. Soc. Bot. Méx.*, 50:19-42.
- DRUEHL, L.D. 1981. Geographical distribution. En: C.S Loaban y M.J Wynne (eds.) *The Biology of seaweeds*. University of California Press, Berkeley, pp. 306-325.
- EBER, L.E., J.F.T. Saur y O.E. Sette, 1968. Monthly mean charts sea surface temperature. *U.S Fish. & Wildl. Serv. Circ.*, 258:1-168.
- ENCISO-PADILLA, I. 2000. *Inventario de las macroalgas de los litorales de Nayarit y Jalisco, México*. Tesis de Maestría. Centro Universitario de Ciencias biológicas y Agropecuarias. UdeG. Guadalajara. 103p.
- ENCISO-PADILLA, I., N. Águila-Ramírez, M.R. Mora-Navarro y A. Gaspar-Figueroa. 1995. Macroalgas de la zona intermareal de Melaque, Jalisco, Méx. *Boletín del Instituto de Botánica de la Universidad de Guadalajara (IBUG)*, 3(1-3):41-52.
- FERNÁNDEZ-EGUIARTE, A., A. Gallegos-García y J. Zavala-Hidalgo. 1993. *Oceanografía física de México. Ciencia y Desarrollo.*, 18(108):25-35.
- GASPAR, F.A. 1995. *Listado taxonómico de macroalgas en el litoral rocoso de Bahía Navidad y Bahía Cuastecomates, Jalisco, Mex. en el periodo de agosto a diciembre de 1994*. Tesis Profesional. Fac. de Ciencias Biológicas, UdeG, Guadalajara. 44p.
- GONZÁLEZ-GONZÁLEZ, J. 1992. *Estudio florístico ecológico de ambientes y comunidades algales del litoral rocoso del Pacífico Tropical Mexicano* Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, UNAM, México.167p.
- GONZÁLEZ-GONZÁLEZ, J. 1993. Comunidades algales en el Pacífico Tropical Mexicano. En: S.I. Salazar-Vallejo y N.E. González (eds.). *Biodiversidad Marina y Costera de México*. CONABIO, CIORO, México. pp. 420-423.
- GONZÁLEZ-GONZÁLEZ, J., M. Gold-Morgan, H. León-Tejera, C. Candelaria, D. León-Álvarez, E. Serviere-Zaragoza y D. Fragoso. 1996. *Catálogo Onomástico (Nomenclator) y bibliografía indexada de las algas bentónicas marinas de México*. Cuadernos del Instituto de Biología 29. UNAM. 492p.
- HERNÁNDEZ, H.R.M. 1998. *Análisis de comunidades de macroalgas en ambientes intermareales del Sureste de Bahía de Tenacatita, Jalisco*. Tesis Profesional. División de Ciencias Biológicas y Ambientales. UdeG. Guadalajara. 95p.
- HOLLENBERG, G.J. 1969. An account of Ralfsiaceae (Phaeophyta) of California. *J. Phycol.*, 5(4): 290-301.
- HUERTA, M.L. 1978. Vegetación marina litoral. En: J. Rzedowski (ed.). *Vegetación de México*. Limusa, México. pp. 328-340.
- LEÓN-TEJERA, H. 1996. *Caracterización ficoflorística del límite sur del Pacífico Tropical Mexicano: el litoral rocoso de Oaxaca*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, UNAM, México. 146p.
- MARTINELL-BENITO, L.N. 1986. *Estudio ecológico de las algas de las desembocaduras de Michoacán*. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM, México. 179p.
- MATEO-CID, L.E. y G.A.C. Mendoza. 1992. Algas marinas bentónicas de la costa sur de Nayarit. *Acta Bot. Mex.*, 20: 13-28.
- MATEO-CID, L.E. y G.A.C. Mendoza. 1994. Estudio florístico de las algas bentónicas de bahía Asunción, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas*, 20(1):41-64.
- MENDOZA, G.A.C, L.E. Mateo-Cid y M.L. Huerta. 1992. Estudio preliminar de las algas marinas bentónicas de la costa de Jalisco, México. *An. Esc. Nac. Cienc. Biol. Méx.*, 37:9-25.
- NORRIS, J.N. y H.W. Johansen. 1981. Articulated coralline algae of the Gulf of California, Mexico, I. *Amphiroa* Lamouroux. *Smithson. Contr. Mar. Sci.*, 9:1-29.
- ORTEGA, M.M., C.J. Ruíz y M.M.G. Oliva. 1986. La vegetación sumergida de la Laguna de Agiabampo, Sonora-Sinaloa. *An. Inst. Biol. UNAM. Ser. Bot.* 57:59-108.
- PEDROCHE, F.F. 1978. *Estudio florístico preliminar de las macroalgas mesolitorales de las costas de la región de Chamela, Jal.* Tesis Profesional, Fac. Ciencias, UNAM, México. 110p.
- PEDROCHE, F.F. y G.J. González. 1981. Lista florística preliminar de las algas marinas de la región sur de la costa de Jalisco, México. *Phycol. Lat.-Amer.*, 1:60-72.
- PEDROCHE, F.F. y P.C. Silva. 1996. *Codium picturatum* sp. nov.(Chlorophyta), una especie extraordinaria del Pacífico Tropical Mexicano. *Acta Botánica Mexicana*, 35:1-8.
- RODRÍGUEZ, V.D. 1989. *Gelidiales-Rhodophyta: una contribución a la flora tónica del Pacífico tropical mexicano. Propuesta teórico-metodológica a partir de la teoría de los procesos alterados*. Tesis Doctoral. Fac. de Ciencias, UNAM, México. 397p.
- SENTIES, G.A., F.F. Pedroche y K.M. Dreckmann. 1990. La Familia Rhodomelaceae (Ceramiales, Rhodophyta) en la costa del estado de Michoacán. *Mex. Bol. Soc. Bot. Méx.*, 50:89-120.
- SERVIERE-ZARAGOZA, E. 1993. *Descripción y análisis de la ficoflora del litoral rocoso de Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, UNAM, México. 71p.
- SERVIERE-ZARAGOZA, E., S. Castillo-Arguero y J. González-González, J. 1998. Descripción ficológica de los ambientes de la región de Bahía de Banderas, Nayarit-Jalisco, México. *Boletín del Instituto de Botánica (IBUG)*, 5(1-3):157-180.
- SERVIERE-ZARAGOZA, E., J. González-González y D. Rodríguez-Vargas. 1993. Ficoflora de la región de Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit. En: S.I. Salazar-Vallejo y N.E. González (eds.). *Biodiversidad Marina y Costera de México*. CONABIO, CIORO, México. pp. 475-485.
- SETCHELL, W.A. y N. Gardner. 1930. Marine algae of the Revillagigedo Islands expedition in 1925. *Proc. Calif. Acad. Sci.*, 19(11):109-215.

- SILVA, P.C. 1962. Comparison of algal floristic patterns in the Pacific with those in the Atlantic and Indian Oceans, with special reference to *Codium*. *Proc. IX Pac. Sci. Congr.*, [4]:201-216.
- SILVA, P.C. 1979. *Codium giraffa*, a new marine green algae from tropical Pacific México. *Phycologia*, 18(3): 264-268.
- SILVA, P.C. y R.L. Moe. 1994. Appendix: Taxonomic classification of algae mentioned in the text. En: C.S. Lobban y P. J. Harrison (eds.). *Seaweed Ecology and Physiology*. Cambridge Univ. Press, USA. 366p.
- TAYLOR, W.R. 1945. Pacific Marine Algae of the Allan Hancock Expeditions to the Galapagos Islands. *Allan Hancock Pacif. Exped.*, 12:1-528.
- TAYLOR, W.R. 1960. *Marine algae of the eastern tropical and subtropical coasts of the Americas*. The University of Michigan Press, Ann Arbor, Michigan. 528p.
- VAN DEN HOEK, C.L. 1975. Phytogeographic provinces along the coasts of the northern Atlantic Ocean. *Phycologia*, 14:317-330.
- WYNNE, M.J. 1986. A checklist of benthic marine algae of the tropical and subtropical western Atlantic. *Can. J. Bot.*, 64:2239-2281.

## Anexo

Lista sistemática de las algas marinas del límite norte del Pacífico tropical mexicano (Nayarit-Jalisco)

| DIVISIÓN RHODOPHYTA  | Registro |
|--|----------|
| ORDEN PORPHYRIDIALES   |          |
| Familia Porphyridiaceae  |          |
| <i>Stylonema alsidii</i> (Zanardini) Drew                                | B        |
| ORDEN ERYTHROPELTIDALES  |          |
| Familia Erythropeltidaceae   |          |
| <i>Erythrocladia</i> sp.   | H        |
| <i>Erythrotrichia carnea</i> (Dillwyn) J. Agardh                         | B, H     |
| <i>Erythrotrichia tetraseriata</i> Gardner                               | B        |
| <i>Erythrotrichia vexillaris</i> (Montagne) Hamel                        | H        |
| <i>Sahlbingia subintegra</i> (Rosenvinge) Kornmann                       | H        |
| <i>Smithora naiadum</i> (Anderson) Hollenberg                            | B        |
| ORDEN ACROCHAETIALES   |          |
| Familia Acrochaetiaceae  |          |
| <i>Acrochaetium daviesii</i> (Dillwyn) Nägeli                            | B        |
| ORDEN NEMALIALES   |          |
| Familia Chaetangiaceae   |          |
| <i>Gloiophloea confusa</i> (Setchell) Levring                            | H        |
| Familia Galaxauraceae  |          |
| <i>Galaxaura ventricosa</i> Kjellmann                                    | B        |
| <i>Tricleocarpa cylindrica</i> (Ellis et Solander) Huisman et Borowitzka | B, H     |
| <i>Helminthora</i> sp.   | B        |
| <i>Scinaia complanata</i> (Collins) Cotton                               | B        |
| <i>Scinaia johnstoniae</i> Setchell                                      | B        |
| <i>Scinaia latifrons</i> Howe  | B        |
| Familia Liagoraceae  |          |
| <i>Liagora valida</i> Harvey   | H        |
| ORDEN AHNFELTIALES   |          |
| Familia Ahnfeltiaceae  |          |
| <i>Ahnfeltia plicata</i> (Hudson) Fries                                  | B, H     |
| <i>Ahnfeltia svensoni</i> Taylor   | B, H     |
| <i>Ahnfeltia</i> sp.   | C        |
| ORDEN GELIDIALES   |          |
| Familia Gelidiaceae  |          |
| <i>Gelidiella acerosa</i> (Forskssal) J. Feldmann et Hamel               | B, H     |
| <i>Gelidiella ligulata</i> Dawson  | B        |
| <i>Gelidiella</i> sp.  | H        |
| <i>Gelidium arborescens</i> Gardner                                      | C        |
| <i>Gelidium microdentatum</i> Dawson                                     | B        |
| <i>Gelidium pusillum</i> (Stackhouse) Le Jolis                           | B, H     |
| <i>Gelidium sclerophyllum</i> Taylor                                     | B        |
| <i>Pterocladia caloglossoides</i> (Howe) Dawson                          | B        |
| <i>Pterocladia media</i> Dawson  | B        |
| <i>Wurdemannia miniata</i> (Duby) Feldmann et Hamel                      | B        |
| ORDEN GRACILARIALES  |          |
| Familia Gracilariaceae   |          |
| <i>Gelidiopsis variabilis</i> (J. Agardh) Schmitz                        | B, H     |
| <i>Gracilaria crispata</i> Setchell et Gardner                           | B, H     |
| <i>Gracilaria johnstonii</i> Setchell et Gardner                         | B        |
| <i>Gracilaria pachydermatica</i> Setchell et Gardner                     | B        |

| DIVISIÓN RHODOPHYTA  | Registro |
|--|----------|
| <i>Gracilaria pinnata</i> Setchell et Gardner  | B        |
| <i>Gracilaria spinigera</i> Dawson   | B, C     |
| <i>Gracilaria symmetrica</i> Dawson  | B        |
| <i>Gracilaria tepocensis</i> (Dawson) Dawson   | B, H     |
| <i>Gracilaria textorii</i> (Suringar) De Toni  | H        |
| <i>Gracilaria textorii</i> (Suringar) De Toni var. <i>cunninghamii</i> (Farlow) Dawson | C        |
| <i>Gracilaria textorii</i> (Suringar) De Toni var. <i>textorii</i>                     | B        |
| <i>Gracilaria veleroae</i> Dawson  | B        |
| <i>Gracilaria verrucosa</i> (Hudson) Papenfuss   | B        |
| <i>Gracilariopsis costaricensis</i> Dawson   | B        |
| <i>Gracilariopsis lemanaeformis</i> (Bory) Dawson, Acleto et Foldvick                  | H        |
| ORDEN BONNEMAISONIALES   |          |
| Familia Bonnemaisoniaceae  |          |
| <i>Asparagopsis taxiformis</i> (Delile) Trevis   | B        |
| =esporofito: <i>Falkenbergia hillebrandii</i> (Bornet) Falkenberg                      |          |
| ORDEN CRYPTONEMIALES   |          |
| Familia Cryptonemiaceae  |          |
| <i>Cryptonemia decolorata</i> Taylor   | B        |
| <i>Grateloupia doryphora</i> (Montagne) Howe   | B, H, C  |
| <i>Grateloupia filicina</i> (Lamouroux) C. Agardh                                      | B, C     |
| <i>Grateloupia howei</i> Setchell et Gardner   | B, H     |
| <i>Grateloupia multiphylla</i> Dawson  | B        |
| <i>Grateloupia prolongata</i> J. Agardh  | C        |
| <i>Grateloupia versicolor</i> (J. Agardh) J. Agardh var. <i>versicolor</i>             | B        |
| <i>Grateloupia versicolor</i> (J. Agardh) J. Agardh                                    | B, H     |
| <i>Halymenia agardhii</i> De Toni  | B        |
| <i>Pachymenia saxicola</i> Taylor  | B, H     |
| Familia Endocladiaaceae  |          |
| <i>Gloiopeltis furcata</i> (Postels et Ruprecht) J. Agardh                             | H        |
| Familia Peyssonneliaceae   |          |
| <i>Peyssonnelia rubra</i> (Greville) J. Agardh var. <i>orientalis</i> Weber-van Bosse  | B        |
| <i>Cruoriopsis mexicana</i> Dawson   | B        |
| <i>Smithora naiadum</i> (Anderson) Hollenberg  | B        |
| ORDEN HILDENBRANDIALES   |          |
| Familia Hildenbrandiaceae  |          |
| <i>Cruoriella dubyi</i> (Crouan et Crouan) Foslie                                      | B        |
| <i>Cruoriella hancockii</i> Dawson   | B        |
| <i>Hildenbrandia dawsonii</i> (Ardré) Hollenberg                                       | B, H     |
| <i>Hildenbrandia prototypus</i> Nardo var. <i>prototypus</i>                           | B        |
| <i>Hildenbrandia rubra</i> (Sommerfelt) Meneghini                                      | B, H     |
| ORDEN CORALLINALES   |          |
| Familia Corallinaceae  |          |
| <i>Amphiroa annulata</i> Lemoine   | B        |
| <i>Amphiroa beauvoisii</i> Lamouroux   | B, H     |
| <i>Amphiroa compressa</i> Lemoine var. <i>tenuis</i> Taylor                            | B        |
| <i>Amphiroa currae</i> Ganesan   | B        |
| <i>Amphiroa dimorpha</i> Lemoine   | B, H, C  |
| <i>Amphiroa foliacea</i> Lamouroux   | B, H     |
| <i>Amphiroa franciscana</i> Taylor   | B        |
| <i>Amphiroa franciscana</i> Taylor var. <i>franciscana</i>                             | B        |
| <i>Amphiroa mexicana</i> Taylor  | B        |
| <i>Amphiroa misakiensis</i> Yendo  | B, H, C  |
| <i>Amphiroa polymorpha</i> Lemoine   | B        |
| <i>Amphiroa rigida</i> Lamouroux   | B, H, C  |
| <i>Amphiroa subcylindrica</i> Dawson   | B        |
| <i>Amphiroa valonioides</i> Yendo  | B, H     |
| <i>Bossiella californica</i> (Decaisne) Silva  | H        |
| <i>Bossea</i> sp.  | H        |
| <i>Fosliella paschalis</i> (Lemoine) Setchell et Gardner                               | B        |
| <i>Heteroderma nicholsii</i> Setchell et Gardner                                       | H        |
| <i>Hydrolithon decipiens</i> (Foslie) Adey   | B        |
| <i>Hydrolithon farinosum</i> (Lamouroux) Penrose et Chamberlain                        | B        |
| <i>Jania adhaerens</i> Lamouroux   | B, H, C  |
| <i>Jania crassa</i> Lamouroux  | C        |
| <i>Jania longiarthra</i> Dawson  | B*       |

| DIVISIÓN RHODOPHYTA  | Registro |
|--|----------|
| <i>Jania pacifica</i> Areschoug  | B, H     |
| <i>Jania tenella</i> (Kützinger) Grunow  | B, H, C  |
| <i>Jania unguolata</i> (Yendo) Yendo   | C        |
| <i>Lithophyllum bracchiatum</i> (Heydrich) Lemoine                             | B        |
| <i>Lithophyllum decipiens</i> (Foslie) Foslie                                  | B        |
| <i>Lithophyllum imitans</i> Foslie   | B        |
| <i>Lithophyllum lichenare</i> Mason  | B        |
| <i>Lithophyllum lithophylloides</i> Heydrich                                   | B        |
| <i>Lithophyllum proboscideum</i> (Foslie) Foslie                               | B        |
| <i>Lithophyllum proboscideum</i> (Foslie) Foslie var. <i>proboscideum</i>      | B        |
| <i>Lithothamnium australe</i> (Foslie) Foslie                                  | B        |
| <i>Melobesia polystromatica</i> Dawson   | B        |
| <i>Neogoniolithon setchellii</i> (Foslie) Adey                                 | B        |
| <i>Neogoniolithon trichotomum</i> (Heydrich) Setchell et Gardner               | B        |
| <i>Tenarea dispar</i> (Foslie) Adey  | B        |
| <i>Tenarea ascripticia</i> (Foslie) Adey                                       | B        |
| ORDEN GIGARTINALES   |          |
| Familia Gigartinales   |          |
| <i>Gigartina asperifolia</i> J. Agardh   | B, H     |
| <i>Gigartina harveyana</i> (Kützinger) Setchell et Gardner                     | B, H     |
| <i>Gigartina leptorhynchus</i> J. Agardh                                       | H        |
| <i>Gigartina spinosa</i> (Kützinger) Harvey                                    | H        |
| <i>Gigartina volans</i> (C. Agardh) J. Agardh                                  | H        |
| Familia Hypneaceae   |          |
| <i>Hypnea californica</i> Kylin  | B, C     |
| <i>Hypnea johnstonii</i> Setchell et Gardner                                   | B, H     |
| <i>Hypnea pannosa</i> J. Agardh  | B, H, C  |
| <i>Hypnea spinella</i> (C. Agardh) Kützinger                                   | B, H, C  |
| Familia Phylloporaceae   |          |
| <i>Ahnfeltiopsis concinna</i> (J. Agardh) Silva et De Cew                      | B, C     |
| <i>Ahnfeltiopsis gigartinoides</i> (J. Agardh) Silva et De Cew                 | B        |
| <i>Gymnogongrus crustiforme</i> Dawson   | C*       |
| <i>Gymnogongrus johnstonii</i> (Setchell et Gardner) Dawson                    | B, H     |
| <i>Gymnogongrus leptophyllus</i> J. Agardh                                     | B, H, C* |
| <i>Gymnogongrus platyphyllus</i> Gardner                                       | C*       |
| <i>Gymnogongrus tenuis</i> (J. Agardh) J. Agardh                               | B, H     |
| Familia Solieriaceae   |          |
| <i>Sarcodiotheca ecuadoreana</i> Taylor  | B        |
| <i>Sarcodiotheca furcata</i> (Setchell et Gardner) Kylin                       | B        |
| <i>Sarcodiotheca taylorii</i> Dawson   | B        |
| ORDEN RHODYMENIALES  |          |
| Familia Champiaceae  |          |
| <i>Champia parvula</i> (C. Agardh) Harvey                                      | B, H     |
| <i>Lomentaria hakodatensis</i> Yendo   | B        |
| Familia Rhodymeniaceae   |          |
| <i>Fauchea crispa</i> Taylor   | B        |
| <i>Rhodymenia californica</i> Kylin  | C        |
| <i>Rhodymenia lobata</i> Dawson  | B        |
| <i>Botryocladia pseudodichotoma</i> (Farlow) Kylin                             | B        |
| <i>Botryocladia pseudodichotoma</i> (Farlow) Kylin var. <i>pseudodichotoma</i> | B        |
| <i>Botryocladia uvarioides</i> Dawson  | B, H     |
| ORDEN CERAMIALES   |          |
| Familia Ceramiaceae  |          |
| <i>Antithamnionella breviformis</i> (Dawson) Womersley et Bailey               | B, H     |
| <i>Centroceras clavulatum</i> (C. Agardh) Montagne                             | B, H, C  |
| <i>Ceramium affine</i> Setchell et Gardner                                     | B, H     |
| <i>Ceramium camouii</i> Dawson   | B        |
| <i>Ceramium caudatum</i> Setchell et Gardner                                   | C        |
| <i>Ceramium clarionensis</i> Setchell et Gardner                               | B        |
| <i>Ceramium fimbriatum</i> Setchell et Gardner                                 | B        |
| <i>Ceramium flaccidum</i> (Kützinger) Ardissonne                               | B, H, C  |
| <i>Ceramium hamatispinum</i> Dawson  | B        |
| <i>Ceramium ovalonae</i> Dawson  | C*       |
| <i>Ceramium zacae</i> Setchell et Gardner                                      | B*       |
| <i>Haloplegma mexicana</i> Taylor  | B        |
| <i>Pleonosporium abyssicola</i> Gardner  | B, H     |

| DIVISIÓN RHODOPHYTA   | Registro |
|---|----------|
| <i>Pleonosporium mexicanum</i> Dawson   | B        |
| <i>Pleonosporium rhizoideum</i> Dawson  | B, H     |
| <i>Spyridia filamentosa</i> (Wulfen) Harvey   | B, H     |
| <i>Tiffaniella saccorhiza</i> (Setchell et Gardner) Doty et Meñez                     | B        |
| Familia Dasyaceae   |          |
| <i>Dasya pedicellata</i> (C. Agardh) C. Agardh var. <i>stanfordiana</i> (Farl.) Daw.  | B        |
| <i>Dasya baillouiana</i> var. <i>stanfordiana</i> (Farlow) Norris                     | B        |
| Familia Delesseriaceae  |          |
| <i>Branchioglossum undulatum</i> Dawson   | B        |
| <i>Taenioma perpusillum</i> (J. Agardh) J. Agardh                                     | B        |
| Familia Rhodomelaceae   |          |
| <i>Bostrychia radicans</i> (Montagne) Montagne  | B, H     |
| <i>Bostrychia radicans</i> (Montagne) Montagne f. <i>moniliforme</i> Post             | B        |
| <i>Bryocladia thyrsigera</i> (J. Agardh) Schmitz                                      | B        |
| <i>Bryothamnion pacificum</i> Taylor  | B, H     |
| <i>Chondria arcuata</i> Hollenberg  | B, H     |
| <i>Chondria californica</i> (Collins) Kylin   | B, H     |
| <i>Chondria repens</i> Børgensen  | B        |
| <i>Digenia simplex</i> (Wulfen) C. Agardh   | H        |
| <i>Herposiphonia littoralis</i> Hollenberg  | B        |
| <i>Herposiphonia secunda</i> (C. Ag.) Ambronn f. <i>tenella</i> (C. Agardh) Wynne     | B, C     |
| <i>Herposiphonia verticillata</i> (Harvey) Kylin                                      | B        |
| <i>Laurencia decidua</i> Dawson   | B        |
| <i>Laurencia estebaniana</i> Setchell et Gardner                                      | B, H     |
| <i>Laurencia gardnerii</i> Hollenberg   | H        |
| <i>Laurencia hancockii</i> Dawson   | B, H, C  |
| <i>Laurencia papillosa</i> (C. Ag.) Greville var. <i>pacifica</i> Setchell et Gardner | B, H     |
| <i>Micropeuce mucronata</i> (Harvey) Kylin  | B        |
| <i>Murrayellopsis dawsonei</i> Post   | C        |
| <i>Polysiphonia bajacali</i> Hollenberg   | C*       |
| <i>Polysiphonia confusa</i> Hollenberg  | C        |
| <i>Polysiphonia decussata</i> Hollenberg  | H        |
| <i>Polysiphonia hendryi</i> Gardner   | C*       |
| <i>Polysiphonia johnstonii</i> Setchell et Gardner                                    | C        |
| <i>Polysiphonia mollis</i> Hooker et Harvey   | B        |
| <i>Polysiphonia pacifica</i> Hollenberg   | B, H, C  |
| <i>Polysiphonia pacifica</i> Hollenberg var. <i>delicatula</i> Hollenberg             | B        |
| <i>Polysiphonia scopulorum</i> var. <i>villum</i> (J. Agardh) Hollenberg              | B        |
| <i>Polysiphonia sertularioides</i> (Grateloup) J. Agardh                              | B, H     |
| <i>Polysiphonia simplex</i> Hollenberg  | B, H     |
| <i>Pterosiphonia dendroidea</i> (Montagne) Falkenberg                                 | C*       |
| DIVISIÓN PHAEOPHYTA   |          |
| ORDEN ECTOCARPALES  |          |
| Familia Ectocarpaceae   |          |
| <i>Ectocarpus parvus</i> (Saunders) Hollenberg  | B, H     |
| <i>Ectocarpus siliculosus</i> (Dillwyn) Lyngbye                                       | B, H     |
| <i>Ectocarpus simulans</i> Setchell y Gardner   | B        |
| <i>Feldmania indica</i> (Sonder) Womersley et Bailey                                  | B        |
| <i>Giffordia mitchelliae</i> (Harvey) Hamel   | C        |
| <i>Giffordia saundersii</i> (Setchell et Gardner) Hollenberg et Abbott                | C        |
| <i>Hincksia breviariculata</i> (J. Agardh) Silva                                      | B        |
| ORDEN RALFSIALES  |          |
| Familia Ralfsiaceae   |          |
| <i>Hapalospongidion gelatinosum</i> Saunders  | B        |
| <i>Ralfsia californica</i> Setchell et Gardner  | B        |
| <i>Ralfsia confusa</i> Hollenberg   | B        |
| <i>Ralfsia fungiformis</i> (Gunner) Setchell et Gardner                               | B        |
| <i>Ralfsia hesperia</i> Setchell et Gardner   | B        |
| <i>Ralfsia pacifica</i> Hollenberg  | B, H     |
| ORDEN SPHACELARIALES  |          |
| Familia Sphacelariaceae   |          |
| <i>Sphacelaria californica</i> Sauvageau  | B, H     |
| <i>Sphacelaria novae-hollandiae</i> Sonder  | B        |
| <i>Sphacelaria rigidula</i> Kützting  | B        |

| DIVISIÓN PHAEOPHYTA  | Registro |
|--|----------|
| ORDEN DICTYOTALES  |          |
| Familia Dictyotaceae   |          |
| <i>Dictyopteris</i> sp.  | C        |
| <i>Dictyota bartayresiana</i> Lamouroux                        | B, H     |
| <i>Dictyota binghamiae</i> J. Agardh                           | H        |
| <i>Dictyota ciliolata</i> Kützting                             | B        |
| <i>Dictyota crenulata</i> J. Agardh                            | B, H     |
| <i>Dictyota dichotoma</i> (Hudson) Lamouroux                   | B, H, C  |
| <i>Dictyota divaricata</i> Lamouroux                           | B        |
| <i>Dictyota flabellata</i> (Collins) Setchell et Gardner       | H        |
| <i>Dictyota johnstonii</i> Setchell et Gardner                 | B        |
| <i>Dilophus pinnatus</i> Dawson                                | B        |
| <i>Padina</i> aff. <i>caulescens</i> Thivy                     | H, C     |
| <i>Padina caulescens</i> (Thivy) Taylor                        | B, C     |
| <i>Padina crispata</i> (Thivy) Taylor                          | B, H, C  |
| <i>Padina durvillaei</i> Bory                                  | B, H, C  |
| <i>Padina gymnospora</i> (Kützting) Sonder                     | B, H, C  |
| <i>Padina mexicana</i> Dawson                                  | B, H     |
| <i>Padina pavonia</i> Lamouroux                                | H        |
| <i>Padina pavonica</i> (Linnaeus) Thivy                        | H        |
| <i>Padina tetrastomatica</i> Hauck                             | B        |
| <i>Zonaria farlowii</i> Setchell et Gardner                    | H        |
| ORDEN SCYTOSIPHONALES  |          |
| Familia Chnoosporaceae   |          |
| <i>Chnoospora minima</i> (Hering) Papenfuss                    | B, H, C  |
| Familia Scytosiphonaceae                                       |          |
| <i>Colpomenia sinuosa</i> (Roth) Derbés et Solier              | C        |
| <i>Rosenvingea intricata</i> (J. Agardh) Børgesen              | B        |
| ORDEN CHORDARIALES   |          |
| Familia Chordariaceae  |          |
| <i>Compsomena secundum</i> Setchell et Gardner                 | B        |
| <i>Compsomena secundum</i> Setchell et Gardner f. terminale    | B        |
| <i>Compsomena serpens</i> Setchell et Gardner                  | B        |
| ORDEN FUCALES  |          |
| Familia Sargassaceae   |          |
| <i>Sargassum agardhianum</i> Farlow                            | B        |
| <i>Sargassum asymmetricum</i> Dawson                           | H        |
| <i>Sargassum brandegeei</i> Setchell et Gardner                | B        |
| <i>Sargassum horridum</i> Setchell et Gardner                  | B        |
| <i>Sargassum howellii</i> Setchell                             | B, H     |
| <i>Sargassum liebmanii</i> J. Agardh                           | B, H, C  |
| <i>Sargassum liebmani</i> J. Agardh var. <i>liebmani</i>       | H        |
| <i>Sargassum pacificum</i> Bory                                | B, H     |
| <i>Sargassum pacificum</i> Bory var. <i>megaphyllum</i> Taylor | B        |
| <i>Sargassum vulgare</i> C. Agardh                             | B        |
| DIVISIÓN CHLOROPHYTA   |          |
| ORDEN CTENOCLADALES  |          |
| Familia Ulvellaceae  |          |
| <i>Phaeophila dendroides</i> (P. Crouan et H. Crouan) Batters  | B        |
| ORDEN ULVALES  |          |
| Familia Ulvaceae   |          |
| <i>Enteromorpha clathrata</i> (Roth) Greville                  | B        |
| <i>Enteromorpha crinita</i> Nees                               | B,C      |
| <i>Enteromorpha flexuosa</i> (Wulfen) J. Agardh                | B        |
| <i>Enteromorpha intestinalis</i> (Linnaeus) Nees               | B,H,C    |
| <i>Enteromorpha lingulata</i> J. Agardh                        | H        |
| <i>Enteromorpha linza</i> (Linnaeus) J. Agardh                 | B,H      |
| <i>Enteromorpha plumosa</i> Kützting                           | B,H      |
| <i>Enteromorpha prolifera</i> (Müller) J. Agardh               | B,C      |
| <i>Ulva californica</i> Wille                                  | B        |
| <i>Ulva dactylifera</i> Setchell et Gardner                    | B, H, C  |
| <i>Ulva expansa</i> (Setchell) Setchell et Gardner             | C        |
| <i>Ulva fasciata</i> Delile                                    | H        |
| <i>Ulva lactuca</i> Linnaeus                                   | B, H, C  |
| <i>Ulva lobata</i> (Kützting) Setchell et Gardner              | B        |
| <i>Ulva taeniata</i> (Setchell) Setchell et Gardner            | B,H      |

| DIVISIÓN CHLOROPHYTA  | Registro |
|---|----------|
| ORDEN CLADOPHORALES   |          |
| Familia Cladophoraceae  |          |
| <i>Chaetomorpha aerea</i> (Dillwyn) Kützing   | B, H     |
| <i>Chaetomorpha antennina</i> (Bory) Kützing  | B, H, C  |
| <i>Chaetomorpha clavata</i> Kützing   | B        |
| <i>Chaetomorpha linum</i> (Müller) Kützing  | B, H, C  |
| <i>Cladophora albida</i> (Hudson) Kützing   | B, H     |
| <i>Cladophora coelothrix</i> Kützing  | B        |
| <i>Cladophora laetiverens</i> (Dillwyn) Kützing   | C*       |
| <i>Cladophora liebetruthii</i> Grunow in Piccone  | B, H     |
| <i>Cladophora microcladioides</i> Collins   | C*       |
| <i>Cladophora prolifera</i> (Roth) Kützing  | H        |
| <i>Cladophora sericea</i> (Hudson) Kützing  | B        |
| <i>Cladophora vagabunda</i> (Linneaus) van den Hoek   | B, H, C  |
| <i>Rhizoclonium tortuosum</i> (Dillwyn) Kützing   | B, C     |
| ORDEN SIPHONOCLADALES   |          |
| Familia Siphonocladaceae  |          |
| <i>Cladophoropsis robusta</i> Setchell et Gardner   | B        |
| = <i>Struveopsis robusta</i> (Setchell et Gardner) Rhyne et Robinson                            |          |
| <i>Boodlea composita</i> (Harvey) Brand   | B, H     |
| Familia Anadyomenaceae  |          |
| <i>Phyllocladon anastomosans</i> Harvey Kraft et Wynne  | B        |
| = <i>Struvea anastomosans</i> (Harvey) Piccone et Grunow ex Piccone                             |          |
| Familia Valoniaceae   |          |
| <i>Valoniopsis pachynema</i> (Martens) Borgesen   | B        |
| ORDEN BRYOPSIDALES  |          |
| Familia Bryopsidaceae   |          |
| <i>Bryopsis corticulans</i> Setchell  | B        |
| <i>Bryopsis galapaguensis</i> Taylor  | C*       |
| <i>Bryopsis hypnoides</i> Lamouroux   | B, H     |
| <i>Bryopsis pennata</i> Lamouroux   | B        |
| <i>Bryopsis pennatula</i> J. Agardh   | B, C     |
| <i>Derbesia marina</i> (Lyngbye) Solier   | B        |
| Familia Caulerpaceae  |          |
| <i>Caulerpa cupressoides</i> (Vahl) C. Agardh   | B, H     |
| <i>Caulerpa peltata</i> Lamouroux   | B, H, C  |
| <i>Caulerpa racemosa</i> (Forksall) J. Agardh var. <i>macrophysa</i> (Sonder ex Kützing) Taylor | H        |
| <i>Caulerpa racemosa</i> (Forksall) J. Agardh var. <i>uvifera</i> (C. Agardh) J. Agardh         | B        |
| <i>Caulerpa sertularioides</i> (S.G. Gmelin) Howe   | B, H     |
| Familia Codiaceae   |          |
| <i>Codium cuneatum</i> Setchell et Gardner  | B, H     |
| <i>Codium decorticatum</i> (Woodward) Howe  | B, H     |
| <i>Codium dichotomum</i> (Hudson) S. F. Gray  | H, C*    |
| <i>Codium giraffa</i> Silva   | B, H     |
| <i>Codium isabelae</i> Taylor   | B        |
| <i>Codium isthmocladum</i> Vickers  | B, H     |
| <i>Codium picturatum</i> Pedroche et P.C. Silva   | H        |
| <i>Codium santamariae</i> Taylor  | C*       |
| <i>Codium setchelli</i> Gardner   | B        |
| <i>Codium simulans</i> Setchell et Gardner  | C*       |
| Familia Halimedaceae  |          |
| <i>Halimeda cuneata</i> Hering  | B, H     |
| <i>Halimeda discoidea</i> Decaisne  | B, H     |
| <i>Halimeda opuntia</i> (Linnaeus) Lamouroux  | H        |
| <i>Halimeda tuna</i> (Ellis et Solander) Lamouroux  | H        |
| Familia Udoteaceae  |          |
| <i>Chlorodesmis hildebrandtii</i> A. Geep et E. Geep  | B        |
| <i>Chlorodesmis mexicana</i> Taylor   | B, H     |
| ORDEN DASYCLADALES  |          |
| Familia Polyphysaceae   |          |
| <i>Polyphysa parvula</i> (Solms-Laub) Schnetter et Bula-Meyer                                   | B, C     |

Simbología: B = Reporte bibliográfico; C = Recolectas propias; H = Registro de Herbario. \* Nuevos registros para el litoral de Jalisco

# Producción primaria en el Pacífico tropical mexicano estimada a partir de datos derivados de sensores remotos

Ramón Sosa Ávalos\*  
Marcos David Martínez Gaxiola\*\*  
Gilberto Gaxiola Castro\*\*\*

## Resumen

Se generaron imágenes compuestas que representan promedios mensuales de la producción primaria integrada en la zona eufótica ( $PP_{eu}$ ), estimada con el modelo de producción vertical generalizado (VGPM), de octubre de 1997 a diciembre de 2002, a partir de la información derivada de los sensores SeaWiFS (Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor) y AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer). La  $PP_{eu}$  en invierno fue 17% y 21% mayor que en verano y otoño, respectivamente, mientras que en primavera fue 11% más alta que la calculada en verano y 15% mayor que la de otoño. Existió una variabilidad estacional estadísticamente significativa en el invierno con respecto al verano y otoño. El intervalo promedio de la mediana de  $PP_{eu}$  se encontró entre  $292 \text{ mgC}\cdot\text{m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  (1997) y  $366 \text{ mgC}\cdot\text{m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  (2000), con un promedio general de  $335 \text{ mgC}\cdot\text{m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  para toda la serie de tiempo. La  $PP_{eu}$  calculada para cada año presentó variabilidad interanual, ya que los valores de 1998 fueron diferentes a los de 2000 y 2001. De acuerdo con las variaciones de las anomalías de  $PP_{eu}$  estimadas para cada mes, se concluyó que el evento El Niño 1997-1998 afectó de manera negativa los valores de  $PP_{eu}$  entre octubre de 1997 y noviembre de 1999. Las anomalías positivas observadas a partir de diciembre de 1999 mostraron el final de dicho evento y el inicio del periodo sin El Niño, con valores altos de  $PP_{eu}$ , de hasta  $437 \text{ mgC}\cdot\text{m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ .

**Palabras clave:** Producción primaria en la zona eufótica ( $PP_{eu}$ ), Océano Pacífico tropical mexicano, sensores remotos, El Niño.

## Introducción

El conocimiento de la producción del fitoplancton marino es un proceso clave para entender el ciclo del carbono en el océano. Debido a que los organismos fotosintéticos son extremadamente eficientes en la fijación del carbono inorgánico disuelto ( $\text{CO}_2$ ), se propicia el flujo de carbono de la superficie hacia el fondo oceánico (Falkowski *et al.*, 1998). Algunos autores (Sarmiento *et al.*, 1990; Antoine *et al.*, 1996) afirman que este flujo es suficiente para mantener el contenido de  $\text{CO}_2$  más bajo en las aguas superficiales como resultado de esa “bomba biológica”. El uso de los sensores remotos para estimar la Producción Primaria (PP) desde la escala local hasta las grandes escalas regionales y globales, permite entender mejor el flujo de bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) entre la atmósfera y el océano (IOCCG, 1999), y determinar la ubicación de las áreas productivas y su relación con las pesquerías de importancia comercial. Las zonas de surgencias de los océanos mundiales son ejemplos de alta productividad primaria con el consecuente incremento en la abundancia de las pesquerías (Mann y Lazier, 1996).

El desarrollo de una nueva generación de satélites con sensores capaces de evaluar el color del océano, casi en tiempo real (Sathyendranath *et al.*, 1989), ha permitido obtener imágenes en la escala sinóptica y global de la biomasa del fitoplancton y realizar estimaciones de la tasa de fijación de carbono por estos organismos (Platt y Sathyendranath, 1988; Behrenfeld y Falkowski, 1997). Para lo cual se requiere, además de la información sobre la clorofila superficial, hacer estimaciones de parámetros fotosintéticos y variables bio-ópticas (Platt y Sathyendranath, 1988; Platt *et al.*, 1991; Sathyendranath *et al.*, 1996), tales como

---

\* Facultad de Ciencias Marinas, Universidad de Colima. Km 20 carretera Manzanillo-Barra de Navidad, Manzanillo, Col. Correo electrónico: rsosa@ucol.mx

\*\* Centro de Estudios Tecnológicos del Mar, 3, Coral 2 Centro, La Cruz de Huanacastle, Nay. Correo electrónico: martinezgax@yahoo.com

\*\*\* Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Km 107 carretera Tijuana-Ensenada, Ensenada, BC. Correo electrónico: ggaxiola@cicese.mx.

la radiación fotosintéticamente activa (por sus siglas en inglés, PAR, 400-700 nm) a través de la columna de agua, y de la variabilidad espacial y temporal del coeficiente de absorción específico del fitoplancton ( $a_f^*$ ) (Behrenfeld y Falkowski, 1997). Sin embargo, el problema principal de estas estimaciones es la extrapolación de las mediciones locales de los parámetros fotosintéticos y bio-ópticos a grandes áreas del océano, lo que constituye un reto de la oceanografía biológica (Sathyendranath *et al.*, 1995; Longhurst *et al.*, 1995).

En nuestro país las zonas más estudiadas, desde el punto de vista oceanográfico, son la parte oeste de la Península de Baja California y el Golfo de California, que han sido visitadas de forma sistemática por cruceros oceanográficos realizados por el programa California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations (CalCOFI) de Estados Unidos de 1950 hasta 1972 (Bograd y Lynn, 2003). Desde octubre de 1997 el oeste de la Península es estudiado por el programa Investigaciones Mexicanas de la Corriente de California (IMECOCAL) (Gaxiola-Castro y Najera-Martínez, 2002). En el Golfo de California se han realizado diversos trabajos oceanográficos por el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR). La Secretaría de Marina inició un programa oceanográfico para estudiar las aguas del Océano Pacífico tropical mexicano desde los estados de Sinaloa a Colima en 1994 (Secretaría de Marina, 1997); sin embargo, no se contempló la realización de experimentos de producción primaria en dicho programa. Desde noviembre de 2000 hasta junio de 2003, el CICESE en conjunto con la Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad de Colima, llevaron a cabo cruceros oceanográficos desde el norte de Guerrero hasta el sur de Sinaloa dentro del Programa Oceanográfico del Occidente de México (PROCOMEX), siendo quizás los primeros estudios en la zona en que se realizaron mediciones sistemáticas de producción primaria (López-Sandoval, 2004). El programa PROCOMEX se desarrolló como parte del proyecto multidisciplinario "Transformaciones y perspectivas de las actividades portuarias, pesqueras y turísticas en el litoral del Occidente de México", aprobado por Conacyt, y en cual participaron El Colegio de México, El Colegio de Michoacán, el CICESE y la Universidad de Colima. La Facultad de Ciencias Marinas en conjunto con el Instituto Oceanográfico del Pacífico (Secretaría de Marina) y el CICESE, continuaron en 2005 con las mediciones de productividad primaria en el Océano Pacífico tropical mexicano.

Las variaciones estacionales de las Corrientes de California (CC) y Costera de Costa Rica (CCCR) están íntimamente relacionadas con los ciclos estacionales de los forzamientos físicos (viento, evaporación y precipitación, flujos de calor). Esto mismo sucede en la escala interanual e interdecadal, en donde el efecto interanual más importante en la zona es el evento de El Niño-La Niña (Filonov *et al.*, 2000; Zamudio *et al.*, 2001). Se ha observado que El Niño ocasiona hundimiento de la termoclina por varias decenas de metros en la columna de agua (Castro *et al.*, 2000; Filonov y Tereshchenko, 2000) y suprime la formación de surgencias locales desde Cabo Corrientes hasta el Golfo de Tehuantepec (Zuria-Jordán *et al.*, 1995; Aguirre-Gómez *et al.* 2003), lo que disminuye la productividad primaria con serias consecuencias sobre las pesquerías en toda esta región (Barber y Chavez, 1983).

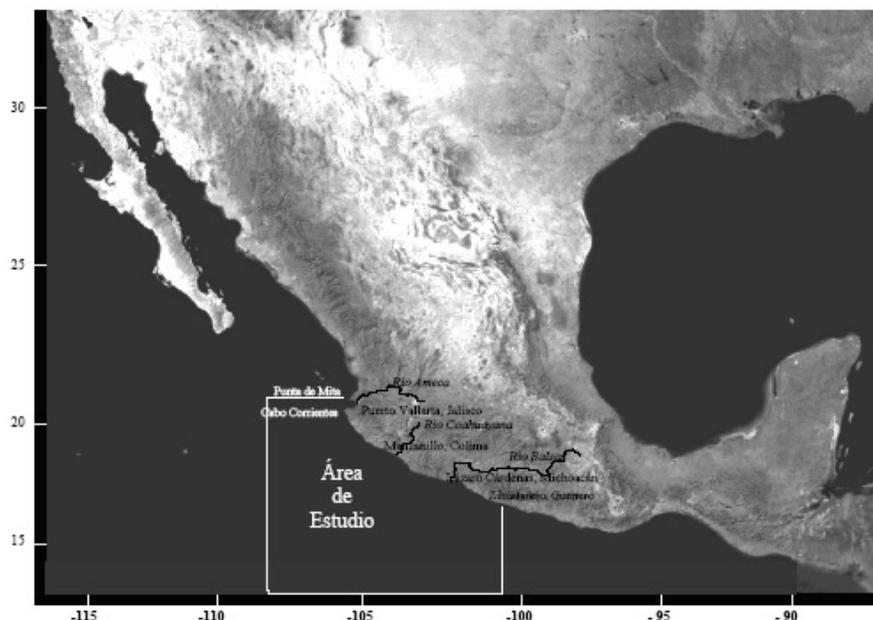
Con el objetivo de describir la variabilidad de la PP durante El Niño, y en condiciones sin éste frente a las costas del occidente de México, en este trabajo se describe la variabilidad mensual, estacional e interanual de la producción primaria integrada en la zona eufótica ( $PP_{eu}$ ,  $mgC \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$ ) estimada por el modelo VGPM (Vertically Generalized Production Model, por sus siglas en inglés) descrito por Behrenfeld y Falkowski (1997). Las estimaciones se realizaron a partir de imágenes de clorofila y radiación fotosintéticamente activa (PAR) derivadas de SeaWiFS e imágenes de temperatura superficial del mar medidas por el AVHRR.

## Métodos y materiales

El área de estudio comprende desde los 12° a 21° N; 100° a 109° O (Fig. 1), dentro de la cual fluye la corriente costera más importante del Pacífico Oriental tropical; la Corriente Costera de Costa Rica (CCCR). Wyrski (1965) muestra cuatro periodos del año en las variaciones intra-anales de la CCCR: *a*) entre junio y julio; esta corriente se mueve a lo largo de la costa de América Central y México hasta Cabo Corrientes; *b*) de agosto a diciembre se desvía hacia el oeste después de pasar el Golfo de Tehuantepec; *c*) a partir de enero y hasta marzo, la CCCR fluye directamente hacia el oeste entre los 9° N y 12° N; *d*) durante abril y mayo el brazo de la corriente se dirige hacia el Golfo de Tehuantepec y se desarrolla nuevamente. Filonov *et al.* (2000) reportaron valores máximos de temperatura de 29.3 °C en agosto y mínima de 23.7 °C en febrero, salinidad máxima de 34.58 y mínima de 33.31 en octubre frente a las costas de Jalisco y Colima. La velocidad de la corriente en el área de estudio es muy variable con promedios de 10  $cm \cdot s^{-1}$  al sureste del Morro de Papanao, Guerrero, 24  $cm \cdot s^{-1}$  y 22  $cm \cdot s^{-1}$  en

Figura 1

Localización del área de estudio comprendida desde 12° a 21° N hasta 100° a 109° O



Barra de Navidad y Cabo Corrientes, Jalisco, respectivamente y  $11 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$  en Punta de Mita, Nayarit. La concentración de los nutrientes inorgánicos aumenta con la profundidad, con valores más altos cerca de la costa en Lázaro Cárdenas y Cabo Corrientes (Secretaría de Marina, 1997). Lluch-Cota *et al.* (1997) promediaron concentraciones mensuales de pigmentos y encontraron que la región del Pacífico Occidental mexicano ( $100\text{-}105^\circ \text{O}$  y  $8\text{-}18^\circ \text{N}$ ) es permanentemente oligotrófica debido a que las concentraciones de pigmentos son menores a  $0.2 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$  en comparación con las regiones central (Golfo de Tehuantepec) y oriental (Golfo de Papagayo) definidas como eutróficas con concentraciones mayores a  $0.3 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ .

En la estimación de la producción primaria integrada en la zona eufótica ( $PP_{eu}$ ) se utilizó el modelo de producción vertical generalizado (VGPM, por sus siglas en inglés) (Behrenfeld y Falkowski, 1997), el cual incluye los siguientes parámetros:

- La tasa máxima de fijación de carbono en la columna de agua normalizada por la concentración de clorofila [ $P_{opt}^B$ ,  $\text{mg C}\cdot(\text{mg Chl-}a)^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ], que se calcula a partir de un polinomio de séptimo orden en función de la temperatura superficial del mar (T) medida por el sensor satelital AVHRR:<sup>1</sup>

Ec. 1

$$P_{opt}^B = -3.27 \times 10^{-8} T^7 + 3.4132 \times 10^{-6} T^6 - 1.348 \times 10^{-4} T^5 + 2.462 \times 10^{-3} T^4 - 0.0205 T^3 + 0.0617 T^2 + 0.2749 T + 1.2956$$

- La irradiancia superficial diaria o PAR [ $E_0$ , Einstein  $\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ ], obtenida del sensor satelital SeaWiFS.<sup>2</sup>
- La concentración de clorofila superficial [ $C_{sat}$ ,  $\text{mg Chl-}a\cdot\text{m}^{-3}$ ], cuyos valores se derivaron del sensor remoto SeaWiFS.
- La profundidad de la zona eufótica [ $Z_{eu}$ , 1% de  $E_0$ , m]. Este parámetro se calcula a partir de una relación empírica con la concentración de clorofila superficial medida por el sensor remoto SeaWiFS (Morel y Berthon, 1989):

Ec. 2
$$Z_{eu} = 54.01 \cdot C_{sat}^{-0.342}$$

- La duración del día-luz [ $D_{irr}$ , horas], estimada a partir de la ubicación geográfica de los píxeles y de los atributos “día de inicio” y “día final” incorporados en forma estándar en las imágenes del sensor SeaWiFS.
- La producción primaria integrada en la zona

1. AVHRR: <http://podaac.jpl.nasa.gov/sst/>

2. SeaWiFS: [http://daac.gsfc.nasa.gov/campaign\\_docs/ocdst/ob\\_main.html](http://daac.gsfc.nasa.gov/campaign_docs/ocdst/ob_main.html)

eufótica ( $PP_{eu}$ ,  $\text{mgC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ ) se obtiene de acuerdo con el modelo de producción vertical generalizado (VGPM):

$$\text{Ec. 3 } PP_{eu} = 0.66125 \cdot P_{opt}^B \cdot \left[ \frac{E_0}{E_0 + 4.1} \right] \cdot Z_{eu} \cdot C_{sat} \cdot D_{irr}$$

Para la estimación de la clorofila superficial, la irradiancia PAR y la temperatura superficial del mar, se usaron imágenes compuestas mensuales (promedios) de color del mar y de temperatura superficial nivel 3, registradas por los sensores SeaWiFS y AVHRR, respectivamente, desde octubre de 1997 hasta diciembre de 2002. El lanzamiento al espacio del satélite con el sensor SeaWiFS ocurrió en agosto de 1997, pero hasta octubre de ese mismo año empezó a proporcionar datos confiables y válidos. Por ello que en este trabajo sólo se presentan datos de  $PP_{eu}$  de tres meses de 1997. Las imágenes mensuales fueron elaboradas a partir de la información diaria colectada por estos dos sensores.

Todas las imágenes procesadas fueron nivel 3, formato HDF (Hierarchical Data Format) con una resolución espacial de 9 km. El procesamiento de las imágenes y la aplicación del modelo VGPM se realizó con el software Windows Image Manager (WIM) versión 5.0 (<http://www.winsoft.com>).

A partir del conjunto total de imágenes de la  $PP_{eu}$  de cada uno de los meses se obtuvo la mediana, que se tomó como referencia para estimar las anomalías a partir de la diferencia  $X_i - \bar{X}_i$ , donde  $X_i$  es el valor de  $PP_{eu}$  para un mes determinado y  $\bar{X}_i$  es el promedio de la mediana de ese mes en toda la serie de tiempo (Behrenfeld *et al.*, 2001).

También se generaron imágenes representativas de la  $PP_{eu}$  promedio anual para el periodo estudiado.

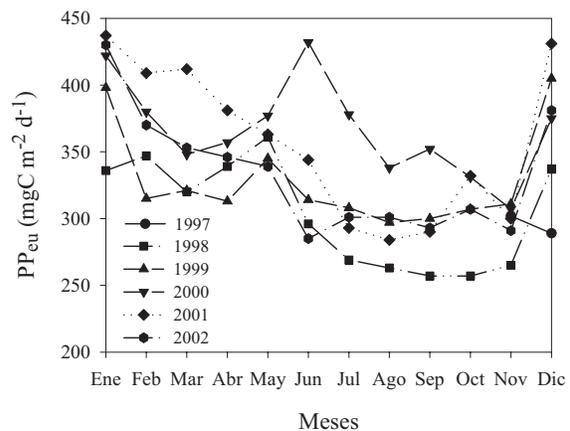
Los datos de la  $PP_{eu}$  de las imágenes compuestas mensuales se agruparon por estación del año de acuerdo con el esquema propuesto por Platt *et al.* (1991): invierno (diciembre, enero y febrero), primavera (marzo, abril y mayo), verano (junio, julio y agosto) y otoño (septiembre, octubre y noviembre). Se utilizó la prueba estadística no paramétrica Kruskal-Wallis (ANDEVA de una vía) para comparar el promedio de la mediana de la  $PP_{eu}$  por mes, por estación del año y entre años (interanual). Cuando existieron diferencias estadísticas en alguna de las comparaciones (entre meses, estaciones del año y años) se aplicó la prueba *a posteriori* de Tukey para conocer cuáles meses, estaciones o años fueron diferentes a los demás, a 5% de significancia.

## Resultados

El intervalo de la mediana de  $PP_{eu}$  en el periodo de estudio fue de 257 a  $437 \text{ mgC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$  (Tabla 1). El promedio mensual más alto se registró en el mes de enero, y fue de  $405 \text{ mgC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$  y el más bajo de  $296 \text{ mgC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$  en noviembre. En general, los máximos valores de  $PP_{eu}$  se estimaron en los meses de diciembre, enero y febrero y los mínimos de julio a noviembre (Fig. 2). Por medio del análisis de Kruskal-Wallis se observaron variaciones de la  $PP_{eu}$  entre los meses. De acuerdo con el método de Tukey se encontró que la  $PP_{eu}$  calculada en los meses de enero y diciembre fue estadísticamente diferente a la registrada de julio a noviembre.

Figura 2

Variabilidad mensual de la producción primaria ( $PP_{eu}$ ) promedio para toda la zona de estudio durante un periodo de cinco años, estimada por el modelo de Behrenfeld y Falkowski (1997) a partir de imágenes mensuales promedio de clorofila, radiación fotosintéticamente activa y temperatura superficiales derivadas de sensores remotos



Los valores de la mediana de  $PP_{eu}$  por estación del año fueron  $379 \text{ mgC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ ,  $352 \text{ mgC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ ,  $314 \text{ mgC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$  y  $299 \text{ mgC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$  para invierno, primavera, verano y otoño, respectivamente, aunque los cambios entre invierno y primavera no fueron significativos, al igual que entre verano y otoño. El análisis de Kruskal-Wallis mostró variabilidad estacional de la  $PP_{eu}$  y por medio de la comparación *a posteriori* de Tukey, se encontró que la  $PP_{eu}$  calculada en invierno fue estadísticamente diferente a la de verano y otoño (Fig. 3).

El promedio anual de la mediana de  $PP_{eu}$  varió de  $304 \text{ mgC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$  en 1998 a  $366 \text{ mgC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$  en el año 2000 (Tabla 1), y fue 20 % mayor que en 1998.

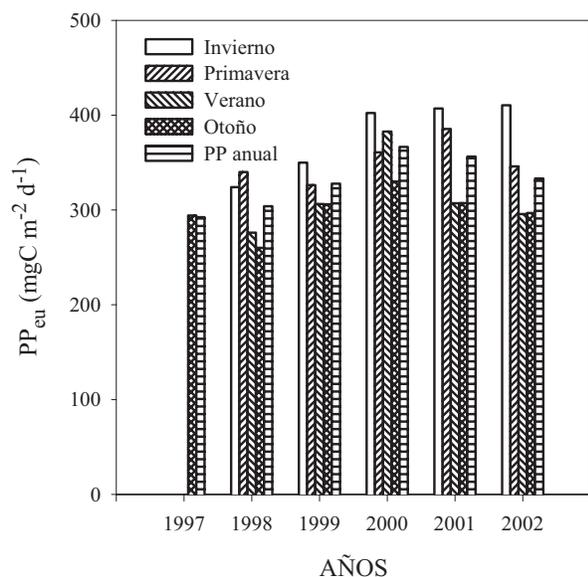
Tabla 1

Mediana de la producción primaria para toda el área de estudio estimada por el modelo de Behrenfeld y Falkowski (1997). Los valores están expresados en  $\text{mgC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$  y los números entre paréntesis representan el error estándar del promedio de la mediana

| Meses      | Años    |          |          |          |          |          |            |
|------------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|
|            | 1997    | 1998     | 1999     | 2000     | 2001     | 2002     | Promedio   |
| Enero      |         | 336      | 398      | 422      | 437      | 430      | 405 (6.8)  |
| Febrero    |         | 347      | 315      | 380      | 409      | 370      | 364 (20.6) |
| Marzo      |         | 320      | 321      | 348      | 412      | 353      | 351 (18.4) |
| Abril      |         | 339      | 313      | 357      | 381      | 346      | 347 (15.8) |
| Mayo       |         | 361      | 345      | 377      | 363      | 339      | 357 (16.7) |
| Junio      |         | 296      | 314      | 432      | 344      | 285      | 334 (11.1) |
| Julio      |         | 269      | 308      | 378      | 293      | 301      | 310 (6.8)  |
| Agosto     |         | 263      | 297      | 338      | 284      | 301      | 297 (26.4) |
| Septiembre |         | 257      | 300      | 352      | 290      | 293      | 298 (18.3) |
| Octubre    | 286     | 257      | 307      | 331      | 332      | 307      | 303 (12.3) |
| Noviembre  | 302     | 265      | 311      | 307      | 300      | 291      | 296 (15.3) |
| Diciembre  | 289     | 337      | 405      | 375      | 431      | 381      | 370 (11.6) |
| Promedio   | 292 (5) | 304 (12) | 328 (11) | 366 (10) | 356 (17) | 333 (13) |            |

Figura 3

Variabilidad estacional y anual de la producción primaria ( $\text{PP}_{\text{eu}}$ ) calculada por el modelo VGPM de Behrenfeld y Falkowski (1997)



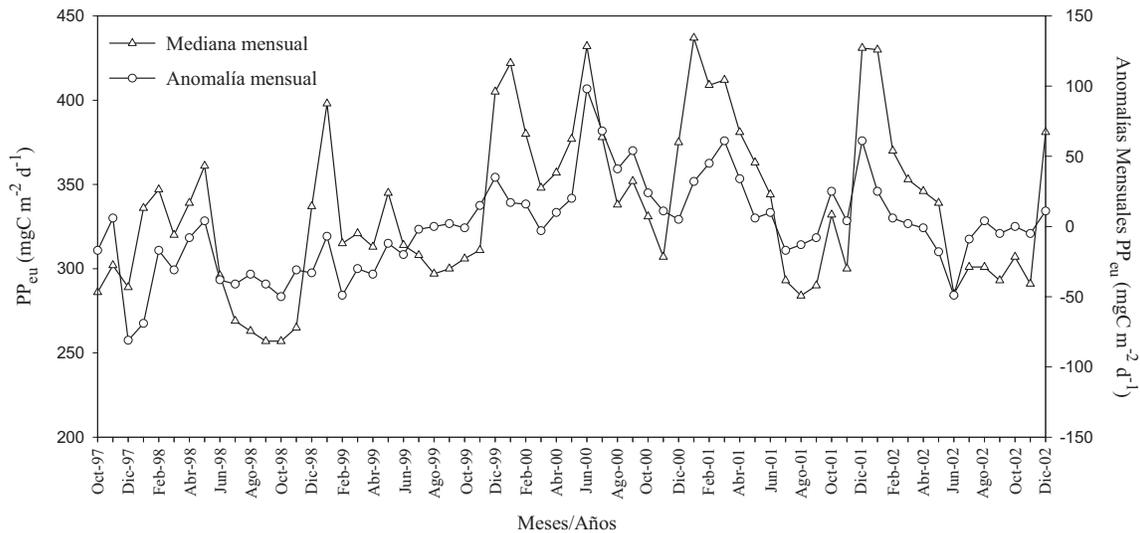
la  $\text{PP}_{\text{eu}}$  durante el periodo de estudio, mientras que el análisis *a posteriori* de Tukey permitió determinar que la mediana de la  $\text{PP}_{\text{eu}}$  calculada para el año 1998 fue menor ( $p < 0.05$ ) a la estimada en los años 2000 y 2001 (Fig. 3). Debido al número de datos obtenidos en 1997, éstos no fueron incluidos en la comparación interanual de la  $\text{PP}_{\text{eu}}$ .

La presencia del evento El Niño en el Pacífico mexicano entre Guerrero y Nayarit afectó la  $\text{PP}_{\text{eu}}$  ya que desde octubre de 1997 hasta noviembre de 1999 los valores se mantuvieron por debajo del promedio de la mediana ( $335 \text{ mgC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ ), mientras que de 2000 a 2002, cuando predominó la fase fría (La Niña), se registraron valores por arriba de ese valor durante gran parte del año (Tabla 1). La figura 4 muestra las anomalías de la  $\text{PP}_{\text{eu}}$  ( $\text{mgC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ ) a lo largo de la serie de tiempo, en donde se observa que El Niño afectó negativamente la  $\text{PP}_{\text{eu}}$  de 1997 a noviembre de 1999 en el área de estudio ubicada frente a las costas de Guerrero a Nayarit, mientras que La Niña tuvo un efecto positivo, como lo muestran las anomalías de  $\text{PP}_{\text{eu}}$  registradas desde diciembre de 1999 hasta el año 2002. Las anomalías positivas fueron más notorias en el invierno y la primavera.

En la tabla 1 se observó que los valores de  $\text{PP}_{\text{eu}}$  más bajos se registraron en 1998, mientras que los más altos fueron calculados en el año 2000. En 1997 sólo se presentaron datos de octubre a diciembre (véase Métodos), cuyo promedio fue de  $292 \text{ mgC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ . Aunque, si bien estos tres valores son insuficientes para representar el promedio de 1997, es la única información válida de ese año. El método estadístico Kruskal-Wallis mostró que existió variabilidad interanual de

Las imágenes anuales promedio de  $\text{PP}_{\text{eu}}$  derivadas de la información de satélite sobre el área de estudio mostraron valores entre  $300$  y  $500 \text{ mgC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$  en la región oceánica y de hasta  $1500 \text{ mgC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$  cerca de la costa (Fig. 5). En la imagen de 1997 se observaron las tasas de  $\text{PP}_{\text{eu}}$  más bajas de todo el periodo de estudio y sólo en la vecindad de Bahía Banderas y de la desembocadura del río Balsas se registraron datos de aproximadamente  $400 \text{ mgC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ . En la imagen de 1998 la  $\text{PP}_{\text{eu}}$  presentó valores del orden de los 800

Figura 4

Variabilidad interanual y anomalías mensuales de la producción primaria integrada en la zona eufórica ( $PP_{eu}$ )

$mgC \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$  frente a la costa de Jalisco ubicada entre los paralelos  $105^{\circ}$  o y  $106^{\circ}$  o, aunque disminuyó hacia el límite con el estado de Colima, donde se registraron tasas de aproximadamente  $500 mgC \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$ . A partir de las imágenes de 1999 y hasta las de 2002 se calcularon valores de  $PP_{eu}$  entre  $700 mgC \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$  a  $1500 mgC \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$  que se extendieron a lo largo de toda la costa del área de estudio. La producción primaria fue más alta frente a las costas de Jalisco y Nayarit, con una influencia de  $\sim 135$  km en el año 2000. Hacia el sur del área de estudio ( $100^{\circ}$  o a  $105^{\circ}$  o) los valores de la  $PP_{eu}$  fueron del orden de  $800 mgC \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$  localizados cerca de la costa en una franja de aproximadamente 30 km (Fig.5; imágenes anuales de 1999 a 2002).

## Discusión

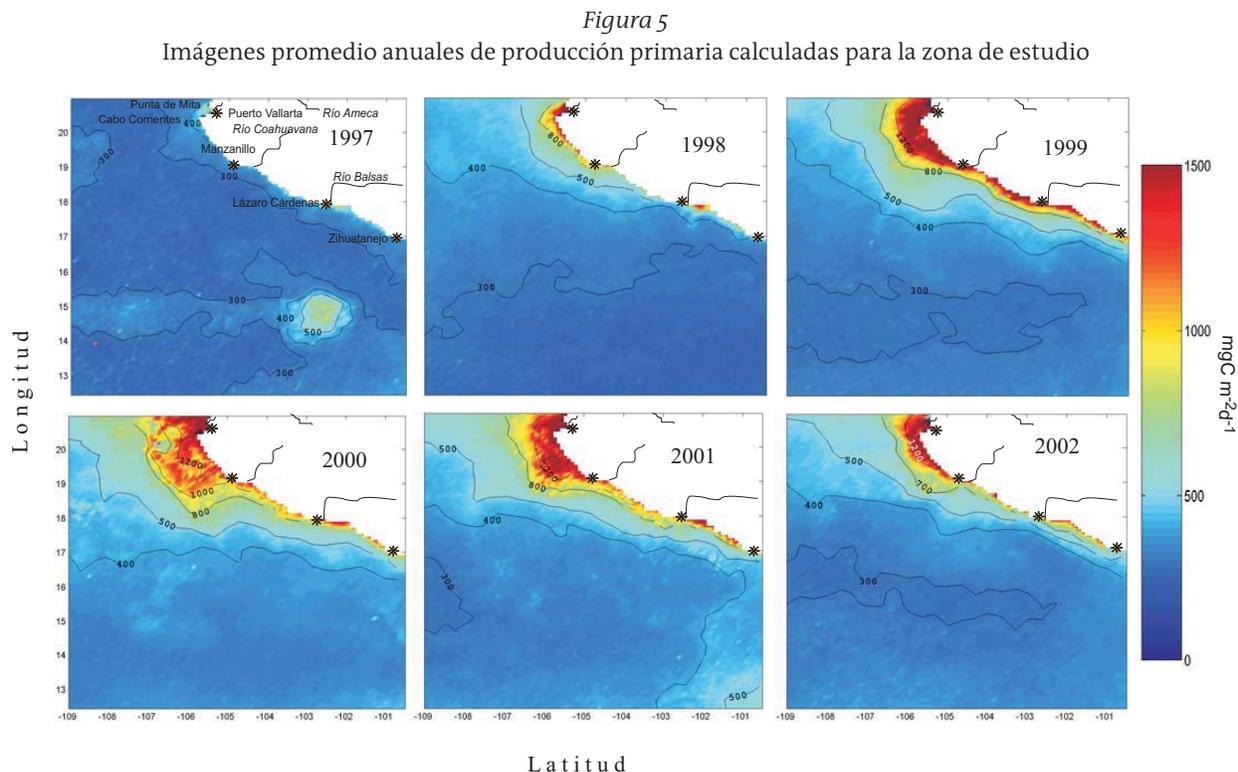
Durante los meses de diciembre a mayo se detectaron valores altos de  $PP_{eu}$  frente a Punta de Mita, Nayarit y Cabo Corrientes, Jalisco, debidos a la presencia de los vientos del noroeste que ocasionan eventos de surgencias (Zuria-Jordán *et al.*, 1995). Lara-Lara y Bazán-Guzmán (2005) reportaron valores promedio de producción primaria integrada en la zona eufótica para enero de 1989 de  $170 mgC \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$  frente a Puerto Vallarta, menor al promedio de los eneros (1998-2002) calculado en este trabajo ( $405 mgC \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$ ). Sosa-Ávalos *et al.* (2004) registraron afloramientos de agua subsuperficial, rica en nutrientes, con alta concentración de clorofila y producción primaria *in situ* de hasta  $158 mgC \cdot m^{-2} \cdot h^{-1}$  ( $\sim 1900 mgC \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$ ) frente

a Zihuatanejo en mayo de 2001, aproximadamente cinco veces el promedio del mes de mayo obtenido para la serie de tiempo. Procesos físicos de corto periodo (remolinos, ondas internas y movimientos de surgencia), como los observados por Lavín-Peregrina *et al.* (2003) en la zona de estudio, pueden contribuir a incrementar la producción primaria en áreas muy localizadas. Fiedler *et al.* (1991) encontraron que cuando la termoclina es somera permite la circulación vertical y la mezcla de agua con mayor concentración de nutrientes disponibles para las poblaciones de fitoplancton, con lo cual aumenta la producción primaria dentro de la zona eufótica.

En los meses cálidos, que comprenden el verano y el inicio del otoño, los valores de  $PP_{eu}$  fueron bajos como resultado de una termoclina más profunda, que limita la disponibilidad de nutrientes para el fitoplancton en la zona eufótica (Fiedler *et al.*, 1991; Zuria-Jordan *et al.*, 1995) y de la influencia de agua oligotrófica proveniente de la cccr (Zamudio *et al.*, 2001; Beier *et al.*, 2003).

Gaxiola-Castro y Müller-Karger (1998) observaron patrones estacionales similares en el Golfo de Tehuantepec a partir de imágenes mensuales de clorofila obtenidas por el sensor Coastal Zone Color Scanner (czcs), con altas concentraciones de pigmentos fotosintéticos en invierno y primavera, y bajas durante el verano. Estos valores altos están asociados al esfuerzo del viento que induce un flujo superficial de Ekman, que transporta nutrientes hacia la zona eufótica.

Los altos valores de  $PP_{eu}$  mostrados en las imágenes anuales en la zona de Cabo Corrientes a Punta



Para 1997 únicamente se utilizaron las imágenes de octubre a diciembre. Las isolíneas representan valores de producción primaria expresados en  $\text{mgC} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ .

de Mita y frente a Lázaro Cárdenas a partir de 1999 hasta el año 2002, podrían ser el resultado de la presencia de una termoclina somera y de la presencia de surgencias costeras (Fiedler *et al.*, 1991; Zuria-Jordan *et al.*, 1995; Gaxiola-Castro y Müller-Karger, 1998; López-Sandoval, 2004; Sosa-Ávalos *et al.*, 2004). La  $\text{PP}_{\text{eu}}$  disminuyó considerablemente de 1997 a 1998 como consecuencia del evento El Niño de 1997-1998, que provoca una termoclina más profunda y mayor intrusión de agua oligotrófica. La zona oceánica, que conforma la mayor parte del área de estudio, presentó valores bajos de  $\text{PP}_{\text{eu}}$ , debido a menor concentración de clorofila en la zona eufórica.

Filonov y Tereshchenko (2000) observaron que la termoclina es más somera en los meses de invierno y primavera de años sin El Niño que durante El Niño. Barber y Chavez (1986), Barber y Kogelschatz (1990) y Fiedler *et al.* (1992) encontraron en los eventos El Niño que la termoclina es más profunda cerca de la costa y disminuye la entrada de nutrientes hacia aguas superficiales, lo que limita la producción primaria. Fiedler *et al.* (1992) concluyeron que la variabilidad interanual en los gradientes de presión atmosférica, vientos superficiales, temperatura superficial del mar, profundidad de la termoclina y producción biológica

ca en el Océano Pacífico tropical fue dominada por eventos El Niño.

El efecto de El Niño fue registrado en el Pacífico tropical desde otoño de 1997 hasta finales de 1998. Sin embargo, los cambios asociados al evento pueden persistir incluso por unos meses más, después de que éste haya terminado (Fiedler, 2002). Posiblemente esto fuese el origen de los bajos valores de  $\text{PP}_{\text{eu}}$  hasta noviembre de 1999, en lugar de que se incrementaran después de noviembre de 1998, de manera similar a lo reportado por Chavez *et al.* (1998) en el Pacífico Ecuatorial. Las anomalías positivas obtenidas a partir de diciembre de 1999 mostraron una importante recuperación en los valores de  $\text{PP}_{\text{eu}}$ , quizás como resultado de la disminución de los efectos negativos ocasionados por El Niño.

## Conclusiones

El conocimiento de las fluctuaciones temporales y espaciales de la producción primaria permite entender el papel del océano en el ciclo del carbono inorgánico ( $\text{CO}_2$ ) y su efecto sobre el cambio del clima. Además, estas variaciones pueden afectar de manera significativa la sobrevivencia y el desarrollo de los organismos

de niveles tróficos mayores. En el presente capítulo se describió la variabilidad espacial y temporal de la  $PP_{eu}$  en condiciones de El Niño y sin El Niño en la costa occidental de México desde octubre de 1997 hasta diciembre de 2002, con las siguientes conclusiones:

- Los valores máximos de  $PP_{eu}$  se registraron en los meses de diciembre, enero y febrero, mientras que los mínimos se presentaron de julio a noviembre de cada año.
- Se observó variabilidad estacional de la  $PP_{eu}$ , con los valores de invierno significativamente diferentes a los de verano y otoño.
- Asimismo, se determinó variabilidad interanual durante el periodo de estudio, en la cual la  $PP_{eu}$  en 2000 y 2001 fue mayor que la obtenida en los años 1998, 1999 y 2002.
- De octubre de 1997 a noviembre de 1999 se obtuvieron anomalías negativas de  $PP_{eu}$  como resultado de la presencia de El Niño en el área de estudio. Por el contrario, fueron positivas desde diciembre de 1999 a diciembre de 2002.

## Agradecimientos

Agradecemos a los proyectos del Conacyt Oceanografía por Satélite Fase-1 (DAJ002/750/00) y G35326-T por los apoyos otorgados. A CICESE y PROCOMEX. RSA tuvo una beca de la Universidad de Colima, PROMEP (UCO-98/05/01). Al COSNET y a la DGICYM por el apoyo otorgado a MDMG para sus estudios de doctorado. NASA por las imágenes de clorofila, PAR y temperatura superficial del mar.

## Referencias bibliográficas

- AGUIRRE-GÓMEZ, R., O. Salmerón y R. Álvarez. 2003. Effects of ENSO off the southwest coast of Mexico, 1996-1999. *Geofísica Internacional*, 42:377-288.
- ANTOINE, D., J.M. André y A. Morel. 1996. Oceanic primary production, 2. Estimation at global scale from satellite (Coastal Zone Color Scanner) chlorophyll. *Global Biogeochem. Cycles*, 10:57-69.
- BARBER, R.T. y F.P. Chavez. 1983. Biological consequences of El Niño. *Science*, 222:1203-1210.
- BARBER, R.T. y F.P. Chavez. 1986. Ocean variability in relation to living resources during the 1982-1983 El Niño. *Nature*, 319:279-285.
- BARBER, R.T. y J.E. Kogelschatz. 1990. Nutrients and productivity during the 1982/83 El Niño. En: P.W. Glynn (ed.). *Global ecological consequences of the 1982-83 El Niño-Southern Oscillation*. Elsevier, Amsterdam, pp. 21-53.
- BEHRENFELD, M.J. y P.G. Falkowski. 1997. Photosynthetic rates derived from satellite-based chlorophyll concentration. *Limnol. Oceanogr.*, 42:1-20.
- BEHRENFELD, M.J., J.T. Randerson, C.R. McClain, G.C. Feldman, S.O. Los, C.J. Tucker, P.G. Falkowski, C.B. Field, R. Frouin, W.E. Esaias, D.D. Kolber y N.H. Pollack. 2001. Biospheric primary production during an ENSO transition. *Science*, 291:2594-2597.
- BEIER, E., M.F. Lavín-Peregrina, J. Gómez-Valdés, V.M. Godínez-Sandoval y J. García-Córdoba. 2003. La Corriente Costera Mexicana. Memorias Reunión anual 2003 de la Unión Geofísica Mexicana. GEOS. Época II, 23(2): 152
- BOGRAD, S.J. y R.J. Lynn. 2003. Long-term variability in the Southern California Current System. *Deep-Sea Res.*, 50: 2355-2370.
- CASTRO, R., A.S. Mascarenhas, R. Durazo y C.A. Collins. 2000. Seasonal variation of the temperature and salinity at the entrance to the Gulf of California, Mexico. *Ciencias Marinas*, 26:561-583.
- CHAVEZ, F.P., P.G. Strutton y M.J. McPhaden. 1998. Biological-physical coupling in central equatorial Pacific during the onset of the 1997-98 El Niño. *Geophys. Res. Lett.*, 25:3543-3546.
- FALKOWSKI, P.G., M.J. Behrenfeld, W.E. Esaias, W. Balch, J. Campbell, R.L. Iverson, D.A. Kiefer, A. Morel y J.A. Yoder. 1998. *Satellite primary productivity data and algorithm development: A science plan for mission to planet Earth*. SeaWiFS Technical Report Series, 42:1-36.
- FIEDLER, P.C. 2002. Environmental change in the eastern tropical Pacific Ocean: review of ENSO and decadal variability. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 244:265-283.
- FIEDLER, P.C., F.P. Chavez, D.W. Behringer y S.B. Reilly. 1992. Physical and biological effects of Los Niños in the eastern tropical Pacific, 1986-1989. *Deep-Sea Res.*, 39:199-219.
- FIEDLER, P.C., V. Philbrick y F.P. Chavez. 1991. Oceanic upwelling and productivity in the eastern tropical Pacific. *Limnol. Oceanogr.*, 36:1834-1850.
- FILONOV, A. y I. Tereshchenko. 2000. El Niño 1997-98 monitoring in mixed layer at the Pacific Ocean near Mexico's West Coast. *Geophys. Res. Lett.*, 27:705-707.
- FILONOV, A.E., I.E. Tereshchenko, C.O. Monzon, M.E. González-Ruelas y E. Godínez-Domínguez. 2000. Season variability of the temperature and salinity fields in the coastal zone of the states of Jalisco and Colima Mexico. *Ciencias Marinas*, 26(2):303-321.
- GAXIOLA-CASTRO, G. y F. Müller-Karger. 1998. Seasonal phytoplankton pigment variability in the Eastern Tropical Pacific Ocean as determined by CZCS imagery. En: R. A. Brown (ed.). *Remote Sensing Tropical Pacific Ocean by Satellites*. Earth Ocean and Space, Glebe Pty. Ltd. pp:271-277.
- GAXIOLA-CASTRO, G. y S. Nájera-Martínez. 2002. The mexican oceanographic North Pacific program: IMECOCAL. *PICES Scientific Report*, 20:14-16.
- IOCCG. 1999. Status and plans for satellite ocean colour missions: Considerations for complementary missions. En: J.A. Yoder (ed.). *Reports of the International Ocean Colour Coordinating Group*, 2, IOCCG, Dartmouth, Canadá. 43p.
- LARA-LARA, R. y C. Bazán-Guzmán. 2005. Distribución de clorofila y producción primaria por clases de tamaño en la costa del Pacífico mexicano. *Ciencias Marinas*, 31:11-21.
- LAVÍN-PEREGRINA, M.F., J. Gómez-Valdés, V. Godínez-Sandoval, J. García-Córdoba y E. Beier. 2003. Observaciones de corrientes frente a las costas del suroeste de México. Memorias Reunión anual 2003 de la Unión Geofísica Mexicana. GEOS. Época II, 23(2):152
- LONGHURST, A., S. Sathyendranath, T. Platt y C. Caverhill. 1995. An estimate of global primary production in the ocean from satellite radiometer data. *J. Plankton Res.*, 17:1245-1271.
- LÓPEZ-SANDOVAL, D.C. 2004. *Estimación de la productividad primaria en el Pacífico central mexicano*. Tesis de Licenciatura,

- Facultad de Ciencias Marinas, Universidad de Colima, Manzanillo. 38p.
- LLUCH-COTA S., S. Álvarez-Borrego, E. Santamaría-del Ángel, F.E. Muller-Karger y S. Hernández-Vázquez. 1997. The Gulf of Tehuantepec and adjacent areas: spatial and temporal variation of satellite-derived photosynthetic pigments. *Ciencias Marinas*, 23:329-340.
- MANN, K.H. y J.R.N. Lazier. 1996. *Dynamics of marine ecosystems: Biological-physical interactions in the oceans*. Blackwell Science, EU. 394p.
- MOREL, A. y J. Berthon. 1989. Surface pigments, algal biomass profiles, and potential production of the euphotic layer: Relationships reinvestigated in view of remote-sensing applications. *Limn. Oceanogr.*, 34:687-701.
- PLATT, T., C.M. Caverhill y S. Sathyendranath. 1991. Basin-scale estimates of oceanic primary production by remote sensing: the North Atlantic. *J. Geophys. Res.*, 96:15147-15159.
- PLATT, T. y S. Sathyendranath. 1988. Oceanic primary production: Estimation by remote sensing at local and regional scales. *Science*, 241:1613-1620.
- SARMIENTO, J.L., G. Thiele, R.M. Key y W.S. Moore. 1990. Oxygen and nitrate new production and remineralization in the North Atlantic subtropical gyre. *J. Geophys. Res.*, 95:18303-18315.
- SATHYENDRANATH, S., A. Longhurst, C.M. Caverhill y T. Platt. 1995. Regionally and seasonally differentiated primary production in the North Atlantic. *Deep-Sea Res.*, 42:1773-1802.
- SATHYENDRANATH, S., T. Platt, C.M. Caverhill, R.E. Warnock y M.R. Lewis. 1989. Remote sensing of oceanic primary production: Computations using a spectral model. *Deep-Sea Res.*, 36:431-453.
- SATHYENDRANATH, S., T. Platt, V. Stuart, B.D. Irwin, M.J.W. Veldhuis, G.W. Kraay y W.G. Harrison. 1996. Some bio-optical characteristics of phytoplankton in the NW Indian Ocean. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 132:299-311.
- SECRETARÍA DE MARINA. 1997. *Estudio de oceanografía aplicada en los litorales de los estados de Sinaloa, Nayarit, Jalisco y Colima*. Reporte interno, Manzanillo, Colima, México. 118p.
- SOSA-ÁVALOS, R., D.C. López-Sandoval, A. Olivos-Ortiz, G. Gaxiola-Castro y E. Aguirre-Hernández. 2004. Estimación de la producción primaria frente a las costas del Pacífico central mexicano. *Memoria de la XIII Reunión Nacional de la Sociedad Mexicana de Planctología*, Nuevo Vallarta, México. p. 65
- WYRTKI, K. 1965. Surface currents of the Eastern Tropical Pacific Ocean. *Bulletin Inter-American Tropical Tuna Comisión*, 9(5):269-304.
- ZAMUDIO, L., A.P. Leonardi, S.D. Meyers y J.J. O'Brien. 2001. ENSO and eddies on the southwest coast of Mexico. *Geophys. Res. Lett.*, 28:13-16.
- ZURIA-JORDAN, I.L., S. Álvarez-Borrego, E. Santamaría-del-Ángel y F.E. Müller-Karger. 1995. Estimación de la biomasa fitoplanctónica, derivada de datos de satélite, frente a Baja California Sur. *Ciencias Marinas*, 21:265-280.

# Registro de eventos de Marea Roja en Manzanillo, Colima (1986-2004)

Juan Héctor Ortiz Lira\*  
María del Carmen Jiménez Quiroz\*\*

## Resumen

Se presenta un registro de los eventos de marea roja que ocurrieron en el puerto de Manzanillo (Colima) entre 1986 y 2004, con el propósito de reconocer las especies causantes y sus efectos. El muestreo no fue continuo, por lo que se incluyen en este trabajo tres tipos de información: 1) especie(s) y su densidad celular; 2) especie(s); 3) presencia de marea. Las microalgas fueron identificadas y contabilizadas con el método de Utermöhl. En los 10 años analizados se detectaron 35 eventos: 19 en las bahías de Manzanillo y Santiago (10 años), 11 en el Puerto Interior (tres años) y cuatro en la laguna de Juluapan (tres años). Los florecimientos fueron más frecuentes en marzo y mayo, en particular durante los años en los que se presentó la fase fría del ENSO. Se identificaron 11 especies de dinoflagelados, un silicoflagelado, una diatomea y un protozoario ciliado. La especie más común fue el ciliado *Myrionecta rubra* (= *Mesodinium rubrum*). La mayoría de los eventos fue inocua, excepto el registrado en diciembre de 2001, formado por el dinoflagelado *Cochlodinium* cf. *polykrikoides*, y que mató algunos peces. Se discute la posibilidad de que la frecuencia de las mareas rojas se haya incrementado por el crecimiento urbano del puerto de Manzanillo.

**Palabras clave:** Marea roja, dinoflagelados, Manzanillo *Myrionecta rubra*, *Cochlodinium* sp.

## Introducción

Los florecimientos de microorganismos pueden tener efectos negativos en el resto del ecosistema, que abarcan desde daños mecánicos a las branquias y otros órganos, intoxicaciones, anoxia y cambios en el ambiente físico, hasta la alteración de las cadenas tróficas (Horner *et al.*, 1997; Smayda, 1997). Los microorganismos causantes de estos eventos incluyen protozoarios, bacterias, cianofíceas, haptofitas, rafi-dofitas y algunas especies de diatomeas y dinoflagelados (Ochoa *et al.*, 2002); no obstante, puesto que la mayoría son microalgas, se les conoce como Florecimientos Algales Nocivos o FAN (Taylor y Trainer, 2002). También se les denomina mareas rojas, porque es común que el agua adquiera ese color (Gómez-Aguirre, 1998); sin embargo, algunos florecimientos compuestos por especies tóxicas, como *Alexandrium* sp., pueden ser nocivos antes de que produzcan cambios de coloración (Smayda, 1997). La frecuencia y la extensión de las mareas rojas se han incrementado en los últimos años, con pérdidas para la industria turística, las pesquerías y la maricultura de muchos países (Cortés-Altamirano, 2002; Ochoa, 2003).

Las mareas rojas son el resultado de la interacción de factores biológicos, antropogénicos y ambientales. Entre los primeros se encuentra la presencia de especies productoras de mareas rojas y sus formas de resistencia (quistes), mientras que entre los segundos, está la fertilización derivada de la contaminación (Kim *et al.*, 2004) o de otras fuentes, como las piscifactorías. Entre los factores ambientales se destacan las surgencias y el aporte de nutrientes producto de la interacción océano-atmósfera, los escurrimientos continentales resultantes de fenómenos meteorológicos, los procesos de mezcla en la columna de agua (Lalli y Parsons, 1996), así como diversos procesos hidrodinámicos que favorecen la acumulación del fitoplancton (Cortés-Altamirano y Páez-Osuna, 1998). Algunos eventos climáticos de mediano plazo como

\* Facultad de Ciencias Marinas, UdeC. Correo electrónico: ortizli@ucol.mx

\*\* CRIP Manzanillo. Instituto Nacional de la Pesca. Apdo. Postal 591. Manzanillo, Col. Correo electrónico: mcjquiroz@hotmail.com, mcjquiroz@yahoo.com.mx

El Niño y La Niña, también influyen en la frecuencia de los FAN (Ochoa, 2003).

La actividad del hombre ha producido condiciones particularmente favorables para estos florecimientos, como es el caso del agua de lastre utilizada en los barcos. Algunos organismos transportados en este medio pueden desplazar a las poblaciones autóctonas y perjudicar a otras especies cuando son depositados en un ambiente favorable para ello (Hallegraff, 1998).

Las microalgas nocivas y tóxicas amenazan la salud de los seres humanos cuando éstos consumen peces y mariscos contaminados (Tabla 1). En México los reportes oficiales de brotes de intoxicación debidos a la presencia de marea roja son escasos y no se ha podido estimar su frecuencia, ya que el personal de salud ignora o confunde los síntomas de este tipo de intoxicaciones. Los envenenamientos por ficotoxinas se han presentado principalmente en Oaxaca, Guerrero, Chiapas y Sinaloa (Mee *et al.*, 1986; Cortés-Altamirano *et al.*, 1993; Cortés-Altamirano, 1998; Ochoa *et al.*, 2002).

En la costa del estado de Colima se han identificado mareas rojas desde la década de los ochenta. Baltierra-Rodríguez *et al.* (1983) reportaron un evento en la Laguna de Cuyutlán, formado por *Gonyaulax* sp. y *Gymnodinium* sp., que ocasionó mortalidad en peces en 1982; en años recientes Blanco-Blanco *et al.* (citados por Morales-Blake *et al.*, 2001), Morales-Blake *et al.* (2000), Figueroa-Torres y Zepeda-Esquivel (2001) y Morales-Blake *et al.* (2001), han descrito algunos florecimientos ocurridos en 1999 y 2000. No obstante, la información aún es escasa, por lo que el

objetivo general de este trabajo fue analizar y describir las características cualitativas y/o cuantitativas de algunos eventos de marea roja que se desarrollaron en Manzanillo, Colima, entre 1986 y 2004.

Manzanillo es uno de los puertos más importantes del Pacífico mexicano, en el que se efectúan actividades industriales, comerciales, turísticas y pesqueras. En la década de los ochenta el gobierno mexicano inició la construcción del Puerto Interior (SEDUE, 1984) para incrementar el comercio exterior, por lo que entre 1984 y el año 2000 el número de habitantes casi se triplicó; en ese último año la población se estimó en aproximadamente 287 mil personas. En ese mismo periodo el vertimiento de aguas residuales aumentó de 19 494 m<sup>3</sup> día<sup>-1</sup> a 70 mil m<sup>3</sup> día<sup>-1</sup> (Secretaría de Marina, 2002).

En la década de los años ochenta gran parte de las aguas negras era vertida al mar y a la laguna de Cuyutlán sin tratamiento, por lo que la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) y la concentración de bacterias coliformes eran elevadas (SEDUE, 1984). Arce-Duarte *et al.* (2002) reportaron que en 2000 la calidad sanitaria del agua de las playas de la bahía de Manzanillo y de las desembocaduras de los arroyos de Salahua y Santiago era muy deficiente, a pesar de que ya había dos plantas de tratamiento. Las fuentes de contaminantes eran el aporte de aguas negras, la liberación de productos de descarga de los buques, el depósito de desechos sólidos en lugares inadecuados, la introducción de contaminantes a la zona costera por los escurrimientos pluviales y los arroyos provenientes de la zona agrícola vecina al puerto y la liberación de contaminantes a la atmósfera (Secretaría de

Tabla 1  
Tipos de ficotoxinas, organismos vector y síntomas de las intoxicaciones

| Transmisor | Síndrome          | Toxinas   | Vía                                 | Síntomas  |
|------------|-------------------|---|-------------------------------------|---|
| Moluscos   | Parálisis (PSP)   | Saxitoxinas, gonyalotoxina  | Endotoxinas (Ingestión)             | Entumecimiento de labios, cara y extremidades; vista borrosa, parálisis, dificultades respiratorias. Puede ser mortal.                                    |
|            | Neurotóxico (NSP) | Brevetoxinas  | Exotoxinas (Ingestión, respiración) | Problemas en la deglución; visión doble, temblores del cuerpo, náusea, disentería, vómito, entumecimiento, temblor de boca, labios y extremidades.        |
|            | Diarrea (DSP)     | Ácido okadaico<br>Dinofisistoxinas (DTX-1 y DTX-3)<br>Pectenotoxinas (PTX1, PTX4 y PTX6)<br>Yesotoxinas (YTX) | Endotoxinas (Ingestión)             | Diarrea, náusea, vómitos, dolor abdominal.  |
|            | Amnesia (ASP)     | Ácido domoico   | Endotoxinas (Ingestión)             | Estomacales a bajas concentraciones. Problemas neurológicos, como pérdida de la memoria.  |
| Peces      | Ciguatera         | Ciguatoxina (CTX, MTX, ciguaterinas)  | Ingestión                           | Diarrea, vómito, dolores abdominales, seguidos por disfunciones neurológicas, cambios en la temperatura corporal, dolores musculares, vértigo y angustia. |

Entre paréntesis se incluyen las siglas de los síndromes en inglés (Méndez *et al.*, 1993)



Tabla 2  
Ubicación geográfica de los cuerpos de agua en los que se localiza el puerto de Manzanillo

| Estación | Cuerpo de agua                  | Ubicación geográfica                | Años muestreados  |
|----------|---------------------------------|-------------------------------------|---|
| 1        | Puerto Interior                 | 104.3 °O, 19.05 °N                  | 1988, 1989, 1997  |
| 2        | Laguna de Juluapan              | 104.38 °O, 19.114°N                 | 1992, 1993, 1997  |
| 3        | Bahías de Santiago y Manzanillo | 18 - 19. 2 °N,<br>103.5 – 104.75 °O | 1986, 1987, 1988, 1989, 1993,<br>1999, 2000, 2001, 2002, 2003 |

Tabla 3  
Especies causantes de mareas rojas de Manzanillo

| Grupo               | Especie  | Síndrome y cualidades nocivas                                    | Cita  |                                      |
|---------------------|--|--|---|--------------------------------------|
| Dinoflagelados      | <i>Gonyaulax spinifera</i> (Claparède et Lachmann)Diesing 1866                         | dsp, forma quistes   | Cortés-Altamirano y Luna-Soria, 1998  |                                      |
|                     | <i>Gonyaulax sp</i>  | Algunas especies son tóxicas. dsp.                               | Cortés-Altamirano y Hernández-Becerril, 1998                                    |                                      |
|                     | <i>Ceratium furca</i> (Ehrenberg) Claparède et Lachmann 1858                           | Inocuo   | Cortés-Altamirano y Hernández-Becerril, 1998                                    |                                      |
|                     | <i>Ceratium divaricatum</i> (Lemmermann) Kofoid, 1908 (sinónimo <i>Ceratium dens</i> ) | Nociva. Mortalidad en postlarvas de camarón                      | Cortés-Altamirano, 2002. Cortés-Altamirano y Núñez-Pastén, 2000.                |                                      |
|                     | <i>Gymnodinium catenatum</i> . Graham, 1943.   | Tóxico. PSP. Forma quistes                                       | Hernández-Becerril y Alonso-Rodríguez, 2004<br>Faust y Gullede, 2002            |                                      |
|                     | <i>Lingulodinium polyedrum</i> (Stein) Dodge, 1989                                     | Tóxico. PSP. Forma quistes                                       | Faust y Gullede, 2002   |                                      |
|                     | <i>Cochlodinium catenatum</i> Okamura 1916   | Ictiotóxico,   | Cortés-Altamirano, 2002   |                                      |
|                     | <i>Cochlodinium polykrikoides</i> Margalef 1961  | Ictiotóxico (hemolítico)   | Cortés-Altamirano y Luna-Soria, 1998  |                                      |
|                     | <i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg, 1833   | Asociada con psp y mortalidad por anoxia en moluscos             | Faust y Gullede, 2002   |                                      |
|                     | <i>Prorocentrum lima</i> (Ehrenberg) Dodge 1975  | Tóxico. dsp, ciguatera, Forma quistes                            | Faust y Gullede, 2002   |                                      |
|                     | <i>Prorocentrum sp</i>   |  |   |                                      |
|                     | Silicoflagelado  | <i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg 1839                           | Inocuo  |                                      |
|                     | Diatomeas  | <i>Nitzschia sp.</i>   | Inocuo  | Cortés-Altamirano y Luna-Soria, 1998 |
| Protozoario ciliado | <i>Myrionecta rubra</i> (Lohmann, 1908) Jankowski, 1976                                | Inocuo. Puede asociarse a bacterias que pueden producir toxinas. | Crawford <i>et al.</i> , tomado de Cortés-Altamirano y Hernández-Becerril, 1998 |                                      |

Las especies tóxicas y las toxinas fueron tomadas de Faust y Gullede (2002).

Tabla 4  
Especies identificadas en las mareas rojas que se han presentado en el puerto de Manzanillo, Colima

| Año         | Fecha del muestreo      | Especie                     | Número-10 <sup>3</sup><br>(Células-l) | Lugar            |
|-------------|-------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|------------------|
| 1988        | 5 de abril              | <i>Ceratium divaricatum</i> | 670.4                                 | Puerto Interior  |
|             | “                       | <i>Prorocentrum lima</i>    | 593.64                                |                  |
| 1989        | 26 de abril             | <i>Prorocentrum micans</i>  | 1 167.6                               | No se cuantificó |
|             |                         | <i>Gonyaulax spinifera</i>  | 598.4                                 |                  |
|             |                         | <i>Prorocentrum micans</i>  | No se cuantificó                      |                  |
|             | 25 de mayo              | <i>Gonyaulax sp.</i>        | 2 094                                 |                  |
|             | 9 de febrero            | <i>Dictyocha fibula</i>     | 2 851.35                              |                  |
|             |                         | <i>Gonyaulax sp.</i>        | 283                                   |                  |
|             | 8 de marzo              | <i>Dictyocha fibula</i>     | 2 186                                 |                  |
|             |                         | “                           | <i>Gonyaulax sp.</i>                  |                  |
| 29 de marzo | <i>Dictyocha fibula</i> | 437.58                      |                                       |                  |
|             | “                       | <i>Gonyaulax sp.</i>        | 237.05                                |                  |

| Año  | Fecha del muestreo | Especie                                       | Número·10 <sup>3</sup><br>(Células·l) | Lugar              |
|------|--------------------|---|---------------------------------------|--------------------|
|      | 21 de junio        | <i>Gonyaulax spinifera</i>                    | > 10 000                              |                    |
|      | 19 de julio        | <i>Prorocentrum</i> sp.                       | > 25 000                              |                    |
|      | 16 de agosto       | <i>Gonyaulax</i> sp.                          | 5 038                                 |                    |
| 1997 | 4 de julio         | <i>Prorocentrum</i> sp.                       | No se cuantificó                      |                    |
| 1992 | abril              | No se tomó muestra                            |                                       | Laguna de Juluapan |
|      | 30 de octubre      | <i>Gonyaulax spinifera</i>                    | 10 000                                |                    |
| 1993 | 3 de marzo         | <i>Gonyaulax spinifera</i>                    | No se cuantificó                      |                    |
| 1997 | 2 de julio         | <i>Prorocentrum</i> sp.y <i>Exuviallea</i> sp | No se cuantificó                      |                    |
| 1986 | 26 de junio        | <i>Ceratium furca</i>                         | 300 – 5 000                           | Bahías             |
| 1987 | 22 de enero        | Diatomea no identificada <i>Gonyaulax</i> sp. | 3 591.6                               |                    |
| 1988 | 24 de marzo        | <i>Myrionecta rubra</i>                       | No se cuantificó                      |                    |
|      | 17 de mayo         | No se tomó muestra                            |                                       |                    |
|      | 2 de diciembre     | No se tomó muestra                            |                                       |                    |
| 1989 | Mayo               | No se tomó muestra                            |                                       |                    |
|      | 19 de julio        | <i>Prorocentrum</i> sp.                       | > 10 000                              |                    |
|      | 16 de agosto       | <i>Gymnodinium catenatum</i>                  | 5 000                                 |                    |
| 1993 | 3 de marzo         | <i>Gonyaulax spinifera</i>                    | No se cuantificó                      |                    |
| 1999 | Marzo              | <i>Cochlodinium cf. catenatum</i>             | No se cuantificó                      |                    |
| 2000 | Marzo              | <i>Cochlodinium cf. catenatum</i>             | No se cuantificó                      |                    |
|      | 30 marzo – 5 abril | <i>Myrionecta rubra</i>                       | 4 000                                 |                    |
|      | 8 de junio         | <i>Nitzschia</i> sp. y <i>Gonyaulax</i> sp.   | No se cuantificó                      |                    |
| 2001 | Marzo              | <i>Myrionecta rubra</i>                       | 1 087                                 |                    |
|      | 6 de mayo          | No se tomó muestra                            |                                       |                    |
|      | 12 de julio        | <i>Lingulodinium polyedrum</i>                | 1 566                                 |                    |
|      | 28 nov – 15 dic    | <i>Cochlodinium cf. polykrikoides</i>         | 924                                   |                    |
| 2002 | 1 de abril         | <i>Gymnodinium catenatum</i>                  | 832                                   |                    |
| 2003 | 24-28 de marzo     | <i>Myrionecta rubra</i>                       | 500-3 000                             |                    |
| 2004 | 11-21 de mayo      | <i>Ceratium divaricatum</i>                   | 300 000 – 4 500 000                   |                    |

Tabla 5  
Variables ambientales registradas durante algunas mareas rojas detectadas en el Puerto Interior y en las bahías de Manzanillo y Santiago

| Fecha y Lugar          | Especie                     | Temperatura<br>(°C) | Salinidad<br>(‰) | Clorofila a<br>(mg·m <sup>-3</sup> ) | Oxígeno<br>(mg·l) | Nutrientes (µg·l)                                   | DBO<br>(mg·l) |
|------------------------|-----------------------------|---------------------|------------------|--------------------------------------|-------------------|---|---------------|
| <i>Puerto Interior</i> |                             |                     |                  |                                      |                   |   |               |
| 5 abril 1988           | <i>C. divaricatum</i>       | 27.5                | 31.3             |                                      | 8.4               |   |               |
| 26 abril 1988          | <i>G. spinifera</i>         | 25.2                | 29.9             |                                      | 8.3               |   |               |
| 25 mayo 1988           | <i>P. micans</i>            | 25                  | 35.2             |                                      | 14.4              |   |               |
| 9 febrero 1989         | <i>Gonyaulax</i> sp         | 26.2                | 35.1             |                                      | 6.19              |   |               |
| 22 febrero 1989        | <i>D. fibula</i>            | 26.5                | 34.9             |                                      | 3.73              |   |               |
| <i>Bahías</i>          |                             |                     |                  |                                      |                   |   |               |
| Junio 1986             | <i>C. furca</i>             | 27.9                |                  |                                      | 7.88              | Fósforo total<br><0.75-3.093<br>Nitratos 0.004-0.10 | >6            |
| Enero 1987             | Diatomea no identificada    | 27.1                | 34               |                                      | 6.8               | Nitratos=0.7<br>Fosfatos=0.5                        |               |
| Marzo 1988             | <i>M. rubra</i>             | 24                  |                  |                                      | 6.2               | Fosfatos=1.16                                       | >5            |
| Marzo 2001             | <i>M. rubra</i>             | 26.82               | 34               | 5.79                                 | 2                 |   |               |
| Julio 2001             | <i>L. polyedrum</i>         | 30.26               | 34.09            | 1.52                                 | 2                 |   |               |
| Diciembre 2001         | <i>C. cf. polykrikoides</i> | 26.29               | 33.36            |                                      | 10                |   |               |
| Abril 2002             | <i>G. catenatum</i>         | 22.4                | 33.98            | 2.7                                  | 4.34              |   |               |
| Mayo 2004              | <i>Ceratium divaricatum</i> | 24                  |                  |                                      |                   |   |               |

Datos tomados de Ortiz-Lira *et al.* (1987, 1989), y Olivos-Ortiz y Juárez-Pedroza (2002)

ceso se utilizó un microscopio de contraste de fases (marca Leica) con los objetivos de 40 y 100X, mientras que para la cuantificación se emplearon el método de Utermöhl (1958) y un microscopio invertido (marca Iroscope), al que se le adaptó una videocámara de color Cole-Parmer (mod. 49901-30). Las microalgas contenidas en un mililitro de muestra se contabilizaron por duplicado haciendo un barrido completo con la cámara, aunque se diluyó a 50% cuando la densidad celular era muy elevada. Las cubetas de sedimentación utilizadas fueron de uno y cinco mililitros.

En algunas colectas de 1986, 1987, 1988, 2001 y 2002 se midió la temperatura con un termómetro de cubeta, la salinidad (con un CTD Seabird mod. SBE-19) y el oxígeno disuelto (con un oxímetro marca YSI mod. 58). En 1986 y 1987 se obtuvo la concentración de fósforo total, fosfatos y nitratos, para lo cual se utilizaron los métodos colorimétricos de Strickland y Parsons (1972). Los datos de la década de los ochenta fueron reportados por Ortiz-Lira *et al.* (1989) y los de 2001 y 2002 por Olivos-Ortiz y Juárez-Pedroza (2002).

## Resultados

En las mareas rojas registradas entre 1988 y 2004 se identificaron 11 especies de dinoflagelados, una diatomea, un silicoflagelado y un ciliado (Tabla 3, Fig. 2); de acuerdo con su capacidad para hacer daño, seis fueron clasificadas como tóxicas, tres como nocivas y cinco como inocuas.

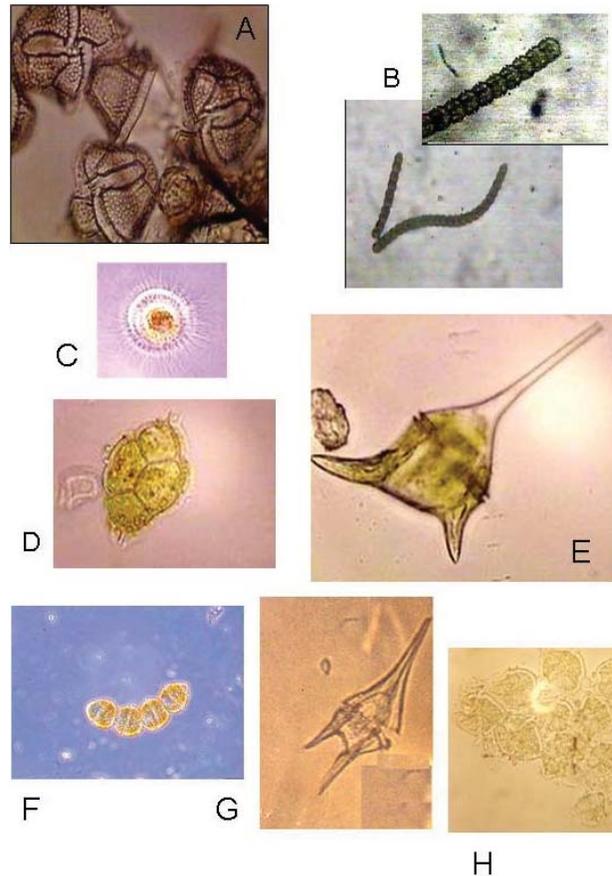
Hubo variación en la composición específica y en la abundancia de las microalgas a lo largo del tiempo y entre las áreas muestreadas. En el PI se realizaron muestreos durante tres años, durante los cuales se observaron 11 eventos causados por el silicoflagelado *Dictyocha fibula* y los dinoflagelados *Prorocentrum micans*, *Gonyaulax spinifera*, *Gonyaulax* sp., *Prorocentrum* sp. y *Ceratium divaricatum* (= *C. dens*). La densidad varió entre 238 mil y más de 25 millones de células por litro (Tabla 4). En 1989 se presentaron siete mareas rojas desde febrero hasta agosto, mientras que en 1988 sólo tres. En 1997 únicamente se detectó un florecimiento.

En el PI la temperatura durante los florecimientos varió entre 25 y 27.5 °C, la salinidad entre 29.9 y 35.1‰ y el oxígeno disuelto entre 3.73 y 14.4 mg/l (Tabla 5). La concentración de oxígeno fue ligeramente más elevada que la registrada en las bahías en 1988 y en años posteriores.

En la laguna de Juluapan se observaron cuatro mareas rojas formadas por miembros de los géneros *Gonyaulax* y *Prorocentrum* (Tabla 4). Por otro lado, los datos obtenidos en las bahías, enlistados en la ta-

Figura 2

Selección de microfotografías de las principales especies formadoras de marea roja en Manzanillo, Colima



A) *Lingulodinium polyedrum*; B) *Gymnodinium catenatum*; C) *Myrionecta rubra*; D) *Dictyocha fibula*; E) *Ceratium divaricatum*; F) *Cochlodinium* cf. *polykrikoides*; G) *Ceratium furca*; H) *Gonyaulax spinifera*.

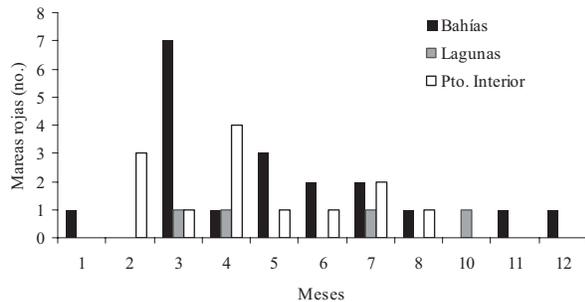
bla 4, corresponden a 20 florecimientos. En general, anualmente se registraron entre uno y cuatro eventos (Tabla 4). La mayoría ocurrió en marzo y mayo, aunque también se han desarrollado entre junio y agosto, y en diciembre, como lo muestra la figura 3, que resume los eventos que se presentaron en los años analizados.

Los muestreos se realizaron entre 1989 y 1993 y entre 1999 y 2004. En el primer periodo se registraron nueve mareas rojas, formadas por los dinoflagelados *Ceratium furca*, *Gonyaulax* sp. *Gonyaulax spinifera*, *Gymnodinium catenatum* y *Prorocentrum* sp., y por el ciliado *Myrionecta rubra* (= *Mesodinium rubrum*). En 1988 y 1989 se reportaron dos y tres eventos, mientras que en el resto de los años sólo uno.

Entre 1999 y 2004 se observaron 11 mareas rojas, la mayoría de las cuales se registró en 2000 y 2001.

Figura 3

Frecuencia mensual de las mareas rojas en Manzanillo



Esta figura resume la información obtenida durante todo el periodo de estudio.

Las especies causantes fueron el ciliado *Myrionecta rubra*, los dinoflagelados *Cochlodinium cf. catenatum*, *Cochlodinium cf. polykrikoides*, *Gonyaulax sp.*, *Lingulodinium polyedrum*, *Gymnodinium catenatum* y *Ceratium divaricatum*, y la diatomea *Nitzschia sp.*

*M. rubra* fue identificado al principio de la primavera en cuatro años (Tabla 4) y se presentó en eventos continuos con duración promedio de cinco días. Los dinoflagelados *Gonyaulax sp.* y *G. catenatum* fueron identificados en dos florecimientos cada uno: el primero se presentó en enero y junio de 1987 y 2000, respectivamente; mientras que *G. catenatum* en abril y junio de 1989 y 2002. El resto de las especies fue observado en una ocasión, aunque cabe destacar la presencia del dinoflagelado *C. cf. polykrikoides*, que causó la muerte de algunos peces en diciembre de 2001. La densidad celular varió entre 832 mil y más de 10 millones de células por litro, en las mareas rojas que fue posible cuantificar.

Durante algunos eventos (Tabla 5) la temperatura fue mayor a los 22 °C y la salinidad igual o menor a 35‰. En julio de 2001 y abril de 2002 el contenido de clorofila-*a* fue superior a 1.5 mg m<sup>-3</sup>, mientras que en marzo de 2001 fue cercano a los 6 mg m<sup>-3</sup>. La concentración de oxígeno disuelto fue elevada (>4 mg/l), excepto durante las mareas rojas de marzo y julio de 2001 formadas por *Myrionecta rubra* y *Lingulodinium polyedrum*, cuando fue de 2 mg·l<sup>-1</sup>. Por otro lado, aunque el contenido de nutrientes sólo se evaluó en el intervalo 1986-1988, y la DBO<sub>5</sub> en junio de 1986 y marzo de 1988, ambos fueron elevados.

## Discusión

La discontinuidad con la que se trabajó en el Puerto Interior no permite hacer un análisis más profundo

de la información; no obstante, en 1988 y 1989, cuando los muestreos fueron más frecuentes, se identificó una sucesión de microalgas, compuesta principalmente por dinoflagelados, entre los que destaca *Proocentrum lima*, especie tóxica de hábitos bentónicos y eventualmente ticoplanctónicos (Faust y Gullledge, 2002). Por otro lado, aunque las condiciones del PI no son comparables a las del resto de la zona de estudio, porque está sujeto a mayores perturbaciones, es probable que algunas especies ahí encontradas puedan iniciar mareas rojas en las bahías (e.g. *Gonyaulax spinifera*), en especial en las áreas con alto aporte de nutrientes, como las desembocaduras de los arroyos de Salahuja y Santiago (Secretaría de Marina, 2002), en donde los organismos podrían ser acarreados por las corrientes superficiales. En primavera, por ejemplo, se forma un remolino anticiclónico en la bahía de Manzanillo (Galicia<sup>1</sup>, com. pers.) que podría contribuir a la dispersión de microalgas hacia esas zonas. Por otro lado, es probable que en el PI el aporte de contaminantes, resultado del crecimiento urbano y del incremento del flujo naviero en los últimos 20 años, haya favorecido su eutrofización (Secretaría de Marina, 2002).

La información sobre la laguna de Juluapan es escasa, aunque aparentemente estos florecimientos no se han presentado en años recientes. Cabe hacer mención de que este cuerpo de agua ha sufrido grandes cambios porque desde finales de la década de los noventa quedó separado de la bahía de Santiago por una pequeña barrera arenosa, lo que disminuyó la salinidad y la profundidad de la columna de agua e incrementó la turbidez (Guzmán-Barrera<sup>2</sup>, com. pers.). Es plausible que la elevada concentración de sólidos en suspensión no haya favorecido los florecimientos o que éstos hayan pasado inadvertidos.

En las bahías de Manzanillo y Santiago, las mareas rojas se han presentado entre diciembre y mayo, principalmente, así como en el verano. Las condiciones ambientales de los dos intervalos son contrastantes. Entre febrero y marzo se han observado afloramientos de agua subsuperficial en la plataforma continental de Colima (Aguirre-Gómez *et al.*, 2003), como resultado de la acción de los fuertes vientos del NO característicos de este periodo, y razón por la que las temperaturas atmosféricas diarias promedio más bajas del año entre 1982 y 2001 se detectaron en febrero

1. Dr. Marco Galicia. Investigador del Centro Universitario de Investigaciones Oceanológicas de la UdeC.
2. Biol. Rosa Ma. Guzmán-Barrera. Investigador. Centro Regional de Investigación Pesquera-Mzlo.

( $20.26 \pm 1.77$  °C,  $N_{\text{febrero}} = 565$ ) y marzo ( $19.97 \pm 1.94$  °C;  $N_{\text{marzo}} = 619$ ). En esos meses también se han encontrado las corrientes superficiales más intensas del año (Galicia, 2004).

El aporte de nutrientes resultante de las surgencias favorece el crecimiento poblacional de *Myrionecta rubra*, *Cochlodinium catenatum* y *Gymnodinium catenatum* (Cortés-Lara, 2002b). Sin embargo, el afloramiento de aguas frías no fue evidente en los registros de la temperatura superficial marina realizados simultáneamente a la toma de muestras en marzo de 1988 y 2001, ya que ambos superaron los 24 °C. La marea roja que se presentó en Mazatlán en febrero de 1996 fue consecuencia del enfriamiento repentino y de corta duración producido por el viento, seguido por el rápido restablecimiento de las condiciones originales (Aguirre-Gómez *et al.*, 1999); es probable que en Manzanillo se produzca un fenómeno similar, en cuyo caso la temperatura del agua registrada durante el florecimiento sería mayor que la presente durante sus primeras etapas. La temperatura promedio del aire fue de  $24.29 \pm 1.12$  y  $22.33 \pm 1.31$  °C en marzo de 1988 y 2001, respectivamente, pero las variaciones diarias muestran que la temperatura presentó fuertes cambios, particularmente en 1988.

Las condiciones en las que se formaron las mareas rojas en el verano fueron más estables, aunque es probable que hayan sido favorecidas por el ingreso de nutrientes, relacionado con el inicio de la temporada de lluvias y las temperaturas cálidas propias de esa época. En contraste, durante septiembre y octubre, cuando los huracanes pasan más cerca de la costa y la precipitación es más intensa, no se han observado mareas rojas, probablemente por el incremento de la circulación en la capa de mezcla.

El Niño y La Niña también influyen en los florecimientos (Ochoa, 2003). Durante el primero, correspondiente a la fase cálida, disminuyen las surgencias y la termoclina se encuentra a mayor profundidad, mientras que durante la etapa fría ocurre lo contrario, lo que favorece el incremento en el contenido de nutrientes en la capa de mezcla. A pesar de la discontinuidad del muestreo es posible hacer una comparación cualitativa entre las condiciones de los periodos 1986-1989 y 1999-2002. En el primero se presentaron ambos eventos y en el segundo dominó La Niña, de acuerdo con el valor del Índice Multivariado de El Niño (MEI<sup>3</sup>, por sus iniciales en inglés). En ambos intervalos el número de florecimientos fue menor cuando se presentó El Niño y mayor durante La Niña.

La comparación de los resultados de este trabajo con los de otros autores que han realizado colectas en la zona (Morales-Blake *et al.*, 2001), mostró algunas discrepancias en la identificación de las especies, en particular de *Cochlodinium catenatum* y *Cochlodinium polykrikoides*. No obstante, Cortés-Lara *et al.* (2004) registraron ejemplares de *C. catenatum* de julio a diciembre de 2000 en Bahía Banderas y mencionan que en los florecimientos detectados en Manzanillo y La Paz (BCS) ese mismo año fueron erróneamente identificados como de *C. polykrikoides*.

En el PI se detectaron tres especies potencialmente peligrosas: *Ceratium divaricatum*, asociada con la mortalidad de postlarvas de camarón (Cortés-Altamirano y Núñez-Pastén, 2000); *Prorocentrum micans*, microalga que ha sido relacionada con la toxina productora del síndrome de la parálisis por el consumo de moluscos (PSP, por sus siglas en inglés) y con la mortalidad de moluscos por anoxia (Tabla 3); y *Prorocentrum lima* (= *Exuviaella lima*), dinoflagelado de hábitos bentónicos y ticoplanctónicos que produce al menos seis toxinas.

En las bahías, las mareas rojas aparentemente han sido inocuas, a pesar de que desde 1989 se han identificado microalgas nocivas como *C. divaricatum*, *Cochlodinium cf. catenatum*, *Cochlodinium cf. polykrikoides*, *Gymnodinium catenatum* y *Lingulodinium polyedrum*. Aunque *G. catenatum* y *L. polyedrum* han sido asociadas con la toxina que causante del envenenamiento PSP (Faust y Gullledge, 2002) y se supone que *C. catenatum* produce sustancias neurotóxicas (Cortés-Altamirano y Sierra-Beltrán, 2001; Cortés-Lara, 2002a), sólo *Cochlodinium cf. polykrikoides* causó la muerte de algunos peces. En agosto de ese año, este dinoflagelado fue identificado en Punta Mita, Nayarit, y en noviembre en Barra de Navidad, Jalisco, lo cual sugiere que las corrientes lo estaban dispersando. Otro efecto negativo de las mareas rojas es la disminución de oxígeno disuelto, como ocurrió en marzo y julio de 2001, cuando su concentración fue de  $2 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ , durante los florecimientos de *M. rubra* y *L. polyedrum*.

Algunas mareas rojas fueron causadas por los mismos organismos que se presentaron en otras localidades (Tabla 6), en particular *Myrionecta rubra*, quizá la especie más común en el Pacífico mexicano. Por otro lado, la diferencia entre el número de especies reportadas en la región costera comprendida entre Baja California y Nayarit, y la ubicada entre Jalisco y Chiapas, en las listas de Cortés-Altamirano (1998) y Ochoa *et al.* (2002), es un indicador de la necesidad de hacer más estudios sobre el tema en esta región.

Diversos autores han señalado que la tanto la frecuencia como la duración de los eventos de marea

3. <http://www.cdc.noaa.gov/people/klaus.wolter/MEI/mei.html>

roja en México se han incrementado en los últimos años (Cortés-Altamirano y Sierra-Beltrán, 2001). Y si bien, la falta de continuidad en los muestreos no permite llegar a una conclusión de esta naturaleza, el crecimiento del puerto de Manzanillo con las consecuentes modificaciones al hábitat y la ocurrencia de eventos de La Niña entre 1998 y 2000, durante los que aumentó el número y la intensidad de las afloramientos en el océano Pacífico oriental, sugieren que podría estar incrementándose la frecuencia con la que se presentan estos eventos. Por otro lado, la presencia de especies tóxicas en el centro y el sur del Pacífico mexicano (Cortés-Altamirano, 1998; Cortés-Lara 2002a, b), permite suponer que pueden representar un riesgo para la salud humana y ambiental, así como para la economía de la región.

## Conclusiones

Las mareas rojas se producen periódicamente en la región de Manzanillo; durante los años analizados se observaron 11 especies de dinoflagelados, un silicoflagelado, una diatomea y un protozoo ciliado. Aunque se han identificado cinco especies tóxicas, la mayoría de los eventos fue inocua, excepto el registrado en diciembre de 2001 causado por *Cochlodinium polykrikoides*. La recurrencia de estos florecimientos en otras regiones del Pacífico mexicano, la presencia de microalgas tóxicas, el crecimiento del puerto y su importancia turística y comercial, requieren la instrumentación de un programa de evaluación permanente.

## Referencias bibliográficas

- AGUIRRE-GÓMEZ, R., R. Álvarez y O. Salmerón-García. 1999. Red tide evolution in the Mazatlán Bay area from remotely sensed sea surface temperatures. *Geofísica Internacional*, 38(2):63-71.
- AGUIRRE-GÓMEZ, R., R. Álvarez y O. Salmerón-García. 2003. Effects of ENSO off the southwest coast of Mexico, 1996-1999. *Geofísica Internacional*, 42(3):377-388.
- ANÓNIMO. 1993. *Evaluación de los recursos naturales costeros de los Estados de Jalisco y Colima*. Documento Interno. Proyecto DGO-01/93. Depto. de Recursos Marinos-IOF. Dir. Gral. de Oceanografía Naval. Secretaría de Marina. 151p.
- ARCE-DUARTE F., G. Ramírez Guillén y S. Almaraz-Guillén. 2002. *Diagnóstico Portuario 2000. Manzanillo, Col., Lázaro Cárdenas, Mich, Pto. Vallarta, Jal., Zihuatanejo, Gro., Ixtapa, Gro. y San Blas, Nay*. Informe interno. Dir. Gral. De Investigación y Desarrollo. Dir. Gral. Adjunta de Oceanografía. Instituto Oceanográfico del Pacífico-Subdirección de Contaminación Marina, México. 210p.
- BALTERRA-RODRÍGUEZ, J.L., G. Gluyas-Millán y J.C. Chávez-Comarán. 1983. La marea roja de abril de 1982 en la laguna de Cuyutlán, Colima, México. *Ciencias Marinas*, 9(1):35-39.
- CORTÉS-ALTAMIRANO, R. 1984. Mareas rojas producidas por el ciliado *Mesodinium rubrum* (Lohmann), en el área litoral de Mazatlán, Sin., México. *Biótica*, 9(3):259-269.
- CORTÉS-ALTAMIRANO, R. 1987. Observaciones de mareas rojas en la Bahía de Mazatlán, Sin., México. *Ciencias Marinas*, 13(4):1-19.
- CORTÉS-ALTAMIRANO, R. 1998. Distribución y efecto de las mareas rojas en México. En: R. Cortés-Altamirano (ed.). *Las mareas rojas*. AGT. México. pp. 33-42.
- CORTÉS-ALTAMIRANO, R. 2002. Mareas rojas: biodiversidad de microbios que pintan el mar. En: J.L. Cifuentes-Lemus y J. Gaxiola-López (eds.). *Atlas de la biodiversidad de Sinaloa*. El Colegio de Sinaloa. Culiacán. pp. 29-41.
- CORTÉS-ALTAMIRANO, R y R. Alonso, 1997. Mareas rojas durante 1997 en la Bahía de Mazatlán, Sinaloa, México. *Ciencias del Mar*, 15:31-37.
- CORTÉS-ALTAMIRANO, R., R. Alonso e I. Peña. 1996-1997. Primer registro de una marea roja debida a *Mesodinium rubrum* (Protozoa: Ciliata) en Bahía Banderas (México). *Rev. Biol. Trop.*, 44(3):45(1):675-690.
- CORTÉS-ALTAMIRANO, R. y D.U. Hernández-Becerril. 1998. Especies responsables y probables de mareas rojas. En: R. Cortés-Altamirano (ed.). *Las mareas rojas*. AGT, México. pp. 43-80.
- CORTÉS-ALTAMIRANO, R., D.U. Hernández-Becerril y R. Luna-Soria. 1995. Mareas rojas en México: una revisión. *Revista Latinoamericana de Microbiología*, 37:101-104
- CORTÉS-ALTAMIRANO, R., D.U. Hernández-Becerril y R. Luna-Soria. 1996. Red tides in Mexico: A review. En: T. Yasumoto, Y. Oshima y T. Fukuyo (eds.). *Harmful and toxic algal blooms*. IOC-UNESCO. pp. 101-104.
- CORTÉS-ALTAMIRANO, R. y R. Luna-Soria. 1998. Lista mundial de microalgas responsables de florecimientos, mareas rojas y tóxicas. En: R. Cortés-Altamirano (ed.). *Las mareas rojas*. AGT, México. pp. 141-152.
- CORTÉS-ALTAMIRANO, R., L. Muñoz-Cabrera y O. Sotomayor-Navarro. 1993. *Envenenamiento por mariscos (psp), causado por el dinoflagelado Pyrodinium bahamense var. compressum en la costa suroeste de México*. An. Inst. Cienc. Del Mar y Limnol. UNAM, 20(1):43-54.
- CORTÉS-ALTAMIRANO, R. y A. Núñez-Pastén. 1992. Doce años de registros de mareas rojas en la Bahía de Mazatlán, Sin., México (1979-1990). *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM*, 19(1):113-121.
- CORTÉS-ALTAMIRANO R y A. Núñez-Pastén. 2000. Distribución y abundancia anual de *Ceratium dens* (Peridinales: Ceratiaceae) en el Golfo de California, México. *Rev. Biol. Trop.*, 48(2-3):305-311.
- CORTÉS-ALTAMIRANO R y F. Páez-Osuna. 1998. Dinámica de las mareas rojas. En: R. Cortés-Altamirano (ed.). *Las mareas rojas*. AGT. México. pp. 1-12.
- CORTÉS-ALTAMIRANO, R. y A. Sierra-Beltrán. 2001. Mitigación de microalgas nocivas: su impacto negativo en las Pesquerías, Acuacultura y Salud Pública. En: C.A. Alejo-Armenta y J.A. Gastelum-Escalante (eds.). *Sinaloa, soluciones para el desarrollo*. Mem. Primer Foro Estatal de Ciencia y Tecnología. Gobierno del Estado de Sinaloa y Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología. Sinaloa, México. pp. 209-228.
- CORTÉS-ALTAMIRANO, R., A. Sierra-Beltrán y M. Vargas-Montero. 2003. *Prorocentrum mexicanum* and *P. rathymum* are different species. *Harmful Algae News*, 24:8.
- CORTÉS-LARA, M.C. 2002a. Informe del fenómeno de marea roja en Bahía de Banderas Jalisco-Nayarit, octubre-noviembre de 2001. *Revista Biomédica*, 13:73-75.
- CORTÉS-LARA, M.C. 2002b. Primer registro de marea roja del 2002. Bahía de Banderas Jalisco-Nayarit (Enero de 2002). *Revista Biomédica*, 13:229-230.

- CORTÉS-LARA, M.C., R. Cortés- Altamirano y A.P. Sierra-Beltrán. 2004. Presencia de *Cochlodinium catenatum* (Gymnodiniales: Gymnodiniaceae) en mareas rojas de Bahía de Banderas, Pacífico mexicano. *Rev. Biol. Trop.*, 52(1):35-49.
- FAUST, M.A. y R.A. Gulledge. 2002. Identifying Harmful Marine Dinoflagellates. *Smithsonian Contributions from the United States National Herbarium*, 42:1-144.
- FIGUEROA-TORRES, M.G. y M.A. Zepeda-Esquivel. 2001. Mareas rojas del Puerto Interior, Colima, México. *Scientiae naturae*, 3(2):39-52.
- GALICIA, M. 2004. *Estudio hidrodinámico de la Laguna de Juluapan y diseño de obra de protección en el canal de acceso y playa aledaña*. Primer informe técnico preliminar (mayo-junio-julio de 2003). CEUNIVO, UdeC. 75p.
- GÁRATE-LIZÁRRAGA, I. 1996. Mareas rojas ocurridas en las costas de la Península de Baja California Sur, México, 1984-1994. *I. Reunión Inter. Plancton. VIII Reunión Nacional de la Sociedad Mexicana de Planctología*. Pátzcuaro, Mich. México, p.17.
- GÁRATE-LIZÁRRAGA, I. y D.A. Siqueiros-Beltrones. 1998. Time variation in phytoplankton assemblages in a sub-tropical lagoon system after the 1982-1983 El Niño event (1984 to 1986). *Pacific Sci.*, 52:79-97.
- GÓMEZ-AGUIRRE, S. 1998. Red tides occurrences recorded in Mexico from 1980 to 1992. *Anales Inst. Biol. UNAM Ser. Zool.*, 69(1):13-22.
- HALLEGRAEFF, G.M. 1998. Transport of toxic dinoflagellates via ships ballast water: Bioeconomic risk assessment and efficacy of possible ballast water management strategies. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 168:297-309.
- HEREDIA-TAPIA, A., B.O. Arredondo-Vega, E. Nuñez-Vázquez, T. Yasumoto, M. Yasuda y J.L. Ochoa. 2002. Isolation of *Prorocentrum lima* and DSP risk assessment in the Gulf of California, México. *Toxicon.*, 40:1121-1127.
- HERNÁNDEZ-BECERRIL, D.U. y R. Alonso-Rodríguez. 2004. Study of the marine planktonic dinoflagellate *Ceratium divaricatum* (Dinophyceae), a confused and considerably variable species. *Phycological Research*, 52(4):346-354.
- HERNÁNDEZ-BECERRIL, D.U. y M.I. Tapia-Peña. 1995. Planktonic diatoms from the Gulf of California and coasts off Baja California: species of the genus *Thalassiosira*. *Botánica Marina*, 38:543-555.
- HORNER, R.A., D.L. Garrison y F.G. Plumley. 1997. Harmful algal blooms and red tide problems on the U.S. west coast. *Limnology and Oceanography*, 42(5):1076-1088.
- KIM, H.G., S.G. Lee y C.S. Jeong. 2004. *Observations of coastal eutrophication and the succession of HAB species in Korean waters over three decades. A workshop on: Contrasting approaches to understanding eutrophication effects on phytoplankton*. ICES Working Group on Phytoplankton Ecology (WGPE) den Haag, Holanda. 11-13 Marzo 2002.
- LALLI, C.M. y T.R. Parsons. 1996. *Biological Oceanography: An Introduction*. Publ. Butterworth/Heinemann, Oxford, 406p.
- LICEA-DURAN, S., J.L. Moreno, H. Santoyo y G. Figueroa. 1995. *Dinoflagelados del Golfo de California*. UABCS, SEP-FOMEX y PROMARCO. México. 165p.
- LÓPEZ, L. 2000. Investigación de marea roja en Bahía Banderas. *Gaceta Universitaria*, UdeG, 197:6.
- MANRIQUE, F.A. y R.E. Molina. 1997. Presencia de mareas rojas en la bahía de Bacochibampo, Guaymas, Sonora, México. *Hidrobiológica*, 7:81-86.
- MEE, D.L., M., Espinoza y G. Díaz. 1986. Paralytic shellfish poisoning with a *Gymnodinium catenatum* red tide on the Pacific Coast of México. *Mar. Environm. Res.*, 19:77-92.
- MÉNDEZ S., A. Brazeiro, G. Ferrari, D. Medina y G. Inocente. 1993. *Informe técnico: Mareas rojas en el Uruguay: programa de control y actualización de resultados*. Informe técnico 46, Uruguay. 25p.
- MORALES-BLAKE, A., C. Cavazos-Guerra y D.U. Hernández-Becerril. 2001. Unusual HABs in Manzanillo Bay, Colima, Mexico. *Harmful Algae News*, 22: 6.
- MORALES-BLAKE, A., D.U. Hernández-Becerril y C. Cavazos-Guerra. 2000. Registros de mareas rojas en las bahías de Manzanillo, Colima, México. En: E. Ríos-Jara, M. Pérez-Péña, E. López-Uriarte, E.G. Robles-Jarero, D.U. Hernández-Becerril y M. Silva-Briano (eds.). *Estudios sobre plancton en México y el Caribe*. Sociedad Mexicana de Planctología y UdeG. pp. 81-82.
- OCHOA J.L. 2003. ENSO phenomenon and toxic red tides in Mexico. *Geofísica Internacional*, 42(3):505-515.
- OCHOA J.L., D.U. Hernández-Becerril, S. Lluch-Cota, B.O. Arredondo-Vega, E. Nuñez-Vázquez, A. Heredia-Tapia, J. Pérez-Linares y R. Alonso-Rodríguez. 2002. Marine biotoxins and harmful algal blooms in Mexico's Pacific littoral. En: PICES Working Group 15 (ed.). *Harmful algal blooms in the PICES region of the North Pacific. Scientific Report 23*. Versión electrónica PDF ([http://www.pices.int/publications/scientific\\_reports/Report23](http://www.pices.int/publications/scientific_reports/Report23)). 12p.
- OLIVOS-ORTIZ A. y H.G. Juárez-Pedroza. 2002. Relaciones estequiométricas (DIN:P:Si) y su posible influencia sobre la productividad primaria en las bahías de Santiago y Manzanillo, Col. *Resúmenes XIII Congreso Nacional de Oceanografía*. 7 al 11 de octubre de 2002, Puerto Vallarta, Jalisco, México. p. 25
- ORTIZ-LIRA, J.H., S. Lau-Cham, J.C. Chávez Comparán, A. Morales-Blake y A. Cacho-Cruz. 1987. La marea roja ocasionada por *Ceratium furca* en la Bahía de Manzanillo, Colima. En: *Memorias del VII Congreso Nacional de Oceanografía*. UABC. Ensenada, BC. pp. 195-196.
- ORTIZ-LIRA, J.H., A. Morales-Blake y S. Lau-Cham. 1989. *Mareas rojas en la dársena del Puerto Interior, Manzanillo, Colima, México*. Informe Interno. Instituto Oceanográfico del Pacífico. Secretaría de Marina-Universidad de Colima, Manzanillo. 10p.
- ROUND, F.E., R.M. Crawford y D.G. Mann. 1990. *The Diatoms. Biology and morphology of the genera*. Cambridge University Press, Cambridge. 747p.
- SECRETARÍA DE MARINA. 2002. *Atlas de Contaminación Marina en el mar territorial y zonas costeras de la República Mexicana*. Dirección Gral. de Investigación y Desarrollo. Dirección Gral. Adjunta de Hidrografía y Cartografía, México. 176p.
- SEDUE. 1984. *Plan director urbano del centro de la población de Manzanillo, Col.* Gobierno del Estado de Colima, H. Ayuntamiento de Manzanillo. Comisión de Conurbación de Manzanillo-Barra de Navidad, SEDUE. Manzanillo, Col. 161p.
- SMAYDA, T.J. 1997. What is a bloom? A commentary. *Limnology and Oceanography*, 42(5):1132-1136.
- STEIDINGER, K.A. y K. Tangen. 1996. Dinoflagellates. En: C.R. Tomas (ed.). *Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates*. Academic Press, Inc., San Diego, California. pp: 387-584.
- STRICKLAND, J.D.H. y T.R. Parsons. 1972. *A practical handbook of seawater analysis*. Bulletin 167. Fisheries Research Board of Canada, Canada. 310p.
- TAYLOR, F.J.R. y V. Trainer. 2002. Background and objectives. En: PICES Working Group 15 (ed). *Harmful algal blooms in the PICES region of the North Pacific*. Scientific Report, 23. Versión electrónica PDF ([http://www.pices.int/publications/scientific\\_reports/Report23](http://www.pices.int/publications/scientific_reports/Report23)). 12p.
- UTERMÖHL, H. 1958. Zur vervollkommung der quantitativen phytoplankton – Methodik. Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie. *Mitteilung*, 9:1-39.
- YAMAJI, I. 1969. *Illustrations of the marine plankton of Japan*. Hoirusha Publishing. Osaka. 369 p

Tabla 6

Especies identificadas en las mareas rojas del Golfo de California y de la costa comprendida entre Sonora y Chiapas

| Localidad                            | Especie   | Fuente  |
|--------------------------------------|---|---|
| Pacífico (sin especificar localidad) | <i>Phaeocystis pouchetii</i> , <i>Cerataulina pelagica</i> , <i>Chaetoceros concavicornis</i> , <i>Chaetoceros convolutus</i> , <i>Coscinodiscus centralis</i> , <i>C. concinnus</i> , <i>C. wailesii</i> , <i>Heterosigma akashiwo</i> , <i>Trichodesmium erythraeum</i> , <i>T. hildebrandtii</i> , <i>T. thiebautii</i>  | Compilación de Ochoa <i>et al.</i> (2002)   |
| Golfo de California y costa de BCS   | <i>Mesodinium rubrum</i> , <i>Gonyaulax polygramma</i> , <i>G. polyedra</i> , <i>G. verdor</i> , <i>G. brunii</i> , <i>G. fragilis</i> , <i>G. triacantha</i> , <i>Noctiluca scintillans</i> , <i>Gymnodinium catenatum</i> , <i>G. sanguineum</i> , <i>G. splendens</i> , <i>Prorocentrum minimum</i> , <i>Proboscia alata</i> , <i>Prorocentrum</i> spp., <i>Prorocentrum micans</i> , <i>Prorocentrum compressum</i> , <i>Prorocentrum lima</i> , <i>Prorocentrum mexicanum</i> , <i>Pseudonitzschia</i> sp., <i>Alexandrium catenella</i> , <i>Ceratium furca</i> , <i>C. fusus</i> , <i>C. biceps</i> , <i>C. boehntii</i> , <i>C. contrarium</i> , <i>C. falciforme</i> , <i>C. humule</i> , <i>C. incisum</i> , <i>C. inflatum</i> , <i>C. pavillardii</i> , <i>C. praelongum</i> , <i>Ceratocorys magna</i> , <i>Dissodinium gerbaultii</i> , <i>Ornithocercus thunii</i> , <i>Protoperidinium elegans</i> , <i>P. subpyriforme</i> , <i>Phyriphacus vancampoe</i> , <i>Chatonella</i> sp., <i>Dinophysis caudata</i> , <i>D. acuminata</i> , <i>D. forti</i> , <i>D. mitra</i> , <i>D. rotundata</i> , <i>D. tripos</i> , <i>Lingulodinium polyedrum</i> , <i>Amphidinium carterae</i> , <i>Oscillatoria erythraea</i> , <i>Stephanopyxis palmeriana</i> , <i>Giamberdiscus toxicus</i> , <i>Thalassiosira mala</i> , <i>T. minuscula</i> , <i>T. subtilis</i> , <i>Cochlodinium polydrikoides</i> | Cortés-Altamirano (1998); Gárate-Lizarraga (1996); Gárate-Lizarraga y Siqueiros Beltrones (1998); Heredia-Tapia <i>et al.</i> (2002); Hernández-Becerril y Tapia-Peña (1995); Licea <i>et al.</i> (1995); Compilación de Ochoa <i>et al.</i> (2002); Ochoa (2003).  |
| Sonora                               | <i>Noctiluca scintillans</i> , <i>Gymnodinium catenatum</i> , <i>Gonyaulax</i> sp. (cf. <i>G. polyedra</i> ), <i>Mesodinium rubrum</i> , <i>Prorocentrum</i> spp, <i>P. dentatum</i> , <i>Stephanopyxis palmeriana</i>  | Manrique y Molina (1997); Cortés-Altamirano <i>et al.</i> (1995); Compilación de Ochoa <i>et al.</i> (2002)   |
| Mazatlán, Sin.                       | <i>Mesodinium rubrum</i> , <i>G. catenatum</i> , <i>Ceratium tripos</i> var. <i>ponticum</i> , <i>C. furca</i> , <i>C. dens</i> , <i>Skeletonema costatum</i> , <i>S. tropicum</i> , <i>G. catenatum</i> , <i>G. splendens</i> , <i>G. sanguineum</i> , <i>Leptocylindrus danicus</i> , <i>Noctiluca scintillans</i> , <i>Protoperidinium</i> sp., <i>P. trochoideum</i> , <i>Oscillatoria erythraea</i> , <i>Gonyaulax triacantha</i> , <i>Prorocentrum minimum</i> , <i>P. balticum</i> , <i>P. dentatum</i> , <i>P. triestinum</i> , <i>P. mexicanum</i> , <i>Peridinium quinquecome</i> , <i>Scripsella trochoidea</i> , <i>Cochlodinium catenatum</i> , <i>Dinophysis caudata</i> , <i>D. tripos</i> , <i>D. acuminata</i> , <i>Pseudonitzschia multiserie</i> , <i>P. delicatissima</i> , <i>P. pseudodelicatissima</i> , <i>Alexandrium catenella</i>  | Cortés-Altamirano (1984); Cortés-Altamirano (1987); Cortés-Altamirano y Núñez-Pastén (1992); Cortés-Altamirano <i>et al.</i> (1995); Cortés-Altamirano <i>et al.</i> (1996); Cortés-Altamirano y Alonso (1997); Compilación de Ochoa <i>et al.</i> (2002); Cortés-Altamirano (2002); Cortés-Altamirano <i>et al.</i> (2003) |
| Nayarit<br>Bahía de Banderas         | <i>Gonyaulax</i> sp.,<br><i>Mesodinium rubrum</i> , <i>Ceratium</i> sp, <i>Noctiluca scintillans</i> ,<br><i>Cochlodinium catenatum</i>   | Compilación de Ochoa <i>et al.</i> (2002)<br>Cortés-Altamirano <i>et al.</i> (1996-1997);<br>López (2000); Cortés-Lara (2002 a y b);<br>Compilación de Ochoa <i>et al.</i> (2002);<br>Cortés-Lara <i>et al.</i> (2004).   |
| Jalisco-Chiapas                      | <i>Gymnodinium</i> cf. <i>splendens</i> , <i>Prorocentrum</i> spp., <i>N. scintillans</i> , <i>Ceratium</i> spp, <i>Pyrodinium bahamense</i> var. <i>compressum</i> , <i>Nitzschia</i> spp, <i>Gonyaulax catenella</i> , <i>Gymnodinium</i> sp., <i>Gymnodinium catenatum</i> , <i>Gymnodinium peridinium</i> , <i>Peridinium</i> sp., <i>Mesodinium rubrum</i><br><i>Gonyaulax</i> sp., <i>Alexandrium catenella</i> ( <i>G. catenella</i> )   | Cortés-Altamirano (1998); Cortés-Altamirano <i>et al.</i> (1995); Gómez-Aguirre (1998).   |
| Manzanillo, Col.                     | <i>Gonyaulax</i> sp., <i>Gymnodinium</i> , sp., <i>Gymnodinium catenatum</i> , <i>Ceratium</i> sp., <i>C. furca</i> , <i>C. fusus</i> , <i>Cochlodinium</i> sp., <i>C. polykrikoides</i> , <i>Mesodinium rubrum</i> , <i>Dictyocha fibula</i> , <i>Thalassiotrix</i> sp., <i>Scripsella trochoidea</i> , <i>Skeletonema costatum</i> , <i>Noctiluca scintillans</i><br><i>Myrionecta rubra</i> , <i>Gonyaulax spinifera</i> , <i>Gonyaulax</i> sp., <i>Ceratium furca</i> , <i>Ceratium divaricatum</i> , <i>Gymnodinium catenatum</i> , <i>Lingulodinium polyedrum</i> , <i>Cochlodinium catenatum</i> , <i>C. polykrikoides</i> , <i>Dictyocha fibula</i> , <i>Prorocentrum micans</i> , <i>Prorocentrum lima</i> , <i>Prorocentrum</i> sp., <i>Nitzschia</i> sp.   | Baltierra-Rodríguez <i>et al.</i> (1983); Morales-Blake <i>et al.</i> (2000); Figueroa-Torres y Zepeda-Esquivel (2001); Morales-Blake <i>et al.</i> (2001).<br>Este trabajo   |

Nota: Se incluyen los nombres científicos reportados en los trabajos originales, no se utilizan los nombres más recientes, por ejemplo *M. rubra* es *Mesodinium rubrum*.

# Cambios en la comunidad de diatomeas de la laguna de Cuyutlán (Colima, México), resultantes de la apertura de un canal de comunicación con el océano Pacífico

Sonia I. Quijano Scheggia<sup>\*</sup>  
Ma. del. Carmen Jiménez Quiroz<sup>\*\*</sup>  
Aramis Olivos Ortiz<sup>\*</sup>  
Marco Antonio Galicia Pérez<sup>\*</sup>  
Juan H. Gaviño Rodríguez<sup>\*</sup>  
Alejandro O. Meyer Willerer<sup>\*</sup>

## Resumen

En este trabajo se describe la estructura de la comunidad de diatomeas (composición taxonómica, riqueza específica, diversidad y uniformidad), así como la salinidad, la temperatura, los nutrientes, la clorofila-*a* y la densidad celular de la laguna de Cuyutlán, antes y después de la apertura del canal de Tepalcates en 1992, para identificar las consecuencias de este evento. También se describen las condiciones meteorológicas. El muestreo se realizó durante dos ciclos anuales (1989-1990 y 1991-1993) con frecuencia mensual. Se identificaron 143 taxones de diatomeas. La comunidad estuvo dominada por especies de ambientes salinos y salobres. Las diatomeas más abundantes fueron *Amphora coffeaeformis*, *Cyclotella striata*, *Gyrosigma balticum* y *Navicula protracta*. El primer año fue más seco y caluroso, por lo que la temperatura y la salinidad también fueron más elevadas, mientras que la comunidad de diatomeas fue menos compleja y estuvo dominada por organismos bentónicos. El segundo año fue más húmedo; en ese periodo el canal estuvo abierto durante tres meses, lo que estuvo aparejado con un incremento en la diversidad, la uniformidad y la abundancia de las diatomeas planctónicas, marinas y dulceacuícolas. También hubo diferencias en la estructura de la comunidad entre los sitios de muestreo, determinadas por las características microambientales. Se distinguieron tres grupos de especies que reflejan las características ambientales prevalecientes durante los dos periodos.

**Palabras clave:** Diatomeas, fitoplancton indicador, laguna costera, influencia ambiental.

## Introducción

En los cuerpos de agua costeros, el ambiente y la actividad humana afectan la distribución, la abundancia y la composición del fitoplancton; en función de la escala espacial y temporal, esa influencia pueden manifestarse en cambios diarios de la distribución a lo largo de la columna de agua, en variaciones estacionales de la diversidad, e incluso sucesiones evolutivas (Krebs, 1994). Por todo ellos, es importante estudiar esos cambios ya que tienen implicaciones tróficas y modifican el funcionamiento del ecosistema (Cloern, 1996).

Algunas especies de diatomeas pueden utilizarse como indicadores de las condiciones de los cuerpos de agua porque tienen requerimientos claramente definidos respecto a la calidad del agua (Reid *et al.*, 1995, 2002; Pankow, 1990). También cabe mencionar que, en comparación con otros grupos de microalgas, las diatomeas son relativamente fáciles de identificar por sus características morfológicas, porque no presentan alternancia de generaciones, no requieren ser cultivadas, su ciclo de vida es corto y responden con rapidez a los cambios ambientales (Round *et al.*, 1990); por otro lado, puesto que las valvas se acumulan en el sedimento, es posible hacer análisis de largo plazo (Stevenson y Pan, 1999). En México los estudios dedicados al análisis de la composición específica de la comunidad de diatomeas para describir las características ambientales son escasos porque la mayoría está enfocada a la taxonomía de especies fitoplanctónicas, su distribución y sus periodos de ocurrencia.

La laguna de Cuyutlán es el cuerpo costero más grande del estado de Colima; y ya que colinda con la ciudad de Manzanillo, ha sido utilizada como verte-

\* Centro Universitario de Investigaciones Oceanológicas, Universidad de Colima. Correo electrónico: quijano@cgc.ucol.mx

\*\* CRIP-Manzanillo-Instituto Nacional de la Pesca/SAGARPA.

dero de aguas negras y modificada por obras de infraestructura realizadas para brindar servicios al puerto, pero que disminuyeron la circulación del agua y, por tanto, modificaron sus características físicas y químicas. Para contrarrestar esta situación se han abierto tres canales de comunicación con el océano Pacífico (Cobo *et al.*, 1978; Treviño, 1982): El Túnel, Ventanas y Tepalcates. Este último se diseñó con el propósito de mejorar las condiciones en la parte media de la laguna, y su construcción se desarrolló en dos etapas: la primera se inició en 1987 y concluyó en julio de 1992, cuando empezó a operar, pero en octubre de ese mismo año lo cerró el paso de los huracanes Virgil y Winifred. Entre 1997 y 2000 se llevó a cabo la segunda fase de la construcción (Cabral-Solís,<sup>1</sup> com. pers.).

Las evaluaciones realizadas después de la apertura de cada uno de estos canales, indican que la calidad del agua mejoró significativamente (Treviño, 1982; Reyes y Serrano, 1988) y que se incrementó la diversidad de la ictiofauna (Cabral-Solís, 2006); no obstante, existe poca información sobre la comunidad fitoplanctónica, por lo que el objetivo de este trabajo fue describir las características ambientales de la laguna, antes y después de la apertura del canal de Tepalcates en 1992, e identificar las modificaciones en la composición taxonómica y la estructura de la comunidad de diatomeas en la laguna de Cuyutlán. Esto permitirá reconocer organismos indicadores y establecer la utilidad de dichas especies en estudios futuros sobre los cambios de la laguna, a partir de los sedimentos.

La hipótesis en la que se basó este trabajo fue que durante el período en que estuvo abierto el canal de Tepalcates la complejidad estructural de la comunidad de diatomeas sería mayor, en particular en la parte media de la laguna, donde la tasa de renovación de agua era menor cuando no había comunicación con el mar.

## Métodos y materiales

### Área de estudio

La laguna de Cuyutlán se localiza entre la bahía de Manzanillo y el río Armería, entre los 18°57' y 19°05' N y los 103°57' y 104°20' O (Fig.1); está situada dentro de la región costera mexicana y sus características morfotectónicas son del tipo III, según la clasificación de Lankford (1977). La superficie total es de 7 200 hectáreas; su eje principal mide 37 km y es paralelo

a la barrera arenosa; la parte más ancha de la laguna mide tres kilómetros y la más estrecha 130 m, y su profundidad promedio es de un metro. En su interior se desarrollan actividades relacionadas con la pesca artesanal y la extracción de sal (Luna, 1984).

El clima es de tipo cálido sub-húmedo con lluvias en verano; la precipitación media anual es de 1 256.2 mm, el ciclo de lluvias generalmente inicia en junio y termina en noviembre, aunque la precipitación máxima ocurre en agosto y septiembre (Comisión Nacional del Agua, 2004). Durante el periodo de estudio se presentaron las dos fases del evento global marino-atmosférico conocido como El Niño-La Oscilación del Sur (ENOS); la fase fría o La Niña, ocurrió entre mayo de 1988 y noviembre de 1989, y la cálida (El Niño) entre abril de 1991 y julio de 1992. Ambas produjeron anomalías en las temperaturas ambiental y marina, la precipitación y el número de tormentas tropicales y huracanes en el Pacífico oriental (NOAA<sup>2</sup>, 2006).

### Métodos

Los registros diarios de la temperatura ambiental y la precipitación pluvial fueron proporcionados por el Observatorio Meteorológico de la Comisión Nacional del Agua. Las anomalías térmicas estandarizadas mensuales se calcularon a partir de la información del periodo 1982-2001.

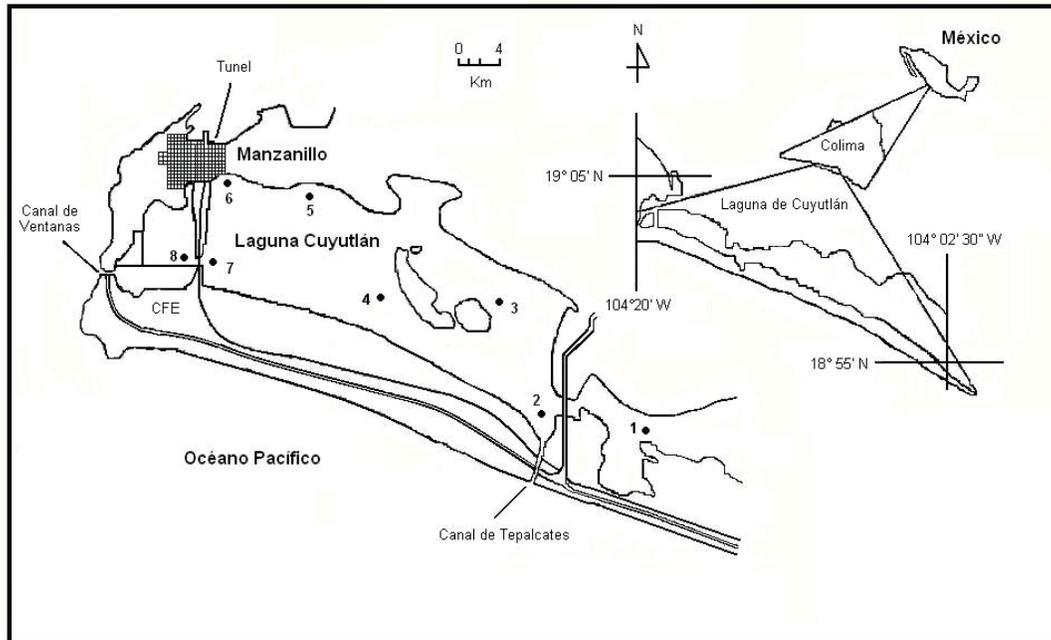
Las muestras de agua se recolectaron en un total de ocho estaciones ubicadas a lo largo de la laguna (Fig. 1); los muestreos se realizaron mensualmente durante dos ciclos, el primero de los cuales abarcó de noviembre de 1989 a octubre de 1990, y el segundo de octubre de 1991 a febrero de 1993. Las muestras de agua para el análisis de las variables físicas y químicas se recogieron a 0.5 m de profundidad, con una botella Niskin de 1.5 l de capacidad; se vaciaron en botellas de plástico que permanecieron en hielo hasta llegar al laboratorio, donde se congelaron hasta su análisis. Las variables cuantificadas fueron: nitratos, amonio, ortofosfatos y clorofila-*a* (*chl-a*), con los métodos descritos por Strickland y Parsons (1984). La salinidad fue determinada con un densímetro/salinómetro Atago Co. (0.01 UPS de precisión).

Para el análisis cuantitativo de fitoplancton se utilizaron muestras de 500 ml tomadas en las estaciones 2, 4, 6 y 8, preservadas con formol neutralizado a 4%. La densidad celular se determinó con el método de Utermöhl (1958) y un microscopio invertido Ame-

1. MC Esther Cabral-Solís. Investigadora del CRIP-Manzanillo

2. NOAA-Climate Prediction Center. <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/comment-form.html>.

Figura 1  
Localización del área de estudio y de las estaciones de muestreo



rican Optical. La sedimentación se realizó en cámaras de 10, 50 ó 100 ml, según la densidad de organismos. La identificación de las diatomeas se llevó a cabo a partir de muestras obtenidas en arrastres horizontales de 5 min de duración, para lo cual se utilizó una red cónica de 30 cm diámetro y 70  $\mu\text{m}$  de luz de malla. El material se analizó en un microscopio óptico Zeiss con contraste de fase, utilizando preparaciones fijas, libres de materia orgánica (Hasle, 1978). El número mínimo de organismos identificados fue de 300 por muestra (Cholnoky, 1968; Kim y Barron, 1986; Siqueiros-Beltrones, 1990). La bibliografía utilizada para la identificación taxonómica está incluida en el Anexo 1. La riqueza específica ( $s$ ) de los dos periodos de muestreo se comparó con un análisis de Mann-Whitney a 95% de confianza. La diversidad de la comunidad de diatomeas se describió con el índice de Shannon (Brower y Zar, 1977):

$$\text{Ec. 1} \quad H' = -\sum p_i \log_2 p_i$$

Donde  $p_i = n_i / N$ , siendo  $n_i$  el número de individuos de la especie  $i$  y  $N$  el número total de individuos. La diversidad máxima se estimó, por muestreo y estación, con la fórmula:

$$\text{Ec. 2} \quad H'_{\max} = \log_2 s$$

El índice de uniformidad ( $J'$ ) es el cociente entre  $H'$  y  $H'_{\max}$  y varía entre 0, cuando domina una especie, y 1

cuando la diversidad es máxima. Por otro lado, tanto  $H'$  como  $J'$  fueron sometidos al análisis de varianza no paramétrico de Kruskal Wallis (K-W) para contrastar las índices entre las temporadas, las estaciones de muestreo (E) y las estaciones climáticas (primavera y verano). Los valores de  $J'$  fueron convertidos con una transformación arcoseno (Daniel, 1977).

Las especies recolectadas en cada muestreo fueron analizadas con el método de Olmstead-Tukey, por lo cual la abundancia (expresada en logaritmos) y la frecuencia de cada una de las especies se graficaron en un plano cartesiano, en el que la abundancia correspondió al eje de las abscisas y la frecuencia al de las ordenadas. La mediana de cada variable determinó cuatro cuadrantes que permiten clasificar las especies como: *abundantes* (A), cuando la abundancia y la frecuencia superan la mediana; *ocasionales* (O), cuando la abundancia es mayor que la mediana, pero la frecuencia es menor que ese parámetro; *constantes* (C) cuando la frecuencia es mayor a la mediana, pero la abundancia menor; y *raras* (R) cuando ambas variables son menores a la mediana.

Las posibles relaciones entre las 14 especies más abundantes se determinaron con un análisis de correlación de Pearson con un valor de confianza de 95%. Posteriormente se organizó una matriz en que las variables eran las estaciones E y los renglones las ocho especies que estuvieron correlacionadas significativamente. Esta matriz fue sometida a un análisis de cúmulos; las distancias entre las variables se mi-

dieron con el método de las distancias euclidianas y el método de agrupación fue por promedios de pares no ponderados. Las agrupaciones detectadas con este método fueron relacionadas cualitativamente con las condiciones de salinidad del hábitat. Estas últimas se identificaron según el Sistema de Venecia (citado por Contreras-Espinosa, 1993) en: 1. Dulceacuícola (<0.5), 2. Mesohalino (0.5-18), 3. Polihalino (18-30), 4. Eurihalino (30-40), 5. Hipersalino >40.

## Resultados

### Condiciones meteorológicas

En el periodo de estudio la temperatura ambiente promedio osciló entre 23.28 y 29.7 °C, las anomalías térmicas fueron muy amplias (-1.52 a 2.21), mientras que la precipitación mensual varió entre 0 y 355 mm. Los años de 1989 y 1990 fueron cálidos, con temperaturas promedio de  $26.63 \pm 1.92$  y  $27.53 \pm 1.81$  °C, respectivamente, por lo cual las anomalías térmicas pro-

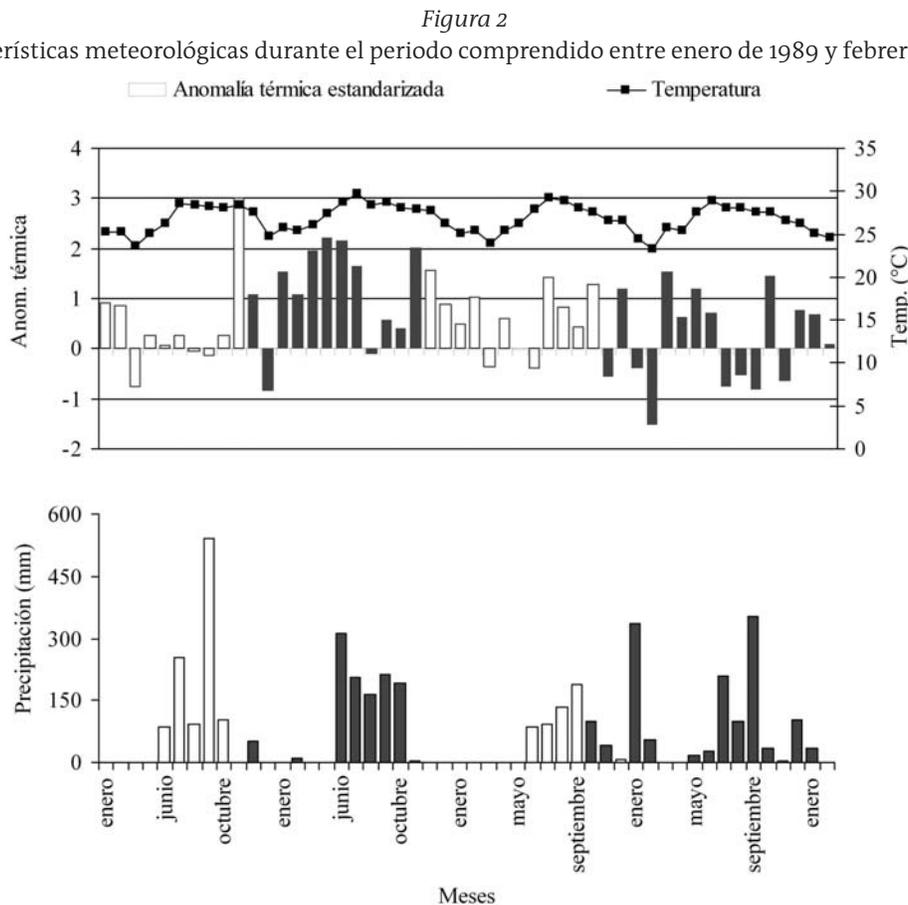
medio fueron de  $0.40 \pm 1.01$  y  $1.33 \pm 0.75$ . En el verano de 1990 dominaron las anomalías positivas (>2) y la temporada de lluvias estuvo delimitada entre junio y octubre (Fig. 2).

En contraste, 1991 y 1992 fueron más templados, con menor proporción de anomalías positivas; por otro lado, en 1991 la precipitación total anual fue de 646.1 mm, por lo que puede calificarse como un año *seco*, mientras que en 1992 fue de 1239.4 mm y hubo lluvias en invierno y verano.

### Características hidrológicas.

La temperatura durante el primer ciclo de muestreo (1989-1990) osciló entre 26 y 34 °C, es decir, aproximadamente 2 °C más elevada que en el segundo periodo (Tabla 1). Las temperaturas más bajas se registraron en las estaciones ubicadas en la parte media de la laguna y en la E6, situada en las inmediaciones de El Túnel.

La salinidad en el primer ciclo se registró entre 25.5 y 57, mientras que en el segundo periodo fue más baja (17 y 42); las mayores salinidades se detectaron



Las barras oscuras representan los meses en los que se desarrolló el muestreo. La apertura de la barra ocurrió entre julio y octubre de 2002.

en las estaciones establecidas en el interior de la laguna (E1-E4) (Tabla 1).

En relación con los nutrientes, se localizaron altas concentraciones de nitratos en las zonas con menor influencia marina (E1-E4), donde el valor más alto fue de  $7.65 \mu\text{g-at l}^{-1}$ ; las mayores variaciones ocurrieron durante el primer ciclo de muestreo. En el segundo ciclo, durante la apertura del canal, el contenido de este compuesto fue más bajo y su distribución más homogénea (Tabla 1).

La concentración promedio de ortofosfato más elevada en el primer ciclo fue de  $1.4 \mu\text{g-at l}^{-1}$  y se registró en la E7, ubicada a la altura del puente de las vías del ferrocarril; en el segundo ciclo los valores promedio fueron más altos que en el primer periodo, y el máximo ( $13.25 \mu\text{g-at l}^{-1}$ ) se detectó en la E4, cercana a la isla (Tabla 1).

Durante todo el periodo de estudio los valores promedio de amonio fueron más elevados en la E1 (7.3 y  $5.96 \mu\text{g-at l}^{-1}$ ), la más interna, así como en las cercanías del área urbana y de El Túnel que comunica a la laguna con la bahía. Los valores más bajos se registraron en la E8 (Tabla 1).

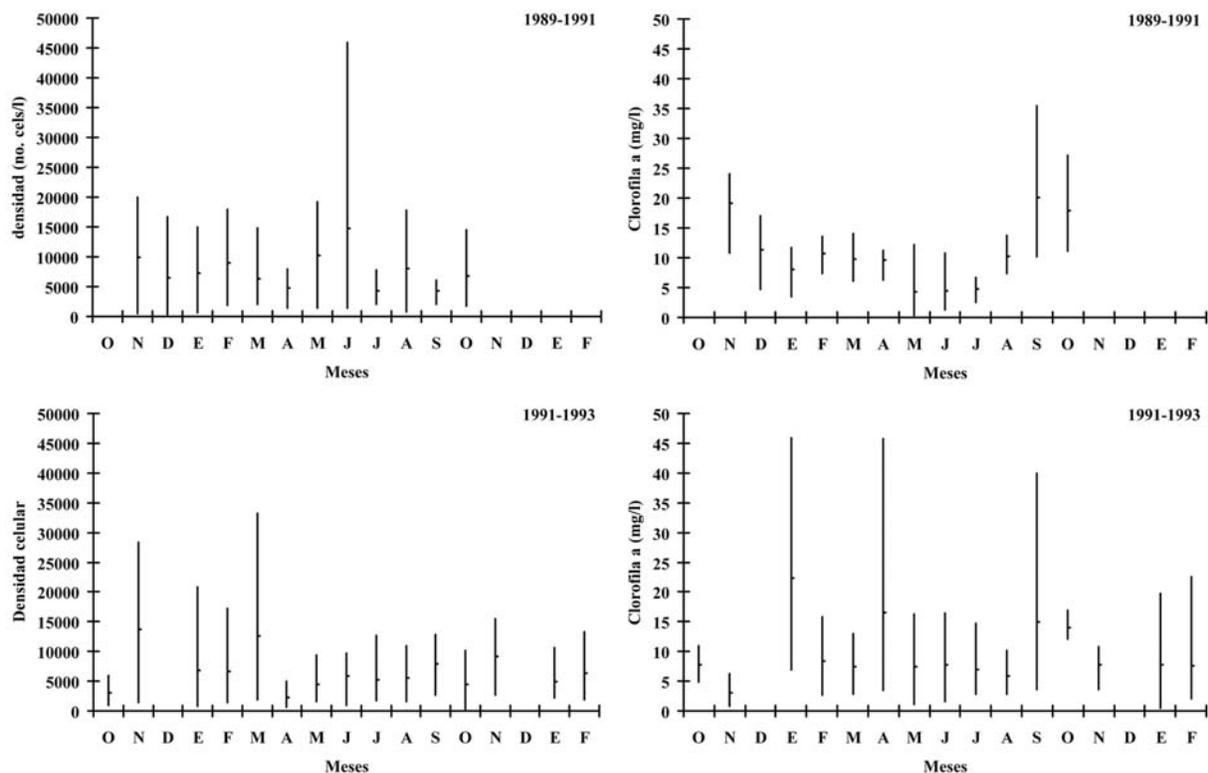
Estos resultados muestran que durante el primer ciclo (1989-1990), en las estaciones ubicadas en el interior de la laguna (1-3), las condiciones fueron de euri e hipersalinidad y que la concentración de nutrientes fue elevada, lo cual sugiere que la tasa de recambio fue baja. En esa misma zona, durante el segundo ciclo (1991-1993), la variabilidad de estos compuestos se incrementó debido a la apertura del canal de comunicación con el mar y a los escurrimientos de agua dulce.

#### Densidad celular y clorofila-a

La densidad celular promedio en el ciclo 1989-1990, varió entre  $1\,320 \text{ cel}\cdot\text{l}^{-1}$  y  $16\,419 \text{ cel}\cdot\text{l}^{-1}$  y el contenido de *chl-a* entre  $8.8$  y  $13.99 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  (Tabla 2). En el segundo periodo (1991-1993), la densidad y la concentración promedio de pigmentos fueron más pequeñas, ya que se registraron entre  $1\,886$  y  $11\,199 \text{ cel}\cdot\text{l}^{-1}$  y  $6.9$  y  $14.02 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ , respectivamente. En ambos periodos, en la E6 se detectaron los valores promedio más pequeños de densidad celular, mientras que los más grandes se registraron en la parte media de la laguna (E4).

Figura 3

Variaciones en los valores promedio de la densidad celular y la clorofila-a en la laguna



En el primer ciclo la mayor densidad se registró en el verano, mientras que en el segundo durante la primavera. El contenido de *chl-a* estuvo desfasado con la densidad. Valores medios  $\pm$  desviación estandar .

Tabla 1  
Parámetros estadísticos descriptivos de las variables analizadas

| Estación (E)                         | 1989-1990 |       |       |       |       |       |       |       | 1991-1993 |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                      | 1         | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 1         | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     |
| TEMPERATURA °C                       |           |       |       |       |       |       |       |       |           |       |       |       |       |       |       |       |
| Promedio                             | 29.59     | 30.11 | 29.84 | 30.3  | 30.15 | 29.67 | 30.25 | 30.18 | 29.07     | 29.24 | 29.4  | 29.59 | 29.6  | 29.07 | 29.56 | 29.47 |
| Desv. Estándar                       | 1.45      | 1.62  | 1.93  | 2.08  | 1.72  | 1.45  | 1.84  | 1.73  | 1.98      | 1.96  | 2.12  | 2.02  | 2.22  | 1.79  | 2.08  | 1.83  |
| Máximo                               | 33        | 32    | 33    | 35    | 34    | 32    | 34    | 34    | 31        | 32.1  | 32    | 32    | 32    | 31.5  | 32    | 32    |
| Mínimo                               | 27.5      | 27    | 26    | 26.5  | 27    | 27    | 27    | 27.5  | 25        | 25    | 25    | 25    | 25.5  | 24.5  | 25    | 25    |
| SALINIDAD                            |           |       |       |       |       |       |       |       |           |       |       |       |       |       |       |       |
| Promedio                             | 39.57     | 38.78 | 38.94 | 37.73 | 36.44 | 34.09 | 34.65 | 33.92 | 32.96     | 32.82 | 32.86 | 31.36 | 31.75 | 32.21 | 31.93 | 31.96 |
| Desv. Estándar.                      | 10.03     | 9.31  | 10.33 | 8.3   | 5.69  | 1.39  | 2.47  | 2.42  | 6.97      | 6.66  | 6.44  | 5.48  | 4.88  | 4.13  | 3.59  | 3.6   |
| Máximo                               | 57        | 56    | 57    | 50    | 45.5  | 36.5  | 39    | 39.8  | 42        | 41.5  | 40.05 | 36.5  | 36    | 34.5  | 35    | 34.5  |
| Mínimo                               | 28        | 29.97 | 26.63 | 25.53 | 29.92 | 31.5  | 31.5  | 30.41 | 18.5      | 18.5  | 19.5  | 17    | 20.5  | 22    | 22.5  | 23    |
| NITRATOS                             |           |       |       |       |       |       |       |       |           |       |       |       |       |       |       |       |
| $\mu\text{g-at} \cdot \text{l}^{-1}$ |           |       |       |       |       |       |       |       |           |       |       |       |       |       |       |       |
| Promedio                             | 2.73      | 1.67  | 1.47  | 2.24  | 1.2   | 1.94  | 1.52  | 0.75  | 2.5       | 2.21  | 1.64  | 1.29  | 1.28  | 1.67  | 1.61  | 1.65  |
| Desv. Estándar                       | 2.4       | 1.65  | 1.52  | 2.4   | 0.94  | 1.13  | 1.42  | 0.88  | 1.9       | 1.39  | 0.97  | 0.78  | 0.72  | 0.94  | 0.75  | 0.83  |
| Máximo                               | 7.65      | 5     | 5.36  | 7.61  | 3.4   | 4.3   | 4.6   | 3.43  | 7.56      | 6.05  | 3.12  | 2.96  | 3.15  | 3.85  | 3.25  | 3.37  |
| Mínimo                               | 0.43      | 0.377 | 0.1   | 0.44  | 0.11  | 0.428 | 0     | 0.1   | 0.7       | 0.46  | 0.23  | 0.23  | 0.2   | 0.6   | 0.65  | 0.32  |
| ORTOFOSFATOS P-                      |           |       |       |       |       |       |       |       |           |       |       |       |       |       |       |       |
| $\mu\text{g-at} \cdot \text{l}^{-1}$ |           |       |       |       |       |       |       |       |           |       |       |       |       |       |       |       |
| Promedio                             | 0.79      | 0.89  | 0.86  | 1.1   | 1.03  | 0.98  | 1.4   | 1     | 2.48      | 1.43  | 2.14  | 3.87  | 2.91  | 1.66  | 1.46  | 1.66  |
| Desv. Estándar                       | 0.79      | 0.67  | 0.84  | 0.97  | 0.98  | 0.78  | 1.28  | 0.88  | 2.79      | 0.6   | 1.93  | 4.16  | 2.2   | 0.8   | 0.6   | 0.8   |
| Máximo                               | 2.68      | 2.2   | 3.06  | 2.87  | 3.17  | 2.57  | 3.69  | 2.87  | 11.8      | 2.55  | 6.63  | 13.25 | 5.68  | 2.84  | 2.42  | 2.75  |
| Mínimo                               | 0.04      | 0.04  | 0.04  | 0.002 | 0.04  | 0.04  | 0.04  | 0.15  | 0.4       | 0.5   | 0.45  | 0.5   | 0.5   | 0.25  | 0.6   | 0.1   |
| AMONIO                               |           |       |       |       |       |       |       |       |           |       |       |       |       |       |       |       |
| $\mu\text{g-at} \cdot \text{l}^{-1}$ |           |       |       |       |       |       |       |       |           |       |       |       |       |       |       |       |
| Promedio                             | 7.3       | 4     | 5.28  | 2.73  | 3.81  | 3.49  | 3.12  | 2.75  | 5.96      | 4.32  | 3.54  | 3.1   | 2.86  | 3.64  | 3.12  | 3.44  |
| Desv. Estándar                       | 9.46      | 2.67  | 7.4   | 1.66  | 2.91  | 1.91  | 1.68  | 1.48  | 2.53      | 1.46  | 1.36  | 0.91  | 1.42  | 1.08  | 1.24  | 1.6   |
| Máximo                               | 28.51     | 11.31 | 28    | 5.71  | 10.91 | 7.3   | 5.71  | 6.61  | 9.8       | 6.41  | 6.55  | 4.44  | 6.38  | 6.16  | 4.95  | 6.88  |
| Mínimo                               | 1.18      | 1.62  | 1.47  | 0.95  | 1.21  | 0.59  | 1.33  | 1.35  | 1.92      | 1.59  | 0.89  | 0.76  | 0.31  | 1.98  | 1.27  | 0.44  |

Tabla 2  
Densidad ( $\rho$ ) del fitoplancton ( $\text{cel} \cdot \text{l}^{-1}$ ) y concentración de clorofila-*a* (*chl-a*; unidades:  $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ) durante los dos periodos de muestreo

| 1989-1990 |              |        |       |       |       |       |       |        |       |        |       |        |       |          |                |          |                |         |
|-----------|--------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|----------|----------------|----------|----------------|---------|
| Est       | Var          | mes    |       |       |       |       |       |        |       |        |       |        |       | Promedio | Desv. Estándar |          |                |         |
|           |              | Nov    | Dic   | Ene   | Feb   | Mar   | Abr   | May    | Jun   | Jul    | Ago   | Sep    | Oct   |          |                |          |                |         |
| E2        | <i>chl-a</i> | 24.08  | 17.1  | 9.6   | 13.62 | 14    | 10.3  | 12.26  | 10.8  | 6.79   | 13.68 | 20.52  | 15.2  | 13.99    | 4.80           |          |                |         |
| E2        | D            | 2575   | 2070  | 1300  | 4010  | 2400  | 2725  | 2137.5 | 1550  | 2940   | 945   | 2865   | 1685  | 2266.88  | 840.02         |          |                |         |
| E4        | <i>chl-a</i> | 24.08  | 4.7   | 7.1   | 8.43  | 10.2  | 11.3  | 3.44   | 3.9   | 6.36   | 7.31  | 10.14  | 27.2  | 10.34    | 7.59           |          |                |         |
| E4        | D            | 20025  |       | 11825 | 17950 | 5975  | 6550  | 17975  | 46000 |        | 17775 | 5622.5 | 14500 | 16419.8  | 11749.6        |          |                |         |
| E6        | <i>chl-a</i> | 10.81  | 12.07 | 3.5   | 7.4   | 6.15  | 10.33 | 0.26   | 1.3   | 2.5    | 2.52  | 11.5   | 35.5  | 9.21     | 9.70           |          |                |         |
| E6        | D            | 525    | 385   | 585   | 1925  | 2055  | 1395  | 1390   |       | 1405   | 2020  | 810    | 2030  | 1320.45  | 649.97         |          |                |         |
| E8        | <i>chl-a</i> | 17.4   | 11.1  | 11.7  | 12.9  | 8.23  | 6.3   | 1.02   | 1.6   | 3.02   | 7.89  | 13.93  | 11.1  | 8.84     | 5.127          |          |                |         |
| E8        | D            | 16250  | 16650 | 14925 | 11475 | 14825 | 7950  | 19200  | 10075 | 7787.5 | 12525 | 6100   | 4200  | 11830.2  | 4688.18        |          |                |         |
| 1991-1993 |              |        |       |       |       |       |       |        |       |        |       |        |       |          |                |          |                |         |
| Est       | Var          | mes    |       |       |       |       |       |        |       |        |       |        |       |          |                | Promedio | Desv. Estándar |         |
|           |              | Oct    | Nov   | Ene   | Feb   | Mar   | Abr   | May    | Jun   | Jul    | Ago   | Sep    | Oct   | Nov      | Ene            |          |                | Feb     |
| E2        | <i>chl-a</i> | 6.94   | 6.25  | 14.21 | 11.8  | 12.98 | 8.06  | 16.23  | 16.4  | 4.55   | 2.86  | 40     | 17    | 10.79    | 19.79          | 22.5     | 14.02          | 9.166   |
| E2        | D            | 865    | 1420  | 840   | 1455  | 5105  | 1400  | 4675   | 5875  | 1885   | 4630  | 7430   | 4555  | 2610     | 4015           | 3530     | 3352.67        | 2030.31 |
| E4        | <i>chl-a</i> | 10.97  | 0.72  | 45.93 | 15.77 | 6.83  | 8.39  | 7.8    | 1.5   | 5.4    | 4.63  | 7.35   | 14    | 9.91     | 5.79           | 2.93     | 9.86           | 10.82   |
| E4        | D            | 6022.5 | 11034 | 20900 | 17250 | 33275 | 577   | 1850   | 6775  | 12675  | 5075  | 12775  | 254   | 15475    | 10655          | 13400    | 11199.5        | 8660.6  |
| E6        | <i>chl-a</i> | 4.83   | 3.06  | 22.3  | 2.61  | 2.82  | 45.7  | 1.13   | 2.05  | 2.8    | 5.83  | 3.66   | 12.59 | 3.64     | 0.5            | 1.96     | 7.69           | 11.89   |
| E6        | D            | 2225   |       | 1700  | 1475  | 1830  | 2025  | 1620   | 960   | 1725   | 1580  | 2705   | 2570  |          | 2250           | 1860     | 1886.54        | 470.85  |
| E8        | <i>chl-a</i> | 8.1    | 2.14  | 6.84  | 3.29  | 6.53  | 3.4   | 4.05   | 10.65 | 14.73  | 10.16 | 8.4    | 12.11 | 6.38     | 4.86           | 2.53     | 6.94           | 3.74    |
| E8        | D            | 2800   | 28400 | 3250  | 6425  | 9875  | 4950  | 9425   | 9650  | 4375   | 10925 | 8400   | 10250 |          | 2450           |          | 8551.92        | 6705.57 |

Se presentaron dos lapsos con elevada densidad celular, de los cuales, el primero fue más conspicuo y se detectó al final del otoño y durante el invierno, mientras que el segundo en el verano (Fig. 3). Sin embargo, hubo variaciones entre los dos ciclos de muestreo; el pico de invierno de 1990 alcanzó valores promedio ligeramente más elevados que el de 1992, pero en este último año las densidades puntuales fueron más grandes, especialmente en marzo, cuando se registró la más alta de ese periodo.

En el verano de 1990 la densidad celular alcanzó su máximo en junio, en especial en la E4 (Fig. 3); en contraste, en 1992 el florecimiento de verano fue menos evidente y solo se detectaron pequeños incrementos en septiembre y noviembre.

A continuación se presentan los resultados por estación de muestreo.

*Estación 2 (interior de la laguna).* En el primer ciclo de muestreo la densidad celular y el contenido de *chl-a* fueron menores que en el segundo año (Fig. 4). La tendencia de las dos variables fue diferente entre ambos periodos: entre febrero y octubre de 1989 fue negativa, mientras que de febrero a septiembre de 1992 fue positiva. Por otro lado, el valor de la *chl-a*, de septiembre de 1992 ( $40 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ), superó ampliamente al resto de los registros de esa estación, ya que el primer y el tercer cuartiles fueron de  $9.3$  y  $16.7 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ , respectivamente. Los valores más altos de *chl-a* coincidieron con la apertura del canal de Tepalcates. Cabe mencionar que sólo en esa estación y durante el segundo periodo de muestreo, la *chl-a* y la densidad celular estuvieron significativamente correlacionadas ( $r = 0.66$ ;  $p = 0.007$ ;  $N = 15$ ), aunque esta tendencia aparentemente estuvo determinada por los datos de septiembre, cuando se registraron  $40 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  de *chl-a* y  $7\,430 \text{ cel}\cdot\text{l}^{-1}$ , respectivamente (Tabla 2).

*Estación 4 (parte media de la laguna).* En gran número de muestreos la mayor densidad de fitoplankton se presentó en esta área. Durante el primer intervalo (1989-1990), el máximo se registró en junio ( $46\,000 \text{ cel}\cdot\text{l}^{-1}$ ); mientras que en el segundo se encontró en marzo ( $33\,275 \text{ cel}\cdot\text{l}^{-1}$ ). El contenido de *chl-a* fue muy heterogéneo, los valores más elevados se obtuvieron en el otoño y los más bajos al final de la primavera (Fig. 4; Tabla 2). Los cambios de estas variables estuvieron desfasados aproximadamente tres meses, de acuerdo con los análisis de correlación cruzada ( $r = 0.67$ ,  $p < 0.05$ ;  $N = 7$ ).

*Estación 6 (adyacente a El Túnel).* La densidad de los organismos fitoplanctónicos fue menor que en el resto de las estaciones y presentó pocas fluctuaciones, probablemente por la cercanía de este punto con el centro urbano de Manzanillo. Sin embargo, la concentración de *chl-a* presentó varios picos, como los

detectados en septiembre de 1990, así como en enero y abril de 1992 (Fig. 4; Tabla 2). En este último mes se midió el valor más alto de ambos periodos de estudio ( $45.7 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ).

La tendencia de la densidad en los dos intervalos de estudio fue positiva; mientras que la tendencia de la *chl-a* fue positiva en el primer periodo, aunque aparentemente estuvo sesgada por los valores de septiembre (Tabla 2); y negativa en el segundo.

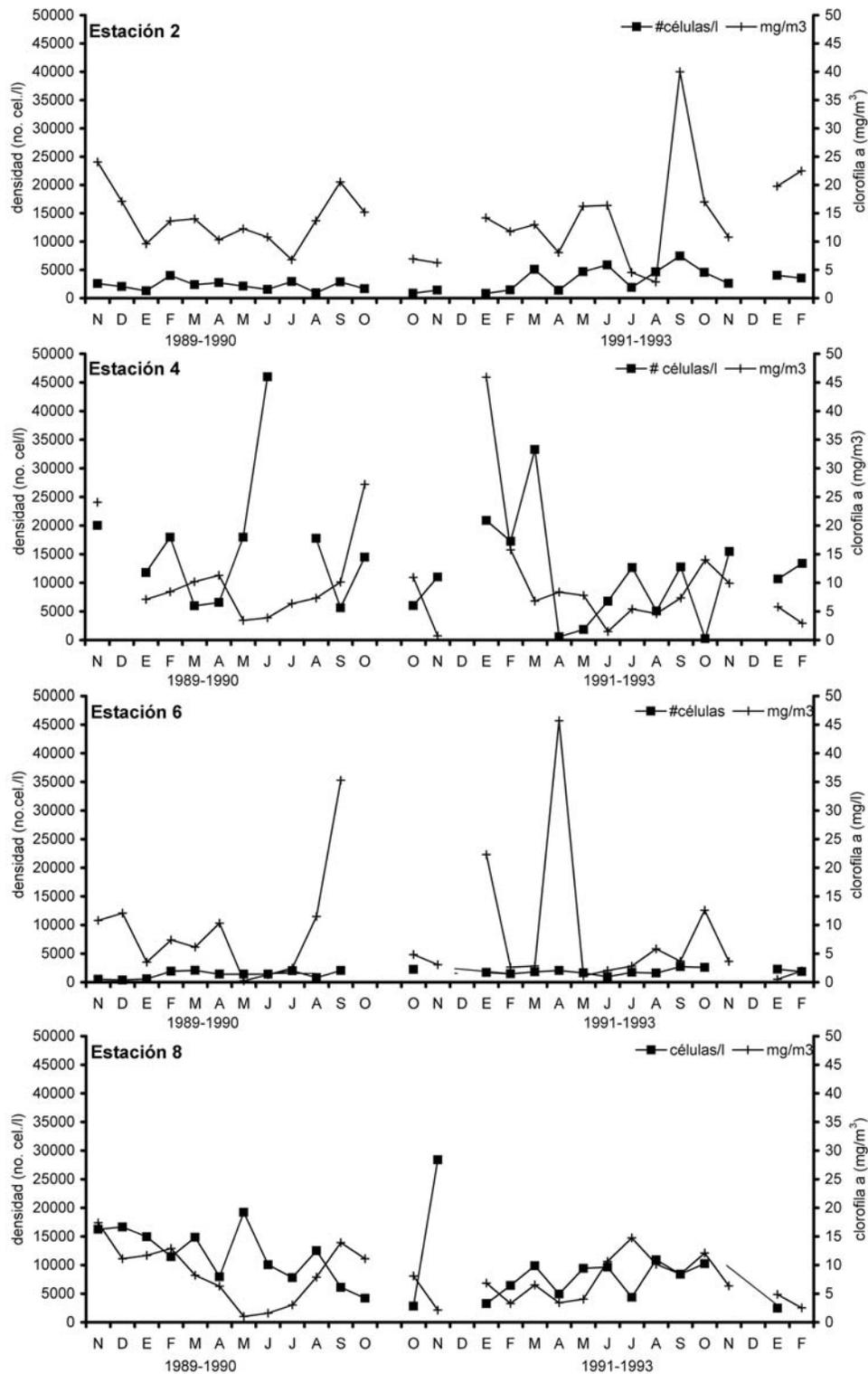
*Estación 8 (adyacente al canal de Ventanas).* Esta área estuvo permanentemente influenciada por el agua marina; la densidad celular fue elevada pero la tendencia fue negativa durante los dos ciclos. En contraste, el contenido de *chl-a* fue de los más bajos y, por otro lado, las densidades más grandes correspondieron a las concentraciones más pequeñas de *chl-a* (Fig. 4; Tabla 2).

*Número de especies (s) e índice de diversidad.* En el ciclo 1989-1990 se registraron entre 58 y 76 especies; la E8 tuvo la mayor riqueza específica, mientras que la E6 fue la más pobre (Tabla 3). En el ciclo 1992-1993, *s* varió entre 73 y 87; las estaciones con mayor riqueza fueron la E2 y la E8, mientras que las más pobres la E4 y la E6. La prueba de Mann-Whitney mostró que el número de especies fue significativamente diferente ( $p < 0.01$ ) entre ambos periodos cuando se comparó la riqueza de las estaciones 2, 4 y 6, pero no cuando se contrastó la riqueza de cuatro estaciones en los dos periodos. Por otra parte, después de la apertura del canal de Tepalcates aumentó la riqueza específica en todas las estaciones.

Los índices de diversidad ( $H'$ ) en el primer periodo oscilaron entre 2.3 en la E8 en el mes de julio, y 4.12 en la E2 en octubre. Los valores promedio más elevados se encontraron en las estaciones 2 y 8; en esta última se detectaron las variaciones más amplias (Tabla 3). En el segundo periodo, en la E2 se registraron los valores extremos, el mínimo en enero de 1993 (1.14) y el máximo en marzo (4.71). Los valores promedio más altos se presentaron en la E8 y en la E2 los más bajos.

Las comparaciones de los  $H'$  efectuadas con la prueba K-W dentro de cada una de las temporadas, no arrojaron resultados significativos. Por otro lado, la diversidad fue significativamente diferente entre temporadas ( $H_{(1, N=46)} = 8.60$ ;  $p < 0.001$ ); muy probablemente porque los valores de los índices en los meses de verano fueron distintos ( $H_{(1, N=24)} = 9.02$ ;  $p = 0.002$ ) entre los dos periodos de muestreo. Los resultados significativos se mantuvieron aun cuando se excluyeron los datos de la E8 ( $H_{(1, N=18)} = 4.12$ ;  $p = 0.04$ ), ya que en ese punto fue donde se presentó el mayor incremento de la diversidad. Por otro lado, los índices obtenidos en los meses de primavera de las dos temporadas no fueron significativamente diferentes.

Figura 4  
Variaciones en la densidad celular y la clorofila-a por estación de muestreo



La densidad más elevada se obtuvo en la E4 y los valores puntuales de *chl-a* en la E6. Estas variables presentaron menos cambios en las estaciones 2 y 8, excepto en la E2, cuando el canal de Tepalcates estuvo abierto.

Los contrastes que se hicieron con los índices de cada estación mostraron que las diferencias en la diversidad de las dos temporadas fueron significativos en la E4 ( $H_{(1, N=12)} = 3.69$ ;  $p=0.054$ ) y la E8 ( $H_{(1, N=11)} = 7.5$ ;  $p<0.01$ ). En ambos casos la sumatoria de rangos fue mayor en el segundo ciclo de muestreo.

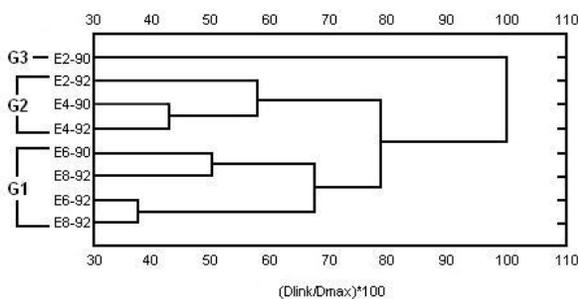
El índice de uniformidad ( $J'$ ) promedio en el primer periodo fue de 0.73 y en el segundo de 0.74; no obstante, el valor del segundo periodo estuvo sesgado por el de la E2, ya que al excluirlo, el promedio fue ligeramente mayor (0.77). Las desviaciones estándar de este índice en el primer ciclo se incrementaron desde el interior de la laguna ( $E2 = 0.04$ ) hacia el canal de Ventanas ( $E8 = 0.08$ ), mientras que en el segundo ocurrió lo contrario y las diferencias fueron de casi un orden de magnitud ( $E2 = 0.18$ ;  $E8 = 0.023$ ); la variabilidad fue mayor en 1992, en especial después de la apertura del canal de Tepalcates (Tabla 3).

Los resultados obtenidos de la aplicación de la prueba K-W fueron significativos cuando se compararon los valores de las dos temporadas ( $H_{(1, N=46)} = 3.86$ ;  $p = 0.049$ ); en el resto de los contrastes no se encontraron diferencias significativas.

El análisis de cúmulos de las especies más abundantes permitió identificar tres grupos de estaciones (con una similitud superior o igual a 70%), lo que permitió dividir la laguna en tres zonas: Grupo 1, con influencia marina moderada, correspondió a los puntos E6 y E8; Grupo 2 formado por las estaciones 4 y 2 en el segundo periodo, cuando la influencia marina fue muy baja, y el Grupo 3 formado por la E2, antes de la apertura del canal de Tepalcates (Fig. 5).

Figura 5

Diagrama de cúmulos resultante de asociar las especies más abundantes entre las estaciones de muestreo



#### Especies representativas de diatomeas

En los dos ciclos de muestreo se encontró un total de 143 taxones y variedades (Anexo 2). En los dos ciclos

de muestreo se recolectaron 28 especies comunes y 13 de ellas fueron las más abundantes (Tabla 4), la mayoría de las cuales fueron características de ambientes salobres y estuarinos (véase los hábitos y el hábitat preferido en el Anexo 2).

Algunas especies sólo se observaron en el primer o en el segundo ciclos de muestreo; 30 fueron más abundantes en el primero, dentro de las que destacan *Amphora ovalis*, *Anomoneis sphaerophora* var *costata*, *Cyclotella striata*, *Fallacia tenera*, *Hantzchia anfioxus* y *Pinnularia acrosphaeria* (Tabla 4). Otra característica de ese periodo es que abundaron las diatomeas de hábitos bentónicos (Tabla 5) y en todas las estaciones de muestreo hubo mayor proporción de especies de aguas salobres y saladas (Tabla 6).

En el segundo ciclo 54 especies fueron más abundantes que en el primer lapso de muestreo, de las cuales 31 fueron características de este periodo; entre ellas, las más conspicuas fueron algunas especies de *Chaetoceros*, *Haslea frauenfeldii*, *Hyalosynedra laevigata*, *Skeletonema costatum*, dos especies de *Stauroneis*, *Tabularia fasciculata* y *Plagiotropis vanheurckii*. Otra particularidad de este último año es que disminuyó la proporción de especies bentónicas durante los meses en que estuvo abierta la laguna y se incrementó el porcentaje de especies de aguas marinas, cosmopolitas y dulceacuícolas (estas últimas en la E8), como se observa en las tablas 5 y 6.

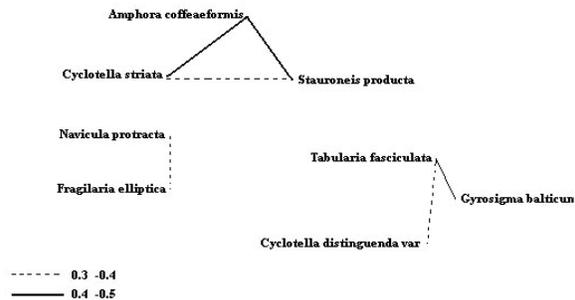
El análisis de cúmulos aplicado a las especies más abundantes (Fig. 6) mostró que hubo correlación ( $r = 0.4-0.5$ ) entre *A. coffeaeformis*, *C. striata* y *S. producta*, así como entre *T. fasciculata* y *G. balticum*. Las tres primeras son especies bentónicas que soportan condiciones salinas e hipersalinas e incluso *S. producta* tolera la desecación. *Tabularia fasciculata* y *G. balticum* son cosmopolitas, por lo que se encuentran en ambientes marinos, aguas salobres y estuarios.

Otras especies que presentan correlación (0.3-0.4) son: *N. protracta*, diatomea de ambientes salobres a dulces, tolerante a ambientes de alta contaminación orgánica, y *F. elliptica*, cosmopolita de aguas dulces y salobres.

#### Distribución de las diatomeas en el espacio y el tiempo

**Estación 2 (nov. de 1989 a oct. de 1990).** En este punto, *Fragilaria elliptica*, *Cyclotella striata* y *Gyrosigma balticum*, fueron las especies más conspicuas (Tabla 4); *F. elliptica*, diatomea cosmopolita de ambientes salobres y salinos, abundó durante el otoño y primavera; mientras que *C. striata* y *G. balticum*, especies bentónicas de ambientes estuarinos, fueron más cuantiosas durante el verano (Fig. 7). Las variaciones de *C. striata*

Figura 6  
Diagrama de cúmulos resultante de asociar las especies más abundantes



sugieren que estuvo correlacionada con *F. elliptica*, pero los análisis no arrojaron resultados significativos ( $r = -0.34$ ;  $p = 0.3$ ).

**Estación 2 (marzo de 1992 a feb. de 1993).** Cuando el canal permaneció cerrado, *Cyclotella distinguenda*, diatomea cosmopolita y planctónica, fue la especie dominante (Fig. 7), especialmente en mayo y octubre de 1992, así como en enero de 1993 (cuando su abundancia equivalió a 86%). Otra especie importante fue *Navicula salinicola*, cuya densidad presentó picos en marzo de 1992 y en febrero de 1993, ya que es una especie bentónica que puede soportar amplios rangos de salinidad. La abundancia de *S. producta* y *G. balticum* estuvo correlacionada cuando la salinidad fue elevada, antes y después de la apertura del canal. Durante el lapso en que Tepalcates estuvo abierto destacaron: *Chaetoceros atlanticus*, especie marina, y *Cyclotella atomus*, que tolera altas concentraciones de material orgánico.

**Estación 4 (enero de 1990-oct. de 1990).** En este lugar proliferaron tres especies (Fig. 7), cada una de las cuales llegó a representar hasta 40% de abundancia: *S. producta* se presentó en febrero, cuando la salinidad fue elevada; *C. striata* sólo fue registrada en marzo y, puesto que es bentónica, es posible que haya sido resuspendida por la circulación vertical impulsada por el viento; y *G. distinguenda*, especie cosmopolita de hábitos planctónicos, que proliferó en junio, cuando escaseó el resto de las especies.

En los intervalos de abril-mayo y julio-agosto, *S. producta*, *Amphora coffeaeformis* y *Amphora angusta* var *ventricosa*, presentaron el mismo tipo de variaciones; en junio, cuando *C. distinguenda* fue la dominante, disminuyó la densidad de las tres. Por otra parte, la abundancia de *G. balticum* estuvo correlacionada con la de *S. producta* en abril y mayo, y entre julio y agosto con *A. coffeaeformis*, como ocurrió en la E2 en 1992.

**Estación 4 (abril de 1992 a feb. de 1993).** Inmediatamente después de la apertura del canal, proli-

feraron *A. angusta* var *ventricosa*, *C. striata* (Fig. 7), posiblemente porque fueron resuspendidas de los sedimentos al entrar agua marina. En este periodo se registró *Plagiotropis lepidoptera*, diatomea marina de aguas costeras. Durante casi todo el periodo en el que el canal estuvo abierto abundaron *G. balticum* y *Ch. atlanticus*. Después de que el canal se cerró, se incrementó *G. distinguenda*, especie cosmopolita que soporta amplias variaciones de temperatura y salinidad. En octubre, cuando el canal fue cerrado por los huracanes, dominaron especies planctónicas, quizá introducidas por el oleaje de tormenta y con capacidad para adaptarse y proliferar en la laguna; en esos meses esos organismos representaron aproximadamente el 50% de la abundancia (Fig. 7).

**Estación 6 (enero a octubre de 1990).** En marzo proliferó *Nitzschia compressa* (marina, cosmopolita), y en mayo *Tryblionella coarctata* (marina, nerítica, cosmopolita). Durante esos meses disminuyó la diversidad. En el resto de la primavera y el verano dominaron *A. coffeaeformis* y *Tabularia fasciculata*, especies eurihalinas. En este periodo se detectó una relación inversa entre *Nitzschia* y *Amphora*, posiblemente por el efecto de sombra causado por los florecimientos (Fig. 7).

Otra especie abundante fue *N. protracta*, tolerante a elevadas concentraciones de materia orgánica y cambios de salinidad.

**Estación 6 (abril de 1992 a febrero de 1993).** Durante la primavera y el verano dominaron *T. fasciculata*, *A. coffeaeformis* y *S. producta* (Fig. 7). En abril, cuando *S. producta* y *A. coffeaeformis* fueron abundantes, se detectaron las concentraciones de *chl-a* más altas ( $>45 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ). En septiembre, después de la apertura del canal, se registraron elevadas densidades de *C. atlanticus*, y en octubre de *G. distinguenda*, cuando el contenido de *chl-a* fue elevado.

**Estación 8 (enero a octubre de 1990).** La especie más conspicua fue *T. fasciculata*, especie holoeurihalina, común en lagunas hipersalinas, cuya abundancia relativa máxima ocurrió en julio (65%), como lo muestra la figura 7. Durante el resto del año la abundancia relativa de las especies más comunes se encontró entre 10 y 30%. En primavera abundaron *T. coarctata* (marzo) y *C. atlanticus* (abril), mientras que en invierno y verano las diatomeas más numerosas fueron *G. balticum*, *S. producta* y *A. coffeaeformis*. Los periodos en los que cada una de estas especies alcanzó la densidad más elevada estuvieron desfasados en el tiempo, ya que *G. balticum* abundó en agosto, *S. producta* en septiembre y *A. coffeaeformis* en octubre.

**Estación 8 (abril de 1992 a febrero de 1993).** La abundancia relativa de la mayoría de las especies fue menor a 5% (Fig. 7), excepto la de *A. coffeaeformis*, que varió entre 5% y 18%. Aunque la correlación con

Tabla 3

Riqueza específica (s), índices de diversidad de Shannon (H') y de Uniformidad (J'), registrados en los dos periodos de muestreo. Las columnas sombreadas corresponden a los meses en que estuvo abierto el canal

| 1989-1990 |    | Índice s | Nov  | Dic  | Ene  | Feb  | Mar  | Abr  | May  | Jun  | Jul  | Ago  | Sep  | Oct  | Prom. | Desv. Estándar | Max  | Min  |
|-----------|----|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|----------------|------|------|
| E2        | H' |          | 68   | 3.18 | 4.09 | 3.66 | 3.69 | 3.45 | 3.99 | 4.04 |      | 4.03 | 4.01 | 4.02 | 4.12  | 3.84           | 0.31 | 4.12 |
| E2        | J' |          | 0.70 | 0.78 | 0.76 | 0.75 | 0.71 | 0.78 | 0.77 |      | 0.79 | 0.80 | 0.80 | 0.82 | 0.77  | 0.04           | 0.82 | 0.70 |
| E4        | H' | 66       |      |      | 3.99 | 3.07 | 3.46 | 3.58 | 3.53 | 2.86 | 3.36 | 3.69 | 3.91 | 3.39 | 3.48  | 0.35           | 3.99 | 2.86 |
| E4        | J' |          |      |      | 0.77 | 0.68 | 0.69 | 0.76 | 0.72 | 0.60 | 0.78 | 0.76 | 0.78 | 0.73 | 0.73  | 0.06           | 0.78 | 0.60 |
| E6        | H' | 58       | 3.70 | 3.54 | 3.62 | 3.69 | 2.45 | 3.76 | 2.90 | 3.27 | 3.57 | 3.78 | 3.79 | 3.71 | 3.48  | 0.41           | 3.79 | 2.45 |
| E6        | J' |          | 0.79 | 0.71 | 0.71 | 0.75 | 0.53 | 0.75 | 0.62 | 0.74 | 0.74 | 0.78 | 0.75 | 0.77 | 0.72  | 0.07           | 0.79 | 0.53 |
| E8        | H' | 76       | 3.99 | 4.16 | 3.68 | 3.86 | 3.62 | 3.59 | 3.11 | 3.72 | 2.30 | 3.22 | 3.41 | 3.58 | 3.52  | 0.49           | 4.16 | 2.30 |
| E8        | J' |          | 0.79 | 0.78 | 0.73 | 0.81 | 0.71 | 0.72 | 0.72 | 0.75 | 0.48 | 0.69 | 0.75 | 0.74 | 0.72  | 0.08           | 0.81 | 0.48 |

| 1992-1993 |    | s  | Mar  | Abr  | May  | Jun  | Jul  | Ago  | Sept | Oct  | Nov  | Ene  | Feb  | Prom. | Desv. Estándar | Max  | Min  |
|-----------|----|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|----------------|------|------|
| E2        | H' |    | 85   | 4.63 | 4.21 | 2.74 | 2.95 | 4.71 | 4.51 | 3.88 | 2.62 | 4.05 | 1.14 | 4.32  | 3.61           | 1.12 | 4.71 |
| E2        | J' |    | 0.84 | 0.79 | 0.59 | 0.67 | 0.86 | 0.81 | 0.74 | 0.53 | 0.82 | 0.25 | 0.59 | 0.68  | 0.18           | 0.86 | 0.25 |
| E4        | H' | 73 |      | 3.27 | 3.95 | 4.25 | 4.02 | 3.89 | 4.41 | 3.32 | 4.12 | 3.84 | 3.88 | 3.90  | 0.36           | 4.41 | 3.27 |
| E4        | J' |    |      | 0.66 | 0.78 | 0.82 | 0.79 | 0.71 | 0.82 | 0.63 | 0.79 | 0.77 | 0.79 | 0.76  | 0.07           | 0.82 | 0.63 |
| E6        | H' | 75 |      | 3.10 | 4.02 | 3.87 | 4.21 | 4.14 | 3.51 | 3.78 | 4.43 | 3.87 | 3.54 | 3.85  | 0.39           | 4.43 | 3.10 |
| E6        | J' |    |      | 0.69 | 0.80 | 0.74 | 0.78 | 0.76 | 0.77 | 0.74 | 0.83 | 0.80 | 0.74 | 0.76  | 0.04           | 0.83 | 0.69 |
| E8        | H' | 87 | 4.22 | 4.10 | 3.95 |      | 4.30 | 4.45 | 4.01 | 4.29 | 4.53 | 3.82 | 4.26 | 4.19  | 0.22           | 4.53 | 3.82 |
| E8        | J' |    | 0.83 | 0.78 | 0.79 |      | 0.80 | 0.84 | 0.77 | 0.80 | 0.83 | 0.77 | 0.80 | 0.80  | 0.02           | 0.84 | 0.77 |

Tabla 4

Especies abundantes durante ambos ciclos de muestreo y en cada uno de ellos. Clasificación de las especies según el análisis gráfico de Olmstead-Tukey. A: abundante, C: constante, O: ocasional, R: rara. Las celdas sombreadas corresponden a las especies que abundaron durante todo el periodo de estudio

| Ambos periodos                        | 90       |   |   |   | 92       |   |   |   | Total | Abundaron en el primer periodo |   |   |   | 90       |   |   |   | 92       |   |   |   | Total |   |
|---------------------------------------|----------|---|---|---|----------|---|---|---|-------|--------------------------------|---|---|---|----------|---|---|---|----------|---|---|---|-------|---|
|                                       | Estación |   |   |   | Estación |   |   |   |       | Estación                       |   |   |   | Estación |   |   |   | Estación |   |   |   |       |   |
|                                       | 2        | 4 | 6 | 8 | 2        | 4 | 6 | 8 |       | 2                              | 4 | 6   | 8 | 2        | 4 | 6 | 8 | 2        | 4 | 6 | 8 |       |   |
| <i>Achnanthes marginstriata</i>       | R        | A | A | A | 4        | A | A | A | A     | 4                              | 8 | <i>Achnanthes brevipes var angustata</i>  | R |          |   | R | 2 |          |   | R | 1 | 3     |   |
| <i>Achnanthes submarina</i>           | A        | A | A | A | 4        | A | A | A | A     | 4                              | 8 | <i>Achnanthes septata</i>                 |   |          | A | 1 |   |          |   |   | 1 |       |   |
| <i>Amphora angusta var ventricosa</i> | A        | A | A | A | 4        | A | A | A | A     | 4                              | 8 | <i>Amphora ovalis</i>                     |   | R        | C | R | A | 4        | C | C | O | 3     | 7 |
| <i>Amphora coffeaeformis</i>          | A        | A | A | A | 4        | A | A | A | A     | 4                              | 8 | <i>Anomoneis sphaerophora var costata</i> |   | O        |   | R | 2 | R        |   |   | 1 | 3     |   |
| <i>Amphora lineolata</i>              | A        | R | R | C | 4        | A | A | A | C     | 4                              | 8 | <i>Anomoneis sphaerophora</i>             | C |          | R | 2 |   |          | R | 1 | 3 |       |   |
| <i>Aulacoseira granulate</i>          | A        | C | A | A | 4        | A | A | R | A     | 4                              | 8 | <i>Bacteriastrium comosum</i>             |   |          | R | 1 |   |          |   |   | 1 |       |   |
| <i>Aulacoseira sp 1</i>               | R        | C | A | R | 4        | R | A | A | A     | 4                              | 8 | <i>Biddulphia biddulphiana</i>            |   |          | R | A | 2 |          |   | R | 1 | 3     |   |
| <i>Campylodiscus clypeus</i>          | A        | A | R | A | 4        | C | C | R | R     | 4                              | 8 | <i>Caloneis anphisbaena f subsalina</i>   |   | C        |   | 1 |   |          |   |   | 1 |       |   |
| <i>Entomoneis alata</i>               | A        | A | A | A | 4        | A | A | A | C     | 4                              | 8 | <i>Cocconeis sp1</i>                      |   |          | 1 | 1 |   |          |   |   | 1 |       |   |
| <i>Fragilaria elliptica</i>           | A        | A | A | A | 4        | A | A | A | A     | 4                              | 8 | <i>Cyclotella striata</i>                 |   | A        | A | A | A | 4        | A | A | 2 | 6     |   |
| <i>Gomphonema parvulum</i>            | A        | R | R | R | 4        | A | C | R | A     | 4                              | 8 | <i>Diploneis fusca var pelagi</i>         | R |          | R | R | 3 |          | R | 1 | 4 |       |   |
| <i>Gyrosigma balticum</i>             | A        | A | A | A | 4        | A | A | A | A     | 4                              | 8 | <i>Eunotia pectinalis</i>                 |   | R        |   | R | 2 |          |   |   |   | 2     |   |
| <i>Navicula clamans</i>               | A        | A | R | R | 4        | C | O | R | R     | 4                              | 8 | <i>Eunotogramma marino</i>                |   | R        | O | 2 | R |          | 1 | 3 |   |       |   |
| <i>Navicula gregaria</i>              | A        | A | A | A | 4        | A | A | A | A     | 4                              | 8 | <i>Fallacia forcipata</i>                 |   |          | R | 1 |   |          |   |   | 1 |       |   |
| <i>Navicula protracta</i>             | A        | A | A | A | 4        | A | A | A | A     | 4                              | 8 | <i>Fallacia tenera</i>                    | A | A        | R | O | 4 | C        | R | C | 3 | 7     |   |
| <i>Navicula salinicola</i>            | A        | A | A | A | 4        | A | A | A | A     | 4                              | 8 | <i>Fragilaria fasciculata</i>             |   | A        | 1 |   |   |          |   | 1 |   |       |   |
| <i>Navicula yarrensis</i>             | A        | A | A | A | 4        | A | A | A | A     | 4                              | 8 | <i>Fragilaria pinnata var trigona</i>     | C | R        | R | 3 | C | R        | 2 | 5 |   |       |   |
| <i>Nitzschia angularis</i>            | R        | A | A | R | 4        | A | A | A | A     | 4                              | 8 | <i>Gyrosigma acuminatum</i>               | O | A        |   | O | 3 | A        | C | 2 | 5 |       |   |
| <i>Nitzschia capitellata</i>          | A        | A | A | A | 4        | A | A | A | A     | 4                              | 8 | <i>Hantzschia anfioxus</i>                |   | A        | 1 |   |   |          |   | 1 |   |       |   |
| <i>Nitzschia frustulum</i>            | A        | A | R | A | 4        | A | A | R | A     | 4                              | 8 | <i>Navicula marginalithii</i>             | R | R        | R | C | 4 | O        |   | 1 | 5 |       |   |
| <i>Nitzschia martiniana</i>           | A        | A | O | A | 4        | A | A | A | A     | 4                              | 8 | <i>Neidium affine</i>                     |   | R        | R | 2 |   |          |   |   | 2 |       |   |
| <i>Nitzschia pusilla</i>              | C        | C | A | A | 4        | A | A | A | A     | 4                              | 8 | <i>Petronis granulate</i>                 | C | C        | A | 3 | R | R        | 2 | 5 |   |       |   |

| Ambos periodos                  |          | 90 |   |   |    | 92       |   |   |   |    | Abundaron en el primer periodo |  |                                   |   | 90 |   |    |          | 92 |   |   |    |       |
|---------------------------------|----------|----|---|---|----|----------|---|---|---|----|--------------------------------|--|-----------------------------------|---|----|---|----|----------|----|---|---|----|-------|
| Especie                         | Estación |    |   |   | T1 | Estación |   |   |   | T2 | Total                          | Especie  | Estación                          |   |    |   | T1 | Estación |    |   |   | T2 | Total |
|                                 | 2        | 4  | 6 | 8 | 2  | 4        | 6 | 8 | 2 | 4  |                                |  | 6                                 | 8 | 2  | 4 | 6  | 8        | 2  | 4 | 6 | 8  |       |
| <i>Nitzschia sigma</i>          | A        | A  | A | A | 4  | A        | A | A | A | 4  | 8                              | <i>Pinnularia acrosphaeria</i>   | R                                 | R | R  | 3 | R  |          |    |   | 1 | 4  |       |
| <i>Opephora pacifica</i>        | R        | O  | A | A | 4  | C        | C | A | A | 4  | 8                              | <i>Psammodictyon constrictum</i>                                       |                                   | R | R  | 2 | R  |          |    |   | 1 | 3  |       |
| <i>Plagiotropis lepidoptera</i> | A        | A  | A | A | 4  | A        | A | A | A | 4  | 8                              | <i>Sellaphora pupula</i>   | R                                 |   |    | 1 |    |          |    |   |   | 1  |       |
| <i>Stauroneis producta</i>      | A        | A  | A | A | 4  | A        | A | A | A | 4  | 8                              | <i>Surirella fastuosa</i>  |                                   |   |    | R | 1  |          |    |   |   | 1  |       |
| <i>Staurosira construens</i>    | O        | A  | A | A | 4  | O        | A | A | A | 4  | 8                              | <i>Surirella febigeri</i>  | R                                 | C | R  | A | 4  | R        | R  | C | 3 | 7  |       |
| <i>Tryblionella hungarica</i>   | A        | O  | R | R | 4  | R        | R | R | R | 4  | 8                              | <i>Thalassiosira eccentrica</i>  | R                                 | O |    | R | 3  | R        |    | R | 2 | 5  |       |
| Abundaron en el segundo periodo |          | 90 |   |   |    | 92       |   |   |   |    | 90                             |  |                                   |   | 92 |   |    |          |    |   |   |    |       |
| Especie                         | Estación |    |   |   | T1 | Estación |   |   |   | T2 | Total                          | Especie  | Estación                          |   |    |   | T1 | Estación |    |   |   | T2 | Total |
|                                 | 2        | 4  | 6 | 8 | 2  | 4        | 6 | 8 | 2 | 4  |                                |  | 6                                 | 8 | 2  | 4 | 6  | 8        | 2  | 4 | 6 | 8  |       |
| <i>Achnanthes clevei</i>        |          |    |   |   | R  | 1        |   |   | R | R  | 2                              | 3  | <i>Lithodesminum undulatum</i>    |   |    |   |    | R        |    |   | 1 | 1  |       |
| <i>Achnanthes delicatula</i>    |          |    |   |   | R  | 1        |   |   | R | R  | 2                              | 3  | <i>Mastogloia exigua</i>          |   | R  |   | 1  | R        | A  | A | 3 | 4  |       |
| <i>Amphora bigibba</i>          |          |    |   |   |    |          | R | A |   | 2  | 2                              | <i>Navicula balusiensis</i>  | R                                 | R |    | 2 | O  | R        | R  | R | 4 | 6  |       |
| <i>Ardissonea crystalline</i>   |          |    |   |   | R  | 1        |   |   | R | R  | 2                              | 3  | <i>Navicula cancellata</i>        |   | R  | A | 2  | C        | R  | A | C | 4  | 6     |
| <i>Aulacodiscus petersi</i>     |          | R  |   |   |    | 1        | R | R |   | 2  | 3                              | <i>Navicula longa</i>  | O                                 | A |    | 2 | A  | R        | R  | R | 4 | 6  |       |
| <i>Bacillaria paradoxa</i>      |          | R  |   |   |    | 1        |   | R | R | 2  | 3                              | <i>Navicula salinarum</i>  |                                   |   | R  |   | 1  | R        | R  | R | 3 | 4  |       |
| <i>Bacteriastrium hyalinum</i>  |          |    |   |   |    |          |   |   | R | 1  | 1                              | <i>Navicula sp 9</i>   |                                   |   |    |   |    | R        |    |   | 1 | 1  |       |
| <i>Caloneis amphisbaena</i>     | A        |    |   | A | 2  | R        | C | R |   | 3  | 5                              | <i>Nitzschia compressa var compressa</i>                               | A                                 | R | O  | 3 | R  | R        | R  | O | 4 | 7  |       |
| <i>Chaetoceros atlanticus</i>   |          | A  |   | O | 2  | R        | A | A | A | 4  | 6                              | <i>Nitzschia longissima</i>  |                                   |   |    |   | R  | R        |    |   | 2 | 2  |       |
| <i>Chaetoceros debile</i>       |          |    |   |   | R  | 1        |   |   | R | O  | 2                              | 3  | <i>Nitzschia scalpelliformis</i>  |   |    |   |    |          |    | R | 1 | 1  |       |
| <i>Chaetoceros decipiens</i>    |          |    |   |   | O  | 1        |   |   | O | O  | 2                              | 3  | <i>Odontella aurita</i>           |   |    | A | 1  | C        | R  | R | R | 4  | 5     |
| <i>Chaetoceros didymus</i>      |          | R  |   |   | O  | 2        |   |   | R | O  | 3                              | 5  | <i>Pinnularia lundii</i>          |   |    |   |    | R        |    |   | 1 | 1  |       |
| <i>Chaetoceros peruvianus</i>   |          |    |   |   |    |          |   |   |   | R  | 1                              | 1  | <i>Pleurosigma salinarum</i>      |   |    |   |    | R        | R  |   | 2 | 2  |       |
| <i>Chaetoceros sp 1</i>         |          |    |   |   | R  | 1        | A | A | A | A  | 4                              | 5  | <i>Proschkinia complanata</i>     |   |    |   |    | R        |    |   | 1 | 1  |       |
| <i>Cocconeis diruptoides</i>    |          |    |   |   |    |          | R |   |   | 1  | 1                              | 1  | <i>Rhizosolenia styliformis</i>   |   |    |   |    | R        |    |   | 1 | 1  |       |
| <i>Coscinodiscus gigas</i>      |          |    |   |   |    |          |   |   | R | 1  | 1                              | 1  | <i>Rhopalodia gibberula</i>       | R | R  | R | 3  | C        | C  | A | A | 4  | 7     |
| <i>Cyclotella atomus</i>        | A        | R  | R | R | 4  | A        | A |   | R | 3  | 7                              | <i>Skeletonema costatum</i>  |                                   | R |    | 1 | R  | A        | C  | 3 | 4 |    |       |
| <i>Encyonema pusilla</i>        | R        |    |   |   | R  | 2        | R | A | A | A  | 4                              | 6  | <i>Stauroneis anceps</i>          |   |    |   |    | R        | R  |   | 2 | 2  |       |
| <i>Eunotia lunaris</i>          |          |    |   |   |    |          | A |   | R | 2  | 2                              | <i>Stauroneis gregorii</i>   | R                                 | R |    | 2 | R  | R        | R  | O | 3 | 5  |       |
| <i>Fallacia pygmaea</i>         | A        | R  | R |   | 3  |          | A |   | R | 2  | 5                              | <i>Synedra ulna</i>  |                                   | R | R  | 2 | R  | R        | R  | O | 4 | 6  |       |
| <i>Fragilaria pinnata</i>       |          |    |   |   |    |          | A |   |   | 1  | 1                              | <i>Tabularia fasciculata</i>   | A                                 | A | A  | 3 | A  | A        | A  | A | 4 | 7  |       |
| <i>Frustulia rhomboides</i>     |          | R  |   |   | 1  |          | R |   | R | 2  | 3                              | <i>Thalassiosira decipiens</i>   |                                   | R |    | 1 |    | C        | R  | O | 3 | 4  |       |
| <i>Grammatophora marina</i>     |          |    |   |   |    |          | R |   |   | 1  | 1                              | <i>Thalassiosira nanolineata</i>                                       |                                   |   |    |   | R  |          |    | R | 2 | 2  |       |
| <i>Hantzschia marina</i>        |          |    |   |   |    |          |   |   | R | 1  | 1                              | <i>Thalassiosira subtilis</i>  |                                   |   |    |   | R  |          |    |   | 1 | 1  |       |
| <i>Haslea frauenfeldii</i>      |          |    |   |   | R  | 1        | R | R | R | C  | 4                              | 5  | <i>Thalassiothrix heteromorfa</i> |   |    | R | 1  | R        | R  | R | 3 | 4  |       |
| <i>Hyalosynedra laevigata</i>   |          | R  |   |   | R  | 2        | R | R | A | A  | 4                              | 6  | <i>Trigonium alternans</i>        |   |    |   |    |          |    | R | 1 | 1  |       |
| <i>Licmophora abbreviata</i>    |          |    |   |   |    |          | R |   | R | 2  | 2                              | <i>Plagiotropis vanheurckii</i><br>(= <i>Tropidoneis vanheurckii</i> ) |                                   |   |    |   |    |          | R  | R | R | 3  | 3     |

la temperatura del agua fue débil ( $r = 0.57$ ;  $p = 0.08$ ), sugiere que esta diatomea prefiere las aguas cálidas. *S. construens* presentó variaciones semejantes a las de *A. coffeaeformis*, pero fue más numerosa en febrero. La mayor concentración de *C. distinguenda* se observó en septiembre (22%), mientras que en agosto era de 3%. *C. atlanticus* presentó cambios similares (1.5%-10%).

## Discusión

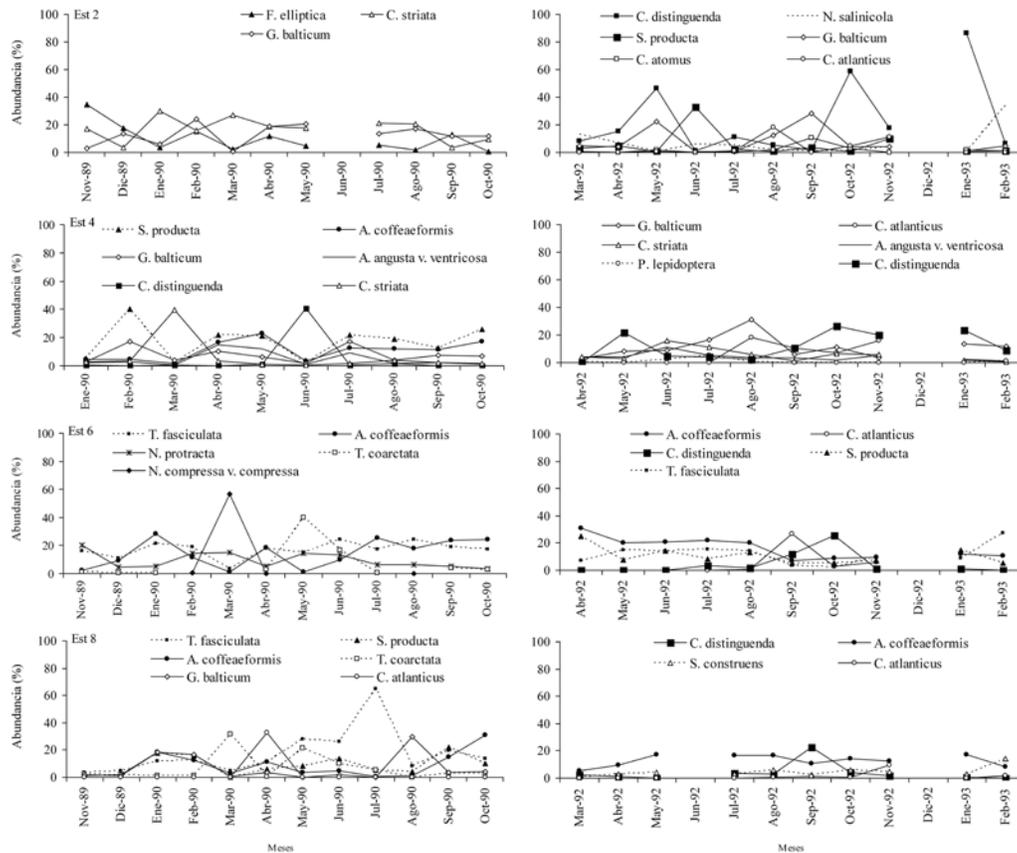
Durante el primer ciclo de muestreo la temperatura del agua y la salinidad en la laguna de Cuytlán fueron elevadas debido a las condiciones meteorológicas imperantes y a que sólo había dos canales de comunicación con el océano Pacífico. En el segundo ciclo

se abrió un tercer canal, que se cerró después de tres meses, como resultado del paso de los huracanes; por otro lado, la elevada pluviosidad asociada disminuyó la temperatura y la salinidad y promovió la circulación del agua.

La concentración de nitratos ( $N-NO_3^-$ ) fue alta en la parte interna de la laguna durante el primer ciclo de muestreo, probablemente porque el volumen de oxígeno disuelto era elevado (Quijano *et al.*, 1993), debido a la escasa profundidad de la zona y a la productividad fitoplanctónica (Schlesinger, 1991) y del microfitorobentos. En el segundo periodo las concentraciones se mantuvieron en el mismo intervalo, pero la variabilidad fue alta, y en contraste con lo medido en el ciclo anterior en el interior de la laguna (en cuyas inmediaciones se construyó el canal de Te-

Figura 7

Variación mensual de la abundancia relativa de las especies de diatomeas más numerosas en los dos periodos



palcates), los nitratos fueron exiguos como resultado, posiblemente, del efecto de la dilución producto del ingreso de agua marina. Las concentraciones de amonio fueron más altas en el primer periodo, en especial en el área de Tepalcates donde la circulación era baja y adonde el volumen de oxígeno fue más pequeño hacia las primeras horas del día, lo que favorece este ión. Durante el segundo ciclo los valores disminuyeron significativamente por la entrada de agua durante la apertura del canal. Los ortofosfatos ( $P-PO_4^{3-}$ ) fueron más abundantes en el segundo periodo de muestreo ya que es probable que en el primer ciclo esta especie haya quedado atrapada en el sedimento porque, en presencia de material orgánico, tiende a formar coloides que se precipitan en ambientes con poca circulación (Libes, 1992). Por otro lado, es posible que el incremento en la circulación que ocurrió en el segundo ciclo haya propiciado su liberación hacia la columna de agua, en especial en zonas someras como en la E4, cercana a las islas.

Durante primer periodo, cuando el canal de Tepalcates estuvo cerrado, la abundancia fitoplanctónica fue elevada, en especial en el área de las islas (E4), donde probablemente los nutrientes provenientes del

guano de las aves contribuyeron a la productividad, mientras que el mínimo se presentó en El Túnel, (E6) donde los aportes de agua residual favorecieron la presencia de grupos fitoplanctónicos tolerantes a pulsos de entrada de altas concentraciones de nitrógeno y fósforo (Huisman *et al.*, 1999). Lo que, además, explica la dominancia de algunas especies (como *Navicula yarrensii*) y las altas concentraciones de *chl-a*.

En la estación 2 la diversidad fue relativamente alta posiblemente porque el ambiente fue estable a pesar de que la salinidad y la temperatura fueron elevadas (Bernardo, 1990), aunque, cabe destacar que la mayoría de las especies fue bentónica. La diversidad y la riqueza específicas más altas se registraron frente al canal de Ventanas (E8), donde la comunidad estuvo dominada por organismos marinos. Por otro lado, el análisis de cúmulos mostró que la comunidad de la E2, durante el primer ciclo de muestreo, fue diferente a la de las otras estaciones.

Durante el segundo periodo, cuando el canal de Tepalcates estuvo abierto durante algunos meses, la riqueza específica y la diversidad fueron más altas en todas las estaciones. La mayor abundancia ocurrió en la E4, cercana a las islas, en coincidencia con la mayor

disponibilidad de ortofosfatos (en ambos periodos) asociada al aporte desde las islas y la resuspensión de nutrientes por el incremento de la hidrodinámica (Falcao y Vale, 2003). La diversidad también fue significativamente más elevada en esa estación durante el verano de la segunda temporada.

Frente al canal de Tepalcates (E2), además de incrementarse la riqueza específica y la diversidad, también se encontró mayor cantidad de diatomeas planctónicas. Por otro lado, en la estación ubicada frente al canal de Ventanas (E8), la diversidad fue alta y superior a la del ciclo anterior, lo que sugiere que las condiciones físicas y químicas fueron más favorables.

Enfrente a las islas (E4) se presentaron concentraciones elevadas de *chl-a* debido a la mayor disponibilidad de nutrientes de la zona. Durante la apertura del canal se encontraron diatomeas bentónicas que probablemente fueron suspendidas al incrementarse la dinámica (e.g. *C. striata*), y especies marinas como *P. lepidoptera*. Después de que el canal se cerró dominaron algunas especies planctónicas, probablemente porque algunas prosperaron en el nuevo ambiente en respuesta al elevado contenido de nutrimentos.

En la E6 ocasionalmente se presentaron valores de *chl-a* elevados, que coincidieron con índices de diversidad pequeños y el florecimiento de algunas especies, como *Ch. atlanticus* y *G. distinguenda*. La primera es marina y la segunda es cosmopolita de hábitos planctónicos, común en aguas eurihalinas.

Los índices de estructura mostraron que la comunidad de diatomeas fue diversa en los dos periodos de muestreo a pesar de que las condiciones ambientales fueron menos favorables en el primero de ellos; no obstante, el ingreso de agua marina durante la apertura del canal modificó la composición específica y favoreció la diversidad y la uniformidad, en particular en las E4 y E8. Las condiciones en la E2 fueron contrastantes en los dos periodos; en el primero dominaron las especies bentónicas, mientras que en el segundo las planctónicas. En la E6, donde la influencia antropogénica fue más evidente, la riqueza específica fue menor.

## Conclusiones

La apertura del canal de Tepalcates disminuyó la salinidad en la laguna y modificó el contenido de nutrientes como resultado del intercambio de agua por la marea. Sin embargo, durante el periodo de muestreo las condiciones meteorológicas también fueron diferentes: durante el primer ciclo la temperatura ambiental fue más elevada y la precipitación sólo se presentó en el verano; mientras que en el segundo periodo, que coincidió con un evento de El Niño, la

temperatura ambiental fue ligeramente menor y también hubo lluvia en el invierno.

La densidad de organismos fitoplanctónicos en la laguna de Cuyutlán fue baja en comparación con otros cuerpos de agua, posiblemente porque es muy somera, sujeta a influencia antropogénica, y a que durante el periodo de estudio sólo mantuvo comunicación con el mar en su parte media, durante tres meses.

La composición específica de la comunidad de diatomeas estuvo dominada por especies de aguas salinas y salobres; sin embargo, los cambios entre los ciclos de muestreo y las diferencias entre los puntos de trabajo reflejan las condiciones particulares de cada uno de esos sitios y las resultantes del ingreso de agua por escorrentía durante las lluvias y por la marea, durante la apertura del canal. Esto permitió distinguir tres grupos de especies que reflejan las características físicas y químicas prevaletentes durante los dos periodos.

Las características ambientales contrastantes de los dos periodos de estudio produjeron cambios en la comunidad de diatomeas. Cuando hubo poca circulación, elevada temperatura y salinidad, dominaron las especies bentónicas y la estructura de la comunidad fue menos compleja que cuando hubo influencia marina a través del canal de Tepalcates. Estos cambios, empero, no ocurrieron de la misma manera en todas las estaciones de la laguna, lo cual significa que las condiciones de microescala influyeron en la comunidad. Esto muestra el potencial de dichos organismos como indicadores de los cambios en la circulación y las condiciones de salinidad resultantes del aporte de agua dulce y marina.

## Referencias bibliográficas

- BERNARDO, J.M. 1990. *Dinámica de una laguna costera eutrófica (Laguna de Sant Andre)*. Tesis de Doctorado. Universidad de Lisboa, Portugal. 332p.
- BROWER, J. E. y J. H. Zar. 1977. *Field and laboratory methods for general Ecology*. Brown. Iowa, USA. 194p.
- CABRAL-SOLÍS, E.G., E. Espino-Barr, M. Puente-Gómez y A. García-Boa. 2006. Efectos en la abundancia de peces de la laguna de Cuyutlán por la apertura y cierre del canal de Tepalcates (enero 2000 a julio 2006). En: E. Espino-Barr, M.A. Carrasco-Aguila y M. Puente-Gómez (eds.). *Memoria. III Foro Científico de Pesca Ribereña*. 3-5 de octubre de 2006, Puerto Vallarta. INP-SAGARPA. pp. 117-118.
- CLOERN, J.E. 1996. Phytoplankton bloom dynamics in coastal ecosystems: a review with some general lessons from sustained investigation of San Francisco Bay, California. *Reviews of Geophysics*, 34(2): 127-168.
- COBO, D., M. Villarroel, L. Treviño, M.T. Orta, R. Iturbe, R. Morales y C. Rangel. 1978. *Determinación de los efectos de la planta termoeléctrica de Manzanillo en la flora y fauna de la laguna de Cuyutlán, Colima*. Proyecto 7038 para la CFE, Escuela de Ingeniería. UNAM, México. 105p.



## Anexo 1

### Literatura consultada para identificación de fitoplancton

- CUPP, E.E. 1943. Marine plankton diatoms of the west coast of North America. *Bull. Scripps Inst. Oceanogr*; 5:1-238.
- HASLE, G.R. y E.E. Syvertsen. 1996. Marine diatoms. En: C.R. Tomas (ed.). *Identifying marine diatom and dino-flagellates*. Academic Press, San Diego. pp. 5-385.
- HERNÁNDEZ-BECERRIL, D.U. 1985. Estructura del Fitoplancton del Golfo de California. *Ciencias Marinas*, 11 (2): 23-38.
- HERNÁNDEZ-BECERRIL, D.U. 1991a. The morphology and taxonomy of the planktonic diatom *Chaetoceros coarctatus* Lauder (Bacillariophyceae). *Diatom Research*, 6(2), 281-287.
- HERNÁNDEZ-BECERRIL, D.U. 1991b. Note on the morphology of *Chaetoceros didymus* and *C. protuberans*, with some considerations on their taxonomy. *Diatom Research*, 6(2):289-297.
- HERNÁNDEZ-BECERRIL, D.U. 1991c. *Chaetoceros bermejensis* sp. nov., a new planktonic diatom from the Gulf of California. *Bot. Mar.*, 34:521-526.
- HERNÁNDEZ-BECERRIL, D.U. 1992. Nota sobre la presencia de la diatomea *Asteromphalus cleveanus* Grunow en aguas de Baja California y su relación con *A. flabellatus* (Breb.) Grev. *Acta Botánica Mexicana*, 17:39-44.
- HERNÁNDEZ-BECERRIL, D. U. 1993. Study of the morphology and distribution of two planktonic diatoms: *Chaetoceros paradoxus* and *Ch. filiferus* (Bacillariophyceae). *Crypt.Bot.*, 3:169-175.
- HUSTEDT, F. 1927-1966. Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. En: *Rabenhorst's Kryptogamen-Flora*, 7(1): 1-920 (1927-1930); 7(2): 1-845 (1931-1959); 7(3): 1-816 (1961-1966).
- HUSTEDT, F. 1930. Bacillariophyta. En: A. Pascher (ed.). *Süßwasserflora von Mitteleuropas*, Heft 10: 1-466, Jena (Reprint. 1976, Koeltz Publ., Koenigstein).
- HUSTEDT, F. 1955. Marine littoral diatoms of Beaufort, North Carolina. *Duke Univ. Marine Station Bull.*, 6:1-67.
- KRAMMER, K. y H. Lange-Bertalot. 1986. Bacillariophyceae. 1 Teil: Naviculaceae. Band 2/1 von: *Die Süßwasserflora von Mitteleuropa* (begr. von A. Pascher), mit 206 Taf. Stuttgart. pp. 1-876.
- KRAMMER, K. y H. Lange-Bertalot. 1988. Bacillariophyceae. 2 Teil: Epithemiaceae, Bacillariaceae, Surirellaceae. Band 2/2 von: *Die Süßwasserflora von Mitteleuropa* (begr. von A. Pascher), mit 184 Taf, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart. pp. 1-596.
- KRAMMER, K. y H. Lange-Bertalot. 1991a. Bacillariophyceae. 3 Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. Band 2/3 von: *Die Süßwasserflora von Mitteleuropa* (begr. von A. Pascher), mit 166 Taf, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart. pp. 1-576.
- KRAMMER, K. y H. Lange-Bertalot. 1991b. Bacillariophyceae. 4 Teil: Achnanthaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema. Band 2/4 von: *Die Süßwasserflora von Mitteleuropa*. (begr. von A. Pascher), mit 88 Taf, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart. pp. 1- 437.
- NAVARRO, J.N. 1981. A survey of the marine diatoms of Puerto Rico. I. Suborders Coscinodiscineae and Rhizosoliineae. *Bot. Mar.*, 24(8): 427-439.
- NAVARRO, J.N. 1982a. A survey of the marine diatoms of Puerto Rico. III. Suborder Biddulphiineae: Family Chaetoceraceae. *Bot. Mar.*, 25(7): 305-319.
- NAVARRO, J.N. 1982b. A survey of the marine diatoms of Puerto Rico IV. Suborder Araphidineae: Families Diatomaceae and Protoraphidaceae. *Bot. Mar.*, 25: 247-263.
- NAVARRO, J.N. 1982c. A survey of the marine diatoms of Puerto Rico V. Suborder Rhapidineae: Families Achnanthaceae and Naviculaceae. *Bot. Mar.*, 25(7): 321-338.
- NAVARRO, J.N. 1982d. Marine diatoms associated with mangrove prop-roots in the Indian-River, Florida, USA. *Bibl Phycol.*, 76:1-151.
- NAVARRO, J.N. 1983a. A survey of the marine diatoms of Puerto Rico. VII. Suborder Raphinidineae: Families Auriculaceae, Epithemiaceae, Nitzschiceae and Surirellaceae. *Bot. Mar.*, 26(8): 393-408.
- NAVARRO, J.N. 1983b. A survey of the marine diatoms of Puerto Rico. VI. Suborder Raphinidineae: Families Naviculaceae (Genera *Haslea*, *Mastogloia* and *Navicula*). *Bot. Mar.*, 26(3): 119-136.
- NAVARRO, J.N. 1987. Observations of tube-dwelling diatom: *Navicula hamulifera* (Bacillariophyceae). *J. Phycol.*, 23:164-170.
- NAVARRO, J.N. 1989. Benthic marine diatoms of Caja de Muertos Island, Puerto Rico. *Nova Hedwigia*, 49(3-4): 333-367.
- NAVARRO, J.N. 1991. Description of *Hyalosira tropicalis* sp. nov. (Bacillariophyta) with notes on the status of *Hyalosira* Kützing and *Microtabella* Round. *Diatom Research*, 6(2): 327-336.
- PANKOW, H. 1990. *Ostsee-Algenflora*. Mit 1738. G. Fischer Verlag, Jena. 648p.
- ROUND, F.E., R.M. Crawford y D.G. Mann. 1990. *The diatoms, biology and morphology of the genera*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, Reino Unido. 747p.

## Anexo 2

### Listado taxonómico y abundancia relativa de las diatomeas recolectadas en la laguna de Cuyutlán

| Estación/años                    | E2    |       | E4    |       | E6   |       | E8    |       | Hábitos | Hábitat |
|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|---------|---------|
|                                  | 1990  | 1992  | 1990  | 1992  | 1990 | 1992  | 1990  | 1992  |         |         |
| División: BACILLARIOPHYTA        |       |       |       |       |      |       |       |       |         |         |
| Clase: COSCINODISCOPHYCEAE       |       |       |       |       |      |       |       |       |         |         |
| Subclase: THALASSIOSIROPHYCIDAE  |       |       |       |       |      |       |       |       |         |         |
| Orden: THALASSIOSIRALES          |       |       |       |       |      |       |       |       |         |         |
| Familia: THALASSIOSIRACEAE       |       |       |       |       |      |       |       |       |         |         |
| <i>Thalassiosira decipiens</i>   |       |       | 0.152 | 0.213 |      | 0.05  |       | 0.535 | 5       | 2       |
| <i>Thalassiosira eccentrica</i>  | 0.024 | 0.112 | 0.246 |       |      |       | 0.023 | 0.258 | 5       | 2       |
| <i>Thalassiosira nanolineata</i> |       | 0.117 |       |       |      |       |       | 0.05  | 5       | 2       |
| <i>Thalassiosira subtilis</i>    |       |       |       |       |      | 0.024 |       |       | 5       | 2       |
| Familia: SKELETONEMATACEAE       |       |       |       |       |      |       |       |       |         |         |
| <i>Skeletonema costatum</i>      |       |       | 0.109 | 0.119 |      | 0.325 |       | 0.148 | 5       | 2       |

| Estación/años  | E2    |       | E4    |       | E6    |       | E8    |       | Hábitos | Hábitat |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|---------|
|  | 1990  | 1992  | 1990  | 1992  | 1990  | 1992  | 1990  | 1992  |         |         |
| Familia: STEPHANODISCEAE                                   |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| <i>Cyclotella atomus</i>                                   | 1.623 | 1.905 | 0.027 | 0.707 | 0.115 |       | 0.026 | 0.231 | 5       | 2       |
| <i>Cyclotella distinguenda</i>                             | 1.042 | 23.6  | 4.55  | 12.28 |       | 4.427 | 0.332 | 3.982 | 5       | 2       |
| <i>Cyclotella striata</i>                                  | 16.75 | 6.034 | 6.087 | 5.592 | 1.236 | 1.127 | 4.923 | 1.442 | 3       | 1       |
| Orden: AULACOSEIRALES                                      |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| Familia: AULACOSEIRACEAE                                   |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| <i>Aulacoseira granulata</i>                               | 1.35  | 0.557 | 0.195 | 0.578 | 0.358 | 0.11  | 0.88  | 0.378 | 6       | 2       |
| <i>Aulacoseira</i> sp1                                     | 0.249 | 0.776 | 0.079 | 0.526 | 0.278 | 0.703 | 0.067 | 1.26  |         |         |
| Orden: COSCINODISCALES                                     |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| Familia: COSCINODISCEAE                                    |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| <i>Coscinodiscus centralis</i>                             |       | 1.212 | 0.114 | 0.197 | 0.069 | 0.073 | 0.05  | 395   | 5       | 2       |
| <i>Coscinodiscus gigas</i>                                 | 0.025 |       |       |       |       |       |       |       | 5       | 2       |
| <i>Coscinodiscus granii</i>                                | 0.894 |       |       |       |       | 0.055 |       |       | 5       | 2       |
| Familia: AULACODISCEAE                                     |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| <i>Aulacodiscus petersi</i>                                |       | 0.022 | 0.031 | 0.027 |       |       |       |       | 5       | 2       |
| Subclase: BIDDULPHIOPHYCIDAE                               |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| Orden: TRICERATIALES                                       |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| Familia: TRICERATIACEAE                                    |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| <i>Triceratum dubium</i>                                   |       | 0.023 |       |       | 0.026 |       | 0.169 |       | 5       | 2       |
| <i>Odontella aurita</i>                                    |       | 0.097 |       | 0.075 |       | 0.075 | 0.258 | 0.027 | 5       | 2       |
| <i>Plagiogramma interruptum</i>                            |       | 0.07  |       |       | 0.155 |       |       |       | 5       | 2       |
| Orden: BIDDULPHIALES                                       |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| Familia: BIDDULPHIACEAE                                    |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| <i>Biddulphia biddulphiana</i><br>(= <i>B. pulchella</i> ) |       |       |       |       | 0.465 |       | 0.18  | 0.075 | 5       | 2       |
| <i>Trigonium alternans</i>                                 |       |       |       |       |       |       |       | 0.029 | 5       | 2       |
| Orden: HEMIAULALES   |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| Familia: HEMIAULACEAE                                      |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| <i>Hemiaulus sinensis</i>                                  |       |       |       |       |       | 0.024 | 0.022 |       | 5       | 2       |
| Orden: ANAULALES   |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| Familia: ANAULACEAE  |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| <i>Eunotogramma marino</i>                                 | 0.029 | 0.025 | 0.395 |       |       |       |       |       | 5       | 2       |
| Subclase: LITHODESMIOPHYCIDAE                              |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| Orden: LITHODESMIALES                                      |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| Familia: LITHODESMIACEAE                                   |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| <i>Lithodesmium undulatum</i>                              |       |       |       | 0.05  |       |       |       |       | 5       | 2       |
| Subclase: RHIZOLENIOPHYDEAE                                |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| Orden: RHIZOLENIALES                                       |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| Familia: RHIZOLENIACEAE                                    |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| <i>Rhizolenia styliformis</i>                              |       | 0.104 |       |       |       |       |       |       | 5       | 2       |
| <i>Guinardia flaccida</i>                                  |       |       | 2.324 |       |       | 1.143 | 0.119 | 0.27  | 5       | 2       |
| Subclase: CHAETOCEROTOPHYCIDAE                             |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| Orden: CHAETOCEROTALES                                     |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| Familia: CHAETOCEROTACEAE                                  |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| <i>Chaetoceros atlanticus</i>                              |       | 3.233 | 0.492 | 5.189 |       | 3.584 | 2.749 | 1.395 | 5       | 2       |
| <i>Chaetoceros debile</i>                                  |       |       |       |       |       | 0.12  | 0.024 | 0.307 | 5       | 2       |
| <i>Chaetoceros decipiens</i>                               |       |       |       |       |       | 0.262 | 0.72  | 0.428 | 5       | 2       |
| <i>Chaetoceros didymus</i>                                 |       |       | 0.053 | 0.048 |       | 0.359 | 0.175 | 0.281 | 5       | 2       |
| <i>Chaetoceros lorenzianus</i>                             |       |       |       |       |       |       | 0.022 | 1.254 | 5       | 2       |
| <i>Chaetoceros peruvianus</i>                              |       |       |       |       |       |       |       | 0.025 | 5       | 2       |
| <i>Chaetoceros</i> sp 1                                    |       | 0.995 |       | 2.873 |       | 1.126 | 0.021 | 0.255 | 5       | 2       |
| <i>Bacteriastrum comosum</i>                               |       |       |       |       | 0.026 |       |       |       | 5       | 2       |
| <i>Bacteriastrum hyalinum</i>                              |       |       |       |       |       |       |       | 0.025 | 5       | 2       |
| Clase: FRAGILARIOPHYCEAE                                   |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| Subclase: FRAGILARIPHYCIDAE                                |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| Orden: FRAGILARIALES                                       |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| Familia: FRAGILARIACEAE                                    |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| <i>Fragilaria elliptica</i>                                | 10.03 | 2.164 | 7.981 | 3.728 | 6.031 | 2.18  | 5.824 | 3.81  | 1       | 2       |
| <i>Fragilaria pinnata</i> var <i>trigona</i>               | 0.244 | 0.392 | 0.025 | 0.182 | 0.192 |       |       | 0.032 | 3       | 1       |
| <i>Tabularia fasciculata</i>                               | 4.78  | 1.839 | 7.095 | 2.025 | 17.21 | 11.78 | 17.47 | 10.66 | 3       | 1       |
| <i>Staurosira construens</i>                               | 0.472 | 1.862 | 1.179 | 1.649 | 0.702 | 9.497 | 0.853 | 4.626 | 1       | 1       |
| <i>Synedra ulna</i>  |       | 0.022 | 0.031 | 0.023 |       | 0.072 | 0.022 | 0.156 | 1       | 1       |

| Estación/años   | E2    |       | E4    |       | E6    |       | E8    |       | Hábitos | Hábitat |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|---------|
|   | 1990  | 1992  | 1990  | 1992  | 1990  | 1992  | 1990  | 1992  |         |         |
| <i>Hyalosynedra laevigata</i>                           |       | 0.063 | 0.152 | 0.051 |       | 0.388 | 0.094 | 0.388 | 5       | 2       |
| <i>Opephora pacifica</i>                                | 0.052 | 0.17  | 0.28  | 0.173 | 0.989 | 0.766 | 0.11  | 0.973 | 5       | 2       |
| Orden: LICMOPHORALES                                    |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| Familia: LICMOPHORACEAE                                 |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| <i>Licmophora abbreviata</i>                            |       | 0.023 |       |       |       | 0.083 |       |       | 3       | 1       |
| Orden: RHAPHONEIDALES                                   |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| Familia: RHAPHONEIDACEAE                                |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| <i>Raphoneis ampiceros</i>                              |       |       |       |       | 0.018 |       |       | 0.145 | 5       | 2       |
| Orden: ARDISSONEALES                                    |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| Familia: ARDISSONEACEAE                                 |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| <i>Ardissonea crystalina</i>                            |       |       |       |       |       | 0.025 | 0.022 | 0.051 | 3       | 2       |
| Orden: THALASSIONEMATALES                               |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| Familia: THALASSIONEMATAACEAE                           |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| <i>Thalassiothrix heteromorfa</i>                       |       | 0.021 |       | 0.19  |       | 0.11  | 0.097 |       |         | 2       |
| Orden: STRIATELLALES                                    |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| Familia: STRIATELLACEAE                                 |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| <i>Grammatophora marina</i>                             |       | 0.07  |       |       |       |       |       |       | 3       | 2       |
| Clase: BACILLARIOPHYCEAE                                |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| Subclase: EUNOTIOPHYCIDAE                               |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| Orden: EUNOTIALES                                       |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| Familia: EUNOTIACEAE                                    |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| <i>Eunotia lunaris</i>                                  |       | 0.206 |       |       |       |       |       | 0.075 | 4       | 1       |
| <i>Eunotia pectinalis</i>                               | 0.03  |       |       |       |       |       | 0.024 |       | 1       | 1       |
| Subclase: BACILLARIOPHYCIDAE                            |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| Orden: LYRELLARES                                       |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| Familia: LYRELLACEAE                                    |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| <i>Petroneis granulata</i>                              | 0.15  | 0.024 |       | 0.025 | 0.107 |       | 0.357 | 0.028 | 5       | 1       |
| Orden: MASTOGLOIALES                                    |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| Familia: MASTOGLOIACEAE                                 |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| <i>Mastogloia exigua</i>                                |       |       | 0.027 | 0.028 |       | 0.267 |       | 0.428 | 2       | 1       |
| <i>Mastogloia pumilla</i>                               | 0.03  | 0.168 | 0.191 | 0.03  |       | 2.424 | 0.022 | 0.87  | 5       | 1       |
| Orden: CYMBELLALES                                      |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| Familia: ANOMOEONEIDACEAE                               |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| <i>Anomoneis sphaerophra</i> v <i>costata</i>           | 0.173 | 0.025 | 0.246 |       | 0.075 |       | 0.024 | 0.065 | 1       | 1       |
| Familia: CYMBELLACEAE                                   |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| <i>Encyonema pusilla</i>                                | 0.181 | 0.107 | 0.272 | 0.374 |       | 0.551 | 0.024 | 0.28  | 3       | 1       |
| Familia: GOMPHONEMATAACEAE                              |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| <i>Gomphonema parvulum</i>                              | 0.539 | 0.331 | 0.183 | 0.128 | 0.07  | 0.053 | 0.024 | 0.3   | 1       | 1       |
| Orden: ACHNANTHALES                                     |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| Familia: ACHNANTHACEAE                                  |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| <i>Achnanthes brevipes</i> var <i>angustata</i>         | 0.049 |       |       |       | 2.781 | 0.053 | 0.045 |       | 3       | 1       |
| <i>Achnanthes clevei</i>                                |       |       |       |       |       | 0.053 | 0.023 | 0.027 |         |         |
| <i>Achnanthes delicatula</i>                            |       |       |       |       |       | 0.081 | 0.044 | 0.051 | 4       | 1       |
| <i>Achnanthes marginstriata</i>                         | 0.21  | 1.245 | 1.972 | 1.908 | 1.567 | 4.831 | 1.869 | 3.643 |         |         |
| <i>Achnanthes submarina</i>                             | 0.638 | 0.814 | 0.704 | 0.716 | 1.932 | 0.204 | 0.972 | 0.917 | 2       | 1       |
| Familia: COCCONEIDACEAE                                 |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| <i>Cocconeis diruptoides</i>                            |       | 0.021 |       |       |       |       |       |       | 5       | 1       |
| <i>Cocconeis disculus</i>                               |       | 0.115 |       |       | 0.072 |       |       |       | 6       | 1       |
| <i>Cocconeis placentula</i><br>var <i>pseudolineata</i> |       |       |       |       |       |       | 0.022 | 0.051 | 1       | 1       |
| <i>Cocconeis placentula</i>                             | 0.03  | 0.095 |       | 0.155 | 0.075 | 0.025 | 0.119 |       | 1       | 1       |
| <i>Cocconeis placentula</i> var <i>placentula</i>       | 0.165 | 0.134 |       |       |       |       | 0.023 | 0.101 |         | 1       |
| <i>Cocconeis placentula</i> var <i>lineata</i>          | 0.048 |       |       |       |       | 0.186 |       | 0.231 | 1       | 1       |
| <i>Cocconeis</i> sp1                                    |       |       |       |       | 0.043 |       |       |       |         | 1       |
| Orden: NAVICULALES                                      |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| Suborden: NEIDIINEAE                                    |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| Familia: AMPHIPLEURACEAE                                |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| <i>Frustulia rhomboides</i>                             |       | 0.024 | 0.026 |       |       |       |       | 0.045 | 6       | 1       |
| Familia: NEIDIACEAE                                     |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| <i>Neidium affine</i>                                   | 0.026 |       |       |       | 0.025 |       |       |       | 6       | 1       |

| Estación/años  | E2    |       | E4    |       | E6    |       | E8    |       | Hábitos | Hábitat |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|---------|
|  | 1990  | 1992  | 1990  | 1992  | 1990  | 1992  | 1990  | 1992  |         |         |
| Suborden: SELLAPHORINEAEA  |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| Familia: SELLAPHORACEAE  |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| <i>Sellaphora pupula</i>   |       | 0.083 |       |       |       |       |       |       | 1       | 1       |
| <i>Fallacia forcipata</i>  |       |       |       |       | 0.04  |       |       |       | 5       | 2       |
| <i>Fallacia hyalinula</i>  | 0.047 |       |       | 0.095 |       | 0.026 | 0.024 |       | 5       | 2       |
| <i>Fallacia pygmaea</i>  | 0.787 | 0.541 | 0.053 | 0.251 | 0.026 |       |       | 0.029 | 4       | 1       |
| <i>Fallacia tenera</i>   | 4.02  | 0.195 | 0.767 | 0.101 | 0.198 | 0.053 | 2.066 | 0.198 |         |         |
| <i>Caloneis anphisbaena</i>  | 0.381 | 0.024 | 0.139 | 0.108 |       | 0.028 | 0.193 |       | 3       | 1       |
| Familia: PINNULARIACEAE  |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| <i>Pinnularia acrosphaeria</i>   | 0.066 | 0.025 |       |       | 0.025 |       | 0.024 |       | 6       | 1       |
| <i>Pinnularia lundii</i>   |       |       |       | 0.025 |       |       |       |       | 1       | 1       |
| Suborden: DIPLONEIDINEAEA  |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| Familia: DIPLONEIDACEAE  |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| <i>Diploneis fusca</i> var <i>pelagi</i>                               | 0.044 |       |       |       | 0.023 | 0.052 | 0.024 |       | 5       | 2       |
| Suborden: NAVICULINEAE   |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| Familia: NAVICULACEAE  |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| <i>Navicula balusiensis</i>  | 0.024 | 0.206 | 0.045 | 0.1   |       | 0.151 |       | 0.057 | 5       | 1       |
| <i>Navicula cancellata</i>   |       | 0.071 | 0.081 | 0.028 |       | 0.233 | 0.558 | 0.133 | 5       | 1       |
| <i>Navicula clamans</i>  | 0.343 | 0.142 | 0.248 | 0.327 | 0.021 | 0.051 | 0.024 | 0.028 | 3       | 1       |
| <i>Navicula gregaria</i>   | 0.506 | 1.421 | 1.346 | 0.87  | 5.658 | 3.578 | 1     | 1.565 | 1       | 1       |
| <i>Navicula longa</i>  | 0.547 | 0.193 |       | 0.05  | 0.78  | 0.051 |       | 0.055 | 5       | 1       |
| <i>Navicula margalithii</i>  | 0.306 | 0.208 | 0.138 |       | 0.048 |       | 0.067 |       | 3       | 1       |
| <i>Navicula protracta</i>  | 1.664 | 0.883 | 3.091 | 2.461 | 9.518 | 2.915 | 7.34  | 2.544 | 1       | 1       |
| <i>Navicula salinarum</i>  |       |       |       |       | 0.024 | 0.025 |       | 0.082 | 4       | 1       |
| <i>Navicula salinicola</i>   | 4.378 | 6.794 | 6.776 | 3.664 | 0.866 | 3.309 | 0.977 | 5.199 | 3       | 1       |
| <i>Navicula</i> sp 9   |       |       |       |       |       | 0.025 |       |       |         |         |
| <i>Navicula yarrensii</i>  | 3.492 | 1.031 | 1.54  | 0.688 | 1.93  | 0.272 | 2.706 | 0.511 | 3       | 1       |
| <i>Haslea frauenfeldii</i>   |       | 0.021 |       | 0.027 |       | 0.131 | 0.022 | 0.197 | 5       | 2       |
| Familia: PLEUROSIGMATACEAE   |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| <i>Pleurosigma angulatum</i>   | 0.35  |       |       |       | 0.249 | 0.028 |       | 0.029 | 4       | 1       |
| <i>Pleurosigma elongatum</i>   |       | 1.796 | 0.107 | 1.798 |       | 1.111 | 0.405 | 1.08  | 3       | 1       |
| <i>Pleurosigma salinarum</i>   |       | 0.094 |       |       |       | 0.026 |       |       | 3       | 1       |
| <i>Gyrosigma acuminatum</i>  | 0.747 | 0.24  | 0.529 | 0.193 |       |       | 0.232 |       | 6       | 1       |
| <i>Gyrosigma balticum</i>  | 12.79 | 7.865 | 7.832 | 11.32 | 1.353 | 3.721 | 6.798 | 7.622 | 3       | 1       |
| <i>Gyrosigma nodiferum</i>   | 0.734 |       |       | 0.027 |       |       |       |       |         | 1       |
| Familia: PLAGIOTROPIDACEAE   |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| <i>Plagiotropis lepidoptera</i>  | 1.701 | 0.425 | 1.044 | 0.978 | 0.409 | 0.388 | 1.109 | 1.052 | 3       | 1       |
| <i>Plagiotropis vanheurckii</i><br>(= <i>Tropidoneis vanheurckii</i> ) |       |       |       | 0.023 |       | 0.026 |       | 0.055 |         |         |
| Familia: STAURONEIDIACEAE  |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| <i>Stauroneis anceps</i>   |       |       |       | 0.025 |       | 0.053 | 0.022 |       | 6       | 1       |
| <i>Stauroneis gregorii</i>   | 0.054 |       |       |       |       |       |       |       | 2       | 1       |
| <i>Stauroneis producta</i>   | 4.795 | 5.416 | 17.26 | 13.46 | 10.01 | 10.62 | 9.003 | 12.59 | 3       | 1       |
| <i>Stauroneis salina</i>   |       |       | 0.025 | 0.027 |       |       | 0.022 | 0.033 |         |         |
| Familia: PROSCHKINIACEAE   |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| <i>Proschkinia complanata</i>  |       | 0.048 |       |       |       |       |       |       | 3       | 1       |
| Orden: THALASSIOPHYSALES   |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| Familia: CATENULACEAE  |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| <i>Amphora angusta</i> var <i>eulensterii</i>                          | 0.314 | 0.235 |       | 0.08  |       |       | 0.023 |       | 5       | 1       |
| <i>Amphora angusta</i> var <i>ventricosa</i>                           | 3.804 | 2.937 | 4.847 | 4.259 | 0.78  | 3.368 | 2.497 | 3.336 | 5       | 1       |
| <i>Amphora bigiba</i>  |       | 0.024 |       |       |       | 0.298 |       |       | 3       | 1       |
| <i>Amphora coffeaeformis</i>   | 3.643 | 6.478 | 10.79 | 9.163 | 14.3  | 16.25 | 8.688 | 12.93 | 3       | 1       |
| <i>Amphora lineolata</i>   | 0.388 | 1.69  | 0.084 | 0.373 | 0.046 | 0.182 | 0.067 | 0.166 | 3       | 1       |
| <i>Amphora ovalis</i>  | 0.144 | 0.098 | 0.138 | 0.134 | 0.063 |       | 0.123 | 0.286 | 1       | 1       |
| Orden: BACILLARIALES   |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| Familia: BACILLARIACEAE  |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| <i>Bacillaria paradoxa</i>   |       |       | 0.027 |       |       | 0.127 |       | 0.082 | 3       | 2       |
| <i>Hantzschia anfioxus</i>   | 0.371 |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| <i>Hantzschia marina</i>   |       |       |       |       |       |       | 0.026 |       | 3       | 1       |
| <i>Psammodictyon constrictum</i>                                       |       | 0.023 |       |       | 0.02  |       | 0.022 |       | 5       | 2       |
| <i>Tryblionella marginulata</i>  | 0.904 | 0.159 | 0.051 | 0.107 |       | 0.055 |       | 0.029 | 3       | 2       |
| <i>Tryblionella coarctata</i>  | 0.026 |       | 0.182 | 0.061 | 5.773 | 0.158 | 6.821 | 1.302 | 5       | 2       |

| Estación/años                                   | E2    |       | E4    |       | E6    |       | E8    |       | Hábitos | Hábitat |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|---------|
|   | 1990  | 1992  | 1990  | 1992  | 1990  | 1992  | 1990  | 1992  |         |         |
| <i>Tryblionella hungarica</i>                   | 0.451 | 0.073 | 0.202 | 0.027 | 0.019 | 0.025 | 0.022 | 0.088 | 1       | 2       |
| <i>Nitzschia acicularis</i>                     | 0.052 | 0.307 |       |       |       |       |       |       | 1       | 1       |
| <i>Nitzschia angularis</i>                      | 0.281 | 1.056 | 0.262 | 0.967 | 0.558 | 1.116 | 0.043 | 1.006 | 4       | 1       |
| <i>Nitzschia capitellata</i>                    | 1.324 | 3.261 | 0.451 | 2.589 | 0.351 | 0.309 | 0.179 | 0.471 | 4       | 1       |
| <i>Nitzschia compressa</i> var <i>compressa</i> | 0.846 | 0.096 | 0.076 | 0.053 | 4.813 | 0.158 |       | 0.37  | 2       | 1       |
| <i>Nitzschia frustulum</i>                      | 1.264 | 0.498 | 0.276 | 0.353 | 0.145 | 0.053 | 0.63  | 0.279 | 1       | 1       |
| <i>Nitzschia gracilis</i>                       |       |       | 0.031 |       |       |       |       | 0.477 | 1       | 1       |
| <i>Nitzschia longissima</i>                     |       | 0.07  |       | 0.027 |       |       |       |       | 5       | 1       |
| <i>Nitzschia lorenziana</i>                     | 0.219 | 0.045 |       |       |       |       |       |       | 2       | 1       |
| <i>Nitzschia martiniana</i>                     | 2.962 | 1.145 | 1.067 | 1.985 | 0.469 | 0.507 | 0.779 | 1.51  | 2       | 1       |
| <i>Nitzschia palea</i>                          | 0.067 | 0.504 |       | 0.462 | 0.319 |       |       |       | 1       | 1       |
| <i>Nitzschia pusilla</i>                        | 0.203 | 0.333 | 0.152 | 0.318 | 0.999 | 1.903 | 0.372 | 1.062 | 1       | 1       |
| <i>Nitzschia scalpelliformis</i>                |       |       |       |       |       |       |       | 0.025 | 2       | 1       |
| <i>Nitzschia sigma</i>                          | 3.45  | 0.738 | 0.708 | 0.753 | 4.395 | 0.365 | 2.347 | 1.102 | 3       | 1       |
| Orden: RHOPALODIALES                            |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| Familia: RHOPALODIACEAE                         |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| <i>Rhopalodia gibberula</i>                     | 0.044 | 0.095 | 0.058 | 0.104 | 0.024 | 0.757 | 0.024 | 0.287 | 1       | 1       |
| Orden: SURIRELLALES                             |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| Familia: ENTOMONEIDACEAE                        |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| <i>Entomoneis alata</i>                         | 0.412 | 1.459 | 0.394 | 1.031 | 0.898 | 0.182 | 3.983 | 0.161 | 4       | 1       |
| Familia: SURIRELLACEAE                          |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
| <i>Surirella fastuosa</i>                       |       |       |       |       |       |       | 0.087 |       | 3       | 2       |
| <i>Surirella febigeri</i>                       | 0.048 | 0.022 | 0.111 | 0.056 | 0.149 |       | 0.959 | 0.117 | 3       | 2       |
| <i>Campylodiscus clypeus</i>                    | 1.12  | 0.071 | 0.955 | 0.177 | 0.089 | 0.026 | 0.464 | 0.061 | 3       | 2       |

Clave de hábitos: 1. Dulce y salobre; 2. Salobre; 3. Salobre y salada; 4. Dulce, salobre, salada; 5. Marina, nerítica oceánica; 6. Dulce. Hábitats: 1. planctónica; 2. bentónica

Anexo 3

Diatomeas comunes en la laguna de Cuyutlán



*Amphora coffeaeformis*



- *Tabularia fasciculata*



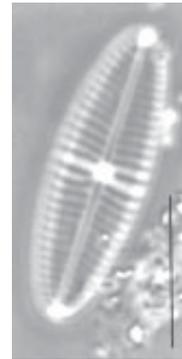
*Stauroneis producta*



*Gyrosigma balticum*



*Cyclotella striata*



*Navicula protracta*



*Cyclotella distinguenda*



# MARCO AMBIENTAL

*Contaminación*



# Basura marina en la costa de Manzanillo, Colima

Lidia Silva Íñiguez\*  
Claudia Guadalupe Gutiérrez Corona\*  
Roxana Pérez López\*

## Resumen

La contaminación por basura causa deterioro al ambiente al disminuir la calidad y el valor estético de los lugares donde se deposita inadecuadamente. En la campaña de limpieza de costas de 2003 realizada en las bahías de Manzanillo y Santiago (Col.) se recolectó, clasificó y cuantificó (en número y peso) la basura costera depositada en una extensión total de 407.48 km sobre la franja rocosa y arenosa del litoral, así como en el fondo marino y la que estaba flotando en el Puerto Interior, con la finalidad de determinar su origen, proponer soluciones, educar y sensibilizar a la población sobre la necesidad de disminuir dicha contaminación. Los tipos de basura marina se relacionaron con la recreación, el hábito de fumar, las actividades oceánicas, los desechos médicos y de higiene personal. Se recolectaron 26 731 objetos cuyo peso fue de 1 950 kg. En las playas de San Pedrito, las Brisas, Salagua y Santiago se recogieron materiales riesgosos para la salud, que deterioraban el atractivo turístico, mientras que en la zona Rompeolas-Club de Pesca se levantaron objetos que sugieren que el área es peligrosa e insegura. El efecto de estos desechos en el ambiente marino y en la actividad pesquera aparentemente aún no es significativo, pero es necesario hacer más estudios.

**Palabras clave:** Basura marina, calidad estética, contaminación, residuos sólidos.

## Introducción

Los contaminantes que más amenazan el medio marino, en orden variable de importancia y en situaciones

regionales o nacionales diferentes, son: aguas residuales, fertilizantes, compuestos orgánicos sintéticos, sedimentos, basura, metales, radionúclidos, petróleo e hidrocarburos aromáticos policíclicos. A partir de la década de los años setenta del siglo xx ha aumentado el interés científico, social y político para conocer y solucionar los problemas relacionados con la presencia de basura en los océanos y a lo largo de sus costas. En el pasado los desechos se consideraban desagradables a la vista, pero no peligrosos; sin embargo, en la actualidad se considera que la irresponsabilidad, los malos hábitos, la pereza y la ignorancia sobre el manejo de los desechos sólidos, han contribuido directamente a incrementar el volumen de la basura marina o costera en los océanos, definida ésta como cualquier desecho y residuo sólido de origen antropogénico o natural que llegue al medio y altere su condición natural además de disminuir su valor estético (Fig. 1).

La basura marina o costera, por su origen, se clasifica en dos: 1) La terrestre, en forma de desperdicios que las personas depositan de manera inadecuada en los ambientes costeros. Así como las descargas industriales, urbanas y las escorrentías pluviales que se vierten directa o indirectamente en las playas así como en los cauces de ríos y arroyos (Fig. 2a). 2) La marina (oceánica), en forma de desechos naturales que arriban a las playas, tales como algas, peces, mamíferos y medusas, entre otros. También contribuye a la contaminación la eliminación inadecuada de basura por los pasajeros y tripulantes de embarcaciones pesqueras, turísticas y de transporte; así como trabajadores que extraen recursos marinos, como minerales e hidrocarburos (Figs. 2 b y c).

Una vez que ciertos tipos de basura llegan al ambiente marino pueden permanecer ahí indefinidamente, como es el caso de los objetos de vidrio, o degradarse en días, meses o años, como ocurre con algunos objetos elaborados por el hombre. Los organismos marinos pueden ingerir la basura costera,

\* Facultad de Ciencias Marinas, Universidad de Colima. Km 20 carretera Manzanillo-Barra de Navidad, Manzanillo, Col. Correo electrónico: lsilva@uacol.mx, silvainiguez@hotmail.com



quedar atrapados en ella (Fig. 2d) y estrangularse, morir por asfixia, por inanición, o ser presas fáciles de los depredadores. En el caso de animales bentónicos, como los corales, los desechos pueden romper sus estructuras (Fig. 2e). Los prestadores de servicios que ahí laboran y los pescadores tienen pérdidas económicas, porque deben limpiar las playas sucias, reparar embarcaciones o equipo de trabajo dañado por basura marina; de igual forma, los visitantes corren el riesgo de padecer daños, como rasguños, picaduras y heridas ocasionadas por objetos depositados indebidamente en las playas.

Por otra parte, hay personas que se preocupan por el ambiente y por los organismos que en él habitan, y por ellos se organizan y voluntariamente participan en el saneamiento de las costas, así como en el acopio de información que posteriormente se usará para determinar el origen del problema y proponer soluciones preventivas. Un ejemplo de este tipo de organizaciones es Ocean Conservancy, que año tras año invita a todo aquel que quiera participar, el tercer sábado del mes de septiembre, a recoger la basura depositada en las costas.

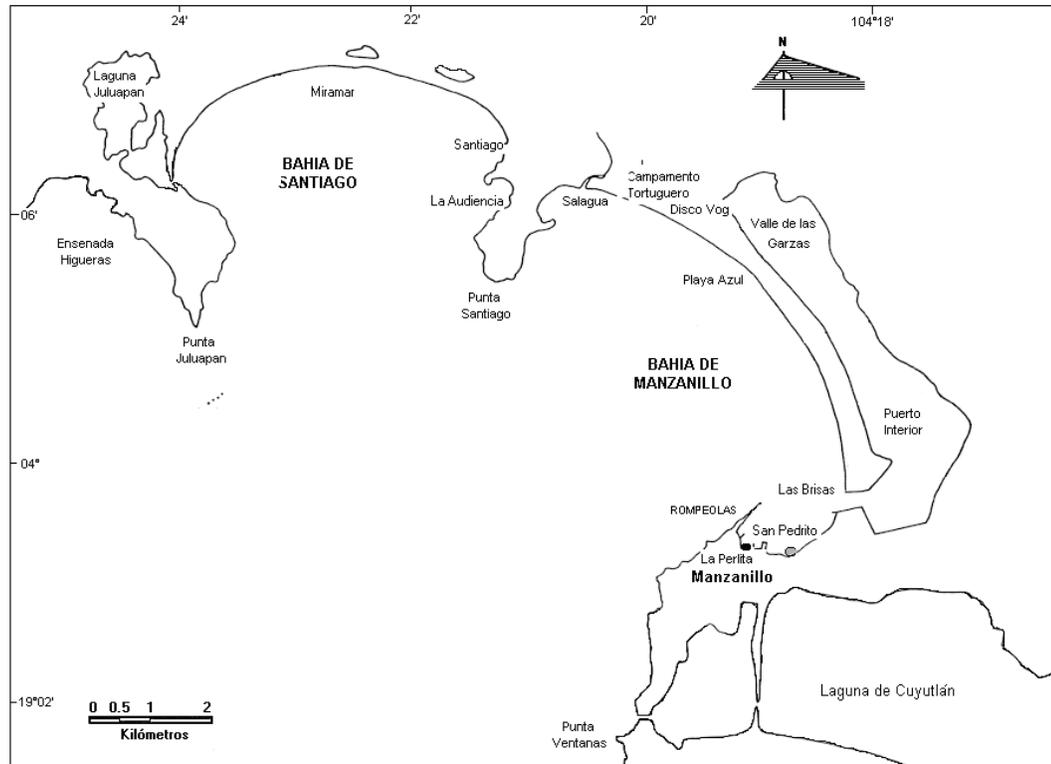
**Figura 2**  
Tipos de basura



- a) De origen terrestre (botellas, bolsas y tapaderas de plástico, servilletas papel, restos de alimento, ramas y hojas). b) y c) Basura de origen oceánico o marino (peces, medusa, algas verdes, embriones de mangle y parafina). d) Tortuga localizada en mar abierto, más allá de las 50 mn de la costa. e) Redes pesqueras enredadas en arrecifes de coral (Bahía de Santiago). Fotografías a-c) tomadas por los autores; d) por Javier Valdez-Flores; e) por Fernando Hernández-Prado.

Figura 3

Litoral de Manzanillo, Colima, recorrido durante la Campaña Internacional de Limpieza de Costas, 2003



Las playas son uno de los espacios naturales costeros más importantes, por su atractivo turístico y por la derrama económica que esto conlleva; el municipio de Manzanillo (Colima) cuenta con playas hermosas y bien comunicadas, por lo que se estima que aproximadamente 2 413 371 personas visitaron Manzanillo entre 2000 y 2003, con un promedio de estadía de 2.8 días por persona.<sup>1</sup> Estas cifras dan una idea de su repercusión en la economía del municipio y el estado; sin embargo, es necesario que las playas luzcan y permanezcan limpias para que la satisfacción del usuario sea plena y para que el ambiente se conserve sano.

El objetivo de este trabajo fue determinar el origen de la basura marina en la costa de Manzanillo, Colima, con la finalidad de proponer soluciones preventivas que permitan que estos espacios naturales luzcan y permanezcan limpios.

## Métodos y materiales

En el Puerto de Manzanillo, la Universidad de Colima a través de la Facultad de Ciencias Marinas, organizó la Campaña de Limpieza de Costas en las bahías de Manzanillo y Santiago ubicadas al oeste del estado de Colima, entre los 19° 01' y 19° 07' N y 104° 18' y 104° 26' O (INEGI,<sup>2</sup> 2004) (Fig. 3). Dicho evento se realizó el día 20 de septiembre de 2003 y reunió a 592 voluntarios de instituciones educativas privadas y públicas, Organizaciones No Gubernamentales y población en general.

La campaña abarcó tres aspectos: la limpieza de la orilla del agua (franja arenosa y rocosa), de los accesos a las playas y de la recolección de la basura submarina y flotante. En la bahía de Manzanillo se limpió una franja que abarca desde el Centro Histórico de Manzanillo hasta la playa Salagua, cuya longitud es de 56.5 km (los puntos extremos fueron el Rompeo-

1. Sistema Nacional de Información Estadística del Sector Turismo de México-DATATUR con base en información generada a través del programa de monitoreo de la ocupación en servicios turísticos de hospedaje.

2. <http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/estados/> INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática), 2004.

Tabla 1

Descripción de litoral de Manzanillo, limpiado durante la Campaña Internacional de Limpieza de Costas, 2003

| Espacio          | Tipo de costa                            | Características Físico-geomorfológicas       |                   |                 |                                  |              | Comentarios generales |  |
|------------------|--|--|-------------------|-----------------|----------------------------------|--------------|-----------------------|--|
|                  |  | Pendiente                                    | Oleaje            | Color Sedimento | A                                | L            |                       |  |
| BAHÍA MANZANILLO | San Pedrito                              | Playa de bolsillo con arena fina             | Ligera            | Ausente         | Café dorado                      | Ausente      | 450m                  | Playa colindante con la ciudad, altamente accesible y frecuentada por los habitantes.  |
|                  | Brisas                                   | Playa con arena media a gruesa               | Moderada a fuerte | Medio-Alto      | Café dorado                      | Menor de 10m | 3km                   | Playa saturada de construcciones turísticas y urbanas con acceso moderado  |
|                  | Playa Azul                               | Playa con arena gruesa                       | Moderada a fuerte | Alto            | Gris a negro                     | Menor de 10m | 3km                   | Playa saturada de construcciones turísticas y urbanas con acceso moderado  |
|                  | Salagua                                  | Playa con arena gruesa                       | Moderada a fuerte | Medio-Alto      | Café dorado                      | Menor de 10m | 1.5km                 | Playa saturada de construcciones turísticas con acceso limitado  |
|                  | Accesos                                  | Adoquín rojo                                 | No aplica         | No aplica       | No aplica                        | No aplica    | 40m                   | Brindan los siguientes servicios: alumbrado público, regaderas, lava pies, bancas y áreas verdes   |
|                  | Rompeolas-muelle la Perlita-Club Náutico | Construcción con rocas y muelles de concreto | No aplica         | No aplica       | Gris                             | No aplica    | 1.5km                 | Rompeolas es una construcción de protección de los muelles de atraque del puerto antiguo. Ubicado en las inmediaciones del centro histórico. |
| BAHÍA SANTIAGO   | Audiencia                                | Playa de bolsillo con arena fina a media     | Moderada a fuerte | Bajo            | Ligeramente dorado y fondo negro | Menor de 10m | 450m                  | Playa saturada de construcciones turísticas con acceso moderado, altamente frecuentado por personas no locales.                              |
|                  | Santiago                                 | Playa con arena fina                         | Moderada          | Bajo a Medio    | Gris a negro                     | Menor de 10m | 2km                   | Playa saturada de construcciones turísticas con acceso moderado.   |
|                  | Miramar                                  | Playa con arena fina a media                 | Ligera            | Medio-Alto      | Café dorado                      | 10-20m       | 3km                   | Playa con construcciones turísticas y urbanas altamente accesible y frecuentadas por los habitantes y turistas.                              |

A = Amplitud de la zona de rompiente. L = Longitud

las y el arroyo de Salagua). Dicha área fue dividida en tres secciones: a) Rompeolas-Club de Pesca, b) las playas de San Pedrito, las Brisas, Playa Azul y Salagua y c) accesos a las playas Brisas, Playa Azul y Salagua (Tabla 1, Fig. 3). En la Bahía de Santiago se limpiaron únicamente las playas de Santiago y Miramar, que tienen una longitud aproximada de 35.2 kilómetros.

La limpieza subacuática se realizó en dos sitios, el primero de los cuales se encuentra en la bahía de Manzanillo, donde se trabajó una franja con una longitud promedio de 8.8 km, desde el muelle La Perlita hasta la playa de San Pedrito. El segundo sitio fue la playa de la Audiencia en la Bahía de Santiago, donde se limpió una distancia de 7.2 kilómetros.

La basura flotante se recogió en todo el Puerto Interior de Manzanillo, donde el canal de acceso dio una extensión de 300 km aproximadamente (véase la forma en que se estimó en el inciso "Valoración de la extensión..."). Esta labor la realizó personal adscrito a la Administración Portuaria Integral (API) de Manzanillo.

La metodología empleada fue la propuesta por Ocean Conservancy (2003) y consistió en designar capitanes de Zona responsables de clasificar, cuantificar

y determinar el peso de la basura marina recolectada junto con los voluntarios en el sitio asignado.

#### Clasificación y cuantificación de la basura marina

Esta tarea consiste en determinar el origen y la cantidad de los objetos encontrados en las recolectas. Los desechos se han tipificado como: 1) provenientes de actividades realizadas en las orillas de las playas y recreativas; 2) provenientes de actividades realizadas en los océanos y en otros cuerpos de agua; 3) provenientes de actividades relacionadas con el hábito de fumar; 4) provenientes de la disposición indebida de desechos sólidos; 5) biomédicos e higiénicos; y 6) de interés local (Anexo 1).

#### Valoración de la extensión de la playa limpiada

La medida se obtuvo a partir de las distancias paralela (AB) y perpendicular a la costa (C):

$$\text{Ec. 1} \quad \text{ETL} = [(AB)(C)] / 3.05 / 1000$$

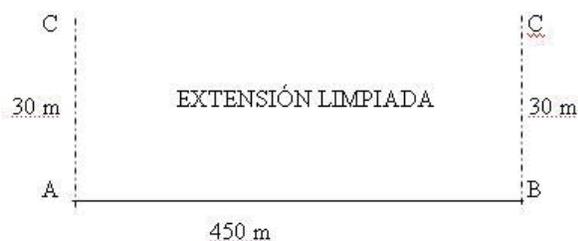
Donde: ETL es extensión total de limpieza; AB es la distancia paralela a la costa (metros); C es la distancia perpendicular a la línea de costa (metros); 3.05 es la distancia lineal promedio en metros limpiada por voluntario (Ocean Conservancy, 2003) y 1000 es la equivalencia para convertir metros a kilómetros. Cabe mencionar que Ocean Conservancy recomienda que la extensión total sometida a limpieza se reporte en unidades lineales (kilómetros), como se muestra el siguiente ejemplo, y no en unidades de superficie:

La ETL limpiada de una franja de 450 m de largo por 30 m de ancho (Fig. 4) es igual a:

$$\begin{aligned} \text{ETL} &= (450 \text{ m}) (30 \text{ m}) / 3.05 \text{ m} / 1000 \text{ m} \\ \text{ETL} &= 4.42 \text{ km} \end{aligned}$$

Figura 4

Croquis que muestra el cálculo de la ETL



#### Limpieza subacuática

La recolección se realizó en tres zonas con la dirección de un responsable encargado de verificar que todos los buzos participantes estuvieran certificados para usar equipo autónomo; designar los sitios que se debían limpiar de acuerdo con la experiencia y el conocimiento del litoral; facilitar el equipo completo y seguro, así como el material necesario para la recolección de la basura y, finalmente, elegir a los coordinadores de zona. Las bolsas con basura se concentraron en embarcaciones y posteriormente se llevaron a tierra firme para clasificar y cuantificar los desperdicios. Las áreas que se limpiaron limpieza fueron:

- Muelle la Perlita, que se trabajó en un transecto de 1000 m de longitud por 50 m hacia el mar (perpendicular a la costa). Participaron 23 buzos, un lanchero y un coordinador.
- Playa San Pedrito, donde se recolectó en cuatro transectos de 110 m de longitud por 50 m de ancho. Colaboraron 18 buzos, un lanchero y un coordinador.
- Playa Audiencia, donde se recogieron los desechos en cuatro transectos de 110 m de largo por

50 m perpendiculares a la costa. Participaron ocho buzos, un lanchero y un coordinador.

#### Peso de la basura marina

Las bolsas que se utilizaron para depositar la basura recogida soportan un peso no mayor a siete kilogramos. Por ello se estimó el peso de una bolsa de este tipo, "llena", en 15 libras o 6.803 kilogramos (Ocean Conservancy, 2003).

#### Resultados

La extensión total (ETL) limpiada durante la Campaña Internacional de Limpieza de Costas 2003 en el litoral de Manzanillo, Col., fue de 407.48 km, se recogieron 26 731 objetos, que pesaron 1 950 kg. En el evento participaron 592 voluntarios (Tabla 2).

Los materiales que predominaron en la basura costera recogida fueron: acetato de celulosa, plástico, unicel o *foam*, vidrio, materia orgánica natural y papel o cartón, integrados en objetos como colillas de cigarro, tapaderas o tapones; botellas, bolsas, vegetación terrestre, servilletas, cajetillas de cigarro y platos, vasos, cucharas, tenedores. El total de estos objetos constituyó casi 96% del de la basura marina recolectada (Tabla 3).

#### Distribución y abundancia de la basura marina o costera en Manzanillo, Colima

*Playas y rompeolas.* La ETL que se abarcó en esta sección fue de aproximadamente 89.79 km, donde se levantaron 850 kg de basura (Tabla 4). Se cuantificó un total de 17 397 objetos, dentro de los que predominaron las colillas de cigarro (5 227), las botellas de bebidas de plástico de dos litros o menos (2 378), las tapaderas o tapones (1 854) y las bolsas de plástico (1 817). Es importante resaltar que en la sección del rompeolas al Club de Pesca se encontraron frascos de vidrio y bolsas de plástico con restos de pegamento de contacto (Resistol 5000®) que los drogadictos inhalan.

En las playas de San Pedrito, Playa Azul-Salagua y Miramar se juntó mayor cantidad de basura costera: 6 223, 3 788 y 3 323 objetos, respectivamente. Por ello, considerando la longitud de la ETL en cada una de ellas, y suponiendo que los voluntarios participantes recogieron todos los desechos ahí presentes, se podría decir que la playa San Pedrito era la más sucia (1.41 objetos·m<sup>-1</sup>), seguida por la playa Santiago que mostró 0.41 objetos·m<sup>-1</sup>. En cambio, la playa de Olas Altas mostró la menor cantidad de basura costera (Fig. 5).

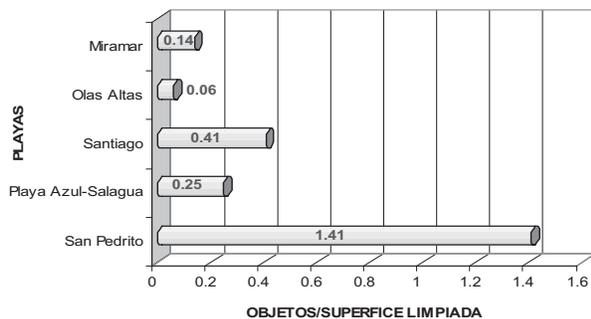
Tabla 2  
Basura marina o costera recolectada durante la Campaña Internacional de Limpieza de Costas 2003, en Manzanillo, Col., México

| Costa limpiada | Superficie (km) | Objetos recolectados (núm) | Basura (kg)  | Voluntarios |
|----------------|-----------------|----------------------------|--------------|-------------|
| Playas         | 89.79           | 17 397                     | 857          | 440         |
| Sub-acuática:  |                 |                            |              |             |
| *fondo marino  | 16.06           | 1 708                      | 417          | 55          |
| **flotante     | 299.67          | 84                         | 16           | 2           |
| Andadores      | 1.96            | 7542                       | 660          | 95          |
| <i>Total</i>   | <i>407.48</i>   | <i>26 731</i>              | <i>1 950</i> | <i>592</i>  |

Tabla 3  
Objetos predominantes durante la Campaña Internacional de Limpieza de Costas, 2003, en Manzanillo, Colima, México

| Objeto   | Cantidad total | Porcentaje   |
|--|----------------|--------------|
| 1. Colillas de cigarro                             | 8 141          | 30.46        |
| 2. Tapaderas, tapones y corcholatas                | 4 474          | 16.74        |
| 3. Botellas de bebidas (plástico) de 2 l o menores | 3 270          | 12.23        |
| 4. Bolsas de plástico                              | 2 999          | 11.22        |
| 5. Envolturas                                      | 1 712          | 6.40         |
| 6. Vegetación terrestre (desechos naturales)       | 1 710          | 6.40         |
| 7. Platos, cucharas, tenedores, etc.               | 1 466          | 5.48         |
| 8. Botellas de vidrio                              | 941            | 3.52         |
| 9. Envolturas y cajetillas de cigarrillos          | 554            | 2.07         |
| 10. Papel/cartón                                   | 303            | 1.13         |
| <i>Total</i>                                       | <i>25 570</i>  | <i>95.66</i> |

Figura 5  
Basura marina recogida en las playas de Manzanillo, Colima, durante la Campaña de Limpieza de Costas, 2003



*Andadores o entradas a las playas.* La extensión aproximada que se limpió en esta sección de costa fue de 1.96 km de donde se levantaron 660 kg de basura con la participación de 95 personas. Se cuantificó un total de 7 542 objetos, entre los que predominaron las colillas de cigarrillos, tapaderas o tapones, botellas de plástico para bebidas y pedacería de vidrio (Tabla 4).

*Limpieza subacuática.* Participaron en ella 55 buzos voluntarios. La extensión aproximada que se limpió fue de 16.06 km; se levantaron 417 kg de basura (Tabla 4). Se clasificaron y cuantificaron 1 787 obje-

tos, entre los que abundaron las bolsas de plástico, las botellas de plástico para bebidas y las envolturas.

*Limpieza de basura flotante.* Sólo participaron dos personas, que recolectaron 16 kg de basura marina en una extensión promedio de 299.67 km (Gilberto Cruz,<sup>3</sup> com. pers.); de los 94 objetos recolectados, predominaron las bolsas y botellas de bebidas de plástico (Tabla 4).

*Origen o Fuente de la basura marina o costera en Manzanillo*

Para determinar el origen de la basura en el litoral de Manzanillo, se relacionaron los objetos recolectados con las posibles actividades que los producen: 1) en la línea costera y actividades recreativas, 2) en océanos y cursos de agua, 3) actividades vinculadas al hábito de fumar, 4) residuos sólidos eliminados inadecuadamente, y 5) desechos médicos y de higiene personal (Tabla 5).

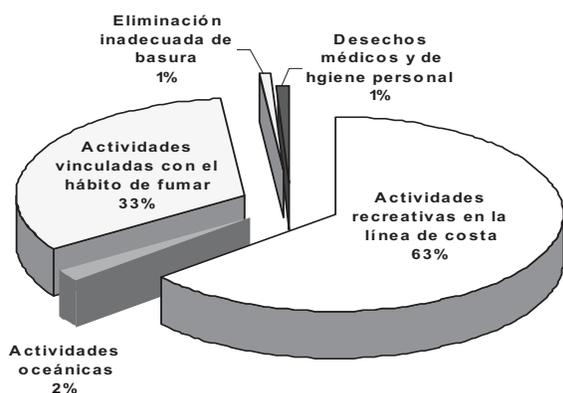
Los resultados muestran dos fuentes principales: la primera se relaciona con las actividades recreativas

3. Ing. Gilberto Cruz., Administración Portuaria Integral de Manzanillo

realizadas en la orilla, ya que aportaron la mayor cantidad (17 107 objetos o 64%), y en la que predominaron las tapaderas o tapones, botellas plásticas de bebidas de dos litros o menores, las bolsas y envolturas de plástico. La segunda fuente tiene su origen en el hábito de fumar, ya que estos desechos contribuyeron con 32.7%. Estas dos fuentes representaron 96.7% de la basura durante la limpieza de costas del año 2003.

De la basura marina, 3.3% provino de actividades que se desarrollan en el océano, ya que se recogieron 455 objetos (1.7%) de esta categoría, en él predominaron los botes de aceites lubricantes, blanqueadores o detergentes y las boyas o flotadores. La eliminación inadecuada de la basura fue relacionada con 233 objetos (0.9%), dentro de los que prevalecieron el material de construcción, pilas y llantas y, por último, 193 objetos (0.72%) correspondieron a desechos médicos o de higiene personal, dentro de los que sobresalieron los pañales desechables y condones (Fig. 6).

Figura 6  
Origen o fuente de la basura marina  
en las playas de Manzanillo



## Discusión

La limpieza del litoral manzanillense en el año 2003 fue realizada por 592 voluntarios de los 2 517 que participaron en México y se abarcó una extensión aproximada de 407.48 km. El esfuerzo de los participantes en la recolección de basura marina y en la generación de datos ha ayudado a cambiar la manera de pensar y de actuar de muchos ciudadanos sobre la factibilidad de usar al mar como depósito de los desperdicios producidos por la sociedad. En otras palabras, actividades como ésta sirven para informar, capacitar y educar a la población sobre esta problemática, a la vez que proporcionan herramientas que puedan conducir a cambios en el comportamiento humano y

contribuir al diseño de estrategias que disminuyan los daños ocasionados por la basura marina o costera.

La recolección de basura marina en grandes extensiones y el acopio de esos datos con apoyo de personas de diferente edad, sexo, religión, partido político y grado académico, es la forma más apropiada, y probablemente la más económica, de limpiar el litoral y generar datos que se conviertan en una herramienta para determinar el origen de la basura en gran escala, proponer medidas preventivas y desarrollar estrategias eficaces para el control de la contaminación (Ocean Conservancy, 2003; Rees y Pond, 1995). No obstante, la participación de voluntarios en la recopilación de datos ha sido criticada por algunos investigadores que argumentan que aquéllos pudieran identificar incorrectamente los objetos; además de la poca o nula habilidad y eficiencia de los participantes para localizar los objetos en el litoral. Sin embargo, es importante resaltar que el método diseñado por Ocean Conservancy es muy sencillo y “amigable”, y puede ser usado por personas sin formación profesional debido a que lo que se identifica son elementos comunes como latas, botes, tapaderas y artículos de uso frecuente. Además, se debe considerar que los voluntarios no tienen motivo alguno para alterar los datos colectados (Rees y Pond, 1995).

Durante las últimas tres décadas se han efectuado monitoreos de basura en muchos litorales del mundo; empero, no existe un método estandarizado para evaluar este tipo específico de contaminación, ya que los ambientes costeros, y en particular las playas, difieren mucho en tipo, tamaño, estructura y procesos dinámicos (Earll *et al.*, 2000): Otra posibilidad pudiera ser que la composición de la basura es muy heterogénea y los sitios en donde ésta se localiza también son muy variables, dado que el depósito depende de procesos físicos y antropogénicos.

Los materiales sintéticos que predominaron en el litoral manzanillense fueron: acetato de celulosa, plástico, unicel o *foam* y vidrio. Los cigarrillos y colillas, bolsas, tapaderas, envolturas, botellas para bebidas, vasos, platos, tenedores, cuchillos, cucharas y botellas de vidrio. Estos datos concuerdan con los arrojados en la recolecta hecha en las playas de San Miguel, zona junto al Arroyo El Gallo y el CONALEP de Ensenada, BC, donde se limpiaron aproximadamente 1.7 km, con el apoyo de 170 voluntarios que recogieron 2 340 kg de basura costera (Manríquez-Castro, 2003). Cabe resaltar que los resultados obtenidos en esta campaña no pueden ser comparados con los de otro lugar, debido a que es necesario contar con información de al menos cinco años y de preferencia consecutivos, para describir las variaciones por playa.

La recolección de la basura marina y, sobre todo, prevenir su depósito, es sumamente importante: Por ello, es indispensable que se realicen más campañas de limpieza al año y que se cuente con un monitoreo permanente, ya que la capacidad de flotación, la facilidad de desplazamiento (ya sea arrastre por vientos, ríos o corrientes marinas), y la tasa de degradación de los objetos sintéticos, pueden ocasionar que éstos permanezcan por décadas en las playas y en el fondo marino: Un claro ejemplo, son las colillas de cigarro, cuyo promedio de vida es de 10 años, las botellas de bebidas de plástico (300 a 500 años) y las bolsas de plástico (35 a 60 años) (Generalitat de Catalunya,<sup>4</sup> 2005). Por otro lado, cuanto más tiempo permanece el objeto en el sitio, mayor es la amenaza que supone para la navegación, el ecosistema y para el hombre.

Los dos peligros más graves para los organismos marinos son: la ingesta de basura (flotante o del fondo) y quedar atrapados o enredados en ella, ya sea por accidente, por curiosidad o por confundirla con alimento. El número de animales lastimados, enredados o muertos por esta causa es desconocido; sin embargo, científicos del Reino Unido<sup>5</sup> estiman que más de un millón de aves, 100 000 mamíferos y tortugas marinas mueren anualmente por esta razón.

El impacto de los desperdicios en el estado de salud de los organismos que habitan la región no se ha determinado, por lo que es necesario hacer estudios de contenido estomacal de los pelágicos mayores, especialmente en dorados (*Coryphaena hippurus*) y en pez vela (*Istiophorus platypterus*), ya que sus hábitos alimenticios son oportunistas. Aguilar-Palomino (1993) encontró objetos de plástico en 50.6% de los estómagos analizados de dorados capturados en la bahía de la Paz y Cabo San Lucas (BCS) durante 1990 y 1991; mientras que en especímenes colectados en Mazatlán y Cabo San Lucas se han encontrado restos de celofán, tapas de plástico y anillos de las botellas de leche (Tripp-Valdez,<sup>6</sup> com. pers.). Galván-Magaña<sup>7</sup> (com.pers.) mencionó el hallazgo de colillas de cigarrillos en el contenido estomacal del atún aleta amarilla y residuos plásticos en pez vela; mientras que Santana-Hernández (com. pers.) detectó una tortuga enre-

dada en un costal de arpilla más allá de las 50 mn de la línea de costa.

Los pescadores de la playa de la Boquita de Miramar (Fig. 3), ubicada en la Bahía de Santiago, consideran que en esta área la basura marina sólo llega a ser un problema durante la época de lluvias; y que los daños derivados del enredamiento de basura en las artes de pesca no son cuantiosos, puesto que las más utilizadas son las redes agalleras y la línea de mano, y tampoco se han producido problemas en la almadra por que ésta se retira durante la temporada de lluvias (véase al respecto, Espino-Barr *et al.* en este mismo libro).

Lo anterior permite suponer que la abundancia de basura marina en la costa de Manzanillo aún no es dañina para los organismos marinos y la actividad pesquera, pero podría llegar a serlo si no se instrumentan medidas preventivas adecuadas.

La basura marina es también peligrosa para los seres humanos expuestos a ella, y un ejemplo de ellos podrían ser los objetos punzo-cortantes, tales como agujas, pedacería de cristal o vidrio y latas mal abiertas, como las recogidas en las playas de San Pedrito, Brisas, Santiago y Salaguaya. Por otra parte, afectan el flujo turístico.

La presencia de objetos personales de higiene y de desechos médicos indica contaminación por microorganismos patógenos; mientras que en el caso particular de los envases con pegamento de contacto, se asocia con inseguridad en las playas. La basura costera, más que desagradable para los visitantes que disfrutan de las playas, es uno de los problemas de contaminación más generalizados, y afecta a todo el litoral mundial (Moore *et al.*, 2001; UNEP, 2005).

Al igual que se desconoce la cantidad de basura marina que llega al océano, la información disponible sobre su origen es escasa, ya que los objetos pueden recorrer largas distancias antes de depositarse en la costa. De manera general se estima que el origen de 80% de la basura marina es terrestre y únicamente 20% proviene de las actividades en el océano (Greenpeace, 2005; Metar y Parida, 2004; Silva-Íñiguez y Fischer, 2003). La información generada en eventos de limpieza de costas se han usado para determinar qué actividades producen o generan ciertos residuos recogidos a lo largo de las costas del mundo. En el caso particular de la basura marina en el litoral de Manzanillo, se registraron objetos provenientes de dos fuentes principales: 1) Actividades recreativas en la línea de costa (desechos arrojados por los turistas y visitantes a las playas, así como la basura proveniente de las calles y de desagües pluviales) y 2) Las actividades relacionadas con el hábito de fumar, que generan desperdicios que permanecen en el ambiente

4. Departamento de vivienda y medio ambiente y la Agencia catalana del agua [http://www.ehuif-fvas.org/biologia/especies\\_peligrosa.htm](http://www.ehuif-fvas.org/biologia/especies_peligrosa.htm)

5. Sea Life Surveys, "Minke Whale-Photo Identification", [www.sealifesurveys.co.uk/research.cfm](http://www.sealifesurveys.co.uk/research.cfm)

6. M. en C. Arturo Tripp-Valdez. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-IPN

7. Dr. Felipe Galván-Magaña, Investigador del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-IPN

Tabla 4  
Basura marina recolectada el 23 de septiembre de 2003 en Manzanillo, Colima, México

| <i>Costa limpiada</i>                                    | <i>Extensión promedio limpiada</i> | <i>Peso basura recolectada (kg)</i> | <i>Voluntarios</i> | <i>Objetos predominantes</i>  |
|--|------------------------------------|-------------------------------------|--------------------|---|
| <i>En las playas y el rompeolas</i>                      |                                    |                                     |                    |   |
| Rompeolas<br>-Club de pesca                              | 4.91 km                            | 307                                 | 45                 | 604 Botellas de plástico p/bebidas<br>398 tazas, platos, cucharas, etc.<br>288 bolsas de plástico<br>Se presentó basura peligrosa para la salud del hombre (bolsas o frascos con pegamento y pañales con excremento). <b>Material predominante: plástico</b>                        |
| Playa de San Pedrito                                     | 4.42 km                            | 335                                 | 90                 | 1014 Bolsas de plástico<br>865 Botellas de plástico p/bebidas<br>698 Tapas de recipientes<br>730 Colillas de cigarros<br>Se recogió basura costera peligrosa para la salud del hombre (objetos punzo cortantes y pañales con heces fecales). <b>Material predominante: plástico</b> |
| Playa las Brisas   | 29.5 km                            | 45                                  | 30                 | 944 Colillas de cigarros<br>233 Bolsas de plástico<br>135 Tapas de recipientes<br>Se levantó basura marina peligrosa para la salud del hombre (objetos punzo cortantes y pañales con excremento). <b>Material predominante: acetato de celulosa (colillas de cigarro)</b>           |
| Playa Salagua (discoteca<br>Vog-Campamento<br>Tortugero) | 15.73 km                           | 20                                  | 45                 | 1126 Colillas de cigarros<br>146 Cajetillas de cigarros<br>99 Pedacería de vidrio<br>Se recogió basura costera peligrosa para la salud del hombre (objetos punzo cortantes, pañales con excremento y aplicadores tampón). <b>Material predominante: acetato de celulosa</b>         |
| Playa de Santiago  | 4.42 km                            | 30                                  | 55                 | 285 Botellas de plástico p/bebidas<br>218 Envolturas alimentos<br>178 Botellas de vidrio<br>Se recogió basura costera peligrosa para la salud del hombre (objetos punzo cortantes y pañales con heces fecales). <b>Material predominante: plástico</b>                              |
| Arroyo de Santiago-Olas<br>Altas                         | 7.86 km                            | 10                                  | 80                 | 57 Colillas de cigarro<br>40 Botellas de plástico p/bebidas<br>40 Juntas plásticas<br>Se recogió basura costera peligrosa para los animales marinos (anillos o juntas plásticas). <b>Material predominante: acetato de celulosa y plástico</b>                                      |
| Playa Miramar<br>Hotel Playa de Oro-<br>curva del Indio  | 22.95 km                           | 110                                 | 95                 | 300 Desechos naturales<br>225 Colillas de cigarro<br>89 Popotes<br>Se recogió basura costera peligrosa para la salud del hombre (condones y pañales con excretas). <b>Material predominante: desechos naturales y acetato de celulosa</b>   |
| <i>Total</i>   | <i>89.79 km</i>                    | <i>850 kg</i>                       | <i>440</i>         | <i>Material predominante plástico y acetato de celulosa</i>   |
| <i>En andadores o entradas a las playa</i>               |                                    |                                     |                    |   |
| Andadores<br>(Brisas-Salagua)                            | 1.96 km                            | 660                                 | 95                 | 2 914 Colillas de cigarros<br>2 596 Tapas de recipientes<br>456 Pedacería de vidrio<br>556 Botellas de plástico p/bebidas   |
| <i>Total</i>   | <i>1.96km</i>                      | <i>660</i>                          | <i>95</i>          | <i>Material predominante:<br/>Plástico, acetato de celulosa y vegetación terrestre</i>  |

| <i>Costa limpiada</i>               | <i>Extensión promedio limpiada</i> | <i>Peso basura recolectada (kg)</i> | <i>Voluntarios</i> | <i>Objetos predominantes</i>  |
|-------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|--------------------|---|
| <i>Basura subacuática</i>           |                                    |                                     |                    |   |
| Muelle La Perлита-playa San Pedrito | 8.85 km                            | 267                                 | 45                 | 664 Bolsas de plástico<br>299 Botellas de plástico p/bebidas<br>156 Envolturas de alimentos<br><b>Material predominante: plástico</b> |
| Playa la Audiencia                  | 7.21 km                            | 150                                 | 10                 | 41 Botellas de vidrio p/bebidas<br>33 Pedacería de vidrio<br>31 Bolsas de plástico<br><b>Material predominante: vidrio</b>            |
| <i>Total</i>                        | <i>16.06 km</i>                    | <i>417</i>                          | <i>55</i>          | <i>Material predominante: plástico y vidrio</i>   |
| <i>Basura flotante</i>              |                                    |                                     |                    |   |
| Puerto interior                     | 299.67 km                          | 16                                  | 2                  | 65 Bolsas de plástico<br>22 Botellas de plástico p/bebidas<br>2 Botellas de vidrio  |
| <i>Total</i>                        | <i>299.67 km</i>                   | <i>16</i>                           | <i>2</i>           | <i>Material predominante: plástico</i>  |

Tabla 5

Fuente de la basura marina o costera en el litoral de Manzanillo, Colima, México (23 de Septiembre de 2003)

| <i>Fuente</i>                                 | <i>Objeto</i>                                   | <i>Objetos (no.)</i>                    | <i>Porcentaje</i> |    |            |
|---|---|---|-------------------|----|------------|
| Línea de costa y actividades recreativas      | Bolsas  | 2 999                                   | <b>64</b>         |    |            |
|   | Globos  | 28                                      |                   |    |            |
|   | Botellas de vidrio                              | 941                                     |                   |    |            |
|   | Botellas de bebidas de plástico de 2l o menores | 3 270                                   |                   |    |            |
|   | Latas de bebidas de metales                     | 422                                     |                   |    |            |
|   | Tapaderas-tapones                               | 4 474                                   |                   |    |            |
|   | Ropa y zapatos                                  | 132                                     |                   |    |            |
|   | Tazas, platos, tenedores, cuchillos, cucharas   | 1 466                                   |                   |    |            |
|   | Envolturas y envases de alimentos               | 1 712                                   |                   |    |            |
|   | Pestañas, chapitas o tapas de latas             | 484                                     |                   |    |            |
|   | Cartuchos de armas de fuego                     | 18                                      |                   |    |            |
|   | Anillos o sujetadores de latas                  | 331                                     |                   |    |            |
|   | Popotes, pajitas, agitadores de plástico        | 777                                     |                   |    |            |
|   | Juguetes  | 53                                      |                   |    |            |
|   | SUBTOTAL  | 17,107                                  |                   |    |            |
|   | Actividades oceánicas y cursos de agua          | Contenedores, paquetes de carnada       |                   | 5  | <b>1.7</b> |
|   |   | Botellas de blanqueadores o limpiadores |                   | 96 |            |
| Boyas, flotadores                             |   | 89                                      |                   |    |            |
| Trampas para peces y crustáceos               |   | 9                                       |                   |    |            |
| Cajas de embalaje                             |   | 2                                       |                   |    |            |
| Líneas, monofilamento o cañas de pesca        |   | 12                                      |                   |    |            |
| Señuelos y tubos luminosos                    |   | 1                                       |                   |    |            |
| Redes de pesca                                |   | 16                                      |                   |    |            |
| Bombillas y tubos fluorescentes               |   | 5                                       |                   |    |            |
| Botellas de aceite y lubricante               |   | 104                                     |                   |    |            |
| Bases de madera                               |   | 6                                       |                   |    |            |
| Sogas   |   | 43                                      |                   |    |            |
| Ropa  |   | 57                                      |                   |    |            |
| Cintas plásticas de seguridad                 |   | 10                                      |                   |    |            |
| SUBTOTAL                                      | 455   |   |                   |    |            |
| Actividades vinculadas con el hábito de fumar | Cigarros y filtros de cigarros                  | 35                                      | <b>32.7</b>       |    |            |
|   | Encendedores                                    | 13                                      |                   |    |            |
|   | Colillas  | 8 141                                   |                   |    |            |
|   | Cajetillas de cigarros o envolturas de tabaco   | 554                                     |                   |    |            |
|   | SUBTOTAL  | 8,743                                   |                   |    |            |

|  |   |              |             |
|--|---|--------------|-------------|
| Eliminación inadecuada de residuos sólidos | Tambos de 200 lt  | 1            | <b>0.87</b> |
|  | Artefactos eléctricos (refrigeradores, lavadoras, etc.) | 3            |             |
|  | Baterías  | 57           |             |
|  | Material de construcción                                | 152          |             |
|  | Vehículos y partes de autos                             | 6            |             |
|  | Llantas   | 14           |             |
|  | SUBTOTAL  | 233          |             |
| Desechos médicos y de higiene personal     | Condomes  | 35           | <b>0.72</b> |
|  | Pañales   | 114          |             |
|  | Jeringas  | 20           |             |
|  | Aplicadores de tampón o tampones                        | 24           |             |
|  | SUBTOTAL  | 193          |             |
| <i>Total</i>                               | <i>26 731</i>   | <i>99.99</i> |             |

por largos periodos de tiempo (éstos han sido los más abundantes durante los últimos 10 años). Disminuir estos contaminantes sería tanto como eliminar más de 90% de la basura marina.

Para proponer acciones o estrategias que reduzcan el depósito de basura es necesario conocer la fuente u origen de los desechos y plantear acciones concretas para cada una de ellas (Moore *et al.*, 2001; Silva-Íñiguez, 2002), que se podrían llevarse a cabo en las playas de Manzanillo, tales como poner botes de basura en las playas e indicaciones que exhorten a los visitantes a colocar su basura dentro del recipiente y a no dejar desperdicios sobre la playa. Actualmente pocas playas cuentan con este servicio y desafortunadamente los botes están dispuestos en las calles, por donde pasa el camión recolector. También sería recomendable que en los medios de comunicación local se difundan mensajes alusivos a no tirar basura en la vía pública, así como elaborar un programa de educación ambiental para los escolares de los diferentes niveles educativos de la región y para el personal que trabaja en el mar (guías de turistas, pescadores, etcétera).

Cabe resaltar que las autoridades municipales, estatales y federales, por medio del Departamento de Limpieza Municipal, la Secretaría de Turismo y la SEMARNAT han instrumentado el Programa de Limpieza Mecánica de las Playas (actualmente se cuenta con dos barredoras de playa), para lo que crearon el Comité Municipal de Playas Limpias. Estas acciones han contribuido a mejorar la estética de las playas, así como a incrementar el valor recreativo de las playas de Manzanillo (Laureano-Nieves *et al.*, 2003; Silva-Íñiguez, 2005).

## Conclusiones

1. La participación de voluntarios de diferentes edad, ocupación e intereses es apropiada para educar y sensibilizar al público acerca de la necesidad de cambiar los hábitos y costumbres de tirar

la basura en cualquier sitio.

2. La abundancia de basura flotante en el litoral de Manzanillo no ha causado daño a pescadores. Sin embargo, la cantidad de basura marina o costera en las playas ocasiona mal aspecto, además representar cierto riesgo o peligro para los visitantes, como sería el caso de las jeringas, los condones y pañales encontrados en las playas de San Pedrito, Brisas, Salagua y Santiago; o las bolsas de plástico con pegamento de contacto, indicativo de la presencia de drogadictos que pudieran representar peligro o inseguridad en algunos sitios, como el Rompeolas-Club de Pesca.
3. Las actividades recreativas en la orilla y las relativas al hábito de fumar fueron las fuentes principales de la basura marina en nuestra costa, aportando principalmente: botellas de bebidas plásticas, tapaderas, envolturas y envases de alimento, así como, colillas, cigarros, encendedores y cajetillas o envolturas de cigarros.
4. Para mejorar la calidad estética del litoral manzanillense sería pertinente instrumentar un programa de educación ambiental, distribuir botes recolectores en lugares estratégicos en las playas y llevar a cabo su mantenimiento, así como la mejora del programa de limpieza mecánica de las playas y la colaboración de los prestadores de servicios (hoteleros, restauranteros y vendedores ambulantes) con el personal del Departamento de Servicios Públicos Municipales. También sería de utilidad incrementar la vigilancia pública y de la sociedad en las playas y realizar eventos de limpieza en espacios públicos como ríos, arroyos, parques y jardines con voluntarios.
5. La basura marina puede generar numerosos problemas ecológicos, estéticos, económicos y de salud humana. Por ello los gobiernos federal, estatal y municipal, así como organizaciones privadas, instituciones educativas y ONG, entre otras, ya iniciaron acciones para mitigar los daños. La mejor estrategia para combatir este tipo de con-

taminación es la prevención, por lo que toda la población debe empezar por revisar sus hábitos y costumbres, disminuir la cantidad de basura generada y depositarla en el sitio adecuado.

### Agradecimientos

A todos los participantes y patrocinadores de la Campaña Internacional de Limpieza de las Costas de Manzanillo, Colima, 2003 y, en especial, a Susan Dearing y Carlos Cuéllar, integrantes del Grupo Ecológico BUCEAA, al Comité Local de Playas Limpias del Municipio de Manzanillo y a los capitanes de zona: Ernesto Pérez León, Karla Laureano Nieves, Lydia Galeana Miramontes, Dulce Lina Campos Grimaldo, Raúl Velasco Aguirre, Berenice López Camacho, Carlos y Carrillo Suaste, nuestro agradecimiento. Además, nuestro más sincero reconocimiento Dr. Miguel Ángel Aguayo López, rector de la Universidad de Colima, a Imelda Borja Gómez y a Bonnie Jasid Brust Beltrán, por todo el apoyo brindado.

### Referencias bibliográficas

- AGUILAR-PALOMINO, B. 1993. *Espectro trófico del dorado Coryphaena hippurus Linnaeus 1758 (Osteichthyes: Coryphaenidae), capturado en la bahía de La Paz y Cabo San Lucas, Baja California Sur, México, durante 1990 y 1991*. Tesis de Maestría. CICIMAR, IPN, La Paz, BCS. 101p.
- EARLL, R.C., A.T. Williams, S.L. Simmons y D.T. Tudor. 2000. Aquatic litter, management and prevention-the role of measurement. *Journal of Coastal Conservation*, 6:67-78.
- GREENPEACE. 2005. Basuras en el mar. 7p. Versión electrónica disponible en: <http://www.greenpeace.org/raw/content/espana/reports/Basuras-en-el-mar.pdf>
- LAUREANO-NIEVES, K, L. Silva-Íñiguez, R. Pérez-López, C.Y. Rodríguez-Carrillo y A.F. Díaz-Flores. 2003. *Basura marina en cuatro playas de Manzanillo, Colima: Percepción pública*. Memorias del VI Congreso de Ciencias del Mar. Environmental Defense. La Habana, Cuba. p.36.
- MANRIQUEZ-CASTRO, C.I. 2003. Campaña Internacional de Limpieza de Playas 2003. Pro Esteros. *La bitácora del Humedal*, 3(3):1-2.
- METAR, S. y P. Parida. 2004. Basura en los mares. *Samudra*, pp. 17-19.
- MOORE, S.L., D. Gregorio, M. Carreons, S.B. Weisberg y M.K. Leecaster. 2001. Composition and distribution of beach debris in Orange County, California. *Marine Pollution Bulletin*, 42(3):241-245
- REES, G. y K. Pond. 1995. Marine litter monitoring programs. A review of methods with special reference to national survey. *Marine Pollution Bulletin*, 30(2):103-108.
- SILVA-ÍÑIGUEZ, L. 2002. *Evaluación de la basura marina en la playa Municipal de Ensenada, BC, México*. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias Marinas. UABC. Ensenada, BC, 182p.
- SILVA-ÍÑIGUEZ, L. 2005. *Las playas como capital natural para el desarrollo sustentable*. Informe Final Convenio PROMEP/103.3/04/122. Manzanillo, Colima, México. 50p.
- SILVA-ÍÑIGUEZ, L. y D.W. Fischer. 2003. Quantification and classification of marine litter on the Municipal Beach of Ensenada, Baja California, Mexico. *Marine Pollution Bulletin*, 46:132-138.
- OCEAN CONSERVANCY. 2003. *Pocket guide to marine debris*. EPA- USA, 30p.
- UNEP (United Nations Environment Program). 2005. *Marine litter, an analytical overview*. Nairobi, Kenia. 58p.

Formato de campo para Limpieza Internacional de Costas



The Ocean Conservancy  
www.oceanconservancy.org

### ARTICULOS RECOGIDOS

**Basura, desperdicios y escombros de origen humano...**

- ¡Si se ve mal
- Amenaza la salud y seguridad públicas
- Provoca pérdidas económicas en las comunidades

*¡Pense de cómo proviene toda esta basura y como podemos prevenirla!*

Por favor recoja todos los desperdicios que encuentre en la playa. Anote solo la información de aquellos artículos mencionados a continuación. Mantenga la cuenta de los artículos que va recojiendo utilizando marcas y entre el número total en el encasillado. **Ejemplo:** [8] Latas de bebidas:     [11] III

**ACTIVIDADES EN LAS ORILLAS Y ACTIVIDADES RECREATIVAS**  
(Desechos de visitantes de las playas, pasada, juegos / deportes, festivales, basura en las alcantarillas pluviales)

|                          |   |                          |   |
|--------------------------|---|--------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> | botas   | <input type="checkbox"/> | tales, paños, fenedores, cuchillos, cucharas        |
| <input type="checkbox"/> | globos  | <input type="checkbox"/> | enchufes/enlaces de alimentos                       |
| <input type="checkbox"/> | botellas de bebidas (plásticas) de dos litros o menos | <input type="checkbox"/> | pesticidas, espumas o tapas de latas                |
| <input type="checkbox"/> | botellas de bebidas (vidrio)                          | <input type="checkbox"/> | jaras plásticas                                     |
| <input type="checkbox"/> | latas de bebidas                                      | <input type="checkbox"/> | cuchillos o cacerines de armas de fuego             |
| <input type="checkbox"/> | tapas de bebidas y otros recipientes                  | <input type="checkbox"/> | popotes, sorbetes, aguijones plásticos para bebidas |
| <input type="checkbox"/> | ropas/zapatos   | <input type="checkbox"/> | lquelles  |

**ACTIVIDADES EN LOS OCEANOS Y OTROS CUERPOS DE AGUAS**  
(Desechos o camada de pesca recreativa / comercial y operaciones maritimas)

|                          |  |                          |                                  |
|--------------------------|--|--------------------------|----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> | contenedores de cazo y sus envolturas          | <input type="checkbox"/> | redes de pesca                   |
| <input type="checkbox"/> | botellas de cero y otros artículos de limpieza | <input type="checkbox"/> | bombillas de luz / fluorescentes |
| <input type="checkbox"/> | boyes y flotadores                             | <input type="checkbox"/> | botellas de aceite y lubricantes |
| <input type="checkbox"/> | trampas para cangrejos, langostas y peces      | <input type="checkbox"/> | paquetes de madera para cargas   |
| <input type="checkbox"/> | cajas de empaque                               | <input type="checkbox"/> | plástico para empaque y bras     |
| <input type="checkbox"/> | monitoreo de pesca                             | <input type="checkbox"/> | soga                             |
| <input type="checkbox"/> | señales y varas de luz                         | <input type="checkbox"/> | crías plásticas de seguridad     |

**ACTIVIDADES RELACIONADAS AL HÁBITO DE FUMAR**

|                          |  |                          |   |
|--------------------------|--|--------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> | cigarrillos / filtros de cigarrillos (cigarrillos)   | <input type="checkbox"/> | artefactos eléctricos (refrigeradores, lavadoras, etc.) |
| <input type="checkbox"/> | encendedores   | <input type="checkbox"/> | baterías  |
| <input type="checkbox"/> | boquillas  | <input type="checkbox"/> | materiales de construcción                              |
| <input type="checkbox"/> | envolturas y cajetillas de cigarrillos (cigarrillos) | <input type="checkbox"/> | autos/parts de autos                                    |
| <input type="checkbox"/> |  | <input type="checkbox"/> | barmit grandes  |
| <input type="checkbox"/> |  | <input type="checkbox"/> | lantas  |

**DESECHOS BIOMÉDICOS E HIGIÉNICOS**

|                          |                                    |                          |  |
|--------------------------|------------------------------------|--------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> | condones                           | <input type="checkbox"/> | DESECHOS DE INTERÉS LOCAL  |
| <input type="checkbox"/> | pañales desechables                | <input type="checkbox"/> | (Identifique y enumere otros 3 artículos que sean de importancia para usted) |
| <input type="checkbox"/> | jarrajes                           | <input type="checkbox"/> |  |
| <input type="checkbox"/> | tempones o aplicadores de lampones | <input type="checkbox"/> |  |

© 2004 The Ocean Conservancy

### TARJETA DE DATOS PARA LA LIMPIEZA INTERNACIONAL DE COSTAS™

Los datos recopilados durante la Limpieza Internacional de Costas del Ocean Conservancy, son utilizados para educar al público y crear soluciones para el manejo de los desperdicios sólidos. Mediante esfuerzos conjuntos entre la industria privada, agencias de gobierno, grupos ambientales y comunitarios, se desarticularán cambios en el comportamiento y las costumbres que producen desperdicios en la costa. Gracias por participar y ser un elemento esencial en este proceso.

The Ocean Conservancy  
www.oceanconservancy.org

**LUGAR DE LA LIMPIEZA**

Tipo de limpieza:  Costa/Orilla/Playa  Subacuática Lugar de la Limpieza: Estado:     País:      
Nombre de la zona, localidad limpiada:     Nombre de la playa:      
La fecha de hoy: Mes:     Día:     Año:     Nombre del Coordinador(a):      
Cantidad de participantes trabajando junto con esta tarjeta:     millas ó     kms  
Cantidad de bolsas llenadas (tundias):     libras ó     kgs

**NOMBRES DE LOS PARTICIPANTES EN SU GRUPO**  
Si desea ser miembro del Ocean Conservancy (IOC) y/o unirse a nuestra red de ciudadanos que hacen oír su opinión en asuntos importantes sobre conservación marina (OAN), por favor marque el encasillado bajo su nombre y dirección. **¡Gracias por ayudarnos a proteger nuestros océanos!**

|   |   |
|---|---|
| 1. Nombre: <u>   </u> Edad: <u>   </u>  | 3. Nombre: <u>   </u> Edad: <u>   </u>  |
| Dirección: <u>   </u>   | Dirección: <u>   </u>   |
| Ciudad: <u>   </u> Estado: <u>   </u>   | Ciudad: <u>   </u> Estado: <u>   </u>   |
| País: <u>   </u> Zona/Código postal: <u>   </u>   | País: <u>   </u> Zona/Código postal: <u>   </u>   |
| Teléfono: ( <u>   </u> ) <u>   </u> <u>   </u>  | Teléfono: ( <u>   </u> ) <u>   </u> <u>   </u>  |
| Email: <u>   </u>   | Email: <u>   </u>   |
| Quiero recibir información de TOC: <input type="checkbox"/> y OAN: <input type="checkbox"/> | Quiero recibir información de TOC: <input type="checkbox"/> y OAN: <input type="checkbox"/> |
| 2. Nombre: <u>   </u> Edad: <u>   </u>  | 4. Nombre: <u>   </u> Edad: <u>   </u>  |
| Dirección: <u>   </u>   | Dirección: <u>   </u>   |
| Ciudad: <u>   </u> Estado: <u>   </u>   | Ciudad: <u>   </u> Estado: <u>   </u>   |
| País: <u>   </u> Zona/Código postal: <u>   </u>   | País: <u>   </u> Zona/Código postal: <u>   </u>   |
| Teléfono: ( <u>   </u> ) <u>   </u> <u>   </u>  | Teléfono: ( <u>   </u> ) <u>   </u> <u>   </u>  |
| Email: <u>   </u>   | Email: <u>   </u>   |
| Quiero recibir información de TOC: <input type="checkbox"/> y OAN: <input type="checkbox"/> | Quiero recibir información de TOC: <input type="checkbox"/> y OAN: <input type="checkbox"/> |

**ANIMALES ENREDADOS:**  muertos o  vivos ) Haga una lista de todos los animales enredados que fueron encontrados durante la limpieza. Organos en que estaban enredados (línea de pescar, sogas, redes, etc.)    

**¿CUÁL FUE EL ARTÍCULO MÁS RARO QUE SE RECOGIÓ?:**    

Las siguientes organizaciones nacionales e internacionales respaldan y/o apoyan la Limpieza Internacional de Costas™:

- Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) por sus siglas en inglés
- IUCN-Unión Mundial para la Conservación
- Comisión Oceanográfica Inter-gubernamental (IOC) de la Organización de Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO)

© 2004 The Ocean Conservancy



Por favor devuelva esta tarjeta al Coordinador de su área o envíela a:  
**The Ocean Conservancy**, Office of Pollution Prevention & Monitoring  
1482 N. Great Neck Road, Suite 103  
International  
Virginia Beach, VA 23464 USA  
Teléfono (757) 466-0920  
Facsimil (757) 466-3207  
www.oceanconservancy.org