

Distribución y abundancia anual de *Ceratium dens* (Peridinales: Ceratiaceae) en el golfo de California, México

Roberto Cortés Altamirano y Arturo Nuñez Pasten

Estación Mazatlán ICMYL-UNAM, apdo.postal 811, Mazatlán 82040, Sinaloa, México. Fax: (01-69)82-61-33.
Correo electrónico: roberto@mar.icmyl.unam.unam.mx

Recibido 8-VII-1999. Corregido 15-XI-1999. Aceptado 8-III-2000

Abstract: *Ceratium dens* distribution in the Gulf of California was studied based on three oceanographic campaigns, monthly abundance (1995-96) and during three red tide events in Mazatlán Bay. 52 phytoplankton samples with a Bongo net and 64 μm mesh light, during the year 120 water samples with a van Dorn bottle were collected in two sampling stations and from three red tide events. All samples were counted by the inverted-microscope method. The results showed that *C. dens* was present in the upper Gulf of California and surroundings of Cabo San Lucas. Two peaks were observed during spring and autumn in Mazatlán Bay during 1995-1996. The highest densities (20-360 cells. $\cdot\text{l}^{-1}$) were observed in coastal areas, whereas the lowest densities (1-14 cells. $\cdot\text{l}^{-1}$) were recorded in the open sea. During red tide events in 1985, 1989 and 1997, 144 000-256 000 cells. $\cdot\text{l}^{-1}$, 100 000-400 000 cells. $\cdot\text{l}^{-1}$, and 189 000-592 000 cells. $\cdot\text{l}^{-1}$ was observed, respectively. During the red tide events *C. dens* varied, although sometimes was replaced by *Skeletonema costatum* or *Pseudonitzschia* spp and *Ceratium furca*. *C. dens*, seems to prefer areas with high productivity.

Key words: Dinophyceae, Ceratiaceae, distribution, abundance, red tides, Gulf of California

El género *Ceratium* es uno de los dinoflagelados más conspicuos distribuidos en el golfo de California, donde han sido identificados cerca de 83 táxones, incluyendo variedades y formas (Licea *et al.* 1995), los cuales están muy próximo al total mundial de 120 especies conocidas (Sournia 1986). De todas ellas, únicamente se han reportado como formadoras de marea roja a *Ceratium furca* var. *furca* Sournia, *C. fusus* var. *fuscus* Sournia, *C. lineatum* Cleve, *C. longipes* (Bailey) Gran y *C. tripos* Gourret (Toriumi 1990). Sin embargo, *C. dens* Ostendelf y Schmidt, ha sido incluido recientemente como responsable de mareas rojas (Cortés y Luna 1998) y en la más reciente revisión genérica esta especie ha sido excluido equivocadamente del golfo de California (Hernández-Becerril 1989). Este estudio da a conocer la presencia y la distribución de *C. dens* en el golfo

de California y la variación de la abundancia anual en la bahía de Mazatlán. Además se presentan tres casos de marea roja dominados o subdominados por esta especie, la cual ha sido asociada con mortandades de postlarvas de camarón (Cortés y Alonso 1997).

MATERIALES Y MÉTODOS

Para conocer la distribución de *C. dens* en el golfo de California (Fig.1A) se analizaron muestras fitoplanctónicas en 21 estaciones de recolección del crucero Cortés I (2-14 mayo 1982), 15 en el Cortés II (9-23 marzo 1985) y 16 en el Cortés III (27 julio a 9 de agosto de 1985). Todas fueron obtenidas en superficie mediante una red bongo con malla de 64 μm . Para la variación de la abundancia anual se analizaron 120 muestras volumétricas de agua en dos estacio-

nes fijas y recolectadas con frecuencia mensual desde febrero 1995 a agosto de 1996, en la bahía de Mazatlán (Fig.1B). Se analizaron muestras de tres eventos de mareas rojas obtenidas en lo más intenso de las manchas rojas, en 1985, 1989 y 1997. El método usado para el recuento celular está referido en Hasle (1978). Se contó submuestras compuestas de 50 ml de tres niveles de profundidad: superficie, media y fondo. Para las muestras de marea roja se analizaron únicamente a superficie contando una submuestra de un ml en todos los casos. Para las fotografías de luz se usó un fotomicroscopio de objetivos invertidos con contraste de fase y el microscopio electrónico de barrido; en este último caso se realizó deshidrataciones graduales hasta acetona pura y secado al punto crítico del CO_2 con recubrimiento de las células en oro. Existen especímenes testigo de *C. dens* de la colección de referencia del laboratorio de Plancton en la Unidad Académica de Mazatlán perteneciente al Instituto de Ciencias del Mar y Limnología-UNAM (claves MR85-20, MR89-37 y MR97-78). Estas muestras fueron utilizadas para la obtención de las fotografías de *C. dens* presentadas en la Fig. 3 con excepción de A y B de Zihuata-nejo que no fueron catalogadas.

CUADRO 1

Presencia y abundancia de *C. dens* en el golfo de California.
Abundance of *C. dens* observed in the Gulf of California.

Cortes I		Cortes II		Cortes III	
Est.	Céls.l ⁻¹	Est.	Céls.l ⁻¹	Est.	Céls.l ⁻¹
1	0	3	0	3	0
3	0	8	0	8	0
6	0	15	0	12	0
7	0	19	0	16	0
10	0	25	0	19	0
12	0	32	5	26	1
16	0	37	14	32	1
19	0	42	1	37	2
22	0	46	0	40	0
24	0	49	0	42	0
27	0	50	0	47	0
32	0	55	1	49	0
38	0	58	0	52	0
40	0	59	0	57	0
42	0	62	0	58	0
48	0			61	0
53	0				
55	0				
58	0				
59	0				

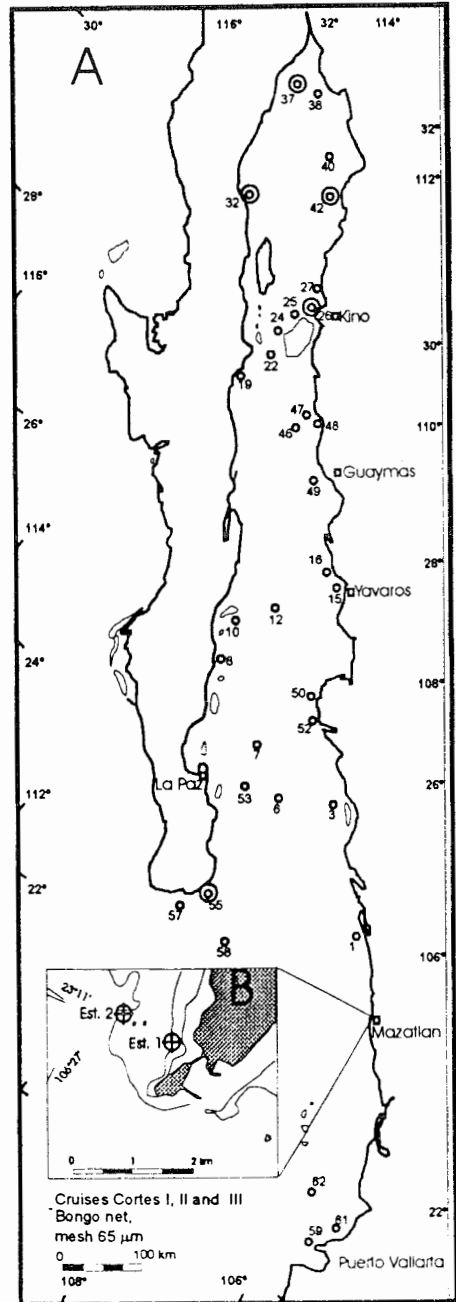


Fig. 1.- A) Distribución de las estaciones de muestreo de los cruceros Cortés I, II y III. Los círculos dobles significan la presencia de *Ceratium dens*. B) Recuadro con las estaciones de captura del ciclo anual (1995-96) en la bahía de Mazatlán.

Fig. 1.- A) Sampling sites during the cruises Cortés I, II and III. Circles indicate where *Ceratium dens* was observed. B) Sampling sites during 1995-96 in Mazatlán Bay.

RESULTADOS

Distribución: Las estaciones de muestreo (Fig. 1) indican que *C. dens* ocurre principalmente en dos de las áreas más productivas del golfo de California. La región del alto del golfo de California (estaciones 26,31,32,42) y en el extremo de la península de Baja California (estación 55). Su presencia solo se manifiesta en las muestras del Cortés II y III y de acuerdo a la época en que se realizaron estas campañas, coinciden con la máxima abundancia encontrada en la variación anual, es decir, marzo y agosto. La localización geográfica de las estaciones de muestreo abarcan toda el área del golfo, es decir, desde la región del delta del río Colorado hasta el extremo de la península de Baja California, cerca de Cabo San Lucas, lo que representa una amplia distribución en el golfo de California. Las abundancias en estos lugares de muestreo fueron muy bajas de 1 a 14 céls. \cdot l⁻¹ (Cuadro 1).

Variación anual: La variación cuantitativa de *C. dens* durante los años 1995-96 en la bahía de Mazatlán indican dos períodos de máxima abundancia, en la primavera y en otoño, que coinciden perfectamente con una distribución acorde a un régimen de variación de mares templados (Boney 1975). A es-

to se debe agregar que el primer máximo de abundancia se observó durante la época de surgencias, que coadyuvan principalmente con la aportación de dinoquistes y el suministro de nutrientes. Se puede apreciar que las máximas abundancias siempre se establecen de marzo a abril y el segundo máximo entre agosto y octubre. Además la máxima abundancia puede variar grandemente en cada estación de recolecta, así como en diferentes años. Sin embargo, el segundo máximo de abundancia parece ser muy semejante en cantidad y sincronía (Fig. 2).

Mareas rojas: La bahía de Mazatlán es un área donde se presentan con regularidad las mareas rojas, principalmente durante la época de las surgencias (Mee *et al.* 1985, Cortés 1987, Cortés *et al.* 1995). Estos fenómenos se han registrado desde 1979 y de esta fecha hasta la actualidad, se han detectado tres mareas rojas dominadas por *C. dens*, algunas veces superada por *C. furca var. furca*, o por las diatomeas *Skeletonema costatum* y *Pseudonitzschia* spp. Estas proliferaciones de *C. dens* se han presentado de febrero a abril, superando en abundancia (Cuadro 2) grandemente a lo observado durante el ciclo anual 1995-1996.

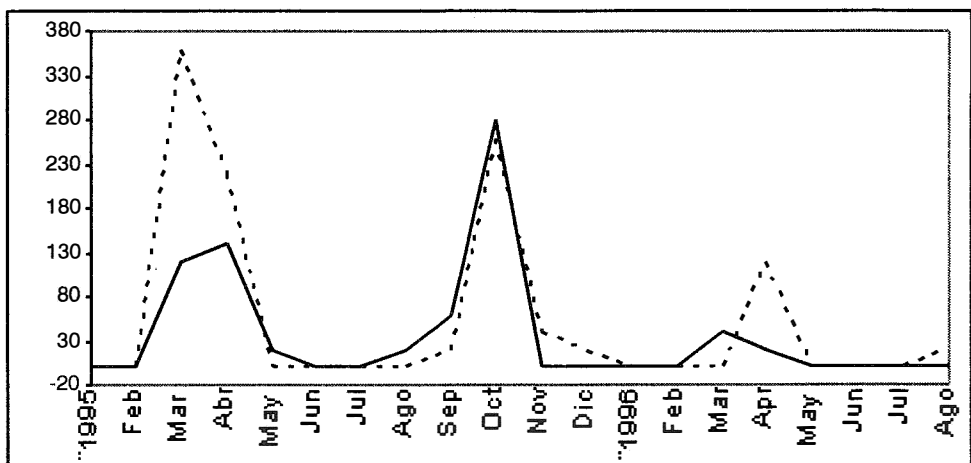


Fig. 2.- Variación de la abundancia anual (1995-96) de *Ceratium dens* en la bahía de Mazatlán.

Fig. 2.- Abundance of *Ceratium dens* in Mazatlán Bay during 1995-96.

CUADRO 2

Composición y abundancia (células. $\times 10^3 \cdot l^{-1}$) de *C. dens* en mareas rojas de la bahía de Mazatlán.

Red tides composition and abundance (cells. $\times 10^3 \cdot l^{-1}$) of *C. dens* in Mazatlán Bay.

Primera marea roja de 37 días* (2 muestreos).

Especies	13-Mar-85	%	04-Abr-85	%
<i>Skeletonema costatum</i>	2830	91.6	2850	76.7
<i>Ceratium dens</i>	254	8.2	256	6.9
<i>Ceratium furca</i> var. <i>furca</i>	6	0.2	16	0.4
<i>Gymnodinium catenatum</i>	0	0	480	12.9
<i>Dinophysis caudata</i>	0	0	2	0.1
Total	3090	100	34745	100

Segunda de 17 días* (2 muestreos)

Especies	21-Feb-89	%	22-Feb-89	%
<i>Ceratium dens</i>	100	14.3	400	88.9
<i>Ceratium furca</i> var. <i>furca</i>	600	85.7	50	11.1
Total	700	100	450	100

Tercera de 14 días* (2 muestreos)

Especies	26-Feb-97	%	05-Mar-97	%
<i>Pseudonitzschia</i> sp.	621	26	634	29.7
<i>Proboscia alata</i>	567	23.7	0	0
<i>Skeletonema costatum</i>	20	0.8	0	0
<i>Ceratium dens</i>	189	8	592	27.7
<i>Gymnodinium catenatum</i>	108	4.5	18	0.8
Total	2392	100	2133	100

*Los días se refieren a la 3ra fase del desarrollo dinámico de las mareas rojas (Steindinger & Vargo, 1988).

DISCUSIÓN

El dinoflagelado *C. dens* es una de las especies de Ceratiaceae más abundantes en el Pacífico mexicano, quizá con excepción de *C. furca* var. *furca*. El dinoflagelado *C. dens* ha sido, en varias ocasiones confundido, con *Ceratium tripos* según Balech (1988), con *Ceratium tripos* var. *ponticum* (Muñoz y Avaria 1980; Cortés et al. 1995) y con *Ceratium divaricatum* (Hernández-Becerril 1989). Este último autor considera que no existe en esta región, a pesar de que ha sido identificado en el litoral sur de California y es con frecuencia la especie dominante (Balech *op cit.*). También se ha localizado a la altura de la bahía de Valparaíso, Chile (Muñoz y Avaria *op cit.*) y en todo el Pacífico cálido; donde encontraron ejemplares con los cuernos muy reducido casi a muñones muy semejantes a los encontrados en la bahía de Zihuatanejo (Fig.3: A y

B). E. Balech y S. Avaria corroboraron la presencia de *C. dens* de las bahías de Mazatlán y Zihuatanejo mediante la observación de fotografías electrónicas de barrido y de luz (Fig.3: A-E). Sournia (1967) en su revisión mundial del genero *Ceratium* presenta un dibujo de tres ejemplares, en posición dorsal, que no concuerdan con la trayectoria de los cuernos de *C. dens*, y las dimensiones de estos resultan invertidas, resultando más grande el derecho que el izquierdo. La dirección de estos cuernos recuerdan más a *C. tripos*. En cambio, los ejemplares presentados por Balech *op cit.* (Lám. 69, Figs. 3, 4, y 5) coinciden perfectamente con los especímenes observados en la bahía de Mazatlán y Zihuatanejo. Algunos autores (Hernández-Becerril 1985; Licea et al. 1995) han dibujado y fotografiado ejemplares con las puntas de los cuernos rotas y los consideran erróneamente como cuernos romos, siendo esto artificial (Fig. 3: E).

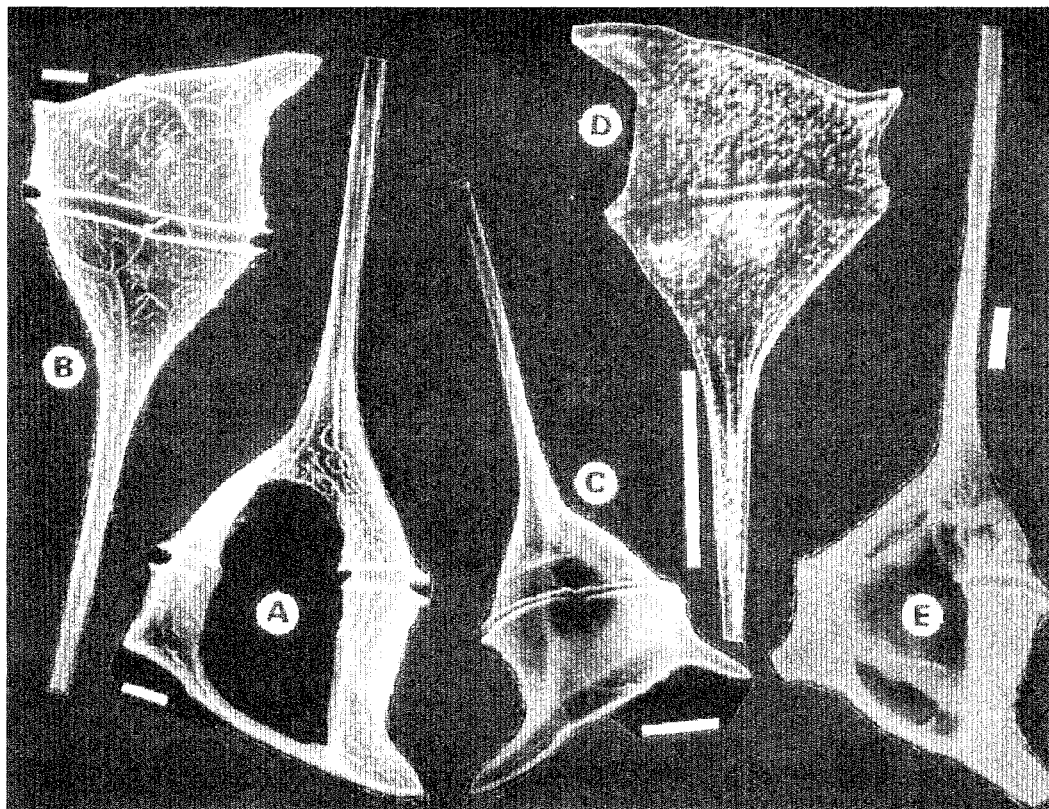


Fig. 3.- Morfología de *Ceratium dens*. A) Espécimen de Zihuatanejo vista ventral, observe el cuerno derecho casi reducido a un muñón, MEB. B) Espécimen en vista dorsal. MEB C-D) Espémenes de Mazatlán, vista dorsal, observe dimensiones extremas, los cuernos más alargados y en dirección hacia abajo, C in vitro y D in vivo, ambos en ML. E) Ejemplar cuyos cuernos antapicales están rotos, MEB. MEB= Microscopio electrónico de barrido, ML= Microscopio de luz. Escalas: A-B) 10 mm C-D) 50 mm E) 20 mm.

Fig. 3.- *Ceratium dens*. A) microphotograph SEM of specimen collected in Zihuatanejo, ventral view, showing reduced right horn. B) microphotograph of specimen collected in Zihuatanejo, dorsal view. C-D) specimen collected in Mazatlán, dorsal view, note total length, and length and directions of horns. C in vitro and D in vivo in ML. E) microphotograph of another specimen with broken antapical horns, in SEM. SEM= Scanning electronic microscope. ML= Light microscope. Scale bars: A-B) 10 mm C-D) 50 mm E) 20 mm.

En la gran mayoría de las estaciones de recolecta del golfo de California, no se evidenció la presencia de *C. dens*, únicamente fueron encontrados en la región más interna del golfo y la Península de Baja California, lugares comúnmente con altas concentraciones de nutrientes, ambas regiones representan zonas de alta productividad. La primera es un área somera influenciada por las descargas del delta del río Colorado, aportando gran cantidad de nutrientes, en comparación al resto del golfo de California (Alvarez y Gaxiola 1988)

y la segunda es una región que presenta un frente oceánico que la hace un área muy productiva (Stevenson 1970). Estas áreas altamente productivas y la gran abundancia de *C. dens* desplegada durante fenómenos de marea roja evidencian que presenta una afinidad a ambientes altamente productivos. Esto parece confirmarse en la variación de la abundancia anual, donde únicamente prolifera *C. dens* en los meses de máxima concentración de nutrientes como es la época primaveral y del reciclado otoñal.

AGRADECIMIENTOS.

Agradecemos a Michel Hendricks la revisión crítica al manuscrito original, a Yolanda Hornelas la toma de fotografías con el microscopio electrónico de barrido y a Germán Ramírez su ayuda en la obtención de la Fig.1.

RESUMEN

La distribución de *Ceratium dens* en el Golfo de California se basó en tres campañas oceanográficas, su abundancia mensual (1995-96) en la Bahía de Mazatlán, y en tres fenómenos de mareas rojas presentadas en esta misma área. Se analizaron 52 muestras de fitoplancton recolectadas con red bongo con luz de malla de 64 μm y 120 muestras de agua con botella van Dorn en dos estaciones de recolecta y de tres eventos de marea roja en la Bahía de Mazatlán. Todas las muestras fueron contadas por el método del microscopio invertido. Los resultados indican que *C. dens* está presente en la región alta del Golfo de California y alrededor de Cabo San Lucas. En el ciclo 1995-96 la variación en la Bahía mostró dos periodos de máxima abundancia en primavera y otoño. Las abundancias presentaron una gran variación, en mar abierto fueron de 1-14 $\text{cél}\cdot\text{l}^{-1}$, en zonas costeras de 20-360 $\text{cél}\cdot\text{l}^{-1}$, y durante periodos de marea roja en 1985, 1989 y 1997 sus abundancias extremas fueron 144 000-256 000 $\text{cél}\cdot\text{l}^{-1}$, 100 000-400 000 $\text{cél}\cdot\text{l}^{-1}$ y 189 000-592 000 $\text{cél}\cdot\text{l}^{-1}$, respectivamente. Durante la marea roja, *C. dens* varía grandemente, a veces sustituida por *Skeletonema costatum* o *Pseudonitzschia spp* y *Ceratium furca*. *C. dens*, aparenta tener una afinidad por los ambientes de alta productividad.

REFERENCIAS

- Alvarez Borrego, S. & G. Gaxiola Castro. 1988. Photosynthetic parameters of northern Gulf of California phytoplankton. Cont. Shelf Res., 8 : 37-47.
- Balech, E. 1988. Los Dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental. Publ. Esp. Inst. Esp. Oceanogr.: 197-198, Lám. 69, Madrid 1, España.
- Boney A.D. 1975. Phytoplankton. The Institute of Biology. Londres: 116 p.
- Cortés Altamirano, R. 1987. Observations of red tides in the Mazatlán bay, Sinaloa, México. Cien. Mar. 13: 1-19.
- Cortés Altamirano, R., F.A. Manrique & R. Luna-Soria. 1995. Presencia de Mareas Rojas en la costa Este del Golfo de California. Rev. Lat-amer. Microbiol. 37: 337-342.
- Cortés Altamirano, R. & R. Alonso Rodríguez. 1997. Mareas rojas durante 1997 en la bahía de Mazatlán, Sin., México. Rev. Cien. Mar, U.A.S. 15: 31-37.
- Cortés Altamirano, R. & R. Soria Luna. 1998. Lista mundial de microalgas responsables de florecimientos, mareas rojas y tóxicas, p. 141-153. In: Cortés A. R. (comp.). Las Mareas Rojas, ATG editor S.A., D.F., México.
- Hasle, G. R. 1978. Using the inverted microscope, p.191-197. In: A. Sournia, (ed.). Phytoplankton Manual, UNESCO, París.
- Hernández-Becerril, D.U. 1985. Dinoflagelados en el fitoplancton en el Puerto del Sauzal, Baja California. Cien. Mar. 11: 65-91.
- Hernández-Becerril, D.U. 1989. Species of the dinoflagellate genus *Ceratium* Schrank (Dinophyceae) in the Gulf of California and coasts off Baja California, Mexico. Nova Hedwigia 48: 33-54.
- Licea Duran S., J.L. Moreno, H. Santoyo & G. Figueroa. 1995. Dinoflageladas del Golfo de California. UBCS, SEP-FOMEX, México, 165 p.
- Mee, L. D., A. Ramírez F., F. Flores V. & F. González F. 1985. Coastal upwelling and fertility of the Southern Gulf of California: Impact of the 1982-83 ENSO Event. Trop. Ocean-Atmospher. newsletter 31: 9-10.
- Muñoz, S.P. & S. Avaria. 1980. Estudio taxonómico de los dinoflagelados tecados de la Bahía de Valparaíso. I. Género *Ceratium*. Rev. Biol. Mar. 17: 1-43, 12 láms.
- Sournia, A. 1967. Le genre *Ceratium* (Péridinien planctonique) dans le Canal de Mozambique. Contribution á une révision mondiale. Vie Milieu, ser. A 18 (2,3, A): 375-499.
- Sournia, A. 1986. Atlas du phytoplankton marin. Introduction Cyanophycées, Dictioochophycées, Dinophycées et Raphidophycées. Editions du C. N. R. S.vol.1, Paris. 219 p.

- Steidinger, K.A. & Gabriel A. Vargo. 1988. Marine dinoflagellate blooms: dynamics and impacts, p.373-401. In: Lembi, C.A. & J.R. Waaland (eds.). *Algae and Human affairs*. Cambridge University Press. USA.
- Stevenson, M. R. 1970. On the physical and biological oceanographic near the entrance of the Gulf of California. October 1966- August 1967. *Interamer. Trop. Tuna Comm. Bull.* 14: 389-504.
- Toriumi, Saburo. 1990. *Ceratium furca* (Ehrenberg) Claparede et Lachman, *Ceratium fusus* (Ehrenberg) Dujardin, p 80-83. In: Y. Fukuyo, H. Takano, M. Chihara and K. Matsuo-ka (eds.). *Red Tide Organisms in Japan: An Illustrated Taxonomic Guide*, Uchida Rokahuho, Tokyo, Japan. 430 p.