

Proliferaciones de *Pseudo-nitzschia* spp. (Bacillariophyceae) y otras especies del microplancton en la Bahía de Mazatlán, México

Samuel Gómez-Aguirre¹, Sergio Licea² & Samuel Gómez³

- 1 Instituto de Biología, UNAM. Apdo. Postal 70-153, México, D.F. 04510 México. Fax: 52(5)550-0164; samuelg@servidor.unam.mx
- 2 Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. Apdo. Postal 70-315, México, D.F. 04510 México; licea@mar.icmyl.unam.mx
- 3 Unidad Académica ICMYL, UNAM. Apdo. Postal 811, Mazatlán, Sin. 82000 México. Fax: 52 (669) 982-6133; samuelgomez@ola.icmyl.unam.mx

Recibido 31-X-2002. Corregido 14-IX-2003. Aceptado 11-XII-2003.

Abstract: Observations on microplankton in the autumn of 1996 revealed the existence of high densities of *Pseudo-nitzschia* spp. A similar phenomenon was found in November 1998 and November 1999 and a month later it shifted to the southern Mazatlán Bay while in California, USA, incidents of the poisoning of sea mammals were being recorded; this also happened on the Mexican Pacific coasts from January to March. Water samples collected at surface (<0.5 m deep) and subsurface (10 m deep) monthly, from November 1998 to January 1999 and every week from February 1999 to May 2000, were analyzed by the Utermöhl technique at 400 enlargements. Phytoplankton quantification showed winter and summer pulses; the 1998-1999 period was higher than the 1999-2000 period. Five species of *Pseudo-nitzschia* were identified by electron microscopy (TEM and SEM); a new study has revealed other species. High values of *Pseudo-nitzschia* were observed: 730 *P-n/ml* (Dec. 1999), 610 *P-n/ml* (Dec. 1998), 335 *P-n/ml* (Jul. 1999), 198 *P-n/ml* (Feb. 1999), 170 *P-n/ml* (Nov. 1998), 123 *P-n/ml* (Mar. 1999), 108 *P-n/ml* (Aug. 1999). The blooms of other species of diatoms (*Thalassiosira* spp., *Asterionellopsis glacialis*, *Chaetoceros* spp., *Skeletonema costatum*), dinoflagellates (*Prorocentrum* spp., *Scrapsiella trochoidea*) and ciliates (*Myrionecta rubra*) were also observed.

Key words: HABs, blooms, *Pseudo-nitzschia*, Mazatlán, Mexico.

Palabras clave: PANs, proliferaciones, *Pseudo-nitzschia*, Mazatlán, México.

Desde los primeros estudios sobre el fitoplancton del noroeste de México, en el Pacífico Oriental de Baja California y en el Golfo de California (Allen 1928, 1937, Cupp y Allen 1938, Cupp 1943, Gilbert y Allen 1943, Osorio-Tafall 1942, 1943), se indicó la existencia y alta proliferación de diversas especies de *Nitzschia*, de las cuales ahora se reconoce o distingue a varias de ellas como del género *Pseudo-nitzschia* Peragallo (Hasle 1994), productor de ácido domóico tóxico (ADP).

El desarrollo de la planctología en México, con especial enfoque al noroeste, data de los años sesenta, cuando los estudios corroboraron

la importancia de esa flora diatomológica (Gómez-Aguirre 1972, Gómez-Aguirre *et al.* 1974a, 1974b, Licea-Durán 1974, Gómez-Aguirre y Santoyo 1975, Santoyo 1974, Signoret y Santoyo 1980). A partir de los años 80 estos registros han sido motivo de reconocimiento permanente en la Bahía de Mazatlán (Cortés-Altamirano 1982a, 1982b, Cortés-Altamirano *et al.* 1992, 1999), y para la costa occidental de Baja California se ha reconocido que los núcleos más grandes del microplancton, de finales del verano de 1985, correspondieron a especies de *Nitzschia* formadoras de cadenas (Martínez-López 1993). El aspecto

toxicológico del fitoplancton tuvo su inicio y desarrollo a partir de 1980, sobre las toxinas de *Gymnodinium catenatum* en la Bahía de Mazatlán (Mee *et al.* 1986) y más tarde, Ochoa *et al.* (1997), examinó otras toxinas entre las que se refirió al ácido domóico producido por la proliferación de *Pseudo-nitzschia* spp. en aguas del Golfo de California.

En el otoño de 1996 y en el de 1998, se reconoció la presencia de altas proliferaciones de *Pseudo-nitzschia* spp. asociadas con altas densidades de *Skeletonema costatum* (Gómez-Aguirre 1999); estas observaciones coincidieron con los accidentes de intoxicaciones de mamíferos marinos en el sur de California, Estados Unidos, atribuidas a la ingesta de peces portadores de ácido domóico, por lo cual se planteó la pregunta siguiente: ¿Cuándo, qué tamaño y qué duración presentan esas proliferaciones?

En busca de la respuesta se repitieron reconocimientos planctológicos un mes después (diciembre 1998) en la Bahía de Mazatlán y en otros puntos aproximadamente 200 kilómetros al sur. Se observó que aunque continuaba la presencia de *Pseudo-nitzschia* spp. en Mazatlán, la proliferación de éstas, asociadas con *S. costatum*, se manifestaba en la Boca de Cuautla, Nayarit. Para esas mismas fechas, Guerra-Martínez *et al.* (1999), consignó proliferaciones de fitoplancton con dominancia de *S. costatum* y la presencia de *Pseudo-nitzschia* spp. (no cuantificadas) en la Bahía de Zihuatanejo, aproximadamente a 1 000 km al sureste de Mazatlán, proliferación que estos últimos autores atribuyeron a una reciente manifestación de surgencia en esa región.

Lo anterior corrobora el concepto formulado por experiencias previas, acerca de la existencia de dos períodos ambientales en el ciclo anual de las aguas de la región: a) período de enfriamiento (otoño-invierno) con predominio de vientos del NO y el desplazamiento de masas de agua de norte a sur y b) período de calentamiento (primavera-verano) con vientos del SO y frentes de masas de agua norecuatoriales en ascenso, de sur a norte.

Ambos períodos manifiestan variaciones interanuales que parecen reflejarse en la composición,

la densidad y el comportamiento de las comunidades del plancton. En la primavera del 2000 se registraron muertes de mamíferos y aves marinas cerca de Acapulco, habiéndose consignado la presencia de ballenas en las bahías de Huatulco, Oaxaca, aún más al sur. En el verano del 2001 fue alarmante la noticia de una mortandad de peces, delfines y dos decesos humanos en las costas de Chiapas, México (Ramírez-Camarena *et al.* 2002), cuya causa, en la opinión de estos autores, no fue bien esclarecida.

La importancia de *Pseudo-nitzschia* spp. ha sido resaltada en las diversas conferencias mundiales sobre proliferaciones algales nocivas (PAN ó HAB en inglés), cuyos volúmenes publicados en trabajos sinópticos, han trascendido en la formación de especialistas, laboratorios y programas (Glibert y Pitcher 2001). En México se inicia este campo de estudio en su aspecto taxonómico (Hernández-Becerril 1998, Licea *et al.* 2000), sobre sus proliferaciones en el plancton (Licea *et al.* 1999, Gómez-Aguirre *et al.* 1999), y en el campo de la toxicología (Sierra-Beltrán y Ramírez-Camarena com. pers.).

MATERIALES Y MÉTODOS

La Bahía y Puerto de Mazatlán (Fig. 1), se sitúan en la costa oriental de la entrada del Golfo de California (23°12' N y 106°27' W). Es una bahía abierta con varias islas e islotes en su parte norte y en su extremo sur, dos puntas que terminan en prominentes cerros de piedra que resguardan la entrada al puerto. Sus aguas reciben influencia cálida del sur en primavera-verano y de enfriamiento por los vientos del NO y la ocurrencia de fenómenos de surgencias frente a sus costas durante el período otoño-invierno. Estudios recientes (Alonso-Rodríguez *et al.* 2000), señalan a la Bahía de Mazatlán como un área sujeta a eutroficación cultural.

En la estación 1 (Fig. 1), se hicieron muestreos de agua superficial (<1.0 m) y subsuperficial (= ó <10.0 m) por medio de botella

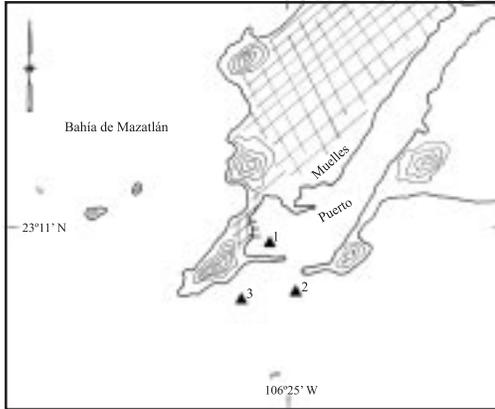


Fig. 1. Bahía y Puerto de Mazatlán, Sinaloa, México. Localización de las estaciones de observación y muestreos del plancton.

Fig. 1. Bay and port of Mazatlán, Sinaloa, México. Location of sampling and observation sites.

van Dorn; las muestras fueron conservadas en una mezcla de lugol + yodo (I°) saturado con 20% de acetaldehído. También se recolectaron muestras con red de 60 micras de luz de malla en arrastre vertical (10-0 m) y se fijaron en formalina al 4%.

La frecuencia del muestreo fue mensual de noviembre de 1998 a enero de 1999, luego se intensificó cada semana con réplicas dobles, en marea baja y marea alta, durante los días de luna nueva y luna llena, de febrero de 1999 a mayo de 2000. En las estaciones 2 y 3 (Fig. 1), ocasionalmente se tomaron muestras de agua superficial, a 5, 10 y 25 m de profundidad y con red para plancton de 60 micras, en arrastre vertical, con propósitos cualitativos y para certificar la homogeneidad del plancton en ambos sitios, la cual no varió durante este período de estudio.

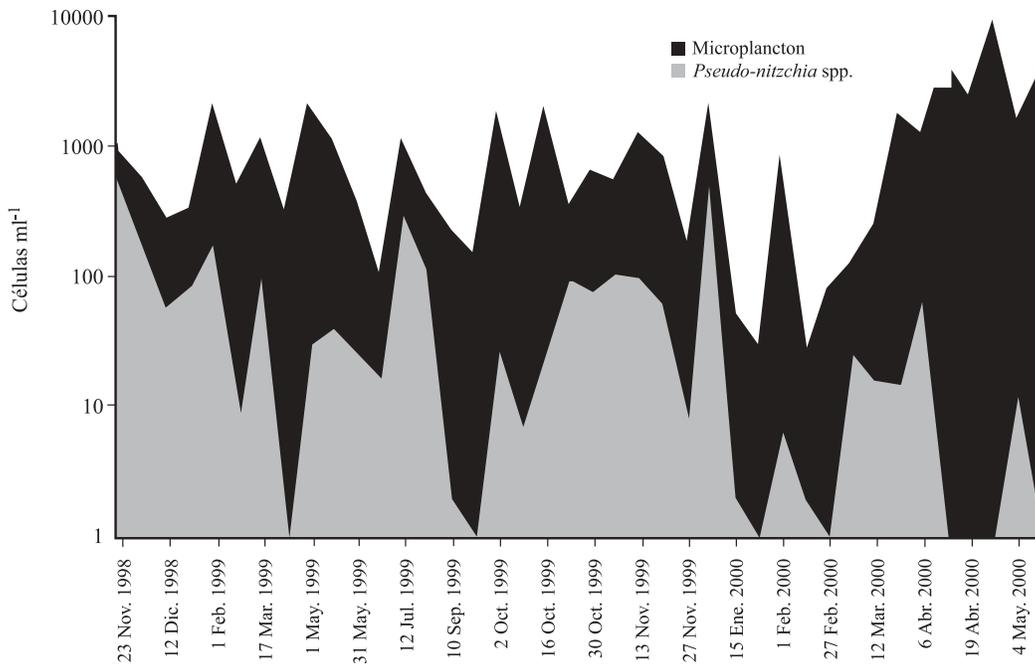
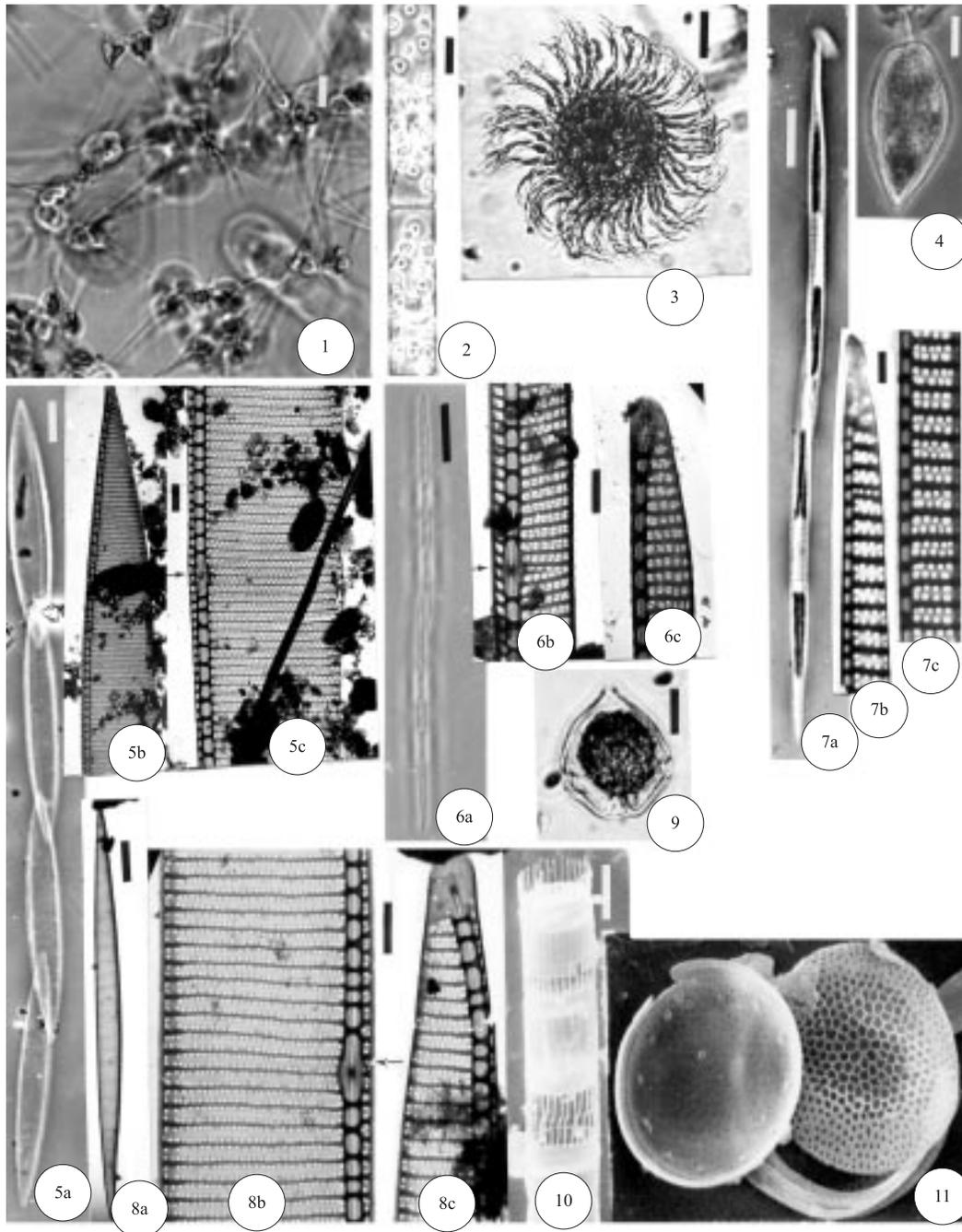


Fig. 2. Espectro de la variación cuantitativa del microplancton y de *Pseudo-nitzschia* spp. (céls/ml), de noviembre 1998 a mayo 2000, en Mazatlán, México.

Fig. 2. Quantitative variation of microplankton and *Pseudo-nitzschia* spp. (cells/ml), November 1998-May 2000, Mazatlán, México.



Las muestras se examinaron y cuantificaron mediante la técnica de Utermöhl con microscopio de objetivos invertidos, en alcúotas, empleándose cámaras de sedimentación de 5, 10 y 25 ml, según la abundancia del microplancton.

Los materiales, catalogados por localidad y fecha, están depositados en la colección planctológica del Instituto de Biología, UNAM.

RESULTADOS

De noviembre de 1998 a mayo de 2000, se tomaron 200 muestras de agua, y de ellas se obtuvo cerca de un millar de submuestras para el reconocimiento de la composición y la cuantificación del microplancton (>20 - <200 micrómetros), con especial atención a la presencia y abundancia de *Pseudo-nitzschia* spp., estos datos se presentan en Fig. 2 y la composición de especies dominantes en Fig. 3, en donde además, se destacan los principales caracteres taxonómicos y morfométricos.

Las diatomeas con valores altos de concentración (algunas potencialmente tóxicas) fueron

Thalassiosira mala (nov-dic 98), *Asterionellopsis glacialis* (dic-feb 99), *Proboscia* spp. (feb-mar), *Thalassiosira rotula* y *Thalassiosira* sp. (abr-may), *Chaetoceros* spp. (abr-ago), *Thalassionema nitzschioides* (ago-sep) y *Skeletonema costatum* (sep-nov). Algunos dinoflagelados que mostraron proliferaciones fueron *Prorocentrum* spp. (mar-may), *Scropsiella trochoidea* (may-jun), varias especies de ciliados (may-jun) y *Myrionecta rubra* (= *Mesodinium rubrum*) en el período agosto-octubre del ciclo 1998/1999.

Las existencias menores del microplancton, durante este período, se apreciaron en una fecha de junio de 1999 y en dos fechas del mes de febrero de 2000. Las máximas en 1999 se observaron en febrero y mayo con cifras mayores a 2 000 céls/ml. En el año 2000 las cifras se duplicaron con un valor mayor a 4 000 céls/ml el 15 de abril, con dominancia de *Thalassiosira* sp. y *S. costatum*, y mayores de 8 000 céls/ml el día 27 con dominancia de *Thalassiosira* spp. y *Leptocylindrus danicus*. Dos semanas más tarde, el 12 de mayo, esas cifras disminuyeron a 3 300 céls/ml, con *S. costatum* y *L. danicus* como dominantes.

Fig. 3. (1) *Asterionellopsis glacialis* (Castracane) Round, varias cadenas; (2) *Leptocylindrus danicus* Cleve (dos células en cadena); (3) *Myrionecta rubra* (Lohmann) Jankowski, vista apical (= *Mesodinium rubrum*); (4) *Prorocentrum micans* Ehrenberg, CF; (5a) *Pseudo-nitzschia fraudulentata* (Cleve) Hasle, CF, cadena de cuatro células; (5b) Ibid, MET, región central hacia el ápice; (5c) Ibid, MET, región central (flecha muestra el nódulo central); (6a) *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* (Hasle) Hasle, CF, dos células en cadena; (6b) Ibid, MET, región terminal; (7a) *Pseudonitzschia pungens* (Grunow) Hasle, CF, dos células en cadena; (7b) Ibid, MET, región terminal; (7c) Ibid, región central; (8a) *Pseudo-nitzschia subfraudulenta* (Hasle) Hasle, MET, valva completa; (8b) Ibid, región central (flecha muestra nódulo central); (8c) Ibid, región terminal; (9) *Scropsiella trochoidea* (Stein) Loeblich, CF; (10) *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve, MEB, tres células en cadena; (11) *Thalassiosira mala* (Takano, MEB, dos valvas mostrando la parte interna y externa respectivamente. Escala = 10 micras en 5 b-c, 6 b-c, 7 b-c, 8 b-c y 11. Abreviaturas: MEB = Microscopio Electrónico de Barrido; MET = Microscopio Electrónico de Transmisión; CF = Contraste de Fase.

Fig. 3. (1) *Asterionellopsis glacialis* (Castracane) Round, several chains; (2) *Leptocylindrus danicus* Cleve (two cells in a chain); (3) *Myrionecta rubra* (Lohmann) Jankowski, apical view (= *Mesodinium rubrum*); (4) *Prorocentrum micans* Ehrenberg, PC; (5a) *Pseudo-nitzschia fraudulentata* (Cleve) Hasle, PC, a chain of four cells; (5b) Idem, TEM, central part towards the apex; (5c) Idem, TEM, central part (arrow shows the central nodule); (6a) *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* (Hasle) Hasle, PC, two cells in a chain; (6b) Idem, TEM, apical region; (7a) *Pseudonitzschia pungens* (Grunow) Hasle, PC, two cells in a chain; (7b) Idem, TEM, apical region; (7c) Idem, central part; (8a) *Pseudo-nitzschia subfraudulenta* (Hasle) Hasle, TEM, complete valve; (8b) Idem, central part (arrow shows the central nodule); (8c) Idem, apical region; (9) *Scropsiella trochoidea* (Stein) Loeblich, PC; (10) *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve, SEM, three cells in a chain; (11) *Thalassiosira mala* (Takano, SEM, two valves showing internal and external part respectively. Scale = 10 µm in 5 b-c, 6 b-c, 7 b-c, 8 b-c and 11. Abbreviations: SEM = Scanning Electron Microscope; TEM = Transmission Electron Microscope; PC = Phase Contrast.

DISCUSIÓN

En un análisis previo del microplancton de Mazatlán, empleando el microscopio electrónico de barrido (MEB) y el microscopio electrónico de transmisión (MET), Licea *et al.* (1999) reconocieron cuatro especies de *Pseudo-nitzschia* potencialmente productoras de ácido domóico tóxico: *P. pungens*, *P. fraudulenta*, *P. subfraudulenta* y *P. pseudodelicatissima* (Fig. 3 (5-8c)). Más tarde Licea *et al.* (2000), reconocieron la presencia de *P. australis*, ya anteriormente citada por Hernández-Becerril (1998) en aguas del Pacífico y Golfo de California.

En las observaciones con microscopio de luz (ML) y con las técnicas convencionales en fresco sólo es posible reconocer cuatro de ellas de manera relativa por su tamaño (longitud y ancho), la forma de sus ápices, la posición del rafe y la proporción del número de estrías apicales (Moreno *et al.* 1996), caracteres muy difíciles de resolver durante los análisis cuantitativos mediante la técnica tradicional de Utermöhl, que se aplicó en este estudio.

El comportamiento de la densidad relativa del género *Pseudo-nitzschia*, que describe la Fig. 2, muestra los dos períodos, el invernal 1998/1999, con cifras ligeramente mayores que el invernal 1999/2000, en tanto que el período cálido entre mayo y agosto de 1999, fue ligeramente menor en sus cifras de *Pseudo-nitzschia* y aún menor en su duración. Los valores relativos más altos ocurrieron de la manera siguiente: 730 céls ml⁻¹ el 7 de diciembre de 1999; 610 céls ml⁻¹ el 6 de noviembre de 1996; 335 céls ml⁻¹ el 12 de julio de 1999; 198 céls ml⁻¹ el 1 de febrero 1999; 170 céls ml⁻¹ el 6 de noviembre de 1998; 123 céls ml⁻¹ el 17 de marzo de 1999; 108 céls ml⁻¹ el 11 de agosto de 1999.

Lo anterior corrobora los conceptos, previamente señalados en la hipótesis de estos estudios, acerca de la existencia de dos amplios períodos climáticos y en consecuencia de la composición y la productividad del fitoplancton de la región, que se manifiesta con variaciones inter-anales.

Las existencias de *Pseudo-nitzschia* spp. fueron mayores en cifras y tiempo en el período

invernal 1998/1999 que las del mismo período 1999/2000. La ocurrencia de este género en los meses cálidos de 1999 parece rebasar con mucho a los valores del período de calentamiento del año 2000.

Ante estos precedentes se creó la motivación para ampliar la investigación sobre la presencia y abundancia de *Pseudo-nitzschia* spp. en espacios de mayor escala, por lo que se propuso y obtuvo la participación en las campañas del proyecto TALUD a bordo del B/O "El Puma" del ICMYL UNAM, sobre la plataforma continental de Sinaloa (SE del Golfo de California), con los muestreos del microplancton superficial con botella y con red de 60 micras de luz de malla en arrastre vertical de 30-0 m, con lo cual se han podido apreciar diferencias cuantitativas entre el verano de 2000 y el verano de 2001 (Gómez-Aguirre en prep.).

Por estas experiencias es de señalarse la conveniencia, durante las proliferaciones de *Pseudo-nitzschia* spp. y otras especies nocivas, de (1) identificar bioquímicamente las toxinas y (2) usar imágenes digitales certificadas por microscopía electrónica (MEB y MET) para identificar especies y su proporción. Así se podrá estimar los riesgos de incorporación de las toxinas a la trama trófica, especialmente en cuanto a los recursos pelágicos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Instituto de Biología y a la Unidad Académica Mazatlán del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, por sus amplios apoyos en estos estudios. A Sara Fuentes (IBUNAM) y a Jorge Sepúlveda (IF-CUNAM) por sus auxilios en MEB y MET.

RESUMEN

Observaciones previas sobre el microplancton de la Bahía de Mazatlán, en el otoño de 1996, revelaron la existencia de altas densidades de *Pseudo-nitzschia* spp. Este mismo fenómeno se encontró en noviembre 1998 y un mes después se había desplazado al sur de la Bahía de Mazatlán, mientras que por esas mismas fechas, en California,

EUA, se registraban accidentes de envenenamiento de mamíferos marinos, accidentes que en el noroeste de México se aprecian entre enero y marzo. Mensualmente se recolectaron muestras de agua superficial (< 0.5 m) y subsuperficial (10 m), de noviembre 1998 a enero 1999 y cada semana, entre febrero 1999 y mayo 2000; las muestras fueron analizadas por la técnica de Utermöhl a 400X. La cuantificación del microplankton presentó un amplio pulso invernal y otro menor en verano de cada ciclo anual. Con el empleo de microscopio electrónico (MEB y MET), se reconocieron cuatro especies de *Pseudo-nitzschia* y una más en estudio reciente. Las densidades de *Pseudo-nitzschia* fueron, en orden de importancia: 760 céls ml⁻¹ (7 dic.1999), 610 (6 dic.1998), 335 (12 jul.1999), 198 (1º feb. 1999), 170 (6 nov.1998), 123 (17 mar.1999), 108 (11 ago.1999). Otras especies de diatomeas (*Thalassiosira* spp., *Asterionellopsis glacialis*, *Chaetoceros* spp., *Skeletonema costatum*), dinoflagelados (*Prorocentrum* spp., *Scropsiella trochoidea*) y ciliados (*Myrionecta rubra*), manifestaron proliferaciones altas durante el período de este estudio.

REFERENCIAS

- Allen, W.E. 1928. Review of five years of study on phytoplankton at southern California piers, 1920-1924 inclusive. Bull. Scripps Inst. Oceanogr. Tech. Ser. 1: 357-401.
- Allen, W.E. 1937. Plankton diatoms of the Gulf of California obtained by the G. Allan Hancock Expedition of 1936. Hancock Pac. Exped. 3: 47-59.
- Alonso-Rodríguez, R., F. Páez-Osuna & R. Cortés-Altamirano. 2000. Trophic condition and stoichiometric nutrient balance in subtropical waters influenced by municipal sewage effluents in Mazatlán Bay (SE Gulf of California). Mar. Poll. Bull. 40: 331-339.
- Cortés-Altamirano, R. & N. Pastén-Miranda. 1982a. Composición, abundancia y distribución del fitoplancton del estero de Urías, Sin., México. I Período primaveral (1980). Rev. Latinoamer. Microbiol. 24: 103-114.
- Cortés-Altamirano, R. & N. Pastén-Miranda. 1982b. Composición, abundancia y distribución del fitoplancton del estero de Urías, Sin., México. II Período de verano (1980). Rev. Latinoamer. Microbiol. 24: 297-308.
- Cortés-Altamirano, R. & A. Núñez-Pastén. 1992. Doce años (1979-1990) de registros de mareas rojas en la Bahía de Mazatlán, Sin., México. Anal. Inst. Cien. Mar Limnol. UNAM. 19: 113-121.
- Cortés-Altamirano, R., S. Licea & S. Gómez-Aguirre. 1999. Evidencias del aumento de microalgas nocivas en la Bahía de Mazatlán, Sin., México, pp. 335-337. In A.E. Tresierra-Aguilar & Z.G. Culquichicón-Malpica (eds.). VIII Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar. ALICMAR y Universidad Nacional de Trujillo, Perú.
- Cupp, E.E. & W.E. Allen. 1938. Plankton diatoms of the Gulf of California obtained by Allan Hancock expedition of 1937. Hancock Pac. Exped. 3: 61-99.
- Cupp, E.E. 1943. Marine Plankton Diatoms of the West Coast of North America. Bull. Scripps Inst. Oceanogr. Tech. Ser. 15: 1-238.
- Gilbert, J.Y. & W.E. Allen. 1943. The Phytoplankton of the Gulf of California obtained by the W.E. Scripps in 1939 and 1940. J. Mar. Res. 5: 89-110.
- Glibert, P.M. & G. Pitcher. 2001. Global Ecology and Oceanography of Harmful Algal Blooms. SCOR, IOC UNESCO. 86 p.
- Gómez-Aguirre, S. 1972. Fitoplancton del crucero Umitaka-Maru-30 (15-12 diciembre, 1965), en las costas del Pacífico mexicano. Rev. Soc. Mex. Hist. Nat. 33: 31-46.
- Gómez-Aguirre, S., S. Licea & C. Flores. 1974. Plankton de lagunas costeras: Ciclo anual en el sistema Huizache-Caimanero, México (1969-1970). Anal. Inst. Cien. Mar Limnol. UNAM. 1: 83-98.
- Gómez-Aguirre, S., H. Santoyo & A. Martínez. 1974. Plankton de lagunas costeras II: Ciclo anual en la laguna de Yavaros (1969-1970). Anal. Inst. Biol. UNAM 45 Ser. Zool. 1: 1-30.
- Gómez-Aguirre, S. & H. Santoyo. 1975. Plankton de lagunas costeras XI: Transporte en tres estuarios del noroeste de México (noviembre 1973). Rev. Latinoamer. Microbiol. 17: 175-183.
- Gómez-Aguirre, S. 1999. Florecimientos de fitoplancton invernal (1998-1999) en el NW de México, pp. 7. In X Reunión Nacional de la Sociedad Mexicana de Planctología y III International meeting on Planktology, 28-30 Abr. 1999, Mazatlán, Sinaloa, México.
- Gómez-Aguirre, S., S. Licea & S. Gómez. 1999. Florecimientos de microplankton en el período otoño-primavera (1998-1999), en la Bahía de Mazatlán, Sinaloa, México, pp. 332-334. In A.E. Tresierra-Aguilar & Z.G. Culquichicón-Malpica (eds.). VIII Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar. ALICMAR y Universidad Nacional de Trujillo, Perú.
- Guerra-Martínez, S., J.A. Ake-Castillo & M.E. Meave del Castillo. 1999. Florecimientos de *Skeletonema* en la región de Zihuatanejo, Gro, pp. 8. In X Reunión Nacional de la Sociedad Mexicana de Planctología y III International meeting on Planktology, 28-30 abril 1999, Mazatlán. Sinaloa, México.

- Hasle, G.R. 1994. *Pseudo-nitzschia* as a genus distinct from *Nitzschia* (Bacillariophyceae). J. Phycol. 30: 1036-1039.
- Hernández-Becerril, D.U. 1998. Species of the planktonic diatom genus *Pseudo-nitzschia* of the Pacific coasts of Mexico. Hydrobiologia 379: 77-84.
- Licea-Durán, S. 1974. Sistemática y distribución de diatomeas de la laguna de Agiabampo, Son., Sin., México. Anal. Inst. Cien. Mar Limnol. UNAM. 1: 99-156.
- Licea, S., S. Gómez-Aguirre, R. Cortés-Altamirano & S. Gómez. 1999. Notas sobre algunos florecimientos algales y la presencia de especies tóxicas en cinco localidades del Pacífico mexicano (1996-1999), pp. 335-337. In A.E. Tresierra-Aguilar & Z.G. Culquichicón-Malpica (eds.). VIII Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar. ALICMAR y Universidad Nacional de Trujillo, Perú.
- Licea, S., S. Gómez-Aguirre & J.L. Moreno. 2000. The occurrence of the diatom genus *Pseudo-nitzschia* Peragallo in mexican coastal waters, 1979-2000. In Proceedings of the 16th International Diatom Symposium 2000. ISDR and University of Athens, August 25th to September 1st, Athens, Greece.
- Martínez-López, A. 1993. Distribución espacial del fitoplancton asociada con frentes en la costa occidental de Baja California Sur. Invest. Mar. CICIMAR 8: 71-86.
- Mee, L.D., M. Espinosa & G. Diaz. 1986. Paralytic shellfish poisoning with *Gymnodinium catenatum* red tide on the Pacific coast of Mexico. Mar. Environ. Res. 19: 77-92.
- Moreno, J.L., S. Licea & H. Santoyo. 1996. Diatomeas del Golfo de California. Universidad Autónoma de Baja California Sur, SEP-FOMES, PROMARCO, México. 273 p.
- Ochoa, J.L., A. Sánchez-Paz, A. Cruz-Villacorta, E. Núñez-Vázquez & A. Sierra-Beltrán. 1997. Toxic events in the northwest Pacific coastline of Mexico during 1992-1995: Origin and impact. Hydrobiologia 352: 195-200.
- Osorio-Tafall, B.F. 1942. Notas sobre algunos dinoflagelados planctónicos marinos de México, con descripción de nuevas especies. Anal. Esc. Nal. Cien. Biol. Mex. 2: 435-447.
- Osorio-Tafall, B.F. 1943. El Mar de Cortés y la productividad fitoplanctónica de sus aguas. Anal. Esc. Nal. Cien. Biol. Mex. 3: 73-118.
- Ramírez-Camarena, C., R. Rojas-Crisostomo, L. Muñoz-Cabrera, S. Sarmiento-Nafate & N.O. Juárez-Ruiz. 2002. Mortandad de peces e intoxicaciones humanas en la costa de Chiapas en el 2001. In Memorias del 9^o Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar, 14-16 noviembre SEIP-SEP, Nuevo Vallarta, Nayarit, México.
- Santoyo, H. 1974. Plancton de lagunas costeras VI: Distribución estacional del fitoplancton en la Laguna de Yavaros, Sonora, México (1969-1970). Rev. Latinoamer. Microbiol. 16: 49-58.
- Signoret, M. & H. Santoyo. 1980. Aspectos ecológicos del plancton de la Bahía de la Paz, Baja California. Anal. Inst. Cien. Mar Limnol. UNAM 7: 217-247.