

An. Inst. Invest. Mar. Punta Betín	23	103 - 117	Santa Marta-Colombia, 1994	ISNN 0120-3959
------------------------------------	----	-----------	----------------------------	----------------

**FLORECIMIENTO DE MICROALGAS RELACIONADO CON MORTANDAD
MASIVA DE PECES EN EL COMPLEJO LAGUNAR CIENAGA GRANDE DE
SANTA MARTA, CARIBE COLOMBIANO.**

José Ernesto Mancera P. y Luis Alfonso Vidal V.

RESUMEN

Entre los meses de julio y agosto de 1994 un fenómeno discontinuo de muerte masiva de peces se registró en aguas del complejo lagunar de la Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. El primer evento se presentó del 15 al 19 de julio, el segundo alrededor del día 20 de agosto y el tercero entre el 26 y 31 del mismo mes. La presencia en altas concentraciones de la cianofita filamentosa Cf. *Anabaenopsis* sp., registrada en la literatura como altamente tóxica, podría estar relacionada con las causas del primer evento. Un incremento en las concentraciones de fósforo, y un posterior florecimiento de nano y picoplankton, especialmente cianofíceas y algas flageladas, explicaría en parte las condiciones hipóxicas y anóxicas observadas en el tercer evento, las cuales aparentemente pudieron causar la muerte masiva de peces. Sin embargo, no se descartan otras causas como la liberación de gases tóxicos desde el sedimento y la anoxia debida a la actividad bacteriana. Si bien la biomasa de peces muertos no pudo ser cuantificada, estimativos obtenidos a partir de la información suministrada por pescadores, arrojan para el caso de los chivos (Ariidae) valores que superan las 20 toneladas. Al parecer se trata de uno de los fenómenos de este tipo más grandes de los últimos años.

ABSTRACT

A discontinuous phenomenon of massive fish mortality occurred in the estuarine lagoonal complex of the Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia, in July and August 1994. The first event occurred from the 15th to the 19th of July, the second took place one month later around the 20th of August, and the last one was evident from the 26th to the 31st of the same month. High concentrations of Cf. *Anabaenopsis* sp., a filamentous cyanobacteria, reported in the literature as highly toxic, may have been related to the causes of the first event. An increase in phosphorus concentrations resulting in massive blooms of cyanobacteria and flagellate algae of nano and picoplankton could explain the hypoxic and anoxic conditions associated to the third event of massive fish mortality. However, other possible causes, such as toxic gas liberation from the sediment and anoxia from bacterial activity cannot be ruled out. The dead fish biomass was not quantified, but information obtained from fishermen suggests for sea catfish (Ariidae) values well over 20 tons. The massive death phenomenon here reported seems to be the strongest in the last years.

INTRODUCCION

En la costa norte colombiana, departamento del Magdalena, se encuentra un complejo ecosistema conformado por numerosos canales, pantanos de manglar y lagunas, dentro de las cuales la de mayor área es la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM) (figura 1), considerada como la más grande de Colombia (450 Km^2) y una de las más importantes de la cuenca caribeña (Botero y Botero, 1989). En la actualidad el complejo lagunar afronta una grave problemática ambiental, que se ve reflejada en el estado de deterioro de sus recursos naturales y en el empobrecimiento de sus habitantes (Mancera y Botero, 1993). Como una de las actividades contempladas en el proceso de recuperación del ecosistema, el proyecto Colombo-Alemán “Rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta”, PRO-CIENAGA, pretende re establecer las condiciones hidráulicas, reabriendo canales que transportan agua dulce desde el Río Magdalena hasta la CGSM.

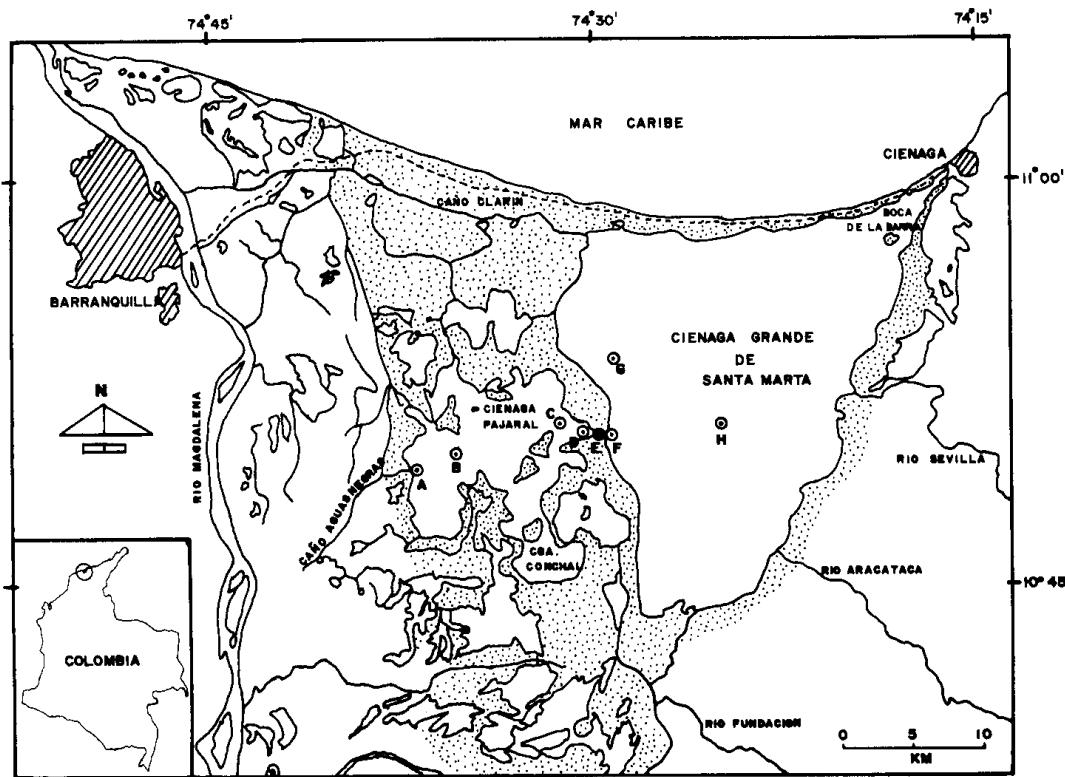


Figura 1. Área de Estudio. A = Boca Caño Aguas Negras; B = El Morro; C = Buenavista (zona occidental); D = Boca Caño Grande en Cga. de Pajaral; E = Caño Grande; F = Boca Caño Grande en CGSM; G = CGSM, al norte de Caño Grande; H = Centro de la CGSM.

Fenómenos de mortandad masiva de organismos han sido registrados anteriormente en la CGSM y son conocidos por los habitantes de la región con el nombre de “tabaquillo”. Mercado (1971) describe el “afloramiento” (*sic*) de la cianoficea *Anabaena circinalis*, y la relaciona con la muerte por intoxicación de peces, perros, cerdos y gallinas. Años después Bula (1985) identificó la cianoficea *Nostoc commune* (= *Anabaena flos-aquae*) como responsable de otro fenómeno de mortandad masiva de organismos. Hasta el momento la única causa señalada como responsable del fenómeno fue la ingestión de algas tóxicas, sin que hubieran sido consideradas y documentadas otras posibles causas.

La presencia continuada de investigadores en el área de la CGSM permitió detectar a tiempo el fenómeno de mortandad masiva de peces ocurrido entre el 15 de julio y 31 de agosto/94, lográndose observaciones detalladas que condujeron a una explicación más amplia de las causas del fenómeno.

MATERIALES Y METODOS

El fenómeno de mortandad masiva de peces se presentó en el costado oriental de la Ciénaga de Pajonal, Caño Grande y costado occidental de la CGSM, durante tres pulsos o eventos. El primero ocurrió entre el 15 y 19 de julio/94, el segundo alrededor del 20 de agosto y el tercero del 26 al 31 del mismo mes. Para establecer las causas del fenómeno, se realizaron salidas de campo los días 18 y 22 de julio y 30 y 31 de agosto. Para el segundo evento no se realizó visita al área del problema, sin embargo, versiones de pescadores permitieron acopiar información. Los días 18 y 22 de julio se tomaron muestras puntuales de agua superficial para el análisis de fitoplancton. El 22 de julio, utilizando sondas WTW previamente calibradas, se realizaron medidas *in situ* de temperatura, pH y salinidad en cuatro estaciones (figura 1); esta última variable se midió y expresó empleando la escala de salinidad práctica, la cual no tiene ni dimensiones ni unidades (UNESCO, 1985); además, fueron tomadas muestras de agua para determinar la concentración de clorofila a en laboratorio, siguiendo el método de Lorenzen (1967).

Los resultados obtenidos y las hipótesis planteadas durante el primer evento, permitieron preparar un diseño de muestreo más completo para el tercero, determinándose además de las variables anteriores, la profundidad y transparencia de la columna de agua (disco de Secchi), las concentraciones de las clorofilas b y c (APHA, 1975), el índice de pigmentos rojos/verdes, los niveles de fósforo total, ortofosfatos y oxígeno disuelto. Todas estas variables se midieron durante un ciclo diario (agosto 30-31/94), en dos estaciones de muestreo ubicadas en Caño Grande (parte central) y El Morro (figura 1). Los valores de oxígeno disuelto fueron determinados *in situ*, mediante una sonda WTW OXI-92, a dos niveles de la

columna de agua (superficie y fondo localizado a 0.6 m) en el Morro, y a cuatro profundidades (0, 2, 4 y 6 metros) en Caño Grande. Los ortofosfátos y el fósforo total, se determinaron por duplicado en espectrofotómetro, siguiendo los métodos descritos en Grasshoff *et al.* (1983). Relacionando la profundidad y la transparencia del agua, se calculó el porcentaje de penetración de luz.

Los muestreos de fitoplancton, para el tercer evento, se realizaron empleando una botella tipo Ruttner de 1 l de capacidad. La identificación de fitoplancton para el primero y tercer evento se llevó a cabo utilizando un microscopio óptico, utilizando las descripciones de Vidal (1993); los conteos se realizaron sobre un portaobjeto con cubreobjeto mediante barridos en zig-zag, previa calibración del volumen de la alícuota de agua.

La biomasa de peces muertos en cada uno de los tres eventos no pudo ser cuantificada, por lo que se recurrió a una estimación cualitativa de los peces que se encontraron flotando y de los capturados por los pescadores.

RESULTADOS

El recuento de las características más importantes de cada uno de los tres eventos del fenómeno, muestra que el número de especies ícticas afectadas aumentó del primer evento al tercero, y que tanto boconas (Engraulidae) como chivos (Ariidae) fueron las especies más afectadas en los dos casos (tabla 1). Estimativos obtenidos a partir de las capturas de los pescadores durante el tercer evento arrojan, para el caso de los chivos, valores que superan las 20 toneladas.

Tabla 1. Presencia de especies afectadas en los eventos 1 y 3 del fenómeno de muerte masiva de peces en el costado oriental de la Ciénaga de Pajaral, Caño Grande y zonas del costado occidental de la CGSM.

Especies ícticas afectadas (Orden descendente según abundancia)	Familia	Evento 1	Evento 3
<i>Cetengraulis edentulus</i> (Bocona)	Engraulidae	X	X
<i>Anchovia clupeoides</i> (Bocona)	“	X	X
<i>Cathorops spixi</i> (Chivo mapalé)	Ariidae	X	X
<i>Mugil incilis</i> (Lisa)	Mugilidae	X	X
<i>Ariopsis bonillai</i> (Chivo cabezón)	Ariidae	X	X
<i>Eugerres plumieri</i> (Mojarra)	Gerreidae	X	X
<i>Micropogonias furnieri</i> (Coroncoro)	Sciaenidae	X	X
<i>Bairdiella ronchus</i> (Carrura)	“	X	X
<i>Strongylura marina</i> (Chonga)	Belonidae	X	X
<i>Chaetodipterus faber</i> (Palometa)	Ephippidae		X
<i>Elops saurus</i> (Macabí)	Elopidae		X
<i>Sphoeroides</i> sp. (Sapo)	Tetraodontidae		X
<i>Achirus lineatus</i> (Lenguado)	Soleidae		X
<i>Dasyatis</i> sp. (Raya)	Dasyatidae		X

La mayoría de variables medidas en el primer evento mostraron valores que se encuentran dentro de los comúnmente observados para estas aguas (tabla 2). Se destacan las concentraciones de clorofila a, por ser más elevadas que las normalmente observadas, indicando ésto una alta concentración de fitoplancton. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en el análisis de la composición del fitoplancton de dos muestras de agua tomadas en Caño Grande (tabla 3). El conteo de algas durante el primer evento fué semi-cuantitativo, pero permitió determinar que Cf. *Anabaenopsis* sp. (figura 2), una cianofita filamentosa, fue la forma predominante.

Tabla 2. Valores de algunas variables medidas en la columna de agua del complejo lagunar Ciénaga Grande de Santa Marta.

LUGAR	Fecha	Hora	Temperatura (°C)	Salinidad	pH	Clorofila a (μ/l)	Fuente
Boca Caño Grande en Cga de Pajaral	06/29/87	11:40	33.2	21.3	—	45.4	Hernández,1988
	06/18/88	11:07	33.4	26.1	—	40.6	Hernández,1988
	06/26/89	11:30	30.8	22.8	7.53	69.4	Base datos INVEMAR (sin publicar)
	06/22/90	10:37	32.8	26.1	7.94	17.1	Base datos INVEMAR (sin publicar)
	06/22/94	10:00	31.3	28.4	8.70	94.5	Este trabajo
Buenavista (zona occidental)	06/22/94	11:20	32.0	37.2	8.68	59.6	Este trabajo
Boca Caño Grande en CGSM	06/29/87	11:40	31.0	22.0	—	50.0	Hernández,1988
	06/18/88	11:00	33.5	22.1	—	48.6	Hernández,1988
	06/26/89	10:50	30.0	22.5	7.49	33.8	Base datos INVEMAR (sin publicar)
	06/22/90	10:30	33.0	24.7	7.72	11.7	Base datos INVEMAR (sin publicar)
	06/22/94	11:35	30.1	27.0	8.72	87.1	Este trabajo
CGSM, al norte de Caño Grande	06/29/87	10:50	30.8	19.9	—	48.1	Hernández,1988
	06/26/89	10:35	23.3	30.0	7.64	28.5	Base datos INVEMAR (sin publicar)
	06/04/90	13:25	28.1	32.5	—	7.7	Base datos INVEMAR (sin publicar)
	06/22/94	11:51	31.3	23.8	8.28	103.7	Este trabajo

En la tabla 4 se presentan las concentraciones de fitopigmentos (clorofilas a, b y c), índice de pigmentos, fósforo total, ortofosfatos, transparencia, salinidad y temperatura durante un ciclo diario (agosto 30-31/94) para las dos estaciones de muestreo. Se destacan los valores de fósforo tanto inorgánico como total, por ser muy altos, superando tres veces los valores normalmente obtenidos en períodos

Tabla 3. Concentración (# filamentos/l) de diferentes taxa de fitoplancton en Caño Grande, complejo lagunar Ciénaga Grande de Santa Marta.

TAXA	junio 18/94	julio 22/94
<i>Cf. Anabaenopsis</i> sp.	ca. 15 millones	ca. 6.5 millones
<i>Cyclotella glomerata</i>	< 50 células	< 50 células
<i>Nitzschia closterium</i>	< 50 células	< 50 células
otros	< 50 células	< 50 células

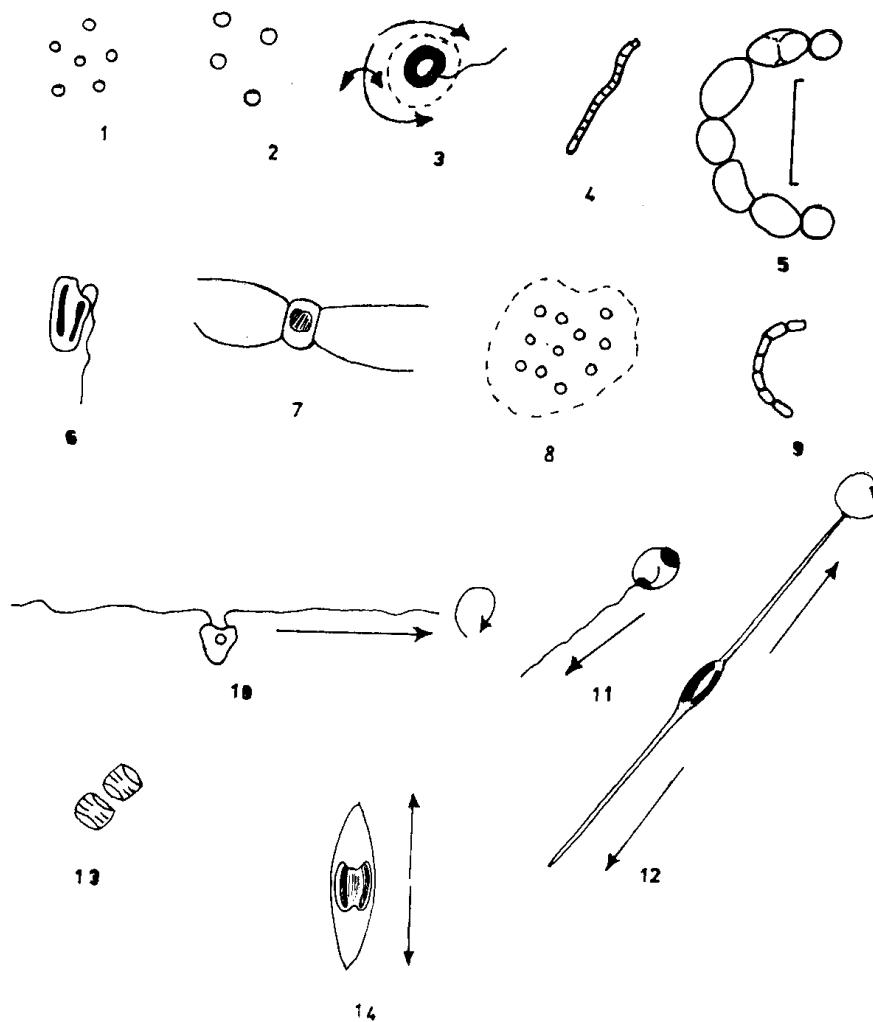


Figura 2. Iconos correspondientes a las formas de fitoplancton listadas en la tabla 6. Las flechas indican la dirección del movimiento observado. La escala en el ícono 5 equivale a 10 μm .

Tabla 4. Parámetros físico-químicos y biológicos medidos en un ciclo diario (30-31 agosto/94) en Caño Grande (a) y El Morro (b).
 S=salinidad; T=tempertura en grados centígrados; Secchi en m; PL=penetración de luz en %; PO₄=μmol/l; PT=Fosforo total en μmol/l; Cl=Clorofila en μg/L; índice=índice de pigmentos rojos/verdes. ND = No Detectable.

	Hora	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	20:00	21:00	23:00	24:00	2:00	3:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00
Estación		a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
S 0 m	35.9	43.5	36.4	43.9	29.8	44.1	30.0	44.0	29.7	44.0	30.4	44.3	31.0	44.3	29.5	44.9	28.8	44.7	28.4	44.7	44.5
T 0 m	32.1	33.6	32.4	31.7	32.3	30.7	31.7	30.3	30.4	30.2	30.7	28.8	29.8	28.2	30.2	28.7	29.5	28.3	30.0	30.0	30.2
S 0.6 m	44.8	43.9	44.1	44.0	44.1	44.0	44.2	44.2	44.0	44.2	44.3	44.3	44.3	44.3	44.9	44.9	44.7	44.7	44.7	44.5	44.5
T 0.6 m	31.2	31.7	31.7	31.3	30.3	30.3	30.3	30.3	30.3	29.7	28.9	28.9	28.3	28.3	28.3	28.3	28.7	28.7	28.7	28.7	30.3
S 2 m	36.9	37.5	30.1	30.1	30.3	30.3	31.3	31.3	31.3	35.2	35.2	35.2	35.2	35.2	36.3	36.3	36.3	36.3	36.3	36.3	28.8
T 2 m	31.3	31.9	32.5	32.5	32.0	32.0	31.2	31.2	31.2	31.4	31.4	31.4	31.4	31.4	31.0	31.0	31.1	31.1	30.4	30.4	30.6
S 4 m	38.5	39.0	30.3	30.3	34.5	34.5	35.0	35.0	35.0	36.1	36.1	36.1	36.1	36.1	37.0	37.0	37.6	37.6	29.2	29.2	31.6
T 4 m	31.3	31.6	32.3	32.3	31.7	31.7	31.7	31.7	31.7	31.3	31.3	31.3	31.3	31.3	31.0	31.0	30.5	30.5	30.5	30.5	30.8
S 6 m	40.0	39.0	36.7	36.7	38.4	38.4	38.2	38.2	38.2	37.2	37.2	38.3	38.3	38.3	38.0	38.0	38.0	38.0	34.0	34.0	37.3
T 6 m	31.5	31.3	31.7	31.7	31.3	31.3	31.5	31.5	31.5	31.5	31.5	31.5	31.5	31.5	31.0	31.0	30.6	30.6	30.3	30.3	31.0
Secchi	0.25	0.15	0.25	0.12	0.30	0.15	—	—	—	—	—	—	—	—	0.15	—	0.15	0.15	0.15	0.15	—
PL	4	25	4	20	5	25	—	—	—	—	—	—	—	—	25	—	25	4	25	5	—
PO 4	3.26	4.40	3.05	4.49	3.43	4.11	3.64	4.23	3.77	4.15	3.13	4.45	3.60	4.87	3.90	5.55	4.57	4.02	4.11	4.11	5.25
PT	56.72	62.0	56.26	47.81	53.75	52.83	51.46	48.04	61.51	50.32	47.81	50.10	49.64	52.83	51.69	55.35	44.84	48.04	50.32	49.87	49.87
Cl. a	104.3	111.1	102.6	122.7	126.7	106.1	109.8	101.2	117.0	104.0	107.8	108.4	110.3	94.5	94.5	112.3	105.8	116.1	108.9	136.9	136.9
Cl. b	51.6	48.4	48.5	52.8	59.7	39.5	42.9	42.7	52.0	37.7	54.5	56.4	52.3	29.1	36.7	40.7	46.2	60.3	50.9	71.2	71.2
Cl. c	ND																				
Indice	3.8	4.1	3.9	4.0	3.3	4.3	3.7	4.4	3.6	4.1	3.6	4.0	3.6	4.7	3.9	4.1	3.4	4.0	3.6	3.7	3.7

diferentes para los mismos sitios (Base de datos INVEMAR, sin publicar). Estos valores altos de fósforo parecen coincidir con la gran abundancia fitoplanctónica, que por su tamaño corresponde a las fracciones del pico y nanoplankton principalmente (tablas 5 y 6). Las observaciones al microscopio y los análisis de los fitopigmentos clorofilas b y c e índice de pigmentos muestran que las formas predominantes de microalgas correspondieron a cianoficeas (tablas 4 y 6). Así mismo, los valores obtenidos para clorofila a, resultaron ser muy elevados (95 a 137 µg/l), comparados con los normalmente observados para los mismos sitios (11 a 71 µg/l, Base de datos de INVEMAR, sin publicar). La gran concentración de plancton fue la responsable de los bajos valores de transparencia, que para Caño Grande estuvieron entre 0.25 y 0.30 m, y para el Morro entre 0.12 y 0.15 m.

Tabla 5. Concentraciones de fitoplancton obtenido con botella tipo Ruttner, el día 30 de agosto/94, a las 10:00 horas aprox., para tres estaciones del complejo CGSM.

Estación	Individuos/l	Color del agua
Caño Grande (1m)	690'424.000	Amarillo - Verdoso
Caño Grande (6m)	1'075.457.000	Amarillo - Verdoso
El Morro	861.537.000	Amarillo - Marrón
Caño Aguas Negras	836.940.000	Amarillo - Marrón

Si bien las concentraciones de clorofila y fósforo no mostraron variaciones importantes a lo largo del día en ninguna de las estaciones de muestreo, la concentración de oxígeno disuelto para las estaciones de Caño Grande y El Morro fue muy variable, descendiendo a concentraciones de hipoxia (menores a 2 mg/l) y anoxia (cerca de cero) (figura 3) durante las horas de la noche y la madrugada.

En la estación del Morro, los valores de oxígeno disminuyeron drásticamente a valores inferiores a 2 mg/l, en ambos niveles de profundidad, entre las 18:00 y 21:00 horas, permaneciendo la concentración de oxígeno por debajo de 1 mg/l entre las 24:00 y las 10:00 del día siguiente, e incrementándose luego a valores superiores a 3 mg/l hacia el mediodía. Estos resultados muestran que los valores de hipoxia-anoxia se prolongaron durante 13 horas.

En la estación de Caño Grande los valores de oxígeno se incrementaron para todas las profundidades entre las 13:00 y las 17:00 horas, disminuyendo luego fuertemente, principalmente a 4 y 6 m de profundidad, entre las 17:00 y 23:00 horas a concentraciones por debajo de 1 mg/l; más tarde, a las 02:00 horas toda la columna de agua presentó dicha situación, la cual se prolongó por lo menos hasta las 11:00 horas del día siguiente en las profundidades de 4 y 6 m, siendo

Tabla 6. Composición del fitoplancton capturado con botella tipo Ruttner, en agosto 30/94. Los valores corresponden a porcentaje de predominancia en la muestra.

#	Forma	Tamaño μm	Grupo	C. Grande 1 m	C. Grande 6 m	C. Aguas Negras	El Morro
1	Cocoide	1.25	Cianofita	77	54.5	79.3	31
2	Cocoide	2.5	Cianofita	7.7	31.3	1.6	32.3
3	Criptophyta	4-5	Criptophyta	3.4	8.7	14	8.2
4	Filamentosa	1.25	Cianofita	9.4	3.3	1.9	2.7
5	Cf. <i>Anabaenopsis</i>	3-4	Cianofita	0.7	0.3	-	-
6	Rodomonas	6	Criptophyta	0.3	-	-	0.7
7	<i>Chaetoceros</i>	4	Diatomea céntrica	0.3	0.3	1.3	-
8	Cocoide colonia	-	Cianofita	0.1	-	-	0.3
9	Filamentosa curvada	1	Cianofita	0.6	0.8	-	-
10	Flagelada forma de corazón	3	Clorofita ?	-	0.3	1.6	1
11	Flagelada con estigma	6	?	-	0.3	0.3	22.8
12	<i>Nitzschia closterium</i>	-	Diatomea pennada	-	0.3	-	-
13	Diatomea	-	Diatomea céntrica	-	-	-	0.7
14	Naviculoide	6	Diatomea pennada	-	-	-	0.3

ligeramente superior a la profundidad de 2 m y de 2.6 mg/l en superficie.

DISCUSION

Aunque la magnitud del fenómeno no pudo ser cuantificada, la presencia confirmada (por varias fuentes de pescadores y personal del INVEMAR) de peces muertos durante tres eventos diferentes en un período de 45 días, permite presumir que se trata de uno de los fenómenos de éste tipo más grande de los últimos años.

Al parecer el fenómeno es multicausal. El primer evento estuvo directamente asociado con el florecimiento de la microalga Cf. *Anabaenopsis* sp., una cianofita ó alga azul-verdosa, cuyos filamentos miden 3.5 μm de diámetro, y la cual ha sido

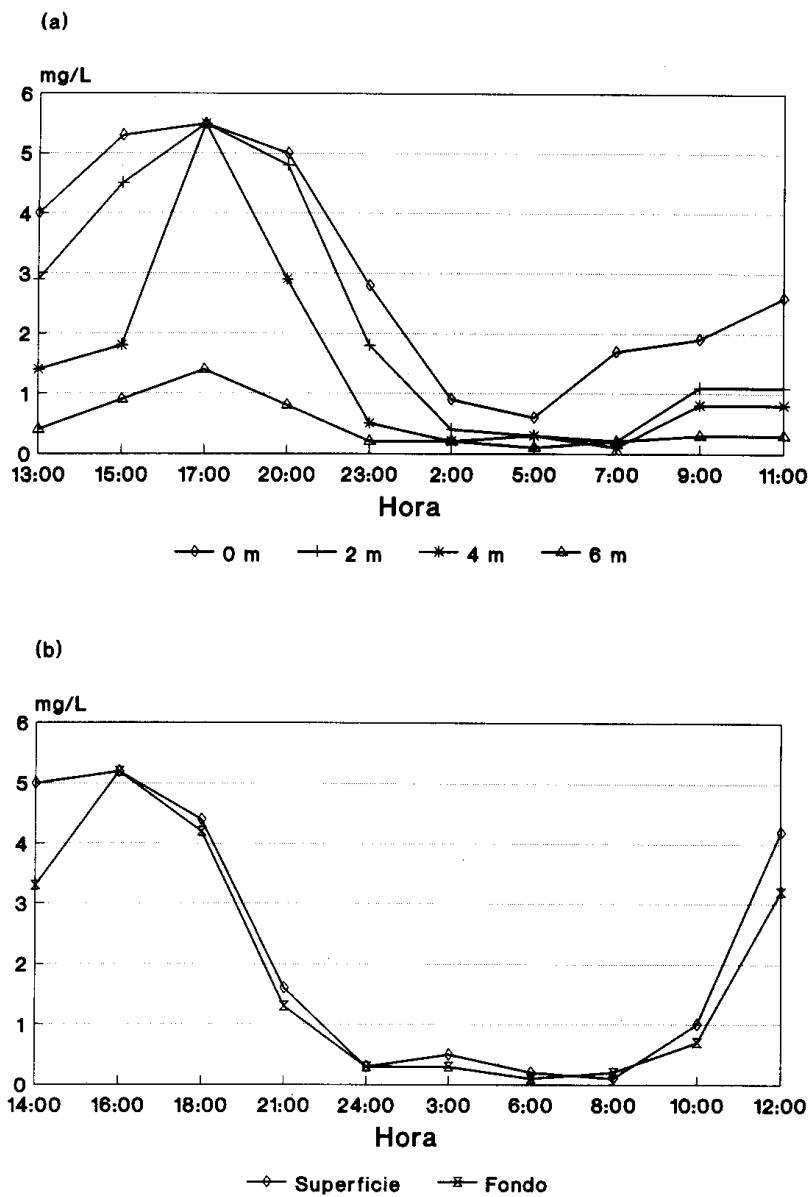


Figura 3. Curvas de oxígeno disuelto obtenidas en agosto 30-31/94 en Caño Grande (a) y El Morro (b). Para aguas de igual densidad, los valores de saturación de oxígeno están entre 5.3 y 5.9 mg/l para (a) y entre 5.0 y 5.5 mg/l para (b).

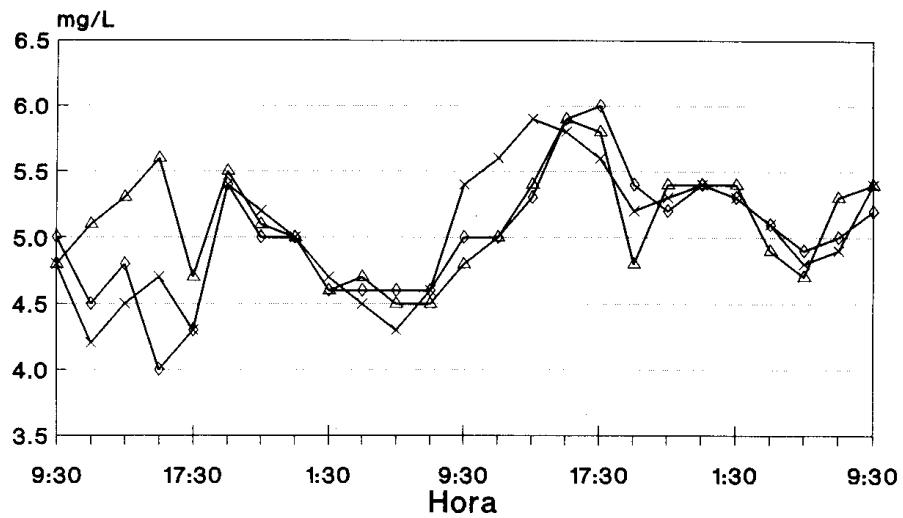
registrada, con el nombre de *Nostoc commune*, como altamente tóxica (Bula, 1985). Según algunos autores el incremento relativo de un determinado elemento puede determinar un florecimiento microalgal (Ryther y Dunstan, 1971; Cloern, 1982;

Margalef, 1983). Para el caso de las cianofitas, incrementos de fósforo, al parecer, favorecen su crecimiento (Howarth *et al.*, 1988; Cuker *et al.*, 1990; Konoen, 1992 en Nehring, 1993). De otra parte, en sistemas lagunares costeros, el fósforo en formas solubles, es principalmente liberado de los sedimentos cuando estos están en condiciones anaeróbicas (Day *et al.*, 1989; Nixon, 1982). En presencia de oxígeno, el fósforo permanece de manera insoluble en los sedimentos, asociado a un complejo de fósforo y hierro (P-Fe (III)), pudiendo ser reducido luego, en ausencia de oxígeno, a la forma ferrosa la cual es soluble (Reid y Wood, 1976). En períodos de calma debido a la ausencia prolongada de vientos y ante condiciones de estratificación salina de la columna de agua, como la observada en el Complejo Pajarales (tabla 4), es de esperar consumo de oxígeno hasta condiciones de hipoxia o anoxia. Si la calma se presenta durante la noche, la anoxia será mayor, como consecuencia de la carencia de producción de oxígeno al verse interrumpido el proceso fotosintético. Con el crecimiento de la biomasa fitoplanctónica, es de esperar aumento de oxígeno disuelto en el agua durante el día, pero elevado consumo del mismo durante la noche, lo cual se pudo comprobar mediante las curvas diarias de oxígeno disuelto (figura 3). Aunque las condiciones de vientos se reestablezcan, el proceso respiratorio de una gran cantidad de organismos, puede durante la noche, conducir a condiciones de hipoxia y anoxia. En condiciones normales, la concentración de oxígeno disuelto puede bajar durante la noche; sin embargo, los valores permanecen por arriba de 3 mg/l, como lo muestran las curvas de oxígeno (figura 4), durante ciclos de 48 horas en el centro de la CGSM (Mancera y Botero, 1990, datos no publicados). En este caso no se presentan niveles de hipoxia debido a la acción de los vientos, los cuales mantienen oxigenada y mezclada la columna de agua, aún cuando la cantidad de organismos sea relativamente grande (no tanto como en una discoloración) y por lo tanto el consumo de oxígeno durante la noche también lo sea.

Aumentos en las concentraciones de fósforo también se pueden producir con el aporte de nutrientes por escorrentía (Nichols *et al.*, 1986; Valiela *et al.*, 1992); en este caso, los nutrientes pueden ingresar al Complejo Pajarales por caños, y como producto del lavado de pantanos de manglar, con poca vegetación o sin ella. La entrada de nutrientes favorece el florecimiento de cianofitas, que a la larga son las posibles responsables del fenómeno de mortandad de peces. Fenómenos de este tipo se han presentado antes en el sistema, generalmente durante las dos épocas lluviosas que se presentan cada año en la región (mayo - junio y septiembre - noviembre).

La fertilización de las aguas, bien por liberación de nutrientes del sedimento, bien por aporte de otros sistemas, permite el florecimiento de especies fitoplanctónicas, principalmente de tamaño reducido (menor de 10 m), las cuales presentan altas tasas de renovación (Margalef, 1986). Estas algas pueden ser tóxicas

(a)



(b)

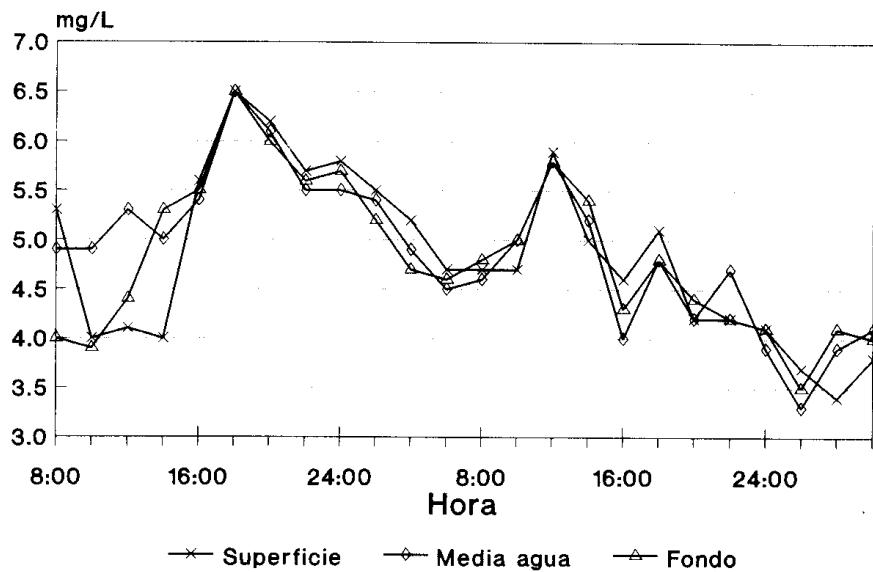


Figura 4. Variación de la concentración de oxígeno disuelto durante un ciclo de 48 horas. Valores obtenidos mediante sonda WTW en el centro de la CGSM en junio 14 -16/90 (a) y en octubre 9 - 11/90 (b).

como en el caso de Cf. *Anabaenopsis* sp., o pueden no serlo. En el primer caso, organismos como peces pueden morir al ingerirlos. En ambos casos la probabilidad de generar hipoxias es muy grande, especialmente durante la noche, cuando el

proceso fotosintético cesa y solamente hay consumo de oxígeno por respiración. Esta hipótesis ha sido comprobada por los niveles de oxígeno encontrados, y por la observación de peces moribundos en horas de la madrugada. El efecto de falta de oxígeno puede ser aumentado si hay obstrucción branquial por parte de la biomasa fitoplanctónica, situación que pudo suceder, pues en la autopsia practicada a varios individuos de *C. spixi*, se observó gran cantidad de cianoficeas adheridas a las branquias. En la medida en que se agotan los nutrientes disponibles, la población fitoplanctónica del florecimiento empieza a morir, constituyéndose la biomasa muerta en objeto de descomposición, proceso que demanda consumo de oxígeno, explicando los valores bajos de oxígeno, aún durante el día (figura 3).

CONCLUSIONES

La fertilización adicional en un sistema eutroficado como la CGSM (Hernández y Gocke, 1989), condiciona el florecimiento microalgal, el cual puede ser tóxico y/o generar, por diferentes vías, problemas de hipoxia-anoxia en la columna de agua y mortandad de organismos aerobios obligatorios. Aunque las observaciones y mediciones realizadas apoyan en gran medida las hipótesis planteadas, no se descartan otras causas de mortalidad como la liberación de gases tóxicos (H_2S y CH_4) desde los sedimentos anóxicos, y anoxia debida a actividad bacteriana.

El problema de mortandad masiva de peces en CGSM es un fenómeno recurrente, al parecer incrementado por la situación de deterioro del sistema; por lo tanto, no existe solución a corto plazo. La situación tiende a agravarse si se considera que el fenómeno actual afectó gran cantidad de peces claves en la trama trófica (engraúlidos), los cuales transfieren energía desde los productores primarios a los carnívoros (Cervigón, 1980; Santos-Martínez, 1989; Duque, 1993; Santos-Martínez y Arboleda, 1993), y que en el futuro cercano pueden ocurrir más eventos.

Esta situación demanda afanosamente el proceso de recuperación, reabriendo los flujos de agua Río Magdalena - CGSM - Mar Caribe. Aunque en principio, podría esperarse un impacto similar de mortandad de peces, es posible que a largo plazo el sistema se recupere, disminuyendo sus niveles de eutroficación y mejorando la calidad de los productores primarios (plancton, manglar). Es necesario entonces, desarrollar un monitoreo permanente del ecosistema, con especial énfasis en los sitios aledaños a las obras de reapertura de canales de agua dulce provenientes del Río Magdalena, observando curvas diarias de oxígeno, liberación de gases tóxicos, carga de nutrientes, desarrollo y composición del plancton, toxicidad de microalgas en peces, así como también, dinámica de vientos y lluvias.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a COLCIENCIAS, al Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives D’Andreis” INVEMAR y al proyecto de Cooperación Técnica Colombo-Alemán “Rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta”, PRO-CIENAGA, por el apoyo financiero. Al Ing. Efraín Viloria, al Lic. Walberto Troncoso y la M.Sc. Adriana Santos-Martínez integrantes del programa de investigación en Lagunas Costeras del INVEMAR, por su trabajo de campo y laboratorio. A la Dra. Leonor Botero por la revisión del abstract. Así mismo a los habitantes de los pueblos de Buenavista y Nueva Venecia por su valiosa información.

BIBLIOGRAFIA

- APHA. 1975. Standard methods for examination of water and waste water, 14th ed. APHA, AWWA, WPCF, Washington, D.C., USA, 1193 p.
- Botero, J. E. y L. Botero. 1989. Problemática del sistema Ciénaga Grande de Santa Marta, Delta Exterior del Río Magdalena. En: Colombia y el agua: tres aspectos. Bogotá. Fescol 5:11-28.
- Bula, G. 1985. Florecimientos nocivos de algas verde-azules en dos lagunas del departamento del Magdalena. Ingen. Pesq., 5 (1,2):89-99.
- Cervigón, F. 1980. Ictiología Marina. Vol. I. Ed. Arte, Caracas, 358 p.
- Cloern, J.E. 1982. Does the benthos control phytoplankton biomass in south San Francisco Bay? Mar. Ecol. Prog. Ser. 9:191-202.
- Cuker, B.E.; P.T. Gama y J.M. Burkholder. 1990. Type of suspended clay influences lake productivity and phytoplankton community response to phosphorus loading. Limnol.Oceanogr, 35 (4):830-839.
- Day, J.; C.Hall; M.Kemp y A.Yáñez-Arancibia. 1989. Estuarine Ecology. John Wiley & Sons, Inc. New York, USA, 558 p.
- Duque, G. 1993. Ecología trófica y aspectos reproductivos de las especies del género *Oligoplites* (Pisces: Carangidae) de la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano. Tesis Biol. Mar., Univ. Valle, Cali, 100 p.
- Grasshoff, K.; M. Ehrhardt y K. Kremling (Eds). 1983. Methods of seawater analysis.Verlag Chemie, Weinheim, Alemania, 142 p.
- Hernández, C.A. 1988. Características físicas, químicas y biológicas de la Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. Inf. Proy., II parte, INVEMAR, Santa Marta, 73 p.
- _____ y K. Gocke.1988. Productividad primaria en la Ciénaga Grande de Santa Marta,Colombia. An. Inst. Invest. Mar. Punta Betín. 19-20:101-119.
- Howarth, R.W.; R.Marino y J.J. Cole. 1988. Nitrogen fixation in fresh water, estuarine and marine ecosystems. 2. Biogeochemical controls. Limnol. Oceanogr., 33:688-701.
- Lorenzen, C.J. 1967. Determination of chlorophyll and pheopigments:spectrophotometric equations. Limnol. Oceanogr., 12:343-346.
- Mancera, J.E. y L. Botero. 1993. Estudio Ecológico de la Ciénaga Grande de Santa Marta, Delta Exterior del Río Magdalena. III etapa. Inf. Proy., INVEMAR, Santa Marta, 128 p.
- Margalef, R. 1986. Ecología. Ed. Omega S.A., Barcelona, 951 p.
- _____. 1983. Limnología. Ed. Omega S.A., Barcelona, 1010 p.
- Mercado, J.E. 1971. Inventario preliminar de la fauna y flora de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Proy. Desar. Pesca Marit. Colombia (INDERENA - PNUD - FAO), CIP, Cartagena, 8 p.
- Nehring, S. 1993. Mortality of dogs associated with a mass development of *Nodularia spumigena* (Cyanophyceae) in a brackish lake at the German North Sea coast. J. Plank. Res., 15(7):867-872.

- Nichols, F.H.; J.E. Cloern; S.N. Luoma y D.H. Peterson. 1986. The modification of an estuary. *Science*, 231:567-573.
- Nixon, S.W. 1982. Nutrient dynamics, primary production and fisheries yields of lagoons. *Oceanol. Acta*, 15:357-371.
- Reid, G. K. y R. D. Wood. 1976. Ecology of inland waters and estuaries. D. Van Nostrand. New York, USA, 485 p.
- Ryther, J.H. y W.M. Dunstan. 1971. Nitrogen, phosphorus, and eutrophication in the coastal marine environment. *Science*, 171:1008-1013.
- Santos-Martínez, A. 1989. Estudio biológico y ecológico de la ictiofauna de la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano. Tesis. M.Sc. Biol. Mar., Univ. Nacional de Colombia, Bogotá, 178 p.
- ____ y S. Arboleda. 1993. Aspectos biológicos y ecológicos del Macabí *Elops saurus* Linnaeus (Pisces: Elopidae) en la Ciénaga Grande de Santa Marta y costa adyacente, Caribe colombiano. *An. Inst. Invest. Mar. Punta Betín*, 22:77-96.
- UNESCO. 1985. The international system of units (SI) in oceanography, UNESCO Technical Papers No. 45, IAPSO Pub. Sci. No. 32, Paris, France, 124 p.
- Valiela, I.; K. Foreman; M. LaMontagne; D. Hersen; J. Costa; P. Peckol; B. DeMeo-Anderson D'Avanzo; M. Babione; C. Sham; J. Brawley y K. Lajtha. 1992. Couplings of watersheds and coastal waters: Sources and consequences of nutrient enrichment in Waquoit Bay, Massachusetts. *Estuaries*, 15(4):443-457.
- Vidal, L.A. 1993. Estudio del fitoplancton en el sistema lagunar estuarino tropical Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia, durante el año 1987. Tesis M.Sc. Biol. Mar., Univ. Nacional de Colombia, Bogotá, 208 p + 62 láminas.

DIRECCION DE LOS AUTORES
INVEMAR, Apartado 1016, Santa Marta, Colombia.