



## Artículo

# DINÁMICA PLANCTÓNICA, MICROBIOLÓGICA Y FÍSICOQUÍMICA EN CUATRO MUELLES DE LA BAHÍA DE CARTAGENA Y BUQUES DE TRÁFICO INTERNACIONAL

Mary Luz CAÑÓN PÁEZ, Tatiana VANEGAS, Marcela GAVILÁN, Luis Fernando MORRIS, Gustavo TOUS.

Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas – CIOH, Isla Manzanillo, Cartagena de Indias, AA. 982, D. T. y C., Colombia, E-mail: [mcanon@cioh.org.co](mailto:mcanon@cioh.org.co).

**Resumen** - Se monitorearon durante el segundo y tercer trimestre del año 2004, cuatro muelles en la Bahía de Cartagena y los tanques de cuatro buques de tráfico internacional, para determinar la diversidad planctónica, microbiológica y características fisicoquímicas presentes tanto en el medio como en los tanques de los buques. Lo anterior, con el fin de establecer la composición fitoplanctónica, zooplanctónica y características ambientales que predominan en éstos y posteriormente establecer si a través del lastre de buques de tráfico internacional están llegando especies invasoras que afecten las características propias del sistema. Así mismo, a través de información secundaria fue posible establecer el reporte de 422 especies fitoplanctónicas, las cuales son consideradas propias de la bahía y la base para establecer la posible introducción de nuevas especies. El monitoreo determinó la presencia de 116 especies fitoplanctónicas, 23 de las cuales fueron reportadas en los buques, 78 taxa zooplanctónicas siendo siete taxa identificadas en los buques y la presencia de *Aeromonas hydrophila*, *Serratia* sp., *Pantoea* sp., *Providencia rettgeri*, *Yersinia* sp., *Enterobacter* sp., *Pasteurella* sp., *Proteus mirabilis* y *P. vulgaris*, *Citrobacter* sp., *Vibrio parahaemolyticus*, y *V. alginolyticus*.

En cuanto a los parámetros fisicoquímicos, se observó que durante la época seca se presentaron los valores más altos de salinidad, transparencia, feofitina a y velocidad del viento, en la época de transición de nutrientes (amonio, nitritos, ortofosfatos) y en la época de lluvias de clorofila a, b c, oxígeno disuelto, pH y temperatura. Cabe mencionar, que los valores reportados para las estaciones superficiales fueron mayores que para las estaciones de fondo, coincidiendo con los estudios realizados por otros autores para la bahía, observándose aun condiciones hidroquímicas aerobias en el fondo. Los tanques de los buques reportaron valores más bajos que de las estaciones de la bahía durante las tres temporadas del año.

En las temporadas de transición y lluvias las estaciones superficiales de CONTECAR, Néstor Pineda y Muelles El Bosque, reportaron los niveles más altos de contaminación fecal, así como de hongos con valores que oscilaron entre 500 - 160000 NMP/mL de coliformes fecales y entre 1766 - 17000 UFC/100mL de hongos. Los reportes microbiológicos de los buques fueron considerados aceptables, sin embargo uno de los buques representan un aporte de contaminantes desde el punto de vista sanitario, por lo cual es necesario incrementar el control para evitar riesgo de contaminación por patógenos.

**Abstract** - During the second and third quarter of 2004 four Cartagena Bay quays and international traffic vessel ballast tanks were monitored to determinate physical and chemicals characteristic, microbiological and planctonic diversity present at sea environmental and international traffic vessels tanks.

The objective was to establish zooplanktonic, fitoplanctonic composition and environmental characteristic mostly present at sea. The purpose was to establish if through international vessel ballast water have arrived new invading species that effects the natural sea environmental conditions.

Likewise, 422 fitoplanctonic species were registred as natural bay species. The monitoring determinated 116 fitoplanctonic species presence, 23 of them founded at ballast water, 78 zooplanktonics taxa, being seven of them inside the vessels tanks. Also *Aeromonas hydrophila*, *Serratia* sp., *Pantoea* sp., *Providencia rettgeri*, *Yersinia* sp., *Enterobacter* sp., *Pasteurela* sp., *Proteus mirabilis* y *P. vulgaris*, *Citrobacter* sp., *Vibrio parahaemolyticus*, y *V. alginolyticus* microbiological species were registred.

In the other hand, during summer times chemical and physical parameter showed the highest salinity, transparece, pheophytin-a and wind speed levels, as the nutriment transition epochs ( $PO_4$ ,  $NO_2$ ,  $NH_4$ ) and rainy seasons showed the highest chlorophylls a, b, and c., oxygen, pH and temperature.

Besides, registred values for surface station were superior than sea bottom stations, values that comes together with some other bay studies showing bottom aerobics hidrochemical conditions still. Ballast water tanks reported the lowest values more than the bay stations during the three year seasons.

During the rainy and transition epochs surface stations as CONTECAR, Néstor Pineda, And Muelles El Bosque, reported the highest levels of faecal contamination, as well derby howlers values oscillate between 500- 16000 NMP/ml fecal coliformes and 1766-17000 UFC/100ml of fungus.

Microbiological vessel tanks reports were considered acceptable, nevertheless, under a sanitary point of view, one of these ships represent a potential contamination factor, wich it means that it's necessary to increase control levels to prevent contamination risk shy patogenos.

**Palabras clave** – Bahía de Cartagena, agua de lastre, fitoplancton, zooplancton, microbiológicos, fisicoquímicos, épocas climáticas.

**Key words** - Cartagena Bay, ballast water, phytoplankton, zooplankton, Microbiologicals, chemical and physical parameters.

## INTRODUCCIÓN

Teniendo en cuenta la necesidad de conocer el estado actual de la Bahía de Cartagena en términos de biología, microbiología y condiciones fisicoquímicas, el trabajo buscó mostrar cómo el sistema ha respondido y se ha comportado de acuerdo con la variación estacional y tensores ambientales a lo largo de varios años. Lo anterior, con el fin de determinar si fuentes adicionales de contaminación como son el transporte de organismos ajenos al sistema, a través de tanques de lastre de buques de tráfico internacional, logran o no establecerse y alterar las condiciones actuales, o si por el contrario, somos fuente de contaminación para otros puertos.

De esta manera y con el fin de proporcionar elementos técnicos para apoyar la toma de decisiones, y basados en la importancia de la Bahía de Cartagena y en las políticas sobre manejo y control de la contaminación específicamente por bioinvasores (resolución A868 (20) de la Organización Marítima Internacional OMI), el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas de la Dirección General Marítima inició en el año 2002 el monitoreo en aguas de muelles y tanques de lastre de buques.

Así, en la primera fase del proyecto (2002) se realizaron monitoreos a 12 buques y 5 muelles durante la temporada de lluvias, reportando la presencia de 86 especies fitoplanctónicas y 39 taxa de zooplancton

en el 2002, de los cuales la mayoría han sido reportadas como flora habitual de la bahía y la presencia de 9 especies de bacterias que pueden representar riesgo para la salud humana (Rondón, et al., 2003). En la segunda fase del proyecto (2003), fueron monitoreados 32 buques en los que se identificaron 163 especies de fitoplancton, 79 taxas de zooplancton y 9 géneros de bacterias, que igualmente representa riesgo para el ecosistema, los recursos y la salud humana.

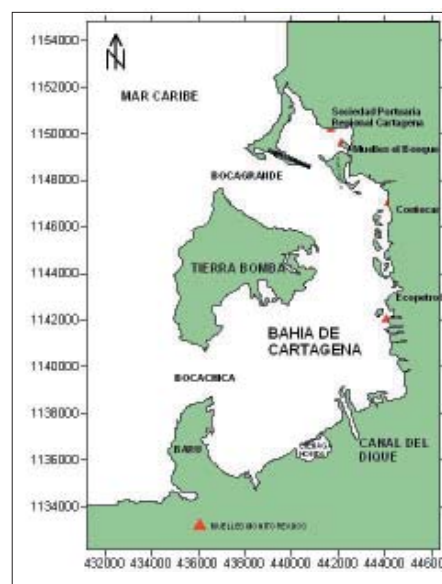
Cabe mencionar, que el estudio de la influencia de las descargas de aguas de lastre a los cuerpos de agua costeros y por consiguiente a todos los procesos que se dan en ellas, ha sido objeto de investigación de varias naciones que hacen parte de OMI con su programa GLOBALLAST. De este modo, esta organización estableció las directrices para el control y la gestión del agua de lastre de los buques, con el fin de reducir al mínimo la transferencia de organismos acuáticos perjudiciales y agentes patógenos, solicitando además a los gobiernos tomar las medidas necesarias para aplicarla. Así mismo, la nueva Convención Internacional para el Control y la Gestión del Agua de Lastre y los Sedimentos de los Buques, aprobada en el mes de febrero de 2004 en Londres, establece que los estados que la adopten, se esfuercen por no dañar ni deteriorar el medio ambiente, la salud de los seres humanos, los bienes o los recursos propios o de otros estados. Por lo anterior, deberán fomentar y facilitar la investigación científica y técnica sobre la gestión del agua de lastre y vigilar los efectos de la gestión del agua de lastre en las aguas bajo su jurisdicción y puertos a través de políticas, estrategias o programas nacionales, que permitan el manejo adecuado de éstas (OMI, 2004).

### METODOLOGÍA

Se realizó un monitoreo mensual entre abril y octubre del año 2004 en cuatro muelles a los que arriban constantemente buques de tráfico internacional en el puerto de Cartagena, a saber Néstor Pineda, CONTECAR, Muelles El Bosque y Sociedad Portuaria (figura 1), considerando las tres épocas climáticas características del área (seca, transición y lluvias). En éstos se realizó la toma de muestras de agua con botellas Niskin, tanto en la superficie, como en el fondo de la

columna de agua; lo anterior, con el fin de evaluar las características fisicoquímicas y microbiológicas. Cabe mencionar que la botella Niskin es de PVC, con capacidad de 5 l y para el caso de la toma de las muestras en profundidad se utilizó un mecanismo de cierre a través de mensajero. Adicionalmente, en campo se fijaron muestras de agua para la determinación de oxígeno, se tomaron datos de salinidad y de temperatura con un multiparámetro WTW.

En el laboratorio se determinó la concentración de nutrientes (fosfatos, nitrito y amonio) de acuerdo al procedimiento empleado en las marchas analíticas descritas por Clesceri *et al.* (1998). Adicionalmente, los parámetros de pH y oxígeno disuelto (OD) se evaluaron utilizando un titulador Metrohm DMS716, y siguiendo la metodología tradicional Winkler (Parson, et al., 1984) para el caso del OD.



**Figura 1.** Muelles muestreados en el 2004 a) Néstor Pineda, b) CONTECAR, c) Muelles El Bosque y d) Sociedad Portuaria.

Para la toma de muestras planctónicas se utilizaron redes de plancton de 50 y 200  $\mu\text{m}$  para fitoplancton y zooplancton, respectivamente. A la red de zooplancton se le adaptó un flujómetro digital en su boca, con el fin de medir el volumen de agua filtrado. Los arrastres en cada estación se realizaron a nivel superficial y en el fondo. El tiempo de arrastre dadas las condiciones presentes en la Bahía de Cartagena fue menor de dos minutos, contados desde el lanzamiento de la red hasta la recolección

de la misma y se realizó siguiendo una trayectoria en línea recta paralela al muelle. En el caso de los tanques de los buques se empleó un recipiente de 12 litros para la toma de la muestras.

Para la identificación del componente fitoplanctónico se empleó un microscopio óptico marca Nikon, siguiendo los trabajos de Trégouboff y Rose (1957), Yacubson (1969, 1974), Arosemena *et. al.*, (1973), Melchior, 1976, Vidal y Carbonell (1977), Husted (1977a, b y c), Balech, 1988, Botes, 2001. Para realizar la limpieza de diatomeas se empleó el método de Simonsen (1974) citado por Alvarado, *et. al.*, 1995. En el caso del zooplancton se empleó el método descrito por Ackefors (1972), adicionalmente para validar este método se utilizaron curvas de diversidad acumulada, utilizando el índice de diversidad de Shannon - Wiener  $8(H')$  (Ludwing y Reynolds 1988). Y para el componente microbiológico se siguieron las metodologías del Standar Methods for the Examination on Water and Wastewater 20 edition.

Cabe mencionar asimismo, que en el caso de los buques monitoreados, se tuvieron en cuenta los que presentaban el sistema de compuertas de manholes, ya que por su gran tamaño contienen un mayor volumen de

agua de lastre en sus tanques. Adicionalmente, son los buques que presentan una mayor facilidad de acceso a los tanques para la toma de muestras. La toma se realizó mediante introducción a los tanques de lastre de un balde plástico de 12 litros.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En términos generales pueden observarse en la tabla 1 y figura 2, que las mayores concentraciones de nutrientes se reportaron en las estaciones superficiales durante la época de transición, con respecto a las otras dos características, que pueden estar relacionadas con el aporte de nutrientes, tanto por la mezcla provocada por la acción del viento, como por las aguas continentales que confluyen a la bahía a través del Canal del Dique. Cabe mencionar, que estas concentraciones se encuentran muy por encima de los índices hidroquímicos reportados por Tuchkovenko, *et al.*, 2002, para la bahía, característicos para la capa fótica de los nutrientes y de sustancia orgánica muerta.

Así mismo, las concentraciones de oxígeno reportadas en este estudio, también son altas con relación a los reportados por los autores arriba mencionados.

**Tabla 1.** Resultados fisicoquímicos y de pigmentos fotosintéticos en estaciones superficiales. Año 2004. Bahía de Cartagena. Límite detectable 0.005 mg/INO<sub>2</sub>, 0.003 mg/INH<sub>4</sub>, 0.018 mg/IPO<sub>4</sub>.

Época	Estación	NO <sub>2</sub> (mg/l)	NH <sub>4</sub> (mg/l)	PO <sub>4</sub> (mg/l)	Temp. (°C)	pH	OD (mg/l)	Salinidad	Clor-a (mg/m <sup>3</sup> )	Clor-b (mg/m <sup>3</sup> )	Clor-c (mg/m <sup>3</sup> )	Feo-a (mg/m <sup>3</sup> )
Seca	Néstor Pineda	ND	ND	ND	31,1	8,18	8,00	*	3,07	0,06	0,41	1,60
	CONTECAR	ND	0,326	0,033	31,2	8,19	7,50	*	5,52	0,65	2,23	3,74
	Soc. Portuaria	ND	ND	0,013	*	8,12	3,50	34	5,43	0,39	1,42	4,54
	Muelles El Bosque	ND	ND	0,004	*	8,08	3,60	34	2,49	0,12	0,57	1,87
Transición	Néstor Pineda	ND	ND	ND	30,5	8,25	6,60	27	12,44	-0,16	1,77	3,53
	CONTECAR	ND	0,760	0,111	29	8,15	5,73	27	13,37	-0,62	2,34	-5,54
	Soc. Portuaria	ND	0,070	0,069	30	8,07	6,55	26,5	9,92	0,23	0,86	-7,81
	Muelles El Bosque	0,03	ND	0,034	30,5	8,04	7,02	25	19,91	-0,37	2,50	-7,35
Lluvia	Néstor Pineda	ND	0,110	0,034	31	8,10	6,85	13	18,98	0,72	4,72	-15,71
	CONTECAR	ND	0,118	ND	31	8,38	4,79	16	20,10	0,41	2,31	-21,03
	Soc. Portuaria	ND	0,078	0,024	31,5	8,34	7,03	20,5	23,82	0,32	3,08	,14,59
	Muelles El Bosque	ND	ND	0,032	31,5	8,39	7,59	19	14,36	0,54	2,36	-13,83

Tuchkovenko, *et al.*, 2002, también menciona que concentraciones de 0.1 mgN/l y 0.02 mgP/l, son suficientes para el crecimiento de varias plantas acuáticas, de modo que puede suponerse, que el contenido de nutrientes reportado en este trabajo para la bahía,

favorece el desarrollo de estas especies. De lo anterior, se deduce entonces que los nutrientes en este caso en particular se consideran no limitantes para la tasa de producción inicial de materia orgánica por el fitoplancton. Las altas concentraciones de clorofila reportadas

para las capas superiores, pueden explicarse por la disponibilidad de nutrientes antes mencionada.

Sin embargo, un factor que puede limitar la productividad del fitoplancton en la bahía es la cantidad de material en suspensión (turbidez), el cual se incrementa con la temporada de lluvias, provocando una disminución en la transparencia de agua, impidiendo el paso de la luz y limitando así la fotosíntesis del fitoplancton a una capa más reducida de la columna de agua, característica que puede explicar los valores reportados en la tabla 1. En las zonas donde la influencia del Canal del Dique no es tan directa (Sociedad Portuaria y Muelles El Bosque) las altas concentraciones de clorofila se pueden explicar por la mayor transparencia del agua, debido a la precipitación gravimétrica de partículas en suspensión y a la dilución por aguas marinas más limpias (Tuchkovenko, et al., 2002).

En las estaciones de fondo (tabla 2), las mayores concentraciones de nutrientes se reportan para la época de lluvias, debido posiblemente a las cargas residuales que traen las aguas continentales, el aporte del Canal del Dique y el deslave de las áreas costeras. También puede ser, porque simplemente después de la muerte de los organismos la mayor parte de dichos nutrientes de sus tejidos retorna rápidamente al agua, lo que indica un evento de reciclado de nutrientes que generan ciertas focos productivos (Tait, 1987).

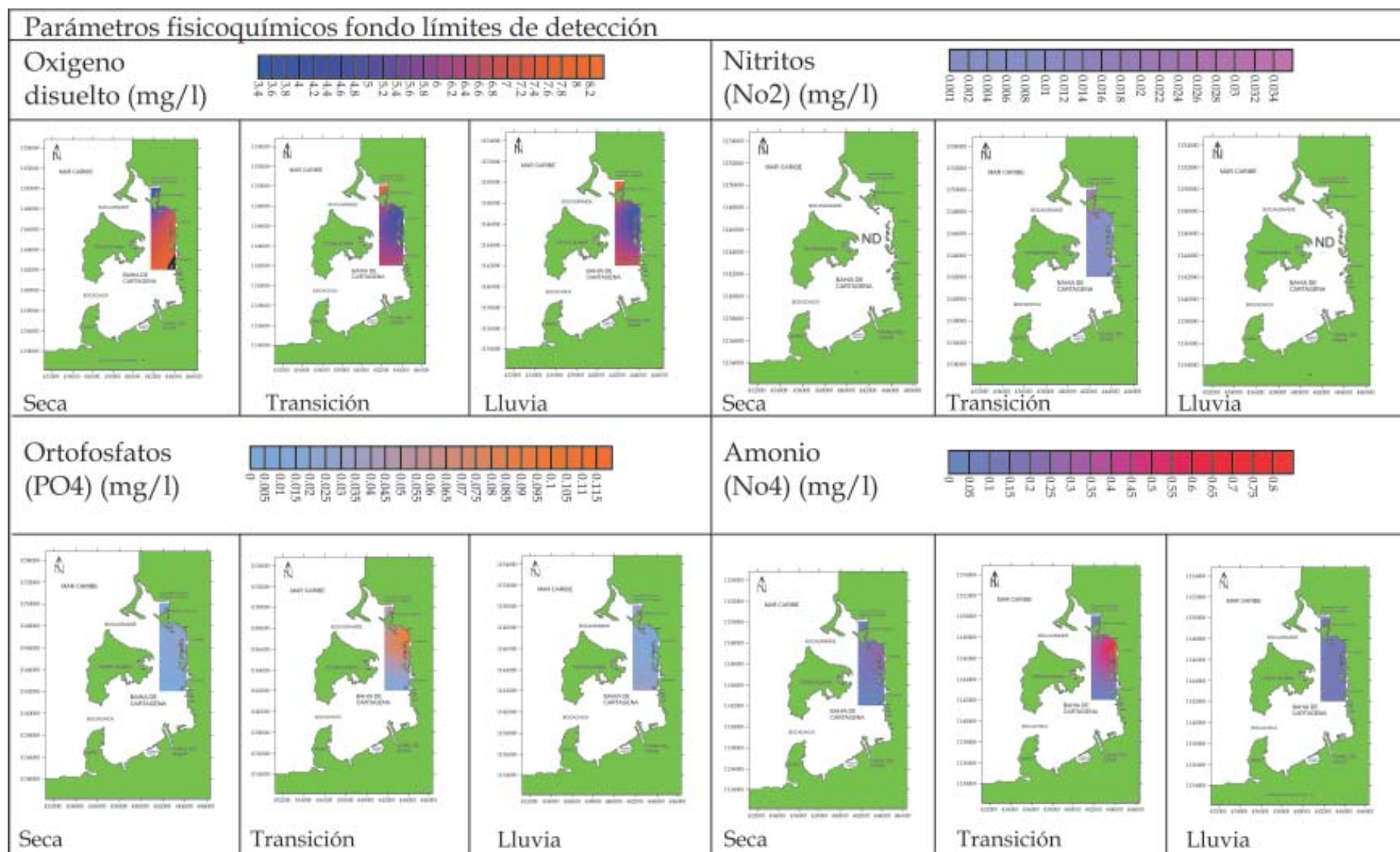
Cabe mencionar, que estas concentraciones son notablemente más bajas que las de las estaciones superficiales, situación que puede estar relacionada con la estratificación de la columna de agua, por el efecto causado por las diferencias de las densidades y salinidades de aguas continentales con respecto a las marinas, la cual es más significativa precisamente durante la temporada de lluvias debido a que al aporte de Canal del Dique se hace notablemente mayor, y el intercambio vertical turbulento es mínimo por la ausencia de vientos.

La temperatura es una de las principales propiedades físicas de mayor importancia en el medio marino, ya que controla las tasas a las cuales ocurren las reacciones químicas y los procesos biológicos como el metabolismo y el

crecimiento, este parámetro osciló entre 28 y 33°C. Se observan mayores temperaturas superficiales, comportamiento que obedece a la influencia que ejercen factores como el calentamiento por los rayos solares, la evaporación y la baja circulación, además del aporte en algunos sectores de aguas calientes que afectan a esta variable, característica reportada por Ramírez (1976) y Munera & Ortiz (1992) en estudios anteriores. Así mismo, los meses de mayor temperatura del agua corresponden a la época de lluvias con variaciones entre 29 y 33°C y que igualmente responden al bajo intercambio de masas de agua.

Uno de los parámetros más importantes para definir procesos físicos y químicos que ocurren, es el potencial de iones hidrógeno disuelto en el agua que se mide a través del pH, este parámetro osciló entre 7.96 y 8.39 entre superficie y fondo, siendo en promedio la concentración tanto para superficie como para el fondo superior a 8, el muestreo más básico se presentó en la época de lluvias (8.39), y corresponde con el rango normal de variación para aguas marinas. Para los muelles los valores fueron muy parecidos, situación normal, observada en las aguas marinas debido a la alta capacidad tampón de éstas (Tait 1987).

En cuanto a los buques se observaron concentraciones de nutrientes y demás parámetros en menores concentraciones con relación a las reportadas para la bahía, por lo cual puede inferirse que en términos de aporte de nutrientes, las aguas en este caso no representan riesgos importantes como fuente de contaminación. Sin embargo, en cuanto al oxígeno en los tanques se observaron concentraciones entre 4.10 mg O<sub>2</sub> /l y 6.70 mg O<sub>2</sub> /l, con promedios de 5.73 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 planctónicas o microbiológicas que transporten los tanques, razón por la cual es preciso tomar las medidas de control necesarias para evitar posibles transferencias. Las concentraciones de pigmentos evidencian que en los tanques de lastre existe la disponibilidad de nutrientes para sostener a la comunidad fitoplanctónica. Para su asimilación los organismos fotoautótrofos requieren una fuente de luz la cual es nula bajo las condiciones



**Figura 2.** Concentración de nutrientes y parámetros fisicoquímicos. Estaciones superficiales Bahía de Cartagena, durante las tres épocas del año.

de oscuridad de estos compartimentos, pero se demuestra actividad fotosintética con las concentraciones de pigmentos registradas.

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 (Tigeros, 2003).

En cuanto al componente planctónico se pudo identificar la presencia de 116 especies fitoplanctónicas, 23 de las cuales fueron reportadas en los buques. La mayor cantidad de individuos se reportan entre diatomeas y dinoflagelados como es característico de los ecosistemas marinos, así se registran 66 diatomeas, 19 dinoflagelados, 13 cianofitas, 12

clorofitas, 2 silicoflagelados y 4 euglenofitas. La presencia de estas especies se puede explicar, teniendo en cuenta que el sílice es un componente fundamental para el desarrollo de las diatomeas. Al respecto se puede mencionar que una de las fuentes principales de sílice y silicatos la constituyen las aguas del Canal del Dique y el aporte costero del Río Magdalena por Bocagrande y en menor proporción los procesos erosivos de las riberas por tala del manglar. Este elemento en grandes cantidades es contaminante ya que eleva la turbidez y reduce la penetración lumínica.

Durante la época seca, de transición y de lluvias se identificaron 57, 67 y 99 especies respectivamente, siendo las especies reportadas en la tabla 3 las más representativas.)

**Tabla 2.** Resultados fisicoquímicos y de pigmentos fotosintéticos en estaciones de fondo. Año 2004. Bahía de Cartagena. Límite detectable 0.005 mg/INO<sub>2</sub>, 0.003 mg/INH<sub>4</sub>, 0.018 mg/IPO<sub>4</sub>.

Época	Estación	NO <sub>2</sub> (mg/l)	NH <sub>4</sub> (mg/l)	PO <sub>4</sub> (mg/l)	Temp. (°C)	pH	OD (mg/l)	Salinidad	Clor-a (mg/m <sup>3</sup> )	Clor-b (mg/m <sup>3</sup> )	Clor-c (mg/m <sup>3</sup> )	Feo-a (mg/m <sup>3</sup> )
Seca	Néstor Pineda	0,01	ND	0,016	*	7,97	5,30	*	0,54	0,25	0,67	-0,27
	CONTECAR	ND	ND	0,022	28,1	7,96	4,00	*	0,66	0,23	0,41	0,00
	Soc. Portuaria	0,03	0,001	0,031	*	7,97	1,50	34	1,49	-0,16	0,29	0,53
	Muelles El Bosque	0,05	0,035	0,040	*	7,96	1,50	34	1,14	0,04	0,10	0,80
Transición	Néstor Pineda	ND	ND	0,024	28	8,01	3,10	31,5	0,70	0,14	0,19	-0,29
	CONTECAR	0,02	ND	0,033	28,5	7,92	1,60	33	2,13	-0,12	0,01	-1,34
	Soc. Portuaria	0,02	0,027	0,042	29	8,05	0,97	31	6,61	0,20	1,02	6,73
	Muelles El Bosque	0,03	0,034	ND	29	8,14	0,49	31	8,92	-0,21	1,67	9,27
Lluvia	Néstor Pineda	ND	0,065	0,048	29,5	8,05	3,40	31	1,91	0,09	0,07	-0,75
	CONTECAR	0,02	0,135	0,069	30	8,10	2,85	27	5,33	0,16	0,86	-0,96
	Soc. Portuaria	0,04	0,212	0,074	30	7,95	0,68	30,5	1,22	0,17	-0,12	-1,59
	Muelles El Bosque	0,05	0,200	0,077	29,5	7,92	0,77	30,5	1,29	0,00	0,38	-1,51

**Tabla 3.** Resultados fisicoquímicos y de pigmentos fotosintéticos registrados para los buques.

Época	NO <sub>2</sub> (mg/l)	NH <sub>4</sub> (mg/l)	PO <sub>4</sub> (mg/l)	Temp. ( C)	pH	OD (MG/L)	Salinidad	Clor-a (mg/m <sup>3</sup> )	Clor-b (mg/m <sup>3</sup> )	Clor-c (mg/m <sup>3</sup> )	Feo-a (mg/m <sup>3</sup> )
Seca	ND	0,013	0,015	28	*	4,10	*	-0,102	-0,219	-0,153	-2,403
Transición	ND	0,004	0,016	29	8,11	6,70	*	0,223	0,056	0,042	0,153
Lluvia	ND	0,054	0,048	31	8,01	6,40	30	0,191	0,160	0,207	-0,454

Para cada época, así mismo se identificaron especies características, de las cuales por ejemplo, para la época de lluvias se observó la mayor presencia de *Skeletonema costatum*, los individuos de esta especie presentaron diferentes grosores a lo largo del estudio y según lo registrado por Vidal y Carbonell (1977), este aspecto suele variar dependiendo

de la salinidad del ambiente en el cual se esté desarrollando, así a mayores valores de salinidad mayores grosores de los individuos.



Las especies características de la época seca *Calyptrella robusta* y *Rhizosolenia styliformis*, en las fases anteriores del proyecto fueron

reportados para época de lluvia, lo cual impide clasificarlos como indicadores de la época seca. Para la época de transición las especies reportadas, son características de mares cálidos. Estos se mantuvieron en aguas con temperatura de 28.5°C, valor ligeramente superior con respecto al rango reportado por Balech, (1988) de 10.7°C a 24°C).

de especies identificadas aumentó notablemente con relación a las otras dos épocas del año, reflejándose en un mayor número de especies características (tabla 4). Muchas de estas especies se identificaron dentro de los grupos de las cianofitas y clorofitas, de las cuales la mayoría son características de aguas dulces, lo cual evidencia la influencia marcada durante esta época, de aguas continentales en la bahía.

Durante la temporada de lluvias el número

**Tabla 4.** Especies fitoplanctónicas reportadas para la Bahía de Cartagena durante el año 2004 en las tres épocas del año (Seca, Transición, Lluvia). Siendo Di (diatomeas); Dn(dinoflagelados); Ci (cianofitas); Cl (clorofilas); Si (silicoflagelados); Eu (euglenofitas).

Época/ total de especies (grupos representativos)	SECA/57 (36 Di, 4 Ci, 2 Cl y 2 Si)	TRANSICIÓN/68 (39 Di, 18 Dn, 7 Cl, 2 Cl, 2 Si)	LLUVIA/99 (56 Di, 1 Si, 16 Dn, 10 Ci, 11 Cl, 4 Eu)		NUEVAS ESPECIES REPORTADAS/2004
Especies más representativas	<i>Bacteriastrium comosum</i>	<i>Pseudonitzschia</i> sp2			DIVISIÓN: HETEROKONTOPHYTA CLASE: CYANOPHYCEAE ORDÉN: Chroococcales FAMILIA: <i>Chroococcaceae</i> <i>Chroococcus</i> sp1. FAMILIA: <i>Nostocaceae</i> <i>Anabaena</i> sp.
	<i>Ceratium hircus</i>	<i>Pseudonitzschia</i> sp1			
	<i>Pseudonitzschia</i> sp2	<i>Skeletonema costatum</i>			
	<i>Rhizosolenia setigera</i>	<i>Chaetoceros brevis*</i>			
	<i>Chaetoceros socialis*</i>	<i>Chaetoceros subtilis</i>			
		<i>Coscinodiscus radiatus</i>			
		<i>C. centralis</i>			
	<i>C. granii</i>				
Especie característica	<i>Calyptrilla robusta</i>	<i>Chroococcus</i> sp1.	<i>Scenedesmus</i> sp2.	<i>Scenedesmus bicaudatus</i>	DIVISIÓN: HETEROKONTOPHYTA CLASE: EUGLENOPHYCEAE ORDÉN: Euglenares <i>Phacus</i> sp <i>Trachelomona</i> sp
	<i>Rhizosolenia styliformis</i>	<i>Chaetoceros didymus</i>	<i>Pediastrum simplex</i>	<i>Pediastrum tetras</i>	
		<i>Coscinodiscus asteromphalus</i>	<i>Ankistrodesmus spiralis</i>	<i>Trachelomona</i> sp2.	
		<i>Guninardia</i> sp 1.	<i>Lynbya</i> sp1.	<i>Plagiogramma</i> sp2.	DIVISIÓN: HETEROKONTOPHYTA CLASE: CLOROPHYCEAE ORDÉN: Chlorococcales FAMILIA: Scenedesmaceae <i>Pediastrum simplex</i> ; <i>Pediastrum tetras</i> ; <i>Scenedesmus bicaudatus</i> ; <i>Scenedesmus quadricauda</i> FAMILIA: Oocystacea <i>Ankistrodesmus spiralis</i> <i>Dictyosphaerium</i> sp. ORDÉN: Tetrasporales FAMILIA: Palmellaceae <i>Sphaerocystis</i> sp. FAMILIA: Tetrasporaceae <i>Tetraspora</i> sp. FAMILIA: Desmidiaceae <i>Staurastrum af. Set.</i>
		<i>Ornithocercus magnificus</i>	<i>Tetraspora</i> sp1	<i>podocystis</i> sp1.	
		<i>Nostoc</i> sp 1.	<i>Melosira granulata</i>	<i>Phacus</i> sp1.	
		<i>Achantes</i> sp 1.	<i>Cicmophora</i> sp2.	<i>Phacus</i> sp2.	
			<i>Pleurosigma</i> sp3.	<i>Plagiogramma</i> sp1.	
			<i>Mastogloia</i> sp1.	<i>Trachelomona</i> sp1.	
			<i>Rhabdonema</i> sp1.	<i>Dictyosphaerium</i> sp1.	
		<i>Sphaerocystia</i> sp1.			

\* Especies de las fotografías para cada época



En la tabla 4, se hace referencia por primera vez a la presencia de dos cianofitas, dos diatomeas, dos euglenofitas y nueve clorofitas. La mayoría de estas especies se observaron en la época de lluvia, de manera que el aumento en el número de especies en la bahía puede favorecerse por la introducción de éstas a través de las aguas continentales del Canal del Dique o por que el aporte de nutrientes y consecuente enriquecimiento del medio facilita las condiciones para que la presencia de nuevas especies. Es posible además, que estas especies no se hubieran registrado anteriormente debido al poco interés por estos grupos a excepción de las diatomeas, y no porque no sean flora habitual para la bahía.

En cuanto a la flora identificada en los tanques de lastre de los buques se pudo observar un número inferior de especies con respecto a los reportes de las fases anteriores (23 con respecto a 86 (2002) y 111 (2003)). Estas diferencias tan marcadas pueden explicarse, por la cantidad de embarcaciones monitoreadas, la cual durante la presente fase fue inferior (4 con respecto a 12 (2002) y 33 (2003)), y al recambio realizado en mar abierto y reportado por las motonaves en el anexo A868 de la OMI. De lo anterior, se puede deducir que las directrices emitidas a través de la resolución A868 de la OMI para el control y la gestión del agua de lastre de los

buques, que permitan reducir al mínimo la transferencia de organismos acuáticos perjudiciales y agentes patógenos, está siendo eficientemente implementada.

En el caso del zooplancton se reportaron 78 taxa en la bahía; y 7 en los buques, éstas se identificaron dentro de los Phylum Artropoda, Mollusca y Chaetognata. De las tres épocas del año monitoreadas, la de transición reportó el mayor número de ind/m<sup>3</sup> en promedio (101136) siendo los grupos más representativos los citados en la tabla 5.

De los diferentes organismos reportados a lo largo del periodo muestreado, la gran mayoría de las aguas registra gran abundancia de artrópodos, siendo los copépodos (*Acartia* sp1), los más representativos. Esto es normal en este tipo de aguas, ya que este grupo puede llegar a conformar el 90% del total de la biomasa zooplanctónica en ciertos casos (Raymont 1983 y Casanova *et al.*, 1982). Esto se explica debido, a que este grupo tiene gran importancia dentro de los consumidores primarios y son totalmente cosmopolitas (Conover *et al.*, 1991). Dentro de este grupo, los estadios naupliares de los copépodos se encontraron casi en la totalidad de los muestreos y según Matsushita 1991 representan una buena parte de la alimentación de las larvas de peces en el medio.

**Tabla 5.** Taxas zooplanctónicas reportadas para la Bahía de Cartagena durante el año 2004, en las tres épocas del año (Seca, Transición, Lluvia).

Época/total de Taxas (grupos representativos)	SECA/53	TRANSICIÓN/65	LLUVIA/42	NUEVOS REGISTROS / 2004
Phylum más representativos	<i>Artropoda</i> (270361 ind/m <sup>3</sup> )	<i>Artropoda</i> (655737 ind/m <sup>3</sup> )	<i>Artropoda</i> (5727487 ind/m <sup>3</sup> )	PHYLUM ANTROPODA CLASE: COPEPODA ORDEN: POECILOSTOMATOIDA
	<i>Chaetognata</i> (1319 ind/m <sup>3</sup> )	<i>Chaetognata</i> (6459 ind/m <sup>3</sup> )	<i>Chaetognata</i> (7533 ind/m <sup>3</sup> )	<i>Copilia mirabilis</i> <i>Corycaeus</i> sp.
	<i>Coelenterata</i> (10169 ind/m <sup>3</sup> )	<i>Coelenterata</i> (3216 ind/m <sup>3</sup> )	<i>Coelenterata</i> (3633 ind/m <sup>3</sup> )	ORDEN: CALANOIDEA <i>Eucalanus</i> sp
	<i>Mollusca</i> (343 ind/m <sup>3</sup> )	<i>Mollusca</i> (4644 ind/m <sup>3</sup> )	<i>Mollusca</i> (20977 ind/m <sup>3</sup> )	<i>Pontelosis</i> sp <i>Pseudodiaptomus</i> sp <i>Temora</i> sp
	<i>Anellida</i> (464 ind/m <sup>3</sup> )	<i>Anellida</i> (463 ind/m <sup>3</sup> )	<i>Anellida</i> (1128 ind/m <sup>3</sup> )	
	Echinodermata (90 ind/m <sup>3</sup> )	Echinodermata (8937 ind/m <sup>3</sup> )	Echinodermata (8557 ind/m <sup>3</sup> )	PHYLUM: ARTROPODA CLASE: BRANCHIOPODA ORDEN: CLADOCERA
	<i>Chordata</i> (5233 ind/m <sup>3</sup> )	<i>Chordata</i> (28500 ind/m <sup>3</sup> )	<i>Chordata</i> (38373 ind/m <sup>3</sup> )	<i>Podon</i> sp
Especie, morfotipo o individuo o característico	<i>Podon</i> sp	<i>Copilia mirabilis</i>	<i>Mysis de decapoda</i>	PHYLUM COELENTERATA CLASE: SIPHONOPHORA ORDEN: CALYCOPHORAE
	<i>Sagitta Hexaptera</i>	<i>Oncaea</i> sp2	<i>Myysis de isopoda</i>	
	<i>Sagitta setosa</i>	<i>Zoea</i> penaeidae		
	Morfotipo medusa 4	Larva <i>Actinula</i>		<i>Abyla</i> sp <i>Lensia</i> sp Larva <i>actinula</i>
	Norfotipo poliqueto 1	Morfolipos de medusa 2,3,5		
	Larvas de <i>Engraulidae</i>	<i>Trocophora</i> Poliqueto 2		
	<i>Zoea decapoda</i> 2	Larva <i>Mitraria</i>		
	<i>Zoea portunidae</i> 2			

Durante las tres épocas monitoreadas, la estación que reportó el mayor número de individuos/m<sup>3</sup> fue Contecar y en su orden siguieron Néstor Pineda, Muelles El Bosque y Sociedad Portuaria, observándose de este modo la influencia directa del aporte de nutrientes por el Canal del Dique. La abundancia de organismos reportada en CONTECAR también obedeció posiblemente a las descargas directas de dos caños, los cuales vierten aguas sucias de desagüe de sectores contiguos y aledaños que de por sí representan una fuente de contaminación directa sobre esta estación. Adicionalmente se reporta por primera vez la presencia de *Copilia mirabilis*, *Pontellopsis* sp., *Pseudodiatomus* sp., *Podon* sp, y *Abyla* sp.

La baja cantidad (4 ind/22l) de especies reportadas en los buques pudo presentarse porque en las áreas de mar abierto, donde fue tomada el agua de lastre de los buques, se hallan menores abundancias de plancton y por lo tanto se reportan estas bajas densidades. De este modo y de acuerdo con los datos reportados para la bahía, esta sí puede implicar riesgo para otros estados, ya que los copépodos por ejemplo, son considerados de manera indirecta perjudiciales, porque la gran densidad de estos organismos en los cuerpos de agua de la bahía (zona tropical de alta productividad) pueden llegar a ser un vector del *Vibrio cholera*, bacteria que se acumula en algunas de sus partes corporales y fácilmente es transportada hacia otros sistemas (Campos y Suárez 1994).

En cuanto al componente microbiológico en las estaciones monitoreadas, se contabilizaron bacterias Coliformes en títulos desde 2 hasta 160000NMP/100 ml, Hongos entre 0 y 17000UFC/100 ml, *Pseudomonas aeruginosa* entre 20 y 4200 UFC/100 ml y Enterococos fecales entre 0 y 4700 UFC/ 100ml. No se reportaron los géneros *Salmonella spp* y *Shigella spp* y se detectó *Vibrio cholerae* en la estación de la Sociedad Portuaria y aunque esta estación no presentó el mayor número de copépodos (*Acartia* sp.), sí es importante mantener el monitoreo y control del sistema para evitar la transferencia de éste hacia otros lugares.

Adicionalmente, se observó que las áreas más críticas desde el punto de vista de calidad sanitaria, son las estaciones de Contecar y Néstor Pineda en superficie, las cuales como

se ha venido mencionado están muy cercanas a la influencia directa de las aguas sucias de fincas y pueblo aledaños aportadas a través del Canal del Dique y por vertimientos líquidos de origen urbano e industrial, con escaso o nulo tratamiento.

Adicionalmente, con API 20E se confirmó la presencia de las especies microbiológicas reportadas en la tabla 6, todas patógenas oportunistas, que pueden desencadenar enfermedades en población desprotegida o inmunocomprometidas y eventualmente desarrollar invasiones a tejidos, especialmente el urinario. El riesgo para la población se incrementa con la ingesta de productos pesqueros crudos o mal cocidos provenientes de la bahía.

En el caso de los hongos la población turística o la que está en contacto frecuente con el agua de la bahía, se puede ver afectada por estos microorganismos los cuales tienen gran capacidad para desencadenar afecciones en la piel y cuyos tratamiento para eliminación son prolongados dada su resistencia a los medicamentos comunes. Se resalta que los requisitos de calidad microbiológica del agua por lo general se miden utilizando indicadores de contaminación fecal como los coliformes, con los cuales en Colombia se establecen los niveles de aceptación para la destinación del recurso con fines recreativos.

Sin embargo, el estudio muestra que esta relación no se cumple en cuerpos de agua como la Bahía de Cartagena, específicamente en las estaciones superficies monitoreadas, principalmente durante las épocas de transición y lluvias. En éstas, por ejemplo, los hongos se mantuvieron en niveles promedio entre 600 y 10250 UFC/100 ml, a veces más altos que los mismos coliformes y con mayor posibilidad de supervivencia. De igual forma, cabe mencionar que las condiciones de anoxia y la mayor salinidad encontradas en la profundidad de las estaciones, con mayor influencia de aportes de aguas servidas o sin tratamiento, generan una reducción considerable del número de microorganismos incluyendo los patógenos. Las poblaciones más resistentes a estos impactos en la bahía resultaron ser las de los Hongos (entre 0 y 8600 UFC/100 ml) y *Pseudomonas aeruginosa*, (entre 20 y 4000 UFC/100 ml). Los primeros por la manifestación de estructuras de resistencia que les permiten mantenerse en el ambiente en

condiciones adversas (anoxia, salinidad elevada) por periodos y la segunda por su naturaleza de adaptabilidad a los ambientes,

lo que les permite ser ampliamente distribuidas en la naturaleza y poco exigentes a la hora de desarrollarse.

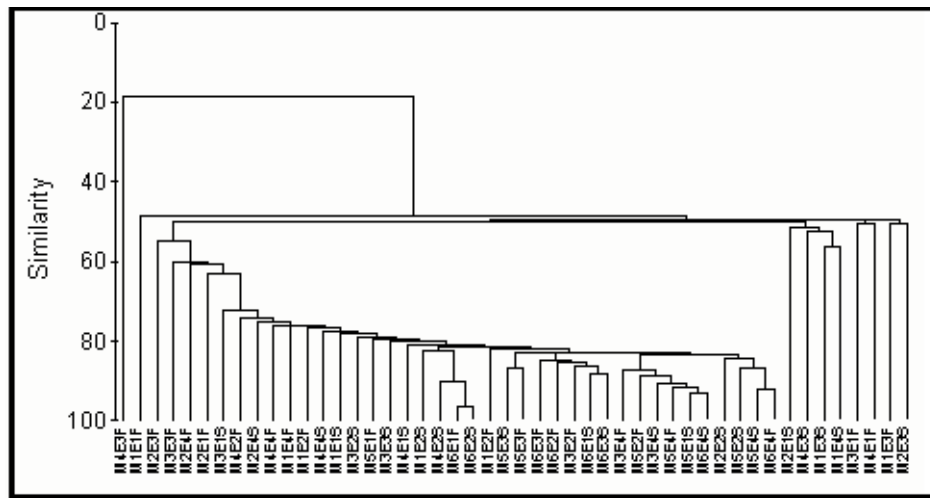
**Tabla 6.** Especies microbiológicas reportadas con API 20E, para la Bahía de Cartagena durante el año 2004, en las tres épocas del año (Seca, Transición, Lluvia) y por estación (Néstor Pineda (NP), CONTECAR (C), Sociedad Portuaria (SP), Muelles El Bosque (MB)).

Especie	Seca				Transición				Lluvia			
	NP	C	SP	M B	NP	C	SP	M B	NP	C	SP	M B
<i>Aeromonas hydrophila</i>		+				+						
<i>Citrobacter</i> sp					+							
<i>Enterobacter sakasaki</i>	+											
<i>Pantoea</i> sp	+											
<i>Pasteurella pneumoniae</i>											+	
<i>Proteus mirabilis</i>	+				+				+			+
<i>Proteus</i> sp						+						
<i>Proteus vulgaris</i>						+					+	
<i>Providencia rettgeri</i>					+	+			+			+
<i>Vibrio alginolyticus</i>									+			
<i>Vibrio parahamolyticus</i>									+			
<i>Serratia</i> sp					+							
<i>Serratia marcescens</i>					+							

En cuanto a los buques pudo determinarse con excepción de uno, que los valores estuvieron por debajo de los reportados para la bahía. Sin embargo el valor de coliformes (16000 NMP/100 ml) en uno de ellos superó los valores de coliformes encontrados en la bahía (hasta 3000 en el muelle Néstor Pineda en superficie). Igualmente los restantes parámetros presentaron los valores más altos (12000 UFC/100 ml para hongos, 1400 para *P. aeruginosa* y 500 UFC/100 ml para Enterococos fecales). Por lo anterior, se pueden considerar a las aguas de este buque con un grado de contaminación alta, situación que puede generar riesgo en este caso para la bahía, constituyéndose así desde el punto de vista microbiológico y sanitario como un aporte más de contaminación para ésta.

Un análisis de agrupación aplicado a las matrices de datos fitoplanctónicos y fisicoquímicos reportó que las muestras fitoplanctónicas, presentaron bajos valores de

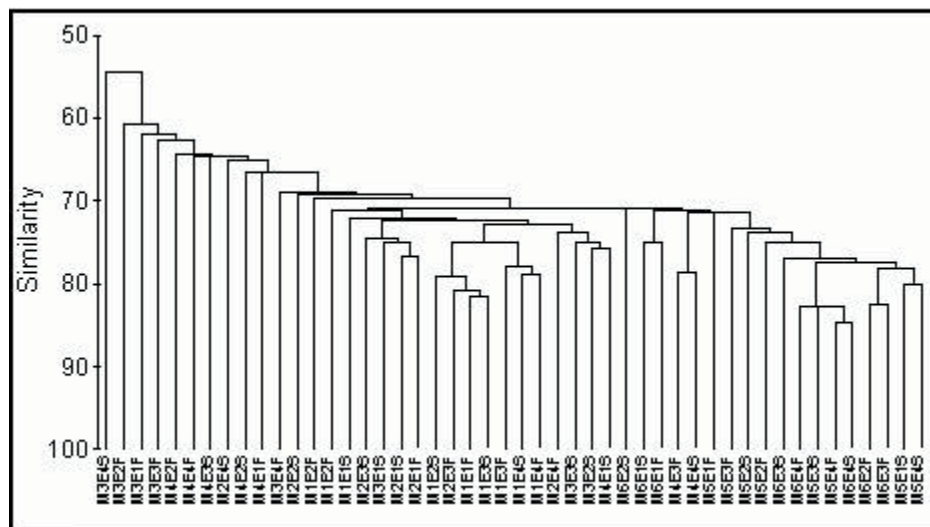
similaridad, las estaciones de los muestreos uno y dos se mezclaron y los muestreos tres, cuatro, cinco y seis presentaron un comportamiento diferente, agrupándose los datos de cada uno de estos muestreos aproximadamente con un 50% de similaridad (Figura 3). No se observaron diferencias entre las épocas climáticas tenidas en cuenta, debido posiblemente al bajo número de puntos de muestreo y al intervalo de tiempo entre cada uno de estos muestreos realizados. Así mismo, al realizar el análisis de componentes principales se observó que los tres primeros ejes explicaron en un 73.7% el comportamiento de la comunidad fitoplanctónica (eje 1- 39.5%, eje 2 - 19% y eje 3 - 15.2%), aunque no se registraron valores altos de correlación, las variables más relacionadas con el eje uno en forma positiva fueron pH y oxígeno disuelto (0.498 y 0.470 respectivamente) y en forma negativa la salinidad (-0.419), los resultados obtenidos no permitieron observar la formación de grupos característicos a lo largo de los muestreos.



**Figura 3.** Análisis de similaridad de parámetros fisicoquímicos y comunidad fitoplanctónica en cuatro muelles de la Bahía de Cartagena.

El análisis Bioenv, aplicado igualmente a estas matrices reportó valores de correlación muy bajos para los datos relacionados con los muelles, la variable que más explicó el comportamiento de la comunidad fitoplanctónica fue el nitrógeno en forma de nitritos con una correlación de 0.180, el

resto de las variables presentaron un valor de correlación de 0.123. Con relación a los buques, este análisis reportó un porcentaje de correlación alto (0.985) indicando el alto grado de correspondencia entre los parámetros físicos y biológicos para este tipo de sistemas.



**Figura 4.** Análisis de similaridad cualitativo Bray-Curtis de datos de la Bahía de Cartagena.

Para el caso del zooplancton el análisis de Cluster (Figura 4) muestra que no existe la formación de grupos de datos que se puedan llegar a discriminar en cuanto a épocas climáticas, niveles de superficie o estaciones de muestreo. Esto describe un comportamiento de la densidad y composición de los individuos zooplanctónicos muy similar a lo largo del periodo del año analizado. De igual forma,

el comportamiento de la densidad y composición de la comunidad zooplanctónica explicado con relación al componente abiótico, según el análisis de correlación de Spearman, no muestra un valor apto para ninguno de los parámetros fisicoquímicos estudiados, por lo cual se recomienda aumentar el periodo de muestreo y de estaciones para encontrar mejores correlaciones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA-AWWA-WPCF (1995). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 20<sup>th</sup> edition, American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, New York, USA.
- Ackefors, H. (1972). *Metodología del Plancton*, Instituto de Investigaciones Marinas, pp. 185-211.
- Arosemena, et al. (1973), Algunos dinoflagelados y diatomeas de la Bahía de Cartagena y alrededores, Informe Museo del Mar, p. 8.
- Alveal, K., M. E. Ferrario, E. C. Oliviera y E. Sar (eds) (1995). *Manual de métodos ficológicos*, 863 p., Universidad de Concepción, Chile.
- BALLAS WATER NEWS (2001). Global ballast Water Management Programme, Issue 4.
- Balech, E. (1988). Los dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental, *Publicaciones Especiales Instituto Español de Oceanografía*, 310 p.
- Botes, L. (2001). *Phytoplankton Identification Catalogue*, Series 7, 77 p., Globallast Monograph, Saldanha Bay, South Africa.
- Campos, A. y E. Suárez (1994). Copépodos pelágicos del Golfo de México y Mar Caribe. *I Biología y sistemática Centro de Investigaciones de Quintana Roo (CIQRO)*, 353 p.
- Carbonel, M. C. (1979). Ceratium (Schrank) (Peridinales) en la Bahía de Cartagena, *Boletín Científico del CIOH*, (2), pp. 21-54.
- Casanova, B., et al. (1982). Biomasse et composition chimique et faunistique du zooplancton How do they cope?. *Bull. Plankton. Soc. Japan, Spec.*, Vol. 1991, pp. 177-199.
- Clesceri, L., A. Greenberg y A. Eaton (ed) (1998). *Estandar methods for the examination of water and wastewater*, 20th edition, Washington, USA.
- Conover, R. J., A. W. Bedo y J. A. Spry (1988). Arctic zooplankton prefer living ice algae: a caution for zooplankton excretion measurements. *J. Plankton Res.* 10:267-282.
- Fitzgerald, E. y S. Conde (1995). Análisis del zooplancton superficial del sistema de caños y lagunas urbanas de Cartagena de Indias, Colombia y su relación con la calidad del agua, Tesis Universidad Jorge Tadeo Lozano Facultad de Biología Marina, Cartagena.
- 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.
- 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*, 14, (8), pp. 1067-1084.
- Hustedt, F. (1977). *Kryptogamen-Flora. Band. VII. Teil 1*, Germany, 920 p.
- Ludwing, J. y Reynolds, J. (1988). *Statcal Ecology A primer on methos and computing*, 337 p., Jonh Wiley and Sons, New York.
- Matsushita, K. (1991). How do fih larvae of limited motility encounter nauplii in the sea?, *Bull. Plankton Soc. Japan, Spec.* 1991, pp. 251-270.
- Melchior, H. (1976). Dinoflagellates from the international indian ocean expedition, anexos, Bibliotheca Botanica, Stuttgart, Germany, 234 p.
- Moncaleano, A., y L. Niño (1976). Celenterados planctónicos de la Bahía de Cartagena; descripción, distribución y notas ecológicas, Trabajo de grado (Biólogo Marino), 236 p., Universidad Jorge Tadeo Lozano, Facultad de Biología Marina. Área de ingeniería y recursos humanos, Bogotá.
- Munera, J., y C. Otiz (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.
- Organización Marítima Internacional (OMI) (1997). Resolución 868 (20), Directrices para el control y gestión del agua de lastre de buques a fin de reducir al mínimo la transferencia de organismos acuáticos perjudiciales y agentes patógenos.
- Parson, T., Et al., (1984). *A Manual of Chemical and biological methods for seawater analisis*, Permano Press, Oxford, 172 p.
- Ramírez, M. (1976). Estudio preliminar de la contaminación térmica en la Bahía de Cartagena, Trabajo de grado para obtener el título de Biólogo Marino, + anexos, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad

- Jorge Tadeo Lozano, Cartagena, Colombia, 85 p.
- Raymont, J., E. (1983). Plankton and productivity in the oceans, Vol II, Zooplankton, Pergamon Press Ltd., New York, 660 p.
- Rondón, S., et al. (2003). Contaminación de la Bahía de Cartagena por aguas de los buques, Boletín Científico del CIOH (21), pp. 91-100.
- Tait, R. (1987). Elementos de ecología marina, 2ª. Edición, Editorial Acribia S.A., Zaragoza.
- Trégouboff, R. y M. Rose (1957), Manuel de Planctonologie Méditerranéenne, Tome I-II-III, + illustrations, Centre National de la Reserche Scientifique, Paris, 128 p.
- 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, anexos, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Cartagena, Colombia, 139 p.
- Tuchkovenko, Y., et all. (2002). Modelo de Eutroficación de la Bahía de Cartagena y su aplicación práctica, Boletín Científico del CIOH, (20), pp. 28-44.
- Vidal, L. A. (1981). Diatomeas y dinoflagelados en las Islas del Rosario (arrecife coralino) y alrededores, Boletín Científico del CIOH, (3), pp. 75-133.
- Vidal, L. A., y Carbonell, M. C. (1977). Diatomeas y dinoflagelados de la Bahía de Cartagena, Tesis Facultad de Biología Marina, 360 p., Universidad Jorge Tadeo Lozano, Cartagena, Colombia.
- Wickstead J. (1965). An introduction to the study of tropical plankton, Hutchinson Tropical Monographs.
- Yacubson, S. (1969). Algas de ambientes acuáticos continentales, nuevas para Venezuela, Cyanophyta, Chlorophyta, Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas, (3), 87 p.
- (1974). Catálogo e iconografía de las chlorophyta de Venezuela, Universidad de Zulia, Maracaibo, Venezuela, 141 p.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su profundo agradecimiento a la DIMAR, por el apoyo presupuestal y a todo el personal del CIOH que de una u otra forma contribuyeron a la realización del trabajo.