

LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA PRESENTE EN UN EVENTO DE
SURGENCIA, FRENTE A LA COSTA DEL DEPARTAMENTO DEL
MAGDALENA, CARIBE COLOMBIANO, AÑO 2006

EDUARDO ANDRÉS TORRES SIERRA

Trabajo de grado para optar al título de Biólogo Marino

Director

ANDRÉS FRANCO-HERRERA

Biólogo Marino

Doctor en Oceanografía

UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ JORGE TADEO LOZANO

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES

PROGRAMA DE BIOLOGÍA MARINA

SANTA MARTA, D.T.C.H.

2007

PAGINA DE ACEPTACIÓN

LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA PRESENTE EN UN EVENTO DE
SURGENCIA, FRENTE A LA COSTA DEL DEPARTAMENTO DEL
MAGDALENA, CARIBE COLOMBIANO, AÑO 2006

EDUARDO ANDRÉS TORRES SIERRA

Trabajo de grado para optar al título de Biólogo Marino

Aprobado por:

Director

JURADO

JURADO

DEDICATORIA

A mis padres Mery Cecilia y Eduardo, por darme todo su amor y apoyarme durante toda mi carrera, sin ellos esto no fuera posible, son una bendición en mi vida.

A mi hermana Pily, por estar siempre en el momento en que la necesito y también por sus regaños finalmente es la hermana mayor.

A mi novia Carolina, su amor ha sido la fuente de motivación para mí en estos momentos. Gracias mi hermosa princesita.

A mi director Andrés, por su paciencia, sus enseñanzas y su sabiduría, si he llegado hasta aquí es por su apoyo, no tengo las palabras para darle las gracias a mi mentor.

A todos mis familiares y amigos, quienes me han apoyado algunos desde la distancia y otros desde aquí.

A Sarita, por acompañarme todo el tiempo durante la realización de mi trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Al Doctor Hernando Valencia Abdala, Director de la Sede de Santa Marta, gracias por su colaboración en el grupo de investigación, en el préstamo de laboratorios y su aporte en las salidas de campo.

Al Doctor Adolfo Sanjuán, Profesor de tiempo completo de la Sede de Santa Marta, por acompañarnos en las salidas de campo, su paciencia y su dirección hicieron que las salidas fueran un éxito.

A mis compañeros de trabajo Damián y Amancay, por su gran apoyo profesional y su compromiso académico, para que este proyecto saliera adelante con excelentes resultados.

A mi equipo de trabajo, Natalia y Laura por las horas de trabajo hombro a hombro en esta investigación para obtener finalmente estos resultados.

A los miembros de la sede de Santa Marta, Charly, Alexi, Nélide y Edgar, por su apoyo y enseñanzas.

A mi amigo Dragón Ball, por su gran apoyo profesional, personal, y en mi formación académica enseñándome no solo ciencia sino también de la vida, muchas gracias por darme su amistad.

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS	2
LISTA DE FIGURAS	3
LISTA DE ANEXOS	5
RESUMEN	6
ABSTRACT	7
1 INTRODUCCIÓN	8
2 MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE	11
3 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	21
4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
5 HIPÓTESIS	22
6 METODOLOGÍA	23
6.1 Área de estudio	23
6.2 Diseño muestral	23
6.3 Componente abiótico	25
6.3.1 Fase de campo	25
6.3.2 Fase de laboratorio	26
6.3.3 Fase de gabinete	26
6.4 Componente biótico – Composición y abundancia fitoplanctónica	28
6.4.1 Fase de campo	28
6.4.2 Fase de laboratorio	28
6.4.3 Fase de gabinete	29
7 RESULTADOS	31
7.1 Componente abiótico	32
7.1.1 Temperatura, pH y Salinidad	32
7.1.2 Oxígeno disuelto y porcentaje de saturación	34

LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA PRESENTE EN UN EVENTO DE SURGENCIA, FRENTE
A LA COSTA DEL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA, CARIBE COLOMBIANO, AÑO 2006

7.1.3	Nutrientes.	36
7.2	Componente biótico	38
7.2.1	Composición fitoplanctónica	38
7.2.2	Densidad celular.	42
7.2.3	Índices ecológicos.	47
7.2.4	Clorofila a, pigmentos fotosintéticos e IAF.....	48
7.2.5	Variables ambientales y la comunidad.	52
8	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	55
8.1	Componente abiótico	55
8.2	Componente biótico.....	59
8.3	Variables ambientales y la comunidad.....	68
9	CONCLUSIONES	70
10	BIBLIOGRAFÍA.....	72
11	ANEXOS.....	85

LISTA DE TABLAS

TABLA		PÁGINA
<u>1</u>	Concentraciones promedio ($x \pm$ error estándar), máximas (máx.) y mínimas (min.) de los nutrientes ($\mu\text{g at l}^{-1}$) determinados durante los muestreos realizados entre Julio - Septiembre del 2006, en la Ensenada de Gaira, Caribe colombiano. Los muestreos 1 y 3 fueron realizados en evento surgencia, los muestreos 2 y 4 en no surgencia. N.D. = No detectables.	37
<u>2</u>	Listado de especies fitoplanctónicas para los muestreos realizados entre Julio y Septiembre del 2006 frente a la Ensenada de Gaira, Caribe colombiano.	41
<u>3</u>	Densidad fitoplanctónica (células/l) en la columna de agua para los muestreos realizados durante la surgencia (S) y no surgencia (NS), dentro de los 0 – 50 m, frente a la Ensenada de Gaira, Caribe colombiano.	42
<u>4</u>	Densidad integrada (células/m ²) en la columna de agua para los muestreos realizados durante la surgencia (S) y no surgencia (NS) entre Julio y Septiembre del 2006, frente a la Ensenada de Gaira, Caribe colombiano.	44
<u>5</u>	Atributos estructurales de la comunidad fitoplanctónica para los muestreos realizados durante la surgencia (S) y no surgencia (NS), frente a la Ensenada de Gaira, Caribe colombiano.	48
<u>6</u>	Análisis BIOENV. Combinación de 6 variables ambientales en grupos de k variables para 48 muestras. Se indica en cada caso las correlaciones más altas (r), la mejor combinación se resalta en negro. pH, Salinidad (UPS), temperatura (T°C), ortofosfatos (HPO_4^-), oxígeno disuelto (O.D) y porcentaje de saturación (%S).	53
<u>7</u>	Rangos de concentración de nutrientes ($\mu\text{g at l}^{-1}$) en las capas superficiales de la Ensenada de Gaira y otros sectores del Departamento del Magdalena, considerando diferentes años y períodos climáticos. n.d.= no determinado.	58
<u>8</u>	Valores máximos (máx.) y mínimos (min.) de diversidad (H') para diferentes focos de surgencia.	65
<u>9</u>	Valores máximos (máx.) y mínimos (min.) de clorofila a (Chl a) para diferentes regiones del mar Caribe y la costa Caribe colombiana. (Tomado y ampliado de Franco – Herrera, 2005).	66
<u>10</u>	Valores máximos (máx.) y mínimos (min.) de clorofila a (Chl a) para diferentes focos de surgencia.	67

LISTA DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
<u>1</u>	Ubicación de la estación de muestreo (punto fijo-estrella) en la Ensenada de Gaira, mar Caribe colombiano (Tomado de Franco-Herrera, 2005).	24
<u>2</u>	Campos de velocidad y dirección de vientos locales en la Ensenada de Gaira, Caribe colombiano, para los cuatro muestreos realizados entre los meses de Julio y Septiembre de 2006. a. 26-07-2006. b. 01-08-2006. c. 15-08-2006. d. 26-09-2006. Ensenada de Gaira en el Caribe centro colombiano.	31
<u>3</u>	Variación vertical de la temperatura en época de surgencia (rojo) y no surgencia (azul), para los muestreos realizados entre Julio y Septiembre del 2006, en la Ensenada de Gaira, Caribe colombiano	32
<u>4</u>	Variación vertical del pH en época de surgencia (a) y no surgencia (b), para los muestreos realizados entre Julio y Septiembre del 2006, en la Ensenada de Gaira, Caribe colombiano.	33
<u>5</u>	Variación vertical de la salinidad en UPS, en época de surgencia (a) y no surgencia (b), para los muestreos realizados entre Julio y Septiembre del 2006, en la Ensenada de Gaira, Caribe colombiano.	34
<u>6</u>	Variación vertical de la concentración del oxígeno disuelto en época de surgencia (a) y no surgencia (b), durante los muestreos realizados entre los meses de Julio – Septiembre del 2006, en la Ensenada de Gaira, Caribe colombiano.	35
<u>7</u>	Variación vertical del porcentaje de saturación oxígeno en época de surgencia (a) y no surgencia (b), durante los muestreos realizados entre los meses de Julio – Septiembre del 2006, en la Ensenada de Gaira, Caribe colombiano.	36
<u>8</u>	Porcentaje de abundancia relativa del fitoplancton durante los muestreos realizados en surgencia (M1 y M3) y no surgencia (M2 y M4) efectuados entre Julio a Septiembre de 2006 en la Ensenada de Gaira, Caribe colombiano.	38
<u>9</u>	Análisis de clasificación de Jaccard para la comunidad fitoplanctónica para los muestreos realizados durante la surgencia (S) y no surgencia (NS), dentro de los 0 – 50 m, frente a la Ensenada de Gaira, Caribe colombiano.	40
<u>10</u>	Dendrograma de clasificación aplicando el índice de similaridad de Bray – Curtis, para las muestras de fitoplancton obtenidas durante la época de surgencia (S) y no surgencia (NS), dentro de los 0 a 50 m, frente a la Ensenada de Gaira, Caribe colombiano. Las líneas verticales señalan los grupos formados (A, B, C, y D).	46
<u>11</u>	Dendrograma de clasificación aplicando el índice de similaridad de Bray – Curtis para muestras de fitoplancton obtenidas durante eventos de surgencia (S) y no surgencia	47

	(NS), teniendo en cuenta la densidad específica del fitoplancton, integrada en la columna de agua	
<u>12</u>	Variación vertical de las concentraciones de la clorofila <i>a</i> (Chl <i>a</i> mg/m ³), en época de surgencia (a) y no surgencia (b), para los muestreos realizados entre Julio y Septiembre del 2006, en la Ensenada de Gaira.	49
<u>13</u>	Variación vertical del índice de actividad fotosintética IAF ₁ con respecto a los feopigmentos durante la época de surgencia (a) y no surgencia (b) para los muestreos realizados entre los meses de Julio – Septiembre del 2006.	51
<u>14</u>	Variación vertical del índice de actividad fotosintética IAF ₂ con respecto a los carotenoides durante la época de surgencia (a) y no surgencia (b), para los muestreos realizados entre Julio y Septiembre del 2006.	52
<u>15</u>	Escalamiento multidimensional no métrico NMDS, mostrando la distribución con respecto a la temperatura (a), salinidad (b) y ortofosfatos (c) que obtuvieron el coeficiente de correlación más alto en el BIOENV, durante la época de surgencia (S) y no surgencia (NS), para los muestreos realizados entre Julio y Septiembre del 2006, frente a la Ensenada de Gaira, Caribe colombiano.	54

LISTA DE ANEXOS

ANEXO		PÁGINA
<u>A</u>	Organismos identificados en 40X, durante la época de surgencia y no surgencia, para los muestreos realizados entre Julio y Septiembre del 2006 en la Ensenada de Gaira, Caribe colombiano. A) <i>Skeletonema costatum</i> . B) <i>Chaetoceros distans</i> . C) <i>Rhizosolenia</i> spp. D) <i>Pleurosigma</i> spp. E) <i>Diploneis</i> sp. F) <i>Guinardia flaccida</i> G) <i>Pleurosigma</i> spp. H) <i>Thalassionema</i> sp. I) <i>Thalassiosira</i> sp. J) <i>Pseudosolenia calcar-avis</i> . K) <i>Odontella mobiliensis</i> . L) <i>Chaetoceros diversus</i> . M) <i>Ceratium</i> sp. N) <i>Chaetoceros constrictus</i> . O) <i>Pseudonitzschia pungens</i> . P) <i>Pseudosolenia calcar-avis</i> . Q) <i>Guinardia flaccida</i> . R) <i>Ceratium massiliense</i> . S) <i>Guinardia striata</i> . T) <i>Climacosphenia moniligera</i> . U) <i>Ceratium tenue</i> . V) <i>Hemiaulus hauckii</i> .	87
<u>B</u>	Matriz de variables fisicoquímicas durante la época de surgencia (S) y no surgencia (NS), dentro de los 0 a 50 m, para los muestreos realizados entre Julio y Septiembre del 2006 frente a la Ensenada de Gaira, Caribe colombiano.	88
<u>C</u>	Abundancia relativa en los arrastres horizontales (H) y verticales (V) durante la época de surgencia (S) y no surgencia (NS), para los muestreos realizados entre Julio y Septiembre del 2006 frente a la Ensenada de Gaira, Caribe colombiano.	90
<u>D</u>	Matrix de densidad celular (células/l) durante la época de surgencia (S) y no surgencia (NS), dentro de los 0 a 50 m, para los muestreos realizados entre Julio y Septiembre del 2006 frente a la Ensenada de Gaira, Caribe colombiano.	94

RESUMEN

Entre Julio y Septiembre del 2006, se estudió la comunidad fitoplanctónica presente en un evento de surgencia comparándola frente a condiciones de no surgencia, en la Ensenada de Gaira, Departamento del Magdalena, Caribe colombiano, mediante el análisis de las variables fisicoquímicas y la identificación y cuantificación de células; se evidenció que durante la época de surgencia los valores de salinidad fueron altos, mientras que el oxígeno disuelto y la temperatura del agua fueron bajos; el pH fue estable durante todo el periodo de estudio y las concentraciones de nutrientes fueron bajas con respecto a lo reportado por otros autores en las fuertes surgencias tal como se aprecia en Chile – Perú, California y África. A nivel biológico, se identificaron 100 especies en total, de las cuales 75 fueron diatomeas, 21 dinoflagelados, 1 cianófito y 3 clorófitas. En términos de riqueza y composición específica no hubo diferencias marcadas entre los dos eventos, las especies más comunes tanto en su distribución vertical como horizontal fueron *Skeletonema costatum*, *Thalassionema nitzschooides* y *Chaetoceros distans*. Las mayores densidades celulares se presentaron en condiciones de no surgencia con 7.044 cel/l en cambio para surgencia las densidades oscilaron entre 344 y 2.953 cel/l. La especie que presentó la abundancia específica más alta fue *Skeletonema costatum* para los dos eventos y en términos de diversidad se presentaron valores similares a los reportados en las fuertes surgencias entre 2,0 – 3,0, producto de una alta riqueza y no a la variación de las abundancias. Las concentraciones de clorofila *a* fueron bajas, mostrando las concentraciones más altas en la capa superficial durante la surgencia con valores superiores a 2,00 mg/m³. Los índices de actividad fotosintética mostraron valores por debajo de 2,00 indicando un buen estado fisiológico de la comunidad.

Palabras claves: Surgencia, comunidad fitoplanctónica, clorofila *a*.

ABSTRACT

Between July and September 2006, the phytoplankton community present in the upwelling and non-upwelling event was studied in the Gaira inlet, Magdalena Department, colombian Caribbean. Quantitative and qualitative phytoplankton analysis and physicochemical variables along the water column were carried out. Along upwelling events, high salinity and low dissolved oxygen and temperature were detected. pH was neutral throughout the study period with low nutrient concentrations compared by other authors in the strong upwelling like Chile-Peru, California and Africa. 100 phytoplankton species were identified, including 75 diatoms, 21 dinoflagellates, 1 cyanophyta and 3 chlorophyta. No clear differences at richness and specific composition were detected along the two events, the most common species along the water column were *Skeletonema costatum*, *Thalassionema nitzschoides* and *Chaetoceros distans*. The higher cell densities appeared at non-upwelling conditions with 7044 cell/l, however at upwelling events, density oscillated between 344 and 2.953 cell/l. At both events, *Skeletonema costatum* showed the highest specific abundance. Similar diversity values with another strong upwellings were reported fluctuating between 2,0 – 3,0, because of the high specific richness. The chlorophyll *a* concentrations were low, showing the highest concentrations in the surface layer during the upwelling with values close to 2,00 mg/m³. A good physiological state of the phytoplankton community was detected with photosynthetic activity index below 2,00.

Key words: Upwelling, phytoplankton community, chlorophyll *a*.

1 INTRODUCCIÓN

Las surgencias son afloramientos de aguas subsuperficiales que son llevadas hasta la superficie y removidas desde el área de transporte por el flujo horizontal, produciendo aportes ricos de nutrientes y de materia orgánica, además de fertilizar las capas superiores de la columna de agua y favorecer las comunidades biológicas (Bula-Meyer, 1990). Este evento puede ocurrir en cualquier parte del océano, pero los más destacados se manifiestan a lo largo de las costas occidentales de los continentes, en esas áreas se producen importantes centros de surgencia costera generados por la dirección dominante del viento, la orientación de la costa y el efecto de la rotación de la Tierra como se aprecia frente a California, Perú, Chile, Islas Canarias y Suráfrica, donde se soporta una alta explotación pesquera (Barnes y Hughes, 1988; Lalli y Parsons, 1993).

El conocimiento de las condiciones meteorológicas y oceanográficas que influyen en la dinámica de la red trófica marina en las zonas costeras afectadas por la surgencia, tiene un marcado interés por ser un ecosistema altamente productivo. Esto es debido a que el afloramiento de aguas subsuperficiales producen un aporte de nutrientes que fertilizan las aguas superficiales y favorecen el desarrollo del fitoplancton, el cual constituye la principal fuente de materia y energía de la red trófica marina, fortaleciendo además las comunidades que dependen de este primer eslabón.

El Departamento del Magdalena, que hace parte del sector central de la costa Caribe colombiana, presenta una franja costera amplia, distinguiéndose diferentes ecosistemas que son afectados por la surgencia costera modulada por la acción de los vientos Alisios del noreste que desplazan de norte a sur la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), y producen campos de vientos paralelos o perpendiculares a la línea de costa,

que favorecen estos eventos de afloramiento, siendo significativos especialmente entre Punta Gallinas (Guajira) y Puerto Colombia (Atlántico) (Bula-Meyer, 1990; Andrade y Barton, 2005). Este evento provoca cambios en las variables fisicoquímicas del agua ostentando baja o nula estabilidad, bajas temperaturas y salinidades altas, además desde el punto de vista químico, los niveles de nutrientes inorgánicos transportados verticalmente por la capa fótica son relativamente bajos, contrario a lo esperado y diferenciándose de las surgencias fuertes del océano. Al parecer, esto estaría dado a que las aguas de afloramiento tienen su origen en Aguas Intermedias del Atlántico Norte (Ramírez, 1983), que se caracterizan por presentar bajas concentraciones de compuestos inorgánicos, producto del patrón global de circulación termohalina del océano, cuyas aguas en este sector no han acumulado altas concentraciones de nutrientes producto de la remineralización de la materia orgánica en compuestos preformados (Libes, 1992).

Si bien es cierto que la biomasa fitoplanctónica se ve favorecida por los nutrientes nuevos que trae la surgencia, el principal control que tienen las comunidades fitoplanctónicas en estas regiones, proviene del ambiente físico (control "bottom-up"), lo que permite observar un escenario caracterizado por altos niveles de producción primaria, asociado a una disminución en la diversidad específica de la comunidad (Margalef, 1978), pero es claro que para la región del Departamento del Magdalena las concentraciones de clorofila *a* durante la época seca son bajas respecto al período lluvioso, debido a que durante este evento, aunque se aportan nutrientes inorgánicos que favorecen a la comunidad autotrófica marina, no es tan fuerte como sucede durante las lluvias, las cuales aumentan el vertimiento de aguas continentales ricas en compuestos orgánicos a la capa mezcla, generando alimento potencial a la red trófica de la zona costera del lugar (Franco-Herrera, 2005).

Durante un evento de surgencia, es típico encontrar especies de crecimiento rápido (*i.e.* oportunistas), principalmente del microfitoplancton como diatomeas de los géneros *Skeletonema*, *Chaetoceros*, *Bacteriastrum*, *Thalassionema* y *Pseudonitzschia*, principalmente (Franco-Herrera, 2001; Tigreros, 2001). Es factible que especies de menor talla (*i.e.* fracción pico- y nanofitoplancton), puedan también verse incrementadas, sin embargo, por la dificultad de su identificación, especialmente en la resolución óptica, pueden verse subestimadas. Los estudios acerca de las comunidades fitoplanctónicas realizadas en el norte de Colombia (Caicedo, 1975; Vidal y Carbonell, 1977; Vidal, 1995; Duarte, 1996; Ruiz, 1999; Tigreros, 2001 y Campos *et al.*, 2004), son coincidentes en señalar que la dinámica de la comunidad microfitoplanctónica está dominada por el grupo de las diatomeas y en segundo lugar, por el de los dinoflagelados. La ocurrencia de procesos de surgencia por ejemplo, constituye la respuesta al éxito de las diatomeas, ya que estos eventos generan condiciones que favorecen el desarrollo óptimo de este grupo (Santander *et al.*, 2001).

De acuerdo a lo anterior, es evidente la importancia ecológica de esta comunidad, por lo tanto la evaluación de algunos de sus atributos estructurales como composición, abundancia y pigmentos fotosintéticos dentro del ecosistema de surgencia del Departamento del Magdalena, resulta pertinente para entender el rol ecológico del fitoplancton dentro de este evento y así establecer su aporte de materia y/o energía producto del aprovechamiento potencial de nutrientes inorgánicos traídos por las aguas de afloramiento. Esta zona de surgencia a su vez, presenta un conocimiento escaso generado principalmente a partir de información secundaria producto de investigaciones sobre comunidades marinas diferentes al fitoplancton. Esto trae en consecuencia, la ausencia de estudios detallados que destaquen y describan la relación de las condiciones atmosféricas y oceanográficas sobre las comunidades fitoplanctónicas, para conocer su

potencial sustento a las comunidades pelágicas dependientes de la oferta alimenticia que esta ofrece.

Con base en los planteamientos anteriores, se soportó la realización de la presente investigación, cuya finalidad fue evaluar la dinámica de la comunidad fitoplanctónica durante un evento de surgencia, describiendo la relación de las variables meteorológicas y fisicoquímicas ante la estructura de la comunidad y comparando su aporte en términos de carbono orgánico frente a las grandes surgencias permanentes de borde occidental.

El presente Trabajo de grado fue desarrollado dentro del Proyecto *Dinámica física, química y planctónica de la surgencia costera frente al Departamento del Magdalena, Caribe colombiano*, del Programa de Biología Marina de la Facultad de Ciencias Naturales y de la Dirección de Investigaciones de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano y se realizó como requisito para optar al título de Biólogo Marino de la misma Institución.

2 MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

Las surgencias costeras son ecosistemas conocidos por el afloramiento de aguas subsuperficiales, producto de la acción del viento sobre las capas superficiales de la columna de agua y de los patrones de corrientes, cuyo resultado final es un desplazamiento mar afuera de las aguas superficiales, las cuales son reemplazadas por aguas del fondo (Barnes y Hughes, 1988). El origen de las surgencias se relaciona principalmente con la fuerza que ejerce el viento sobre la superficie del mar en zonas cercanas a la costa. Dichos eventos dependen de la combinación de muchos factores entre los que están: la dirección del viento; la forma y orientación de la costa y la geomorfología del fondo sumergido (Torres y Ruiz, 2005).

Se pueden identificar cuatro tipos de surgencias, las cuales son: a) por transporte de Ekman, esta se forma cuando vientos paralelos a línea de costa, desplazan la corriente por la fricción y el efecto de la fuerza relativa de Coriolis 45° mar afuera, en este se incluyen las cuatro principales surgencias a nivel mundial como son California, Chile-Perú, Benguela y Canarias; b) por acción de vientos continentales, debido a la presencia de vientos perpendiculares a la línea de costa, que generan un movimiento de las masas de agua hacia mar afuera, permitiendo igualmente el surgimiento de aguas subsuperficiales; c) por diferencias de densidad, esta se desarrolla al tener cambios de densidad bruscos entre la capa superficial del agua con respecto a la subsuperficial, de tal manera, que al ser más bajas las densidades en estas últimas, hay un ascenso de ellos en busca de un punto de estabilidad en la columna de agua, y d) por divergencia ecuatorial, este se presenta cuando corrientes que corren paralelas a la línea ecuatorial, una en el Hemisferio norte y otra en el sur, divergen por acción del efecto de Coriolis diferencial en cada Hemisferio, creando una especie de vacío que permite el afloramiento de aguas en ese punto (Barnes y Hughes, 1988).

En cualquiera de los escenarios descritos, se provocan cambios fisicoquímicos, expresados en una alta inestabilidad, turbulencia y salinidad de la columna de agua y bajos valores de temperatura y oxígeno disuelto, los niveles de nutrientes inorgánicos transportados verticalmente por la capa fótica son altos, causando un estrés fisiológico sobre el fitoplancton que no logran captar inicialmente los nutrientes que se presentan disueltos en el agua (Ramírez, 1983). Cuando la columna de agua empieza a estabilizarse y a disminuir la turbulencia, favorece a eventos sucesionales en la comunidad fitoplanctónica, siendo el picofitoplancton, el primero que se desarrolla, posteriormente el nanofitoplancton, para que finalmente se presenten picos de microfitoplancton. Un nuevo afloramiento de agua puede reversar esta dinámica y volver a reiniciarse la dinámica de tallas de las diferentes poblaciones fitoplanctónicas (Marañón y Fernández, 1995).

El Caribe colombiano tiene una extensión de costa aproximada de 1.642 Km y el Pacífico colombiano de 2.188 Km, los cuales incluyen no solo playas sino también manglares, desembocaduras de ríos, acantilados, e incluso asentamientos humanos (INVEMAR, 2001). A lo largo de la zona costera se distinguen cuatro focos de surgencia: en el Pacífico norte (Garcés y Medina, 1997), en la Península de la Guajira (Criales - Hernández, 2004), más recientemente en los Bancos de Salmedina, mar adentro al oeste de la Bahía de Cartagena (Orejarena, 2006) y en el Departamento del Magdalena, este último modulado por la acción de los vientos Alisios y los continentales provenientes de la Sierra Nevada de Santa Marta en dirección continente – mar (Bula – Meyer, 1990).

El Departamento del Magdalena está localizado en el centro de la costa Caribe colombiana, presenta tres zonas claramente diferenciadas, la primera influenciada por el río Magdalena, la segunda que hace parte la Ciénaga Grande de Santa Marta y una tercera formada por una serie de playas arenosas, ensenadas y bahías abiertas de playas cortas y rodeadas de sistemas montañosos correspondientes a las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta (Franco-Herrera, 2005). El régimen climático en el Departamento está influenciado por los vientos Alisios del noreste que determinan el período seco y la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) que ocasiona las lluvias que provienen del suroeste; estos factores se alternan cíclicamente a través del año determinando cambios en las productividades y estabilidad de la columna del agua (Criales - Hernández, 2004). Los vientos Alisios provienen de una latitud más alta y de vientos más fríos y densos que la atmósfera local del Caribe colombiano, esto hace que no resulte factible que asciendan y se condensen, de allí que esta inhibición de las lluvias determine el tiempo seco en los meses con la mayor intensidad de los vientos, y en ausencia de ellos, la atmósfera recupera la estratificación y comienza la época lluviosa, durante la cual los vientos locales de origen

convectivo ejercen su acción, soplando en sentido contrario a los Alisios (Márquez, 1982).

La surgencia costera en el Departamento se forma por campos de vientos paralelos o perpendiculares a la línea de costa producidos por los vientos Alisios, esta se manifiesta con cambios significativos en las variables fisicoquímicas similares a las que presentan las surgencias fuertes (Ramírez, 1983), sin embargo, la concentración de los nutrientes inorgánicos, al parecer son relativamente más bajos con respecto a los que ostentan las anteriores y los compuestos derivados del fósforo y nitrógeno evidencian picos de mayor porcentaje en un período influenciado por los vientos del suroeste, iniciando la época lluviosa entre Mayo a Agosto (Ramírez, 1990), viendo la importancia de conocer la fertilización que se produce durante esta época.

Las comunidades fitoplanctónicas son organismos autotróficos, que requieren la luz solar hasta cierto valor de saturación como fuente de energía para realizar la fotosíntesis; para efectuar este proceso fisiológico necesitan o dependen de pigmentos fotosintéticos, utilizando la energía radiante para convertirla en energía química, estos son la clorofila *a* y un plus de accesorios de pigmentos como las clorofilas *b*, *c*, los carotenoides y las ficobilinas, que absorben longitudes de onda entre 400 - 700 nm conocidas como radiación fotosintéticamente activa (Lalli y Parsons, 1993). Además necesitan nutrientes esenciales inorgánicos como fuente de alimento para convertirlo en componente orgánico para ingresarlo a la red trófica, estos están representados en las formas de nitrógeno y fósforo (amonio, nitrógeno, nitrito y ortofosfatos), que se encuentran en el agua en cantidades que exceden sus necesidades, sin embargo estos elementos son asimilados por los organismos de manera tan compleja que se ven reducidos a concentraciones muy mínimas (Libes, 1992).

Las formas del fitoplancton marino son muy variadas, pero en su mayoría son microscópicas y unicelulares. En él predominan dos clases: Diatomeas (Bacillariophyceae) y dinoflagelados (Dinophyceae), caracterizados por presentar organismos unicelulares y uninucleados para los primeros y en el caso de los segundos con formas unicelulares y diflageladas, con una variedad de tamaños semejante para las dos clases que oscila entre 15 μm y 400 μm (Tait, 1988). En el ecosistema de surgencia, se evidencia una fuerte influencia de las diatomeas debido a que el óptimo desarrollo se da generalmente entre los 15 °C a los 30 °C y como grupo prefieren las temperaturas bajas, además se ven favorecidos por el afloramiento que los trae a la capa superficial y el ingreso de nutrientes nuevos, obteniendo tasas metabólicas altas durante el evento (Barnes y Hughes, 1988).

La noción que se tiene para el ecosistema de surgencia en la costa del Departamento del Magdalena en el Caribe colombiano es exigua, puntual y generada de información secundaria; no existe una valoración clara de los procesos sucesionales de las comunidades planctónicas y las descripciones con que se cuenta coinciden con la importancia del afloramiento sobre comunidades macroalgales (e.g. Bula-Meyer, 1977, 1985; Díaz-Pulido y Garzón-Ferreira, 2002), principalmente durante la época seca donde se evidencia este evento oceanográfico en gran escala.

Los trabajos realizados en la comunidad fitoplanctónica para la zona se han matizado por encontrar diferencias en la biomasa fitoplanctónica entre los periodos secos y lluviosos, no se cuenta con información clara de la estructura y dinámica de la comunidad durante la surgencia a lo largo del año, descrito por Bula – Meyer (1977), como un evento de carácter estacional; desde esta perspectiva, se destacan los estudios realizados en el área de la Bahía de Gaira por Campos *et al.* (2004), quienes reportaron concentraciones de clorofila *a* para el período seco entre 0,21 – 2,24 mg/m^3

presentando los valores más altos en profundidades mayores a 15 m, siendo relativamente más bajas a las reportadas por Barragán *et al.* (2003), durante la época de lluvia, donde se obtuvieron las mayores concentraciones en las capas superficiales de agua ($4,38 \text{ mg/m}^3$) y las menores entre los 15 y 42 m de profundidad ($0,10 \text{ mg/m}^3$). A conclusiones similares llegaron Franco – Herrera (2001) y Tigreros (2001), donde la biomasa fitoplanctónica fue mayor para la época climática lluviosa, ostentando valores entre $3,21 \text{ mg/m}^3$ a $135,83 \text{ mg/m}^3$ (resultados obtenidos siguiendo la técnica fluorométrica), con los valores más bajos a profundidades mayores a 30 m, gracias a la fertilización producida por aguas de tipo continental, igualmente resaltan la importancia de las aguas de afloramiento, por el transporte de nutrientes nuevos a la capa de mezcla que favorecen a la biomasa fitoplanctónica, resultando en una fertilización alterna a lo largo del año. A la vez destacan la dominancia de diatomeas de los géneros *Skeletonema*, *Chaetoceros*, *Bacteriastrum*, *Thalassionema* y *Pseudonitzschia*, tal como lo reportan los trabajos realizados en el Golfo de Salamanca y el Parque Nacional Natural Tayrona (e.g. Caicedo, 1975; Franco – Herrera, 2001 y Tigreros, 2001), obteniendo una densidad microfitoplanctónica con un alto grado de homogeneidad de géneros en ambos ambientes, favoreciendo a la red trófica marina que se beneficia de este primer eslabón.

Lo descrito anteriormente puede ser equiparable frente a otros focos de surgencias costeras del Caribe colombiano, como sucede al noroeste de la Península de la Guajira, donde Duarte (1996) describió las comunidades fitoplanctónicas destacando la clase Bacillariophyceae como el grupo con mayor número de especies y mayor abundancia con un total de 65,71 % de abundancia relativa, siendo los géneros más representativos *Coscinodiscus*, *Bacteriastrum*, *Chaetoceros*, *Hemiaulus* y *Rhizosolenia*. Los valores de clorofila *a* reportados varían entre $0,76 - 1,52 \text{ mg/m}^3$. En el Pacífico colombiano, Ramírez *et al.* (2006) efectuaron un estudio cualitativo y cuantitativo de la comunidad fitoplanctónica en dos estaciones costeras y dos

estaciones oceánicas. En esta área identificaron 43 especies, distribuidas en 19 diatomeas y 24 dinoflagelados. Los valores promedios de diversidad fueron mayores en las estaciones costeras que en las oceánicas, siendo de 2,89 y 1,42 respectivamente. Garcés y Medina (1997) evaluaron la comunidad fitoplanctónica ante variaciones físicas, teniendo en cuenta la información histórica obtenida de los Cruceros ERFEN 1978-1994, reportando 171 especies de diatomeas en 57 géneros y 89 especies de dinoflagelados, los géneros más abundantes fueron *Biddulphia* y *Thalassionema*, para diatomeas y *Ceratocorys*, *Diplopelta* y *Ceratium* por parte de los dinoflagelados. La biomasa fotosintética varió entre 0,9 – 2,0 mg/m³ y a los 25 m presentó el valor más alto de 3,2 mg/m³. Estos trabajos evidencian grandes similitudes entre las surgencias de Colombia resaltando la importancia de la fertilización producida por el evento, para el beneficio de los organismos autotróficos y así favoreciendo potencialmente a los organismos heterótrofos.

Los valores obtenidos en los focos de surgencias en las costas colombianas, no son tan disímiles a los obtenidos en otras zonas del mundo con presencia de este evento. En Chile Pizarro *et al.* (2005), analizaron en la región de Magallanes Norte, entre el Golfo de Penas y Boca Occidental del estrecho de Magallanes, las variaciones que presentaron la temperatura, ortofosfatos, nitratos y profundidad de la capa de mezcla en la columna de agua como factores asociados a la distribución cuantitativa, diversidad biológica y productividad primaria del fitoplancton. Encontraron que las condiciones lumínicas particulares de la columna de agua, generan patrones de distribución del fitoplancton dentro del gradiente latitudinal austral, alcanzando valores de clorofila *a* entre 0,1 - 16,0 mg/m³.

Santander *et al.* (2001), estudiaron la fluctuación diaria del fitoplancton en la capa superficial de la columna de agua en la zona costera de Iquique caracterizada por presentar altas concentraciones de clorofila *a* durante la

mayor parte del período de estudio ($> 1,0 \text{ mg/m}^3$). Desde el comienzo de los muestreos en el mes de Agosto, hasta Septiembre se detectaron concentraciones superiores a $3,0 \text{ mg/m}^3$. La estructura comunitaria del microfitoplancton estuvo fuertemente acoplada a las fluctuaciones físicas y químicas ocasionadas por la variabilidad del evento de surgencia con una predominancia absoluta de *Thalassiosira subtilis*, la cual contribuyó con un 82,8 % al total de las abundancias celulares, resultando en una comunidad con un carácter monoespecífico.

En la zona del Norte de California Lassiter *et al.* (2006), estudiaron el ecosistema de surgencia a partir de la comunidad fitoplanctónica entre los años 2000 - 2002. Las concentraciones de clorofila *a* variaron para el periodo del 2000 entre $0,9 - 32,1 \text{ mg/m}^3$, para el 2001 entre $0,4 - 14,1 \text{ mg/m}^3$ y para el 2002 entre $0,4 - 12,2 \text{ mg/m}^3$, las diatomeas que contribuyeron con los valores más altos de abundancia relativa fueron las centrales de los géneros *Chaetoceros*, *Thalassiosira* y *Rhizosolenia*.

Signoret y Santoyo (1980) examinaron la composición cualitativa y cuantitativa del plancton en el área sur de la Bahía de la Paz y en la Ensenada del Anpe en Baja California, en el cual obtuvieron que los valores de diversidad del fitoplancton presentaron una variación comprendida entre 1,98 y 4,02 y el género que contribuyó con la mayor densidad celular fue *Chaetoceros* con valores hasta de 300.000 células/l. De igual forma, Álvarez *et al.* (1976) analizaron los parámetros relacionados con la productividad orgánica primaria en dos esteros de Baja California, zona influenciada por la surgencia de California. En la boca de la Bahía San Quintin, la clorofila *a* presentó una mayor concentración y un rango más amplio de variación que en la boca del Estero de Punta Banda. Se aprecia también en ambos lugares una mayor concentración en primavera que en verano. En general, la variación en ambos lugares en función del tiempo fue irregular, con diferenciaciones abruptas sin correlación aparente con factores como la

marea o el ciclo de radiación solar. La distribución espacial de clorofila *a* en el Estero de Punta Banda es muy homogénea con valores que fluctúa entre 0,7 y 1,7 mg/m³.

Para Perú, Ochoa y Tarazona (2003) estudiaron la variación temporal a pequeña escala de la comunidad fitoplanctónica costera en una estación fija en Bahía Independencia, en la cual obtuvieron que las diatomeas fueron el principal componente de la comunidad fitoplanctónica y estuvieron relacionadas con el total de fitoplancton. La especie dominante fue *Skeletonema costatum*, seguida por *Thalassionema nitzschooides*. La densidad del fitoplancton varió entre 2.540 y 59.669 células/50 ml, y la diversidad entre 0,5 - 4,0.

En Venezuela, González *et al.* (2006) analizaron las fluctuaciones temporales y espaciales de los parámetros físicos, químicos, clorofila *a* y productividad primaria durante periodos de surgencia y no surgencia en la Bahía de Mochima. La productividad primaria en no surgencia varió de 0 a 417 mg C·m⁻³·h⁻¹ y en surgencia de 76 a 426 mg C·m⁻³·h⁻¹. La concentración de clorofila *a* en no surgencia fue de 1,11 a 8,57 mg /m³ y en surgencia de 4,21 a 44,59 mg/m³. Previamente, Rodríguez y Varela (1987) estudiaron los pigmentos clorofílicos e hidrografía en la región noroccidental de Venezuela, durante los años 1982 - 1984, evaluando la concentración de clorofila *a* y feopigmentos en superficie. Estudiaron 424 muestras por el método de Lorenzen (1967; En: Parsons *et al.*, 1984) obteniendo valores entre 0,1 – 5,2 mg/m³ con un comportamiento normal de los Alisios provocando el foco de surgencia.

Margalef (1978) estudió la comunidad fitoplanctónica en un evento de surgencia en el noroeste de África, obtuvo que las diatomeas fueron el grupo más importante, y los géneros *Chaetoceros*, *Rhizosolenia* y *Nitzschia* fueron

los que presentaron los valores de densidad celular más alto, la diversidad varió entre 2,4 – 2,6.

En conclusión, los trabajos realizados en los tres focos de surgencias descrito para Colombia, no permiten especificar los procesos fisicoquímicos y biológicos que acontecen durante el afloramiento de aguas subsuperficiales, ante las comunidades fitoplanctónicas, pero los resultados obtenidos permiten hipotetizar, que es un evento que fertiliza con altas concentraciones de nutrientes, favoreciendo procesos sucesionales de las comunidades planctónicas y es equiparable ante las surgencias fuertes descritas en Chile – Perú, California y noroeste de África.

3 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Se proyectó evaluar algunos atributos estructurales de la comunidad fitoplanctónica presente en un evento de surgencia costera frente al Departamento del Magdalena, Caribe colombiano, en el período Julio – Septiembre de 2006, a partir de la composición y abundancia, así como su dinámica frente a cambios en las variables fisicoquímicas que ostenta el evento, enriqueciendo de esta forma los registros que se poseen del área y compararla con otros focos de surgencias para establecer el grado de significancia que posee en términos de aporte de carbono orgánico.

4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar los atributos estructurales de la comunidad fitoplanctónica presente en un evento de surgencia costera, utilizando para ello índices de abundancia, diversidad, riqueza y uniformidad.
- Determinar el aporte de biomasa fitoplanctónica presente en un evento de surgencia costera, a partir de las concentraciones de los pigmentos fotosintéticos.
- Evaluar las variables oceanográficas de la columna de agua, temperatura, salinidad, pH, oxígeno disuelto y compuestos inorgánicos (amonio, nitratos nitritos y ortofosfatos) y su efecto sobre la comunidad fitoplanctónica, presente en un evento de surgencia costera.
- Comparar la estructura de la comunidad fitoplanctónica presente en el evento de surgencia costera del Departamento del Magdalena, con las

grandes surgencias desarrolladas en los bordes occidentales de los continentes, observando el grado de significancia que posee.

5 HIPÓTESIS

- ☑ El afloramiento de aguas subsuperficiales, removidas desde el área de transporte por el flujo horizontal y arrastradas verticalmente por la columna de agua, fertiliza las capas superiores ostentando valores altos de nutrientes inorgánicos (*i.e.* NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , HPO_4^-).
- ☑ La comunidad fitoplanctónica se verá favorecida por el ingreso de nutrientes inorgánicos nuevos que trae la surgencia, generando una alta riqueza de taxa.
- ☑ La fertilización por nutrientes inorgánicos producto del afloramiento de las masas de agua, genera una elevada densidad de células microfitoplanctónicas, dominadas por las diatomeas pennales.
- ☑ La comunidad fitoplanctónica generada por la fertilización de las aguas de afloramiento, presenta una alta concentración de los pigmentos fotosintéticos equiparables a las fuertes surgencias presentes en el borde occidental de los continentes.

6 METODOLOGÍA

6.1 Área de estudio

El Departamento del Magdalena está ubicado en la zona centro del Caribe colombiano entre 8° 58' y 11° 21' N y los 73° 33' O, comprende desde la desembocadura del río Magdalena hasta la desembocadura del río Piedras en el límite oriental del Parque Nacional Natural Tayrona (PNNT), posee una gran variedad de ecosistemas marinos tanto de carácter estuarino, gracias a la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM) y de tipo principalmente oceánico debido a las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta, que forma el PNNT con una plataforma angosta o ausente en algunos sectores (Ramírez, 1990).

El régimen climático regional está definido por la acción de los vientos Alisios y el movimiento de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), precisando en gran escala dos períodos climáticos, una época seca de Diciembre a Abril y una estación lluviosa de Mayo a Noviembre; en esta última se intercala por lo general un período seco menor entre Julio y Agosto denominado “veranillo de San Juan” (Ramírez, 1990). La descarga continental es de los ríos Magdalena, Manzanares y Piedras principalmente y la CGSM, produciendo fertilización a la zona de mezcla en la columna de agua, con su mayor aporte al finalizar el período lluvioso (Noviembre y Diciembre).

6.2 Diseño muestral

Se siguió el método Eurliano para el estudio de la columna de agua, el cual consistió en evaluar en un punto fijo el comportamiento de las variables físicas, químicas o biológicas. Se adelantaron cuatro muestreos, en

cada uno se realizaron dos ciclos uno en la mañana y otro hacia mediodía, en un punto en la Ensenada de Gaira que corresponde a los $11^{\circ} 12' 30''$ N y $74^{\circ} 15' 00''$ W, a 1 mn al noroeste del Morro de Gaira, Caribe colombiano entre los meses de Julio – Septiembre de 2006 (figura 1). Se escogió este lugar por encontrarse dentro de la zona de influencia de la surgencia, presentar una profundidad mayor a 40 m (*i.e.* por encima de la termoclina permanente) y estar sometido directamente a la acción de los vientos Alisios; a la vez, las salidas de campo estuvieron determinadas por la acción de los vientos durante los meses de muestreo y los días previos a cada muestreo.



Figura 1. Ubicación de la estación de muestreo (punto fijo-estrella) en la Ensenada de Gaira, mar Caribe colombiano (Tomado de Franco-Herrera, 2005).

6.3 Componente abiótico

6.3.1 Fase de campo

En la determinación de las condiciones oceanográficas de la columna de agua, se tomó como rango de profundidad de muestreo entre 0 – 50 m, considerando que la termoclina permanente durante el período de estudio se encuentra entre los 40 y 45 m de profundidad (Blanco, 1988) y que la penetración máxima de luz en la región alcanza cerca de los 50 m de profundidad en días soleados y con aguas bajas de turbidez (Franco-Herrera, 2005), es decir, es la zona eufótica potencial de las comunidades autotróficas.

En las profundidades 50, 40, 20, 10 y 0 m se tomaron muestras de agua haciendo uso de la botella Van Dorn plástica de 6,5 l de capacidad. Obtenida la muestra, se midió la temperatura, salinidad y pH utilizando la sonda multiparámetros WTW – 330 de +/- 0,1 de precisión. Así mismo, se tomó una muestra para fijar *in situ* el oxígeno disuelto. A partir de las muestras recolectadas, se recogieron alícuotas de agua en recipientes plásticos de 250 ml de capacidad nominal, para la determinación de nutrientes (NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , HPO_4^-) y pigmentos fotosintéticos en laboratorio. Los recipientes se encontraban rotulados oscurecidos y refrigerados en neveras de icopor con el fin de no alterar las características físico-químicas y biológicas de la muestra *in situ* lo que podía acarrear una degradación de los pigmentos y por lo tanto una subestimación de la clorofila *a* (Chl *a*) o una interferencia por feopigmentos. Las muestras fueron procesadas por Arévalo (en curso), ya que su proyecto esta enmarcado dentro del componente dinámica océano – atmósfera del proyecto *Dinámica física, química y planctónica de la surgencia costera frente al Departamento del Magdalena, Caribe colombiano* que hace parte del presente estudio.

6.3.2 Fase de laboratorio

Con las muestras de agua obtenidas se procedió a cuantificar el oxígeno disuelto por medio del método Winkler (Garay *et al.*, 2003). La obtención de las concentraciones de nutrientes, se realizó a partir de la metodologías propuestas por Parsons *et al.* (1984); para nitratos se utilizó el método de EDTA reducción por Cadmio, nitritos por el método de Shinn, amonio por el método de azul de indofenol y ortofosfatos por el método complejo de fosfomolibdato.

La concentración de los pigmentos fotosintéticos se determinó por medio del método estándar de extracción con acetona acuosa al 90% descritos en Parsons *et al.* (1984). La lectura de dichos extractos se efectuó en un espectrofotómetro marca Spectronic 2LD Milton Roy de +/- 0,001 de precisión de absorbancia.

6.3.3 Fase de gabinete

A partir de los datos obtenidos de oxígeno disuelto por el método Winkler, se calculó el porcentaje de saturación aplicando la fórmula:

$$\% \text{ O.D.} = [\text{O.D.}_{\text{CALCULADO}} / \text{O.D.}_{\text{TEÓRICO}}] \times 100$$

donde, *O.D.CALCULADO* es el oxígeno disuelto medido a partir de las muestras de agua, obtenidas por Arévalo (en curso), *O.D.TEÓRICO* es la concentración teórica que se debería encontrar a las condiciones de salinidad y temperatura del medio y que se obtienen a partir de la tabla de solubilidad del gas a 1 atm de presión (Parsons *et al.*, 1984).

Para la concentración de nutrientes y dada la importancia de cuantificar la fertilización potencial de las aguas de afloramiento, se determinaron las concentraciones promedio, máximas y mínimas obtenidas por Arévalo (en curso), las cuales se compararon con aquellas reportadas para zonas costeras y oceánicas del Caribe (Londoño, 1995; Tigreros *et al.*, 1999; Barragán *et al.*, 2003 y Campos *et al.*, 2004), como indicadores indirectos de aguas mesotróficas u oligotróficas.

Para determinar los pigmentos fotosintéticos (clorofila *a*, feopigmentos *a* y carotenoides), los valores se determinaron utilizando las siguientes ecuaciones:

$$\text{mgChl } a/\text{m}^3 = (26,7(665_0 - 665_a)v)/V * l$$

$$\text{mg feop } a/\text{m}^3 = (26,7[1,7(665_a) - 665_0](v))/V * l$$

$$\text{mg carotenoides } /\text{m}^3 = [10 D_{480}] (v)/V * l$$

donde 665_0 es la absorbancia antes de acidificar, 665_a es la absorbancia después de acidificar, D_{480} es la absorbancia a 480 nm, v es el volumen del extracto (ml), V es el volumen filtrado (l) y l es el ancho de la celda (cm).

6.4 Componente biótico – Composición y abundancia fitoplanctónica

6.4.1 Fase de campo

En cada una de las profundidades se tomaron muestras de agua haciendo uso de la botella Van Dorn de cierre automático por mensajero, se almacenaron en recipientes plásticos de 3 l de capacidad nominal, fijados con formalina, rotulados y refrigerándolos en neveras de icopor. Paralelamente, se realizaron arrastres verticales desde 50 m hasta la superficie con una red cónica simple de poro de malla de 25 μm y arrastres horizontales con la misma red cónica, para complementar la composición fitoplanctónica presente.

6.4.2 Fase de laboratorio

Con las muestras obtenidas por medio del arrastre de red se procedió a identificar hasta el nivel taxonómico más bajo que se pudo la composición de la comunidad fitoplanctónica, utilizando para ello un microscopio óptico de luz Nikon E200 con objetivos de 40x y 100x para una mejor resolución. Las muestras recolectadas mediante la botella Van Dorn, se concentraron por medio de un tamiz de 25 μm de poro, se fijaron con una solución de lugol y con el microscopio óptico Nikon, se analizó en su totalidad la muestra concentrada, esto es para determinar de una manera cuantitativa la composición y abundancia de la comunidad fitoplanctónica (Ramírez, 1999).

Para la identificación de los organismos, se utilizaron las guías propuestas por Cupp (1943), Vidal y Carbonell (1977), Parra *et al.* (1982), Balech (1988), Vidal (1995) y Botes (2003).

6.4.3 Fase de gabinete

La información de composición-abundancia fitoplanctónica se recopiló en una matriz primaria de datos (filas: género-taxa; columnas: muestra_i), la cual permitió evaluar la composición específica y por grupos mayores (e.g. diatomeas, dinoflagelados, cianófitas). Así mismo, se cuantificó la densidad total por profundidad, la que a su vez sirvió para determinar la densidad integrada en la columna de agua (0 - 50 m), a partir de la ecuación:

$$\rho \text{ (cel m}^{-2}\text{)} = \sum \{[\rho (z_i) + \rho (z_{i+1})] / 2\} \times \{ z_{i+1} - z_i \}$$

donde, ρ es la densidad de células en la profundidad z_i y z_{i+1} (cel m⁻²).

Igualmente se calcularon los índices ecológicos, sugeridos por Ramírez (1999): Riqueza de Margalef, Uniformidad de Pielou, Diversidad de Shannon-Wiener y Predominio de Simpson, característicos de la comunidad, con ayuda del programa PRIMER 5v 2.2 (Clarke, 1993), para establecer la estructura de la comunidad fitoplanctónica durante el evento de surgencia costera del Departamento.

Complementariamente, se resumió en la misma matriz, la concentración de cada uno de los pigmentos fitoplanctónicos a evaluar obtenidos de Arévalo (en curso) y se integraron en la columna de agua. Se obtuvieron índices del estado fisiológico del fitoplancton con el fin de valorar su condición fotosintéticamente activa o senescente (*i.e.* calidad del alimento). Se aplicaron los índices propuestos por Margalef (1991) y que en esta propuesta se denominaran Índices de Actividad Fotosintética (IAF):

$$\text{IAF}_1 = \text{feop-a} / \text{chl-a}$$

$$IAF_2 = \text{carotenoides} / \text{chl-a}$$

donde, *chl-a*, *feop-a* y carotenoides son las concentraciones de clorofila-a, feopigmento-a y carotenoides en la columna de agua, respectivamente.

Sin embargo, para explorar la causalidad de las variables oceanográficas sobre la comunidad planctónica, esta última fue sometida a un análisis de clasificación de Bray-Curtis para detectar las similitudes o diferencias entre muestras a partir de la composición y abundancia. Esta clasificación permitió desarrollar un NMDS, el cual fue cotejado con la matriz de oceanografía a través de un análisis BIOENV (Ludwig y Reynolds, 1988).

De esta forma, se tuvieron en cuenta cinco variables para establecer si la fertilización potencial de nutrientes que se da en la columna de agua se ve reflejada en la cantidad y calidad de la oferta alimenticia fitoplanctónica: 1) composición fitoplanctónica, 2) densidad integrada en la columna de agua, 3) pigmentos fotosintéticos, 4) IAF's y 5) concentración de nutrientes. Estos a su vez, se compararon igualmente para ambientes ricos y pobres en nutrientes en la región Caribe colombiana (Duarte, 1996; Garcés y Medina, 1997; Franco – Herrera, 2001 y Tigreros, 2001) y las fuertes surgencias que se presentan en los borde occidentales de los continentes, para definir con mejor criterio la calidad de la surgencia del Departamento del Magdalena.

7 RESULTADOS

Durante los muestreos se presentaron las siguientes condiciones climáticas y se realizaron en dos escenarios contrastantes: el primero fue realizado en Julio 26 del 2006 con un predominio de tiempo seco debido a que estaba finalizando el “veranillo de San Juan” y el tercero desarrollado en Agosto 15 del 2006, periodo con dominancia de vientos continentales pero antecedido por lluvias casuales incrementando el aporte de aguas continentales; estos dos muestreos se realizaron en condición de surgencia. El muestreo dos ejecutado el primer de Agosto del 2006 iniciando la época lluviosa y el cuarto muestreo, efectuado el 26 de septiembre del 2006 en mitad de la época lluviosa, en este se presentaron altos aportes de aguas continentales y dominancia de vientos del suroeste, siendo el periodo de no surgencia (figura 2).

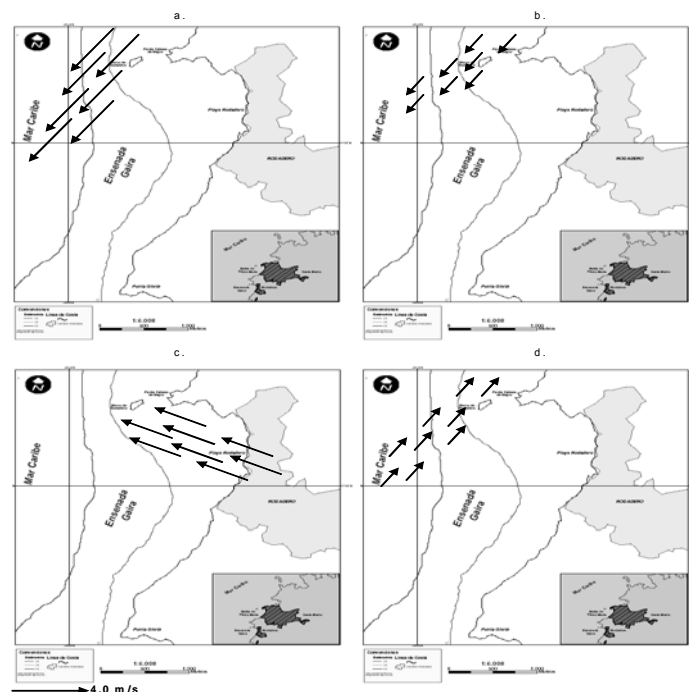


Figura 2. Campos de velocidad y dirección de vientos locales en la Ensenada de Gaira, Caribe colombiano, para los cuatro muestreos realizados entre los meses de Julio y Septiembre de 2006. a. 26-07-2006. b. 01-08-2006. c. 15-08-2006. d. 26-09-2006. Ensenada de Gaira en el Caribe centro colombiano.

7.1 Componente abiótico

7.1.1 Temperatura, pH y Salinidad

En términos generales las temperaturas del agua registradas variaron durante todo el periodo de estudio entre una máxima de 29,7 ° C y una mínima de 24,8 ° C. La temperatura en un escenario de surgencia ostentó los valores más bajos entre los 24,8 – 27,5° C en aguas profundas (10 - 50 m) y en superficie varió entre los 26,0 – 29,0° C; en ambiente de no surgencia la temperatura mostró altos valores entre los 27,0 – 29,7° C, siendo las capas superficiales las que exhibieron las más altas (figura 3).

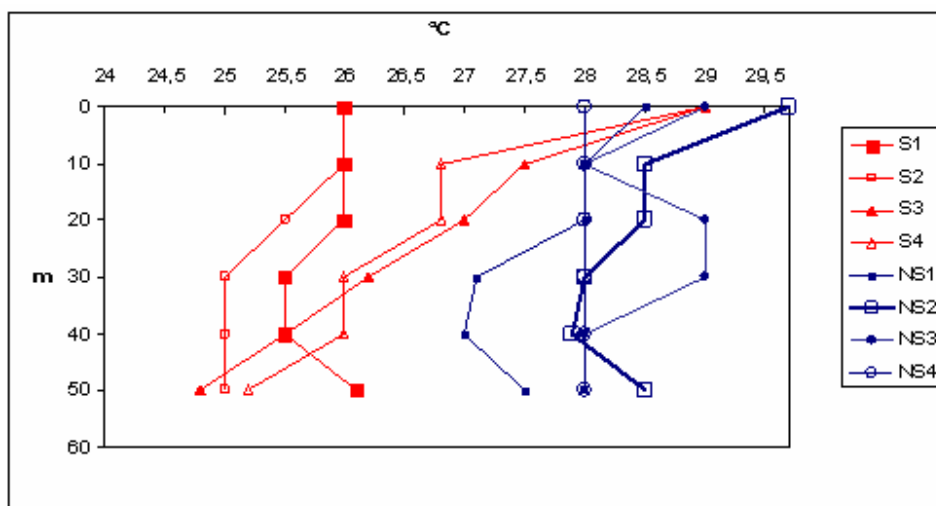


Figura 3. Variación vertical de la temperatura en época de surgencia (rojo) y no surgencia (azul), para los muestreos realizados entre Julio y Septiembre del 2006, en la Ensenada de Gaira, Caribe colombiano.

El pH durante el periodo de estudio fluctuó entre 7,66 – 8,10, siendo relativamente estable, mostrando características neutrales típicas de aguas marinas; en presencia de un evento de surgencia el pH tuvo una mayor fluctuación con respecto a las condiciones de no surgencia, varió entre 7,66 – 8,02, siendo a 50 m (7,6) la profundidad que ostentó el valor más bajo, en

cambio para la época de no surgencia los valores de pH se mantuvieron similares oscilando entre 8,0 – 8,1 (figura 4).

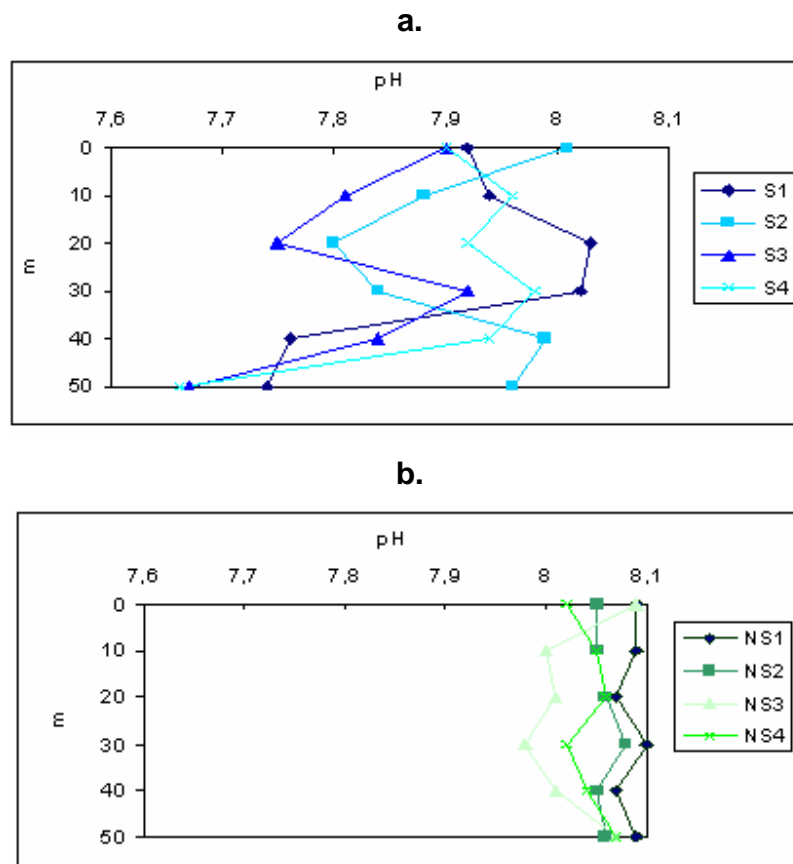


Figura 4. Variación vertical del pH en época de surgencia (a) y no surgencia (b), para los muestreos realizados entre Julio y Septiembre del 2006, en la Ensenada de Gaira, Caribe colombiano.

La salinidad durante el periodo de estudio tuvo una máxima de 38,0 UPS y una mínima de 34,7 UPS, no hubo diferencias claras entre las dos condiciones estudiadas; en surgencia, la salinidad mostró altos valores fluctuando entre 34,9 – 37,0 UPS, y en condiciones de no surgencia, se presentaron dos casos, en el primero la salinidad obtenida iniciando la época lluviosa (NS – 1 y NS – 2) ostentó los valores más bajos de salinidad (34,7 – 36,0 UPS), y en el segundo la salinidad a mitad de la época lluviosa (NS – 3

y NS – 4) evidenció los datos más altos oscilando entre los 37,0 – 38,0 UPS (figura 5).

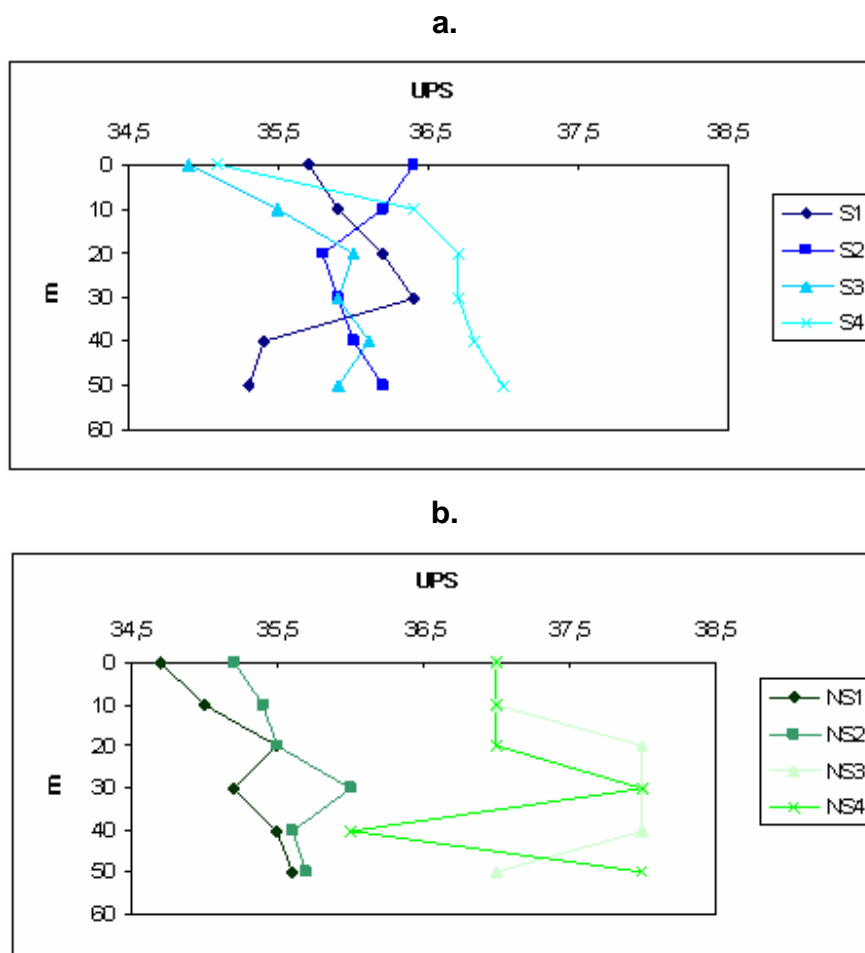


Figura 5. Variación vertical de la salinidad en UPS, en época de surgencia (a) y no surgencia (b), para los muestreos realizados entre Julio y Septiembre del 2006, en la Ensenada de Gaira, Caribe colombiano.

7.1.2 Oxígeno disuelto y porcentaje de saturación

Las concentraciones de oxígeno disuelto mostraron valores entre los 3,42 y 4,93 ml/l; en condiciones de no surgencia los valores permanecieron casi estables, oscilando entre los 4,01 ml/l y 4,34 ml/l con un pico alto a los

10 m de 4,93 ml/l (NS – 2). En el evento de surgencia, la concentración de oxígeno disuelto disminuyó, oscilando entre los 3,44 – 4,56 ml/l, siendo las muestras profundas, entre los 30 a 50 m, las que exhibieron los datos más bajos (figura 6).

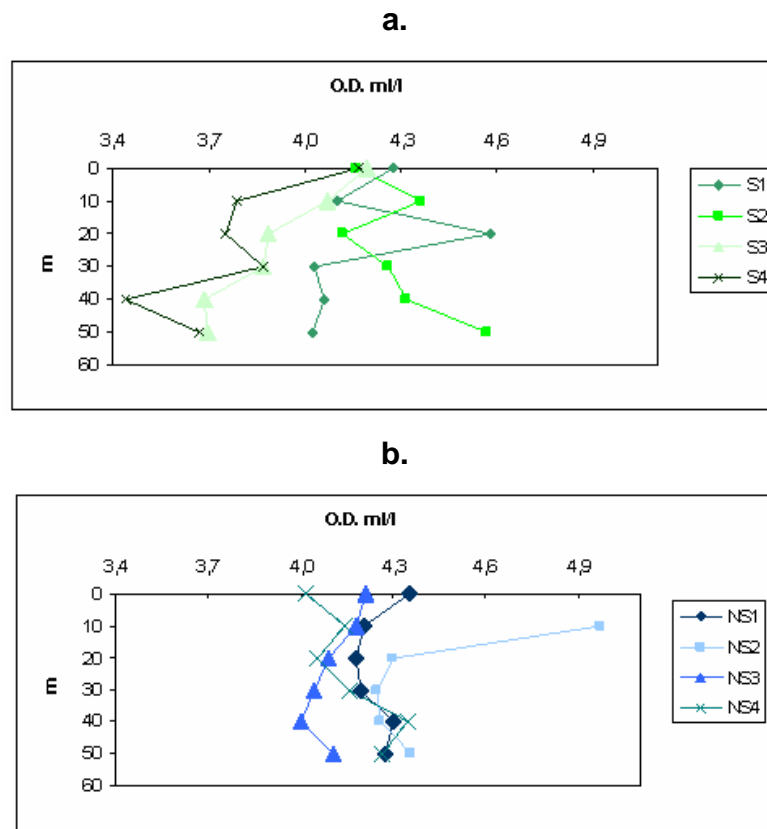


Figura 6. Variación vertical de la concentración del oxígeno disuelto en época de surgencia (a) y no surgencia (b), durante los muestreos realizados entre los meses de Julio – Septiembre del 2006, en la Ensenada de Gaira, Caribe colombiano.

El porcentaje de saturación de oxígeno mostró valores en evento de no surgencia por encima del 90 %, presentando un valor de sobresaturación de oxígeno a los 10 m (NS – 2), en cambio en condición de surgencia, el porcentaje de saturación fue fluctuante entre los 70 a 95 %, evidenciando los datos más bajos de saturación en los muestras recolectadas a 40 y 50 m (figura 7).

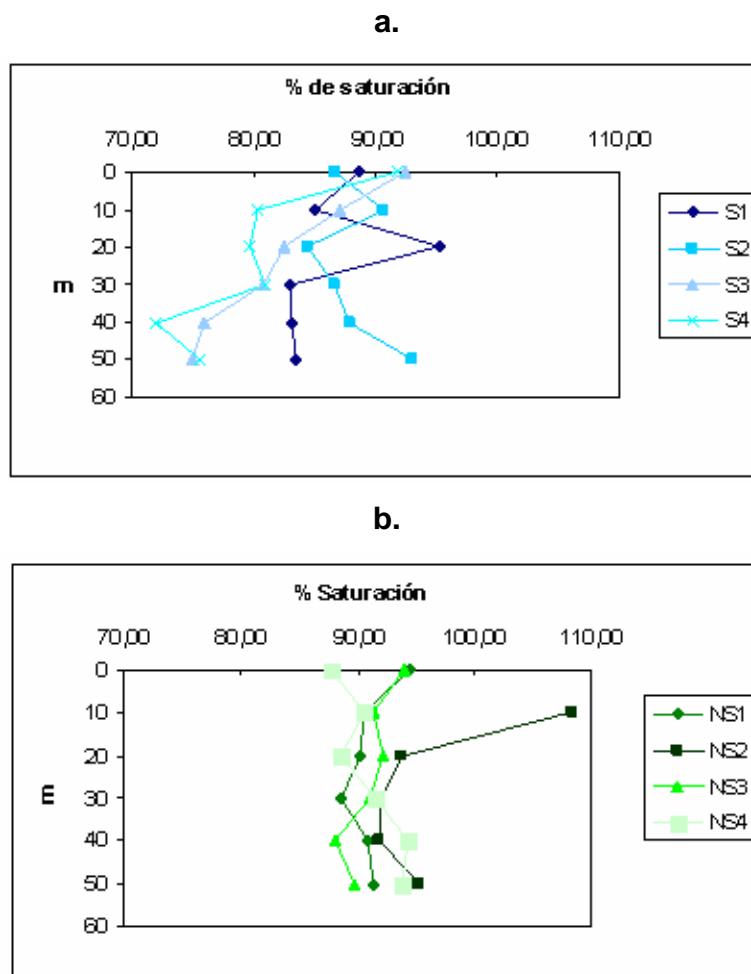


Figura 7. Variación vertical del porcentaje de saturación oxígeno en época de surgencia (a) y no surgencia (b), durante los muestreos realizados entre los meses de Julio – Septiembre del 2006, en la Ensenada de Gaira, Caribe colombiano.

7.1.3 Nutrientes

Las concentraciones de nutrientes no mostraron diferencias claras entre las dos condiciones estudiadas; en promedio, los nitratos (NO_3^-), estuvieron por encima de los demás nutrientes, en surgencia ostentó el valor promedio más alto $9,627 \mu\text{g at l}^{-1}$ ($\pm 0,114$), con una máxima de $10,20 \mu\text{g at l}^{-1}$ a los 50 m y una mínima de $8,53 \mu\text{g at l}^{-1}$ a los 10 m (tabla 1). En no surgencia

los valores oscilaron entre los 8,24 – 10,03 $\mu\text{g at l}^{-1}$, la mínima se presencié en el muestreo realizado iniciando la época lluviosa (tabla 1). El comportamiento de los nitritos (NO_2^-), mostró concentraciones bajas durante todo el periodo de estudio, evidenciando valores por debajo de 0,400 $\mu\text{g at l}^{-1}$. La máxima concentración alcanzada fue a los 20 m en surgencia (0,409 $\mu\text{g at l}^{-1}$), y la mínima concentración se evidenció a los 20 m (0,342 $\mu\text{g at l}^{-1}$) en no surgencia (anexo B).

Las concentraciones de amonio (NH_4^+) presentaron valores por encima a 1,000 $\mu\text{g at l}^{-1}$ en los muestreos 2 y 3, en cambio para el primero realizado en surgencia evidenció valores promedio de 0,299 $\mu\text{g at l}^{-1}$ ($\pm 0,109$), teniendo una mínima y una máxima de 0,000 – 0,690 $\mu\text{g at l}^{-1}$, siendo los más bajos con respecto a las condiciones de no surgencia (tabla 1). La variación de los ortofosfatos indicó niveles menores a 0,3 $\mu\text{g at l}^{-1}$, no se evidenciaron diferencias claras entre las dos condiciones, exhibiendo un comportamiento similar, las concentraciones mínimas y máximas fueron de 0,291 – 0,315 $\mu\text{g at l}^{-1}$ (tabla 1), teniendo las máximas concentraciones en época de surgencia (anexo B).

Tabla 1. Concentraciones promedio ($x \pm$ error estándar), máximas (máx.) y mínimas (min.) de los nutrientes ($\mu\text{g at l}^{-1}$) determinados durante los muestreos realizados entre Julio - Septiembre del 2006, en la Ensenada de Gaira, Caribe colombiano. Los muestreos 1 y 3 fueron realizado en evento surgencia, los muestreos 2 y 4 en no surgencia. N.D. = No detectables.

Muestreo	NO_3^-		NO_2^-		NH_4^+		HPO_4^-	
	$x \pm \text{SS}$	min.–máx.	$x \pm \text{SS}$	min.–máx.	$x \pm \text{SS}$	min.–máx	$X \pm \text{SS}$	min.–máx
1	9,34 \pm 0,25	8,53–10,20	0,36 \pm 0,01	0,34–0,40	0,299 \pm 0,10	0,00–0,69	0,30 \pm 0,003	0,29–0,31
2	9,62 \pm 0,11	9,29–10,03	0,34 \pm 0,00	0,34–0,35	1,824 \pm 0,52	0,55–4,09	0,294 \pm 0,001	0,29–0,29
3	8,84 \pm 0,26	8,24–10,03	0,35 \pm 0,00	0,34–0,35	1,11 \pm 0,42	0,00–2,62	0,292 \pm 0,000	0,29–0,29
4	9,46 \pm 0,14	9,05–10,03	N.D	N.D	N.D	N.D	0,292 \pm 0,001	0,29–0,30

7.2 Componente biótico

7.2.1 Composición fitoplanctónica

El análisis de las muestras recolectadas con red de fitoplancton (cualitativo) y botella Van Dorn (cuantitativo), permitió identificar 100 especies en total, de las cuales 75 fueron diatomeas, divididas en 49 especies del orden centrales y 26 del orden pennales, 21 dinoflagelados, 1 cianófito y 3 clorófitas (tabla 2), siendo las especies del grupo de las diatomeas centrales las más representativas dentro del periodo de estudio, con más del 60 % de la abundancia relativa, seguida por el grupo de las diatomeas pennales entre los 15 – 25 %, en un tercer lugar los dinoflagelados y por último las cianófitas y clorófitas (figura 8); no hubo diferencia marcada en la composición específica fitoplanctónica entre los dos métodos de muestreos. El registro gráfico de algunas de las especies encontradas en el estudio se muestra en el anexo A.

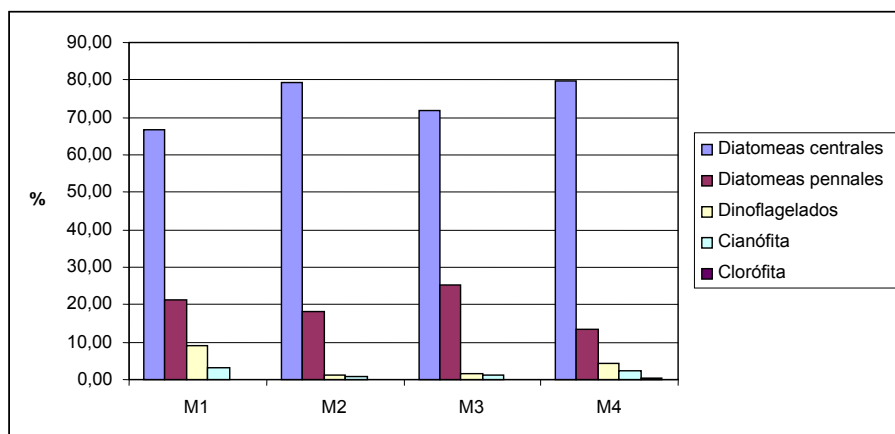


Figura 8. Porcentaje de abundancia relativa del fitoplancton durante los muestreos realizados en surgencia (M1 y M3) y no surgencia (M2 y M4) realizados entre Julio a Septiembre de 2006 en la Ensenada de Gaira, Caribe colombiano.

En el evento de surgencia el microfitoplancton se caracterizó por el dominio cualitativo del orden de las diatomeas centrales con 45 especies,

seguida por el orden pennales con 25, posteriormente 18 dinoflagelados, tres clorófitas y por último una cianófitas, el mayor número de especies fue aportado por el género *Chaetoceros* con 12, seguida por *Ceratium* con 10 y *Rhizosolenia* con 9.

Dentro de las diatomeas las especies más comunes tanto en su distribución vertical como horizontal fueron: *Chaetoceros distans*, *Chaetoceros lorenzianus*, *Chaetoceros constrictus*, *Chaetoceros affine*, *Coscinodiscus gigas*, *Coscinodiscus radiatus*, *Skeletonema costatum*, *Asterionellopsis glacialis*, *Thalassionema nitzschoides* y *Pseudonitzschia pungens* (anexo C).

Dentro de los dinoflagelados, que representaron el segundo grupo en importancia detrás de las diatomeas, las especies más comunes en aparición fueron: *Ceratium fusus*, *Ceratium massiliense*, *Ceratium tripos* y *Protoperidinium steidingeriae*. Por último, se identificaron dos especies de clorófitas que fueron *Pediastrum duplex* y *Scenedesmus opoliensis* (anexo C).

En condiciones de no surgencia se identificaron 43 especies de diatomeas centrales, 18 diatomeas pennales, 19 dinoflagelados, 1 cianófitas y 1 clorófitas, los géneros más representativos en número de especies fueron *Ceratium*, *Chaetoceros* y *Rhizosolenia*, cada una aportaron 12 especies (anexo C).

Las especies más comunes tanto en su distribución vertical como horizontal dentro de las diatomeas fueron *Skeletonema costatum*, *Thalassionema nitzschoides*, *Chaetoceros distans*, *Chaetoceros lorenzianus*, *Chaetoceros diversum*, *Chaetoceros curvisetum*, *Chaetoceros affine*, *Coscinodiscus granii* y *Coscinodiscus gigas*. Dentro de los dinoflagelados, las más comunes fueron: *Ceratium tripos*, *Ceratium massiliense*, *Protoperidinium*

conicum y *Protoperdinium steidingerae*. Las clorófitas contribuyeron con la especie *Pediastrum duplex* (anexo C).

De lo anterior se puede deducir que no hay una diferencia marcada en la composición específica en los dos eventos estudiados, esto lo confirma el análisis de clasificación cualitativo de presencia – ausencia (Jaccard), que no reflejó separación de muestras entre las dos condiciones, no se aprecia discrepancia clara entre las profundidades de distinto evento, formando grupos entre las profundidades del mismo evento, con profundidades de distinto evento, esto es asequible, debido a que se identificó la misma composición para el evento de surgencia y no surgencia. En términos de riqueza de especies, esta osciló para las dos condiciones entre 41 a 59 especies; en condiciones de surgencia la riqueza varió entre 45 – 59 especies, y en no surgencia entre 41 – 58 especies (tabla 5), indicando que no hay una variación marcada en número de especies, siendo similar para las dos condiciones de estudio (figura 9).

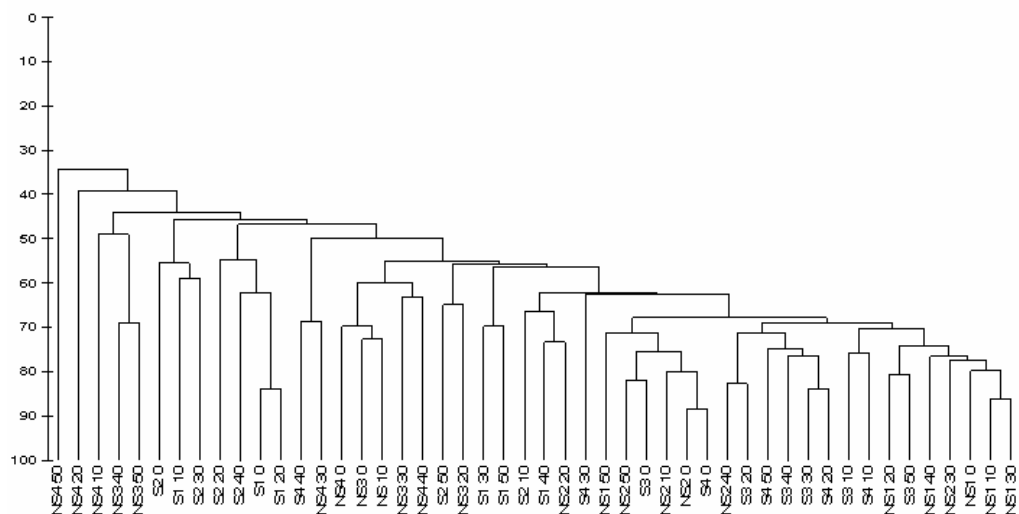


Figura 9. Análisis de clasificación de presencia – ausencia para la comunidad fitoplanctónica para los muestreos realizados durante la surgencia (S) y no surgencia (NS), dentro de los 0 – 50 m, frente a la Ensenada de Gaira, Caribe colombiano.

Tabla 2. Listado de especies fitoplanctónicas para los muestreos realizados entre Julio y Septiembre del 2006 frente a la Ensenada de Gaira, Caribe colombiano.

División HETEROKONTOPHYTA		División DINOPHYTA
Orden Centrales Schütt 1896		
<i>Hemiaulus hauckii</i>	<i>Rhizosolenia castracanei</i>	<i>Ornithocercus magnificus</i>
<i>Hemiaulus sinensis</i>	<i>Rhizosolenia faggilissima</i>	<i>Ornithocercus thumii</i>
<i>Hemiaulus membranaceus</i>	<i>Rhizosolenia hebetata</i>	<i>Dinophysis caudata</i>
<i>Amphiprora gigantea</i>	<i>Rhizosolenia imbricata</i>	<i>Dinophysis tripos</i>
<i>Amphiprora alata</i>	<i>Rhizosolenia robusta</i>	<i>Pyrocystis robusta</i>
<i>Bacteriastrium comosum</i>	<i>Rhizosolenia setigera</i>	<i>Ceratium candelabrum</i>
<i>Bacteriastrium delicatum</i>	<i>Guinardia striata</i>	<i>Ceratium carriense</i>
<i>Chaetoceros affine</i>	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Ceratium declinatum</i>
<i>Chaetoceros constrictus</i>	<i>Thalassiothrix longissima</i>	<i>Ceratium furca</i>
<i>Chaetoceros curvisetum</i>	<i>Thalassiosira excentrica</i>	<i>Ceratium fusus</i>
<i>Chaetoceros diversum</i>	<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	<i>Ceratium inflatum</i>
<i>Chaetoceros dydimus</i>	Orden Pennales Schütt 1896	<i>Ceratium macroceros</i>
<i>Chaetoceros distans</i>	<i>Asterionellopsis glacialis</i>	<i>Ceratium massiliense</i>
<i>Chaetoceros lauderis</i>	<i>Climacosphenia moniligera</i>	<i>Ceratium ranipes</i>
<i>Chaetoceros laevis</i>	<i>Grammatophora marina</i>	<i>Ceratium setaceum</i>
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	<i>Synedra tabulata</i>	<i>Ceratium tenue</i>
<i>Chaetoceros mesanensis</i>	<i>Synedra ulna</i>	<i>Ceratium tripos</i>
<i>Chaetoceros peruvianum</i>	<i>Synedra spp.</i>	<i>Ceratium vultur</i>
<i>Chaetoceros sp.</i>	<i>Striatella unipunctata</i>	<i>Protoperidinium conicum</i>
<i>Corethron hyztrix</i>	<i>Thalassionema nitzschooides</i>	<i>Protoperidinium steidingerae</i>
<i>Coscinodiscus gigas</i>	<i>Diploneis smithii</i>	<i>Protoperidinium divergens</i>
<i>Coscinodiscus granii</i>	<i>Diploneis notabilis</i>	
<i>Coscinodiscus sp.</i>	<i>Gyrosigma spp.</i>	OTROS
<i>Coscinodiscus marginatus</i>	<i>Navicula sp.</i>	División CIANOPHYTA
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	<i>Pleurosigma elongatum</i>	<i>Oscillatoria spp</i>
<i>Stephanopyxis turris</i>	<i>Pleurosigma hamuliferum</i>	
<i>Lithodesmium undulatum</i>	<i>Pleurosigma nicobaricum</i>	
<i>Odontella mobiliensis</i>	<i>Pleurosigma spp.</i>	División CLOROPHYTA
<i>Odontella regia</i>	<i>Pleurosigma strigosum</i>	<i>Scenedesmus opoliensis</i>
<i>Odontella rhombus</i>	<i>Plegiotrophis lepidoptera</i>	<i>Staurastrum asterias</i>
<i>Odontella sinensis</i>	<i>Trachyneis aspera</i>	<i>Pediastrum duplex</i>
<i>Hemidiscus cuneiformes</i>	<i>Cylindrotheca closterium</i>	
<i>Leptocylindrus danycus</i>	<i>Nitzschia longissima</i>	
<i>Guinardia flaccida</i>	<i>Nitzschia palea</i>	
<i>Ditylium brightwelli</i>	<i>Pseudonitzschia pungens</i>	
<i>Proboscia alata</i>	<i>Nitzschia sigma</i>	
<i>Rhizosolenia bergoni</i>	<i>Nitzschia spp.</i>	

7.2.2 Densidad celular.

La densidad celular total varió entre una máxima de 7.044,47 células/l en el NS – 1, y una mínima de 344,11 células/l en S – 2; en un ambiente de no surgencia la profundidad que presentó el valor más alto fue a los 0 m con 1.494,47 células/l (NS – 1), y la profundidad que mostró la menor densidad celular fue a los 50 m (NS – 3) con 25,39 células/l (tabla 3). En surgencia, la densidad celular tuvo una máxima de 987,50 células/l a los 0 m (S – 3) y una mínima de 36,04 células/l a los 0 m (S – 2), ostentando los valores más bajos a los reportados en condiciones de no surgencia (tabla 3).

Tabla 3. Densidad fitoplanctónica (células/l) en la columna de agua para los muestreos realizados durante la surgencia (S) y no surgencia (NS), dentro de los 0 – 50 m, frente a la Ensenada de Gaira, Caribe colombiano.

Profundidad (m)	S-1	S-2	S-3	S-4	NS-1	NS-2	NS-3	NS-4
0	43,22	36,04	987,50	815,59	1494,47	1460,00	118,97	189,39
10	53,40	77,16	374,75	244,10	1413,00	429,00	133,16	65,43
20	61,11	38,48	364,21	360,61	1081,50	931,00	97,45	29,59
30	62,50	57,5	515,50	333,17	1457,50	795,00	41,54	37,17
40	205,5	73,23	324,50	83,25	836,50	438,50	55,14	87,43
50	66,73	61,7	386,84	425,76	761,50	903,00	25,39	28,50
Densidad total	492,46	344,11	2953,3	2262,48	7044,47	4956,5	471,65	437,51

En el evento de surgencia las diatomeas obtuvieron las densidades más altas oscilando entre 0,50 – 1.600 células/l, la especie más abundante fue *Skeletonema costatum*, seguidas por *Chaetoceros distans*, *Chaetoceros lorenzianus*, *Thalassionema nitzschoides* y *Pseudonitzschia pungens*, la menor densidad celular lo reportó la especie *Thalassiothrix longissima* con 0,50 células/l que solo se apreció a los 30 m (S – 4), seguidas por *Thalassiosira dicipiens* y *Ditylium brightwelli* con 0,51 células/l (anexo D). En grupo de los dinoflagelados las densidades fluctuaban entre 1,0 – 9,0 células/l, la especie con la mayor densidad celular fue *Ceratium tripos*

seguida por *Protoperdinium steidingerae* y las que contribuyeron con la menor densidad celular fueron *Ceratium lineatum*, *Dinophysis caudata* y *Ornithocercus magnificus* (anexo D).

En no surgencia, las diatomeas obtuvieron densidades celulares totales entre 0,50 – 2.539 células/l, las especies que ostentaron las mayores densidades celulares fueron *Chaetoceros distans*, *Chaetoceros lorenzianus*, *Skeletonema costatum* y *Thalassionema nitzschooides*, la especie que exhibió la densidad más baja fue *Amphiprora gigantea*, seguida por *Coscinodiscus marginatus*, *Rhizosolenia castracanei* y *Nitzschia longissima*, cada una con 0,51 células/l (anexo D). Dentro de los dinoflagelados que exhibieron densidades totales entre 0,51 – 11,65 células/l, la especie que contribuyó con la densidad más alta fue *Protoperdinium steidingerae*, seguida por *Ceratium massiliense* y las densidades más bajas las obtuvieron *Ceratium tenue*, *Ceratium ranipes* y *Ceratium declinatum* (anexo D).

A partir de la información de la densidad total por profundidad, se cuantificó la densidad integrada de la columna de agua de las diferentes especies, evidenciando los mismos patrones con respecto a la densidad por profundidad, presentando mayores valores en el evento de no surgencia. Durante surgencia, *Chaetoceros distans*, *Chaetoceros lorenzianus*, *Skeletonema costatum*, *Coscinodiscus radiatus* y *Coscinodiscus gigas* ostentaron los valores más altos todos por encima de 500 células/m², en cambio las especies que obtuvieron valores por debajo de 10 células/m², fueron *Rhizosolenia bergonii*, *Climacosphenia moniligera*, *Dinophysis caudata* y *Ceratium tripos* (tabla 4). Para las condiciones de no surgencia se obtuvo que especies tales como *Chaetoceros distans*, *Chaetoceros lorenzianus* y *Skeletonema costatum* ostentaron valores por encima de las 6.000 células/m², en cambio *Rhizosolenia castracanei*, *Ornithocercus magnificus*, *Ceratium massiliense* y *Ceratium setaceum* mostraron valores por debajo de 5,0 células/m² (tabla 4).

Tabla 4. Densidad integrada (células/m²) en la columna de agua para los muestreos realizados durante la surgencia (S) y no surgencia (NS) entre Julio y Septiembre del 2006, frente a la Ensenada de Gaira, Caribe colombiano.

Especie	S-1	S-2	S-3	S-4	NS-1	NS-2	NS-3	NS-4
<i>Hemiaulus hauckii</i>	20,2	5,1	12,6	10,2	147,7	10,0	26,2	10,5
<i>Hemiaulus sinensis</i>	20,1	7,6	15,2	0,0	55,0	131,3	10,5	0,0
<i>Amphiprora gigantea</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0
<i>Amphiprora alata</i>	0,0	0,0	20,0	10,1	5,0	15,0	0,0	0,0
<i>Bacteriastrium comosum</i>	40,3	43,4	137,5	118,4	737,8	791,3	76,7	31,0
<i>Bacteriastrium delicatum</i>	0,0	0,0	91,6	185,7	162,7	255,0	0,0	2,5
<i>Chaetoceros affine</i>	112,7	78,7	656,7	457,2	3796,8	3015,0	30,7	81,6
<i>Chaetoceros curvisetum</i>	35,3	37,6	178,8	171,2	4746,0	2777,5	28,2	0,0
<i>Chaetoceros constrictus</i>	110,8	48,3	112,0	158,0	4181,6	1315,0	10,8	18,2
<i>Chaetoceros diversum</i>	40,0	35,7	944,2	714,7	1511,0	1616,3	184,2	104,3
<i>Chaetoceros didymus</i>	15,2	30,0	390,6	222,9	3772,8	1932,5	0,0	0,0
<i>Chaetoceros distans</i>	657,7	200,6	2435,4	1997,6	12962,4	6961,3	246,3	159,2
<i>Chaetoceros lauderi</i>	0,0	0,0	455,5	218,8	712,5	115,0	263,0	118,8
<i>Chaetoceros laevis</i>	0,0	0,0	32,6	15,2	292,5	130,0	0,0	0,0
<i>Chaetoceros lorentzianus</i>	210,9	204,4	2466,2	1526,4	7613,1	3632,5	330,7	356,8
<i>Chaetoceros pelagicus</i>	0,0	60,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Chaetoceros mesanensis</i>	0,0	0,0	10,1	15,4	30,0	125,0	0,0	0,0
<i>Chaetoceros peruvianum</i>	45,0	2,6	93,2	73,8	618,0	225,0	15,4	17,5
<i>Chaetoceros sp.</i>	70,3	45,6	84,9	109,1	157,6	110,0	17,9	15,4
<i>Corethron hyztrix</i>	0,0	0,0	18,0	31,4	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Coscinodiscus gigas</i>	454,4	509,0	169,2	223,8	152,5	252,5	10,3	5,1
<i>Coscinodiscus granii</i>	130,3	101,5	325,7	355,3	427,9	395,0	73,2	67,9
<i>Coscinodiscus marginatus</i>	0,0	0,0	0,0	10,3	0,0	0,0	0,0	5,2
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	773,1	627,0	414,9	262,4	182,8	517,5	86,0	20,6
<i>Stephanopyxis turris</i>	0,0	0,0	30,3	0,0	20,0	0,0	0,0	0,0
<i>Lithodesmium undulatum</i>	0,0	0,0	66,6	25,6	102,6	40,0	5,1	5,1
<i>Odontella mobiliensis</i>	15,0	25,4	12,9	10,1	137,5	45,0	0,0	5,2
<i>Odontella sinensis</i>	15,1	22,5	17,8	10,1	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Hemidiscus cuneiformes</i>	50,2	25,3	15,3	17,6	72,5	52,5	0,0	0,0
<i>Leptocylindrus danyucus</i>	80,4	35,2	284,0	109,1	240,4	122,5	10,2	0,0
<i>Guinardia flaccida</i>	50,2	25,1	87,0	100,1	212,6	102,5	72,0	39,1
<i>Ditylium brightwelli</i>	0,0	0,0	0,0	2,5	42,6	0,0	0,0	0,0
<i>Guinardia striata</i>	12,6	5,1	84,2	58,2	370,2	195,0	46,0	0,0
<i>Proboscia alata</i>	12,5	2,6	57,5	65,9	180,1	100,0	33,5	51,7
<i>Rhizosolenia faggilissima</i>	0,0	0,0	0,0	30,2	15,0	0,0	0,0	0,0
<i>Rhizosolenia bergonii</i>	5,0	5,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	0,0	5,0	5,0	30,5	40,0	15,0	17,9	10,3
<i>Rhizosolenia castracanei</i>	0,0	5,1	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0
<i>Rhizosolenia hebetata</i>	5,0	2,5	0,0	0,0	30,0	5,0	0,0	5,3
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	0,0	25,4	144,0	40,9	137,7	35,0	23,4	0,0
<i>Rhizosolenia setigera</i>	15,0	5,1	137,3	99,0	182,5	132,5	5,1	20,8

LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA PRESENTE EN UN EVENTO DE SURGENCIA, FRENTE A LA COSTA DEL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA, CARIBE COLOMBIANO, AÑO 2006

<i>Rhizosolenia robusta</i>	12,5	15,1	15,4	10,2	0,0	100,0	0,0	10,5
<i>Thalassiosira decipiens</i>	0,0	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Thalassiothrix longissima</i>	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Skeletonema costatum</i>	410,8	210,8	6577,5	5453,2	7721,5	6500,0	1977,7	1489,4
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	235,4	60,4	350,0	0,0	2070,0	895,0	0,0	0,0
<i>Climacosphenia moniligera</i>	2,5	0,0	15,0	0,0	37,5	25,0	0,0	0,0
<i>Grammatophora marina</i>	0,0	0,0	32,6	2,5	75,0	0,0	0,0	0,0
<i>Synedra</i> spp.	27,6	25,4	87,8	17,7	5,0	90,0	5,1	5,2
<i>Thalassionema nitzschooides</i>	132,9	35,4	4150,7	2994,4	4338,7	4130,0	194,8	298,7
<i>Diploneis</i> sp.	17,5	17,5	5,0	0,0	15,0	27,5	0,0	0,0
<i>Diploneis notabilis</i>	0,0	0,0	30,0	0,0	25,0	10,0	5,1	0,0
<i>Gyrosigma</i> spp.	35,1	15,3	56,5	25,4	52,5	147,5	5,1	5,2
<i>Plagiotropis lepidoptera</i>	0,0	5,1	5,0	5,1	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Pleurosigma hamuliferum</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	20,0	5,0	0,0	0,0
<i>Pleurosigma elongatum</i>	0,0	0,0	61,6	22,6	0,0	90,0	5,4	0,0
<i>Pleurosigma strigossum.</i>	12,6	17,7	144,3	43,0	0,0	45,0	5,1	10,5
<i>Pleurosigma nicobaricum</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	27,5	0,0	0,0	0,0
<i>Pleurosigma</i> spp.	10,0	17,7	122,9	20,2	110,0	220,0	21,1	10,2
<i>Trachyneis aspera</i>	10,0	22,8	20,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Cylindrotheca closterium</i>	22,6	10,1	6,0	0,0	40,0	12,5	2,6	5,1
<i>Nitzschia longissima</i>	5,0	5,0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,1
<i>Pseudonitzschia pungens</i>	310,3	181,1	822,5	233,4	435,0	57,5	69,1	184,4
<i>Nitzschia sigma</i>	25,1	15,2	0,0	0,0	0,0	30,0	5,1	2,5
<i>Ornithocercus magnificus</i>	0,0	0,0	5,1	5,1	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Dinophysis caudata</i>	5,1	5,1	0,0	0,0	0,0	20,0	5,4	5,2
<i>Pyrocystis robusta</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	15,0	25,0	0,0	5,1
<i>Ceratium lineatum</i>	0,0	10,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Ceratium carriense</i>	0,0	0,0	15,6	0,0	5,0	5,0	0,0	0,0
<i>Ceratium fusus</i>	0,0	10,1	21,1	10,1	0,0	5,0	5,1	0,0
<i>Ceratium inflatum</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,5
<i>Ceratium massiliense</i>	10,0	5,1	0,0	2,5	47,5	20,0	7,7	0,0
<i>Ceratium declinatum</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,4	0,0
<i>Ceratium ranipes</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,3
<i>Ceratium setaceum</i>	0,0	0,0	5,1	0,0	40,0	0,0	0,0	0,0
<i>Ceratium tenue</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,1	0,0
<i>Ceratium tripos</i>	0,0	2,5	10,0	50,7	7,5	15,0	0,0	5,2
<i>Ceratium vultur</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5
<i>Protoperidinium conicum</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	41,3	10,5
<i>Protoperidinium divergens</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,1	5,2
<i>Protoperidinium steidingerae</i>	5,0	10,1	32,1	0,0	7,5	32,5	0,0	41,2
<i>Pediastrum duplex</i>	22,7	25,4	5,1	0,0	20,0	55,0	0,0	16,0
<i>Scenedesmus opoliensis</i>	65,0	0,0	7,6	30,3	0,0	10,0	0,0	0,0

A partir de lo anterior, se puede dilucidar que en términos de *composición* específica no se encontraron diferencias marcadas, en cambio, considerando las abundancias específicas, se presentaron discrepancias marcadas apreciándolo en el dendrograma de similaridad de Bray-Curtis (figura 10), el cual, muestra una segregación de muestras entre eventos de surgencia y no surgencia, a partir de la formación de cuatro agrupaciones principales, la primera (A) reunió las muestras de 10 a 50 m de S – 3 y S – 4 realizado en surgencia; la segunda (B) agrupó los muestreos realizados en no surgencia NS – 1 y NS – 2, con las muestras someras de S – 3 y S – 4 ; la tercera reunió (C) las muestras de surgencia S-1 y S-2, y la cuarta (D) congregó las muestras en condiciones de no surgencia NS – 3 y NS – 4, indicando las diferencias marcadas en términos de abundancia entre las dos condiciones.

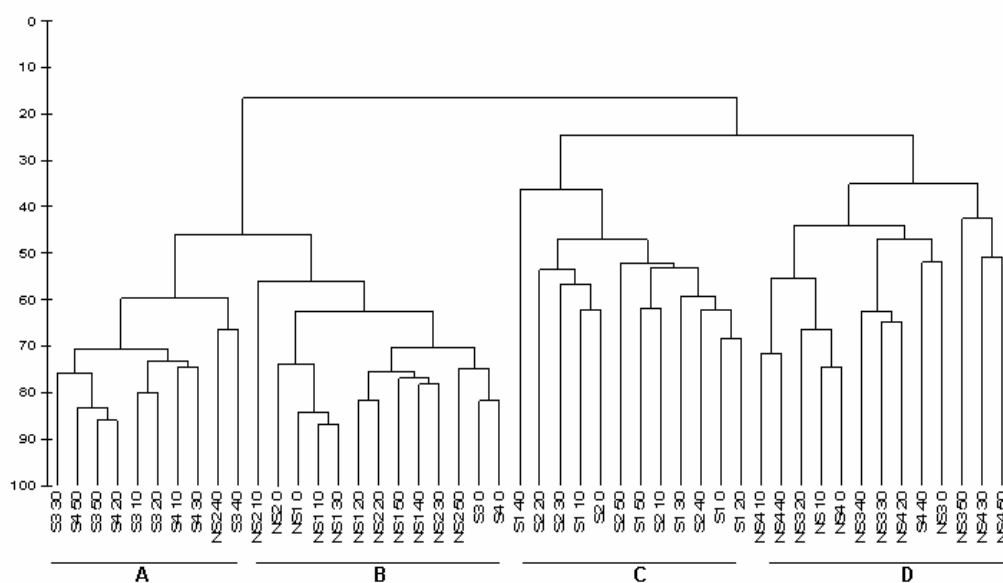


Figura 10. Dendrograma de clasificación aplicando el índice de similaridad de Bray – Curtis, para muestras de fitoplancton obtenidas durante la época de surgencia (S) y no surgencia (NS), dentro de los 0 a 50 m, frente a la Ensenada de Gaira, Caribe colombiano. Las líneas verticales señalan los grupos formados (A, B, C, y D).

Las anteriores agrupaciones, son corroboradas mediante el análisis de similaridad de Bray-Curtis, considerando la densidad integrada, en la cual, se observa que los muestreos realizados en surgencia y no surgencia, se agrupan entre ellos mismos, siendo esto justificable ya que las densidades celulares fueron diferentes en los dos eventos analizados (figura 11).

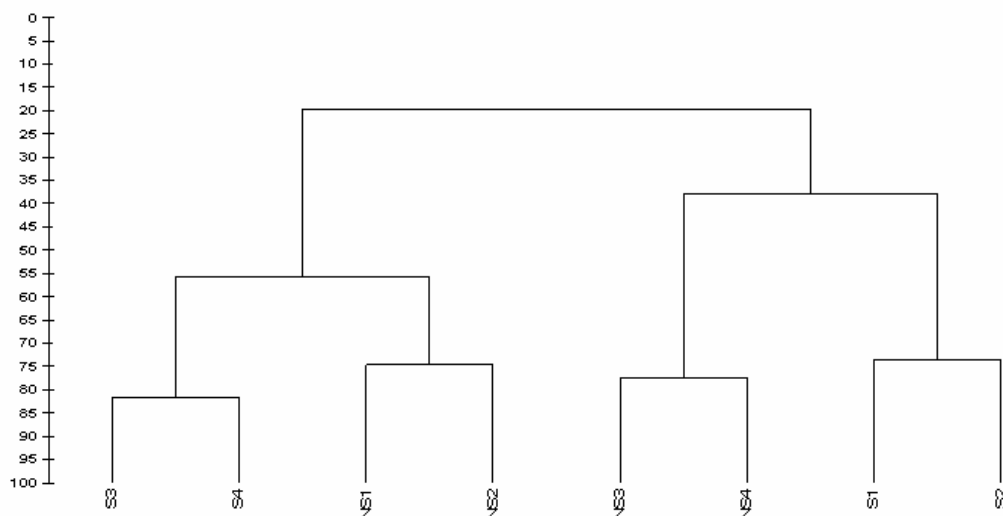


Figura 11. Dendrograma de clasificación aplicando el índice de similaridad de Bray – Curtis para muestras de fitoplancton obtenidas durante eventos de surgencia (S) y no surgencia (NS), teniendo en cuenta la densidad específica del fitoplancton, integrada en la columna de agua.

7.2.3 Índices ecológicos.

En general, la diversidad de la comunidad respondió a una amplia riqueza de especies y a la baja predominancia de una o un grupo de especies, siendo realmente más importante la composición específica. En el evento de surgencia los valores de diversidad fluctuaron entre 2,35 – 2,91, siendo el producto principalmente de una alta riqueza de especies (como en el S-2), que a una variación en la uniformidad de las abundancias, la cual fue bastante alta (mayor a 0,6) e indica que las especies tienden a presentar valores de abundancia cercanos. Esto se confirma al evaluar el índice de

predominio, el cual, no superó el valor de 0.15, indicando que no existe una especie o grupo de especies que predomine(n) dentro de la comunidad fitoplanctónica (tabla 5). En condiciones de no surgencia la diversidad calculada varió entre 2,13 – 2,66, los valores son más bajos a los reportados en surgencia, debido en gran medida al predominio de algunas especies y una uniformidad que ostentó valores por debajo de 0,6, pero en general, el comportamiento de la diversidad para las dos eventos es similar (tabla 5).

Tabla 5. Atributos estructurales de la comunidad fitoplanctónica para los muestreos realizados durante la surgencia (S) y no surgencia (NS), frente a la Ensenada de Gaira, Caribe colombiano.

	S-1	S-2	S-3	S-4	NS-1	NS-2	NS-3	NS-4
Total de especies	45	52	59	52	55	58	41	43
Riqueza	5,25	6,38	5,78	5,25	4,91	5,41	4,82	5,19
Uniformidad	0,75	0,74	0,61	0,60	0,65	0,65	0,57	0,59
Diversidad	2,87	2,91	2,50	2,35	2,59	2,66	2,13	2,20
Predominio	0,09	0,10	0,15	0,17	0,11	0,10	0,27	0,24

7.2.4 Clorofila a, pigmentos fotosintéticos e IAF.

Las concentraciones de clorofila a fluctuaron a lo largo del periodo de estudio entre 0,00 – 2,21 mg/m³. En periodo de no surgencia, las concentraciones mostraron dos comportamientos, el primero se presentó para NS – 1 y NS – 2, donde las concentraciones fluctuaron a lo largo de la columna de agua, oscilando fuertemente entre 0,31 – 1,89 mg/m³, presentando la máxima a los 20 m, el segundo comportamiento que se evidenció fue en las muestras de NS – 3 y NS - 4, donde las concentraciones aumentaron a lo largo de la columna de agua, ostentando los valores más altos en las muestras más profundas (figura 12).

En el periodo de surgencia la concentración de clorofila *a* fluctuó a lo largo de la columna de agua. Las máximas concentraciones se presenciaron en las muestras menos profundas 2,13 mg/m³ a los 10 m (S – 1) y 1,44 mg/m³ a los 0 m (S – 2), en las demás profundidades los valores oscilaron entre 0,00 – 1,17 mg/m³. En general, presentó el mismo patrón entre eventos y no se evidenciaron diferencias claras entre las dos épocas de estudio (figura 12).

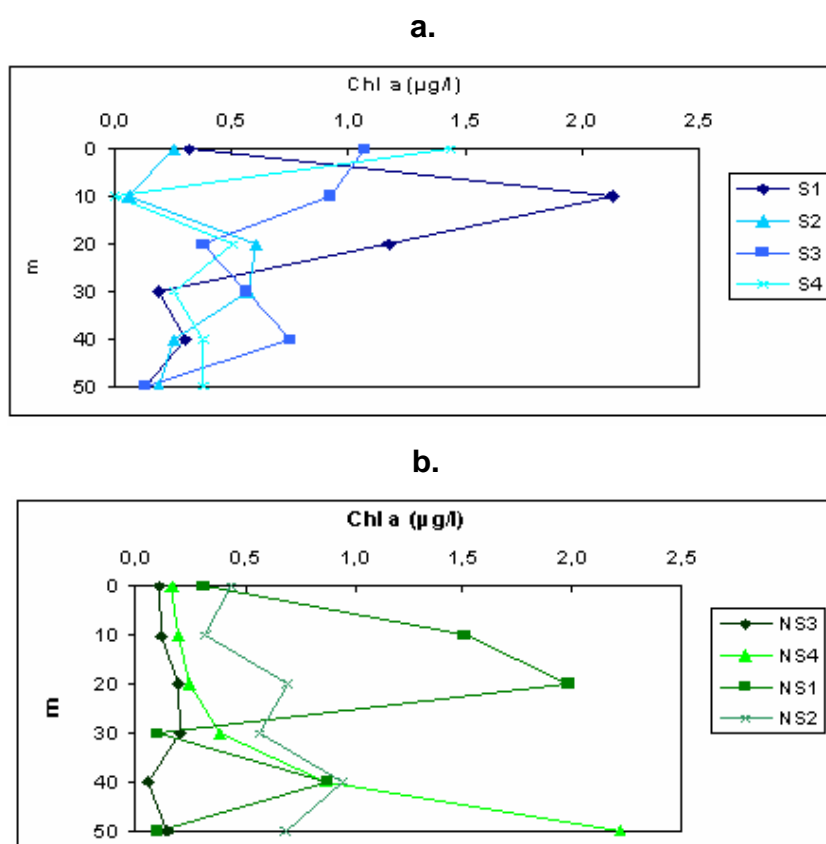


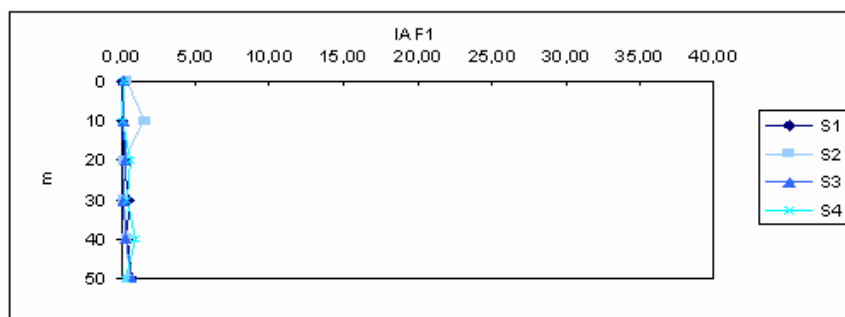
Figura 12. Variación vertical de las concentraciones de la clorofila *a* (Chl *a* mg/m³), en época de surgencia (a) y no surgencia (b), para los muestreos realizados entre Julio y Septiembre del 2006, en la Ensenada de Gaira.

La concentración de feopigmentos *a* fue variable a lo largo de la columna de agua, fluctuando entre 0,099 – 1,210 mg/m³ mientras que en no surgencia los valores estuvieron por encima a los obtenidos en surgencia, siendo la muestra a 50 m la que presentó el valor más alto (5,8 mg/m³), los valores fluctuaron entre los 0,18 – 1,97 mg/m³ (anexo B).

Las concentraciones de carotenoides mostraron valores muy similares en las dos condiciones, en el evento de surgencia, las máximas concentraciones se presentaron en muestras a 0 y 10 m, siendo el valor más alto a los 0 m (0,53 mg/m³) y la mínima se obtuvo a los 50 m con 0,05 mg/m³ (S – 1); en época de no surgencia los valores oscilaron entre 0,08 – 0,49 y la máxima concentración alcanzada fue a los 40 m de NS – 4 (anexo B).

Los índices de actividad fotosintética con respecto a los feopigmentos (IAF₁), mostraron valores por debajo de 25,00; para el evento de surgencia los valores fluctuaron a lo largo de la columna de agua entre 0,00 – 1,58, ostentando el valor más alto a 10 m de S - 2 (figura 12), en los muestreos realizados en no surgencia, los valores oscilaron entre 0,00 hasta llegar a la muestra de 50 m de NS – 3 que presentó el mayor valor de 36,34 (figura 13). Esto indica, que la comunidad fitoplanctónica es fotosintéticamente activa en cualquiera de las dos condiciones oceanográficas que se presenten.

a.



b.

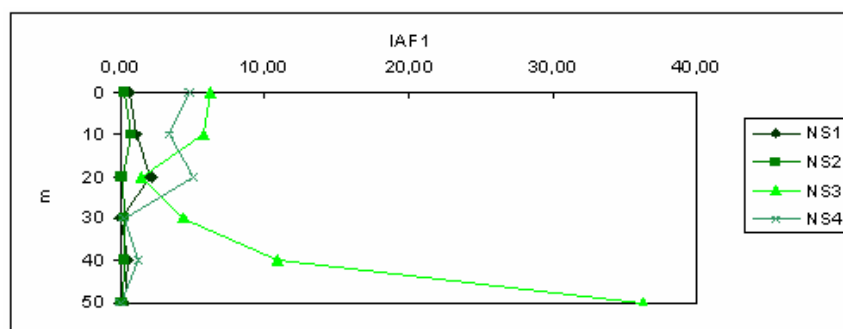


Figura 13. Variación vertical del índice de actividad fotosintética IAF_1 con respecto a los feopigmentos durante la época de surgencia (a) y no surgencia (b) para los muestreos realizados entre los meses de Julio – Septiembre del 2006.

El índice de actividad fotosintética con respecto a los carotenoides (IAF_2), evidenció un comportamiento similar a lo reportado en IAF_1 en época de surgencia el valor máximo se encontró a los 10 y 30 m, fluctuando entre 0,00 – 0,95; en no surgencia los datos oscilaron entre los 0,080 – 2,06, con la máxima a 40 m del NS – 3 (figura 14).

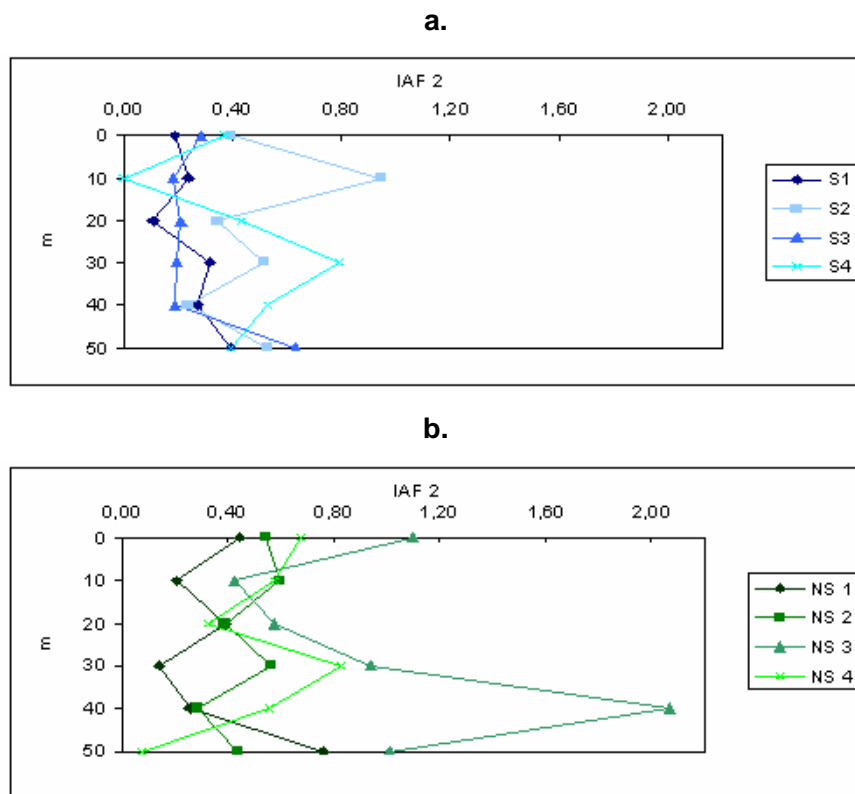


Figura 14. Variación vertical del índice de actividad fotosintética IAF_2 con respecto a los carotenoides durante la época de surgencia (a) y no surgencia (b), para los muestreos realizados entre Julio y Septiembre del 2006.

7.2.5 Variables ambientales y la comunidad.

La tabla 6 muestra el resultado de la mejor combinación de las 6 variables ambientales medidas, que explican la distribución de los muestreos en época de surgencia y no surgencia. Se excluyó los compuestos nitrogenados por no poseer la información completa. En la segunda columna de la tabla aparecen los coeficientes de correlación armónica (r) para las tres combinaciones más altas de cada grupo secuencial de variables (k). Para cada fila, se listan en orden secuencial las mejores combinaciones de variables. La salinidad, la temperatura y los ortofosfatos, mostraron el coeficiente más alto; en otras palabras, son las que mejores explican el esquema biológico hallado en el ordenamiento.

Tabla 6. Análisis BIOENV. Combinación de 6 variables ambientales en grupos de *k* variables para 48 muestras. Se indica en cada caso las correlaciones más altas (*r*), la mejor combinación se resalta en negro. pH, Salinidad (UPS), temperatura (T°C), ortofosfatos (HPO₄⁻), Carotenoides (C), oxígeno disuelto (O.D) y porcentaje de saturación (%S).

k	R	pH	UPS	T	HPO₄⁻	O.D	% S
1	0,315		X				
1	0,194			X			
1	0,185				X		
2	0,374		X	X			
2	0,323	X	X				
2	0,322		X		X		
3	0,375		X	X	X		
3	0,367	X	X	X			
3	0,326		X	X		X	
4	0,368	X	X	X	X		
4	0,327		X	X	X	X	
4	0,321	X	X	X		X	
5	0,322	X	X	X	X	X	
5	0,040	X	X	X	X		X
5	0,038		X	X	X	X	X
6	0,038	X	X	X	X	X	X

Para observar la distribución espacial de la comunidad con relación a las variables temperatura, salinidad, y ortofosfatos, se colocaron rangos a cada variable para observar su incidencia a las dos condiciones. La figura 15 esquematiza el ordenamiento de las épocas de surgencia y no surgencia durante el periodo de estudio; esto se realizó con base en los datos de densidades celulares y los intervalos colocados a cada variable. En las tres ordenaciones (figura 15), se apreció una segregación espacial relacionada con la época de muestreo en el plano horizontal y vertical, hacia la derecha e izquierda se encuentra los muestreos en condición de no surgencia y hacia el centro y abajo los realizados en surgencia. No se observó una segregación temporal; los resultados obtenidos son similares a los mostrados en el dendrograma clasificación, indicando que las dos épocas estudiadas se agrupan entre ellas. Lo anterior muestra que la comunidad fitoplanctónica se distribuye siguiendo un esquema de acuerdo a la temperatura, salinidad y ortofosfatos.

LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA PRESENTE EN UN EVENTO DE SURGENCIA, FRENTE A LA COSTA DEL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA, CARIBE COLOMBIANO, AÑO 2006

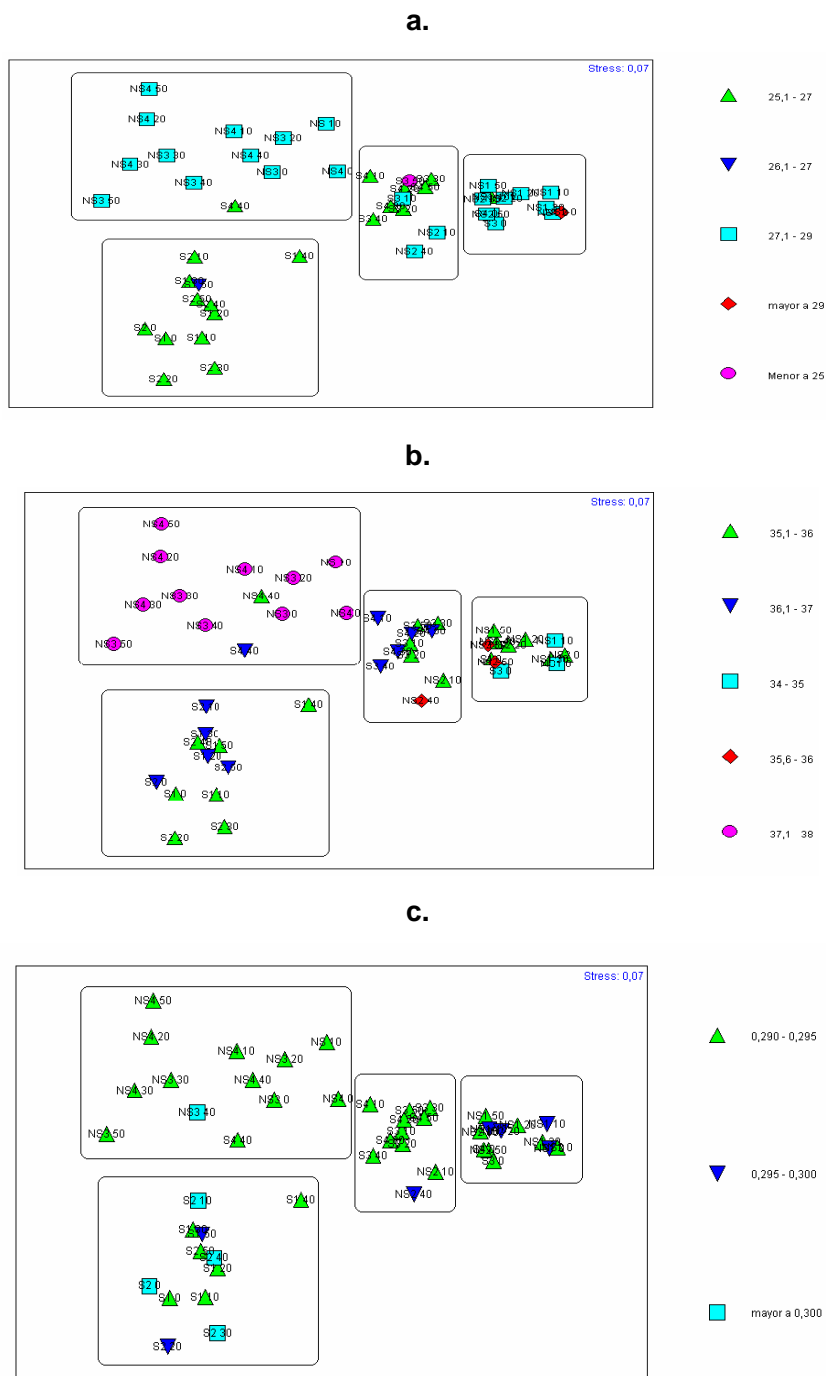


Figura 15. Escalamiento multidimensional no métrico NMDS, mostrando la distribución con respecto a la temperatura (a), salinidad (b) y ortofosfatos (c) quienes obtuvieron el coeficiente de correlación más alto en el BIOENV, durante la época de surgencia (S) y no surgencia (NS), para los muestreos realizados entre Julio y Septiembre del 2006, frente a la Ensenada de Gaira, Caribe colombiano.

8 DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

8.1 Componente abiótico

Las condiciones ambientales durante el período de estudio estuvieron claramente moduladas por procesos de surgencias, a pesar que estuvieron influenciadas por lluvias casuales incrementando el aporte continental y acción de los vientos del suroeste, correspondiente a un ambiente de no surgencia (figura 2). Según algunos autores (Margalef, 1978 y González *et al.*, 2006), el ascenso de aguas subsuperficiales genera turbulencia en la columna de agua, modificando el ambiente físico y químico, aumentando la densidad de organismos y cambiando la estructura vertical del fitoplancton.

En términos ambientales, se observó un mayor número de relaciones entre muestreos del mismo evento. Las variables que mejor representaron la variación de la columna de agua fueron la temperatura y la salinidad; en condición de surgencia la temperatura generó una variación vertical entre la superficie y el fondo (50 m) de 4,3 °C, con una ligera termoclina a los 10 m de profundidad, en cambio en no surgencia la temperatura fluctuó en el gradiente vertical solo 1,5 °C. La salinidad fue similar entre los dos eventos, registrando valores entre 34,7 y 38,0 UPS, indicando un alto grado de homogeneidad del campo halino, típico de una zona modulada por la acción de aguas de afloramiento, siendo superior a la media anual reportada por Ramírez (1983).

Estos resultados están dentro de los rangos propuestos por otros autores para la Ensenada de Gaira en el Departamento del Magdalena (Bernal, 1994, Londoño, 1995, Tigreros *et al.*, 1999, Castro *et al.*, 2002, Barragán *et al.*, 2003 y Campos *et al.*, 2004), quienes evidenciaron las menores temperaturas y salinidades altas en presencia de eventos de surgencias. Además estas diferencias concuerdan con lo expresado por

diversos autores en diferentes focos de surgencias (Ramírez, 1983; Kelly y Blanco, 1984; Berges *et al.*, 2004; Pizarro *et al.*, 2005; González *et al.*, 2006), quienes señalaron valores de salinidad entre 33,0 – 35,3 UPS y ascensos de aguas más frías, dependiendo de la intensidad y duración de los vientos, provocando así el enfriamiento de la columna de agua hasta la superficie. Este proceso tiene alta importancia biológica porque cambia la columna de agua estratificada, de mayor temperatura a valores bajos de temperatura, generando un estrés fisiológico, provocando cambios sucesionales a las comunidades fitoplanctónicas. Las altas salinidades estarían asociadas a la presencia de Aguas Intermedias del Atlántico Norte, que corresponden a una masa de agua que se localiza a profundidades entre los 50 y 200 m (Ramírez, 1983).

El pH durante las dos condiciones no fue una variable que estuviera relacionada con la modificación de la columna de agua, ya que presentó valores similares para las dos condiciones, con una variación de 0,4. Los resultados obtenidos son similares a los reportados por autores como Bernal (1994), Tigreiros *et al.* (1999), Barragán *et al.* (2003), y Campos *et al.* (2004), quienes observaron un declive general descendiente en la columna de agua, sin ser muy drástico y pocas diferencias entre épocas climáticas, esto es de esperarse a causa de la alta capacidad tampón, mostrando características neutrales típicas de aguas marinas (Tait, 1988).

Desde el punto de vista químico, la revelación del ascenso de aguas subsuperficiales puede ser visualizado a partir de las concentraciones de oxígeno disuelto, mostrando los valores extremos en condiciones de no surgencia teniendo aguas cercanas a la saturación por encima del 90 %, (4,01 - 4,34 ml/l) y las menores concentraciones durante el evento de surgencia indicando aguas subsaturadas con un porcentaje inferior al 90 % y concentraciones entre 3,44 – 4,56 ml/l (figuras 6 y 7). Los datos reportados son similares o inferiores a los obtenidos para la Bahía de Santa Marta por Ramírez

(1983, 1990) y en la Península de la Guajira por Duarte (1996) quienes reportaron valores entre 4,2 ml/l y 5,1 ml/l; en Venezuela González *et al.* (2006) obtuvieron rangos entre 5,5 – 8,5 ml/l; en Chile Santander *et al.* (2001) y Kelly y Blanco (1984), las concentraciones encontradas fueron menores a 3,0 ml/l, comparativamente indica que el evento de surgencia del Departamento del Magdalena frente a otros focos de surgencia, trae aguas pobres de oxígeno típico de aguas de afloramiento.

A nivel de nutrientes, las concentraciones permanecieron similares, no se evidenciaron diferencias marcadas entre eventos. Los valores más altos se apreciaron en surgencia y los mínimos en no surgencia. Los resultados obtenidos fueron similares a los reportados en otros sectores del Departamento del Magdalena, en condiciones climáticas diferentes (tabla 7). Los valores de nitritos y amonio se encontraron por debajo de 1,000 ($\mu\text{g at l}^{-1}$) y ortofosfatos entre 0,01 – 2,00 $\mu\text{g at l}^{-1}$, con algunos valores máximos en condiciones de lluvia.

En otros focos de surgencias descritos, Álvarez *et al.* (1976) en la Bahía de San Quitin y Punta Banda en California, ostentaron valores de ortofosfatos entre 0,8 – 2,8 $\mu\text{g at l}^{-1}$, y nitratos de 0,3 – 1,5 $\mu\text{g at l}^{-1}$, Santander *et al.* (2001), evidenciaron valores de nitratos entre 4 - 19 $\mu\text{g at l}^{-1}$ y ortofosfatos por encima de 3,0 $\mu\text{g at l}^{-1}$, Silva y Valdenegro (2003), obtuvieron concentraciones puntuales mayores de 1 y 5 $\mu\text{g at l}^{-1}$ de ortofosfatos y nitratos, respectivamente y para la Bahía de Panamá Cruz *et al.* (1991), obtuvieron valores de ortofosfatos entre 0,2 – 2,8 $\mu\text{g at l}^{-1}$. Las concentraciones detectadas a lo largo de la presente investigación son bajas comparadas con algunas surgencias fuertes (Chile – Perú y California), lo cual, es producto a que las aguas del Atlántico no han remineralizado todo sus compuestos preformados, siendo este océano menos productivo a comparación del Pacífico, pero las concentraciones de nutrientes no son limitadas siendo una característica típica de estos sistema (Arcos y

Salamanca, 1984 y Ahumada *et al.*, 1991). Esto hace posible que se beneficie toda la comunidad fitoplanctónica, debido a que los nuevos nutrientes que trae la surgencia los pueden asimilar en su totalidad, debido a que las concentraciones no son altas, sin causarle un estrés fisiológico y así lograr captar todos los nutrientes.

Tabla 7. Rangos de concentración de nutrientes ($\mu\text{g at l}^{-1}$) en las capas superficiales de la Ensenada de Gaira y otros sectores del Departamento del Magdalena, considerando diferentes años y períodos climáticos. n.d.= no determinado.

Lugar	Fuente	Período climático	NH_4^+	NO_2^-	HPO_4^-
Ensenada de Gaira	Londoño (1995)	Lluvia	0,02-2,3	0,01-1,25	n.d.
	Serna y Vallejo (1996)	Lluvia	0,17-2,00	0,07-0,87	0,16-2,34
	Tigresos <i>et al.</i> (1999)	Seca	0,10-0,71	0,01-1,49	0,01-1,92
	Barragán <i>et al.</i> (2003)	Lluvia	<0,01-4,78	0,01-0,71	0,01-2,44
	Campos <i>et al.</i> (2004)	Seca	<0,01-7,84	<0,01-5,6	<0,01-0,92
Bahía de Santa Marta	Ramírez (1983)	Anual	n.d	0,02-0,09	0,03-0,35
	Ramírez (1990)	Anual	n.d	0,3 – 0,02	0,02 – 0,28
Bahía de Chengue (zona de coral)	Rodríguez-Ramírez y Garzón-Ferreira (2003)	Anual	<0,1-8,41	0,0-0,71	<0,03-0,54

Hasta este punto, la surgencia evaluada evidencia temperatura y oxígeno disuelto del agua bajos y salinidades altas, comparadas con los resultados obtenidos en los muestreos realizados en condiciones normales (no surgencia), las características descritas son típicas de aguas de surgencia similares a las reportadas por otros autores en distintos focos de surgencias (Ramírez, 1983; Kelly y Blanco, 1984; Berges *et al.*, 2004; Pizarro *et al.*, 2005; González *et al.*, 2006). A nivel de nutrientes las concentraciones

son bajas, rechazando la hipótesis planteada que la surgencia del Departamento produce altas concentraciones de nutrientes comparándola con otros focos de surgencia, pero a nivel de evento, la surgencia si produce algunos incrementos de estas variables, favoreciendo a la comunidad fitoplanctónica por la intrusión de nutrientes nuevos (Libes, 1992).

8.2 Componente biótico.

Se listaron 100 especies en total, de las cuales en los muestreos realizados en evento de surgencia, el microfitoplancton se caracterizó por el dominio cualitativo del orden de las diatomeas centrales con 45 especies, seguida por el orden pennales con 25, posteriormente 18 dinoflagelados, tres clorófitas y por último una cianófitas, mientras que en condiciones de no surgencia se identificaron 43 especies de diatomeas centrales, 18 diatomeas pennales, 19 dinoflagelados, 1 cianófitas y 1 clorófitas. La riqueza fue similar durante las dos condiciones estudiadas, lo que sugiere cierta homogeneidad a lo largo de la Ensenada de Gaira. La dominancia de las diatomeas, en número de especies, constituye la característica típica de una comunidad de ambientes de surgencia costera (Santander *et al.*, 2003), además, la componente específica detectada es parte habitual del microfitoplancton de la zona norte de Colombia. Las diatomeas centrales obtuvieron más del 60 % de abundancias, seguida por un 25 % de las diatomeas pennales, superando en número a los dinoflagelados que obtuvieron solo un 10 % de representatividad (figura 8). En el Caribe colombiano, Duarte (1996) en la Península de la Guajira, Caicedo (1975), Franco – Herrera (2001) y Tigreros (2001) en la zona del Departamento del Magdalena, obtuvieron riquezas entre 69 - 100 especies, de las cuales las diatomeas constituyeron más del 70 % en representatividad.

Los valores encontrados en el Caribe centro colombiano, no estuvieron por debajo a los reportados para el Golfo de California por Lassiter *et al.* (2006) quienes obtuvieron 43 especies de diatomeas y 17 especies de

dinoflagelados, ni tampoco por lo encontrado por Martínez - López y Garate (1997) para la misma zona, donde identificaron un total de 124 taxa, de los cuales 80 fueron diatomeas, 36 dinoflagelados, 6 silicoflagelados, 1 cianófito y 1 euglenófito. En Chile, Santander *et al.* (2003), reportaron 87 especies, de las cuales 39 especies fueron diatomeas y 19 dinoflagelados en la zona costera de Iquique; Ochoa y Tarazona (2003) identificaron en la Bahía Independencia, en Pisco Perú, 106 especies, 68 fueron diatomeas y 38 dinoflagelados; e incluso el presente trabajo obtuvo valores más altos a los conseguidos por Cruz *et al.* (1991), quienes obtuvieron para la Bahía de Panamá 55 especies. Signoret y Santoyo (1980) registraron entre 72 y 109 especies, correspondiendo el 71,2 % al grupo de las diatomeas. De lo anterior en términos de riqueza, la surgencia en el Departamento del Magdalena es equiparable con las fuertes surgencias descritas de borde oriental.

A partir de la composición específica no se evidenció discrepancias entre las dos condiciones estudiadas, tal como se demostró en el análisis de Jaccard (figura 9), en el cual no se vio una diferencia marcada en términos de composición específica, esto es debido a que las mismas especies se identificaron para los dos eventos y se obtuvieron riquezas similares, además se destaca el predominio que mostraron los géneros de crecimiento rápido como *Skeletonema*, *Chaetoceros*, *Bacteriastrum*, *Thalassionema* y *Coscinodiscus*, en la distribución vertical como horizontal tanto para el evento de surgencia y de no surgencia. Estudios realizados en el Departamento del Magdalena por Caicedo (1975), Franco – Herrera (2001) y Tigreros (2001) reportaron composiciones específicas similares a las obtenidas en el presente trabajo, siendo *Skeletonema*, *Chaetoceros*, *Bacteriastrum*, *Thalassionema* y *Pseudonitzschia*, los géneros dominantes. Duarte (1996), obtuvo que el grupo con la mayor representatividad fue Bacillariophyceae y los géneros dominantes en número de especies fueron *Bacteriastrum*, *Chaetoceros* y *Rhizosolenia* en la Península de la Guajira. Similares

tendencias se observan en el Pacífico colombiano por Mora (1993), Garcés y Medina (1997) y Ramírez *et al.* (2006), quienes determinaron que la composición fitoplanctónica estuvo dominada por las diatomeas, mientras que los dinoflagelados adquirieron mayor importancia en la zona costera, debido a un incremento significativo de especies del género *Ceratium*. A pesar del incremento de dinoflagelados en la zona oceánica, las diatomeas tuvieron una mayor incidencia.

Santander *et al.* (2003), reportaron como especie dominante *Thalassiosira subtilis*, especie del orden centrales, característico del orden de las especies del presente trabajo; Ochoa y Tarazona (2003) obtuvieron como especies dominantes *Skeletonema costatum* y *Thalassionema nitzschoides*. Margalef (1978), en la surgencia del norte de África obtiene como géneros dominantes a *Nitzschia*, *Chaetoceros* y *Rhizosolenia*. Sánchez (2005) como Signoret y Santoyo (1980), encontraron que en las aguas del sur del Golfo de California, los géneros dominantes fueron *Chaetoceros* y *Thalassionema*.

La estructura específica de la comunidad estuvo definida por la presencia de *Skeletonema costatum*, *Thalassionema nitzschoides* y *Chaetoceros distans* las especies más importante de todo el período de estudio. Entre las cualidades más sobresalientes de ellas destaca el hecho que sus células (de un tamaño promedio de 20 μm) se encuentran embebidas en un mucílago, formando grandes agrupaciones. Hutchings *et al.* (1995) han señalado que las diatomeas que forman cadenas o colonias, con rangos de tamaño entre 5 y 30 μm , pueden tener una mayor habilidad para explotar escenarios de surgencia costera, ya que mantienen una alta eficiencia en términos de captación de luz, incorporación de nutrientes y crecimiento, dado que cada célula conserva su individualidad viéndose favorecida por una mayor relación superficie/volumen (Santander *et al.*, 2003).

En términos de densidades, se encontraron diferencias marcadas entre eventos, los análisis realizados utilizando el índice de Bray-Curtis aparecía una segregación espacial entre los dos eventos, agrupándose los muestreos realizados en surgencia y no surgencia entre ellos mismos, esto es posible debido a que las abundancias específicas son diferentes entre eventos, ostentando los mayores valores en condiciones de no surgencia, en cambio las abundancias específicas en surgencia fueron más homogéneas. Los trabajos realizados en el Departamento del Magdalena (Caicedo, 1975, Franco – Herrera, 2001 y Tigreros, 2001), señalan que las mayores densidades celulares se encuentran en la época modulada por los vientos del suroeste, es decir, en período lluvioso, ya que la comunidad se beneficia por el aporte de nutrientes nuevos que traen las descargas continentales, siendo este un motivo por el cual el presente trabajo las densidades más altas, se encontraron en el periodo con dominancia de vientos del suroeste.

Los resultados de densidad en surgencia son inferiores a los reportados en otros focos de surgencias, así por ejemplo, Trujillo *et al.*, (2001) registraron densidades entre 1.900 a 107.000 células/l, para las costas de Baja California, mientras que para Ochoa y Tarazona (2003), las densidades fluctuaron entre 2.294 y 58.977 células/50 ml, para las costas de Perú, Martínez - López y Gárate (1997), reportaron densidades entre 101×10^3 células/l y 652×10^3 células/l y Pizarro *et al.* (2005) obtuvieron abundancias específicas entre 100 – 2.739.500 células/l en la Bahía de Magallanes en Chile. La distribución cuantitativa del fitoplancton en la Ensenada de Gaira es heterogénea entre y dentro de las dos condiciones. Las bajas densidades es producto de dos causas, la primera, por las bajas concentraciones de nutrientes que traen las aguas de afloramiento, que si bien generan una alta riqueza de especies por la intrusión de nutrientes nuevos capaces de ser asimilados por diversas especies, no logran fertilizar con altos niveles la capas superficiales, impidiendo a los organismos desarrollarse y reproducirse en tasas óptimas; y la segunda causa se debe a

que en época lluviosa las descargas continentales, traen aguas residuales ricas en nitrógeno y fósforo fertilizando la capa superficial incrementando en esos lapsos de tiempo las densidades celulares.

Las especies que presentaron las mayores densidades celulares fueron *Skeletonema costatum*, *Chaetoceros distans*, *Chaetoceros lorenzianus*, *Thalassionema nitzschoides* y *PseudoPseudonitzschia pungens*, este comportamiento se debió a que son especies cosmopolitas de hábitats neríticos, comunes en los mares tropicales y que se desarrollan en aguas oligotróficas (Hutchings *et al.*, 1995). Saunders (1968, En: Santander *et al.*, 2003) describe que las poblaciones de las anteriores especies aumentan cuando en el medio se presentan los nutrientes necesarios para su desarrollo y pueden ser dominantes, cuando se incrementan las concentraciones de los mismos, ya que la presencia de nitrógeno, fósforo y sílice estimulan su crecimiento.

Las condiciones del florecimiento que se apreció en surgencia con la especie *Skeletonema costatum* y género *Chaetoceros* en no surgencia podrían ser explicadas, por una parte, considerando la supresión competitiva de los demás componentes ante su habilidad de explotar eficientemente el ambiente. De acuerdo con Hafner *et al.* (1980), en sistemas altamente dinámicos, y por breves períodos de tiempo, un factor importante es la adaptabilidad de las especies, de manera que diferentes conjuntos específicos de la comunidad residente, alcanzarán sus máximas tasas de crecimiento en momentos también específicos. Así, los patrones de distribución espacial y temporal no serían el reflejo del conjunto de la comunidad fitoplanctónica, sino de ciertas poblaciones que responden a fluctuaciones en determinados factores ambientales (Santander *et al.*, 2003).

De lo anterior, es claro que las altas diversidades que se apreciaron en los dos eventos son dados a que la comunidad respondió a una amplia

riqueza de especies y a la baja predominancia de una o un grupo de especies, siendo realmente más importante la composición específica, confirmando que la comunidad fitoplanctónica se ve favorecida por el ingreso de nutrientes inorgánicos nuevos que trae la surgencia generando una alta riqueza de especies (Lalli y Parsons, 1993).

Según Margalef (1978) el análisis de varias comunidades fitoplanctónicas de diferentes áreas oceánicas del Caribe, el Mediterráneo y el Atlántico Noroeste de África ha proporcionado una extensa serie de valores de diversidad, los cuales fluctúan entre 2,4 y 2,6 (tabla 8), rango dentro del cual se encuentran los valores reportados para el presente estudio. Investigaciones realizadas en Colombia en los focos de surgencia, confirman lo anterior, mostrando niveles de diversidad entre 2,5 – 3,0 (Caicedo, 1975, Mora, 1993, Sánchez, 1996, Franco – Herrera, 2001 y Tigreros, 2001) indicando que el proceso de surgencia en el Departamento del Magdalena es equiparable frente a otros focos de surgencias, en términos de diversidad fitoplanctónica, sin que ello implique siempre una misma composición específica.

Tabla 8 Valores máximos (máx.) y mínimos (min.) de diversidad (H') para diferentes focos de surgencia.

Fuente	Región	min. – max. H'
Margalef (1978)	Noroeste de África	2,4 – 2,6
Signoret y Santoyo (1980)	Región sureste de la Bahía de la Paz y la Ensenada del Anpe	1,98 – 4,02
Carvajal y De La Lanza (1987)	Bahía Tortugas, Baja California	2,6 – 2,9
Martínez - López y Gárate (1997)	Bahía Concepción (26° 33' y 26° 53' N y 111° 42' y 112° 56' W)	1,9-2,5
Ochoa y Tarazona (2003)	Bahía de Independencia, Pisco, Perú	0,5 – 4,0
Santander <i>et al.</i> (2003)	Zona costera de Iquique (20°18'S)	0,2-2,8
Pizarro <i>et al.</i> (2005)	Región de Magallanes (47° y 52° S,)	0,1-2,47

Las concentraciones de clorofila *a* no presentaron grandes diferencias entre las dos condiciones, fluctuando entre 0,00 – 2,13 mg/m³, los valores máximos se apreciaron en la capa superficial durante el periodo de surgencia y a 50 m de profundidad en no surgencia ($\geq 2,0$ mg/m³). De igual forma, resulta interesante destacar lo observado en la progresión de clorofila *a* y su relación con el número de células fitoplanctónicas, donde el máximo de clorofila no presentó concordancia con la distribución del número de células. Esta situación permite sugerir que en determinados momentos en el sistema existiría un predominio de células correspondientes a espectros más pequeños de tamaño (*e.g.* nanoplancton fotosintetizador).

Los datos obtenidos son similares a los reportados en otras regiones del mar Caribe, en la cual señalan como una mínima de 0,1 mg/m³, y máxima de 2,85 mg/m³ (tabla 9).

Tabla 9. Valores máximos (máx.) y mínimos (min.) de clorofila a (Chl a) para diferentes regiones del mar Caribe y la costa Caribe colombiana (Tomado y ampliado de Franco – Herrera, 2005).

Fuente	Región	Tipo	min. – max. Chl a (mg/m ³)
Cuenca del Caribe			
Rodríguez y Varela (1987)	Noreste de Venezuela (70°W / 12°N)	Aguas costeras y oceánicas Zona de surgencia	0.1 – 5.2
Croz <i>et al.</i> (1991)	Bahía de Panamá (80°55'N, 79°32'W)	Zona de surgencia	0,5 – 3,0
Bianchi <i>et al.</i> (1995)	Golfo de México (90°W / 28°N)	Aguas costeras y oceánicas	0.15 – 2.85
Phlips y Badylak (1996)	Florida (80°W / 25°N)	Aguas costeras	0.2 – 39.9
Webber y Roff (1996)	Costa Hellshire Sudeste de Jamaica (76°W / 17°N)	Aguas costeras	0.70 – 2.64
Costa Caribe colombiana			
Arias y Durán (1984)	Bahía de Cartagena (75°W / 12°N)	Aguas costeras	0.20 – 19.25
Gualteros <i>et al.</i> (1992)	Parque Nacional Natural Corales del Rosario (75°W / 10°N)	Laguna costera	0.1 – 0.8
Franco-Herrera <i>et al.</i> (1992)		Aguas oceánicas	0.01 – 0.08
Duarte (1996)	Plataforma continental de la Guajira (71°W / 13°N)	Aguas oceánicas Zona de surgencia	0.76 – 1.52
Franco-Herrera (2001)	Golfo de Salamanca		7.6 – 96.1
Franco-Herrera <i>et al.</i> (2005)	Parque Nacional Natural Tayrona (74°W / 11°N)	Aguas costeras	7.2 – 75.0

Las concentraciones de clorofila a obtenidas para el mar Caribe son más bajas, a las reportadas en zonas de surgencia que mantienen alta explotación pesquera, ubicadas en el Pacífico, tal como lo reportan para California y Chile – Perú, donde los valores fluctúan entre 0,4 – 32,1 mg/m³; en cambio para el norte del Atlántico y mar Árabe ubicado en el océano

Indico, muestran niveles similares a los reportados en este estudio (tabla 10). Al parecer, las bajas concentraciones del presente estudio, responde a las bajas concentraciones de nutrientes, lo cual estaría asociado a la ya mencionada intrusión de aguas de afloramiento originadas en Aguas Intermedias del Atlántico Norte, caracterizadas por presentar bajas concentraciones de compuestos inorgánicos (Libes, 1992).

Tabla 10. Valores máximos (máx.) y mínimos (min.) de clorofila a (Chl a) para diferentes focos de surgencia.

Fuente	Región	Tipo	min. – max. Chl a (mg/m ³)
Álvarez <i>et al.</i> (1976)	Bahía de San Quitin y Punta Banda (31°50 'N y 116°56' W)	Zona de surgencia	1,00 – 13,0
Ishizaka <i>et al.</i> (1992)	Península de Izu (Japón)	Zona de surgencia	0,5 – 2,3
Martínez – López y Gárate (1997)	Bahía Concepción (26° 33' y 26° 53' N y 111° 42' y 112° 56' W)	Zona de surgencia	1.91-2.53
Kerhof <i>et al.</i> (1999)	Costas de New Jersey	Zona costera y surgencia	0,088 – 4,853
Kinkade <i>et al.</i> (2001)	Mar Arábico (15° 53'N, 61°53'E)	Zona de surgencia	0,6 – 2,1
Santander <i>et al.</i> (2001)	Zona costera de Iquique (20°18'S)	Zona de surgencia	1,00 – 10,0
Pizarro <i>et al.</i> (2005)	Región de Magallanes (47° y 52° S,)	Zona de surgencia	0,29 – 16,44
Lassiter <i>et al.</i> (2006)	Norte de California (38°128'.30 N, 123°116'.00 W)	Zona de surgencia	0,4 – 32,1

Los índices de actividad fotosintética tuvieron una relación indirectamente proporcional con las concentraciones de clorofila a. El índice con respecto a las concentraciones de feopigmentos a, que es indicativa del estado fisiológico de la comunidad, fue fluctuante entre los dos eventos, en surgencia las concentraciones estuvieron por debajo de 2, en cambio en no surgencia ostentó los mayores valores, indicando que en ese momento la

calidad de los pigmentos fue menor o mayor al pastoreo del zooplancton. Esto coincide con Margalef (1991), ya que los feopigmentos *a* son producto de la destrucción de los pigmentos del fitoplancton por alta luminosidad, pastoreo o senescencia, e indica el estado fisiológico de la comunidad.

El índice con respecto a los carotenoides, demostró que durante las dos condiciones, el pigmento predominante fue la clorofila *a*, cuando en el medio hay un agotamiento, especialmente por nitrógeno lleva una acumulación de carotenoides incrementando las concentraciones de este pigmento, especialmente de carotenoides cetónicos del tipo de la astaxantina (Margalef, 1991). En líneas generales, cuando los índices obtuvieron valores por debajo de 2 predominó absolutamente la clorofila *a* y la adición de otros pigmentos lo hace subir, esto indica, que la comunidad fitoplanctónica durante el evento de surgencia es fotosintéticamente activa.

8.3 Variables ambientales y la comunidad

Las variables que mejor explicaron el esquema biológico en el ordenamiento fueron la temperatura del agua, la salinidad y los ortofosfatos; a partir de estas variables se observó una segregación en el plano horizontal y vertical de los muestreos realizados en las dos condiciones, indicando que en términos de abundancia y variables ambientales, hay una separación entre el evento de surgencia y no surgencia, esto es asequible, porque las condiciones ambientales que se apreciaron durante la surgencia en la Ensenada de Gaira en el Departamento del Magdalena son la de tener altas salinidades y bajas temperaturas y en términos de abundancia específica, menor número de células. El hecho de que la salinidad y la temperatura hayan sido las variables que mostraron las fluctuaciones más significativas, permite sugerir que la modificación en la estructura de la comunidad microfitoplanctónica en el área de estudio durante un evento de surgencia dependerá, por un lado, de las condiciones fisicoquímicas adecuadas y, por otro lado, de las poblaciones que se encuentren disponibles

geográficamente. Al respecto, Hutchings *et al.* (1995) plantean que, en cortas escalas de tiempo, la distribución de la biomasa y las características de la comunidad estarán principalmente determinadas por una eventual mezcla de las poblaciones fitoplanctónicas que transporta el agua aflorada (“seeding”) y aquellas que se encuentran en la zona fótica.

En otros focos de surgencia, tal como lo reporta en Chile Santander *et al.* (2003), la variable que mejor explica el esquema biológico es la salinidad, de tal forma que la dominancia de diatomeas, junto con mayores concentraciones celulares, se encuentran relacionada con las Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS), que son de por sí más salinas, mientras que la dominancia de dinoflagelados, se asocia con aguas de tipo AST (Agua Subtropical). En cambio, para González *et al.* (2006), la variable que mejor explica el ordenamiento de la comunidad biológica es la temperatura, debido al ascenso de aguas subsuperficiales entre los 50 a 200 m, que son más fría y causan cambios en la distribución vertical de la comunidad fitoplanctónica. De lo anterior, se puede inferir que, dependiendo del área geográfica, son distintas las variables que afectan al fitoplancton, pero es claro que la surgencia del Departamento del Magdalena en el Caribe colombiano, está sometida a cambios en la estructura física y química de la columna de agua, siendo el principal control que tienen las comunidades fitoplanctónicas (control “bottom-up”).

9 CONCLUSIONES

Las concentraciones de nutrientes que traen las aguas subsuperficiales durante eventos de surgencia, no fertilizan con altos niveles las capas superiores de la columna de agua, reflejando así, que efectivamente las aguas de afloramiento tienen su origen en aguas Intermedias del Atlántico Norte, caracterizadas por no presentar altos niveles de compuestos inorgánicos preformados. Sin embargo, es evidente que las aguas de surgencia para el Caribe centro colombiano, se caracterizan por presentar bajas temperaturas del agua, de oxígeno disuelto y altas salinidades, propiedades que históricamente han catalogado esta zona como área de afloramiento.

La comunidad fitoplanctónica se caracteriza por presentar una alta riqueza de especies, producto de la intrusión de nutrientes inorgánicos nuevos, que si bien se presentan en bajas concentraciones, favorecen una alta composición específica, similar a las reportadas en las fuertes surgencia presentes en los bordes orientales de los océanos.

Las especies más importantes durante los eventos de surgencia y no surgencia fueron aquellas de crecimiento rápido, específicamente *Skeletonema costatum*, *Chaetoceros distans*, *Chaetoceros lorenzianus* y *Thalassionema nitzschoides*, debido a que son especies cosmopolitas de hábitats neríticos, comunes en los mares tropicales y que se desarrollan en aguas oligotróficas capaces de explotar diversos escenarios, ya que mantienen una alta eficiencia en términos de captación de luz, incorporación de nutrientes y crecimiento.

La composición específica es parte habitual del microfitoplancton de la zona norte de Colombia, y la dominancia de las diatomeas, en número de

especies, constituye la característica típica de una comunidad de ambientes de surgencia costera, esto es por que las diatomeas tienen una mayor habilidad para explotar escenarios, ya que mantienen una alta eficiencia en términos de captación de luz, incorporación de nutrientes y crecimiento.

Las densidades celulares fueron bajas con respecto a condiciones de no surgencia, siendo esto el producto de las bajas concentraciones que trae la surgencia en términos de nutrientes y las fertilizaciones producidas durante las lluvias que se presentaron en condiciones de no surgencia.

Las altas diversidades apreciadas en surgencia, fueron producto principalmente de una alta riqueza de especies, más que a una variación en la uniformidad de las abundancias, siendo equiparables a las reportadas en las fuertes surgencias descritas para Chile – Perú, California y Noreste de África.

La comunidad fitoplanctónica presentó concentraciones de clorofila *a* menores a las reportadas en las fuertes surgencias, e incluso inferiores a las surgencias costeras que se desarrollan en el mar Caribe, no obstante, es una comunidad cuyo estado fisiológico refleja estar activo fotosintéticamente.

La comunidad fitoplanctónica en los sistemas de surgencia y no surgencia, esta regulada principalmente por la temperatura y salinidad del agua, así como por la oferta de nutrientes, principalmente los ortofosfatos, indicando un control de tipo "bottom-up" sobre la estructura comunitaria.

10 BIBLIOGRAFÍA

- AHUMADA, R., MATRAI, P. y SILVA, N. Phytoplankton biomass distribution and relationship to nutrient enrichment during an upwelling event off Concepcion Bay Chile. Bol. Soc. Biol. 1991. Tomo 62: 7-19.
- ÁLVAREZ, S., LARA, J.R. y ACOSTA, M. Parámetros relacionados con la productividad orgánica primaria en dos antiestuarios de Baja California. California. Cooperative Oceanic Fisheries Investigations. Reports Volume XIX. 1976: 84–88.
- ANDRADE, C.A. y BARTON, E.D. The Guajira upwelling system. Cont. Shelf Res. 2005. v 25 (9): 1003-1022.
- ARCOS, D., y SALAMANCA, M. Distribución de clorofila y condiciones oceanográficas frente a Chile Central (Latitudes 32°S-38°S, Febrero 1982). Biol. Pesq. 1984. (13): 5-14.
- ARÉVALO, D.L. Acoplamiento océano – atmósfera en desarrollo de la surgencia frente la costa del departamento del Magdalena, 2006. Tesis de grado. Facultad de Biología Marina. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 2006. En curso.
- ARIAS, F.A. y DURÁN, J.C. Variación anual del fitoplancton en la Bahía de Cartagena. Bol. Cient. CIOH. 1984. (5): 61-116.
- BALECH, E. Los dinoflagelados del Atlántico sudoccidental. Publicaciones Especiales Instituto Español de Oceanografía. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid. 1988. 310 p.

- BARNES, R.S.K. y HUGHES, R.N. An introduction to marine ecology. Balckwell Science. Oxford. 1988. 351 p.
- BARRAGÁN, R.G., MALDONADO, F., NIETO, S. y FRANCO-HERRERA, A. Relación de la biomasa fitoplanctónica con la dinámica fisicoquímica y meteorológica de la capa de mezcla en la Bahía de Gaira, Caribe colombiano, durante el período Agosto-Noviembre de 2003. Informe final. Seminario de investigación. Facultad de Biología Marina. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 2003. 57 p.
- BLANCO, J.A. Las variaciones ambientales estacionales en las aguas costeras y su importancia para la pesca de la región de Santa Marta, Caribe colombiano. Tesis de Maestría. Departamento de Biología. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia. Santa Marta. 1988. 62 p.
- BERGES, J., GIBSON, C. y STEWART, B. Physiological responses of phytoplankton communities in the Irish Sea to simulated upwelling. *Hydrobiologia*. 2004. v 517: 121–132.
- BERNAL, A.R. Aspectos ecológicos de la comunidad de zooplancton nerítico en el Departamento del Magdalena. Tesis de Maestría. Departamento de Biología. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia. Santa Marta. 1994. 72 p.
- BIANCHI, T.S., LAMBERT, C. y BIGGS, D.C. Distribution of chlorophyll a and phaeopigments in the northwestern Gulf of Mexico. A comparison between fluorometric and high performance liquid chromatography measurements. *Bull. Mar. Sc.* 1995. v 56 (1): 25-32.

- BOTES, L. Phytoplankton Identification Catalogue. .Saldanha Bay, South Africa, April 2001. GloBallast Monograph. Series No. 7. IMO London. 2003. 77 p.
- BULA-MEYER, G. Algas marinas bénticas indicadoras de un área afectada por aguas de surgencia frente a la costa Caribe colombiana. An. Inst. Inv. Mar. Punta de Betín. 1977. (9): 45-71.
- BULA-MEYER, G. Un núcleo nuevo de surgencia en el Caribe colombiano detectado en correlación con las macroalgas. Bol. Ecotrópica. Santa Marta. 1985. (14): 3-20.
- BULA-MEYER, G. Oceanografía. En: FEN – COLOMBIA. Caribe Colombia. 1990. 101 - 112.
- CAICEDO, I.E. Productividad primaria y fitoplancton en la Bahía de Nenguange (Parque Nacional Natural Tayrona). An. Inst. Inv. Mar. Punta de Betín. 1975. (9): 7-14.
- CAMPOS, E.M., OREJARENA, J.A., PALOMINO, M. y FRANCO-HERRERA, A. Dinámica de la biomasa fitoplanctónica en la capa de mezcla y su relación con la oceanometeorología de la Bahía de Gaira, Caribe colombiano. Fase II: Febrero – Mayo de 2004. Informe final. Seminario de investigación. Facultad de Biología Marina. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 2004. 53 p.
- CARVAJAL, L.J. y DE LA LANZA, G. Variación nictimeral de hidrología y plancton en la bahía de Tortugas, Baja California Sur. Univ. y Cienc. 1987. v 4 (8): 35-46.

- CASTRO, G., DAZA, A., RODRÍGUEZ, M., ROMERO, P. y FRANCO-HERRERA, A. Aspectos fisicoquímicos y océano-atmosféricos de la surgencia del Caribe centro en la región del Rodadero, entre febrero-abril del 2002. Seminario de investigación. Facultad de Biología Marina. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 2002. 71p + anexos.
- CLARKE, K. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Aust. J. Ecol.* 1993. (18): 117-143.
- CRIALES-HERNANDEZ, M.I. Flujos de energía en el sistema de surgencia tropical en la Península de la Guajira, Caribe colombiano. Tesis de Maestría. Departamento de Biología. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia. Santa Marta. 2004. 89 p + anexos.
- CROZ, L., DEL ROSARIOS, J. y GÓMEZ, J. Upwelling and phytoplankton in the Bay of Panama. *Rev. Biol. Trop.* 1991. v 39 (2): 233-241.
- CUPP, E. Marine plankton diatoms of the West coast of North America. *Bulletin of the Scripps Institution of Oceanography.* University of California. La Jolla, California. 1943. 238 p.
- DÍAZ-PULIDO, G. y GARZÓN-FERREIRA, J. Seasonality in algal assemblages on upwelling-influenced coral reefs in the Colombian Caribbean. *Bot. Mar.* 2002. v 45: 284-292.
- DUARTE, G. Estructura del fitoplancton al noroeste de la Guajira, durante el crucero Caribe 1993. Tesis de Grado. Facultad de Biología

Marina. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 1996. 98 p + anexos.

- FRANCO-HERRERA, A., AVENDAÑO, D., BERNAL, W. y URIBE, M. Contribución al conocimiento del plancton de Isla Tesoro, Parque Nacional Natural Corales del Rosario, Caribe Colombiano. Memorias 7º Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar y 1er. Congreso Centroamericano y del Caribe de Ciencias del Mar. CCO. 1992: 754-762.
- FRANCO-HERRERA, A. Estrategias de ingestión y flujo de carbono entre fitoplancton y *Eucalanus* spp (Copepoda: Calanoidea) en dos ambientes oceanográficos del Caribe central colombiano. Centro de Investigaciones Científicas. Facultad de Biología Marina. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 2001. 67 p.
- FRANCO-HERRERA, A. El Rodadero, más allá que un centro turístico. Una aproximación a la oceanografía de la Ensenada de Gaira. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Servigraphics Ltda. Santa Marta D.T.C.H. 2005. 58 p.
- GARAY, J., RAMÍREZ, G., BETANCOURT, J., MARÍN, B., CADAVID, B., PANIZZO, L., LESMES, L., SÁNCHEZ, J.E., LOZANO, H. y FRANCO – HERRERA, A. Manual de técnicas analíticas para la determinación de parámetros fisicoquímicos y contaminantes marinos: aguas, sedimentos y organismos. Serie de Documentos Generales. INVEMAR. Santa Marta. 2003. (13). 177 p.
- GARCÉS, L.C. y MEDINA, L. Evaluación de las especies fitoplanctónicas reportadas como indicadores biológicos para el

fenómeno el Niño en el Pacífico colombiano cruceros ERFEN 1978 – 1994. Tesis de grado. Facultad de Biología Marina. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. San Andrés de Tumaco. 1997. 57 p + anexos.

- GONZÁLEZ, F., ZOPPI DE ROA, E. y MONTIEL, E. Productividad primaria del fitoplancton en la bahía de Mochima, Venezuela. *Investig. Mar.* 2006. v 34 (2): 37-45.
- GUALTEROS, W., HERNÁNDEZ, C., CASTILLO, A. y FRESNEDA, A. Clorofila y seston total en la laguna costera de Cocoliso, Isla Grande, Parque Nacional Natural Corales del Rosario. *Memorias 8º Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar y Congreso Centroamericano y del Caribe de Ciencias del Mar, CCO.* 1992. Tomo 1: 512-521.
- HAFNER, G., HARRIS, G. y JARAI, M. Physical variability and phytoplankton communities. III: Vertical structure in phytoplankton populations. *Archive für Hydrobiologie.* 1980. v 89 (3): 363-381.
- HUTCHINGS, L., PITCHER, G., PROBYN, T. y BAILEY, G. The chemical and biological consequences of coastal upwelling. En: SUMMERHAYES, C.P., EMERS, K.C., ANGEL, M.V., SMITH, R.L. y ZEITZCHEL, B. (eds). *Upwelling in the ocean modern process and ancient records.* John Wiley and Sons. Nueva York. 1995: 65-81.
- INVEMAR (INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MARINA Y COSTERA "JOSÉ BENITO VIVES DE ANDRÉIS). Informe del estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia: Año 2001. Serie de Publicaciones Periódicas de INVEMAR. Santa Marta. 2001. (8). 178 p.

- ISHIZAKA, J., FUKUSHIMA, H., KISHINO, M., SAINO, T. y TAKAHASHI, M. Phytoplankton Pigment Distributions in Regional Upwelling around the Izu Peninsula Detected by Coastal Zone Color Scanner on May 1982. *J. of Ocean.* 1992. v 48: 305- 327.
- KELLY, R. y BLANCO, J. Proceso de Surgencia en Punta Núgurne, Chile (Lat. 36°S), marzo 1983. *Invest . Pesq.* 1984. v 31: 89-94.
- KERHOF, L.J., VOYTEK, M.R.M., SHERRELL, R.M., MILLIE, D. y SCHOFIELD, O. Variability in bacterial community structure during upwelling in the coastal ocean. *Hydrobiol.* 1999. v 401: 139–148.
- KINKADE, C.S., MARRA, J., DICKEY, T.D. y WELLER, R. An annual cycle of phytoplankton biomass in the Arabian Sea, 1994 – 1995, as determined by moored optical sensors. *Deep-Sea Res. II.* 2001. v 48: 1285–1301.
- LALLI, C.M. y PARSONS, T.R. *Biological oceanography. An introduction.* Pergamon Press. Oxford. 1993. 301 p.
- LASSITER, A., WILKERSON, F., DUGDALE, R. y HOGUE, V. Phytoplankton assemblages in the CoOP-WEST coastal upwelling area. *Deep-Sea Res. II.* 2006. v 53: 3063–3077.
- LIBES, S.M. *An introduction to marine biogeochemistry.* John Wiley and Sons. Toronto. 1992. 734 p.
- LONDOÑO, L.A. Evaluación cualitativa y cuantitativa del zooplancton en la Bahía de El Rodadero, Caribe colombiano. Seminario de

investigación. Facultad de Biología Marina. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 1995. 30 p. + anexos.

- LUDWIG, J.A. y REYNOLDS, J.F. Statistical ecology. A primer on methods and computing. Wiley – Interscience publication, 1988. 337 p.
- MARAÑÓN, E. y FERNÁNDEZ, E. Changes in phytoplankton ecophysiology across a coastal upwelling front. J. Plankt. Res. 1995. v 17 (10): 1999-2008.
- MARGALEF, R. Phytoplankton communities in upwelling areas. The Example of NW Africa. Oecologia Aquat. 1978. (3): 97-132.
- MARGALEF, R. Ecología. Planeta. Barcelona. 1991. 951 p.
- MÁRQUEZ, G. Los sistemas ecológicos marinos del sector adyacente a Santa Marta. Caribe colombiano. I. Generalidades. Ecol. Trop. 1982. v 2 (1): 5-19.
- MARTINEZ – LOPEZ, A. y GARATE, I. Variación diurna de la materia orgánica particulada en una laguna costera del Golfo de California. Rev. Biol. Trop. 1997. v 45: 1421 – 1428.
- MORA, M.A. Contribución al conocimiento de los dinoflagelados de las zonas de surgencia. Tesis de grado. Facultad de Biología Marina. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Cartagena. 1993. 41p.
- OCHOA, N. y TARAZONA, J. Variabilidad temporal de pequeña escala en el fitoplancton de Bahía Independencia, Pisco, Perú. Rev. Per. Biol. 2003. v 10 (1): 59-66.

- OREJARENA, J.A. Estudio de la variación temporal de la biomasa fitoplanctónica a partir de imágenes satelitales en los Bancos de Salmedina (Cartagena, Caribe colombiano) sept. 2003 - sept. 2004. Tesis de grado. Facultad de Biología Marina. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 2006. pp. var + anexos.
- PARRA, O., GONZÁLEZ, M., DELLAROSSA, V., RIVERA, P. y ORELLANA, M. Manual taxonómico del fitoplancton de aguas continentales, con especial referencia al fitoplancton de Chile. Universidad de Concepción. 1982. Tomo I. al V.
- PARSONS, T.R., MAITA, Y. y LALLI, C.M. A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Pergamon Press. Oxford. 1984. 172 p.
- PHILIPS, E.J. y BADYLAK, S. Spatial variability in phytoplankton standing crop and composition in a shallow inner-shelf lagoon, Florida Bay. Bull. Mar. Sc. 1996. v 58 (1): 203-216.
- PIZARRO, G., MONTECINO, V., GUZMÁN, L., MUÑOZ, V., CHACÓN, V., PACHECO, H., FRANGÓPULOS, M., RETAMAL, L. y ALARCÓN, C. Patrones locales recurrentes del fitoplancton en fiordos y canales Australes (43°-56° S) en primavera y verano. Cienc. Tecnol. Mar. 2005. v 28 (2): 63-83.
- RAMÍREZ, G. Características fisicoquímicas de la Bahía de Santa Marta (Agosto, 1980- Julio, 1981). An. Inst. Inv. Mar. Punta de Betín. 1983. (13): 111-121.

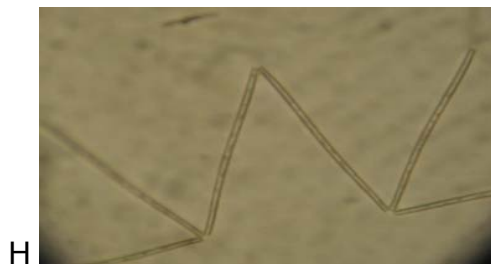
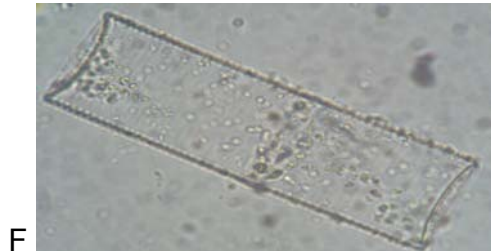
- RAMÍREZ, G. Distribución de los nutrientes inorgánicos en las aguas costeras de la región de Santa Marta, Caribe colombiano. Memorias VII Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar. CCO. 1990: 244-254.
- RAMÍREZ, A. Ecología aplicada. Diseño y análisis estadísticos. Universidad Jorge Tadeo lozano. Centro editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá D.C. 1999. 325 p.
- RAMÍREZ, D., GIRALDO, A. y TOVAR, J. Producción primaria, biomasa y composición taxonómica del fitoplancton costero y oceánico en el Pacífico colombiano (septiembre-octubre 2004). Investig. Mar. 2006. v 34 (2): 211-216.
- RODRÍGUEZ-RAMÍREZ A. y GARZÓN-FERREIRA, J. Monitoreo de arrecifes coralinos, pastos marinos y manglares en la Bahía de Chengue (Caribe colombiano) 1993-1999. INVEMAR. Series de publicaciones especiales. No. 8. 2003. Santa Marta. 170 pp.
- RODRÍGUEZ, C. y VARELA, R. Pigmentos clorofílicos e hidrografía en la región noroccidental de Venezuela con énfasis en el Golfo de Venezuela. An. Inst. Inv. Mar. Punta de Betín. 1987. (17): 3-14.
- RUIZ, D.M. Variación cualitativa y cuantitativa del fitoplancton en ciénagas del delta exterior oriental del río Magdalena y su relación con la reapertura del canal el Clarín. Tesis de grado. Facultad de Biología Marina. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá. 1999. 183 p. + anexos.

- SÁNCHEZ, E. Caracterización espacial del fitoplancton nerítico en el Pacífico colombiano durante julio-agosto de 1994. Tesis de grado. Facultad de Ciencias. Universidad del Valle. Cali. 1996. 60 p.
- SÁNCHEZ, E. Áreas biogeográficas a partir de curvas espectrales de absorción de luz por fitoplancton en aguas costeras de Baja California durante julio del 2001. Tesis de grado para optar al título de Oceanógrafo. Facultad de Ciencias Marina. Universidad de Autónoma de Baja California. Baja California. 2005. 98 p.
- SANTANDER, E., HERRERA, L. y PIZARRO, J. Fluctuación diaria del fitoplancton en la capa superficial del océano durante la primavera de 1997 en el norte de Chile (20°18'S): I. Biomasa Pigmentaria. *Rev. Biol. Mar. y Ocean.* 2001. v 36 (2): 141–153.
- SANTANDER, E., HERRERA, L. y MERINO, C. Fluctuación diaria del fitoplancton en la capa superficial del océano durante la primavera de 1997 en el norte de Chile (20°18'S): II. Composición específica y abundancia celular. *Rev. Biol. Mar. y Ocean.* 2003. v 38 (1): 13–25.
- SERNA, A., y VALLEJO, F. Descripción de algunos parámetros fisicoquímicos de la Bahía de El Rodadero, durante el período Agosto a Noviembre de 1996 (Santa Marta, Caribe colombiano). Seminario de investigación. Facultad de Biología Marina. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 1996. 60 p
- SIGNORET, M. y SANTOYO, H. Aspectos ecológicos del plancton de la Bahía de la Paz, Baja California sur. *Anal. Inst. Cien. Mar Limnol. UNAM.* 1980. (7): 217-247.

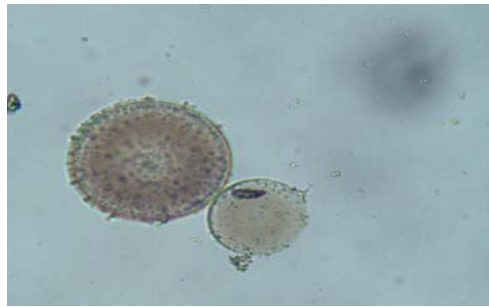
- SILVA, N. y VALDENEGRO, A. Evolución de un evento de surgencia frente a punta Curaumilla, Valparaíso. *Investig. Mar.* 2003. v 31 (2): 73-89.
- TAIT, R.V. *Elementos de Ecología Marina*. Butterworth & Co. Ltda. España. 1988. 320 p.
- TIGREROS, P., VANEGAS, T., VARGAS, D., BETANCOURT, S. y WALTEROS, J. Evaluación de la composición especial de las larvas de las clases Stelleroidea y Echinoidea (Echinodermata), considerando algunas condiciones fisicoquímicas de la columna de agua en la Bahía de Gaira, Caribe colombiano. Seminario de investigación. Facultad de Biología Marina. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 1999. 71 p + anexos.
- TIGREROS, P. Biodiversidad y valoración bioquímica del fitoplancton marino en ambientes costeros mesotróficos y oligotróficos tropicales, Caribe colombiano. Tesis de grado. Facultad de Biología Marina. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá. 2001. 173 p. + anexos.
- TORRES, W. y RUIZ, A. Monitoreo de focos de surgencia en las costas venezolanas. Centro de procesamiento digital de imágenes. Fundación Instituto de Ingeniería para el Desarrollo Tecnológico. Venezuela. 2005. 11 p.
- TRUJILLO, S., GÓMEZ, F. y VERDUGO, G. Dinámica del plancton en la región sur de la Corriente de California. *Rev. Biol. Trop. Mar.* 2001. v 49 (1): 15-30.

- VIDAL, L.A. y CARBONELL, M.C. Diatomeas y dinoflagelados de la Bahía de Cartagena. Tesis de grado. Facultad de Biología Marina. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá. 1977. 150 p.
- VIDAL, L.A. Estudio del fitoplancton en el sistema lagunar estuarino tropical Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia, durante el año 1987. Tesis de Maestría. Departamento de Biología. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia. Santa Marta. 1995. 207 p.
- WEBBER, D.F. y ROFF, J.C. Influence of Kingston Harbor on the phytoplankton community of the nearshore coast, southeast Jamaica. Bull. Mar. Sc. 1996. v 59 (2): 245-258.

11 ANEXOS.



LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA PRESENTE EN UN EVENTO DE SURGENCIA, FRENTE A LA COSTA DEL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA, CARIBE COLOMBIANO, AÑO 2006



I



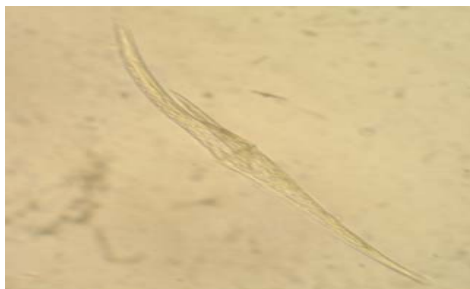
J



K



L



M



N

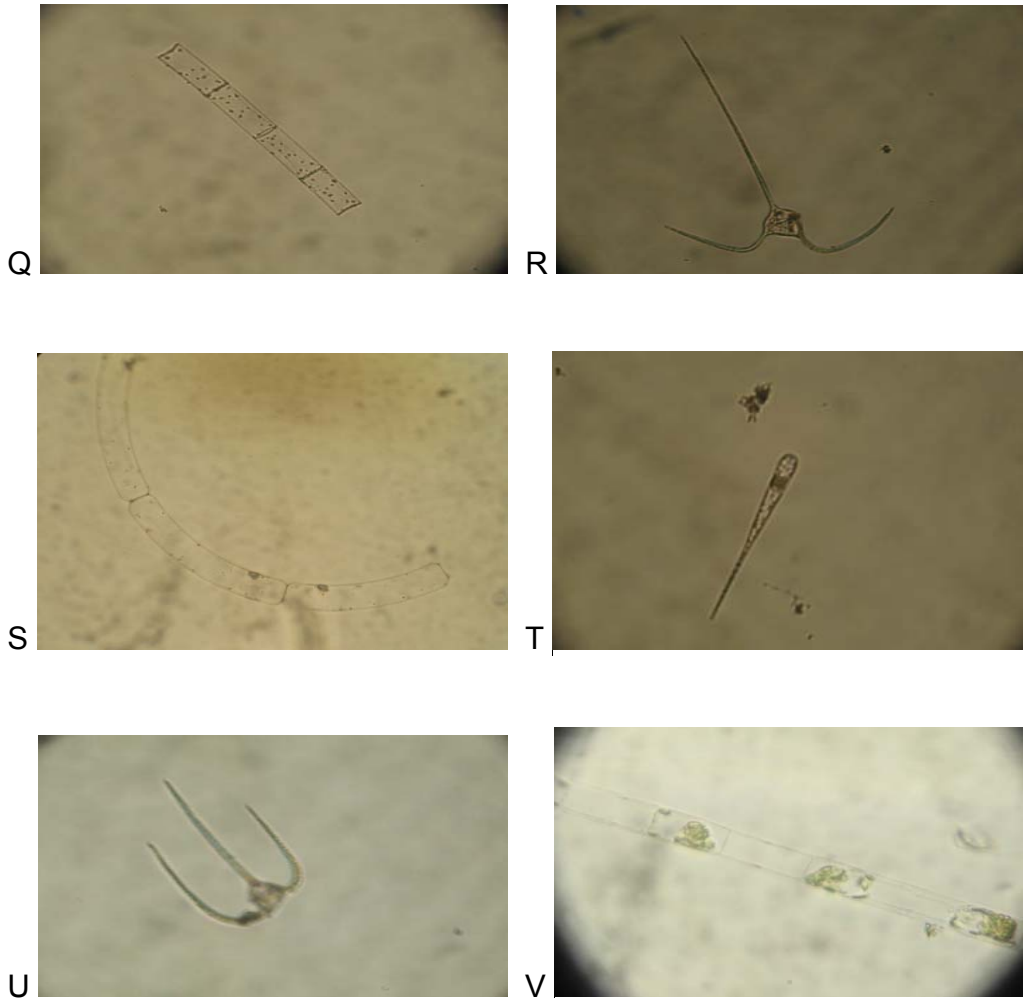


O



P

LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA PRESENTE EN UN EVENTO DE SURGENCIA, FRENTE A LA COSTA DEL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA, CARIBE COLOMBIANO, AÑO 2006



Anexo A. Organismos identificados en 40X, durante la época de surgencia y no surgencia, para los muestreos realizados entre Julio y Septiembre del 2006 en la Ensenada de Gaira, Caribe colombiano. A) *Skeletonema costatum*. B) *Chaetoceros distans*. C) *Rhizosolenia* spp. D) *Pleurosigma* spp. E) *Diploneis* sp. F) *Guinardia flaccida* G) *Pleurosigma* spp. H) *Thalassionema* sp. I) *Thalassiosira* sp. J) *Pseudosolenia calcar-avis*. K) *Odontella mobiliensis*. L) *Chaetoceros diversus*. M) *Ceratium* sp. N) *Chaetoceros constrictus*. O) *Pseudonitzschia pungens*. P) *Pseudosolenia calcar-avis*. Q) *Guinardia flaccida*. R) *Ceratium massiliense*. S) *Guinardia striata*. T) *Climacosphenia monilifera*. U) *Ceratium tenue*. V) *Hemiaulus hauckii*.

Anexo B. Matriz de variables fisicoquímicas durante la época de surgencia (S) y no surgencia (NS), dentro de los 0 a 50 m, para los muestreos realizados entre Julio y Septiembre del 2006 frente a la Ensenada de Gaira, Caribe colombiano.

	O.D ml/l	pH	Salinidad UPS	Temperatura °C	Saturación %	NO ₃ ⁻ µg at l ⁻¹	NO ₂ ⁻ µg at l ⁻¹	NH ₄ ⁺ µg at l ⁻¹	HPO ₄ ⁻ µg at l ⁻¹	Chl a mg/m ³	Feop a mg/m ³	Carotenoides mg/m ³
S1 0	4,28	7,92	35,70	26,00	88,63	0,00	0,00	0,00	0,29	0,32	0,01	0,060
S1 10	4,10	7,94	35,90	26,00	85,09	0,00	0,00	0,00	0,29	2,13	0,10	0,500
S1 20	4,58	8,03	36,20	26,00	95,26	0,00	0,00	0,00	0,29	1,17	0,10	0,130
S1 30	4,03	8,02	36,40	25,50	83,04	0,00	0,00	0,00	0,29	0,19	0,10	0,060
S1 40	4,06	7,76	35,40	25,50	83,11	0,00	0,00	0,00	0,29	0,30	0,10	0,080
S1 50	4,03	7,74	35,30	26,10	83,42	0,00	0,00	0,00	0,30	0,13	0,10	0,050
S2 0	4,16	8,01	36,40	26,00	86,59	9,94	0,35	0,45	0,31	0,25	0,10	0,100
S2 10	4,36	7,88	36,20	26,00	90,71	8,53	0,35	0,30	0,31	0,06	0,10	0,060
S2 20	4,12	7,80	35,80	25,50	84,50	8,90	0,41	0,35	0,30	0,61	0,10	0,210
S2 30	4,26	7,84	35,90	25,00	86,61	9,13	0,35	0,00	0,31	0,57	0,10	0,290
S2 40	4,32	7,99	36,00	25,00	87,86	9,37	0,36	0,69	0,31	0,25	0,10	0,060
S2 50	4,57	7,96	36,20	25,00	93,11	10,20	0,35	0,00	0,29	0,19	0,10	0,100
NS1 0	4,35	8,09	34,70	28,50	94,54	8,31	0,35	0,25	0,30	0,50	0,31	0,220
NS1 10	4,21	8,09	35,00	28,00	90,51	8,24	0,34	2,62	0,30	1,26	1,51	0,260
NS1 20	4,18	8,07	35,50	28,00	90,27	8,97	0,35	0,86	0,29	0,93	1,98	0,360
NS1 30	4,19	8,10	35,20	27,10	88,67	8,67	0,39	0,90	0,29	1,82	0,10	0,250
NS1 40	4,30	8,07	35,50	27,00	90,91	10,03	0,34	2,08	0,30	1,89	0,87	0,490
NS1 50	4,27	8,09	35,60	27,50	91,34	8,82	0,35	0,00	0,30	0,32	0,10	0,240
NS2 0	0,00	8,05	35,20	29,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,29	0,44	0,10	0,240
NS2 10	4,97	8,05	35,40	28,50	108,41	0,00	0,00	0,00	0,29	0,32	0,26	0,190
NS2 20	4,30	8,06	35,50	28,50	93,88	0,00	0,00	0,00	0,30	0,69	0,10	0,270
NS2 30	4,25	8,08	36,00	28,00	92,02	0,00	0,00	0,00	0,29	0,57	0,17	0,320
NS2 40	4,26	8,05	35,60	27,90	91,86	0,00	0,00	0,00	0,30	0,95	0,19	0,270
NS2 50	4,36	8,06	35,70	28,50	95,29	0,00	0,00	0,00	0,29	0,69	0,10	0,300
S3 0	4,19	7,90	34,90	29,00	92,36	0,00	0,00	0,00	0,29	1,07	0,10	0,300

LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA PRESENTE EN UN EVENTO DE SURGENCIA, FRENTE A LA COSTA DEL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA, CARIBE COLOMBIANO, AÑO 2006

S3 10	4,07	7,81	35,50	27,50	87,15	0,00	0,00	0,00	0,29	0,92	0,10	0,170
S3 20	3,88	7,75	36,00	27,00	82,54	0,00	0,00	0,00	0,29	0,38	0,10	0,080
S3 30	3,87	7,92	35,90	26,20	80,85	0,00	0,00	0,00	0,29	0,56	0,10	0,110
S3 40	3,69	7,84	36,10	25,50	75,93	0,00	0,00	0,00	0,29	0,75	0,15	0,140
S3 50	3,70	7,67	35,90	24,80	74,96	0,00	0,00	0,00	0,29	0,13	0,10	0,080
S4 0	4,17	7,90	35,10	29,00	91,86	9,37	0,35	2,23	0,29	1,44	0,10	0,530
S4 10	3,79	7,96	36,40	26,80	80,41	9,77	0,35	0,82	0,29	0,00	1,21	0,190
S4 20	3,75	7,92	36,70	26,80	79,76	9,77	0,35	1,21	0,29	0,51	0,31	0,220
S4 30	3,87	7,98	36,70	26,00	80,91	9,29	0,35	4,10	0,29	0,25	0,10	0,200
S4 40	3,44	7,94	36,80	26,00	71,97	10,03	0,35	0,55	0,29	0,38	0,36	0,200
S4 50	3,67	7,66	37,00	25,20	75,67	9,53	0,35	2,03	0,29	0,38	0,10	0,150
NS3 0	4,21	8,09	37,00	29,00	94,08	0,00	0,00	0,00	0,29	0,11	0,68	0,120
NS3 10	4,18	8,00	37,00	28,00	91,42	0,00	0,00	0,00	0,29	0,12	0,68	0,050
NS3 20	4,09	8,01	38,00	29,00	92,13	0,00	0,00	0,00	0,29	0,19	0,30	0,110
NS3 30	4,04	7,98	38,00	29,00	91,03	0,00	0,00	0,00	0,29	0,20	0,88	0,190
NS3 40	4,00	8,01	38,00	28,00	88,17	0,00	0,00	0,00	0,30	0,05	0,58	0,110
NS3 50	4,11	8,07	37,00	28,00	89,76	0,00	0,00	0,00	0,29	0,15	5,38	0,150
NS4 0	4,02	8,02	37,00	28,00	87,79	9,05	0,00	0,00	0,29	0,16	0,78	0,110
NS4 10	4,14	8,05	37,00	28,00	90,59	9,13	0,00	0,00	0,29	0,19	0,64	0,110
NS4 20	4,05	8,06	37,00	28,00	88,64	9,53	0,00	0,00	0,29	0,24	1,22	0,080
NS4 30	4,16	8,02	38,00	28,00	91,52	9,53	0,00	0,00	0,29	0,38	0,10	0,320
NS4 40	4,35	8,04	36,00	28,00	94,40	10,03	0,00	0,00	0,29	0,86	1,11	0,480
NS4 50	4,26	8,07	38,00	28,00	93,88	9,53	0,00	0,00	0,29	2,22	0,10	0,170

Anexo C. Abundancia relativa en los arrastres horizontales (H) y verticales (V) durante la época de surgencia (S) y no surgencia (NS), para los muestreos realizados entre Julio y Septiembre del 2006 frente a la Ensenada de Gaira, Caribe colombiano.

Especie	S 1 H	S 1 V	S 2 H	S 2 V	NS 1 H	NS 1 V	NS 2 H	NS 2 V	S 3 H	S 3 V	S 4 H	S 4 V	NS 3 H	NS 3 V	NS 4 H	NS 4 V
División HETEROKONTOPHYTA																
Orden Centrales Schütt 1896																
<i>Hemiaulus hauckii</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,96	0,69	0,05	0,08	0,13	0,06	0,07	0,07	0,37	0,97	0,00	0,53
<i>Hemiaulus sinensis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,48	0,16	0,58	0,20	0,00	0,36	0,00	0,19	0,49	0,00	0,00
<i>Hemiaulus membranaceus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Amphiprora gigantea</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,12	0,13	0,06	0,44	0,14	0,37	0,24	0,19	0,79
<i>Amphiprora alata</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,29	0,17	0,11	0,12	0,00	0,24	0,07	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Bacteriastrum comosum</i>	1,24	4,90	0,55	0,74	2,54	3,15	4,23	3,37	0,81	1,36	1,60	1,04	0,19	3,41	0,37	1,58
<i>Bacteriastrum delicatum</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	1,20	0,78	3,47	1,04	0,61	0,59	1,02	2,22	0,00	0,73	0,00	0,26
<i>Chaetoceros affine</i>	1,24	0,00	0,55	0,99	7,68	6,13	9,88	6,69	5,25	3,73	5,39	2,01	2,05	1,46	5,43	0,79
<i>Chaetoceros constrictus</i>	9,92	8,33	4,56	7,94	8,93	5,53	5,21	5,65	0,34	1,54	0,80	2,22	0,00	0,73	0,94	0,00
<i>Chaetoceros curvisetum</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	5,13	5,66	10,53	5,53	2,96	0,95	2,55	1,11	2,05	0,24	0,00	0,26
<i>Chaetoceros diversum</i>	1,10	1,96	0,55	0,74	7,01	5,31	9,12	5,07	4,92	5,15	4,88	2,98	9,70	1,95	5,24	2,37
<i>Chaetoceros dydimus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	5,66	7,08	3,69	6,32	3,64	2,90	2,99	1,87	0,00	0,00	0,56	1,06
<i>Chaetoceros distans</i>	23,28	20,10	23,65	9,68	7,39	6,74	5,54	7,98	14,88	9,88	11,73	9,43	1,87	10,46	7,30	2,64
<i>Chaetoceros lauderis</i>	0,41	0,00	0,00	0,00	2,11	4,75	1,19	0,96	2,69	4,02	1,53	1,80	5,97	6,33	2,25	4,49
<i>Chaetoceros laevis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34	2,63	0,71	1,08	0,13	0,47	0,36	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	2,62	5,88	1,52	1,74	8,73	6,09	10,21	7,90	12,25	10,71	13,84	13,94	10,45	7,54	10,30	10,29
<i>Chaetoceros mesanensis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,58	0,69	0,71	1,04	0,20	0,24	0,22	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Chaetoceros peruvianum</i>	0,14	0,49	0,00	0,00	3,65	2,85	2,93	0,79	0,88	0,59	1,31	0,35	0,37	1,46	0,19	1,58
<i>Chaetoceros sp.</i>	2,07	0,98	1,66	2,23	0,43	1,21	0,71	0,71	0,54	0,59	1,09	0,90	0,75	0,24	0,37	0,53
<i>Corethron hyztrix</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,47	0,06	0,15	0,35	0,28	0,00	0,00	0,00
<i>Coscinodiscus gigas</i>	2,75	5,39	6,92	8,68	0,19	1,34	1,25	1,54	0,67	1,48	0,29	2,91	0,19	0,49	0,00	0,26
<i>Coscinodiscus granii</i>	5,92	2,45	2,21	2,23	1,68	3,07	1,57	2,62	1,14	3,14	2,11	3,54	1,12	2,92	2,06	1,32
<i>Coscinodiscus sp.</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,29	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA PRESENTE EN UN EVENTO DE SURGENCIA, FRENTE A LA COSTA DEL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA, CARIBE COLOMBIANO, AÑO 2006

<i>Coscinodiscus marginatus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,26
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	0,41	1,96	0,41	1,24	1,34	1,08	1,52	3,87	2,56	3,37	2,99	2,22	0,93	3,65	0,75	0,53
<i>Stephanopyxis turris</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,37	0,40	0,00	0,36	0,00	0	0	0	0
<i>Lithodesmium undulatum</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,91	0,26	0,33	0,33	0,67	0,41	0,29	0,28	0,19	0,24	0,37	0,00
<i>Odontella mobiliensis</i>	0,41	0,98	0,14	0,74	0,19	1,08	0,16	0,37	0,00	0,24	0,00	0,14	0,00	0,24	0,00	0,26
<i>Odontella regia</i>	0,14	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Odontella rhombus</i>	0,55	0,00	0,55	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Odontella sinensis</i>	0,41	0,00	0,00	0,00	0,29	0,52	0,22	0,42	0,34	0,06	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Hemidiscus cuneiformes</i>	0,69	0,98	0,69	0,99	0,38	0,35	0,05	0,42	0,13	0,18	0,07	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Leptocylindrus danyucus</i>	0,69	0,00	0,00	1,24	1,10	0,39	0,27	1,12	0,59	2,96	1,09	1,11	0,37	0,49	0,00	1,06
<i>Guinardia flaccida</i>	2,34	1,96	2,49	4,22	0,91	1,17	0,76	1,12	0,61	0,89	0,51	1,25	2,43	1,46	1,69	0,53
<i>Ditylium brightwelli</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34	0,22	0,33	0,37	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Proboscia alata</i>	1,38	0,98	0,97	1,24	1,06	0,78	0,43	0,71	0,54	0,47	0,73	0,55	0,56	2,43	1,12	2,11
<i>Rhizosolenia bergoni</i>	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Rhizosolenia calcar-avis</i>	0,00	0,00	1,11	1,74	0,14	0,30	0,05	0,12	0,00	0,06	0,07	0,35	0,75	0,73	0,37	0,26
<i>Rhizosolenia castracanei</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Rhizosolenia faggilissima</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,29	0,00	0,00	0,00	0,55	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Rhizosolenia hebetata</i>	1,65	2,45	1,52	2,23	0,14	0,13	0,11	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,00
<i>Rhizosolenia imbricada</i>	3,17	1,96	0,97	1,49	0,96	0,73	0,11	0,25	1,48	0,89	0,29	0,28	0,19	1,46	0,00	0,00
<i>Rhizosolenia robusta</i>	1,10	0,49	0,00	0,74	0,10	0,56	0,16	0,83	0,13	0,06	0,07	0,07	0,00	0,00	0,00	0,79
<i>Rhizosolenia setigera</i>	0,69	0,00	0,83	1,24	0,72	1,08	0,16	0,33	0,88	1,30	0,29	1,25	0,00	0,49	0,00	1,06
<i>Guinardia striata</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	0,82	0,54	0,91	0,81	0,47	0,87	0,55	1,68	0,97	0,00	0,26
<i>Skeletonema costatum</i>	7,02	12,25	3,73	4,96	6,00	4,92	5,16	5,11	11,04	10,77	14,42	12,34	39,93	27,74	44,76	36,94
<i>Thalassiothrix longissima</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Thalassiosira eccentrica</i>	0,28	6,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Orden Pennales Schütt 1896																
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	3,72	4,90	13,55	4,22	7,10	7,90	5,65	7,44	3,23	2,72	0,00	0,00	0,00	0,73	0,00	0,79
<i>Climacospheia moniligera</i>	0,28	0,00	0,00	0,74	0,29	0,13	0,00	0,21	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,24	0,00	0,00
<i>Grammatophora marina</i>	0,00	0,00	0,28	1,24	0,14	0,52	0,22	0,37	0,00	0,47	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Synedra tabulata</i>	0,28	0,00	0,97	1,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Synedra ulna</i>	0,00	0,00	0,00	1,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA PRESENTE EN UN EVENTO DE SURGENCIA, FRENTE A LA COSTA DEL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA, CARIBE COLOMBIANO, AÑO 2006

<i>Synedra</i> spp.	0,00	0,00	0,28	0,74	0,10	0,35	0,00	0,75	0,00	1,13	0,07	0,21	0,00	0,24	0,00	0,26
<i>Striatella unipunctata</i>	1,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Thalassionema nitzschooides</i>	4,41	0,00	7,33	9,68	7,63	4,88	8,03	6,98	16,23	13,91	18,21	18,93	4,10	7,06	4,31	12,40
<i>Diploneis smithii</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,29	0,00	0,06	0,00	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Diploneis notabilis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	0,00	0,08	0,00	0,36	0,00	0,49	0,19	0,24	0,56	0,26
<i>Gyrosigma</i> spp.	0,83	0,49	0,00	0,99	0,14	0,43	0,27	0,62	0,20	0,77	0,00	0,42	0,56	0,24	0,75	0,26
<i>Navicula</i> sp.	0,14	0,00	0,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Pleurosigma elongatum</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,91	0,00	0,75	0,20	0,95	0,00	0,35	0,37	0,24	0,19	0,26
<i>Pleurosigma hamuleferum</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Pleurosigma nicobarium</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,17	0,00	0,33	0,13	0,36	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Pleurosigma</i> spp.	0,00	0,00	0,00	0,50	0,14	0,86	0,11	1,16	1,01	1,30	0,87	1,21	0,19	1,22	0,56	0,53
<i>Pleurosigma strigosum</i>	0,14	0,49	0,41	0,00	0,00	0,30	0,00	0,37	0,34	1,72	0,00	0,62	0,75	0,24	0,19	0,53
<i>Plegiotrophis lepidoptera</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Trachyneis aspera</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,13	0,16	0,08	0,13	0,24	0,00	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Cylindrotheca closterium</i>	0,28	0,00	1,52	1,99	0,24	0,13	0,00	0,17	0,20	0,24	0,44	0,14	0,19	0,24	0,00	0,26
<i>Nitzschia longissima</i>	0,28	0,00	0,00	0,00	0,29	0,17	0,00	0,37	0,07	0,59	0,36	0,55	0,00	0,49	0,00	0,26
<i>Nitzschia palea</i>	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Pseudonitzschia pungens</i>	2,62	6,86	1,11	2,23	1,10	1,04	0,65	0,79	1,95	2,13	1,17	3,74	2,43	2,68	2,43	5,01
<i>Nitzschia sigma</i>	0,41	0,00	1,24	1,74	0,00	0,35	0,00	0,25	0,20	0,36	0,66	0,14	0,00	0,24	0,19	0,00
<i>Nitzschia</i> spp.	0,41	0,00	0,69	0,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
División DINOPHYTA																
<i>Ornithocercus magnificus</i>	0,41	1,96	0,83	1,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,24	0,07	0,17	0,37	0,49	0,56	0,26
<i>Ornithocercus thumii</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Dinophysis caudata</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,00	0,26
<i>Dinophysis tripos</i>	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Pyrocystis robusta</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,11	0,21	0,20	0,12	0,07	0,21	0,00	0,00	0,00	0,26
<i>Ceratium candelabrum</i>	0,14	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Ceratium carriense</i>	0,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,16	0,17	0,07	0,12	0,15	0,17	0,00	0,00	0,00	0,26
<i>Ceratium declinatum</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,00	0,00
<i>Ceratium furca</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,04	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Ceratium fusus</i>	1,93	0,00	1,66	1,99	0,00	0,26	0,33	0,04	0,20	0,12	0,00	0,14	0,00	0,24	0,00	0,26

LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA PRESENTE EN UN EVENTO DE SURGENCIA, FRENTE A LA COSTA DEL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA, CARIBE COLOMBIANO, AÑO 2006

<i>Ceratium inflatum</i>	0,00	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,53
<i>Ceratium macroceros</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,05	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Ceratium massiliense</i>	1,79	0,00	6,22	4,71	0,19	0,30	0,16	0,17	0,07	0,23	0,15	0,07	0,37	1,22	0,00	0,26
<i>Ceratium ranipes</i>	0,14	0,00	0,28	1,24	0,10	0,04	0,16	0,08	0,07	0,00	0,07	0,00	0,00	0,24	0,19	0,00
<i>Ceratium setaceum</i>	0,00	0,00	0,69	0,50	0,24	0,13	0,00	0,00	0,07	0,00	0,22	0,21	0,00	0,73	0,00	0,00
<i>Ceratium tenue</i>	0,28	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,11	0,12	0,07	0,12	0,15	0,14	0,19	0,00	0,00	0,00
<i>Ceratium tripos</i>	0,41	0,98	0,14	1,49	0,14	0,00	0,00	0,12	0,00	0,12	0,66	0,42	0,00	0,49	0,00	0,26
<i>Ceratium vultus</i>	4,13	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,00
<i>Protoperdinium conicum</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,43	0,24	0,00	0,53
<i>Protoperdinium steidingerae</i>	0,14	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,22	0,29	0,23	0,24	0,00	0,00	2,43	0,73	1,69	0,79
<i>Protoperdinium divergens</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,18	0,22	0,14	0,00	0,24	0,00	0,26
División CIANOPHYTA																
<i>Oscillatoria spp.</i>	2,34	3,43	5,39	1,99	1,06	0,48	1,57	0,50	1,82	0,83	1,38	1,15	2,80	0,97	3,18	2,11
División CHLOROPHYTA																
<i>Scenedesmus opoliensis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Staurastrum asterias</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Pediastrum duplex</i>	0,00	0,00	0,28	0,00	0,10	0,09	0,00	0,46	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,56	0,26

Anexo D. Matrix de densidad celular (células/l) durante la época de surgencia (S) y no surgencia (NS), dentro de los 0 a 50 m, para los muestreos realizados entre Julio y Septiembre del 2006 frente a la Ensenada de Gaira, Caribe colombiano.

	S1 0	S1 10	S1 20	S1 30	S1 40	S1 50	S2 0	S2 10	S2 20	S2 30	S2 40	S2 50
División HETEROKONTOPHYTA												
Orden Centrales Schütt 1896												
<i>Hemiaulus hauckii</i>	0,00	2,02	0,00	0,00	0,00	0,00	1,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Hemiaulus sinensis</i>	0,00	1,51	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,51
<i>Bacteriastrum comosum</i>	0,50	0,00	1,01	0,50	0,50	3,54	0,00	0,00	2,03	0,00	0,00	4,63
<i>Chaetoceros affine</i>	0,00	2,02	0,00	0,00	9,00	0,51	0,00	2,03	0,00	0,00	4,04	3,60
<i>Chaetoceros curvisetum</i>	0,00	3,53	0,00	0,00	0,00	0,00	1,52	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
<i>Chaetoceros constrictus</i>	2,51	6,05	2,02	0,00	1,00	1,52	0,00	0,00	2,03	0,00	1,52	2,57
<i>Chaetoceros diversum</i>	0,00	0,00	0,00	1,50	2,50	0,00	0,00	2,03	0,00	0,00	0,00	3,08
<i>Chaetoceros didymus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,03	0,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
<i>Chaetoceros distans</i>	6,53	4,03	17,68	14,00	23,00	7,58	5,58	4,06	1,01	0,50	7,07	9,25
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	1,01	1,51	7,07	5,50	6,00	1,01	2,54	2,54	0,00	3,50	13,13	0,00
<i>Chaetoceros pelagicus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,53	0,00	3,54	0,00
<i>Chaetoceros peruvianum</i>	0,00	0,00	0,00	2,00	2,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51
<i>Chaetoceros sp.</i>	2,01	1,01	0,51	1,00	2,50	2,02	0,51	1,02	0,00	1,50	0,51	2,57
<i>Coscinodiscus gigas</i>	8,54	5,54	8,59	6,50	16,50	8,09	7,11	9,64	5,57	6,00	19,19	13,88
<i>Coscinodiscus granii</i>	0,50	2,52	0,51	1,50	7,50	1,52	2,03	3,55	1,52	1,50	0,51	4,11
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	11,56	7,56	15,66	13,50	29,00	11,63	9,64	17,77	11,14	11,50	14,65	5,66
<i>Odontella mobiliensis</i>	1,01	0,00	0,00	0,50	0,50	0,00	0,00	2,54	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Odontella sinensis</i>	0,00	1,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00
<i>Hemidiscus cuneiformis</i>	3,02	1,01	0,51	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	1,01	0,00	1,52	0,00
<i>Leptocylindrus danycus</i>	0,00	0,00	0,00	1,50	2,50	8,09	0,00	1,52	0,00	2,00	0,00	0,00
<i>Guinardia flaccida</i>	0,00	2,02	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	0,51	0,00	2,00	0,00	0,00
<i>Guinardia striata</i>	1,51	0,00	0,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51	0,00	0,00	0,00
<i>Proboscia alata</i>	0,00	0,00	0,00	0,50	0,50	0,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51

LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA PRESENTE EN UN EVENTO DE SURGENCIA, FRENTE A LA COSTA DEL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA, CARIBE COLOMBIANO, AÑO 2006

<i>Rhizosolenia bergonii</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,51	0,00	0,00	0,00
<i>Rhizosolenia calcar-avis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00
<i>Rhizosolenia castracanei</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Rhizosolenia hebetata</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,52	1,01	0,00	0,00	0,00
<i>Rhizosolenia setigera</i>	0,00	0,50	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,51	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Rhizosolenia robusta</i>	0,00	0,00	0,00	0,50	0,50	0,51	0,00	0,00	0,51	0,50	0,51	0,00
<i>Thalassiosira dicipiens</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51
<i>Skeletonema costatum</i>	0,00	2,52	0,00	4,00	29,00	11,12	0,00	16,24	0,00	0,00	2,53	4,63
Orden Pennales Schütt 1896												
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	0,00	2,52	0,00	0,00	19,50	3,03	0,00	2,54	0,00	3,50	0,00	0,00
<i>Climacosphenia moniligera</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Synedra spp.</i>	0,00	0,50	0,00	0,50	1,50	0,51	0,00	1,52	1,01	0,00	0,00	0,00
<i>Thalassionema nitzschoides</i>	2,51	0,00	3,03	0,00	9,00	0,00	0,00	0,51	0,00	0,00	3,03	0,00
<i>Diploneis smithii</i>	0,00	0,00	0,00	1,50	0,00	0,51	0,51	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00
<i>Gyrosigma spp.</i>	0,50	0,00	1,01	0,50	1,50	0,51	0,00	1,02	0,00	0,00	0,00	1,03
<i>Plagiotropis lepidoptera</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Pleurosigma strigossum.</i>	0,50	0,50	0,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,01	0,50	0,00	0,51
<i>Pleurosigma spp.</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,51	0,00	0,51	0,00	1,01	0,00
<i>Trachyneis aspera</i>	0,50	0,00	0,00	0,50	0,00	0,51	0,00	0,00	0,51	1,00	0,00	1,54
<i>Cylindrotheca closterium</i>	0,50	0,50	0,00	0,50	1,00	0,00	0,00	0,51	0,00	0,00	0,51	0,00
<i>Nitzschia longissima</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00
<i>Pseudonitzschia pungens</i>	0,00	3,53	0,00	4,50	23,00	0,00	3,55	0,00	3,54	11,50	0,00	2,57
<i>Nitzschia sigma</i>	0,00	1,01	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00	0,51	1,01	0,00	0,00	0,00
División DINOPHYTA												
<i>Dinophysis caudata</i>	0,00	0,00	0,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51	0,00	0,00	0,00
<i>Ceratium lineatum</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51	0,00	0,50	0,00	0,00
<i>Ceratium fusus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,01	0,00	0,00	0,00
<i>Ceratium massiliense</i>	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,51	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Ceratium tripos</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA PRESENTE EN UN EVENTO DE SURGENCIA, FRENTE A LA COSTA DEL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA, CARIBE COLOMBIANO, AÑO 2006

<i>Protoperidinium steidingerae</i>	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,51	0,00	0,50	0,00	0,00
División CHLOROPHYTA												
<i>Pediastrum duplex</i>	0,00	0,00	2,02	0,00	0,00	0,51	0,00	2,54	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Scenedesmus opoliensis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	6,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA PRESENTE EN UN EVENTO DE SURGENCIA, FRENTE A LA COSTA DEL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA, CARIBE COLOMBIANO, AÑO 2006

	NS1 0	NS1 10	NS1 20	NS1 30	NS1 40	NS1 50	NS2 0	NS2 10	NS2 20	NS2 30	NS2 40	NS2 50
División HETEROKONTOPHYTA												
Orden Centrales Schütt 1896												
<i>Hemiaulus hauckii</i>	6,53	3,50	2,00	4,50	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
<i>Hemiaulus sinensis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	5,50	0,00	0,00	1,50	8,00	3,00	0,00	1,25
<i>Amphiprora gigantea</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00
<i>Amphiprora alata</i>	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00
<i>Bacteriastrium comosum</i>	12,56	14,00	31,00	9,50	10,00	6,00	51,50	2,50	27,00	16,00	3,50	8,75
<i>Bacteriastrium delicatum</i>	6,53	6,00	0,00	2,50	2,50	4,00	30,50	1,50	0,00	5,00	0,00	7,50
<i>Chaetoceros affine</i>	72,36	108,00	83,00	61,00	56,00	71,00	187,50	53,50	56,00	52,00	20,00	52,50
<i>Chaetoceros curvisetum</i>	139,20	115,00	62,00	91,00	111,50	51,00	229,00	18,00	90,50	33,50	0,00	42,50
<i>Chaetoceros constrictus</i>	65,83	77,50	96,00	112,00	43,50	112,50	34,00	14,00	43,50	32,50	7,00	35,00
<i>Chaetoceros diversum</i>	41,21	32,00	41,00	22,00	22,50	26,00	96,00	23,00	37,50	21,50	11,00	41,25
<i>Chaetoceros didymus</i>	112,56	97,00	117,00	82,00	17,00	16,00	21,00	13,00	131,00	23,00	9,50	12,50
<i>Chaetoceros distans</i>	395,98	380,50	148,00	407,50	117,00	90,50	366,00	135,00	129,00	133,50	47,50	136,25
<i>Chaetoceros lauderi</i>	0,00	22,00	0,00	37,50	6,00	11,50	0,00	0,00	0,00	11,50	0,00	0,00
<i>Chaetoceros laevis</i>	0,00	0,00	24,00	0,00	4,00	2,50	0,00	0,00	7,00	6,00	0,00	0,00
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	223,62	168,50	96,00	212,00	133,50	79,00	149,00	45,00	63,50	79,00	50,00	102,50
<i>Chaetoceros mesanensis</i>	0,00	0,00	1,50	0,00	1,50	0,00	0,00	0,00	9,00	3,50	0,00	0,00
<i>Chaetoceros peruvianum</i>	18,59	19,50	12,50	19,00	1,50	0,00	25,50	1,50	1,00	6,00	0,00	2,50
<i>Chaetoceros sp.</i>	3,02	1,50	6,00	4,50	1,00	2,50	4,50	2,00	1,50	1,50	2,00	3,50
<i>Coscinodiscus gigas</i>	1,51	0,50	6,00	2,50	4,00	3,00	5,50	6,00	0,50	6,50	7,50	4,00
<i>Coscinodiscus granii</i>	14,07	3,50	12,00	12,00	5,00	6,50	8,00	6,50	6,50	6,00	14,00	5,00
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	13,57	0,50	1,00	7,00	1,50	3,00	5,00	9,00	6,50	2,50	25,00	12,50
<i>Lithodesmium undulatum</i>	4,52	5,00	0,00	2,50	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	1,50	2,50	0,00
<i>Odontella mobiliensis</i>	1,51	0,50	1,00	9,50	2,00	0,00	0,00	0,00	0,50	2,00	2,00	0,00
<i>Hemidiscus cuneiformis</i>	1,51	2,50	0,00	2,50	1,50	0,00	0,50	0,00	2,00	0,50	2,50	0,00
<i>Leptocylindrus danyucus</i>	14,07	12,50	2,00	0,00	2,50	0,00	2,50	0,00	8,50	0,00	0,00	5,00

LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA PRESENTE EN UN EVENTO DE SURGENCIA, FRENTE A LA COSTA DEL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA, CARIBE COLOMBIANO, AÑO 2006

<i>Guinardia flaccida</i>	3,52	6,00	2,00	11,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	4,00	2,50	6,50
<i>Ditylium brightwelli</i>	3,52	0,00	0,00	0,00	2,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Stephanopyxis turris</i>	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Guinardia striata</i>	6,03	16,00	0,00	13,50	3,00	3,00	2,50	0,00	11,00	6,00	0,00	2,50
<i>Proboscia alata</i>	4,02	7,00	1,00	7,00	1,00	0,00	1,00	3,00	0,00	3,00	1,50	4,00
<i>Rhizosolenia faggilissima</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Rhizosolenia calcar-avis</i>	1,51	0,00	0,00	2,50	0,50	0,50	0,00	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00
<i>Rhizosolenia castracanei</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00
<i>Rhizosolenia hebetata</i>	0,00	1,50	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	9,55	0,50	4,00	4,00	0,50	0,00	1,00	0,00	1,00	2,00	0,00	0,00
<i>Rhizosolenia setigera</i>	1,51	6,00	2,00	6,00	2,50	2,00	0,00	0,00	3,00	3,00	4,00	6,50
<i>Rhizosolenia robusta</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	4,00	5,50	0,00
<i>Skeletonema costatum</i>	158,79	118,00	173,00	142,50	161,50	195,50	152,00	55,50	180,50	153,00	37,50	295,00
Orden Pennales Schütt 1896												
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	0,00	74,00	74,00	44,50	6,00	17,00	0,00	0,00	10,50	72,50	6,50	0,00
<i>Climacosphenia moniligera</i>	1,51	1,50	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	2,50	0,00	0,00
<i>Grammatophora marina</i>	0,00	1,50	0,00	0,00	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Synedra spp.</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,50	2,00	6,50	0,00
<i>Thalassionema nitzschooides</i>	149,75	80,50	77,00	96,50	77,00	56,00	87,50	36,50	80,50	66,00	135,00	102,50
<i>Diploneis smithii</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	1,50
<i>Diploneis notabilis</i>	0,00	0,00	0,00	2,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
<i>Gyrosigma spp.</i>	0,00	0,50	1,00	2,50	1,00	0,50	0,00	0,00	0,50	6,00	7,50	1,50
<i>Pleurosigma hamuleferum</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00
<i>Pleurosigma elongatum</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	8,00	0,00
<i>Pleurosigma strigosum.</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,50	2,00	0,00
<i>Pleurosigma nicobarium</i>	1,51	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Pleurosigma spp.</i>	0,00	1,50	2,50	2,50	4,00	1,00	0,00	1,00	1,00	5,50	14,50	0,00
<i>Cylindrotheca closterium</i>	0,00	2,50	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	1,50
<i>Pseudonitzschia pungens</i>	0,00	21,50	0,00	18,50	3,50	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	7,50
<i>Nitzschia sigma</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00

LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA PRESENTE EN UN EVENTO DE SURGENCIA, FRENTE A LA COSTA DEL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA, CARIBE COLOMBIANO, AÑO 2006

División DINOPHYTA												
<i>Dinophysis caudata</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00
<i>Pyrocystis robusta</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	2,50	0,00	0,00
<i>Ceratium carriense</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Ceratium fusus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00
<i>Ceratium massiliense</i>	1,51	0,50	1,00	2,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00
<i>Ceratium setaceum</i>	0,00	2,50	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Ceratium tripos</i>	1,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00
<i>Protoperidinium steidingerae</i>	1,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,50	0,00	1,50	1,50
División CHLOROPHYTA												
<i>Pediastrum duplex</i>	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	5,50	0,00	0,00	0,00
<i>Scenedesmus opoliensis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00

LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA PRESENTE EN UN EVENTO DE SURGENCIA, FRENTE A LA COSTA DEL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA, CARIBE COLOMBIANO, AÑO 2006

	S3 0	S3 10	S3 20	S3 30	S3 40	S3 50	S4 0	S4 10	S4 20	S4 30	S4 40	S4 50
División HETEROKONTOPHYTA												
Orden Centrales Schütt 1896												
<i>Hemiaulus hauckii</i>	0,00	1,01	0,00	0,00	0,00	0,51	0,00	0,51	0,00	0,50	0,00	0,00
<i>Hemiaulus sinensis</i>	0,00	1,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Amphiprora alata</i>	0,00	0,00	0,00	0,50	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	1,01	0,00	0,00
<i>Bacteriastrum comosum</i>	4,80	2,02	1,05	3,00	3,00	4,56	12,42	0,00	1,52	0,00	2,09	4,04
<i>Bacteriastrum delicatum</i>	1,20	3,54	0,53	4,50	0,00	0,00	4,78	3,08	5,05	5,03	0,00	6,06
<i>Chaetoceros affine</i>	54,00	10,10	10,53	8,50	6,00	7,09	62,11	2,56	5,56	4,02	0,00	5,05
<i>Chaetoceros curvisetum</i>	21,60	3,03	0,00	0,00	0,00	8,10	18,15	0,00	0,00	8,04	0,00	0,00
<i>Chaetoceros constrictus</i>	2,40	0,00	4,21	2,50	0,00	6,58	4,78	2,05	6,57	0,00	0,00	9,60
<i>Chaetoceros diversum</i>	69,60	17,17	18,42	10,50	11,00	5,06	91,73	8,72	6,06	6,03	0,00	9,60
<i>Chaetoceros didymus</i>	26,40	3,03	11,05	3,00	6,50	4,56	17,20	3,59	6,57	0,00	0,00	7,07
<i>Chaetoceros distans</i>	178,00	32,83	60,53	28,00	18,00	30,38	160,53	22,56	25,76	43,72	5,24	44,44
<i>Chaetoceros lauderi</i>	14,40	7,07	14,74	5,50	7,50	7,09	7,64	6,67	7,58	1,01	1,05	3,54
<i>Chaetoceros laevis</i>	0,00	0,00	0,00	2,50	0,00	1,52	0,00	0,00	1,52	0,00	0,00	0,00
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	123,60	53,03	57,89	33,00	29,00	23,80	81,22	20,51	41,92	17,59	12,57	38,89
<i>Chaetoceros mesanensis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,03	0,00	1,54	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Chaetoceros peruvianum</i>	4,80	2,53	2,63	0,00	1,00	1,52	7,64	1,54	1,52	0,00	0,00	1,01
<i>Chaetoceros sp.</i>	1,20	3,03	2,11	0,50	2,00	0,51	6,09	1,54	3,54	2,01	0,52	0,51
<i>Corethron hyztrix</i>	3,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,03	0,00	2,01	0,00	0,00
<i>Coscinodiscus gigas</i>	3,60	2,53	6,84	4,00	1,50	0,51	0,96	0,51	3,03	11,56	6,81	0,00
<i>Coscinodiscus granii</i>	3,60	5,56	8,42	4,50	8,50	7,59	10,51	4,10	2,53	15,08	6,81	3,54
<i>Coscinodiscus marginatus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,52	0,00
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	12,00	7,58	7,89	3,00	15,50	3,04	21,02	1,03	3,03	7,54	2,62	3,03
<i>Stephanopyxis turris</i>	0,00	3,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Lithodesmium undulatum</i>	4,80	1,01	0,00	2,00	1,00	0,51	0,00	2,05	0,51	0,00	0,00	0,00
<i>Odontella mobiliensis</i>	0,00	0,00	0,53	0,00	0,00	1,52	0,00	0,00	0,00	1,01	0,00	0,00

LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA PRESENTE EN UN EVENTO DE SURGENCIA, FRENTE A LA COSTA DEL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA, CARIBE COLOMBIANO, AÑO 2006

<i>Odontella sinensis</i>	2,50	0,00	0,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,01	0,00	0,00	0,00
<i>Hemidiscus cuneiformis</i>	0,00	0,00	0,53	0,50	0,50	0,00	0,00	0,00	0,51	1,01	0,00	0,51
<i>Leptocylindrus danycus</i>	2,40	2,02	3,68	17,50	4,00	0,00	4,57	3,08	1,52	1,51	0,00	5,05
<i>Guinardia flaccida</i>	1,20	3,54	0,53	0,50	0,50	6,08	2,87	1,03	2,02	4,02	0,00	3,03
<i>Ditylium brightwelli</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51
<i>Guinardia striata</i>	4,80	2,02	0,00	4,00	0,00	0,00	6,09	0,00	0,00	1,51	0,00	2,53
<i>Proboscia alata</i>	2,40	1,52	0,53	0,50	1,00	2,03	4,06	1,03	3,03	0,00	0,00	1,01
<i>Rhizosolenia faggilissima</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,01	0,00	2,02
<i>Rhizosolenia calcar-avis</i>	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,51	0,51	1,51	0,52	0,00
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	7,20	4,04	0,00	2,00	4,00	1,52	0,00	2,05	1,52	0,00	0,52	0,00
<i>Rhizosolenia setigera</i>	4,80	1,52	1,05	5,50	2,00	2,53	0,00	2,05	1,52	4,02	1,05	2,53
<i>Rhizosolenia robusta</i>	0,00	1,01	0,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51	0,00	0,50	0,00	0,00
<i>Thalassiothrix longissima</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00
<i>Skeletonema costatum</i>	177,00	106,06	92,63	229,00	57,00	169,11	145,24	108,72	152,53	113,07	18,85	159,09
Orden Pennales Schütt 1896												
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	24,00	0,00	0,00	16,00	7,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Climacosphenia moniligera</i>	0,00	0,00	0,00	0,50	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Grammatophora marina</i>	0,00	0,00	0,00	1,00	1,50	1,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51
<i>Synedra spp.</i>	0,00	0,00	0,53	1,00	7,00	0,51	0,00	0,51	0,51	0,50	0,00	0,51
<i>Thalassionema nitzschoides</i>	193,20	78,28	51,05	77,50	81,00	61,27	141,42	36,92	58,59	65,33	20,42	94,95
<i>Diploneis smithii</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Diploneis notabilis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Gyrosigma spp.</i>	1,20	0,00	0,53	1,00	2,00	3,04	0,00	0,00	0,00	1,51	0,52	1,01
<i>Pleurosigma elongatum</i>	1,20	0,00	0,53	0,00	2,50	5,06	0,00	0,00	0,00	2,01	0,00	0,51
<i>Pleurosigma strigossum.</i>	1,20	1,01	1,05	1,50	8,50	3,54	0,00	0,00	2,02	1,51	0,52	0,51
<i>Pleurosigma spp.</i>	0,00	2,53	0,00	0,00	8,50	2,53	0,00	0,51	0,00	1,51	0,00	0,00
<i>Plegiotrophis lepidoptera</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,51	0,00	0,00	0,00
<i>Trachyneis aspera</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Cylindrotheca closterium</i>	1,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Nitzschia longissima</i>	0,00	0,00	0,00	1,50	3,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA PRESENTE EN UN EVENTO DE SURGENCIA, FRENTE A LA COSTA DEL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA, CARIBE COLOMBIANO, AÑO 2006

<i>Pseudonitzschia pungens</i>	31,20	8,59	0,00	38,00	15,00	10,13	0,00	3,08	9,09	2,01	2,09	14,14
División DINOPHYTA												
<i>Ornithocercus magnificus</i>	0,00	0,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Ceratium carriense</i>	0,00	0,51	1,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Ceratium fusas</i>	1,20	0,51	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,01	0,00	0,00	0,00
<i>Ceratium massiliense</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51
<i>Ceratium setaceum</i>	0,00	0,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Ceratium tripos</i>	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	4,57	0,00	0,51	1,51	0,52	0,51
<i>Protoperdinium steidingerae</i>	1,20	0,51	2,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
División CHLOROPHYTA												
<i>Pediastrum duplex</i>	0,00	0,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Scenedesmus opoliensis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,52	0,00	0,00	2,02	1,01	0,00	0,00

LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA PRESENTE EN UN EVENTO DE SURGENCIA, FRENTE A LA COSTA DEL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA, CARIBE COLOMBIANO, AÑO 2006

	NS3 0	NS3 10	NS3 20	NS3 30	NS3 40	NS3 50	NS4 0	NS4 10	NS4 20	NS4 30	NS4 40	NS4 50
División HETEROKONTOPHYTA												
Orden Centrales Schütt 1896												
<i>Hemiaulus hauckii</i>	0,00	1,02	0,00	0,00	1,08	1,04	0,00	0,00	0,00	1,05	0,00	0,00
<i>Hemiaulus sinensis</i>	0,00	0,51	0,00	0,00	0,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Bacteriastrum comosum</i>	0,00	0,51	3,57	3,59	0,00	0,00	1,01	0,00	0,00	1,05	1,05	1,00
<i>Bacteriastrum delicatum</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50
<i>Chaetoceros affine</i>	5,13	0,51	0,00	0,00	0,00	0,00	13,13	1,60	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Chaetoceros curvisetum</i>	5,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Chaetoceros constrictus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	1,08	0,00	1,52	1,06	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Chaetoceros diversum</i>	19,49	7,14	1,53	0,00	0,00	0,00	13,13	1,06	0,00	1,05	0,00	3,50
<i>Chaetoceros distans</i>	2,56	2,55	7,14	1,03	10,81	3,63	18,18	1,60	0,00	0,00	5,24	0,00
<i>Chaetoceros lauderi</i>	7,18	9,18	4,59	4,62	4,32	0,00	6,06	0,00	2,04	0,00	6,81	0,00
<i>Chaetoceros laevis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	18,97	9,69	0,00	6,15	5,41	4,66	21,72	6,38	2,55	6,81	7,33	3,50
<i>Chaetoceros peruvianum</i>	1,03	0,00	0,51	0,51	0,00	0,00	0,51	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00
<i>Chaetoceros sp.</i>	1,54	0,51	0,51	0,00	0,00	0,00	1,01	0,00	0,51	0,00	0,52	0,00
<i>Corethron hyztrix</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Coscinodiscus gigas</i>	0,51	0,00	0,51	0,00	0,00	0,52	0,00	0,00	0,51	0,00	0,00	0,00
<i>Coscinodiscus granii</i>	2,56	0,51	1,02	1,03	2,70	1,55	3,03	2,66	0,00	0,52	2,09	0,00
<i>Coscinodiscus marginatus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,52	0,00	0,00
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	2,05	0,51	2,04	1,54	2,70	1,55	2,02	0,00	0,00	1,05	0,00	0,00
<i>Lithodesmium undulatum</i>	0,00	0,51	0,00	0,00	0,00	0,00	1,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Odontella mobiliensis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,52	0,00	0,00
<i>Leptocylindrus danycus</i>	0,00	1,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Guinardia flaccida</i>	2,56	4,08	0,00	0,00	0,54	2,59	2,53	2,13	0,00	0,00	0,52	0,00
<i>Ditylium brightwelli</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Guinardia striata</i>	4,10	0,51	1,53	0,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Proboscia alata</i>	0,51	1,02	1,02	0,51	0,54	0,00	1,01	2,13	0,51	0,00	0,52	3,00
<i>Rhizosolenia calcar-avis</i>	1,54	0,51	0,00	0,51	0,00	0,00	1,01	0,00	0,00	0,00	0,52	0,00
<i>Rhizosolenia hebetata</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,53	0,00	0,00	0,00	0,00

LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA PRESENTE EN UN EVENTO DE SURGENCIA, FRENTE A LA COSTA DEL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA, CARIBE COLOMBIANO, AÑO 2006

<i>Rhizosolenia imbricata</i>	0,51	0,00	0,00	1,03	0,54	1,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Rhizosolenia setigera</i>	0,00	0,00	0,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51	0,52	1,05	0,00
<i>Rhizosolenia robusta</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,05	0,00
<i>Skeletonema costatum</i>	20,51	88,78	65,82	14,87	16,76	2,59	84,85	37,77	16,84	8,38	39,79	7,50
Orden Pennales Schütt 1896												
<i>Synedra</i> spp.	0,00	0,00	0,00	0,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,52	0,00
<i>Thalassionema nitzschoides</i>	8,72	2,55	3,06	2,05	4,86	5,18	6,06	5,85	2,55	3,66	11,52	6,50
<i>Diploneis notabilis</i>	0,00	0,00	0,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Gyrosigma</i> spp.	0,00	0,00	0,00	0,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,52	0,00	0,00
<i>Pleurosigma elongatum</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Pleurosigma strigossum.</i>	0,00	0,00	0,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,52	0,52	0,00
<i>Pleurosigma</i> spp.	0,00	0,00	0,51	0,00	1,08	1,04	0,00	0,00	1,02	0,00	0,00	0,00
<i>Cylindrotheca closterium</i>	0,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51	0,00	0,00	0,00
<i>Nitzschia longissima</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51	0,00	0,00	0,00
<i>Pseudonitzschia pungens</i>	6,67	0,00	2,04	1,54	0,00	0,00	6,57	0,00	1,02	8,38	5,76	0,00
<i>Nitzschia sigma</i>	0,00	0,00	0,00	0,51	0,00	0,00	0,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
División DINOPHYTA												
<i>Dinophysis caudata</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,52	0,00
<i>Pyrocystis robusta</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51	0,00	0,00	0,00
<i>Ceratium fusus</i>	0,00	0,00	0,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Ceratium inflatum</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,52	0,52	0,00
<i>Ceratium massiliense</i>	0,51	0,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Ceratium declinatum</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Ceratium ranipes</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,53	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Ceratium tenue</i>	0,00	0,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Ceratium tripos</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,52	0,00	0,00
<i>Ceratium vultus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Protoperdinium conicum</i>	6,15	0,51	0,00	0,00	0,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,05	0,00
<i>Protoperdinium divergens</i>	0,00	0,00	0,00	0,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,52	0,00
<i>Protoperdinium steidingerae</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,04	0,53	0,00	1,57	0,00	0,00
División CHLOROPHYTA												
<i>Pediastrum duplex</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,60	0,00	0,00	0,00	0,00