



Artículo

<http://www.cioh.org.co> <http://www.dimar.mil.co>

## COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA EN LA BAHÍA DE CARTAGENA Y EN AGUAS DE LASTRE DE BUQUES DE TRÁFICO INTERNACIONAL

Magda Marcela GAVILAN MURCIA, Mary Luz CAÑÓN PAEZ, Gustavo TOUS HERAZO.  
Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas – CIOH, Isla Manzanillo, Cartagena de Indias, AA. 982, D. T. y C., Colombia, E-mail: [magdagavilan@yahoo.com](mailto:magdagavilan@yahoo.com)

**Resumen** - Se describe la presencia de especies de la comunidad fitoplanctónica en cuatro muelles de la Bahía de Cartagena y en cuatro buques de tráfico internacional, con descripción de parámetros fisicoquímicos; en los muelles se registran 116 especies fitoplanctónicas, 23 de estas son registradas para los buques, la época de lluvia presenta la mayor riqueza con 72 especies en promedio. El buque muestreado durante el mes de junio presentó mayor riqueza, esta embarcación tomó aguas de lastre pocos días antes en el puerto de Guayanilla, la menor riqueza la registra el buque Vera – B quienes cargaron sus aguas de lastre en aguas abiertas.

Se referencia por primera vez la presencia de *Chroococcus* sp., *Nostoc* sp., *Melosira granulata*, *Eutonia* sp., *Phacus* sp., *Trachelomona* sp., *Pediastrum simplex*, *Pediastrum tetras*, *Scenedesmus bicaudatus*, *Scenedesmus quadricauda*, *Staurastrum* af. *setigerum*, *Ankistrodesmus spiralis*, *Sphaerocystis* sp., *Tetraspora* sp y *Dictyosphaerium* sp., la mayoría de estas especies se registraron en la época de lluvia donde se puede apreciar la marcada influencia de las aguas continentales, se cree que estas especies no se habían registrado anteriormente debido a la falta de estudios que se dediquen a estos grupos (a excepción de las diatomeas) y no debido a que no sean flora habitual para la bahía.

Se reporta la presencia de especies como *Pseudontizchia* sp., *Dinophysis caudata*, *Ceratium furca* y *Skeletonema costatum* para los muelles y de esta última especie para los buques, las cuales han sido registradas como causantes de enfermedades y de impactos al ecosistema marino, según la lista de referencias taxonómicas de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) de algas planctónicas tóxicas, adicionalmente se deben realizar estudios específicos para comprobar la toxicidad de estas cepas, para saber si pueden llegar a causar daños a la salud humana, al ecosistema y a los recursos.

**Abstract** - The presence of species of the community phytoplankton is described in four jetties of the Cartagena Bay and in four ships of international traffic, with description of physiochemical parameters; in the jetties they register 116 species of phytoplankton, 23 of these they are registered for the ships, the rain time presents the biggest richness on the average with 72 species. The ship the month of June presented bigger richness, this craft took waters of ballast before few days in the port of Guayanilla, the smallest richness registers it the ship Vera B who loaded its waters of ballast in open waters.

It is indexed the presence for the first time of *Chroococcus* sp., *Nostoc* sp., *Melosira granulata*, *Eutonia* sp., *Phacus* sp., *Trachelomona* sp., *Pediastrum simplex*, *Pediastrum tetras*, *Scenedesmus bicaudatus*, *Scenedesmus quadricauda*, *Staurastrum* af. *setigerum*, *Ankistrodesmus spiralis*, *Sphaerocystis* sp., *Tetraspora* sp. and *Dictyosphaerium* sp., most of these species registered in the rain time where you can appreciate the marked influence of the continental waters, it is

believed that these species had not registered previously due to the lack of studies that they are devoted to these groups (to exception of the diatoms) and not because they are not habitual flora for the bay.

It is reported the presence of species like *Pseudontizchia* sp., *Dinophysis caudata*, *Ceratium furca* and *Skeletonema costatum* for the jetties and of this last species for the ships, which have been registered as causing of illnesses and of impacts to the marine ecosystem, according to the list of references of taxonomy of the Commission Intergovernmental Oceanography (COI) of algae toxic planktonics additionally they should be carried out specific studies to check the toxicity of these stumps to know if they can end up causing damages to the human health to the ecosystem and the resources.

**Palabras clave** – Fitoplancton, aguas de lastre.

**Key words** – Phytoplanktonc, ballast water.

## INTRODUCCIÓN

Pocas áreas permanecen protegidas de las inmigraciones, las barreras naturales tales como los océanos, ríos, montañas y desiertos que permitían una intrincada coevolución de especies y el desarrollo de ecosistemas únicos han sido fácilmente traspasadas en el transcurso de los últimos 500 años, en especial durante el siglo XX debido a la rápida aceleración en las actividades comerciales y de transporte (Mack *et. al.*, (2000) y Wittenberg y Cock (2001)). A nivel mundial el tráfico marítimo se ha incrementado notablemente en las últimas décadas, se estima que las embarcaciones mueven cerca del 80% de las mercancías y transfieren alrededor de diez billones de toneladas de agua de lastre alrededor del globo cada año, facilitando el desplazamiento de altas biomásas de plancton entre los puertos. Miles de especies marinas son transportadas diariamente en las aguas de lastre, y aunque la gran mayoría no sobreviven, otras sin embargo inician un importante vector de dispersión de especies marinas (Ballast Water News, 2002).

La Organización Marítima Internacional (OMI), mediante resolución A.774 (18), reconoció que la descarga no controlada del agua de lastre y sedimentos desde las embarcaciones, ha ocasionado la transferencia de organismos acuáticos perjudiciales y agentes patógenos que han causado daños a la salud pública, los bienes y el medio ambiente.

En la región del Caribe se viene desarrollando un programa llamado **Global Ballast** liderado

por la OMI; en el puerto de Cartagena en Colombia se están desarrollando estudios centrados en el tema de aguas de lastre y mediante la DIMAR (Dirección General Marítima), Autoridad Marítima Nacional de este país, se estableció la importancia de mantener el liderazgo en estas investigaciones a nivel nacional e inclusive internacional, apoyados por el CIOH (Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas), para que así, Colombia sea PUNTO FOCAL en el desarrollo del proyecto, se ha iniciado un proceso de investigación sobre este tema, enfocado hacia los organismos encontrados en las aguas de los tanques de lastre de los buques de tráfico internacional que arriban al puerto de Cartagena e iniciando estudios en Santa Marta y Barranquilla, el proyecto hace énfasis en el puerto de Cartagena para realizar el establecimiento de la línea base de parámetros fisicoquímicos y de la comunidad fitoplanctónica.

Se registra el trabajo de Arosemena *et. al.*, (1973), donde se reportan algunos dinoflagelados y diatomeas, la riqueza fitoplanctónica es muy variada y pobre cuantitativamente, teniendo en cuenta que la distribución geográfica del fitoplancton en el globo demuestra que en los mares tropicales hay gran cantidad de especies pero en poca concentración. Uno de los trabajos más completos que se han realizado hasta la fecha es el de Vidal y Carbonell (1977), donde se estudian las diatomeas y dinoflagelados. Se encontraron 61 géneros de diatomeas con 152 especies y 17 géneros de dinoflagelados con 85 especies, la mayoría de las cuales se reportaron por primera vez para el área.

Carbonell (1979) realizó un estudio acerca del género *Ceratium* Schrank (Peridinales), donde describe 20 especies y algunas variedades y formas de transición. Vidal (1981) realiza un estudio de diatomeas y dinoflagelados en las Islas del Rosario y alrededores, donde registra 112 especies de diatomeas penadas y 57 dinoflagelados. Tobon (1983) realizó un inventario preliminar de las diatomeas y dinoflagelados de la Ciénaga de Tesca, se reportan 50 especies (37 diatomeas y 13 dinoflagelados).

Arias y Duran (1984) realizaron un estudio de la variación anual del fitoplancton en la Bahía de Cartagena, García (1987) realizó una investigación de la distribución vertical y abundancia de tintinidos y dinoflagelados.

Avila (1989) realizó un estudio sobre el fitoplancton de las Islas del Rosario, donde encontró 73 especies entre diatomeas y dinoflagelados, Martínez (1992), realizó un estudio sobre una planta procesadora de productos marinos en el sector oriental de la Bahía de Cartagena, donde registró que el fitoplancton fue abundante y estuvo representado principalmente por *Thalassionema nitzschioides* y *Coscinodiscus gigas*, entre otros. Garay (1997), realiza un estudio de la contaminación por plaguicidas, hidrocarburos y eutroficación en lagunas costeras del Caribe colombiano, se registra que para todas las épocas los mayores valores se localizan en zonas de influencia de vertimientos terrestres cercanos a la costa, por el continuo aporte de nutrientes de nitrógeno y fósforo, que son materia prima fundamental en los procesos de crecimiento del plancton, especialmente en la bahía interna y en la zona de influencia de los emisarios de aguas negras. El fitoplancton estuvo representado por un total de 17 especies, adicionalmente se realiza un análisis del efecto de los procesos de contaminación sobre las comunidades bióticas, lo que sugiere la acumulación de metales como cobre y zinc en casi todos los sectores de la bahía.

También se registran estudios relacionados con la ocurrencia de florecimientos algales nocivos (FAN). Para la Bahía de Cartagena se han encontrado algunos reportes que involucran estos casos, como Vidal y Carbonell (1977) y Arias y Durán (1984), quienes describen coloraciones en el agua que ocurren respectivamente en los meses de abril

de 1976 y abril de 1980, en las que estuvieron involucradas altas biomásas del dinoflagelado *Gonyaulax polyedra*, alternado con *Gyrodinium fissum*. Vidal y Carbonell (1977) observaron incrementos que denominaron florecimientos en la abundancia de algunas especies, como fue el caso de *Chaetoceros* sp., *Nitzschia pungens* y *Thalassionema nitzschioides*, adicionalmente se registran florecimientos de *Ceratium hircus* en la Bahía de las Ánimas. También se encuentra el florecimiento de *Scrippsiella trochoidea* registrado por Tobón (1983). Ninguno de los casos mencionados cuenta con los valores de estas biomásas, tampoco fueron reportados como tóxicos bajo las condiciones ambientales de ese momento y solamente causaron un efecto visual, generando cambios de color en el agua. De todas maneras debe mencionarse que una misma especie reportada como no tóxica para determinada región geográfica, puede resultar peligrosa bajo otras condiciones ambientales (Tigreros, 2002).

Caicedo (1998) realizó un diagnóstico sobre el estado de algunas comunidades bióticas en las cuales incluyó el fitoplancton presente en la Bahía de Cartagena. Se registraron once especies, dentro de las cuales sobresalen *Peridinium* sp., y *Chaetoceros* spp. Tigreros (2002) realizó muestreos en doce buques de tráfico internacional y en cinco muelles de arribo en la Bahía, Tigreros (2003) muestreó 33 buques de tráfico internacional y realizó trece visitas a muelles en la Bahía de Cartagena, en la Bahía de Santa Marta y en Barranquilla.

#### ÁREA DE ESTUDIO

La Bahía de Cartagena se localiza en la costa Caribe de Colombia entre los 10°26' - 10°16' latitud N y los 75°30' - 75°36' longitud O, posee una superficie de 82 km<sup>2</sup> con una profundidad promedio de 16 m. Cuenta con un aporte significativo de aguas continentales provenientes del Canal del Dique, el cual se convirtió en un componente del sistema fluvial del Río Magdalena, generando los más grandes cambios morfológicos en la bahía, al introducir elementos sedimentológicos adicionales que rápidamente debilitaron y ocasionaron la muerte de las formaciones coralinas. La entrada de aguas continentales obligó a que la bahía comenzara a comportarse como un estuario típico en donde

dominan condiciones de agua de mezcla. Como testimonio de este suceso, el IDEADE (Instituto de Estudios Ambientales para el Desarrollo) en 1993 citó la presencia de manglares y los amplios rangos de variación de los parámetros ambientales que actualmente se siguen observando. La Bahía de Cartagena ha sido receptora de la mayor cantidad de sensores ambientales como producto de la actividad residencial, comercial, industrial, turística, marítima y portuaria. Con el tiempo ha consolidado sus características y comportamiento como estuario costanero típico, fundado en la elevada capacidad de producir y exportar energía hacia los ecosistemas oceánicos aledaños (Garay y Giraldo, 1997).

La Bahía de Cartagena presenta dos entradas de renovación de aguas oceánicas: la entrada norte, Bocagrande, es una pared angosta (la Escollera) con profundidades entre 0.6 a 2.1 m y la entrada sur que abarca tres estrechos dentro de los cuales el canal de navegación constituido por Bocachica es el más importante desde el punto de vista de renovación de las aguas, debido a sus mayores profundidades (Garay y Giraldo, 1997).

El clima de la región está determinado por la Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT), brindando características climáticas especiales. Los vientos Alisios dominantes del Noreste soplan con bastante regularidad entre los meses de diciembre y abril, lo que determina una época climática seca. Posteriormente de septiembre a noviembre los vientos disminuyen su intensidad dando lugar a una época lluviosa. Entre estas dos se presenta un periodo de transición de mayo a agosto caracterizado por altas temperaturas ambientales y algunas lluvias de poca intensidad (Andrade *et al.*, 1988).

Registros como Garay (1997) y Garay y Giraldo (1997) definieron para este ecosistema un estado de máximo deterioro en sus aguas debido a la anoxia predominante en la mayor parte del fondo, incrementándose paulatinamente por los episodios de eutrofización que genera el exceso de nutrientes de origen antrópico y a la presencia de tóxicos como algunos metales pesados, hidrocarburos y plaguicidas tanto en aguas como en sedimentos y en muchos casos en organismos de importancia comercial de

consumo como algunas especies de peces y bivalvos.

Dentro de las fuentes de contaminación directas externas para la bahía, se incluyen los derrames de buques y operaciones de muelles. Cartagena es uno de los puertos de mayor importancia del Caribe colombiano; hasta 1997 existían 56 muelles entre oficiales y privados de tipo petrolero, pesquero, recreacional, de turismo, astilleros, para carga y descarga de combustibles y productos químicos, para carga general de contenedores y de actividades varias. En el puerto de Cartagena, en promedio hasta el año de 1997, se movilizaban 5.042 embarcaciones al año mayores de 100 TRB (tonelaje de registro bruto), de las cuales el 22% correspondían a servicios, 29% a cabotaje, 32% a buques de navegación internacional y 17% a buques de pasajeros. Debido a la cantidad de tráfico marino es de esperar que se enfrenten problemas de contaminación por la operación de buques y muelles (Garay y Giraldo, 1997).

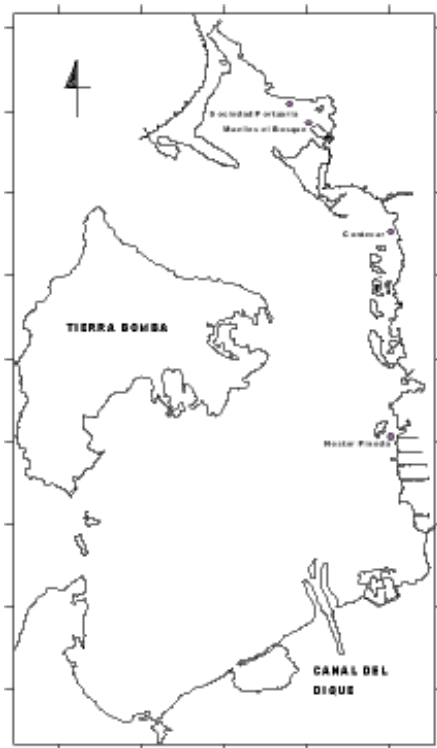
## METODOLOGÍA

Para la realización de este estudio se establecieron cuatro puntos de muestreo en diferentes muelles de la Bahía de Cartagena (figuras 1a y 1b) correspondientes al muelle Néstor Pineda de ECOPETROL, CONTECAR, Sociedad Portuaria y El Bosque. Adicionalmente se muestrearon cuatro buques de tráfico internacional que arribaron a la bahía (Vera B, Sporades, Vitoria y Panam).



**Figura 1a.** Ubicación del Departamento de Bolívar.

Para la colecta de muestras se aplicaron procedimientos de acuerdo con el sistema a



**Figura 1b.** Ubicación de las estaciones en la Bahía de Cartagena.

monitorear, en el caso de los buques la toma se hizo mediante introducción de un balde plástico de 12 litros (l) a los tanques de lastre. Los buques escogidos fueron tanqueros, ya que por su gran tamaño son los que mayor volumen de agua de lastre tienen en su tanques y si no aplican ningún tipo de tratamiento a bordo, son los de mayor riesgo de aporte de organismos a las aguas del puerto de arribo. Para los muelles, las muestras se recolectaron a dos profundidades: superficie (0.5 m de profundidad) y fondo (1m arriba del fondo), mediante la utilización de botella niskin de 6 litros (l) y adicionalmente se empleó una red de arrastre de fitoplancton con 63  $\mu\text{m}$  de poro.

Los muestreos se realizaron durante los meses de abril, mayo, junio, julio, septiembre y octubre para los muelles, y en los meses de abril, junio, septiembre y octubre para los buques.

#### **Parámetros fisicoquímicos**

En los puntos de recolección se determinó *in situ* la temperatura del agua, velocidad del viento, transparencia, profundidad de la estación y nubosidad; adicionalmente los siguientes parámetros se determinaron en el laboratorio de química del CIOH:

salinidad con un refractómetro, pH y oxígeno disuelto (método de Winkler) con un titulador automático marca Metrohm Titrino DMS 716, nutrientes (nitritos, amonio y fosfatos) mediante las técnicas colorimétricas descritas en las marchas analíticas propuestas por Clesceri *et. al.*, (1998), y pigmentos fotosintéticos (clorofila *a*, *b*, *c* y feofitina *a*) según los métodos descritos en APHA (1995), las lecturas de absorbancias se llevaron a cabo en un espectrofotómetro SHIMADZU UV-210A.

#### **Componente fitoplanctónico**

La muestra biológica se filtró a través de un colector de malla fitoplanctónico de 63  $\mu\text{m}$  de poro, el material concentrado se transfirió a un frasco plástico de 500 ml, al cual se le adicionó formaldehído al 4% v/v, neutralizado con borax. Para la identificación de los organismos se contó con un microscopio óptico marca Nikon. Para realizar la limpieza de diatomeas se llevó a cabo el método de Simonsen (1974) descrito por Alveal, *et. al.* 1995, en el cual se realiza la limpieza de materia orgánica.

Para la identificación de los organismos se siguen los trabajos de Trégouboff y Rose (1957), Brunel (1962), Yacubson (1969, 1974), Arosemena *et. al.*, (1973), Melchior (1976), Vidal y Carbonell (1977), Carbonell, 1979, Vidal, 1981, Husted (1977a, b y c), Balech, 1988, Botes, 2001.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **Componente fitoplanctónico**

Los reportes demuestran que las investigaciones relacionadas con el componente fitoplanctónico son pocas y espaciadas, lo que impide mantener un seguimiento en el comportamiento de esta comunidad en la Bahía de Cartagena, dificultando precisar posibles especies invasoras en el ecosistema. Se realizó la identificación de 116 organismos fitoplanctónicos de las muestras obtenidas (48 muestras de muelles y 4 de buques), la mayor cantidad de individuos son diatomeas y dinoflagelados como es característico de los ecosistemas marinos (anexo 1). Se reportan 66 diatomeas, 19 dinoflagelados, 13 cianofitas, 12 clorofitas, 2 silicoflagelados y 4 euglenofitas (Gavilán,

2004). Los datos de presencia de las especies más representativas (que se presentaban con mayor frecuencia al realizar la identificación de las muestras) se registran en la tabla 1.

Para las fases anteriores se registraron menor número de especies (fase I = 91 especies, fase II = 93 especies), durante estas

investigaciones se dieron nuevos registros para la bahía (Tigreros, 2003), de este listado de especies varias fueron registradas durante esta fase III tales como *Bacteriastrium hyalinum*, *Chaetoceros danicus*, *Chaetoceros lacinosus*, *C. pseudocurvisetus*, *C. socialis*, *Coscinodiscus granii*, *Odontella sinensis*, *C. subtilis*.

**Tabla 1.** Presencia de las especies más representativas a lo largo del estudio.

	M1	M2	M3	M4	M5	M6
<b>DIATOMOPHY CEAE</b>						
<i>Amphora</i> sp.						X
<i>Bacteriastrium comosum</i>	X					
<i>Chaetoceros brevis</i>			X			
<i>Chaetoceros subtilis</i>			X			
<i>Chaetoceros socialis</i>	X					X
<i>Coscinodiscus centralis</i>				X		X
<i>Coscinodiscus granii</i>				X		
<i>Coscinodiscus radiatus</i>			X			
<i>Melosira italica</i>						
<i>Rhizosolenia setigera</i>	X		X		X	
<i>Skeletonema costatum</i>				X		
<i>Thalassionema nitzshioides</i>						
<i>Pseudonitzschia</i> sp2	X	X				
<b>DINOPHYCEAE</b>						
<i>Ceratium hircus</i>	X					
<i>Prorocentrum gracile</i>		X				

Durante la época seca, se determinó la presencia de 57 organismos (36 diatomeas, 13 dinoflagelados, 4 cianofitas, 2 clorofitas y 2 silicoflagelados), se reportan como una de las especies más representativas *Chaetoceros socialis*. En la época de transición para el muestreo de mayo se registraron 54 especies (34 diatomeas, 14 dinoflagelados, 5 cianofitas y 1 clorofita), la especie más representativa en todas las estaciones fue *Pseudonitzschia* sp2. En el muestreo de junio se encontraron 55 especies (39 diatomeas, 10 dinoflagelados, 3 cianofitas, 2 clorofitas y 1 silicoflagelado), la más representativa fue *Skeletonema costatum*. En julio se registraron 67 especies (38 diatomeas, 18 dinoflagelados, 7 cianofitas, 2 clorofitas y 2 silicoflagelados), el género más representativo durante este muestreo en todas las estaciones fue *Coscinodiscus* con las especies *C. radiatus* y *C. granii*.

En la época de lluvia, para el muestreo de septiembre se registran 99 especies (56 diatomeas, 17 dinoflagelados, 1 silicoflagelado, 10 cianofitas, 11 clorofitas y 4 euglenofitas), se observa una predominancia muy notoria de la especie *Skeletonema costatum*.

Para el muestreo de octubre se reportan 45 especies (31 diatomeas, 10 dinoflagelados, 2 cianofitas y 2 euglenofitas), se registra la predominancia de la especie *Coscinodiscus granii*; al igual que el muestreo anterior se observa la presencia de especies de aguas continentales, ya que estos dos muestreos corresponden a la época de lluvias, observación que se corrobora con el amplio rango de salinidad obtenido (13 a 31 ‰).

Como se puede observar la diversidad en los muelles varió entre 45 y 98 especies, a diferencia de lo registrado para los buques donde fue de 1 a 23 especies, lo que permite ver que las diferentes condiciones ambientales favorecen o perjudican el desarrollo de la comunidad fitoplanctónica. En los muelles la menor riqueza específica se da en la época seca y la mayor riqueza en la época de lluvia.

La información relacionada con los buques se presenta en la tabla 2, cada tanque es un sistema único con condiciones ambientales cambiantes que alberga una biota particular, se registran en total 23 especies (13 diatomeas, 7 dinoflagelados, 2 cianofitas y 1 clorofita).

**Tabla 2.** Embarcaciones y número de especies registradas en las muestras de aguas de lastre.

Fecha muestreo (dd/mm/aaaa)	Nombre del buque	Tiempo agua en tanques (días)	Número de especies
14/04/2004	Vera B		1
08/06/2004	Sporades	4	23
14/09/2004	Vitoria	12	7
06/10/2004	Panam		7

Con respecto al buque Vera B de bandera panameña, se registra la presencia de un solo individuo (*Melosira italica*), lo que concuerda con la información obtenida, ya que ellos cargaron sus tanques de lastre en mar abierto donde la cantidad de organismos planctónicos es mínima y lo que coincide con las concentraciones de clorofilas registradas que no fueron detectables. Este intercambio de aguas de lastre en el océano abierto (Open ocean ballast exchange, BWE) es una de las recomendaciones de la OMI para reducir el riesgo de bioinvasiones, aunque la eficacia comprobada no sea tan alta (48%) (Ballast Water News, 2001).

Para el buque Sporades de bandera griega se registran 23 especies (13 diatomeas, 7 dinoflagelados, 2 cianofitas y 1 clorofita), no se observa ninguna especie dominante y todas las especies registradas en este buque han sido reportadas para la bahía. En el buque Vitoria de bandera de Dominica se registró la presencia de siete especies de diatomeas, ninguna de forma representativa, por último para el buque Panamá de bandera de Majuro se registran igualmente siete especies (6 diatomeas y 1 dinoflagelado).

Debido a las condiciones presentes en los tanques de lastre como la falta de incidencia de luz solar, se observa una menor diversidad de organismos. Adicionalmente, como era de esperarse, se encontró una forma de resistencia de dinoflagelados en el buque Sporades, la identificación no se pudo llevar a cabo ya que se necesita tener muestras vivas para que el individuo germine y así realizar la identificación (Matsouka y Fukuyo, 2000), motivo adicional que deja ver la importancia de continuar y complementar estudios de este tipo en un puerto nacional tan importante como lo es la Bahía de Cartagena.

Se debe tener en cuenta que definir especies peligrosas para el ecosistema es difícil, sobretodo para grupos como diatomeas y

dinoflagelados que presentan especies no endémicas a una región y que estas pueden llegar a ser introducidas inadvertidamente (Hallegraef, 1992). El riesgo de las especies que se encuentran en estas aguas de lastre, radica en que el fitoplancton se encuentra activo bajo las condiciones cambiantes de estos compartimentos. Al ser esta comunidad el primer eslabón en la red trófica, se espera que soporte los requerimientos nutricionales del zooplancton, generando una serie de procesos tróficos en los que se basaría la biota de los tanques (Tigres, 2003).

Para la Bahía de Cartagena se han registrado 422 especies (Gavilán, 2004) (9 cianofitas, 259 diatomeas, 4 silicoflagelados, 130 dinoflagelados, 3 euglenofitas y 17 clorofitas). Los grupos con mayor número de especies son las diatomeas con 61% y los dinoflagelados con 30%, los demás grupos no son tan abundantes en número pero asimismo, los estudios enfocados a ellos son escasos. Esta diversidad de especies sugiere que el aparente cosmopolitanismo de muchas especies fitoplanctónicas costeras puede ser debido en parte al transporte de agua de mar como lastre (Hallegraef, 1992).

En esta tercera fase del proyecto se referencia por primera vez la presencia de *Chroococcus* sp., *Nostoc* sp., *Melosira granulata*, *Eutonia* sp., *Phacus* sp., *Trachelomona* sp., *Pediastrum simplex*, *Pediastrum tetras*, *Scenedesmus bicaudatus*, *Scenedesmus quadricauda*, *Staurastrum* af. *setigerum*, *Ankistrodesmus spiralis*, *Sphaerocystis* sp., *Tetraspora* sp. y *Dictyosphaerium* sp., la mayoría de estas especies se registraron en la época de lluvia donde se puede apreciar la marcada influencia de las aguas continentales, se cree que estas especies no se habían registrado anteriormente debido a la falta de estudios que se dediquen a estos grupos a excepción de las diatomeas, y no debido a que no sean flora habitual para la bahía.

En un estudio realizado en algunos muelles de Brasil sobre aguas de lastre, los tres grupos predominantes fueron 93% diatomeas, 6% dinoflagelados y 1% coccolitoforidos (Vianna y Corrêa, 2004). En esta fase III del proyecto la predominancia de diatomeas no fue tan notoria, de 77% contra 23% de dinoflagelados, lo que permite observar una posible influencia de aguas continentales.

Vianna y Corrêa (2004), señalan que la caracterización de especies por aguas de lastre se dificulta por la falta de levantamientos de flora anteriores en diversos ecosistemas próximos a puertos receptores de lastre, también se debe tener en cuenta una posible dispersión por corrientes litorales, situaciones que pueden estar sucediendo en la Bahía de Cartagena. La hipótesis de la introducción de especies exóticas debe ser probada con herramientas que permitan comprobar el origen de los organismos.

Lo anterior indica que existen posibilidades para que se desarrollen eventos de floraciones

de algas tóxicas en la Bahía de Cartagena, si las condiciones para cada uno de estos organismos fueran favorables. No obstante, se debe comprobar que la taxonomía de estas especies coincidan con las cepas tóxicas registradas en otras partes del mundo.

Algunas de las especies citadas en esta fase III del proyecto como *Dinophysys caudata* (figura 2), *Pseudonitzschia* sp. (figura 3), *Ceratium furca* (figura 4), y *Skeletonema costatum* (figura 5), han sido registradas como causantes de enfermedades tales como intoxicación diarreaica por marisco o por ácido domoico e impactos al ecosistema marino, por producción de hipoxia y anoxia, como se cita en la lista de referencias taxonómicas de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) de algas planctónicas tóxicas de 2002. Esto indica que el agua de la Bahía de Cartagena presenta algunas especies que pueden llegar a ser nocivas en éste y otros ecosistemas, dependiendo de las características ambientales bajo las cuales se desarrollen.



**Figura 2.** *Dinophysys caudata* (40x).



**Figura 3.** *Pseudonitzschia* sp. (40x).



**Figura 4.** *Ceratium furca* (40x).



**Figura 5.** *Skeletonema costatum*(40x).

El ecosistema ha evolucionado generando cambios que no han sido registrados en cuanto a la comunidad fitoplanctónica, por lo tanto se recalca la importancia de este proyecto al establecer una línea base de la información existente y actual de la bahía. Se debe establecer un puerto de inspección con el propósito de determinar la biodiversidad nativa y la presencia, ausencia, distribución, abundancia y estacionalidad de las especies marinas

introducidas. Esta información debe ser usada para establecer estrategias que permitan controlar la introducción de especies y asesorar áreas de embarque o tiempos para evitar la toma de lastre y así minimizar la toma y transferencia de esas especies.

#### **Parámetros fisicoquímicos**

**Muelles:** Para la Bahía de Cartagena es claro el aporte de nutrientes por fuentes domésticas



e industriales y adicionalmente por la llegada de aguas del Canal de Dique. La revisión de los resultados obtenidos indican que el nitrógeno en forma de nitritos ( $\text{NO}_2$ ) y de amonio ( $\text{NH}_4$ ), no se detectaron en varias de las estaciones, posiblemente las condiciones de óxido, reducción predominante en estos ambientes acuáticos, no permitió la formación de estos compuestos.

La concentración de nitritos osciló entre no detectable y 0.702 mg/l  $\text{NO}_2 - \text{N}$ , la concentración promedio fue de 0.027  $\text{NO}_2 - \text{N}$ , la mayor concentración se registra en la época de transición (0.046  $\text{NO}_2 - \text{N}$ ). Las estaciones superficiales presentaron mayores concentraciones (0.033  $\text{NO}_2 - \text{N}$ ). Con respecto a los muelles la mayor concentración se registró en el muelle de Ecopetrol (0.062  $\text{NO}_2 - \text{N}$ ).

El amonio varió entre no detectable y 1.197 mg/l  $\text{NH}_4 - \text{N}$ , en promedio la concentración fue de 0.079 mg/l  $\text{NH}_4 - \text{N}$ , la época con mayores registros fue la época de lluvia con 0.118 mg/l  $\text{NH}_4 - \text{N}$  debido posiblemente a las cargas residuales que traen las aguas continentales. El muestreo de mayor concentración fue el mes de septiembre (inicio época de lluvia). Las estaciones superficiales registraron mayores concentraciones que las del fondo (0.105 mg/l  $\text{NH}_4 - \text{N}$  y 0.053 mg/l  $\text{NH}_4 - \text{N}$  respectivamente). El muelle con mayor concentración fue CONTECAR.

La concentración de ortofosfatos fue varias veces menor del límite de detección, la concentración de fósforo presentó un rango entre no detectable y 0.69 mg/l  $\text{PO}_4 - \text{P}$ , la concentración promedio fue de 0.02 mg/l  $\text{PO}_4 - \text{P}$ . Durante la época de lluvia se registró la mayor concentración (0.033 mg/l  $\text{PO}_4 - \text{P}$ ). Los mayores valores se registraron en las estaciones del fondo (0.028 mg/l  $\text{PO}_4 - \text{P}$ ). En relación con los muelles, la mayor concentración se registró en el muelle de la Sociedad Portuaria (0.026 mg/l  $\text{PO}_4 - \text{P}$ ). Estos niveles de fósforo pueden deberse a que después de la muerte de los organismos la mayor parte del fósforo de sus tejidos retorna rápidamente al agua en forma de ortofosfato ( $\text{PO}_4$ ), lo que indica un evento de reciclado de nutrientes (Tait, 1987, en Tigreros, 2003). Se observa como para todos los nutrientes que las mayores concentraciones se registran para la época de lluvia, lo que permite observar el aporte de las aguas continentales.

La temperatura osciló entre 28 y 33°C, generalmente se observan mayores concentraciones superficiales, los meses de mayor temperatura del agua corresponden a la época de lluvia (30.4°C), aunque las variaciones entre épocas no son significativas. El muelle con mayores valores fue la Sociedad Portuaria. Según Ramírez (1976), Munera y Ortiz (1992), la bahía presenta un tipo de contaminación térmica ya que el promedio registrado es de 30 °C y en los estudios realizados por ellos se ha superado este valor (38 °C y 37°C, respectivamente), al igual que lo registrado actualmente, donde se alcanzan temperaturas de 33°C. Dentro de las fuentes de contaminación térmica están catalogadas las plantas termoeléctricas, los efluentes industriales, fábricas de papel y refinerías de azúcar, efluentes de desperdicios domésticos, descargas naturales de agua dulce desde tributarios y actividad bioquímica entre otros, factores que influyen de manera importante en la Bahía de Cartagena.

El pH osciló entre 7.86 y 8.55, en promedio la concentración fue de 8.09. El muestreo con pH más básico correspondió al mes de septiembre (8.26), para los muelles los valores fueron muy parecidos, los registros mayores se dan en las estaciones superficiales y en la época de lluvia (8.14).

El oxígeno disuelto osciló entre 0.12 y 8.20 mg  $\text{O}_2$ /l, en promedio la concentración obtenida fue de 4.11 mg  $\text{O}_2$ /l. La mayor concentración se registra en la época seca de 4.36 mg  $\text{O}_2$ /l. Las estaciones superficiales son más oxigenadas y presentan valores mucho mayores que las estaciones del fondo, situaciones iguales registran Garay (1997) y Garay y Giraldo (1997) con anoxias predominantes en la mayor parte del fondo, la cual se incrementa paulatinamente debido a los procesos de eutrofización.

La salinidad varió entre 12 y 34 ‰, los mayores valores se registraron durante la época seca, los menores durante la época de lluvia, debido posiblemente al efecto de dilución el cual afecta igualmente a las estaciones superficiales, no solo por la lluvia sino por la llegada de aportes continentales, lo que obliga a la bahía a comportarse como un estuario típico en donde dominan condiciones de agua de mezcla (IDEADE, 1993). El muelle con los mayores valores corresponde a la Sociedad Portuaria, los datos

registrados para las estaciones del Bosque y CONTECAR en el estudio realizado por la Universidad Jorge Tadeo Lozano en 1978, presentaron valores muy similares a los registrados en este estudio, ellos registran que a través de los resultados obtenidos durante el período de la investigación, pueden afirmar con absoluta certeza que existe un proceso de contaminación en la Bahía de Cartagena.

La transparencia varió entre 0.2 m y 5 m, se observan mayores valores de transparencia durante la época seca y menores en la época de transición, debido al efecto de mezcla y a una mayor turbidez producida por el aumento de lluvias y por el significativo aporte continental proveniente del Canal del Dique. El muelle con mayores valores de transparencia fue la Sociedad Portuaria.

La velocidad del viento es un parámetro que presenta grandes variaciones, osciló entre 0.4 y 4.6 m/s, se registraron valores mayores para la época seca, época en la cual los vientos Alisios dominantes del noreste soplan con bastante regularidad.

**Buques:** Dentro de los resultados fisicoquímicos registrados en los buques, la temperatura en los tanques de aguas de lastre osciló entre 28°C y 32°C y en promedio fue de 29.7°C; la temperatura ha sido propuesta como un factor de control para las bioinvasiones. Los altos valores de temperatura reportados para los tanques quizá sean responsables del proceso de evaporación que eleva las salinidades. Estos valores resultan interesantes y su aumento se puede atribuir a causas, como la degradación de materia orgánica o al traspaso de calor de la embarcación a los tanques (Tigreros, 2002). Desde este punto de vista, se debe tener especial cuidado, ya que al deslastrar en puerto aguas con temperaturas elevadas y en altas cantidades, se puede afectar al sistema con otro tipo de contaminación, en este caso, de tipo térmico.

El pH varió entre 7.95 y 8.11, el valor obtenido en promedio fue 8.04, los cambios que se producen pueden deberse a procesos de fotosíntesis y respiración de los organismos marinos, obteniendo así valores bajos cuando se presenta una alta concentración de CO<sub>2</sub> (Tigreros, 2002).

El oxígeno disuelto para los tanques de aguas de lastre osciló entre 3.60 mg O<sub>2</sub>/l y 6.40 mg O<sub>2</sub>/l, en promedio la concentración fue de 5.2 mg O<sub>2</sub>/l, estos valores pueden estar alterados por las condiciones de transporte que sufren en el buque, pero las concentraciones registradas demuestran un sistema con la capacidad de soportar el desarrollo de las comunidades biológicas que transporten los tanques.

La salinidad varió entre 25 ‰ y 34 ‰ (promedio 29.5 ‰), estos rangos expresan una barrera natural a la cual deben enfrentarse los organismos, causada por el estrés osmótico al entrar en contacto el agua de los tanques con el agua de la bahía, sobretodo para aquellos organismos que no soportan cambios bruscos en los valores de salinidad (estenohalinos) (Tigreros, 2002).

Los buques Vitoria y Panamá presentaron mayores concentraciones de nutrientes que los otros buques muestreados, la concentración de nitritos no fue detectable en ninguno de los buques muestreados, la concentración de amonio para los buques osciló entre 0.04 mg NH<sub>4</sub>-N/l y 0.065 mg NH<sub>4</sub>-N/l, el fósforo osciló entre 0.015 mg PO<sub>4</sub>-P/l y 0.059 mg PO<sub>4</sub>-P/l.

En los buques se registran mayores concentraciones de fosfatos, oxígeno disuelto y salinidad a diferencia de los muelles estudiados, los valores de nitritos, amonio, temperatura y pH fueron menores.

La presencia de los nutrientes en estos compartimentos puede explicarse por la concentración inicial que se tenga en el puerto donde fue tomada el agua de lastre, también por el producto de reacciones al interior de los tanques evidenciada de la degradación de la materia orgánica, por la presencia de amonio y por la posible interferencia de compuestos encontrados en las embarcaciones. Posiblemente la concentración de nutrientes sea mayor en las capas más profundas de los tanques de lastre, ya que cierta cantidad de estos se precipita hacia el fondo de los tanques, al ser limitadas las fuerzas físicas para ser resuspendidos la dificultad de los organismos para sobrevivir es mayor sobre todo para aquellos que no puedan desplazarse fácilmente en esta estratificación (Tigreros, 2002).

Una de las zonas costeras mayormente impactadas en Colombia corresponde a los cuerpos de agua de Cartagena (Bahía de Cartagena y Ciénaga de Tesca), según lo citado por Garay en 2001. Todos estos factores deben ser tenidos en cuenta al permitir deslazar o lastrar buques de tráfico internacional en esta bahía. En este mismo documento el autor cita los vertimientos de buques como una fuente directa (externa) de contaminación.

Según Garay y Giraldo (1997) con una alta cantidad de tráfico marino como se cita anteriormente, es de esperar que se enfrenten problemas de contaminación por la operación de buques y muelles, como fallas en las operaciones de carga y descarga, instalaciones portuarias inadecuadas para la recepción de los residuos líquidos y sólidos y vertimientos voluntarios de residuos de los buques fondeados o en movimiento, donde se incluyen las sentinas, lodos semisólidos, lastres, combustibles y aguas residuales, entre otros.

#### **Pigmentos fotosintéticos**

Los resultados registrados de los pigmentos fotosintéticos para la Bahía de Cartagena indican una alta actividad fotosintética, la luz no es un factor limitante y existe un continuo aporte de materia orgánica y de nutrientes al medio.

La clorofila **a** presentó en promedio una concentración de 8.67 mg/m<sup>3</sup>, este parámetro aumentó progresivamente desde inicio a fin de año, desde la época seca (2.54 mg/m<sup>3</sup>), pasando por la época de transición (9.25 mg/m<sup>3</sup>) y por último la época de lluvia (10.87 mg/m<sup>3</sup>). Como es de esperarse las mayores concentraciones se registran en las estaciones superficiales (14.08 mg/m<sup>3</sup>). La estación que tiene en promedio mayor concentración fue muelles El Bosque (10.12 mg/m<sup>3</sup>), el muestreo de mayor concentración se realizó durante el mes de junio (15.34 mg/m<sup>3</sup>).

La clorofila **b** presentó en promedio una concentración de 0.07 mg/m<sup>3</sup>, algunos valores no fueron detectables en ciertos puntos de muestreo; al igual que para la clorofila **a** las mayores concentraciones se registran durante la época de lluvia (0.29 mg/m<sup>3</sup>). Las estaciones ubicadas en superficie presentaron mayores concentraciones (0.1 mg/m<sup>3</sup>). El muelle de

la Sociedad Portuaria registra la mayor concentración (0.19 mg/m<sup>3</sup>), y a lo largo del año el mes de octubre corresponde al mes de mayor concentración (0.61 mg/m<sup>3</sup>).

Los valores de clorofila **c** presentaron en promedio una concentración de 1.34 mg/m<sup>3</sup>, aumenta desde la época seca (0.76 mg/m<sup>3</sup>), época de transición (1.30 mg/m<sup>3</sup>) y época de lluvia (1.71 mg/m<sup>3</sup>), las mayores concentraciones se dan en superficie (2.17 mg/m<sup>3</sup>). muelles El Bosque presenta la mayor concentración (1.55 mg/m<sup>3</sup>) y a lo largo del año junio (época de transición) con 2.16 mg/m<sup>3</sup>.

La feofitina **a** en promedio presentó valores negativos, las mayores concentraciones se registran para la época seca 1.6 mg/m<sup>3</sup>; a diferencia de los demás pigmentos las mayores concentraciones se registran en las estaciones profundas (1.01 mg/m<sup>3</sup>) debido posiblemente a que este pigmento se produce por la degradación de la clorofila **a**.

En los resultados de clorofilas obtenidos para los buques se evidencia que en los tanques de lastre existe la disponibilidad de nutrientes para sostener a la comunidad fitoplanctónica, a pesar de que para la mayoría de los casos la asimilación por parte de los organismos fotoautótrofos requieren una fuente de luz la cual es nula bajo las condiciones de oscuridad de estos compartimentos. Es posible que los organismos sobrevivan actuando como productores primarios de compuestos orgánicos por reducción del CO<sub>2</sub> a través de reacciones quimiosintéticas, obteniendo la energía de productos químicos inorgánicos en vez de aprovechar la luz (Tigreros, 2003). La viabilidad del fitoplancton no solamente implica el riesgo de entrada de esta comunidad a la Bahía de Cartagena, sino que está soportando los requerimientos nutricionales del zooplancton, generando una serie de procesos tróficos en los que se basaría la biota de los tanques y por lo tanto el riesgo de bioinvasiones aumenta.

En el buque Vera no fue detectable ninguno de los pigmentos fotosintéticos estudiados, lo que coincide con la presencia de una sola especie de la comunidad planctónica y los bajos valores de nutrientes registrados, lo que confirma que la toma de agua para los tanques de lastre lleva una carga menor de especies fitoplanctónicas cuando el intercambio se realiza en mar abierto. Para el buque Sporades la concentración de clorofila **a** fue 0.223 mg/

m<sup>3</sup>, la clorofila **b** de 0.056 mg/m<sup>3</sup>, la clorofila **c** de 0.042 mg/m<sup>3</sup> y la feofitina **a** de 0.153, este último registro puede indicar que parte de la comunidad fitoplanctónica ha muerto y por consiguiente la clorofila **a** ha presentado un proceso de degradación. El buque Vitoria registró las mayores concentraciones de pigmentos, la concentración de clorofila **a** fue 0.205 mg/m<sup>3</sup>, la clorofila **b** 0.259 mg/m<sup>3</sup>, la clorofila **c** 0.305 mg/m<sup>3</sup> y la feofitina **a** no fue detectable. En el buque Panamá se registraron concentraciones de 0.177 mg/m<sup>3</sup> de clorofila **a**, 0.060 mg/m<sup>3</sup> de clorofila **b**, 0.109 mg/m<sup>3</sup> y 0.182 mg/m<sup>3</sup> de feofitina **a**.

El pigmento que presentó mayor concentración tanto en los muelles como en los buques fue la clorofila **a**, seguido de la clorofila **c**, la clorofila **b** y por último la feofitina. Los resultados registrados permiten observar una mayor actividad fotosintética para las estaciones de los muelles a diferencia de los registrado en los buques. El aporte de materia orgánica y de nutrientes al medio genera en algunas zonas eventos de eutrofización relacionados con el excesivo crecimiento de las comunidades planctónicas (Tigreros, 2002), razón por la cual se obtienen mayores concentraciones que las registradas en los buques.

Se debe tener en cuenta que debido a las limitaciones del método empleado no se permite detectar el aporte de la comunidad fitoplanctónica con tamaños entre 20 a 200 µm, adicionalmente se encuentran las bacterias fotosintéticas que pueden funcionar en condiciones desfavorables al desarrollo general de las plantas verdes y las cuales desempeñan un papel en el ciclo de ciertos minerales en sedimentos acuáticos, las bacterias sulfurosas verdes y púrpuras son importantes en el ciclo del azufre y se encuentran en la capa limítrofe entre las zonas oxidativas y reducidas en sedimentos o en el agua, donde la luz es poco intensa (Odum, 1972), condiciones que pueden presentarse fácilmente en los tanques de lastre.

Las bacterias quimiosintéticas pueden desarrollarse en la oscuridad aunque la mayoría requiere de oxígeno, estas obtienen su energía para la asimilación de dióxido de carbono mediante oxidación química de compuestos inorgánicos como por ejemplo la de amoníaco en nitrito, de nitrito en

nitrito, de sulfuro en azufre y de hierro ferroso en férrico (Odum, 1972).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alveal, K., M. E. Ferrario, E. C. Oliveira y Sar, E. (eds) (1995). *Manual de métodos ficológicos*, 863 p., Universidad de Concepción, Chile.
- APHA-AWWA-WPCF (1995). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, 20<sup>th</sup> ed., New York, USA.
- Andrade, C., F. Arias y F. Thomas (1988). Nota sobre la turbidez, circulación y erosión en la región de Cartagena (Colombia), *Boletín Científico del CIOH*, (8), pp. 71-81.
- Arias, F. y J. Duran (1984). Variación anual del fitoplancton en la Bahía de Cartagena, *Boletín Científico CIOH*, (5), pp. 61-116.
- Arosemena, D., H. Cardenas, Garzón, F., Ibáñez, F., Moreno, C. y Sierra, Y. (1978). Algunos dinoflagelados y diatomeas de la Bahía de Cartagena y sus alrededores, 11 p. + anexos, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Cartagena, Colombia.
- Avila, L. E., (1989). Fitoplancton de las Islas del Rosario, Trabajo de grado para obtener el título de Biólogo Marino, Facultad de Biología Marina, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Cartagena, Colombia.
- Balech, E., (1988). Los dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental, *Publicaciones Especiales Instituto Español de Oceanografía*, 310 p.
- BALLAST WATER NEWS, (2001). Global ballast Water Management Program, Issue 1.
- BALLAST WATER NEWS. (2002). Global ballast Water Management Program, Issue 4.
- Botes, L., (2001). *Phytoplankton Identification Catalogue*, Globallast Monograph Series No. 7, 77 p., Saldanha Bay, South Africa.
- Brunel, J., (1962). *Le Phytoplankton de la Baie des Chaleurs*, No. 91, 365 p., Québec.
- Caicedo, M., (1998). Diagnóstico sobre el estado de algunas comunidades bióticas (Bacterias, Fitoplancton, zooplancton) presentes en la Bahía de Cartagena, durante la época seca de 1998, *Boletín Científico del CIOH*, 12 p.
- Carbonel, M. C., (1979). Ceratium (Schrank) (Peridinales) en la Bahía de Cartagena,

- Boletín Científico del CIOH No. 2.* Cartagena, p. 21-54.
- Clesceri, L., Greenberg, A. and Eaton, A. (ed), (1998). *Estándar methods for the examination of water and wastewater*, 20th edition, Washington, USA.
- Garay, J. A., (1997). *Estudio de la contaminación por plaguicidas, hidrocarburos y eutrofización en lagunas costeras del Caribe colombiano – Fases I y II. Bahía de Cartagena 1996 – 1997*, 133 p., Fondo para el Medio Ambiente Mundial Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Oficina de Servicio de Proyectos de Naciones Unidas (UNOPS), Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH), Cartagena, Colombia.
- Garay, J. A., (2001). *Fuentes de contaminación de origen terrestre y marítimo que afectan las zonas marino costeras del Caribe y Pacífico colombiano. Vías de entrada a los sistemas marinos y su impacto. Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y Pacífico colombiano*, 35 p., Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia. Convenio 1060 / 2000 MMA – FONAM – INVEMAR, Colombia.
- Garay, J. A., y Giraldo, L. N., (1997). 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 del CIOH No. 18*, p. 1-13.
- García, R., (1987). Composición, distribución vertical y abundancia de tintinidos y dinoflagelados en la Bahía de Cartagena entre septiembre y diciembre de 1984, Tesis para obtener el título de Biólogo Marino, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Cartagena, Colombia.
- Gavilan, M., (2004). *Presencia de organismos exógenos y patógenos en aguas de lastre de buques de tráfico internacional fase III – Componente fitoplanctónico*, 78 p. + anexos, Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas, Cartagena, Colombia.
- Hallegraef, G., (1992). Transport of diatom and dinoflagellate resting spores in ship's ballast water: implications for plankton biogeography and aquaculture, *Journal of Plankton Research No. 8, Vol. 14*, p. 1067-1084.
- Hustedt, F., (1977a). *Kryptogamen-Flora, Band, VII. Teil 1*, 920 p., Germany.
- Hustedt, F., (1977b). *Kryptogamen-Flora, Band, VII. Teil 2*, 845 p., Germany.
- Hustedt, F., (1977c). *Kryptogamen-Flora, Band, VII. Teil 3*, 816 p., Germany.
- IDEADE, (1993). *Cartagena, ambiente y desarrollo, Consideraciones para una gestión integral*, 110 p., Universidad Javeriana-COLCIENCIAS-OEA, Bogotá.
- Mack, R. N., Simberloff, D., Lonsdale, W. M., Evans, H., Clout, M. and Bazzaz, F.A., (2000), Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control, *Ecological applications*, 10 (3), p. 689-710.
- Mack, R. N., Simberloff, W. M. Lonsdale, H. Evans, M. Clout y F.A. Bazzaz. (2000), Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control, *Ecological applications*, 10 (3), p. 689-710.
- Martínez, J., (1992). *Planta procesadora de productos marinos sector oriental Bahía de Cartagena*, Astilleros Colombianos LTDA, Cartagena, Colombia.
- Matsouka, K., y Fukuyo, Y., (2000). *Technical guide for modern dinoflagellate cyst study , Westpac – hab / westpac /*, 30 p., IOC.
- Melchior, H., (1976). *Dinoflagellates from the international indian ocean expedition*, 234 p. + anexos, Bibliotheca Botanica, Stuttgart, Germany.
- Munera, J. y Ortiz, C., (1992). Análisis de la contaminación térmica de la Bahía de Cartagena y su efecto en el medio marino, Trabajo de grado para obtener el título de Oceanógrafo Físico, 75 p., Facultad de Oceanografía Física, Escuela Naval Almirante Padilla, Cartagena, Colombia.
- Odum, E., (1972). *Ecología*, 3ª edc., 639 p., Editorial Interamericana S.A.
- Ramírez, M., (1976). Estudio preliminar de la contaminación térmica en la Bahía de Cartagena, Trabajo de grado para obtener el título de Biólogo Marino, 85 p. + anexos, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Cartagena, Colombia.
- Tigreros, P. C., (2002). *Presencia de organismos exógenos y patógenos en aguas de lastre de buques de tráfico internacional, componente fitoplanctónico Fase I*, 67 p., Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas, Cartagena, Colombia.
- Tigreros, P. C., (2003). *Presencia de organismos exógenos y patógenos en aguas de lastre de buques de tráfico internacional, componente fitoplanctónico Fase II*, 56 p., Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas, Cartagena, Colombia.
- Tobón, I., (1983). Inventario preliminar de las diatomeas y dinoflagelados de la Ciénaga

- de Tesca con anotaciones ecológicas desde agosto de 1981 a enero de 1982, Tesis para obtener el título de Biólogo Marino, 139 p. + anexos, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Cartagena, Colombia.
- Trégouboff, G., y Rose, M., (1957). *Manuel de Planctonologie Méditerranéenne Illustrations*, 128 p., Centre National de la Recherche Scientifique.
- Vianna, J. S. y Corrêa, R. C., (2004). *Água de lastro e Bioinvasão*, 224 p., Editora Interciência, Rio de Janeiro, Brasil.
- Vidal, L. A., (1981). Diatomeas y dinoflagelados en las Islas del Rosario (arrecife coralino) y alrededores, *Boletín Científico del CIOH No. 3*, p. 75–133.
- Vidal, L. A. Y M. C. Carbonell (1977). Diatomeas y dinoflagelados de la Bahía de Cartagena, Tesis Facultad de Biología Marina, 360 p., Universidad Jorge Tadeo Lozano.
- Wittenberg, R. y Cock, M. J., (eds), (2001). *Invasive alien species: a toolkit of best prevention and management practices*, 228 p., CAB International, Wallingford, Oxon, U.K.
- Yacubson, S., (1969). Algas de ambientes acuáticos continentales nuevas para Venezuela, *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas No. 3*, 87 p.
- Yacubson, S., (1974). Catálogo e iconografía de las Chlorophyta de Venezuela, *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas No. 11*, 143 p.

#### AGRADECIMIENTOS

La realización de este trabajo fue auspiciado por la Dirección General Marítima a través de Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas CIOH, bajo contrato No. 0131, INRED 4 – 2004. Los autores agradecen al Director del CIOH CN. Hernán M. Ospina H. y a todo el personal del CIOH por su colaboración durante la realización del proyecto.

**Anexo 1.** Registro de las especies fitoplanctónicas encontradas para la Bahía de Cartagena.

<b>División HETEROKONTOPHYTA</b>	
<b>Clase CYANOPHYCEAE</b>	
Orden Chroococcales	
Familia Chroococcaceae	
<i>Chroococcus</i> sp.	Gavilán, 2004
Orden hormogonales	
Familia Nostocaceae	
<i>Nostoc</i> sp.	Tigreros (2002, 2003), Gavilán, 2004
<i>Anabaena</i> sp.	Gavilán, 2004
Familia Oscillatoriaceae	
<i>Oscillatoria</i> sp.	Tigreros (2002, 2003), Gavilán, 2004
<i>Spirulina</i> sp.	Tigreros 2002, Gavilán, 2004
<b>Clase DIATOMOPHYCEAE (Rabenhorst, 1894)</b>	
Orden Centrales (Schütt, 1896)	
Familia Biddulphiaceae (Kützing, 1844)	
<i>Biddulphia regia</i>	Gavilán, 2004
<i>Hemialus hauckii</i>	Vidal y Carbonell, 1977, Tigreros (2002, 2003), Gavilán, 2004
<i>Hemialus membranaceus</i>	Vidal y Carbonell, 1977, Tigreros (2002, 2003), Gavilán, 2004
<i>Hemialus sinensis</i>	Vidal y Carbonell, 1977, Arias y Duran, 1984, Tigreros (2002, 2003), Gavilán, 2004
Familia Chaetocerae (H L. Smith, 1872)	
<i>Bacteriastrum comosum</i>	Vidal y Carbonell, 1977, Arias y Duran, 1984, Tigreros (2002, 2003), Gavilán, 2004
<i>Bacteriastrum delicatum</i>	Vidal y Carbonell, 1977, Arias y Duran, 1984, Tigreros 2003, Gavilán, 2004
<i>Bacteruastrum hyalinum</i>	Tigreros (2002, 2003), Gavilán, 2004
<i>Chaetoceros affinis</i>	Vidal y Carbonell, 1977, Tigreros (2002, 2003), Gavilán, 2004
<i>Chaetoceros atlanticus</i>	Vidal y Carbonell, 1977, Tigreros 2003, Gavilán, 2004
<i>Chaetoceros brevis</i>	Vidal y Carbonell, 1977, Tigreros (2002, 2003), Gavilán, 2004
<i>Chaetoceros danicus</i>	Tigreros, 2003, Gavilán, 2004
<i>Chaetoceros didymus</i>	Vidal y Carbonell, 1977, Tigreros (2002, 2003), Gavilán, 2004
<i>Chaetoceros gracilis</i>	Tigreros 2003, Gavilán, 2004
<i>Chaetoceros lacinosus</i>	Tigreros (2002, 2003), Gavilán, 2004
<i>Chaetoceros pseudocurvisetus</i>	Tigreros (2002, 2003), Gavilán, 2004
<i>Chaetoceros socialis</i>	Tigreros (2002, 2003), Gavilán, 2004
<i>Chaetoceros subtilis</i>	Tigreros (2002, 2003), Gavilán, 2004
Familia Coscinodiscaceae (Kützing, 1844)	
<i>Coscinodiscus asteromphalus</i>	Vidal y Carbonell, 1977, Arias y Duran, 1984, Tigreros (2002, 2003), Gavilán, 2004
<i>Coscinodiscus centralis</i>	Arias y Duran, 1984, Tigreros, 2003, Gavilán, 2004
<i>Coscinodiscus gigas</i>	Vidal y Carbonell, 1977, Arias y Duran, 1984, Tigreros (2002, 2003), Gavilán, 2004
<i>Coscinodiscus granii</i>	Tigreros (2002, 2003), Gavilán, 2004
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	Arosemena et. al., 1973, 1977, Arias y Duran, 1984, Tigreros, 2002, Gavilán, 2004
<i>Coscinodiscus throtii</i>	Vidal y Carbonell, 1977, Gavilán, 2004
Familia Eupodiscaceae (Kützing, 1849)	
<i>Odontella mobiliensis</i>	Vidal y Carbonell, 1977, Tobón, 1983, Tigreros (2002, 2003), Gavilán, 2004
<i>Odontella regia</i>	Vidal y Carbonell, 1977, Tigreros, 2002, Gavilán, 2004
Familia Melosiraceae (Kützing, 1844)	
<i>Melosira granulata</i>	Gavilán 2004
<i>Melosira italica</i>	Vidal y Carbonell, 1977, Arias y Duran, 1984, Gavilán, 2004
<i>Melosira moniliformis</i>	Vidal y Carbonell, 1977, Garcia, 1984, Tigreros (2002, 2003), Gavilán, 2004
<i>Melosira pseudogranulata</i>	Vidal y Carbonell, 1977, Arias y Duran, 1984, Gavilán, 2004
Familia Rhizosoleniaceae (Petit, 1888)	
<i>Calyptrrella robusta</i>	Tigreros, 2002, Gavilán, 2004
<i>Guinardia flaccida</i>	Arosemena et. al., 1973, Vidal y Carbonell, 1977, Tigreros (2002, 2003), Gavilán, 2004
<i>Rhizosolenia alata</i>	Vidal y Carbonell, 1977, Arias y Duran, 1984, Gavilán, 2004
<i>Rhizosolenia fragilissima</i>	Arosemena et. al., 1973, Vidal y Carbonell, 1977, Tigreros 2002, Gavilán, 2004
<i>Rhizosolenia setigera</i>	Arosemena et. al., 1973, Vidal y Carbonell, 1977, Tigreros (2002, 2003), Gavilán, 2004
<i>Rhizosolenia stylyformis</i>	Arosemena et. al., 1973, Tigreros 2002, Gavilán, 2004

## Continuación Anexo 1.

Familia Thalassiosiraceae (Lebour emend. Hasle 1973)	
<i>Skeletonema costatum</i>	Vidal y Cabonell, 1977, Arias y Duran, 1984, García, 1984, Tigreros, 2002, Gavilán, 2004
Orden Pennales (Schütt, 1896)	
Familia Cymbellaceae (Kützing, 1844)	
<i>Amphora</i> sp.	Gavilán, 2004
Familia Fragilariaceae (Dumortier, 1823)	
<i>Asterionella japónica</i>	Vidal, 1981, Tigreros, 2002, Gavilán, 2004
<i>Synedra ulna</i>	Tigreros, 2003, Gavilán, 2004
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	Arosemena et. al., 1973, Vidal y Carbonell, 1977, Vidal, 1981, Arias y Duran, 1984, García, 1984, Tigreros (2002, 2003), Gavilán, 2004
<i>Thalassiotrix heteromorpha</i> var. <i>mediterránea</i>	Tigreros (2002, 2003), Gavilán, 2004
Familia Eunotiaceae	
<i>Eunotia</i> sp.	Gavilán, 2004
Familia Nitzschiaceae (Grunow, 1860)	
<i>Bacillaria paxillifer</i>	Vidal y Carbonell, 1977, Vidal, 1981, Arias y Duran, 1984, Gavilán, 2004
<i>Nitzschia closterium</i>	Vidal y Carbonell, 1977, Vidal, 1981, Tobón, 1983, Gavilán, 2004
<i>Nitzschia constricta</i>	Vidal, 1981, García, 1984 Gavilán, 2004
<i>Nitzschia longissima</i>	Vidal y Carbonell, 1977, Vidal, 1981, Arias y Duran, 1984, Tigreros (2002, 2003), Gavilán, 2004
<i>Pseudonitzschia</i> sp.	Gavilán, 2004
<b>Clase DINOPHYCEAE</b> (GS West et Fritsch, 1927)	
Orden Dinophysales (Lindemann, 1928)	
Familia Dinophysaceae (Stein, 1883)	
<i>Dinophysis caudata</i>	Arosemena et. al., 1973, Tigreros (2002, 2003), Gavilán, 2004
<i>Ornithocercus magnificus</i>	Vidal y Carbonell, 1977, Vidal, 1981, Arias y Duran, 1984, Tigreros, 2003, Gavilán, 2004
Orden Peridinales (Haeckel, 1894)	
Familia Ceratiaceae (Kofoid, 1907)	
<i>Ceratium contortum</i> var. <i>karstenii</i>	Carbonell, 1979, Gavilán, 2004
<i>Ceratium furca</i> var. <i>furca</i>	Arosemena et. al., 1973, Carbonell, 1979, Arias y Duran, 1984, Tigreros, 2002, Gavilán, 2004
<i>Ceratium fusus</i>	Arosemena et. al., 1973, Carbonell, 1979, Arias y Duran, 1984, García, 1984, Tigreros (2002, 2003), Gavilán, 2004
<i>Ceratium hircus</i>	Carbonell, 1979, Tobon, 1983, Arias y Duran, 1984, García, 1984, Tigreros (2002, 2003), Gavilán, 2004
<i>Ceratium macroceros</i>	Carbonell, 1979, Tigreros, 2002, Gavilán, 2004
<i>Ceratium tripos</i>	Carbonell, 1979, Arias y Duran, 1984, Tigreros (2002, 2003), Gavilán, 2004
Familia Peridiniaceae (Ehrenberg, 1828)	
<i>Peridinium</i> sp.	Gavilán, 2004
<i>Protoperdinium</i> sp.	Gavilán, 2004
Familia Pyrophacaceae (Lindeman, 1928)	
<i>Pyrophacus hologium</i>	Vidal, 1981, Tobón, 1983, Arias y Duran, 1984, Tigreros (2002, 2003), Gavilán, 2004
<i>Pyrophacus steinii</i>	Vidal, 1981, Gavilán, 2004
Orden Prorocentrales (Lemmermann, 1910)	
Familia Prorocentraceae (Stein, 1883)	
<i>Prorocentrum gracile</i>	Vidal y Carbonell, 1977, Arias y Duran, 1984, García, 1984, Tigreros (2002, 2003), Gavilán, 2004
ESTRUCTURA DE RESISTENCIA	
Quiste de dinoflagelado	Gavilán, 2004
Quiste de Pyrophacus	Tigreros, 2003, Gavilán, 2004
<b>Clase CLOROPHYCEAE</b>	
Orden Chlorococcales	
Familia Scenedesmaceae	
<i>Pediastrum duplex</i>	Tigreros, 2002, Gavilán, 2004
<i>Scenedesmus bicaudatus</i>	Gavilán, 2004
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	Gavilán, 2004
<i>Scenedesmus</i> sp.	Tigreros, 2003, Gavilán, 2004
Orden Zygnematales	
Familia Desmidiaceae	
<i>Closterium</i> sp.	Tigreros, 2003, Gavilán, 2004
<i>Staurastrum</i> af. <i>Setigerum</i>	Gavilán, 2004