

INDICADORES ECOLÓGICOS DE LA ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA EN BAHÍA CONCEPCIÓN, GOLFO DE CALIFORNIA, MÉXICO

Verdugo-Díaz, G., A. Martínez-López & I. Gárate-Lizárraga

Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR-I.P.N.), Departamento de Plancton y Ecología Marina.
A. P. 592 Av. Instituto Politécnico Nacional s/n Col. Playa Palo de Santa Rita. La Paz, B.C.S., México. C.P.
23096. email: gverdugo@ipn.mx.

RESUMEN. Se presentan los cambios en la distribución espacial de la comunidad fitoplanctónica en Bahía Concepción, B.C.S. de 1991 a 1993. Se estimó la abundancia total, la variación espacio-temporal por fracciones de tamaño (nano y microfitoplancton) y se describe su estructura. Se determinaron 235 taxa, en donde las diatomeas fueron el grupo con mayor riqueza de especies (131). Los géneros más importantes fueron *Chaetoceros*, *Rhizosolenia* y *Nitzschia*. El segundo grupo en importancia fue el de los dinoflagelados (92 especies), representados principalmente por *Prorocentrum*, *Ceratium* y *Prorocentrum*; el tercer grupo fueron los silicoflagelados (9 especies), principalmente del género *Dictyocha*. Las diatomeas dominaron en la temporada fría cuando la columna de agua se mantiene homogénea, en tanto que los dinoflagelados prosperaron durante la temporada cálida cuando la columna de agua estuvo estratificada. De este último grupo, 10 especies son tóxicas o potencialmente tóxicas. La abundancia fitoplanctónica total no mostró un comportamiento estacional definido, sin embargo, las variaciones interanuales mostraron un decremento de aproximadamente 25% durante 1992 y 1993, asociado con anomalías positivas de temperatura. A pesar de que las abundancias totales disminuyeron, la contribución porcentual de la fracción nanofitoplanctónica se mantuvo.

Palabras clave: Comunidad, indicadores ecológicos, microfitoplancton, nanofitoplancton, diatomeas, estratificación.

Ecological indicators of the phytoplankton community structure in Bahía Concepción, Gulf of California, Mexico

ABSTRACT. Seasonal changes in the spatial distribution of the phytoplankton community were determined in Bahía Concepción, B.C.S., from 1991 to 1993. The total abundance and the seasonal variations of phytoplankton size fractions (nanno and microphytoplankton) as well as its structure were determined. A total of 235 taxa were identified. Diatoms were the best represented group due to their high species richness (131). The most important genera were *Chaetoceros*, *Rhizosolenia* and *Nitzschia*. The second important group were dinoflagellates (92 species), represented mainly by *Prorocentrum*, *Ceratium* and *Prorocentrum*. The third numerically important group were the silicoflagellates (9 species). The most representative genus of this group was *Dictyocha*. A major presence of the diatoms was observed during the cold months with a homogeneous water-column. Major presence of dinoflagellates was recorded during the warm season when the water-column appeared stratified. Ten species of dinoflagellates were considered as toxic or potentially toxic. Total phytoplankton abundance did not show a clear seasonal pattern; nevertheless, the interannual variations exhibited an important decline of about 25 % during 1992 and 1993. These changes were related to positive anomalies of temperature. Although phytoplankton abundance diminished, the percentage contribution of nannophytoplankton was stable.

Keywords: Community, ecological indicators, microphytoplankton, nannophytoplankton, diatoms, water-column stratification.

Verdugo-Díaz, G., A. Martínez-López & I. Gárate-Lizárraga . 2010. Indicadores ecológicos de la estructura de la comunidad fitoplanctónica en Bahía Concepción, Golfo de California, México. *CICIMAR Océánides*, 25(2): 95-102.

INTRODUCCIÓN

Los estudios de la estructura de la comunidad fitoplanctónica en Bahía Concepción son reducidos y los pocos que existen, se refieren básicamente a observaciones puntuales (Cupp & Allen, 1938; Gilmartin & Revelante, 1978); a reportes de florecimientos algales (Gárate-Lizárraga, 1991; 1995; Gárate-Lizárraga *et al.*, 2001); inferencias de grupos fitoplanctónicos mediante análisis de composición pigmentaria (López-Cortés *et al.*, 2003) y sobre la variación de especies productoras de toxinas paralizantes (Gárate-Lizárraga *et al.*, 2004, 2006). El determinar la estructura de la comunidad fito-

planctónica es particularmente importante, ya que a pesar de ser ampliamente conocido que los principales taxa de productores planctónicos en el océano son diatomeas, dinoflagelados, cocolitofóridos, silicoflagelados y algas azul verdes, la estructura de su comunidad puede presentar importantes cambios cualitativos y cuantitativos como respuesta a la variabilidad ambiental. Retomando las observaciones realizadas por diversos autores (Barber & Smith, 1981; Chang *et al.*, 1992; Valiela, 1995), durante el invierno e inicios de la primavera, esperaríamos encontrar condiciones favorables para un rápido crecimiento de la comunidad fitoplanc-

tónica, sobre todo el grupo de las diatomeas de tallas mayores, las cuales pueden aprovechar las nuevas especies nitrogenadas, provenientes de fuentes alternas a la zona eufótica. Por el contrario, hacia el verano se da un incremento en la estratificación de la columna de agua en donde puede existir un hundimiento de las comunidades senescentes (Tamigneux *et al.*, 1999) cuando se presenta una disminución en la concentración de los nutrientes. Bajo esta situación se ha reportado que las comunidades nano y picofitoplanctónicas pueden lograr un crecimiento rápido (Tang, 1995) y ser numéricamente dominantes en el sistema, ya que están fisiológicamente adaptadas para utilizar efectivamente las menores concentraciones de nutrientes (Chisholm, 1992). Es importante considerar que las fracciones nano, pico y ultrafitoplanctónicas pueden pasar desapercibidas en los análisis cualitativos y cuantitativos, sin embargo, su capacidad productiva e incluso su biomasa puede superar a la de las fracciones de mayor tamaño, sobre todo bajo condiciones de oligotrofia (Jacquet *et al.*, 2002). Investigar el cambio en la estructura de la comunidad fitoplanctónica aporta información sobre la importancia de una u otra etapa de sucesión y su papel en la capacidad productiva de la zona (Valiela, 1995).

MATERIAL Y MÉTODOS

Bahía Concepción se localiza en la Costa Occidental del Golfo de California entre los 26° 33' y 26° 53' N y 111° 42' 112° 56' W. Es un cuerpo de agua somero, con un canal de 30 metros de profundidad en la porción noreste; su profundidad máxima es de 37 m, con una media de 22 m (Cruz-Orozco *et al.*, 1991). Las muestras fueron recolectadas mediante una botella Van-Dorn de 2.5 litros de capacidad de febrero de 1991 a agosto de 1993, cubriendo una red de 15 estaciones (Fig. 1) en dos niveles, el superficial y uno a 10 m de profundidad. Las muestras fueron fijadas con una solución de formol neutralizada con borato de sodio a una concentración final del 4 %. Para el análisis cuantitativo y cualitativo del fitoplancton se siguió el método de Utermöhl (Hasle, 1978). Para contrastar los valores de abundancia de los dos niveles considerados y determinar si existía o no diferencia significativa entre ellos, se utilizó la prueba de Mann-Whitney, dado que la naturaleza de la distribución de los datos fue diferente a la normal según la prueba de Bartlett. Se determinó la estructura de las asociaciones del microfitoplancton, mediante el índice de diversidad de Shannon ($\log_2$), según lo estipulado por Pielou (1969); la dominancia por medio del índice de Simpson (Brower & Zar, 1979) y el índice de valor biológico de Sand-

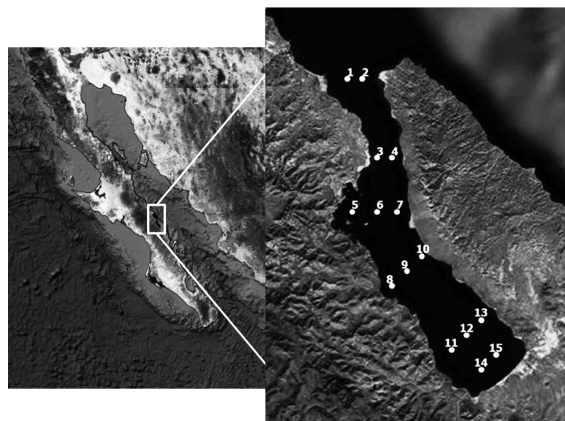


Figura 1. Localización del área de estudio y red de estaciones de muestreo.

Figure 1. Location of study area and sampling station network.

ers (Dobs, 1981). De igual manera y para conocer el grado de la asociación o similitud entre estaciones de muestreo, se aplicó el índice de Morisita (Wolda, 1981), utilizando como base la composición específica y la abundancia de la fracción microfitoplanctónica.

RESULTADOS

Se determinaron 235 taxa; de éstos, 131 corresponden a las diatomeas (54.7%), 92 a dinoflagelados (40.0%), 9 a silicoflagelados (3.9%), así como 2 cianofitas (0.8%) y 1 euglenofita (0.4%). Dentro de las diatomeas los géneros con mayor riqueza específica fueron *Chaetoceros* con 28 especies, *Rhizosolenia* con 13 y *Nitzschia* con 7. Los dinoflagelados, estuvieron representados principalmente por los géneros *Protoperdinium* con 26 especies, *Ceratium* con 14 y *Prorocentrum* con 7. El grupo de los silicoflagelados estuvo representado por el género *Dictyocha* con 6 especies. El mayor número de taxa se registró durante el mes de septiembre de 1992, siendo de 30 especies para el nivel superficial y de 34 para el nivel profundo, mientras que el número menor se observó en junio de 1992 en superficie (9 especies) y en junio de 1993 (6 especies) para el nivel de fondo.

Abundancia fitoplanctónica total

No se observaron diferencias significativas entre los niveles considerados ($\alpha=0.01$), por lo cual se presenta el gráfico correspondiente a la abundancia superficial. El valor promedio máximo se presentó en octubre de 1991 (339,253 céls L^{-1}), mientras que el promedio mínimo fue registrado en marzo de 1993 (94,116 céls L^{-1}). De manera general, los valores observados de abundancia total fueron menores durante 1992. Con respecto a la abundancia fitoplanctónica fraccionada, el nanofitoplancton fue el grupo

de mayor importancia numérica, a excepción de octubre de 1991, junio y septiembre de 1992, en los cuales la fracción microfitoplanctónica predominó. Esta situación se debió a la proliferación de las diatomeas *Eucampia zodiacus*, *Pseudo-nitzschia delicatissima*, *Pseudonitzschia pacifica* y *Guinardia delicatula* en octubre de 1991, mientras que durante junio de 1992 se debió a la proliferación de la diatomea *Dactyliosolen fragilissimus* en toda la bahía. En septiembre de 1992, la mayor contribución a la abundancia total se asoció a la presencia de *Pseudo-nitzschia pacifica* y *Navicula* cf. *fusiformes* en la bahía (Fig. 2).

Los resultados obtenidos mediante el Índice de Valor biológico muestran que, en superficie, las diatomeas *Chaetoceros compressus*, *Proboscía alata* y *Guinardia flaccida* fueron las especies más importantes, mientras que de los dinoflagelados, *Prorocentrum micans* fue la especie mejor representada. Se observó que los dinoflagelados registraron sus mayores abundancias durante los meses cálidos, particularmente en junio de 1992 y en junio y agosto de 1993. Con respecto a los resultados obtenidos para el nivel de 10 m, se observó que las especies más importantes fueron *Guinardia flaccida*, *Proboscía alata* y *Haslea wawriake*.

Estructura de las asociaciones del microfitoplancton

La diversidad mensual, durante 1991 presentó valores más homogéneos en relación con los otros años, siendo el caso similar en

ambos niveles de muestreo, con excepción de febrero, que en superficie registró un valor de 2.1 ocasionado por el menor número de especies determinadas (8); mientras que en el nivel de 10 m se incrementó la riqueza específica promedio (17), ocasionando un incremento en el valor de la diversidad (3.04). Durante 1992 los valores de diversidad registraron sus mayores diferencias, con un valor mínimo, de 0.28 y una alta dominancia (0.94) ocasionada por el florecimiento de *D. fragilissimus*. Por el contrario, el valor máximo de la diversidad se estimó en septiembre (3.9), coincidiendo con el mayor número de especies (30) con una baja dominancia de las mismas (0.11). De igual manera, en el nivel profundo, en junio de 1992 se presentó una diversidad (0.22) con un bajo número de especies (10) y una marcada dominancia (0.95), la cual se debió a *D. fragilissimus*. Durante 1993 el nivel superficial presentó valores similares en la riqueza específica en todos los meses (13), sin embargo, su distribución homogénea o heterogénea ocasionó que la diversidad presentara variaciones entre sus valores mensuales, los cuales oscilaron entre 2.4 y 3.2 (Fig. 3a, 3b).

De los resultados obtenidos al aplicar el índice de Morisita y considerando asociaciones que compartieran similitud mayor al 80% se identificaron cinco zonas en el área de estudio, las cuales se mantienen a través del tiempo (Fig. 4). La zona I, se relaciona con la boca de la bahía y se caracterizó por presentar diatomeas grandes y formadoras de cadenas

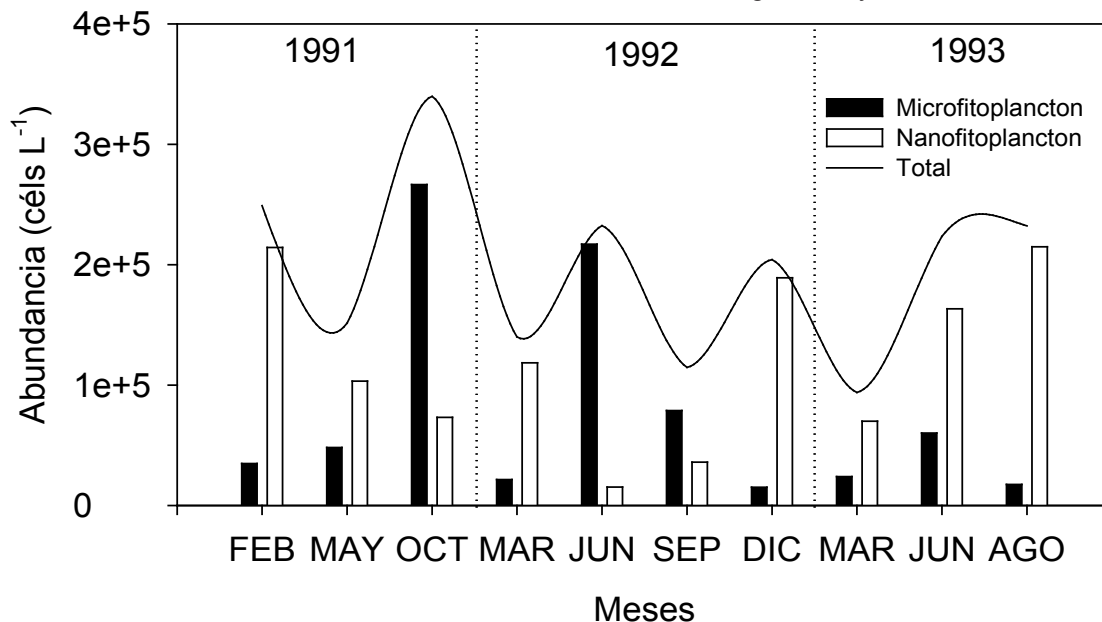


Figura 2. Abundancia fitoplanctónica total y fraccionada promedio durante el periodo de estudio.
Figure 2. Total and fractional phytoplanktonic abundances (means) during the study period.

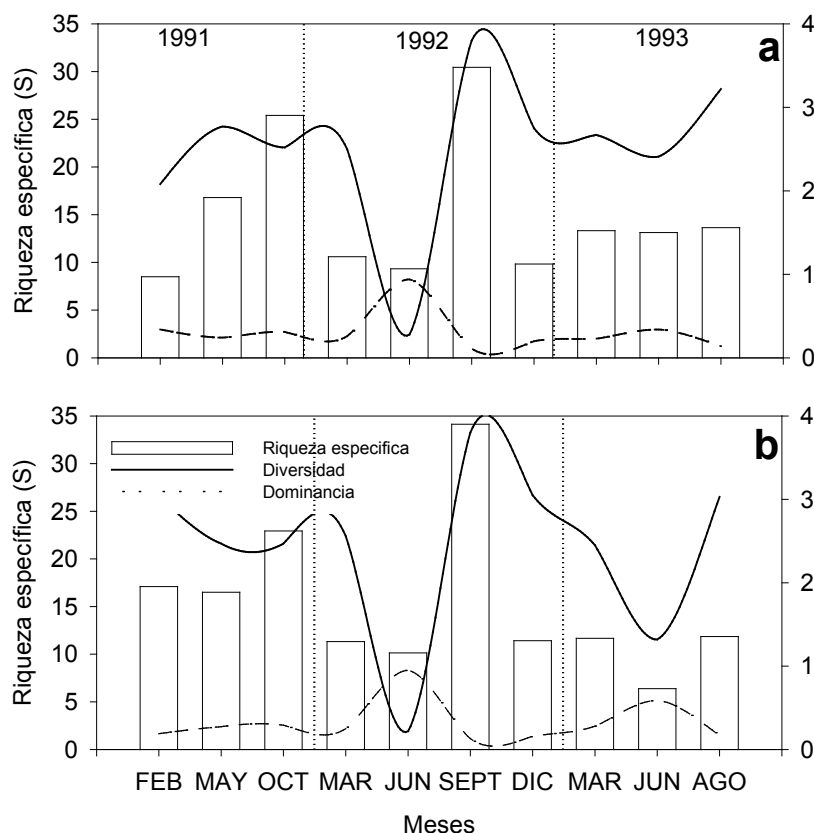


Figura 3. Valores promedio de la Diversidad (H'), Número de especies (S) y Dominancia (λ). a) Nivel superficial; b) 10 metros.

Figure 3. Average values of Diversity (H'), Number of species (S) and Dominance (λ). a) Surface level; b) 10 meters.

como *Chaetoceros* y *Rhizosolenia*, las cuales posiblemente provienen del intercambio que tiene esta bahía con el Golfo de California. Las zonas II y III se localizan en la parte occidental y oriental de la bahía, se caracterizan por presentar fondos someros con una gran dinámica debido a procesos de circulación. Sin embargo, estas se diferencian entre sí, debido a que en la zona occidental puede ocurrir una acumulación de partículas, entre ellas fitoplancton, ya que la topografía misma puede influir en la formación de giros. La zona IV o central está influenciada tanto por la I como por las zonas II y III debido al patrón de circulación de la bahía, de tal forma que es la que mantiene una mayor dinámica. Por último, la zona V se localiza en la parte sur de la bahía, la cual presenta menores profundidades. Por lo tanto existe una remoción de sedimentos que pueden aportar especies del microfítobentos a la columna de agua.

DISCUSIÓN

Al contrastar los resultados obtenidos de la abundancia fitoplanctónica total contra valores reportados para la región adyacente del Golfo

de California (Gárate-Lizárraga *et al.*, 1990) observamos que nuestros valores son mayores, mientras que en la composición específica del microfítoplancton, los géneros identificados como de mayor importancia, tanto para diatomeas como para dinoflagelados, coinciden con lo ya registrado para esta bahía (Gárate-Lizárraga *et al.*, 1990; Gárate-Lizárraga, 1991; Martínez-López & Gárate-Lizárraga, 1994; 1997) y para las aguas adyacentes del Golfo de California (Cupp & Allen, 1938; Gilmartin & Revelante, 1978; Gárate-Lizárraga *et al.*, 1990; Sancetta, 1995; Palomares-García *et al.*, 2003). López-Cortés *et al.* (2003) reportaron una importancia relativa mayor de las diatomeas y dinoflagelados, basándose en las altas concentraciones registradas de fucoxantina y peridina, respectivamente. Las especies responsables de la dinámica de la comunidad son semejantes a través del año, pero es notorio el predominio de especies de diatomeas grandes propias de ambientes enriquecidos, como *G. flaccida* y *E. zodiacus*, durante invierno y primavera mientras que durante el verano, las diatomeas de mayor importancia fueron *D. fragilissimus*, *P.*

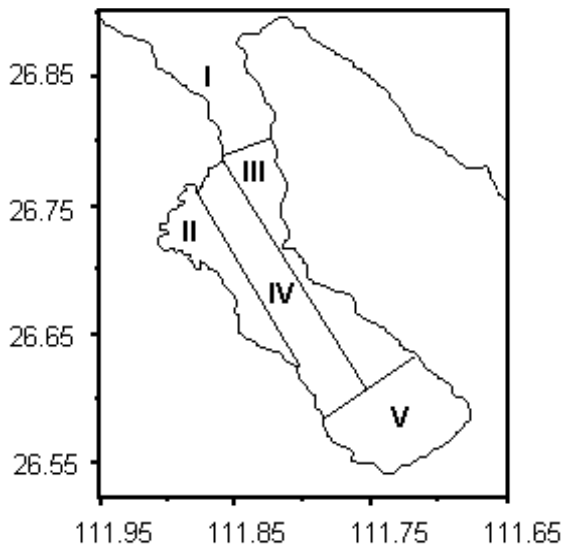


Figura 4. División de la bahía con base en el análisis de similitud de la composición específica y abundancia microfitoplanctónica.

Figure 4. Bay distribution based on the similarity analysis of the specific composition and microphytoplanktonic abundance.

delicatissima, *H. hauckii*; así como los dinoflagelados *Scrippsiella trochoidea*, *Prorocentrum gracile* y *Gyrodinium herbaceum*. La presencia de dinoflagelados durante el periodo cálido puede asociarse con una columna de agua estratificada, relacionada con la menor intensidad de los vientos (Simpson *et al.*, 1990; Cheng *et al.*, 2010) y un decremento en la concentración de nutrientes. Estas condiciones favorecen el desarrollo de los dinoflagelados (López-Cortés *et al.*, 2003; Smayda, 1997, 2005). El incremento estacional de los dinoflagelados en su abundancia y número de especies, favorece la presencia de especies como: *P. micans*, *S. trochoidea*, *P. gracile*, *G. herbaceum*, *Prorocentrum steinii*, *Akashiwo sanguinea*, *Gymnodinium catenatum* y *Alexandrium catenella* que son consideradas como tóxicas o potencialmente tóxicas (Gárate-Lizárraga, 1991; Gárate-Lizárraga, 1995; Lechuga-Devéze & Morquecho-Escamilla, 1998; Gárate-Lizárraga *et al.*, 2001; Gárate-Lizárraga *et al.*, 2004; 2006). De acuerdo con estos resultados, es un hecho relevante que en Bahía Concepción existen especies que producen toxinas del tipo paralizante, las cuales pueden ser incorporadas y acumuladas por los organismos filtradores (Gárate-Lizárraga *et al.*, 2004; 2006).

Si bien, observamos cambios estacionales e interanuales en la estructura de la comunidad microfitoplanctónica, fue posible la zonificación de la bahía con base en la conformación de asociaciones, dado que las especies dominantes que representan a cada zona muestran cierta consistencia a través de tiempo; además de que las zonas están asociadas a especies con características de hábitat afines más que a un taxón en particular.

Con respecto a la dominancia de la fracción nanofitoplanctónica durante la mayor parte del periodo de estudio, se da la posibilidad de que pueda ser consumida por el microzooplancton y ser integrada a la trama trófica (Putland, 2000; Bottjer & Morales, 2005). Existen estudios en los cuales se ha registrado que esta presión de pastoreo ejercida sobre el fitoplancton puede consumir hasta un 80% de la productividad primaria, poniendo a disposición de niveles tróficos superiores esta energía (Irigoien *et al.*, 2005). Durante junio de 1993 se registraron las mayores abundancias de *P. delicatissima* y *H. hauckii* en el nivel superficial, lo cual ocasionó que existiera diferencia significativa entre la abundancia microfitoplanctónica de ambos niveles. Sin embargo, por ser significativamente menor que la fracción nanofitoplanctónica no influyó sobre la abundancia total.

En cuanto a la variación interanual de la abundancia fitoplanctónica total, es posible observar una ligera disminución durante 1992 y 1993 con respecto a los valores registrados durante 1991. La dominancia del nanofitoplancton es común en el golfo central; esto ha sido registrado para la parte norte de esta bahía (Gilmartin & Revelante, 1978; Noriega-Cañar & Palomares-García, 2008). La variación de las dos fracciones fitoplanctónicas fue distinta a través de los años analizados. Así, la fracción microfitoplanctónica disminuyó durante 1992, para mostrar un ligero incremento en 1993. Por su parte, el nanofitoplancton tendió a incrementar sus valores a partir de junio de 1992. Esto puede estar relacionado con el efecto de El Niño, que presentó su mayor influencia durante este periodo. La dominancia del nanofitoplancton durante los eventos El Niño ha sido documentada tanto para el Golfo de California (Valdéz-Holguín, *et al.*, 1995) como para la Corriente de California y la costa de Perú (Barber & Chavez, 1983; Millán-Núñez & Gaxiola-Castro, 1989). Esta consideración cobra fuerza al ver que el incremento en la abundancia del microfitoplancton registrado durante 1993, está relacionado con la aparición en concentraciones altas de dinoflagelados que son característicos de aguas más cálidas (Lee, 1989).

AGRADECIMIENTOS

A la dirección de Estudios Profesionales y de Investigación del Instituto Politécnico Nacional, por el apoyo económico otorgado para la realización del proyecto: "Dinámica de Nutrientes y Plancton de Bahía Concepción, B.C.S.", clave DEPI 903371. Los autores son becarios COFAA y/o EDI.

REFERENCIAS

- Barber, R.T. & F.P. Chavez. 1983. Biological Consequences of El Niño. *Science*, 222:1203 – 1210. <https://doi.org/10.1126/science.222.4629.1203>
- Barber, R.T. & R.I. Smith. 1981. Coastal upwelling ecosystems, 31-68. En: Longhurst, A.R. (Ed.). *An analysis of marine ecosystem*. Academic Press New York.
- Bottjer, D. & C.E. Morales. 2005. Microzooplankton grazing in a coastal embayment of Concepción, Chile (36°S) during non-upwelling conditions. *Jour. Plank. Res.*, 27:383-391. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbi012>
- Brower, J.E. & J.H. Zar. 1979. *Field and laboratory methods for the general ecology*. Wm. C. Brown Co. Pub. Dubuque, Iowa. 194 p.
- Chang, E.H., W.E. Vincent & P.H. Woods. 1992. Nitrogen utilization by size fractionated phytoplankton assemblages associated with an upwelling events off Westland, New Zealand. *N.Z.J. Mar. Fresh-water Res.*, 26:287-301. <https://doi.org/10.1080/00288330.1992.9516524>
- Cheng, P., A. Valle-Levinson, C.D. Winant, A.L.S. Ponte, G. Gutierrez de Velasco & K. B. Winters. 2010. Upwelling-enhanced seasonal stratification in a semiarid bay. *Cont. Shelf Res.* <https://doi.org/10.1016/j.csr.2010.03.015>
- Chisholm, S.W. 1992. Phytoplankton size, 213–237. En: Falkowski, P.G. & Woodhead, A.D. (Eds.). *Primary productivity and biogeochemical cycles in the sea*. Plenum Press, New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-0762-2_12
- Cruz-Orozco, R., L. Godínez-Orta, E. Nava-Sánchez & S. Solís-Núñez. 1991. Algunos aspectos geológicos de Bahía Concepción, B.C.S. *Oceanotas* No. 2, Departamento de Geología Marina, Universidad, Autónoma de Baja California Sur.
- Cupp, E.E. & W.E. Allen. 1938. Plankton diatoms of the Gulf of California obtained by the G. Allan Hancock Pacific Expedition of 1937. *Univ. Southern Calif.*, 3:91-99.
- Dobs, F.C., 1981. Community ecology of a shallow subtidal sand flat, with emphasis on sediment reworking by *Clymenella torquata* (Polychaeta: Maldenidae). MSc Thesis, University of Connecticut. Storrs, Connecticut. 100 p.
- Gárate-Lizárraga, I. 1991. Análisis de una marea roja causada por *Noctiluca scintillians* (Macrtrney) Ehr. en Bahía Concepción, Baja California Sur en febrero de 1989. *Rev. Inv. Cient. U.A.B.C.S.*, 2(1):35-43.
- Gárate-Lizárraga, I. 1995. Mareas rojas en Bahía Concepción, B.C.S., México. *Rev. Invest. Mar.*, Boletín No. 40. CICIMAR-IPN.
- Gárate-Lizárraga, I., D.A. Siqueiros-Beltrones & C.H. Lechuga-Devéze. 1990. Estructura de las asociaciones microfitorplanctónicas de la Región Central del Golfo de California y su distribución espacial en el otoño de 1986. *Cienc. Mar.*, 16(3):131-153. <https://doi.org/10.7773/cm.v16i3.696>
- Gárate-Lizárraga, I., M. L. Hernández-Orozco, C. Band-Schmidt & G. Serrano-Casillas. 2001. Red tides along of the coasts of the Baja California Peninsula, Mexico (1984 to 2001). *Oceanides*, 16(2):127-134.
- Gárate-Lizárraga, I., J.J. Bustillos-Guzmán, R. Alonso-Rodríguez & B. Luckas. 2004. Comparative paralytic shellfish toxin profiles in two marine bivalves during outbreaks of *Gymnodinium catenatum* (Dinophyceae) in the Gulf of California. *Mar. Poll. Bull.*, 48(3,4):397-402. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2003.10.032>
- Gárate-Lizárraga, I., J.J. Bustillos-Guzmán, D.J. López-Cortés, F. Hernández-Sandoval, K. Erler & B. Luckas. 2006. Paralytic shellfish toxin (PST) profiles in net phytoplankton samples from Bahía Concepción, Gulf of California, Mexico. *Mar. Poll. Bull.*, 52(7):800-806. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2006.03.003>
- Gilmartin, M. & N. Revelante. 1978. The phytoplankton characteristics of the barrier Island lagoons of the Gulf of California. *Est. Coast. Mar. Sci.*, 7:29-47. [https://doi.org/10.1016/0302-3524\(78\)90055-5](https://doi.org/10.1016/0302-3524(78)90055-5)
- Hasle, G.R., 1978. Using the inverted microscope, 191-196. En: Sournia, A. (Ed.). *Phytoplankton Manual*. UNESCO, Paris.
- Irigoin, X., K.J. Flynn & R.P. Harrys. 2005. Phytoplankton blooms: a 'loophole' in microzooplankton grazing impact. *Jour. Plank. Res.*, 27:313-321. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbi011>

- Jacquet, S., L. Prieur, C. Avois-Jacquet, J.F. Lennon & D. Vault. 2002. Short-timescale variability of picophytoplankton abundance and cellular parameters in surface waters of the Alboran Sea (western mediterranean). *Jour. Plank. Res.*, 24(7): 635-651. <https://doi.org/10.1093/plankt/24.7.635>
- Lechuga-Devéze, C. H. & M. L. Morquecho-Escamilla. 1998. Early spring potentially harmful phytoplankton in Bahía Concepción, Gulf of California. *Bull. Mar. Sci.*, 63(3): 503-512.
- Lee, R.E. 1989. Phycology. Cambridge University Press. Segunda Edición. 645 p.
- López-Cortés, D.J., J. J. Bustillos-Guzmán, I. Gárate-Lizárraga, F. E. Hernández-Sandoval & I. Murillo-Murillo. 2003. Phytoplankton biomasses and hydrographic conditions during El Niño 1997-1998 in Bahía Concepción, Gulf of California, México. *Geo. Inter.*, 42(3):495-504.
- Martínez-López, A. & I. Gárate-Lizárraga. 1994. Cantidad y calidad de la materia orgánica particulada en Bahía Concepción en la temporada de reproducción de la almeja catarina *Argopecten circularis* (Sowerby, 1835). *Cienc. Mar.*, 20(3):301-320. <https://doi.org/10.7773/cm.v20i3.972>
- Martínez-López, A. & I. Gárate-Lizárraga. 1997. Variación diaria de la materia orgánica particulada en una Laguna costera del Golfo de California. *Rev. Biol. Trop.*, 45(4):1421-1428.
- Millán-Núñez, E. & G. Gaxiola-Castro. 1989. Spatial variability of phytoplankton in the Gulf of California during the El Niño 1983. *Nova Hedwigia*, 49:113-119.
- Noriega-Cañar, A.M. & J.R. Palomares-García. 2008. Pastoreo por el microzooplancton en Bahía Concepción, Golfo de California, México. *Hidrobiológica*, 18(1):141-151.
- Palomares-García, R., A. Martínez-López & R. De Silva-Dávila. 2003. Winter egg production rates of four calanoid copepod species in Bahía de La Paz, Mexico, 139-152. En: Hendrickx, M.E. (Ed.) *Contributions to the Study of East Pacific Crustaceans*. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM.
- Pielou, E.C., 1969. *An introduction to mathematical ecology*. Wiley-Interscience, New York. 286 p.
- Putland, J.N. 2000. Microzooplankton herbivory and bacterivory in Newfoundland coastal waters during spring, summers and winter. *Jour. Plank. Res.*, 22:253-277. <https://doi.org/10.1093/plankt/22.2.253>
- Sancetta, C. 1995. Diatoms in the Gulf of California: Seasonal flux patterns and the sediment record for the last 15,000 years. *Paleoceanography*, 10(1):67-84. <https://doi.org/10.1029/94PA02796>
- Simpson, J.H., J. Brown., J. Matthews & G. Allen. 1990. Tidal straining, density currents, and stirring in the control of estuarine stratification. *Estuaries*, 13 (2): 125-132. <https://doi.org/10.2307/1351581>
- Smayda, T.J., 1997. Harmful algal blooms: Their ecophysiology and general relevance to phytoplankton blooms in the sea. *Limnol. Oceanogr.*, 42: 1137-1153. https://doi.org/10.4319/lo.1997.42.5_part_2.1137
- Smayda, T.J. 2005. Eutrophication and phytoplankton, 89-98. En: Wassman P. & Olli K. (eds) *Drainage basin nutrient inputs and eutrophication: An Integrated approach*. University of Tromsø, Norway.
- Tamigneaux, E. L. Legendre, B. Klein & M. Mingelbier. 1999. Seasonal dynamics and potencial fate of size-fractionated phytoplankton in a temperate nearshore environment (Western Gulf of St. Lawrence, Canada). *Est. Coast. Shelf Sci.*, 48:253-269. <https://doi.org/10.1006/ecss.1999.0416>
- Tang, E.P.V. 1995. The allometry of algal growth rates. *Journ. Plank. Res.*, 17:1325-1335. <https://doi.org/10.1093/plankt/17.6.1325> <https://doi.org/10.1093/plankt/17.2.303>
- Valdez-Holguín, J.E., G. Gaxiola-Castro & R. Cervantes-Duarte. 1995. Productividad primaria en el Golfo de California, calculada a partir de la relación entre irradiancia superficial y clorofila de la zona eufótica. *Cienc. Mar.*, 21(3): 311-329. <https://doi.org/10.7773/cm.v21i3.995>
- Valiela, I. 1995. *Marine ecological processes*. Springer-Verlag. New York, U.S.A. 546 p. <https://doi.org/10.1007/978-1-4757-4125-4>
- Wolda, H. 1981. Similarity indices, sample size and diversity. *Oecologia*, 50:296-302. <https://doi.org/10.1007/BF00344966>

Copyright (c) 2010 Verdugo-Díaz, G., A. Martínez-López & I. Gárate-Lizárraga



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](#).

Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumen de la licencia](#) - [Texto completo de la licencia](#)