



## ARTÍCULO

# El microfitoplancton en los principales muelles de la Bahía de Cartagena, Caribe colombiano, vectores posibles de floraciones microalgales

## Micro-plankton at the main piers of Cartagena, Colombian Caribbean, vectors of possible micro-algae flowering

Fecha recepción: 2007-08-21 / Fecha aprobación: 2007-10-12

**Viviana Suárez Villalba**, vivis\_carol04@yahoo.com

Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas - CIOH,  
Isla Manzanillo, Cartagena de Indias, D. T. y C.

**Andrés Franco Herrera**, andres.franco@utadeo.edu.co

Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.  
Sede Santa Marta. Facultad de Ciencias Naturales. Programa de Biología Marina.  
Dirección de investigaciones. Código postal: Carrera 2 No 11-68, Edificio Mundo  
Marino, El Rodadero, Santa Marta, Colombia

**Mary Luz Cañón**, marlucpaez@cioh.org.co

Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas - CIOH,  
Isla Manzanillo, Cartagena de Indias, D. T. y C.

## Resumen

Con el fin de evaluar los cambios espacio-temporales del microfitoplancton en la Bahía de Cartagena, entre marzo-noviembre de 2005 y detectar especies con capacidad para desarrollar floraciones potencialmente nocivas, se adelantaron muestreos en diferentes puntos de la bahía determinando la composición, la abundancia y la concentración de clorofila *a*. Se encontraron un total de 124 especies, distribuidas en 49 géneros y 18 familias, además de 6 morfotipos y la presencia de 10 estructuras de resistencia. Las mayores abundancias relativas se observaron en el grupo de las diatomeas centrales seguidas de las pennales, sobresaliendo la especie *Skeletonema costatum* y los géneros de *Coscinodiscus*, *Chaetoceros*, entre otros. Las concentraciones de clorofila *a* alcanzaron niveles de 44,79 mg/m<sup>3</sup>. Los quistes e hipnocistos alcanzaron abundancias relativas entre 0,01 y 56,13 %, detectándose la presencia de especies catalogadas como potencialmente riesgosas tales como *Asterionellopsis glacialis* y *Dinophysis caudata*. Los resultados muestran cambios en la estructura comunitaria, producto de las variaciones en las condiciones fisicoquímicas del agua de la Bahía de Cartagena, destacándose especies marinas que han desarrollado adaptaciones a través del tiempo, siendo capaces de sobrevivir a condiciones marino-estuarinas tropicales, generados principalmente por la continua descarga de aguas continentales en la bahía.

**Palabras clave:** Bahía de Cartagena, fitoplancton, diatomeas, quiste e hipnocistos.

## Abstract

In order to evaluate the micro-plankton space-temporal changes in the bay of Cartagena, between March-November 2005, and to detect species with capacity of developing partially dangerous flowering, several sampling at different points of the bay were carried out determining their composition, abundance and the chlorophyll *a* concentration. A total of 124 species were found, distributed in 49 types and 18 families, besides 6

morpho-types and the presence of 10 structures of resistance. The greater relative abundances were observed in the group of central diatoms followed by the pennate ones, standing out the species *Skeletonema costatum* and the types of *Coscinodiscus*, *Chaetoceros*, among others. The chlorophyll *a* concentrations reached a level of 44.79 mg/m<sup>3</sup>. The cysts and hypno-cysts reached relative abundances between 0,01 and 56.13%, were the presence of species designated as potentially risky such as *Asterionellopsis glacialis* and *Dinophysis caudata*. The results show changes in the community structure, caused by variations in the water physical-chemical conditions of the Bay of Cartagena, standing out the marine species which have developed adaptations through time, being capable of surviving under tropical marine-estuary conditions, caused mainly by the continuous continental waters dumping in the Bay.

**Key words:** Bay of Cartagena, *phytoplankton*, *diatoms*, *cyst* and *hypnocysts*.

## Introducción

La Bahía de Cartagena es considerada un sistema estuarino costero [1], además de ser reconocida por su fuerte actividad portuaria y por el aporte de aguas del río Magdalena a través del Canal del Dique, así como, por los vertimientos de aguas residuales producto de la actividad industrial y doméstica de la ciudad [2, 3]. Uno de los estudios realizados entre los años 1996-1997 reportaron caudales de aproximadamente 10.064.636 m<sup>3</sup>/día entre aguas residuales, vertimientos industriales, Canal del Dique y lixiviados de basureros [3]. El fitoplancton, como fuente primaria de alimento para las redes trófica marinas, no ha estado exento a estas variaciones. No obstante, su nivel de investigación ha sido puntual ya sean para la Bahía de Cartagena y aguas adyacentes, estos estudios se han venido realizando desde el año de 1973 hasta la actualidad, teniendo en cuenta que han existido algunos períodos largos de ausencia de investigaciones; sin embargo, estos autores han establecido que la comunidad fitoplanctónica está caracterizada principalmente por diatomeas y dinoflagelados tropicales neríticos, siendo los

géneros *Skeletonema*, *Chaetoceros* y *Ceratium* los más importantes, respectivamente [4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11] y que la comunidad se encuentra regulada por las condiciones ambientales de la zona. Así mismo, las concentraciones de clorofila *a* en la bahía muestran que fluctúan en virtud de los períodos climáticos y de las entradas de nutrientes de origen alóctono a sistema [12, 13]. A la fecha, no se ha encontrado ninguna investigación enfocada a la descripción y ecología de microalgas nocivas en la Bahía de Cartagena.

Con base en lo anterior y considerando la importancia de tener información actualizada sobre una comunidad fundamental para el sostenimiento de la vida marina, como lo es el fitoplancton y en un sistema costero ecológicamente impactado por vectores antrópicos, la presente investigación tuvo como objetivo principal evaluar los cambios espacio-temporales del microfitoplancton en la Bahía de Cartagena, entre marzo y noviembre de 2005, acogiendo tres épocas climáticas para la zona y detectar la presencia de especies microfitoplanctónicas potencialmente nocivas. Esta investigación se enmarcó dentro del proyecto “Presencia de organismos exógenos y patógenos en aguas de lastre de buques de tráfico internacional”, que ha sido desarrollado desde el año 2002 por el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas, de la Dirección General Marítima.

## Área de estudio

La Bahía de Cartagena se encuentra localizada en el Caribe colombiano entre los 10°26' 10°16'N y 75°36' 75°30'W [3]. Cuenta con un aporte significativo de aguas continentales provenientes del Canal del Dique, el cual ha generado grandes cambios morfológicos al introducir elementos sedimentológicos, que han debilitado y han obligado a que esta bahía empezara a comportarse como un estuario típico donde dominan condiciones de agua de mezcla [14, 15]. Presenta dos entradas de renovación de aguas oceánicas, una en la parte norte y la otra en el sur constituido por Bocachica considerado el más importante desde el punto de vista hidrodinámico debido a sus mayores profundidades [2].

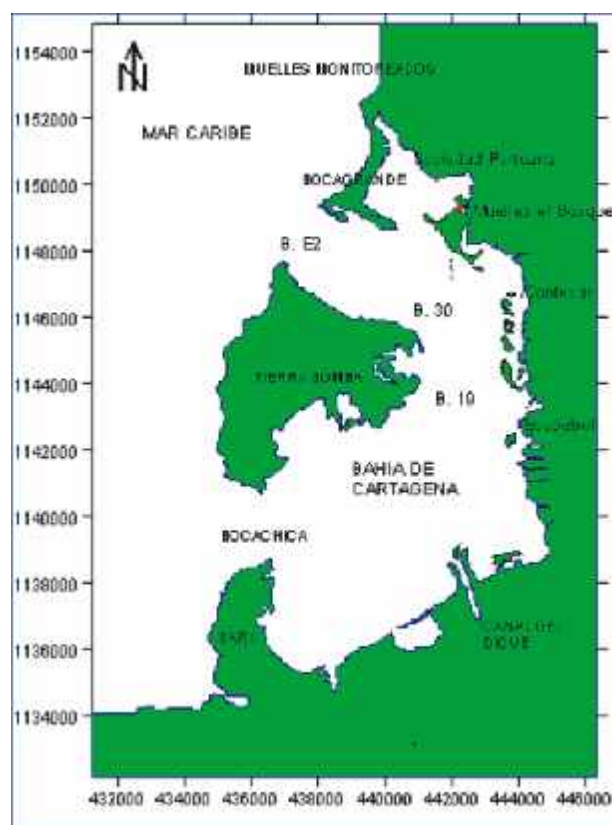
En la bahía se presentan tres épocas climáticas bien definidas, una época seca que abarca los meses de diciembre a abril determinada por la intensidad de los vientos alisios, un período de transición entre mayo a julio con vientos suaves, aumento de la temperatura ambiental y lluvias de poca intensidad finalmente entre agosto y noviembre la época lluviosa donde la acción de estos vientos disminuye [16, 17].

## ***Materiales y métodos***

Se muestrearon siete estaciones, donde se incluyeron cuatro muelles de alto tráfico internacional e importancia comercial en la bahía: Ecopetrol, Contecar, El Bosque y Sociedad Portuaria. Junto a éstos, se consideraron tres boyas con las siguientes referencias: boya 19, influenciada por las aguas que llegan del Canal del Dique, boya 30 ubicada en el centro de la bahía y la boya E2 influenciada por aguas oceánicas y aguas procedentes de la bahía (figura 1).

Se realizaron dos monitoreos mensuales desde el mes de marzo hasta noviembre de 2005, lo cual permitió abarcar las épocas seca, transición y lluvia, más no el cambio entre lluvia y seca. Para la recolección del componente microfitoplanctónico, se realizaron arrastres superficiales con una red de plancton de 65 m de diámetro de poro a una distancia de 2 m de la embarcación, las muestras fueron almacenadas en frascos de 500 ml y preservadas con formalina al 4% v/v y neutralizada con bórax, después de cada uno de los arrastres se lavó la red y el colector con agua de mar. Esta metodología fue utilizada de forma similar en anteriores trabajos lo cual permitió realizar una comparación histórica de la bahía, donde el micraje de la red osciló entre 1 y 2 micras. La identificación se hizo mediante un microscopio óptico de luz, a 40x y 100x, analizando alícuotas en una placa Sedgwick-Rafter (SR) de 2 ml; el número de alícuotas a observar se estableció mediante el método de curvas de diversidad acumulada mediante el índice de Shannon Wiener [18] las cuales fueron para esta investigación de 10 a 12 alícuotas. Para la identificación se siguieron las claves propuestas por Cupp [19], Vidal y

Carbonell [6], Balech [20], Rines y Margraves [21], Moreno *et al.* [22], Tomás [23], Matsuoka y Fukuyo [24] y Botes [25]. Dado que las redes de fitoplancton presentan una baja eficiencia de filtración, las muestras colectadas no fueron cuantificadas a nivel de densidad (células/volumen). Sin embargo, se obtuvo un valor de abundancia relativa (%) a partir del número de células obtenidas en cada una de las muestras, por período climático.



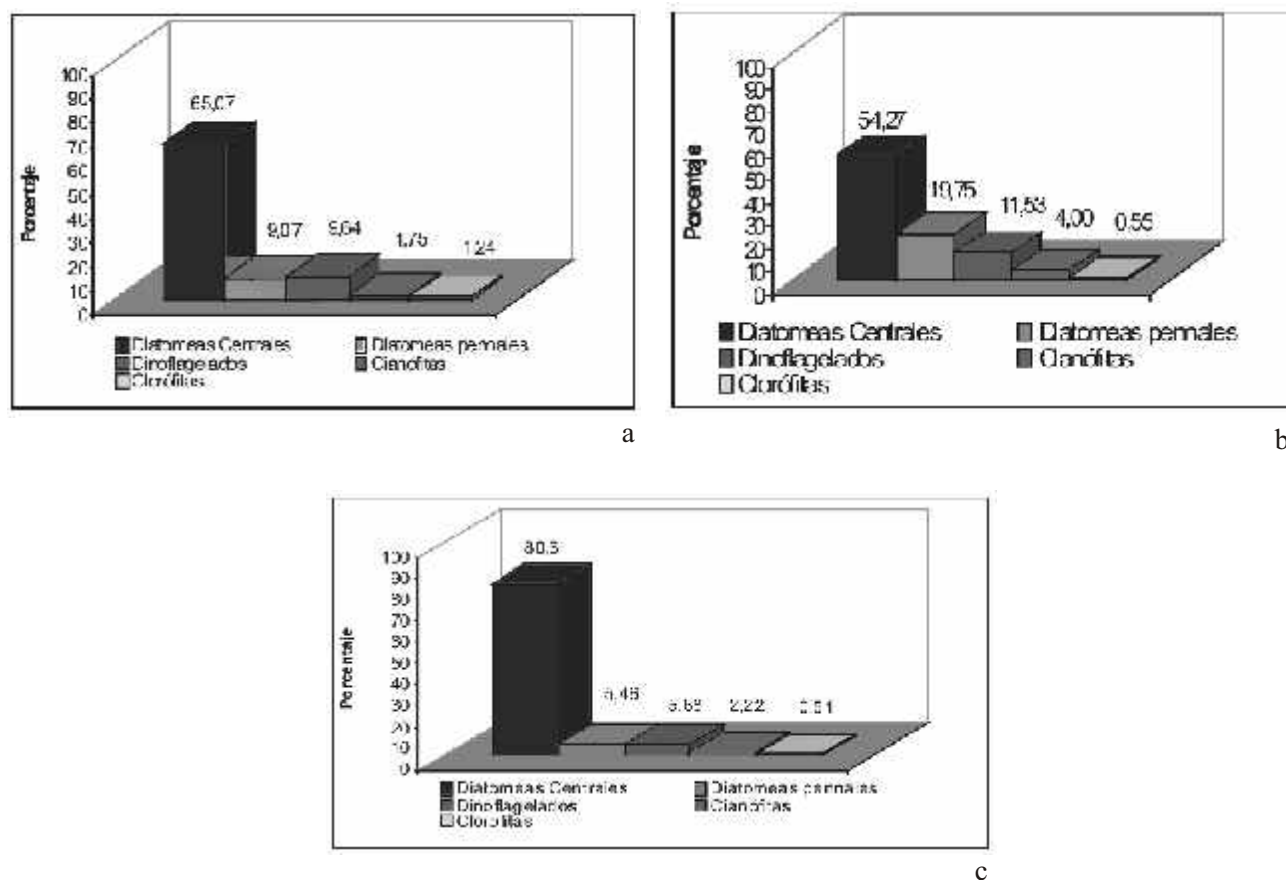
**Figura 1.** Ubicación de los principales muelles de arribo de los buques mercantiles, así como las boyas incluidas para el muestreo de fitoplancton en la Bahía de Cartagena, Caribe colombiano (B: Boya; CIOH, 2002).

Para la cuantificación de los pigmentos fotosintéticos (clorofila a y feopigmento a), se tomaron muestras de agua con la botella Niskin de 6 l de capacidad a dos profundidades: una a nivel superficial (0,5 m de profundidad) y de fondo (1 m por encima del fondo), se almacenaron en recipientes plásticos con

capacidad de 5 l oscurecidos y depositados en neveras de fibra de vidrio con hielo. Para su extracción se siguió la metodología propuesta por Parsons *et al.* [26], modificada por el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH) y las ecuaciones descritas por Jeffrey y Humphrey [27].

## Resultados

Se identificaron un total de 124 especies, distribuidas en 49 géneros y 18 familias, además de 6 morfotipos y la presencia de 10 estructuras de resistencia (tabla 1). A nivel de las tres épocas climáticas, las diatomeas centrales dominaron sobre los demás grupos fitoplanctónicos y las de menor dominio fueron los grupos de cianófitas y las clorófitas (figura 2).



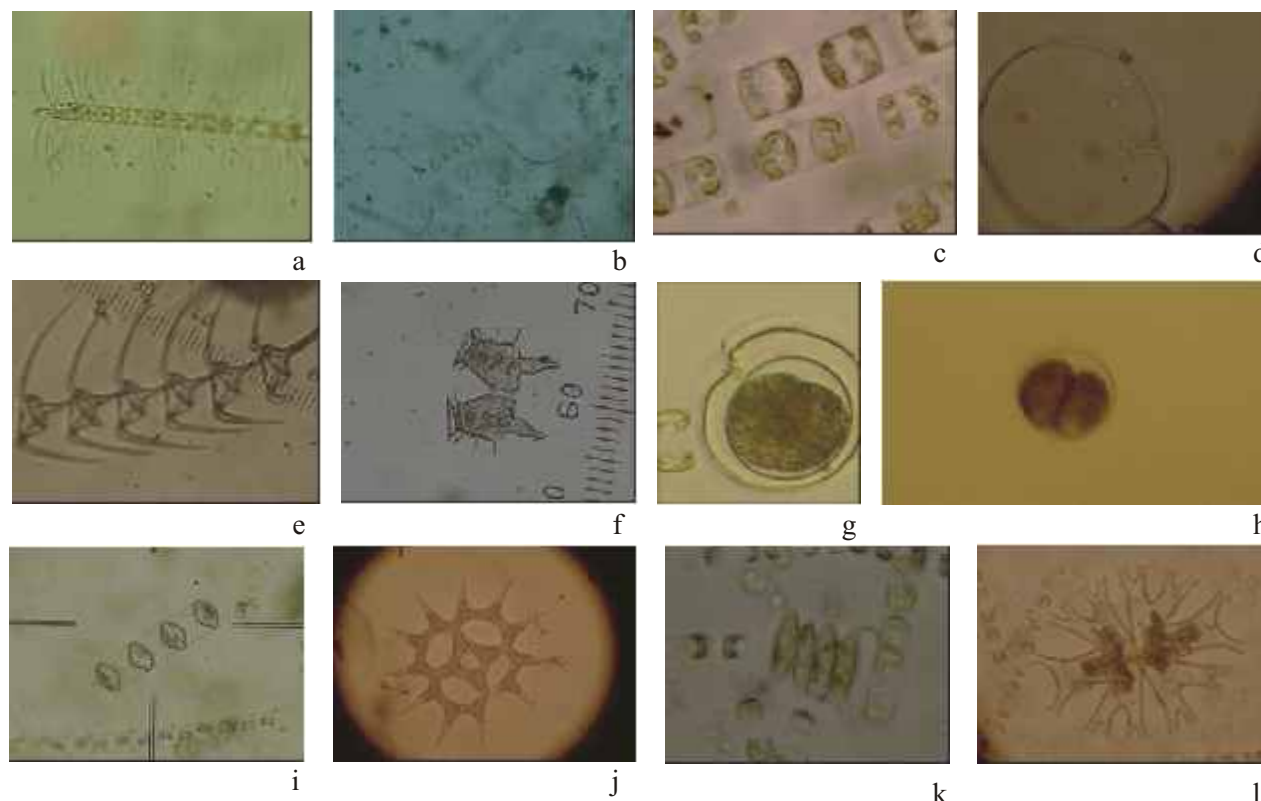
**Figura 2.** Abundancias relativas (%) de los principales grupos microfitoplanctónicos encontrados en las tres épocas climática en la Bahía de Cartagena en el año 2005 (a: Seca; b: Transición; c: Lluvia).

**Tabla 1.** Presencia de especies encontradas en la Bahía de Cartagena, en las distintas estaciones muestreadas en el año 2005.

		ECOPETROL	CONTECAR	BOSQUE	SOCIEDAD PORTUARIA	B19	B30	BE2
Phylum	HETEROKONTOHYTA							
Clase	DIATOMOPHYCEAE							
Orden	Centrales							
Familia	Coscinodiscaceae							
	<i>Coscinodiscus</i> sp	x	x	x	x	x	x	x
	<i>C. gigans</i>	x	x	x	x	x	x	x
	<i>C. asteromphalus</i>	x	x			x		
	<i>C. granni</i>	x	x	x	x	x	x	x
	<i>C. radiatus</i>	x	x	x	x	x	x	x
	<i>Palmeria hardmaniana</i>			x	x			
Familia	Eupodiscaceae							
	<i>Odontella aurita</i>	x	x	x	x	x	x	x
	<i>O. mobilensis</i>	x	x	x	x	x		x
	<i>O. alternas</i>	x	x	x		x		
	<i>O. regia</i>	x	x	x	x		x	x
	<i>O. sinensis</i>	x	x	x	x	x		x
	<i>Triceratium pentacrinus</i>						x	x
Familia	Lithodesmiaceae							
	<i>Lithodesmium undulatum</i>		x	x	x	x	x	x
	<i>Bellerophon malleus</i>			x		x		
Familia	Thalassiosiraceae							
	<i>Skeletonema costatum</i>	x	x	x	x	x	x	x
	<i>Planktoniella sol</i>		x	x	x	x		
	<i>Lauderia annulata</i>	x	x	x		x	x	x
	<i>Cyclotella menegiana</i>	x	x	x	x	x	x	x
Familia	Chaetoceraeae							
	<i>Chaetoceros</i> sp	x	x	x	x	x	x	x
	<i>C. decipiens</i>	x	x	x	x	x	x	x
	<i>C. didymus</i>	x	x	x	x	x	x	x
	<i>C. peruvianum</i>	x	x	x		x		
	<i>C. affine</i>	x	x	x	x	x	x	x
	<i>C. curvisetus</i>	x	x	x	x	x	x	x
	<i>C. eibenii</i>	x	x	x	x	x		
	<i>C. lorenzianus</i>	x	x	x	x	x	x	
	<i>C. radicans</i>	x	x	x		x		x
	<i>C. borealis</i>	x	x	x	x	x	x	x
	<i>C. affinis</i> var <i>javanicus</i>	x	x	x	x	x	x	x
	<i>C. dydimus</i> var <i>protuberans</i>	x	x	x	x	x		
	<i>C. lavis</i>	x	x	x		x	x	
	<i>C. diversum</i>			x				
	<i>Bacteriastrium furcatum</i>	x	x	x		x	x	x
	<i>B. hyalinum</i>	x	x				x	
	<i>B. delicatulum</i>	x	x	x	x	x		x
Familia	Leptocylindraceae							
	<i>Leptocylindrus danicus</i>	x		x	x	x	x	
Familia	Rhizosoleniaceae							
	<i>Rhizosolenia</i> sp	x	x	x	x	x	x	
	<i>R. stigeria</i>	x	x	x	x	x	x	
	<i>R. imbricata</i>	x	x	x	x			
	<i>Proboscia alata</i>	x	x	x	x	x		
	<i>Pseudosolenia calvar-avis</i>	x	x	x	x	x	x	
	<i>Guinardia cylindrus</i>	x		x	x	x	x	
	<i>Streptotheca</i> sp	x	x	x	x	x	x	
	<i>Calptrella robusta</i>	x	x	x	x	x	x	
Familia	Melosiraceae							
	<i>Melosira moniligera</i>	x	x	x	x	x	x	
	<i>M. nummuloides</i>	x	x	x	x	x	x	
	<i>Endyctya ocaica</i>	x	x	x	x		x	
Orden	Pennales							
Familia	Auriculaceae							
	<i>Surirella fastuosa</i>	x	x		x	x	x	x
Familia	Fragilariaceae							
	<i>Toraxium undulatum</i>	x	x	x		x		x
	<i>Asterionellopsis glacialis</i>	x	x	x		x	x	x
	<i>Licmosphera</i> sp			x	x	x		
	<i>Climacosphenia moniligera</i>		x	x	x			
	<i>Plagiogramma</i> sp		x	x	x	x	x	
	<i>Thalassionema</i> sp1	x	x	x	x	x	x	x
	<i>T. sp2</i>	x	x	x	x	x	x	x
	<i>T. sp3</i>		x	x	x	x	x	x
	<i>T. sp4</i>	x	x	x	x	x		x
	<i>T. sp5</i>	x	x					
	<i>T. nitzschoides</i>	x	x	x	x	x	x	x
	<i>T. frauenfeldii</i>	x	x	x	x	x	x	x
	<i>Thalassiotrix</i> sp	x	x	x	x	x		x
	<i>Grammatophora marina</i>	x	x	x				
Familia	Naviculaceae							
	<i>Navicula</i> sp1	x	x	x	x	x		
	<i>N. sp2</i>	x	x	x	x	x	x	
	<i>Gyrosigma balticum</i>		x	x	x	x	x	
	<i>G. sp1</i>	x	x	x	x	x	x	
	<i>G. sp2</i>	x	x	x	x	x	x	

		G. sp3			x				
		G. sp4	x	x	x				
		<i>Pleurosigma</i> sp1	x	x	x			x	x
		<i>P. sp2</i>	x	x	x			x	
Familia	Nitzschiaceae	<i>Nitzschia</i> sp1	x	x	x			x	x
		<i>N. sp2</i>			x				
		<i>N. sp3</i>	x	x	x				
		<i>N. closterium</i>	x	x	x			x	
		<i>N. longissima</i>	x	x	x			x	x
		<i>Pseudonitzschia</i> sp	x	x	x			x	x
		<i>P. pugens</i>		x				x	
Familia	Bacillariaceae	<i>P. seriata</i>	x	x	x			x	x
		<i>Bacillaria paxillifer</i>	x		x			x	
		<i>Cylindroteca closterium</i>	x	x	x			x	
Clase	DICTYOPHYCEAE								
Orden	DICTYOCHALES								
Familia	Dictyochaceae	<i>Dictyocha</i> sp						x	
Phylum	DINOPHYTA								
Clase	DINOPHYCEAE								
Orden	PERIDINIALES								
Familia	Ceratiaceae	<i>Ceratium macroceros</i>	x	x	x			x	x
		<i>C. tripos</i>	x	x	x			x	x
		<i>C. gibberum</i>	x					x	
		<i>C. vultur</i>	x		x				x
		<i>C. furca</i>	x	x	x			x	x
		<i>C. fusus</i>	x	x	x			x	x
		<i>C. hircus</i>	x	x	x			x	x
		<i>C. pentagonum</i>	x	x	x			x	
		<i>C. symmetricum</i>	x		x			x	
Familia	Peridiniaceae	<i>Protoperidinium</i> sp1	x		x				
		<i>P. sp2</i>		x	x			x	x
		<i>P. sp3</i>		x					x
		<i>P. depressum</i>		x	x				
		<i>P. conicum</i>	x	x	x			x	x
		<i>P. divergens</i>	x	x	x			x	x
		<i>P. elegans</i>	x	x	x			x	x
		<i>P. vensutum</i>							x
		<i>P. latidorsale</i>	x	x	x			x	x
		<i>P. pellicidium</i>	x	x	x			x	x
Familia	Gonyaulacaceae	<i>Goniaulax spinifera</i>			x			x	
Familia	Pyrophacaceae	<i>Pyrophacus horologium</i>			x			x	x
Orden	DINOPHYSALES								
Familia	Dinophysaceae	<i>Dinophysis caudata</i>	x	x	x			x	x
		<i>Ornithocercus magnificus</i>	x	x	x			x	x
Orden	PROROCENTRALES								
Familia	Prorocentraceae	<i>Prorocentrum gracile</i>	x	x	x			x	x
Phylum	CYANOPHYTA								
Clase	CYANOPHYCEAE								
Orden	OSCILLATORIALES								
Familia	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i> sp	x	x	x			x	x
		<i>O. lacustris</i>	x	x	x			x	x
Familia	Nostococaceae	<i>Anabaena</i> sp						x	
Phylum	CHLOROPHYTA								
Clase	CHLOROPHYCEAE								
Orden	Chlorococcales								
Familia	Scenedesmeceae	<i>Pediastrum boryanum</i>	x	x	x			x	x
		<i>P. duplex</i>	x	x	x			x	
		<i>P. gracillimum</i>		x				x	x
		<i>P. simplex</i>	x	x	x			x	x
		<i>Scenedesmus quadricauda</i>	x	x	x			x	x
Orden	Zygnematales								
Familia	Desmidiaceae	<i>Staurastrum gracile</i>	x	x	x			x	x
		<i>S. leptocladum</i>	x	x	x				x
		<i>Micrasterias</i> sp	x	x	x			x	
		Hipnocistos	x	x	x			x	x
		Quise 1	x	x	x			x	x
		Quise 2	x					x	
		Quise 3	x	x	x			x	x
		Quise 4			x			x	x
		Quise 5		x				x	x
		Quise 6	x	x	x			x	
		Quise 7							x
		Quise 8	x		x			x	x
		Quise 9	x	x	x			x	x
<b>ESTRUCTURAS DE RESISTENCIA</b>									

Al igual que en las tres épocas climáticas, a nivel de las estaciones las diatomeas centrales registraron las mayores abundancias relativas en todos los muelles y boyas de estudio (Ecopetrol, Contecar, Bosque, Sociedad Portuaria, boya 19, boya 30 y boya E2), donde la especie *Skeletonema costatum* fue la más representativa durante todo el muestreo, al igual otras diatomeas centrales de los géneros *Coscinodiscus*, *Chaetoceros*, *Bacteriastrum* y dinoflagelados de los géneros de *Ceratium* y *Protoperidinium*. Finalmente, la presencia de hipnocistos se hicieron evidentes durante todo el período de estudio, igualmente que algunos quistes de dinoflagelados (figura 3), con abundancias relativas que oscilaron entre 0,01 y 56,13 (tabla 2).



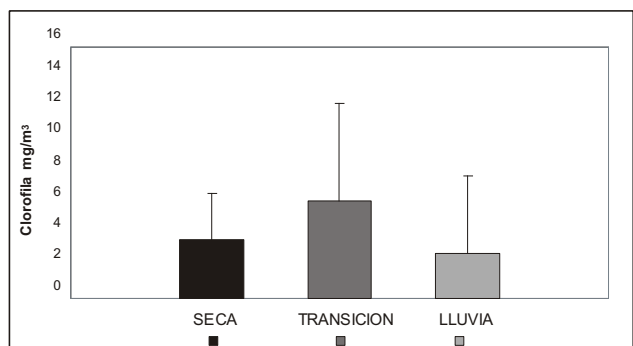
**Figura 3.** Algunas especies microfitoplanctónicas encontradas en la Bahía de Cartagena en el año 2005. (a: *Bacteriastrum delicatulum*; b: *Chaetoceros affine*; c: *Skeletonema costatum*; d: *Pyrophacus horologium*; e: *Ceratium vultur*; f: *Dinophysis caudata*; g-i: Estructuras de resistencia; j: *Pediatrism simplex*; k: *Scenedesmus quadricauda*; l: *Micrasterias* sp.). Fotomicrografías tomadas entre 100x y 400x aumentos.

	Ecopetrol	Contecar	Bosque	Sociedad Portuaria	B19	B30	BE2
Hipnocistos	33,11	20,61	29,21	17,95	56,13	9,86	39,47
Quiste 1	0,06	0,11	0,03	0,27	0,60		0,14
Quiste 2	0,02			0,05			
Quiste 3	0,25	0,12	0,17	0,32	0,27	0,64	0,35
Quiste 4			0,10	0,02	0,08	0,48	0,34
Quiste 5		0,03			0,04	0,04	
Quiste 6	1,01	0,39	0,29	0,25	0,28		0,01
Quiste 7						0,09	0,13
Quiste 8	0,05		0,16	0,02	0,25	0,15	0,07
Quiste 9	0,82	0,68	0,23	0,19	0,22		

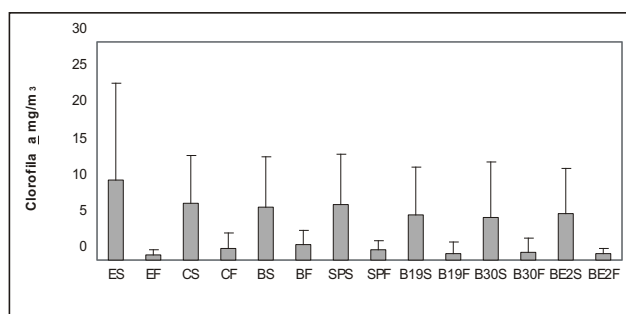
**Tabla 2.** Abundancia relativa de quistes e hipnocistos en las estaciones muestreadas en la Bahía de Cartagena en el año 2005.

Las concentraciones de clorofila a en la Bahía de Cartagena durante todo el muestreo oscilaron entre no detectable (0,02) y 44,79 mg Chl<sub>a</sub>/m<sup>3</sup>, evidenciándose la mayor concentración promedio durante la época de transición con 7,7 ± 9,55 mgChl<sub>a</sub>/m<sup>3</sup> seguida de la época seca con 3,73 ± 2,92mg Chl<sub>a</sub>/m<sup>3</sup>, mientras que en la época de lluvia se reportó con un valor de 2,88 ± 4,95mg Chl<sub>a</sub>/m<sup>3</sup> (figura 4a). En las estaciones, los mayores valores se registraron en el muelles de Ecopetrol con niveles medios de 11,08 ±

13,16 mg Chl<sub>a</sub>/m<sup>3</sup> y la menor concentración en la boya 30 (5,84 ± 7,70 mg Chl<sub>a</sub>/m<sup>3</sup>). En cuanto a las concentraciones en el fondo, se presentaron mayores valores en el muelle de El Bosque con 2,05 ± 2,08 mgChl<sub>a</sub> /m<sup>3</sup>, mientras que las más bajas se evidenciaron en el muelle de Ecopetrol (0,69 ± 0,78 mgChl<sub>a</sub>/m<sup>3</sup>) y las boyas 19 y E2 (0,83 ± 1,56 mg Chl<sub>a</sub>/m<sup>3</sup> y 0,87 ± 0,66 mg Chl<sub>a</sub>/m<sup>3</sup>, respectivamente; figura 4b).



a

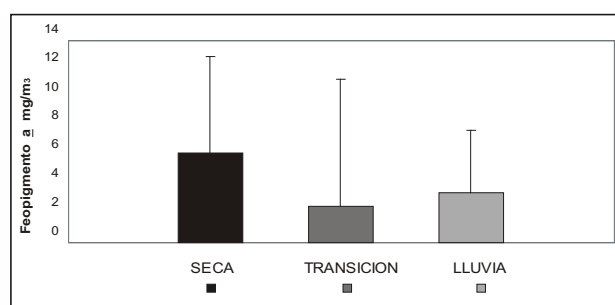


b

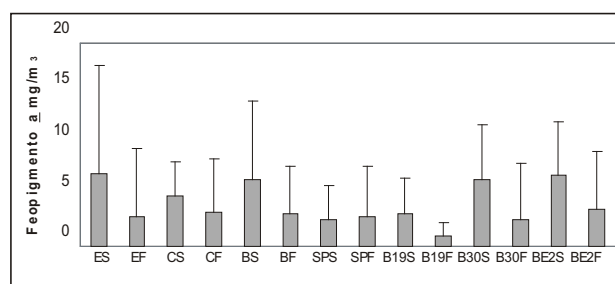
**Figura 4.** Concentraciones promedio de clorofila a en el agua; **a:** en las tres épocas climáticas y **b:** concentraciones promedio para las estaciones muestreadas en la Bahía de Cartagena en el año 2005 (Estaciones: ES: Ecopetrol superficie; EF: Ecopetrol fondo, CS: Contecar superficie, CF: Contecar fondo, BS: Bosque superficie; BF: Bosque fondo, SPS: Sociedad Portuaria superficie; SPF: Sociedad Portuaria fondo, B19S: boya 19 superficie; B19F: boya 19 fondo, B30S: boya 30 superficie; B30F: boya 30 fondo, BE2S: boya E2 superficie; BE2F: boya E2 fondo).

Las concentraciones de feopigmento a en la bahía variaron entre no detectables (0,03) y 42,98 mg/m<sup>3</sup>, registrándose el mayor valor promedio en la época seca (6,19 ± 6,67 mg/m<sup>3</sup>), seguida por la época de lluvia (3,47 ± 4,28 mg/m<sup>3</sup>) y por último la de transición con 2,51 ± 8,84 mg/m<sup>3</sup> (figura 5a). En las

estaciones muestreadas a nivel superficial, la mayor concentración promedio fue en el muelle de Ecopetrol con 7,11 ± 10,73 mg/m<sup>3</sup> y la boya E2 (6,99 ± 5,28 mg/m<sup>3</sup>) y el menor valor en el muelle de Sociedad Portuaria (2,62 ± 3,38 mg/m<sup>3</sup>). En cuanto al nivel de fondo, se presentaron las concentraciones más altas en la boya E2 con 3,72 ± 5,58 mg/m<sup>3</sup> y la más baja con 0,99 ± 1,41 mg/m<sup>3</sup> en la boya 19; en cuanto a las demás estaciones tanto a nivel superficial como de fondo se presentaron valores medios (figura 5b).



a



b

**Figura 5.** Concentraciones promedio de feopigmento a en el agua; **a:** en las tres épocas climáticas y **b:** concentraciones promedio para las estaciones muestreadas en la Bahía de Cartagena en el año 2005 (Estaciones: ES: Ecopetrol superficie; EF: Ecopetrol fondo, CS: Contecar superficie, CF: Contecar fondo, BS: Bosque superficie; BF: Bosque fondo, SPS: Sociedad Portuaria superficie; SPF: Sociedad Portuaria fondo, B19S: Boya 19 superficie; B19F: Boya 19 fondo, B30S: Boya 30 superficie; B30F: Boya 30 fondo, BE2S: Boya E2 superficie; BE2F: Boya E2 fondo).

## Discusión de resultados

Para la comparación histórica del microfitoplancton en la Bahía de Cartagena se tuvo en cuenta la metodología empleada en cada una de las



investigaciones, donde el método empleado fue de forma similar permitiendo una comparación adecuada debido a la homogeneidad del sistema de muestreo (Vidal y Carbonell [5], Arias y Durán [12], Tigreros [10], Sanjuán *et al.*, [9], Cañón *et al.*, [11]). La composición microfitoroplanctónica encontrada en la bahía, ha presentado ciertos cambios históricos donde algunos grupos microfitoroplanctónicos como las diatomeas y los dinoflagelados, han sido reportados como permanentes, mientras que grupos como las cianófitas y las clorófitas empezaron a ser reportadas desde el 2002-2005. En cuanto a las euglenófitas y las dictyotas han sido ausentes en su totalidad aunque estas han sido encontradas en las investigaciones de los años 1977; 2002-2003 (tabla 3). La presencia o ausencia de algunos de estos grupos puede indicar una serie de cambios en el medio o en los organismos, de los cuales pueden dar generalmente ciertos indicios de contaminación del sistema (Pinilla [28]). Un ejemplo claro es encontrar especies que hayan sido catalogadas como indicadoras de sistemas eutroficados, mesotroficados, con cambios de pH o estratificación térmica, como es el caso de *Closterium* sp., *Cosmarium* sp., *Micrasterias* sp. y la cianófito *Oscillatoria* sp. (Pinilla [28]), que se reportan durante este estudio, pero en menores abundancias.

**Tabla 3.** Cantidad de especies encontradas de los distintos grupos fitoplanctónicos en la Bahía de Cartagena en los diferentes años (\* Corresponde a las distintas fases del proyecto; - ausencia de especies).

Autor	Diatomeas pennadas	Diatomeas centrales	Dinoflagelados	Cianófitas	Euglenófitas	Clorófitas	Dictyotas
Vidal y Carbonell (1977)	74	70	44	-	-	-	2
Arias y Durán (1984)	14	18	22	-	-	-	-
Tigreros (2002*)	13	60	18	5	-	1	1
Sanjuán <i>et al.</i> , (2003)	14	41	18	4	-	4	1
Tigreros (2003*)	14	77	25	3	1	7	2
Cañón <i>et al.</i> , (2004*)	8	36	11	5	-	6	-
Presente estudio (2005*)	39	48	24	5	-	8	-

Durante las tres épocas climáticas, se presentó una marcada presencia y abundancia de la diatomea central *S. costatum*, la cual tiene como característica ser eurihalina y euriterma; esta especie es cosmopolita, además ha sido catalogada como muy abundante y cuando esto ocurre y alcanza grandes

densidades, puede causar grandes impactos en el sistema como la producción de hipoxia o anoxia. Estas especies junto con otras diatomeas como *Coscinodiscus* sp., *Chaetoceros affinis* y *C. curvisetus*, han llegado a producir un tipo de mareas amarillo-verdosas (COI Comisión Oceanográfica Intergubernamental, [29]). *S. costatum* en la bahía ha sido encontrada muy frecuentemente a lo largo del tiempo, Vidal y Carbonell [5] la reportaron con una mayor densidad en los meses de junio y septiembre, igualmente Arias y Durán [7] y García [8], la registran con altas densidades en la mayoría de las estaciones ubicadas en diferentes puntos de la bahía; al punto que Sanjuán *et al.* [9] y Cañón *et al.* [11] establecen que *S. costatum* puede alcanzar una dominancia de hasta el 90 %, haciendo considerar las demás especies como raras.

Para el presente estudio, igualmente se reportaron *Coscinodiscus* sp., *C. gigans*, *C. granni* y *C. radiatus*. La primera especie presentó una alta abundancia relativa en algunas estaciones (B19, B30 y BE2), presentando mayores densidades en el mes de julio; *C. gigans* presentó altas y bajas abundancias dependiendo la época (seca y transición, respectivamente), siendo igualmente reportada por diversos autores como común en la bahía (Vidal y Carbonell [5], Arias y Durán [7], Tigreros [10], Cañón *et al.* [11]). *C. granni* se reporta con una mayor abundancia en la época de lluvia, lo cual puede ser debido a la fertilización dada por nutrientes provenientes de aguas de origen continental aportadas a través del Canal del Dique (Tuchkovenko *et al.*, [1]) que se da especialmente en las épocas climáticas de transición y lluvias, queriendo además que este género es indicador de aguas ricas en nutrientes [30].

Algunos géneros de diatomeas son acompañantes de especies que se encuentran relacionados a floraciones tóxicas como *Dinophysis acuminata* y *D. acuta*. En sus florecimientos se han encontrado *Guinardia* sp.,

*Bacteriastrum* sp., *Lauderia annulata*, *S. costatum*, *C. curvisetum*, *C. decipiens* y *Thalassionema nitzschioides*, entre otras; estas especies, aunque son de ambientes diferentes, ya sean marinas o estuarinas, pueden llegar a dominar en el medio [29, 31]. Las especies nombradas como acompañantes han sido registradas desde 1977 hasta la actualidad, con una abundancia relativa baja con algunas excepciones, como el caso de *T. nitzschioides* que puede llegar a tener una alta presencia de células. *Lauderia annulata* y *Guinardia* sp., se registraron en el muelle de El Bosque, aunque es cierto que estas especies han permanecido históricamente en la bahía en bajas densidades (Vidal y Carbonell [5], Tigreros [10], Cañón et al. [11]).

La presencia de estructuras o esporas de resistencia es notable en la bahía durante las tres épocas climáticas. La aparición de este tipo de estructuras son dadas por condiciones ambientales adversas, ya que las algas pueden formar quistes móviles o no móviles, que sobreviven por largos períodos de tiempo en los sedimentos, hasta que las condiciones sean favorables y les permitan reproducirse [32]. Las diatomeas producen esporas de reposo o resistencia, las cuales son estados fuertemente salificados en los ciclos de vida de diatomeas céntricas marinas y unas pocas dulceacuícolas y diatomeas pennadas [33]. Su mayor abundancia relativa se presentó en la época de transición y la menor en seca, muy posiblemente debido a los cambios que se producen por el cambio de época, causados por el ingreso de aguas continentales que disminuyen la transparencia y generan fluctuaciones en la temperatura y salinidad del agua.

Por parte del grupo de los dinoflagelados, el género *Ceratium* se hace presente, siendo importante ya que algunas de sus especies pueden llegar a proliferar causando grandes impactos en un ecosistema; según la COI [29], la especie *C. furca* junto con otros dinoflagelados han sido productores de mareas rojas o

inocuas [32]. En este estudio no se encontró en algunas de las estaciones, sin embargo esta especie registra abundancias generalmente altas durante las tres épocas. En años anteriores ha sido reportada por diversos autores, quienes la consideran como frecuente pero con bajas densidades (Carbonell [6], Arias y Durán [7], Tigreros [10], Cañón et al. [11]). La especie *Dinophysis caudata*, ha sido catalogada como tóxica [29], es de hábitos cosmopolitas fundamentalmente nerítica, e incluso oceánica, pero ocasionalmente abundante en aguas costeras tropicales, subtropicales y cálido-templadas del Mar Caribe [34]. Además de poder llegar a ser tóxica, hace parte de las especies acompañantes cuando se presentan estas floraciones tóxicas. Esta especie se presentó en este estudio con una baja abundancia relativa, siendo consistente con su comportamiento histórico en los últimos años (Tigreros [10] Cañón et al. [11]). Este mismo comportamiento, se detecta en las especies *Protoperdinium conicum*, *P. latidorsale* y *P. elegans* y *Prorocentrum gracile*, las cuales si bien son poco abundantes, son muy frecuentes en ambientes oceánicos tropicales; además, tienden a ser encontradas como especies acompañantes de las floraciones de *Dinophysis* [30] o productoras de floraciones inocuas en aguas costeras [32].

En el grupo de las cianófitas, la especie de *Oscillatoria* sp. se presentó con altas abundancias en algunas de las estaciones; los organismos de este género se han reportado como realizadoras de floraciones tóxicas en el agua (Avaria et al. [32] Reguera [34]). Una especie de este género es *O. lacustris*, que se presentó con una alta abundancia en la época de lluvia en este estudio. En la bahía, se ha registrado el género *Oscillatoria*, la cual ha sido reportada en las distintas fases con altas densidades sobre todo en la época seca, de igual forma Sanjuán et al. [9] la reportan con altas abundancias y poca diversidad en el número de especies, la presencia de este grupo en esta época es debido a que aún se continúan realizando aportes de aguas dulces por

medio del Canal del Dique, además es común encontrarla en sistemas estuarinos (Koenig *et al.* [35]). Aunque se registren especies de este género con altas abundancias que de una u otra forma han proliferado o decaído según las condiciones del medio, no se puede establecer si son especies estacionales.

En cuanto a las clorófitas que en su mayoría son de aguas dulces y estuarinas, se registran también en aguas saladas [36], como es el caso *Pediastrum duplex*, *P. gracillimum*, y *Staurastrum leptocladum*, con una abundancia relativamente alta, en comparación a las demás clorófitas. En el presente estudio, estas especies se registraron en las estaciones de Sociedad Portuaria, boya 19 y boya 30 respectivamente, de igual forma también se registraron las clorófitas *P. boryanum*, *P. simplex*, *Staurastrum gracile* y *Scenedesmus quadricauda*, las cuales han sido reportadas para la bahía en fases y estudios anteriores. Las especies *P. boryanum* y *S. quadricauda* han sido catalogadas como indicadoras de eutroficación en un cuerpo de agua, además de ser muy cosmopolitas por lo que se puede observar en cualquier época del año, ya que son especies oportunistas [37].

La mayoría de las especies encontradas y nombradas anteriormente se encuentran relacionadas con enfermedades de invertebrados y vertebrados marinos por generar mareas rojas, las cuales pueden llegar a causar grandes impactos en el medio acuático; algunas de las especies que han sido relacionadas con algunas causas son: *S. costatum*, *C. furca*, *Dinophysis caudata*, algunos géneros de *Chaetoceros*, *Ceratium*, *Coscinodiscus*, entre otros (tabla 4). Según Tigreros [10], el registro de algunas especies de algas que han

sido reportadas como productoras de toxinas por la COI [29], se encuentran presentes en la bahía, con los resultados obtenidos y con estudios anteriores se puede indicar que existen posibilidades para que se desarrollen eventos de floraciones de algas tóxicas en la Bahía de Cartagena siempre y cuando las condiciones para cada uno de estos organismos fueran favorables. No obstante, se debe comprobar que la taxonomía de estas especies coincida con las cepas tóxicas registradas en otras partes del mundo.

Desde una perspectiva geográfica, se puede deducir que las concentraciones de clorofila a se encuentran cerca a los rangos reportados para la gran cuenca del Caribe y dentro de los valores reportados en los diferentes puntos costeros del Caribe colombiano, específicamente los reportados en la Bahía de Cartagena cuyos valores fluctúan entre 0,02 y 73,19 mg / m<sup>3</sup> (tabla 5); en cuanto a valores reportados en sistemas eutroficados costeros tropicales estos oscilan entre 62 y 130 mg/m<sup>3</sup> [38], valores que no son muy lejanos a los reportados para la zona de estudio para el año 2005, donde las concentraciones se presentaron de forma variable, oscilando entre 0,024 y 44,79 mg Chl a/m<sup>3</sup>, donde la mayor concentración promedio se dio en la época de transición y en el muelle de Ecopetrol; estos aumentos de clorofila a, para esta época presentan generalmente relación con el aumento de algunos de los nutrientes (e.g. nitritos, fosfatos, silicatos), por el aporte de aguas continentales y es debido a que en esta época se presentan fuertes descargas por el Canal del Dique, que para el año de muestreo tuvo altos caudales, debido a las fuertes lluvias que se presentaron en el interior del país y que influyen la cuenca del río Magdalena [39].

**Tabla 4.** Géneros y especies de fitoplancton encontrados en la Bahía de Cartagena con características potenciales de producir daños en el medio acuático.

<b>Especie</b>	<b>Causas</b>	<b>Época</b>
<i>Skeletonema costatum</i>	Puede causar grandes impactos en el sistema como la producción de hipoxia o anoxia	Seca, transición y lluvia
<i>Skeletonema costatum</i> , <i>Coscinodiscus</i> sp, <i>Chaetoceros affinis</i> y <i>C. curvisetus</i>	Pueden producir un tipo de mareas amarillo -verdosas	Seca, transición y lluvia
Género <i>Chaetoceros</i>	Especies de este género puede llegar a producir daños mecánicos en los recursos marinos	Seca, transición y Lluvia
Género <i>Coscinodiscus</i>	Especies de este género son indicadoras de condiciones marinas ricas en nutrientes o de eventos de surgencias. Además han sido catalogadas como productoras de polución, y otras cuando se han presentado floraciones tóxicas, consumen todos los nutrientes del agua hasta agotarlos, causando disminución en la transparencia y amenazas a diferentes cultivos	Seca, transición y lluvia
Género <i>Pseudonitzschia</i>	considerada nociva en la salmonicultura y posible productor del veneno amnésico de mariscos	
<i>Pseudonitzschia seriata</i>	considerada como especies tóxicas, al relacionarse con intoxicaciones por la producción del veneno amnésico de mariscos	
Género <i>Rhizosolenia</i> y <i>Pseudonitzschia</i>	Han sido catalogadas como especies productoras de toxinas y envenenamientos	
<i>R. setigera</i> , <i>Pseudonitzschia</i> sp	Han sido asociadas a intoxicaciones, cuando hay eventos de floraciones la mayoría de veces se ven relacionadas a la temperatura del agua	
<i>Asterionella japonica</i> S. y <i>costatum</i>	Producen ácido domoico, generando eventos de envenenamiento diarreico por mariscos.	Transición-lluvia; seca, transición y lluvia
<i>Prorocentrum gracile</i> , <i>Ceratium tripos</i> y <i>C. furca</i>	Son productoras de floraciones inocuas	Seca, transición y lluvia
Género <i>Dinophysis</i> ;  <i>D. caudata</i>	Estas especies producen floraciones tóxicas y se encuentran especie acompañantes como Guinardia sp, Lauderia annulata, Skeletonema costatum, Chaetoceros curvisetum, C. decipiens, thalassiomma nitzschioides, Protoperdinium conicum P. latidorsale Bacteriastrum sp, Pseudonitzschia sp y Pseudonitzschia seriata Especie tóxica, causa floraciones alterando el medio	Seca, transición y lluvia
<i>Ceratium furca</i>	Esta especie junto con otros dinoflagelados han sido productores de mareas rojas	Seca, transición y lluvia
<i>Pyrophacus horologium</i>	Produce mareas causando grandes daños en el medio acuático	Seca, transición y lluvia Ausente en las tres boyas en la época seca
Género <i>Oscillatoria</i> sp	Se ha reportado floraciones tóxicas en el agua, además de producir coloraciones verde azulado	Seca, transición y lluvia Ausente en las tres boyas en la época de lluvia
<i>Pediastrum boryanum</i> y <i>Scenedesmus quadricauda</i>	Son especies indicadoras de de eutroficación en un cuerpo de agua	Seca, transición y lluvia ausente en la mayoría de las estaciones

**Tabla 5.** Valores mínimos (mín.) y máximos (máx.) de clorofila a (Chl a) para diferentes regiones del Mar Caribe y la costa Caribe colombiana (tomado y modificado de Franco-Herrera, [40] y Gocke *et al.*, [38]).

	Región	Tipo	min - max Chl a ( $\mu\text{g l}^{-1}$ ) ó ( $\text{mg/m}^3$ )
<b>CUENCA DEL CARIBE</b>			
Bianchi <i>et al.</i> , (1995)	Golfo de México (90°W / 28°N)	Aguas costeras y oceánicas	0,15 - 2,85
Phlips y Badylak (1996)	Florida (80°W / 25°N)	Aguas costeras	0,2 - 39,9
Webber y Roff (1996)	Costa Hellshire, Sudeste de Jamaica (76°W / 17°N)	Aguas costeras	0,70 - 2,64
Rodríguez y Varela (1987)	Noreste de Venezuela (70°W / 12°N)	Aguas costeras y oceánicas, zona de surgencia	0,1 - 5,2
<b>COSTA CARIBE COLOMBIANA SISTEMAS TROPICALES</b>			
Duarte (1996)	Plataforma continental de la Guajira (71°W / 13°N)	Aguas oceánicas zona de surgencia	0,76 - 1,52
<i>et al.</i> (1992) Franco- Herrera <i>et al.</i> (1992)	(75°W / 10°N)	Aguas oceánicas	0,1 - 0,8 0,01 - 0,08
Franco-Herrera (2001)**	Golfo de Salamanca	Aguas costeras	7,6 - 96,1
-Herrera <i>et al.</i> (en rev.)**	Parque Nacional Natural Tayrona (74°W / 11°N)	Aguas costeras	7,2 - 75,0
Arias y Durán (1984)	Bahía de Cartagena (75°W / 12°N)	Aguas costeras	0,20 - 19,25
Tigeros (2002)	Bahía de Cartagena	Aguas costeras	0,78 - 40,81
Sanjuán <i>et al.</i> (2003)	Bahía de Cartagena	Aguas costeras	0,02 - 73,19
Cañón <i>et al.</i> (2004)	Bahía de Cartagena	Aguas costeras	0,028 - 29,49
Orejarena <i>et al.</i> (2004)	Bancos de Salmedina	Aguas costeras	0,06 - 1,20
Presente estudio (2005)	Bahía de Cartagena	Aguas costeras	0,02- 44,79
Gocke <i>et al.</i> (2003)	Isla Salamanca Occidental		5,5 - 15
<b>SISTEMAS TROPICALES EUTROFICADOS</b>			
Gocke <i>et al.</i> (2003)	Ciénaga Grande de Santa Marta		62 - 67
Gocke <i>et al.</i>	Complejo de Pajarales		19 - 130

## Referencias bibliográficas

- [1] Tuckovenko Y, Lonin S, Calero L. Modelo de eutroficación de la Bahía de Cartagena y su aplicación práctica. Boletín Científico CIOH 2002 (20): 28-44.
- [2] Garay J. Estudio actual de los muelles de Cartagena de Indias en cuanto a facilidades de recepción de residuos provenientes de buques en Caribe colombiano/Ciénaga de la Virgen. Boletín Científico CIOH 1993 (14): 67-78.
- [3] Garay J, Giraldo L. Influencia de los aportes de materia orgánica externa y autóctona en el decrecimiento de los niveles de oxígeno disuelto en la Bahía de Cartagena, Colombia. Boletín Científico CIOH 1997(18): 1-13.
- [4] Arosemena D, Cardenas H, Garzón F, Ibáñez F, Moreno C, Sierra J. *Algunos dinoflagelados y diatomeas de la Bahía de Cartagena y alrededores*. Informe Museo del Mar 1973.
- [5] Vidal L, Carbonell M. Diatomeas y dinoflagelados de la Bahía de Cartagena. Trabajo de Grado (Biólogo Marino) Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina. 1977.
- [6] Carbonell M. *Ceratium Schrank* (Peridinales) en la Bahía de Cartagena. Boletín Científico CIOH 1979 (2): 21-53.
- [7] Arias FA, Durán JC. Variación anual del fitoplancton en la Bahía de Cartagena. Boletín Científico CIOH 1984(5): 61-116.
- [8] García R. Composición, distribución vertical y abundancia de tintinidos y dinoflagelados en la Bahía de Cartagena entre septiembre y diciembre de 1984. Trabajo de grado (Biólogo Marino). Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina. 1987.
- [9] Sanjuán A, Laverde J, Mejía G, Agudelo C, Tigreros P, Vanegas T. Monitoreo físico, químico y biológico de la Bahía de Cartagena. Aguas de Cartagena S.AESP. 2003.
- [10] Tigreros P. Informe: Presencia de organismos exógenos y patógenos en aguas de lastre buques tráfico internacional fase I. Centro de Investigaciones e Hidrográficas CIOH, Armada Nacional de Colombia. Cartagena Colombia. 2002: 65.
- [11] Cañón M, Gavilán M, Morris L, Vanegas T. Informe: Presencia de organismos exógenos y patógenos en aguas de lastre buques tráfico internacional fase III. Centro de Investigaciones e Hidrográficas CIOH, Armada Nacional de Colombia. Cartagena Colombia. 2004.
- [12] Arias FA, Durán JC. Variación anual del fitoplancton en la Bahía de Cartagena para 1980. Cartagena. Trabajo de grado (Biólogo Marino). Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina. 1982.
- [13] Orejarena J, Domínguez J, Ricaurte C, Mayo G, Andrade C, Ospina Y, et al. Variaciones de la concentración de clorofila y su relación en los parámetros físicos medidos en Bancos de Salmedina durante 2003-2004 Caribe colombiano. Boletín Científico CIOH 2004 (22): 56-63.
- [14] Vernet J, Buitrago N, Campos N, Llano M. Variaciones morfológicas de las costas de la Bahía de Cartagena a partir del siglo XVI. Boletín Científico CIOH 1977 (1): 21-39.
- [15] Rendón S, Vanegas T, Tigreros P. Contaminación de la Bahía de Cartagena por agua de lastre de los buques. Boletín Científico CIOH 2003 (21): 91-100.
- [16] Martínez M. Geomorfología y amenazas geológicas de la línea de costa del Caribe central colombiano (Sector Cartagena - Bocas de Ceniza). Santafé de Bogotá. Ingeominas. 1993(19): 1-62.
- [17] Díaz G. Influencia del oleaje y deriva litoral en la región costera de Cartagena de Indias (sector la boquilla el laguito) (Online) 2004. Disponible en la página: [www.escuelanaval.edu.co/docfof/ingdiaz.pdf](http://www.escuelanaval.edu.co/docfof/ingdiaz.pdf).
- [18] Ludwig J, Reynolds J. Statistical Ecology. A primer on methods and computing. New York (NY). John Wiley y Sons. 1988.
- [19] Cupp E. Marine plankton diatoms of the west coast of North America. Bull. Scripps Oceanography of the University of California. 2005 5(1): 238.
- [20] Balech E. Los dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental. Publ. Espec. Inst. Esp. Oceanografía. Madrid (España) 1988 (1): 310.
- [21] Rines J, Hargraves J. The *Chaetoceros* Ehrenberg (Bacillariophyceae) flora of Narragansett Bay Rhode Island, U.S.A. Bibliotheca Phycologica, band 79. J. Cramer, Berlin-Stuttgart. 1988.
- [22] Moreno J, Licea S, Santoyo E. Diatomeas del Golfo de California. Universidad Autónoma de Baja California Sur. México 1ra Ed 1996.
- [23] Tomás C. Identifying marine diatoms and dinoflagellates. California Academic Press. 1996.
- [24] Matsuoka K, Fukuyo Y. Technical guide for modern dinoflagellate cyst study. WESTPAC. 2000.
- [25] Botes L. Phytoplankton Identification Catalogue. Globallast Monograph. Saldanha Bay, South Africa. 2001(7): 77.
- [26] Parsons T, Maita Y, Lalli M. A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Pergamon Press. Oxford. 1984.
- [27] Jeffrey S, Humphrey G. New spectrophotometric equations for determining chlorophylls *a*, *b* y *c* 1 y *c* 2 higher plants, algae and natural phytoplankton. Biochem. 1975 (167):191-4.

[28] Pinilla G. Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia. Compilación bibliográfica. Fundación Universidad Jorge Tadeo Lozano - Centro de Investigaciones Científicas. Santa Fé de Bogotá. 2000: 11-4.

[29] Comisión Oceanográfica Intergubernamental - COI. Lista de especies de algas del plancton tóxicas. 2002.

[30] Hernandez-Beceriill DU. Morfología y taxonomía de algunas especies de diatomeas del género *Coscinodiscus* de las costas del pacifico mexicano. Rev Biol Trop 1999 4 (1): 12.

[31] Cassis D, Muñoz P, Avaria S. Variación temporal del fitoplancton entre 1993 y 1998 en una estación fija del seno Aysén, Chile (45°26' S 73°00' W). Revista de biología marina y oceanografía. 2002 31 (1): 43-65.

[32] Avaria S, Cáceres M, Muñoz P, Palma S, Vera P. Plan Nacional sobre floraciones de algas nocivas en Chile. 1999.

[33] Parra O, Picudo C. *Introducción a la biología y sistemática de las algas de aguas Continentales*- Univ. de Concepción 1995.

[34] Reguera B. Biología, autoecología, toxicología de las principales especies del género *Dinophysis* asociadas a episodios de intoxicación diarreogénica por bivalvos (Dsp). Tesis Doctoral Universidad de Barcelona Facultad de Biología - Departamento de Ecología. 2003.

[35] Koenig M, Eskinazi-Leça E, Neumann-Leitão S, De Macêdo J. Impactos da construção do porto de suape sobre a comunidade fitoplanctônica no estuário do Rio Ipojuca (Pernambuco-Brasil). *Acta Bot. Bras* 2002 16 (4): 407-420.

[36] Dawes C. Botánica marina. México. Ed. Limusa S.A. 1986.

[37] OrtegaMayagoitia E, Rojo C. Fitoplancton del parque nacional - Las Tablas del Daimiel. III. Diatomeas y Clorófitas. *Anales Jardín Botánico de Madrid* 2000 58 (1):17-37.

[38] Gocke K, Mancrea-Pineda J, Vidal L, Fonseca D. Planctonic primary production and community respiration in several coastal lagoons of the outer delta of the rio Magdalena, Colombia. *Boletín Investigaciones Marinas y Costeras*. Santa Marta 2003 (32): 25-144.

[39] Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas CIOH. Boletín Meteomarino Mensual del Caribe colombiano. Central de Pronósticos Meteorológicos y Oceanográficos CPMO. 2005 enero- diciembre: 12.

[40] Franco-Herrera A. Oceanografía de la Ensenada de Gaira. El Rodadero, más que un centro turístico en el Caribe colombiano. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Colombia. Servigraphics Ltda. 2005.