

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estaciones de muestreo de fitoplancton en la bahía de Cartagena.....	14
Figura 2. Abundancia promedio (cél/L) y EE, de las estructuras de resistencia encontradas en la Bahía en las tres épocas de muestreo a nivel superior y profundo. LL: lluvia, SC: seca, TR: transición, S: superior, F: profundo.....	28
Figura 3. Abundancia relativa de las especies más abundantes (b) encontradas durante el muestreo en la época de lluvia.....	29
Figura 4. Abundancia de fitoplancteres (cél/L) en cada una de las muestras en ambas profundidades, para la época de lluvia.....	29
Figura 5. Abundancia relativa de las especies más abundantes encontradas durante el muestreo en la época de transición.....	32
Figura 6. Abundancia de fitoplancteres (cél/L) en cada una de las estaciones de muestreo en ambas profundidades, para la época de transición.....	32
Figura 7. Abundancia relativa de las especies más abundantes encontradas durante el muestreo en la época seca.....	35
Figura 8. Abundancia de fitoplancteres (células/L) en cada una de las estaciones de muestreo en ambas profundidades, para la época seca.....	35
Figura 9. Valores promedio (\pm EE) de clorofila a, b, c, carotenoides y feopigmento para cada una de las épocas de muestreo.....	39
Figura 10. Valores de clorofila a promedio (\pm EE) en cada época climática.....	40
Figura 11. Valores de clorofila b promedio (\pm EE) en cada época climática.....	40
Figura 12. Valores de clorofila c promedio (\pm EE) en cada época climática.....	41
Figura 13. Valores promedio de feopigmento (\pm EE) en cada época climática.....	41
Figura 14. Valores promedio de carotenoides (\pm EE) en cada época de muestreo.....	42
Figura 15. Dendrograma del análisis de clasificación utilizando similaridad de Bray-Curtis (índice cofenético = 0,84), para las muestras de las épocas climáticas. S: superficial, F: fondo, LL: lluvia, TR: transición, SC: seca.....	44
Figura 16. Perfil batimétrico de la temperatura ($^{\circ}$ C) en las tres épocas climáticas para cada estación de muestreo.....	49
Figura 17. Perfil batimétrico de la salinidad (UPS) en las tres épocas climáticas para cada estación de muestreo.....	50
Figura 18. Perfil batimétrico de la conductividad (mS/cm) en las tres épocas climáticas para cada estación de muestreo.....	52

Figura 19. Perfil batimétrico del pH en las tres épocas climáticas para cada estación de muestreo.....	53
Figura 20. Perfil batimétrico del oxígeno disuelto (mg/L) en las tres épocas climáticas para cada estación de muestreo.....	55
Figura 21. Perfil batimétrico del porcentaje de saturación de oxígeno(%) en las tres épocas climáticas para cada estación de muestreo.....	56
Figura 22. Valor promedio de la Demanda Bioquímica de oxígeno (\pm EE) para cada época de muestreo a nivel superior y profundo.....	57
Figura 23. Valores promedio de transparencia (\pm EE) en la bahía de Cartagena en las tres épocas de muestreo.....	58
Figura 24. Valores promedio de los Sólidos Suspendidos Totales (\pm EE) para cada época de muestreo.....	60
Figura 25. Valores promedio de grasas, en mg/L (\pm EE) en la bahía de Cartagena en las tres épocas de muestreo.....	60
Figura 26. Valores promedio de NO ₂ (\pm EE) en para cada época de muestreo a nivel superficial y profundo.....	61
Figura 27. Valores promedio (\pm EE) de NO ₃ en mg/L para cada época de muestreo a nivel superior y profundo.....	62
Figura 28. Valores promedio de amonio en mg/L (\pm EE) para cada época de muestreo a nivel superior y profundo.....	63
Figura 29. Valores promedio de nitrógeno orgánico (\pm EE) en mg/L para cada época de muestreo a nivel superior y profundo.....	64
Figura 30. Valores promedio de Nitrógeno Kjeldahl (\pm EE) en mg/L para cada época de muestreo a nivel superior y profundo.....	64
Figura 31. Valores promedio de fosfatos (PO ₄) en mg/L para las tres épocas de muestreo.....	65
Figura 32. Dendrograma del Análisis de clasificación mediante la técnica de Distancia de Ward estandarizada aplicado a las muestras físicas y químicas en la bahía de Cartagena en el ciclo climático anual 2006-2007. La letra B seguida de un número indica la estación. TR: Transición, SC: Seca, LL: Lluvia, superficie (S) fondo (F).....	67
Figura 33. Análisis de componentes principales (PCA) de las variables fisicoquímicas.....	68

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros multianuales de la bahía de Cartagena (Tomado de CIOH 2006 y 2007).....	16
Tabla 2. Posición geográfica de las estaciones de muestreo.....	17
Tabla 3. Abundancias relativas de las clases taxonómicas del fitoplancton encontradas en las tres épocas de muestreo.....	27
Tabla 4. Medidas de diversidad de las muestras en la época de lluvia (LI). S: Riqueza de especies, N: Abundancia, d: Riqueza de Margalef, J': Uniformidad de Pielou, H': Diversidad de Shannon-Wiener, λ: Predominio de Simpson.....	31
Tabla 5. Medidas de diversidad de las muestras en la época de transición (TR) S: Riqueza de especies, N: Abundancia, d: Riqueza de Margalef, J': Uniformidad de Pielou, H': Diversidad de Shannon-Wiener, λ: Predominio de Simpson.....	34
Tabla 6. Medidas de diversidad de las muestras en la época seca (SC), S: Riqueza de especies, N: Abundancia, d: Riqueza de Margalef, J': Uniformidad de Pielou, H': Diversidad de Shannon-Wiener, λ: Predominio de Simpson.....	37
Tabla 7. Valores de diversidad de Shannon-Weinner por cada época climática, H': diversidad de Shannon-Weinner, n: número de células/Litro totales.....	38
Tabla 8. Valores de probabilidad (p) de correlación de Spearman de pigmentos fotosintéticos vs. abundancia.....	43
Tabla 9. Especies exclusivas de los grupos conformados en el análisis de clasificación, obtenidas por medio del análisis inverso de Kaandorp.....	46
Tabla 10. Coeficiente de extinción de luz (m^{-1}) para cada estación en las tres épocas climáticas y estadígrafos, Prom: promedio, EE: error estándar.....	59
Tabla 11. Valores máximos y mínimos de cada índice de diversidad aplicado en las tres épocas de muestreo S: Riqueza de especies, N: Abundancia, d: Riqueza de Margalef, J': Uniformidad de Pielou, H': Diversidad de Shannon-Wiener, λ: Predominio de Simpson.....	74
Tabla 12. Pigmentos fotosintéticos ($\mu g/L$) ya sea promedio o intervalo, registrados por diferentes autores en la bahía de Cartagena (ND: no detectable; NR: no se registró).....	78
Tabla 13. Valores de temperatura ($^{\circ}C$) registrados en múltiples estudios en la bahía de Cartagena. (ND: no determinado).....	79
Tabla 14. Valores de salinidad (UPS) registrados en múltiples estudios en la bahía de Cartagena.....	80

Tabla 15. Rango de pH encontrado en la Bahía por distintos autores (LL: lluvia, SC: seca, TR, transición).....81

Tabla 16. Rangos de fluctuación de NO₂ (mg/L) reportados por distintos autores, (ND: no detectable; IN: no determinado; F: fondo; S: superior; SE: seca; TR: transición; LL: lluvia).....85

Tabla 17. Rangos de fluctuación y método de medición del amonio (mg/L) reportados por distintos autores para la Bahía, (ND: no detectable).....87

Tabla 18. Rangos de fluctuación de fosfatos (mg/L) reportados por distintos autores para la Bahía, (ND: no detectable).....88

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Clasificación de las especies encontradas en la bahía de Cartagena durante la época de lluvia, seca y de transición en cada estación de muestreo. LL: lluvias; SC: seca; TR: transición; S: superior; F: fondo.

ANEXO B. Valores y estadígrafos de pigmentos fotosintéticos determinados en superficie y fondo en la bahía de Cartagena en las épocas seca y de transición en (mg/L) DE: desviación estándar; Max: máximo; Min: mínimo.

ANEXO C. Especies determinadas por el análisis inverso de Kaandorp como generalistas <70%, típicas 70 - 90%, características 90 - 99,9% y exclusivas 100%, en los grupos conformados en el análisis de clasificación (dendrograma).

ANEXO D. Valores y estadígrafos de la temperatura (°C) determinada a distintas profundidades en la bahía de Cartagena en épocas de lluvia, seca y de transición de 2006. Prom: promedio; DE: desviación estándar; EE: error estándar, CV: coeficiente de variación; Máx: valor máximo y Mín: valor mínimo.

ANEXO E. Valores y estadísticos de salinidad (UPS) determinada a distintas profundidades en la bahía de Cartagena en las épocas transición, seca y lluvias de 2007. Prom: promedio; DE: desviación estándar; EE: error estándar, CV: coeficiente de variación; Máx: valor máximo y Mín: valor mínimo.

ANEXO F. Valores y estadísticos de conductividad (mS/cm) determinada a distintas profundidades en la bahía de Cartagena en las épocas transición, seca y lluvias de 2007. Prom: promedio; DE: desviación estándar; EE: error estándar, CV: coeficiente de variación; Máx: valor máximo y Mín: valor mínimo.

ANEXO G. Valores y estadígrafos de pH (unidades de pH) determinado a distintas profundidades en la bahía de Cartagena en las épocas transición, seca y lluvias de 2007. Prom: promedio; DE: desviación estándar; EE: error estándar, CV: coeficiente de variación; Máx: valor máximo y Mín: valor mínimo.

ANEXO H. Valores y estadígrafos de oxígeno disuelto (mg/l) y porcentaje de saturación de O₂ (%) determinado a distintas profundidades en la bahía de Cartagena en las épocas transición, seca y lluvias de 2007. Prom: promedio; DE: desviación estándar; EE: error estándar, CV: coeficiente de variación; Máx: valor máximo y Mín: valor mínimo. ND: no determinado.

ANEXO I. Valores y estadígrafos de las variables abióticas determinadas a en superficie y fondo en la bahía de Cartagena en las épocas de transición, seca y lluvias.

ANEXO J. Iconografías de las especies y/o morfotipos del fitoplancton en la bahía de Cartagena durante las tres épocas climáticas.

ANEXO K. Clasificación taxonómica de las especies encontradas en la bahía de Cartagena durante las tres jornadas de muestreo.

ANEXO L. Tabla de complemento (componentes, valores eigen y porcentaje de varianza) para el Análisis de Componentes Principales.

DINÁMICA ESPACIO-TEMPORAL DEL FITOPLANCTON EN LA BAHÍA DE
CARTAGENA Y SU RELACIÓN CON PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN UN CICLO
CLIMÁTICO ANUAL

JUAN SEBASTIAN OSORIO CARDOSO

Trabajo de grado
para optar por el título de Biólogo Marino

DIRECTOR

ADOLFO SANJUAN MUÑOZ
Biólogo Marino. M. Sc.

ASESOR
ANDRÉS FRANCO HERRERA
Biólogo Marino. Ph. D.

UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ JORGE TADEO LOZANO
PROGRAMA DE BIOLOGÍA MARINA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES

SANTA MARTA, D.T.C.H.
2010

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Santa Marta, 2010

A “Los Pollos”...

AGRADECIMIENTOS

A mi padre y madre, quienes incondicionalmente mostraron su apoyo en todo sentido, con su amor, excelente ejemplo, consejos, confianza y recursos, durante toda mi vida.

A mi hermana quien con su ejemplo, amor y consejos ha contribuido no solo a este trabajo sino a todo el proceso de formación tanto personal como académico.

A María Teresa por aguantarme, amarme y ayudarme tanto en todo.

A mi director Adolfo, por su tiempo, paciencia, enseñanza, y sobre todo por confiar en mí para la realización de este estudio, así mismo a Claudia por su apoyo incondicional a lo largo de los muestreos.

A Tigre quien estuvo dispuesto a colaborar en todas las etapas de este estudio, campo, identificación, dudas, etc. etc.....

A mi asesor Andrés, sin cuya guía científica este trabajo no sería tan bueno como es.

Finalmente a todas aquellas personas tanto a profesores como compañeros y amigos, que de una u otra forma contribuyeron no solo a mi formación profesional sino personal, especialmente a Rasaniel.

RESUMEN

La bahía de Cartagena es considerada como un estuario por el aporte de aguas continentales provenientes principalmente del canal del Dique, así mismo está sujeta a fuertes presiones medioambientales por ser puerto comercial y objeto de múltiples actividades económicas y en general antropogénicas. Por esto es importante establecer las variaciones espacio-temporales de la comunidad fitoplanctónica en la bahía de Cartagena y relacionarlas con variables fisicoquímicas, para así mejorar la visión del estado de este ecosistema y posibles efectos "Bottom-Up". Se realizaron tres muestreos en 12 estaciones cada uno correspondiente a una época climática característica del Caribe colombiano. Se recolectaron muestras de agua con una botella Van Dorn en superficie (1 m) y fondo (máximo 10 m) las cuales fueron concentradas y filtradas con un filtro de ojo de malla de 25µm. También se recolectaron muestras de agua para determinar clorofila, SST, NO₂, NO₃, NH₄, nitrógeno orgánico, NKT y ortofosfatos en laboratorio. Se midieron *in situ* la temperatura, salinidad, pH, conductividad, oxígeno disuelto, DBO a cada metro de profundidad y la transparencia. La clase taxonómica predominante fue Diatomophyceae y la mayor abundancia de fitoplanctótes se presentó en la época seca así como la mayor diversidad. La especie más abundante del muestreo entre 192 halladas fue la diatomea *Skeletonema costatum*, presente en las tres épocas y en altas concentraciones. Por otro lado se encontraron diferencias significativas en términos de composición y abundancia tanto entre épocas de muestreo como estratos de profundidad. En cuanto a los pigmentos fotosintéticos se encontró que su concentración no estuvo ligada a la abundancia fitoplanctónica y por la proporción de clorofilas se determinó que esta es una comunidad senescente. Por su parte los análisis multivariados demostraron que la dinámica de la comunidad varió en función de los nutrientes hallados en la masa de agua y sus respectivas concentraciones, y determinaron que la época seca fue más homogénea y propicia en términos de condiciones medioambientales para la proliferación del fitoplancton.

Las variables fisicoquímicas tuvieron cambios entre las épocas climáticas comportándose en función de la precipitación, los vientos y la profundidad. La temperatura, conductividad, DBO y salinidad fueron más altos en época de lluvias a causa de la precipitación y aporte de aguas continentales, el pH fluctuó entre los valores normales debido a la propiedad buffer del mar y el promedio de transparencia fue casi el mismo para las épocas de lluvia y seca. En cuanto a los nutrientes todos a excepción de NO₃ y SST, presentaron su mayor concentración en la época seca. En general la dinámica fitoplanctónica así como las variables fisicoquímicas se comportaron en función de la época climática determinando diferencias claras en la misma comunidad.

Palabras clave: fitoplancton, comunidad, bahía de Cartagena, fisicoquímicos, época climática.

ABSTRACT

Cartagena bay is considered as an estuary due to the continental waters income, principally from “el canal del Dique”, it’s under the influence of multiple environmental stress since it’s a commercial port and object of anthropic and economical activities. It’s very important to establish spatial and temporary fluctuations in phytoplankton community and relate them with physicochemical variables to improve the knowledge on this ecosystem and some bottom-up effects. There were made three sampling journeys (one per season) in 12 stations along the Bay and water samples were collected, in surface (1 m) and bottom (maximum 10 m) with a Van Dorn bottle. Subsequently the samples were concentrated and filtrated using a filter of 25 μm . On the other hand water samples were taken to determine in laboratory, chlorophyll, TSS, NO_2 , NO_3 , NH_4 , organic nitrogen, TKN and orthophosphates. The temperature, salinity, pH, conductivity, dissolved oxygen, BDO each meter of depth were measured *in situ* too. The dominant taxonomical class was Diatomophyceae, the highest abundance and diversity occurs in “seca” season, besides the most abundant found species between 192 was *Skeletonema costatum* presented in the three seasons and high concentrations. Furthermore, significant statistical differences between the composition and abundance were determined in both sampling seasons and depth. Moreover, there wasn’t relationship between the photosynthetic pigments concentration and phytoplankton abundance and their proportion indicated that the community was in decreasing state. The multivariate analysis showed that the community dynamic behaved as a function of nutrients concentration was determinate that the “seca” season was more homogeneous than the others with good environmental conditions to phytoplankton development.

The physicochemical variables changed in function of rain, wind and depth. The temperature, conductivity, salinity and BOD were highest in “lluvias” season because of the rain and continental water incoming. In terms of nutrients, everything but NO_3 and TSS, presented their highest concentration in “seca” season. In general, the phytoplankton and physicochemical dynamic behaved as a function of the season and that caused clear differences.

Key words: phytoplankton, community, Cartagena bay, physicochemical variables, climatic season.

1. INTRODUCCIÓN JUSTIFICADA

El fitoplancton marino se define como el conjunto de organismos fotosintetizadores suspendidos en la columna de agua y a merced de las corrientes, constituido en su gran mayoría por microorganismos. Está integrado por varios grupos taxonómicos entre los que se destacan las diatomeas y cianofíceas. Se caracteriza principalmente por la presencia en ellos de diferentes pigmentos fotosintéticos así como de sustancias de reserva en su pared celular, presencia de flagelos y de distintas estructuras especializadas (Balech, 1977).

La comunidad fitoplanctónica es clave en todo el ensamblaje trófico de un ecosistema marino, ya que son los productores de mayor importancia y se encuentran en altas concentraciones, por lo tanto son el alimento disponible para herbívoros y considerados como el sostén desde ese nivel hacia los niveles tróficos superiores (Brugnoli y Morales, 2008). Algunas especies tienen características especiales que los hacen estar supeditados a ambientes específicos, por lo cual han sido elegidas como bioindicadores de ecosistemas prístinos o contaminados.

Es de gran importancia reconocer las variaciones espacio temporales que tienen lugar en la bahía de Cartagena durante las tres marcadas épocas climáticas que ocurren a través del año. Estos cambios en las condiciones del lugar permitirán darse una visión de cómo se encuentra la base de este ecosistema, que la está afectando y los posibles efectos “*bottom-up*” que puedan llegar a suceder debido a las características y estado de la comunidad fitoplanctónica (Brugnoli y Morales, 2008).

La bahía de Cartagena se caracteriza por la alta actividad económica que allí se lleva a cabo, destacándose la industrial, la turística y portuaria con la llegada de embarcaciones de gran calado provenientes de múltiples partes del mundo (Ripoll y Báez, 2001; CIOH-UNOPS, 2002). Es considerada geológicamente como una bahía, sin embargo, el aporte de aguas fluviales provenientes del canal del Dique ($8'640.000 \text{ m}^3/\text{día}$) le da el calificativo de estuario (CIOH-UNOPS, 1997).

Actualmente la bahía de Cartagena es considerada un sistema con un alto deterioro de las condiciones ambientales, lo que se manifiesta en la degradación de los fondos (e. g. zonas anóxicas), de la masa de agua (e. g. alta turbidez y exceso de nutrientes) y de la flora, y la fauna asociada (e. g. pérdida de corales, disminución de la diversidad y dominancia de pocas especies oportunistas). Esta paulatina degradación tiene su origen principalmente en las actividades antrópicas que se han llevado a cabo sobre la Bahía y que han causado drásticos cambios morfológicos, hidráulicos y ambientales (CIOH-UNOPS, 1997; Vélez, 2000; Alvarado-Ortega, 2001).

Según CIOH-UNOPS (1997) entre las principales acciones antrópicas directas que se ejercen sobre la Bahía es posible enunciar:

- Las actividades industriales que vierten gran parte de sus residuos a la Bahía, muchos de ellos tóxicos para la vida marina.
- Las actividades portuarias que vierten residuos oleosos en el cuerpo de agua y la posible introducción de especies invasoras transportadas en las aguas de lastre que se descargan incontroladamente en la Bahía, por parte de los buques internacionales.
- El vertimiento de lixiviados provenientes del basurero de Henequen que llegan al cuerpo de agua de la Bahía por esorrentía.
- El emisario submarino de Manzanillo por el cual se vierte el 60% de las aguas residuales domésticas de la ciudad de Cartagena de Indias con la consecuente carga de materia orgánica y nutrientes.

La principal acción indirecta antrópica que afecta la calidad de la masa de agua de la bahía de Cartagena es la rectificación del canal del Dique lo cual aumenta su caudal, causando un incremento en la cantidad de sedimentos que entran a la masa de agua (Alvarado-Ortega, 2001).

Son diversos los estudios que se han realizado en el fitoplancton en la bahía de Cartagena y enfocados principalmente hacia la taxonomía de la comunidad fitoplanctónica, otros se centran en el estudio de los organismos placntónicos de las aguas de lastre y las comparan únicamente con pocos puertos de la Bahía con un enfoque ecológico (Arosemena *et al.*, 1973; Vidal y Carbonell, 1977; Arias y Duran, 1982;

García, 1987; Cañón *et al.*, 2005; Gavilán *et al.*, 2005; Suárez, 2007), la mayoría de ellos han sido trabajos puntuales (generalmente en una época climática). No hay trabajos de la comunidad fitoplanctónica con un enfoque ecológico espacio-temporal, que tenga en cuenta múltiples estaciones de muestreo, en zonas diferentes a los puertos que relacionen la estructura de la comunidad con variables fisicoquímicas de la masa de agua y con la estacionalidad climática de la zona.

La mayoría de los estudios en la Bahía han sido puntuales, discontinuos en el tiempo y con diferentes metodologías dificultando la comparación de los resultados (CIOH-UNOPS, 1997). Además, a pesar del creciente impacto de las actividades antrópicas y el deterioro de la calidad ambiental de la bahía de Cartagena que ha ocasionado la desaparición de comunidades bentónicas como los corales; su efecto sobre las comunidades planctónicas no ha sido abordado. Lo anterior sustenta la necesidad de llevar a cabo un estudio sobre la dinámica del fitoplancton y su relación con las condiciones ambientales de la masa de agua.

Es por esto, que la presente investigación busca iniciar el entendimiento de la dinámica espacial y temporal de la comunidad fitoplanctónica durante un ciclo climático típico y relacionarlo con variables abióticas selectas en cada época climática para tener una visión integral de la comunidad, así como el establecimiento del estado de la estructura de la comunidad fitoplanctónica de la Bahía antes de la eliminación del emisario submarino de Manzanillo (proyectada para el año 2008).

El presente trabajo se desarrolló como requisito para optar al título de Biólogo Marino de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano (UJTL) y se enmarcó dentro del proyecto “Monitoreo biológico, fisicoquímico y microbiológico de la bahía de Cartagena, año 2007” realizado por la empresa Sanjuan y Asociados Ltda. Así mismo, está circunscrito en el Programa Nacional de Investigación en Biodiversidad Marina y Costera –PNIMB- dentro del área de caracterización de ecosistemas marinos (INVEMAR, 2000).

2. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

El plancton se define como un conjunto de organismos que se encuentran suspendidos en la columna de agua y por tanto se encuentran a merced de las corrientes (Balech, 1977), etimológicamente también es posible definir el plancton como forma pelágica errante cuyo movimiento no depende de su propia capacidad de natación sino de la dinámica del cuerpo de agua donde se encuentre. De forma muy general, el plancton se divide en fitoplancton, que son todas aquellas algas que forman parte del mismo y el zooplancton, los animales que lo componen (Balech, 1977).

Aunque algunos de ellos definitivamente solo pueden flotar sin llegar a nadar, existen otras formas con estructuras (*e. g.* cilios y flagelos) que permiten un nado activo, pero que debido a su tamaño, no es significativo. Este movimiento se da con el objetivo de buscar alimento, pareja, evitar depredadores, entre otros (Tait, 1987). El fitoplancton o “plancton capaz de fotosintetizar, está compuesto en su gran mayoría por microorganismos unicelulares y como todos los organismos presentes en el mar depende de las condiciones fisicoquímicas propias de cada zona” (Dawes, 1991).

Los fitoplancteres por ser organismos fotosintetizadores están en la base de la red trófica, siendo los principales productores primarios marinos y fuente principal de alimentación para los herbívoros. En condiciones favorables ser capaces de crecer duplicando su propio peso en menos de 24 h. Es de resaltar que a partir de estos organismos de tamaño tan reducido, se sustenta todo el ecosistema marino considerando también el hecho que sólo el 10% de la energía generada por ellos será transferida al nivel superior (Tait, 1987).

Entre los factores que más afectan su distribución se encuentran la luminosidad, la cual determina dos zonas de vital importancia para el fitoplancton marino, la zona fótica y afótica. Denominadas así, porque debido a las características propias de un medio acuoso tal y como lo es su densidad mayor a la del aire, así como la cantidad de sólidos en suspensión, son el factor más importante para determinar que tanto penetra en el medio. La luz a medida que va aumentando la profundidad se extinguirá (Barnes y Hughes, 1982).

La zona fótica se divide en eufótica (donde la cantidad de radiación es óptima para la producción primaria, mayor producción que respiración) y disfótica (donde la radiación solar alcanza a llegar pero no alcanza a suplir las necesidades de crecimiento y por lo tanto la respiración es mayor a la producción). La zona afótica es aquel sector donde no llega la radiación solar, y por lo tanto no hay producción primaria. Este hecho es clave para definir la dinámica del fitoplancton en la columna de agua, puesto que dependiendo de esta, se darán las migraciones verticales y su posición en la columna de agua (Margalef, 1972; Barnes y Hughes, 1982; Tait, 1987). Además, la cantidad de luz y temperatura en la columna de agua son dependientes directamente de la intensidad de la radiación solar, la cual, cambia debido a la posición geográfica, exposición por mareas y cobertura de nubes. La fracción de luz que ingresa en el cuerpo de agua varía con respecto a la profundidad del agua, transparencia y amplitud mareal, así como puede verse afectada por la periodicidad, si es diaria o estacional (Margalef, 1972).

Existe una estratificación marcada en la columna de agua que es denominada termoclina y se da en relación a las mareas, mezcla de nutrientes. La luminosidad también puede modificar la temperatura del agua, dependiendo del tiempo de exposición (Dawes, 1991). Para la bahía de Cartagena han sido descritos procesos de contaminación térmica (Ramírez, 1976) que incluyen una variable más a las causa de variación de la temperatura que la estacionalidad climática.

Por otro lado, existen también factores químicos que afectan su dinámica, entre ellos se encuentra la salinidad, cuya importancia radica en la presión osmótica que genera sobre los organismos debido a las diferencias de concentración de solutos en el exterior de la célula fitoplanctónica. Existe también una fluctuación mareal de la haloclina que genera modificaciones tales como la diferencia de densidades del fondo con respecto a la superficie que pueden al mismo tiempo generar demoras en el proceso de sedimentación (Fraga, 1972). En cuanto a los gases disueltos en la columna de agua, estos son de vital importancia para el fitoplancton marino; el oxígeno disuelto, para la respiración en la oscuridad así como la disponibilidad de CO₂ libre para la fotosíntesis (Horne, 1969).

Entre los factores biológicos que afectan a esta comunidad se encuentra el pastoreo, la actividad micótica y microbiana, la competencia por sustrato y la restricción de luz por sobre población (Dawes, 1991). Así mismo, es importante reconocer que teniendo en

cuenta la composición y abundancia de una comunidad fitoplanctónica, es posible hacer inferencias sobre el estado, condición y/o características de la zona ya que está muy relacionado con ciertos factores, como la salinidad, temperatura, el aporte de aguas continentales y oceánicas, y la contaminación del medio (Dawes, 1991).

Entre los parámetros fisicoquímicos que serán tenidos en cuenta debido al impacto que estos pueden tener sobre la comunidad fitoplanctónica se encuentra la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), el cual es un índice general de la cantidad de compuestos orgánicos que serán susceptibles a ser degradados, ya que el oxígeno es el encargado de la oxidación bioquímica, en este caso particular, durante cinco (5) días. Este parámetro es comúnmente utilizado para calcular el efecto que producen efluentes externos sobre el oxígeno propio del sistema (Garay *et al.*, 2003).

La presencia de sólidos suspendidos totales (SST) puede afectar de forma negativa la calidad de las aguas, ya que representa objetos extraños que pueden causar daños en las comunidades por su naturaleza química o física. Son el material residual que se encuentra en suspensión y puede afectar también la transparencia de la masa de agua (Horne, 1969).

Los nitritos (NO_2^-), nitratos (NO_3^-) y el amonio (NH_4^+) son las tres formas de nitrógeno clave en la síntesis de proteínas y dependientes de la actividad biológica presente, fundamentales en el ciclo del nitrógeno (Levinton, 2001), específicamente en la oxidación del amonio a nitratos y el resultado de un proceso de degradación de materia orgánica (Garay *et al.*, 2003). Se consideran un producto esencial para el crecimiento y por ser relativamente inerte, es asimilable directamente por las plantas (Fraga, 1972). Por otro lado el nitrógeno Kjeldahl (NKT), el cual se define como la suma del amonio libre y compuestos orgánicos nitrogenados, es un índice general de la presencia de estos compuestos claves para el desarrollo fitoplanctónico (Garay *et al.*, 2003).

Otros factores limitantes para el crecimiento del plancton son: el fosfato ($PO_4^{=}$), que es utilizado por el fitoplancton tanto en la luz como en oscuridad, clave en la síntesis del ATP y limitante en la producción del sistema (Fraga, 1972; Pennock y Sharp, 1994) y la transparencia, que está determinada por el material inorgánico y orgánico suspendido (arcillas, sedimento, materia orgánica e incluso el plancton), lo cual impide el paso de luz

al sistema y son clave para calcular el coeficiente de extinción de la luz (Garay *et al.*, 2003).

El primer estudio en el área fue el realizado por Arosemena *et al.* (1973), quienes realizaron arrastres, en siete estaciones y en dos muestreos (agosto y de septiembre de 1973), se identificaron 34 especies, siendo los géneros más representativos *Prorocentrum*, *Dynophysis*, *Ceratium*, *Peridinium*, *Coscinodiscus*, *Rhizosolenia*, *Chaetoceros*, *Thalassionema* y *Nitzschia*. Concluyeron que la riqueza de la comunidad fitoplanctónica es variada pero la abundancia es baja. Este trabajo es un aporte en su mayoría de carácter cualitativo con pobres inferencias cuantitativas, sin ningún tipo de análisis ecológico y según el mismo debido a la falta de bibliografía especializada, en ciertos casos la identificación fue tentativa.

Una de las principales investigaciones que se han llevado a cabo en la Bahía es la de Vidal y Carbonell (1977), quienes hicieron una descripción cualitativa de diatomeas y dinoflagelados, haciendo algunas inferencias sobre las razones de la intermitencia de la composición de especies durante el año. Entre el grupo de diatomeas el género *Chaetoceros* fue el de mayor frecuencia y entre los dinoflagelados se destacan *Ceratium*, *Protoperdinium* y *Scrippsiella*, como los de mayor frecuencia. Los autores encontraron 154 especies de diatomeas y 85 especies de dinoflagelados. Estos resultados son muy importantes porque son un aporte fundamental en la taxonomía de este grupo en el Caribe y ha sido por décadas fuente de consulta obligada para la identificación del fitoplancton en la región.

Posteriormente Arias y Duran (1982), desarrollaron un estudio sobre la variación anual del fitoplancton en la bahía de Cartagena durante el año 1980, muestreando 15 estaciones distribuidas en esta, y realizando muestreos siete veces en el año con una periodicidad aproximada de seis semanas. Concluyeron que la distribución y el comportamiento de la comunidad están sujetos a las condiciones meteorológicas e influencia costera, mostrando picos de concentración en la época de lluvia y considerando a las diatomeas como el grupo de mayor aporte a la biomasa de la comunidad. Este estudio podría ser catalogado como el único con un enfoque espacio temporal y que analiza la comunidad desde un punto de vista ecológico, sin embargo, por la antigüedad del mismo se recalca

la importancia de actualizar la información debido a los cambios y continuas actividades antrópicas que han sucedido en el área desde entonces.

Existen trabajos enfocados a la determinación del componente planctónico en aguas de lastre de los buques que llegan a la bahía de Cartagena, liderados por el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas de la Armada Nacional (CIOH). Estos estudios determinaron la composición y abundancia de las especies fitoplanctónicas en aguas de lastre y muestrearon al mismo tiempo en los muelles de llegada para comparar el fitoplancton.

El primer estudio en aguas de lastre fue realizado por Tigreros (2002) quien reportó 91 especies. Encontró que la composición de las aguas de la Bahía presentaron cierta similitud en términos de fitoplancton con las aguas del Caribe, detectó la presencia de ciertas especies no reportadas para la bahía de Cartagena, y otras no muy comunes en el Caribe colombiano. Finalmente, afirma que la gran mayoría del fitoplancton en los compartimientos de los barcos puede morir a causa de la ausencia de luz, pero es posible que ciertas especies se mantengan vivas con sus reservas. En la segunda fase Tigreros (2003) registró 93 especies pero sin ningún reporte nuevo. En la tercera fase Cañón *et al.*, (2004) encontraron 116 especies con 15 nuevas especies y en la fase IV Suárez (2007) encontró un total de 125 especies y concluyó que la mayor concentración de nutrientes se da en la época de transición, lo que a su vez representa unas condiciones adecuadas para el desarrollo de fitoplancton así como una variación de la comunidad a lo largo de un ciclo anual. Las cuatro fases solo se enfocaron en la descripción cualitativa de las especies presentes en puntos muy específicos de la Bahía correspondientes a los muelles y el componente cuantitativo solo fue evaluado en los compartimientos de los buques, pero no realizaron un enfoque ecológico, ni relacionaron los atributos de la comunidad con variables fisicoquímicas.

Posteriormente fueron publicados dos estudios también en relación a la comunidad fitoplanctónica de las aguas de lastre y los muelles, con un enfoque espacio temporal y relacionado a variables fisicoquímicas. Uno de ellos fue el realizado por Gavilán *et al.* (2005), quien encontró 116 especies entre las cuales estaban los géneros *Pseudonitzschia*, *Skeletonema* y *Ceratium*. Destacó el comportamiento de las variables fisicoquímicas dependiente a las épocas climáticas y por supuesto a la marcada influencia

de las aguas del canal del Dique, así como la abundancia, la cual junto con la riqueza específica fueron mayores en época de lluvia. El segundo estudio fue realizado por Cañón *et al.* (2005), este contempla también al componente zooplanctónico y microbiológico de la Bahía en especial de cuatro muelles y aguas de lastre. Encontró 116 especies de fitoplancton, destacándose los géneros como *Pseudonitzschia*, *Coscinodiscus*, *Skeletonema* y *Ceratium*. Entre los parámetros fisicoquímicos se determinó que los valores más altos de salinidad y transparencia se dieron en la época seca, los nutrientes presentaron mayores concentraciones en la época de transición y las clorofilas, pH, temperatura y la mayor abundancia de fitoplanctones ocurrió en época de lluvia. En general estos comportamientos fueron explicados por la estacionalidad climática y concentración de nutrientes.

CIOH-UNOPS (1997) buscó establecer parámetros para la planificación y manejo de bahías y áreas costeras fuertemente contaminadas del Caribe. Ese trabajo reporta variaciones en el nivel de clorofila *a* respecto a cada una de las épocas, y picos máximos de abundancia hacia la zona central de la bahía interna debido al gran aporte de aguas contaminadas que allí se da.

Respecto a los trabajos realizados en zonas cercanas a la bahía de Cartagena se encuentra el realizado por Vidal (1981) quién llevó a cabo un estudio en Islas del Rosario, reportó 28 géneros, de diatomeas pennadas que incluyeron 74 especies determinadas como picoplancton, lo que indicó una circulación continua de agua del fondo y con la evidencia de aguas oceánicas.

Carbonell (1982), realizó un estudio en las Islas del Rosario, donde reportó las especies del género *Ceratium*, presentes allí y las relacionó con los parámetros fisicoquímicos de la masa de agua en tres épocas climáticas diferentes. Realizó tres muestreos (noviembre de 1977, febrero de 1978 y junio de 1978), abarcando las tres épocas climáticas características de la zona, con un total de 90 estaciones de muestreo alrededor de las Islas. Encontró 29 especies en total, 12 de las cuales fueron nuevos reportes para el Caribe colombiano, las cuales conformaban tres ensamblajes diferentes, así mismo, determinó que en la época de lluvia se hallaba la mayor cantidad de fitoplancton.

Finalmente en el Banco de Salmedina fue realizado el estudio por Orejarena (2004), quien registró las concentraciones de clorofila para el área demostrando que estas son típicas de áreas marinas influenciadas por aguas oceánicas oligotróficas, reportando un valor medio de clorofila de $0,5 \text{ mg/m}^3$, con poca concentración de fitoplancton pero de forma variada.

3. METODOLOGÍA

3.1 Descripción del área de estudio

La bahía de Cartagena está localizada en la parte central del Caribe colombiano, entre los 10° 26' y 10° 16' N, y los 75° 30' y 75° 36' W (Figura 1). Es considerada geológicamente como una bahía, sin embargo, el aporte de aguas fluviales provenientes del canal del Dique le da el calificativo de estuario (CIOH-UNOPS, 1997).

Posee una superficie aproximada de 82 km², profundidad media de 16,0 m, profundidad máxima de 30,5 m y un volumen promedio de 1.230'000.000 m³. La actividad antropogénica ha causado a lo largo de la historia cambios morfológicos de considerable envergadura a nivel biótico y abiótico (IHSA-CARDIQUE, 1997; CIOH-CARDIQUE, 1997).

En el sector oriental está situada la zona industrial de Mamonal con cerca de 60 industrias que vierten un caudal de aguas residuales cercano a 1'364.111 m³/día. En el sector norte y nororiental se sitúa el casco urbano del municipio de Cartagena con cerca de 800.000 habitantes que vierten el 40% de sus aguas servidas sin ningún tratamiento a la Bahía, lo que equivale a un caudal de 57.600 m³/día. Al mismo tiempo, es uno de los puertos marítimos y fluviales más importantes del Caribe colombiano, teniendo cerca de 60 muelles dedicados a diversas actividades y movilizándolo alrededor de 500 buques/mes, los cuales vierten a la Bahía parte de sus residuos oleosos y aguas de lastre (CIOH-CARDIQUE, 1997; CIOH-UNOPS, 1997; Alcaldía de Cartagena-ACUACAR, 1999).

La bahía de Cartagena recibe un aporte significativo y constante de aguas fluviales provenientes del río Magdalena que llegan a través del canal del Dique (540 m³/s, aproximadamente). Esta entrada de aguas a la Bahía se da por el sector sur y está orientada de tal forma que la dirección de las aguas dulces está dirigida hacia el norte (Ospina y Pardo, 1993). Presenta además dos entradas de renovación de aguas oceánicas, Bocachica y Bocagrande, esta última minimizada por la escollera submarina construida durante la época de la colonia española (Arias y Duran, 1982). Sin embargo,

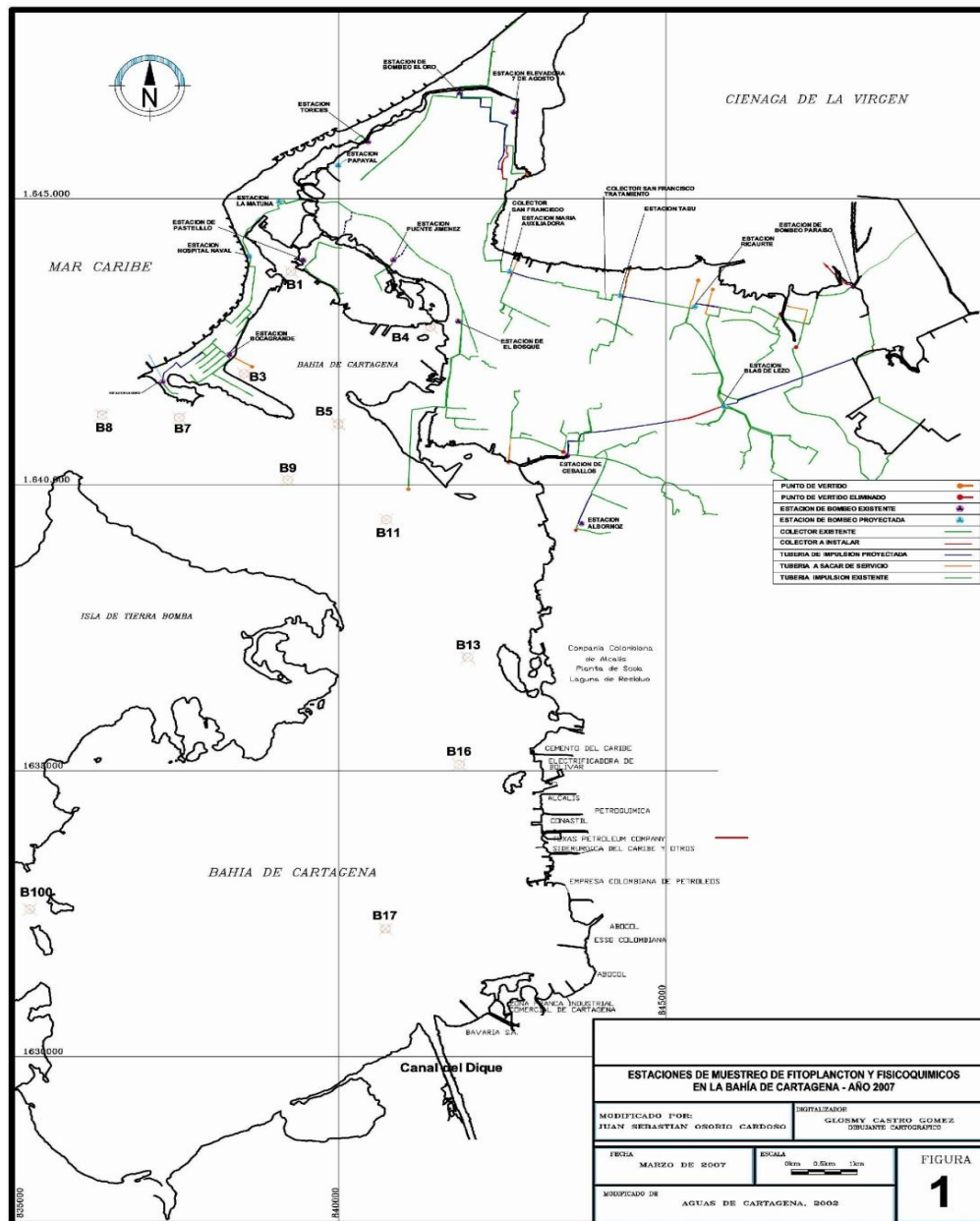


Figura 1. Estaciones de muestreo en la bahía de Cartagena. Tomado de ACUACAR (2005).

cabe destacar que es un sistema de alta complejidad hidrodinámica puesto que el intercambio de aguas con el exterior se da gracias en primer lugar a los regímenes de viento y en segundo grado a las mareas (Lonin y Giraldo, 1995).

El canal del Dique ha influido profundamente en el sistema acuático de la bahía de Cartagena, transformándola de una bahía de arrecifes coralinos con gran influencia de aguas marinas claras, a un estuario con grandes aportes de agua dulce, sedimentos y

sólidos en suspensión que alteran estacionalmente las características físicas, químicas y biológicas de este cuerpo de agua (Ospina y Pardo, 1993).y a su vez han propiciado el crecimiento del delta del Canal aproximadamente 3,5 km (Andrade *et al.* 2004).

La bahía de Cartagena presenta un comportamiento climático similar al descrito para todo el Caribe, determinado por los vientos Alisios en época seca y la Zona de Convergencia Intertropical (ZCI) en lluvia. Sin embargo, por las características propias de la zona de estudio es posible observar ciertas variaciones. La época seca o de verano se extiende desde diciembre hasta abril, los vientos Alisios hacen que las aguas del Dique se acumulen en la orilla de la Bahía, lo que genera una corriente de compensación en profundidad de sur a norte (CIOH–DIMAR, 2004), período en el cual el viento presenta las velocidades más altas de todo el año con una velocidad media de alrededor 24 m/s, con un máximo entre 32 y 40 m/s (Kennet, 1989 En: CIOH – DIMAR, 2004).

Después viene la llamada época de transición, comprendida entre mayo y julio, también denominada “Veranillo de San Juan”, se caracteriza por presentar vientos uniformes y fuertes de dirección norte y noreste, los cuales disminuyen su velocidad justo antes del amanecer y luego la velocidad se incrementa en la tarde (CORPES, 1990).

Finalmente ocurre la llamada época de lluvia que se extiende desde agosto hasta noviembre, presenta vientos débiles y de dirección variable, así como gran cantidad de lluvia, es en este período donde se presentan los huracanes que incluso llegan a aumentar las precipitaciones en la zona (CIOH–DIMAR, 2004).

En general es posible afirmar que las tres épocas climáticas descritas para la zona abarcan todo el año y describen ampliamente las variaciones climáticas importantes del ciclo anual (Tabla 1), mostrando una clara temporalidad, así como los cambios importantes que ocurren a nivel océano-atmosférico que podrían ejercer algún tipo de incidencia en la comunidad fitoplanctónica, por otra parte la variación de los parámetros hidrológicos e hidrodinámicos de la región se encuentra ampliamente relacionada con las tres épocas climáticas identificadas.

Tabla 1. Parámetros meteorológicos mensuales de la bahía de Cartagena (CIOH, 2006^a, 2006^b, 2007^a, 2007^b, 2007^c, CIOH, 2007^d, 2007^e, 2007^f, 2007^g).

Mes	Temperatura °C	Humedad relativa %	Precipitación (mm)	Brillo Solar (horas/mes)	Viento (nudos)
Noviembre/06	28,2	80,6	128,7	217,0	Variables 2-10
Diciembre/06	27,8	72,0	4,2	226,5	Norte / noreste 7-10
Enero/07	26,9	68,4	4,5	300,0	Norte / noreste 1-11
Febrero/07	27,0	78,3	0,0	275,5	Norte / noreste 1-11
Marzo/07	27,4	80,3	1,6	212,0	Norte / noreste 1-11
Abril/07	27,7	91,0	96,8	170,0	Norte / noreste 1-11
Mayo/07	27,6	89,6	189,4	108,0	Variables 1-7
Junio/07	28,4	83,0	57,9	205,0	Norte / este 15-20
Julio/07	28,0	75,4	128,0	213,5	Norte / noreste / noroeste 1-7

Teniendo en cuenta las características anteriores, se muestreó en cada época climática en 12 estaciones y siete sectores de la bahía de Cartagena, cuyo sector, código y coordenadas se resumen en la Tabla 2.

Gracias a la disposición espacial de esta red de estaciones (Figura 1) se obtuvieron registros de toda la bahía de Cartagena, tanto del sector interno como del externo, haciendo énfasis en aquellas zonas que tienen diferentes tipos de influencia antrópica. Además, de dos estaciones en los canales de comunicación de la bahía con el mar abierto (Bocagrande y Bocachica) que fueron puntos de referencia de sectores con mayor influencia oceánica.

3.2 Fase de campo

Los muestreos se llevaron a cabo en época de lluvia (4 y 5 de diciembre de 2006), seca (12 y 13 de marzo de 2007) y transición (23 y 24 de julio de 2007). Las 12 estaciones preestablecidas fueron ubicadas utilizando un GPS Garmin Etrex (± 5 m).

Con el fin de caracterizar la comunidad fitoplanctónica, en cada estación y a cada profundidad (1 y 10 m) se realizaron tres (3) lances de una botella Van Dorn con mensajero de 6,1 L de capacidad. Las muestras de agua de cada estación y profundidad

se integraron en una sola, en los casos en que la profundidad en la estación de muestreo fue inferior a 10 m, la muestra profunda se recolectó a 1 m del fondo.

Tabla 2. Posición geográfica de las estaciones de muestreo.

Sector	Código	Coordenadas	Sector	Código	Coordenadas
Bahía de Las Animas	B1	10° 24' 48,6" N	Laguito y Bocagrande	B7	10° 23' 25,2" N
		75° 32' 42,6" W			75° 33' 38,4" W
	B3	10° 23' 50,4" N		B8	10° 23' 26,3" N
		75° 33' 06,0" W			75° 34' 17,2" W
	B4	10° 24' 17,2" N	Mamonal	B13	10° 21' 09,4" N
		75° 31' 32,5" W			75° 31' 12,8" W
Isla de Manzanillo	B5	10° 22' 49,8" N	Canal de acceso	B16	10° 20' 08,2" N
		75° 32' 43,8" W			75° 31' 16,8" W
	B9	10° 23' 21,9" N	Desembocadura canal del Dique	B17	10° 18' 34,8" N
		75° 32' 18,5" W			75° 31' 53,4" W
	B11	10° 22' 27,6" N	Bocachica	B100	10° 18' 53,3" N
		75° 31' 54,0" W			75° 35' 21,1" W

La botella fue sostenida por un cabo metrado al que le fue instalado una pesa de lastre con el fin de evitar que la fuerza de la corriente la arrastrara, y a su vez se mantuviera extendida y vertical propiciando que el mensajero cerrara la botella y la muestra fuera recolectada a la profundidad estipulada.

Se caracterizó la comunidad planctónica hasta los 10 m de profundidad en la bahía de Cartagena por las siguientes razones: (a) la mayor necesidad de muestrear con más intensidad en los primeros metros de la columna de agua, ya que es aquí en donde se presenta una alta dinámica biológica del plancton marino, en zonas con alta actividad antropogénica como lo es la bahía de Cartagena, (b) la influencia de afluentes continentales en la Bahía y su consecuente aporte implícito de nutrientes, ya sea de origen natural o antropogénico, (c) la relativa poca profundidad en gran parte de la Bahía, (d) que históricamente la profundidad de extinción de la luz en la bahía es inferior a la profundidad antes mencionada y (e) debido a las características geomorfológicas de la Bahía no todas las estaciones de muestreo presentan profundidades iguales o superiores a 10 metros.

Las muestras de agua fueron concentradas usando un filtro de 25 μm debido a la dificultad de conseguir un filtro de menor ojo de malla y fueron almacenadas en un frasco de plástico debidamente rotulado. Después de lavar el filtro con agua de mar filtrada para que la totalidad de la muestra fuese almacenada en el frasco, se procedió a agregar aproximadamente la mitad del volumen de la muestra de formalina al 4%, con el fin de preservar el fitoplancton (Clesceri *et al.*, 1998).

Para la clorofila *a*, las muestras fueron recolectadas de manera simultánea al plancton, extrayendo en cada estación y profundidad 3 L de agua, que se almacenaron en recipientes plásticos oscurecidos con múltiples capas de plástico negro y finalmente se rotularon. Las muestras se refrigeraron en neveras de icopor conteniendo hielo seco con el fin de no alterar las características fisicoquímicas y biológicas de la muestra *in situ* lo que podría acarrear la degradación de los pigmentos y por lo tanto la subestimación de la clorofila *a* o por la interferencia de feopigmentos (Garay *et al.*, 2003). Es importante destacar que solo fue posible medir pigmentos fotosintéticos en las épocas seca y de transición debido a la pérdida accidental de las muestras de la época de lluvia.

Al mismo tiempo, se caracterizó la masa de agua midiendo *in situ* la temperatura, el pH, la conductividad, la salinidad, el oxígeno disuelto y el porcentaje de saturación del mismo, cada metro y hasta un metro del fondo, haciendo uso de una sonda multiparamétrica YSI 556 MPS, la sonda fue acoplada al disco Secchi y a un cabo señalado cada 0,5 m.

La transparencia de la columna de agua se determinó empleando un disco Secchi de 30 cm de diámetro. La profundidad de transparencia se empleó para calcular el coeficiente de extinción de la luz mediante la fórmula expresada por Tait (1987):

$$K = 1,45 / Z$$

En donde: ***K*** es el coeficiente de extinción de la luz en m^{-1} .
1,45 corresponde a una constante para aguas costeras.
Z es la profundidad en metros del disco Secchi.

El objetivo de determinar la transparencia fue calcular la zona fótica, que es la distancia a la cual se extingue el 99% de la luz incidente, zona donde se lleva a cabo el proceso de fotosíntesis.

Adicionalmente se recolectaron muestras puntuales a 0,5 y a 10,0 m de profundidad en cada estación (cuando no hubo 10 m de profundidad la muestra “profunda” se colectó a 1 m del fondo), utilizando una botella muestreadora Niskin Vertical de 5 L de capacidad. Las muestras se almacenaron en recipientes de plástico o vidrio en cantidad suficiente para el análisis y posteriormente se preservaron siguiendo las recomendaciones dadas en *Standard Methods* de APHA-AWWA-WEF (Clesceri *et al.*, 1998) para su traslado al laboratorio de Aguas de Cartagena en donde se realizó la determinación de los nutrientes (nitritos, nitratos, amonio, NKT y ortofosfatos), DBO₅, grasas y sólidos suspendidos.

3.3 Fase de laboratorio

Con una pipeta se recolectó 1 ml de agua de la muestra concentrada que se observó en su totalidad gota a gota, usando para ello portaobjetos y cubreobjetos corrientes de vidrio. La observación se llevó a cabo con ayuda de un microscopio óptico Nikon modelo SE de cuatro objetivos en aumentos de 10x, 40x y 100x con el fin de identificar los organismos hasta el nivel más específico posible y contabilizar los individuos de cada muestra. La identificación se basó en trabajos especializados y guías de identificación de fitoplancton (Gerloff y Cholnoky, 1970; Carbonell, 1982; Vidal y Carbonell, 1982; Rines y Hargraves, 1988; Balech, 1988; Tomas, 1996; Cupp, 2005) y para la clasificación taxonómica se tuvo en cuenta la clasificación de Diatomeas descrita por Crawford *et al.* (1990), para el grupo de Dinoflagelados, Fensome *et al.* (1993), para el grupo de Cianófitas, Bourrelly (1970) y para las Clorófitas, Bold y Wynne (1985).

Inmediatamente después del muestreo se llevó a cabo el procesamiento de las muestras para obtener la clorofila con el fin de evitar la feofitización de la misma. Para la estimación de la Chl *a* en las muestras fraccionadas se utilizó el método estándar de extracción con acetona al 90% descrito por Parsons *et al.* (1984). La lectura de dichos extractos se realizó por espectrofotómetro contra un blanco de acetona al 90%, teniendo como parámetros de lectura una longitud de onda de excitación de 750, 665, 645, 630 y 480 nm.

$$Ca = 11.85E_{664} - 1.54E_{647} - 0.08E_{630}$$

Con el valor Ca se reemplazó en:

$$mg \text{ Chl } a/m^3 = \frac{Ca \times v}{V \times l}$$

Donde, v equivale al volumen de acetona utilizado, V al volumen total filtrado expresado en litros y l es la longitud de la celda.

3.4 Fase de gabinete

Para llevar a cabo la descripción de la comunidad fitoplanctónica se procedió a estandarizar la abundancia a densidad (células/L) y calcular la abundancia relativa (%).

Para describir las variables fisicoquímicas y algunas biológicas de la masa de agua se utilizó el promedio como medida de tendencia central; el error estándar (EE) y el coeficiente de variación (CV) como medida de variabilidad.

Para la determinación del volumen a observar, se utilizaron todas las alícuotas tomadas de un mililitro de agua y se procedió a realizar la técnica de la curva de diversidad acumulada, la cual está basada en acumular la diversidad de cada muestra estudiada hasta que se presenten cambios leves en la pendiente que denote estabilidad (coeficiente de variación menor al 10%), haciendo esto referencia a que en este punto se obtuvo el mínimo número de muestras las cuales son representativas con respecto al total de la muestra (Ramírez, 1999).

Al no determinar si las estructuras de resistencia de dinoflagelados pertenecían o no a la misma especie, fueron descartadas de los análisis nombrados a continuación y se trataron como un numeral aparte determinando su promedio y error estándar por época y estrato.

Se calcularon medidas de diversidad que permiten confluir un gran número de variables bióticas (especies) y datos en un solo valor característico para una comunidad, muestra o estación, según el caso. Se utilizaron: Diversidad de Shannon-Wiener (H'), Riqueza de Margalef (d), Uniformidad de Pielou (J) y predominio de Simpson (λ) (Clarke y Warwick, 2001; Moreno, 2001), con el fin de interpretar las variaciones de estos índices en la comunidad fitoplanctónica por cada una de las muestras se definieron valores altos y bajos respecto a los máximos y mínimos de cada uno de los índices utilizados.

Posteriormente se procedió a calcular la diversidad de Shannon-Weiner por cada época climática y profundidad, para después determinar basados en las fórmulas dadas por Pardo *et al.* (1992), si existían diferencias significativas entre estas diversidades.

$$X^2 = \sum_{t=1}^s n_t \frac{(H_h^\phi(P_t) - \bar{D})^2}{\sigma_t^2}$$

En donde: X^2 es el valor calculado de chi
 n es el número de especies en cada muestra
 $H_h^\phi(P_t)$ es la diversidad de Shannon-Weiner calculada por muestra
 σ^2 es la varianza de dicha diversidad.

$$\bar{D} = \frac{\sum_{t=1}^s \frac{n_t H_h^\phi(P_t)}{\sigma_t^2}}{\sum_{t=1}^s \frac{n_t}{\sigma_t^2}}$$

Por otro lado cuando se detectaron diferencias significativas, se procedió a realizar a posteriori la comparación por parejas de diversidades con base en la siguiente ecuación:

$$Z = \frac{H_h^\phi(P_1) - H_h^\phi(P_2)}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}}$$

Una vez determinadas las diferencias entre épocas y profundidades se realizó el mismo procedimiento, pero únicamente teniendo en cuenta las épocas climáticas. El valor crítico de Z con un nivel de confianza de 95% es de 1,96.

Con el fin de localizar asociaciones biológicas entre estaciones por sus características estructurales, se llevó a cabo el análisis de clasificación de manera directa (matriz Q) mediante el índice de Bray Curtis (Clarke y Warwick, 2001). El grado de distorsión fue determinado por el coeficiente de correlación cofenética y para la elaboración del dendrograma se utilizó la técnica del ligamiento promedio de la media aritmética no ponderada UPGMA (Crisci y López, 1983) y realizando transformación de raíz cúbica a los datos.

Posteriormente a partir del dendrograma obtenido se procedió a ejecutar un análisis inverso de Kaandorp el cual permitió establecer que especies fueron definitivas en la formación de los grupos determinados para el análisis de clasificación, así como clasificar dichas especies respecto a su abundancia relativa en cada uno de los grupos, exclusivas (100,0%), características (90,0 – 99,9 %), típicas (70,0 – 90,0 %) y generalistas (<70,0 %) (Kaandorp, 1986).

Para determinar si existieron diferencias significativas en los atributos estructurales del plancton entre las épocas climáticas, las estaciones y las profundidades definidas *a priori* (denominados “estratos”), se llevó a cabo la técnica multivariada Análisis de Similaridad (ANOSIM) de dos vías cruzado estableciendo como variables la profundidad y la época climática (Clarke y Warwick, 2001). Cuando $R=1$, todas las réplicas de la misma época o profundidad son más similares una a otra que con cualquier réplica de otra, época o profundidad, cuando R presenta un valor cercano a cero (0), las semejanzas entre y dentro las épocas y profundidades son en promedio, prácticamente las mismas y si R es menor a cero, las réplicas entre estaciones de diferentes épocas o profundidades son más similares entre sí que las de una misma época o profundidad, indicando un diseño erróneo o una inadecuada división de los estratos (Clarke y Warwick, 2001).

Una vez realizado el análisis de similaridad (ANOSIM) y habiendo establecido las diferencias entre épocas y profundidades se realizó un análisis SIMPER cuyo fin fue

establecer que especies son las que contribuyeron a la similaridad en cada uno de los grupos y disimilaridad entre los grupos (Clarke y Warwick, 2001).

La determinación de pigmentos fotosintéticos se relacionó con la abundancia fitoplanctónica mediante pruebas de correlación de Spearman puesto que después de realizar la prueba de Shapiro-Wilks no existió normalidad de los datos incluso realizando la transformación de los mismos (Zar, 1999).

Para el componente abiótico, previo a realizar los análisis multivariados se evaluó si las variables físicas y químicas de la masa de agua presentaban una muy alta correlación ($r \geq 0,95$) entre algunas de ellas, para lo cual se llevó a cabo un análisis de correlación de Pearson (Zar, 1999).

Con el fin de localizar asociaciones en las características de la masa de agua entre épocas y profundidades, se llevó a cabo el análisis de clasificación de manera directa (matriz Q) mediante el índice de distancia estandarizada de Ward.

Debido a que la composición y abundancia del fitoplancton está influenciado por la disponibilidad de nutrientes (e.g. NO_3 y HPO_4) y estos por lo general tienen valores inferiores a 1, los datos fueron transformados con logaritmo natural para disminuir el peso de las variables con altas magnitudes y aumentar el peso de las que tienen bajas magnitudes (Ramírez y Viña, 1998).

Para determinar que variables fisicoquímicas explican la variación en la masa de agua se procedió a realizar un análisis de componentes principales (PCA), realizado a partir de coeficiente de correlación de Pearson, por otro lado los ejes tenidos en cuenta se obtuvieron con valores eigen mayores a uno (1) siguiendo el criterio de Kaiser-Guttman (McCune y Grace, 2002).

El método permite comparar las “variables o componentes” y correlacionarlos mediante el aporte de información que cada variable hace en términos de “variabilidad”, entendida esta, como la dispersión que tienen los datos con respecto al promedio (varianza). Agrupa las variables jerárquicamente en grupos de componentes principales que son aquellos que mayor varianza explican dentro del análisis (Ramírez y Viña, 1998).

Con el fin de determinar la combinación de variables abióticas que mejor explican la estructura fitoplanctónica se llevó a cabo el análisis multivariado denominado BIO-ENV (Clarke y Warwick, 2001). Esta técnica parte de la premisa que “es de esperar que los pares de muestras y/o estaciones que presentan mayor similitud en el conjunto de variables físicas y químicas, sean las más similares en la composición biótica, y por tanto una o la combinación de varias variables abióticas determinará la estructura de la comunidad” (Clarke y Warwick, 2001). Se utilizó el coeficiente de correlación armónica de Spearman (ρ_w), el cual oscila entre -1 y 1 .

4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Esta investigación busca establecer las variaciones espaciales y temporales de algunos atributos estructurales de la comunidad fitoplanctónica en la bahía de Cartagena, durante un ciclo climático anual (épocas seca, lluviosa y transición), y relacionarlo con algunas variables abióticas de la masa de agua.

5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar la comunidad fitoplanctónica en la bahía de Cartagena en las épocas climáticas típicas de la región (seca, lluvia y transición).
- Establecer los cambios espaciales y verticales (profundidades) de la comunidad fitoplanctónica en la bahía de Cartagena.
- Determinar el comportamiento vertical (cada metro de profundidad) de la temperatura, la salinidad, el pH, la conductividad y el oxígeno disuelto en cada estación en las distintas épocas climáticas.
- Establecer la concentración de nutrientes (NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , NKT, PO_4^-), sólidos suspendidos (SST) y DBO_5 a dos profundidades (1 y 10 m) en la tres épocas climáticas típicas de la región.
- Determinar la relación de las variables abióticas de la masa de agua en las variaciones temporales y espaciales de la comunidad fitoplanctónica.

6. HIPÓTESIS

H₁: La comunidad fitoplanctónica presentará variaciones en la composición y abundancia entre las épocas climáticas (seca, lluvia y transición) y profundidades.

H₂: La mayor abundancia de fitoplanctótes se encontrará en la época de lluvia por el mayor aporte de nutrientes continentales.

H₃: La mayor diversidad (riqueza y uniformidad) se presentará en la época seca por la mayor homogeneidad ambiental de la masa de agua.

H₄: Las variaciones de la comunidad fitoplanctónica entre las épocas climáticas estarán más influenciadas por la concentración de nutrientes, salinidad y DBO₅, por ser estos los parámetros con mayor variación entre las épocas climáticas.

H₅: Los cambios del fitoplancton entre profundidades estarán influenciados principalmente por la salinidad, la concentración de oxígeno y el DBO₅ porque son las variables con las mayores diferencias entre profundidades.

7. RESULTADOS

7.1 Fitoplancton

7.1.1 Características estructurales

Se encontraron un total de 194 especies pertenecientes a 76 géneros, ubicados taxonómicamente en 32 familias, algunas de ellas y su iconografía consignadas en el Anexo G; por otro lado fue posible determinar un total de siete morfotipos incluidas estructuras de resistencia. Su abundancia (cél/L) se encuentra consignada en el Anexo A y su clasificación taxonómica en el Anexo K.

En las tres épocas climáticas la clase predominante fue Diatomophyceae que tuvo una dominancia superior al 90%, seguida por Dinophyceae, Clorophyceae, Cyanophyceae y por último Dictyochophyceae (Tabla 3).

Tabla 3. Abundancias (cél/L) y abundancia relativa (%) de las clases taxonómicas del fitoplancton encontradas en las tres épocas de muestreo.

	Lluvia		Seca		Transición	
	Abundancia (cél/L)	Abundancia relativa%	Abundancia (cél/L)	Abundancia relativa%	Abundancia (cél/L)	Abundancia relativa%
Diatomophyceae	4.628,93	96,63	31.146,18	98,71	15.617,01	97,50
Dictyochophyceae	1,39	0,03	5,71	0,02	34,54	0,22
Dinophyceae	68,72	1,43	381,77	1,21	346,06	2,16
Cyanophyceae	38,73	0,81	14,31	0,05	19,42	0,12
Clorophyceae	52,65	1,10	6,39	0,02		
Total	4.790,42		31.554,35		16.017,03	

En la época de transición fueron identificadas 90 especies, en seca 124 y en lluvia 105 especies (Anexo A).

Durante las tres épocas de muestreo fue posible determinar la presencia de estructuras de resistencia de dinoflagelados (Figura 2), el mayor promedio de abundancia se presentó en época seca a nivel superficial ($30,30 \pm 11,37$ célula/L), seguido por época de transición a

nivel superior ($13,02 \pm 3,58$ cél/L). Los promedios más bajos se dieron en época lluvia a nivel superior ($2,13 \pm 0,57$ cél/L) y profundo ($1,43 \pm 0,51$ cél/L).

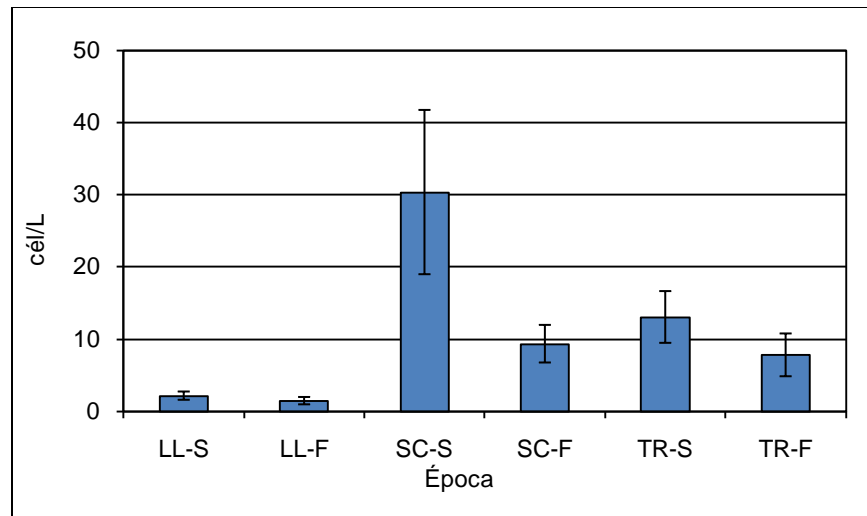


Figura 2. Abundancia promedio (cél/L) y EE, de las estructuras de resistencia encontradas en la Bahía en las tres épocas de muestreo a nivel superior y profundo. LL: lluvia, SC: seca, TR: transición, S: superior, F: profundo.

7.1.1.1 Época de lluvia

La especie *Skeletonema costatum* registró una abundancia relativa, notoriamente mucho más alta que cualquiera de las especies más abundantes. Le siguen *Chaetoceros brevis*, *Chaetoceros affine*, *Thalassionema nitzschioides* y *Leptocylindrus danicus* (Figura 3).

En cuanto a las especies menos abundantes todas presentaron una abundancia relativa, de 0,003% del total cél/L, estas especies fueron: *Prorocentrum máximum*, *Gyrosigma* sp1, *Licmophora lyngbyei*, *Diplopsalis* sp, *Biddulphia longicuris*, *Ceratium trichoceros*, *Biddulphia* sp y *Goniodoma* sp.. Es importante destacar que las especies menos abundantes equivalen tan solo al 0,024% del total de células observadas

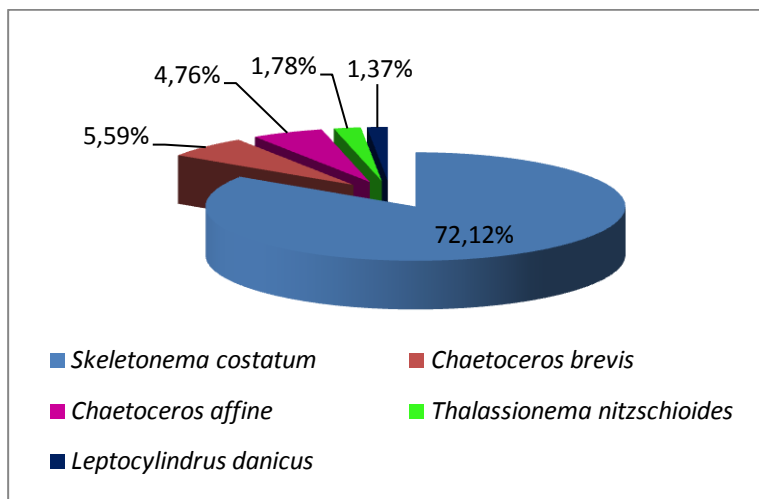


Figura 3. Abundancia relativa de las especies más abundantes encontradas durante el muestreo en la época de lluvia.

El estrato superficial tuvo una densidad promedio que casi triplica al profundo ($6.761,54 \pm 2.395,85$ y $2.819,29 \pm 577,86$ cél/L respectivamente); mostrando la mayor diferencia en la estación B100. La muestra donde se obtuvo la mayor densidad fue B100-S, seguida por B11-S, B11-F y B8-F. Las muestras de menor abundancia fueron: B100-F, B17-F, B16-F y B13-F (Figura 4).

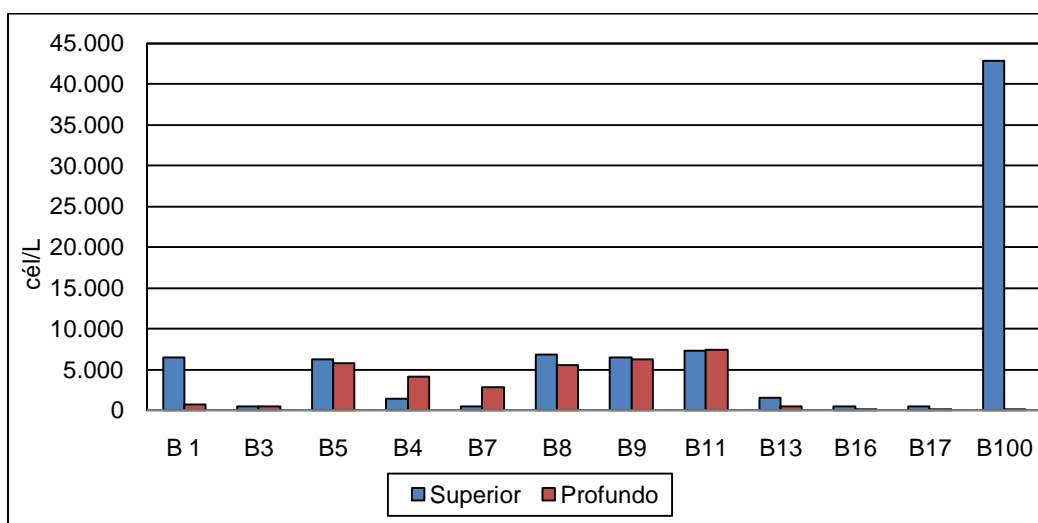


Figura 4. Abundancia de fitoplancteres (cél/L) en cada una de las muestras en ambas profundidades, para la época de lluvia.

En cuanto a las medidas de diversidad, las muestras que presentaron mayor riqueza de especies fueron B5-S y B5-F con 24 especies cada una. Las muestras con menor cantidad de especies fueron B16-F y, B13-F con cinco especies cada una (Tabla 4).

En cuanto a la riqueza de Margalef (d) fue posible determinar valores desde 3,52 (B17-F), hasta 0,65 (B13-F), las únicas muestras que presentaron un índice mayor a tres fueron B3-S y B17-F.

Por otro lado valores muy altos de uniformidad de Pielou (J') se hallaron en B100-F y B16-F ($>0,9$) en el resto de muestras este valor fluctuó desde los 0,75 (B3-S) hasta 0,04 (B100-S).

En cuanto al predominio de Simpson (λ), los mayores valores se presentaron en B100-S (0,97) y B1-F (0,89) y B1-S (0,84), en cuanto al menor valor este se encontró en B100-F (0,12).

La diversidad de Shannon (H') presentó valores entre 0,09 (B100-S) y 2,32 correspondiente a B3-S y únicamente ocho muestras presentaron valores por encima de dos.

Tabla 4. Medidas de diversidad de las muestras en la época de lluvia (L). S: Riqueza de especies, N: Abundancia, d: Riqueza de Margalef, J': Uniformidad de Pielou, H': Diversidad de Shannon-Wiener, λ: Predominio de Simpson.

	S	N	d	J'	H'(Loge)	λ
LL-S-B1	13	6424,67	1,37	0,16	0,42	0,84
LL-F-B1	6	724,04	0,76	0,17	0,30	0,89
LL-S-B3	22	456,67	3,43	0,75	2,32	0,16
LL-F-B3	11	525,96	1,60	0,57	1,36	0,38
LL-S-B4	13	1452,64	1,65	0,56	1,42	0,34
LL-F-B4	15	4085,75	1,68	0,37	1,00	0,54
LL-S-B5	24	6300,00	2,63	0,65	2,05	0,22
LL-F-B5	24	5725,00	2,66	0,65	2,06	0,23
LL-S-B7	14	478,14	2,11	0,75	1,98	0,19
LL-F-B7	13	2771,98	1,51	0,23	0,58	0,80
LL-S-B8	22	6791,67	2,38	0,70	2,18	0,19
LL-F-B8	16	5483,33	1,74	0,64	1,77	0,30
LL-S-B9	17	6441,67	1,82	0,54	1,54	0,36
LL-F-B9	19	6250,00	2,06	0,69	2,02	0,22
LL-S-B11	21	7341,67	2,25	0,47	1,44	0,44
LL-F-B11	19	7475,00	2,02	0,46	1,36	0,47
LL-S-B13	9	1516,39	1,09	0,68	1,48	0,31
LL-F-B13	5	464,48	0,65	0,55	0,89	0,56
LL-S-B16	11	485,88	1,62	0,56	1,34	0,39
LL-F-B16	5	37,70	1,10	0,97	1,56	0,22
LL-S-B17	8	490,16	1,13	0,71	1,47	0,30
LL-F-B17	19	166,92	3,52	0,74	2,18	0,23
LL-S-B100	10	42831,15	0,84	0,04	0,09	0,97
LL-F-B100	9	35,36	2,24	0,98	2,15	0,12

7.1.1.2 Época de transición

La especie más abundante en la época de transición fue *S. costatum*, seguida por *Pseudonitzschia* sp2, *C. gigas* y *Guinardia striata* (Figura 5), estas corresponden a casi el 94% del total de células encontradas para este muestreo. Las especies menos abundantes tuvieron abundancias relativas iguales al 0,01% entre las cuales se encontraron *Guinardia flaccida*, *Rhizosolenia alata*, *Purophacus horologium*, *Synedra* sp,

Amphora ventricosa, *Prorocentrum máximum*, *Dinophysis caudata* y *Biddulphia longicuris* entre otras.

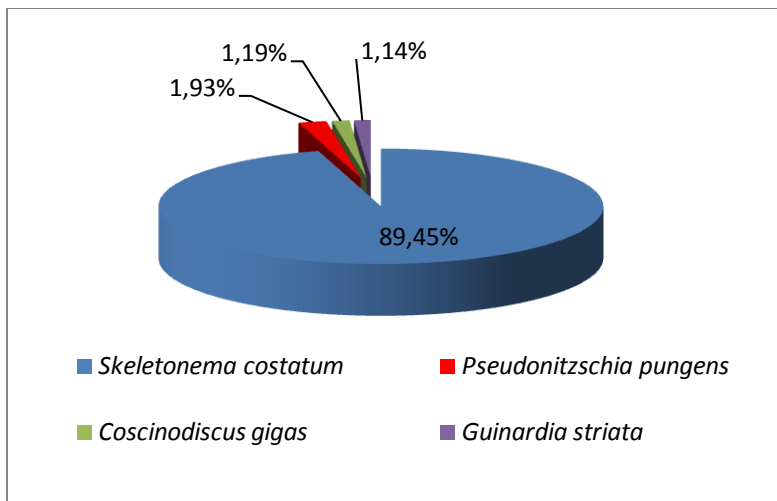


Figura 5. Abundancia relativa de las especies más abundantes encontradas durante el muestreo en la época de transición.

La abundancia promedio fue mucho mayor a nivel superior ($27.603,59 \pm 9.204,05$ cél/L) que a nivel profundo ($4.430,48 \pm 1.251,50$ cél/L), en la mayoría de las estaciones es posible observar amplias diferencias de abundancia respecto a las profundidades (Figura 6). Las muestras que presentaron el mayor número de fitoplanctéres fueron B3-S, B4-S, B1-S y B13-S y las de menor abundancia fueron B9-F, B13-F, B5-F y B11-F.

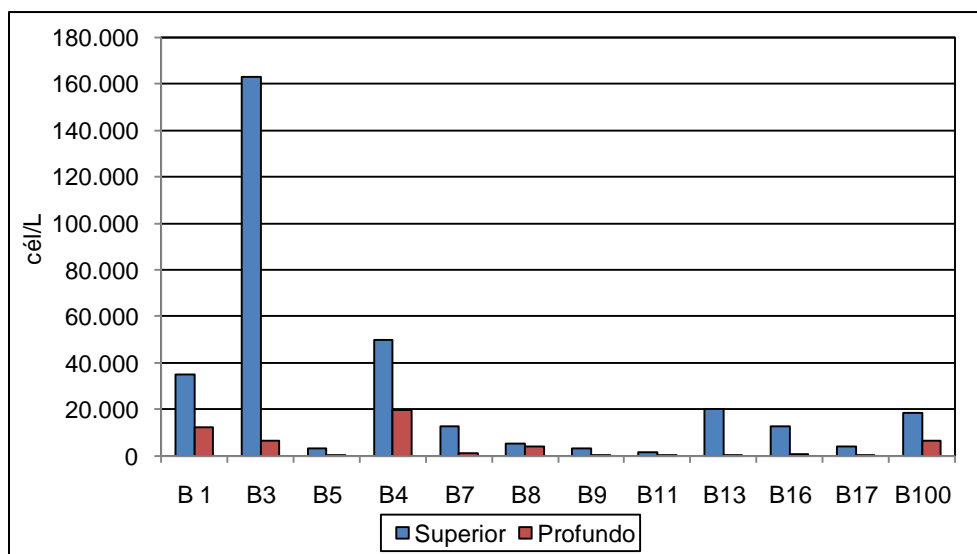


Figura 6. Abundancia de fitoplancteres (cél/L) en cada una de las estaciones de muestreo en ambas profundidades, para la época de transición.

Las muestras que presentaron el mayor número de especies (Tabla 5) fueron B3-S (25), B7-S (23), B3-F y B4-F ambas con 20 especies. Las que presentaron el menor número de especies fueron B9-F (3), B5-F (3), B9-S (4) y B13-F (6).

La riqueza de Margalef (d) fluctuó entre 2,22 (B7-S) y B5-F (0,34) mostrando amplia variación entre estaciones.

Respecto a la uniformidad de Pielou (J'), solo B9-F presentó 1,0 de uniformidad, sin embargo B17-F, B11-S, B5-F, B9-S y B11-F presentaron uniformidad superior o igual a 0,8; el menor valor de uniformidad fue para B3-S y B100-S con 0,06 y 0,13 respectivamente.

El predominio de Simpson (λ) varió entre 0,95 y 0,14, las muestras con mayor predominio fueron B3-S, B100-S, B13-S y B1-F; las de menor predominio fueron B17-F, B8-F, B11-S y B7-F.

Las únicas muestras que presentaron un mayor valor de diversidad de Shannon (H') mayor a 2,00 fueron B17-F (2,12) y B8-F (2,01), por otro lado las que presentaron los valores más bajos de este índice fueron B13-S (0,40), B100-S (0,37) y B3-S (0,18).

Tabla 5. Medidas de diversidad de las muestras en la época de transición (TR) S: Riqueza de especies, N: Abundancia, d: Riqueza de Margalef, J': Uniformidad de Pielou, H': Diversidad de Shannon-Wiener, λ: Predominio de Simpson

	S	N	d	J'	H'(Loge)	λ
TR-S-B1	11	35.100,00	0,96	0,27	0,64	0,75
TR-F-B1	11	12.264,75	1,06	0,18	0,44	0,85
TR-S-B3	25	163.042,62	2,00	0,06	0,18	0,95
TR-F-B3	20	6.400,00	2,17	0,29	0,88	0,69
TR-S-B4	19	50.049,18	1,66	0,15	0,46	0,83
TR-F-B4	20	19.631,15	1,92	0,17	0,50	0,84
TR-S-B5	6	3.383,33	0,62	0,50	0,90	0,58
TR-F-B5	3	346,67	0,34	0,82	0,90	0,47
TR-S-B7	22	12.672,13	2,22	0,38	1,17	0,49
TR-F-B7	16	1.327,87	2,09	0,63	1,76	0,27
TR-S-B8	10	5.517,78	1,04	0,58	1,34	0,36
TR-F-B8	15	4.100,00	1,68	0,74	2,01	0,20
TR-S-B9	4	3.375,00	0,37	0,81	1,13	0,34
TR-F-B9	3	83,33	0,45	1,00	1,10	0,33
TR-S-B11	6	1.665,00	0,67	0,83	1,49	0,25
TR-F-B11	6	400,00	0,83	0,80	1,44	0,30
TR-S-B13	14	20.316,94	1,31	0,15	0,40	0,86
TR-F-B13	5	284,15	0,71	0,64	1,02	0,51
TR-S-B16	12	12.786,89	1,16	0,19	0,48	0,82
TR-F-B16	9	718,03	1,22	0,42	0,91	0,64
TR-S-B17	9	4.170,49	0,96	0,48	1,06	0,52
TR-F-B17	10	504,10	1,45	0,92	2,12	0,14
TR-S-B100	17	18.382,51	1,63	0,13	0,37	0,88
TR-F-B100	17	6.639,34	1,82	0,25	0,72	0,75

7.1.1.3 Época seca

No existe dominancia de alguna especie en particular (Figura 7). Las abundancias relativas de las cinco especies más abundantes oscilaron entre 11,5% (*Pseudonitzschia pungens*) y 14,9% (*S. costatum*); representando así casi el 67% del total de células observadas para esta época climática. Por su parte hubo cinco especies con la más baja abundancia relativa para la época seca, cada una (*Amphora lineolata*, *Fragilaria* sp2,

Trachyneis aspera, *Diplopsalis* sp, *Amphora ostrearia*, *Biddulphia biddulphiana*, *Ceratium* sp y *Protoperdinium* sp3), con un 0,001% de abundancia relativa, no alcanza en conjunto al 1% del total de células encontradas.

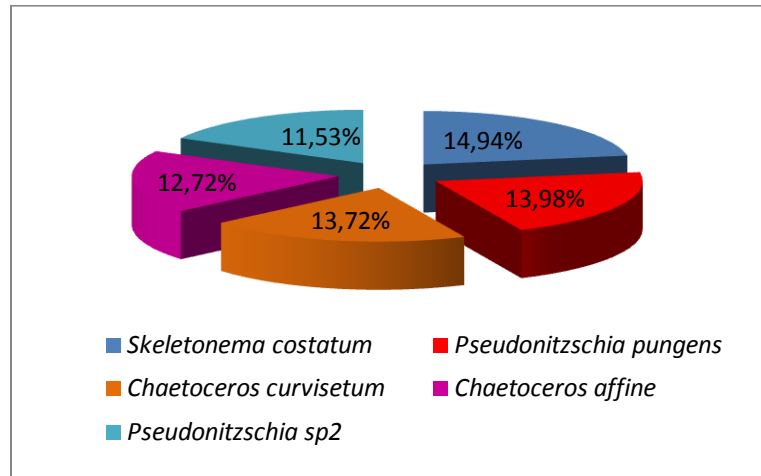


Figura 7. Abundancia relativa de las especies más abundantes encontradas durante el muestreo en la época seca.

En la época seca las muestras superiores presentaron abundancia mayor ($57.609,08 \pm 15.475,36$ cél/L) que las estaciones profundas ($5.499,63 \pm 1.839,82$). Las de mayor abundancia fueron B8-S, B5-S, B11-S y B16-S y las de menor abundancia fueron B3-S, B3-F, B100-F y B13-F.

En la Figura 8 es posible observar que las abundancias en la mayoría de las muestras son notoriamente más altas a nivel superior que profundo.

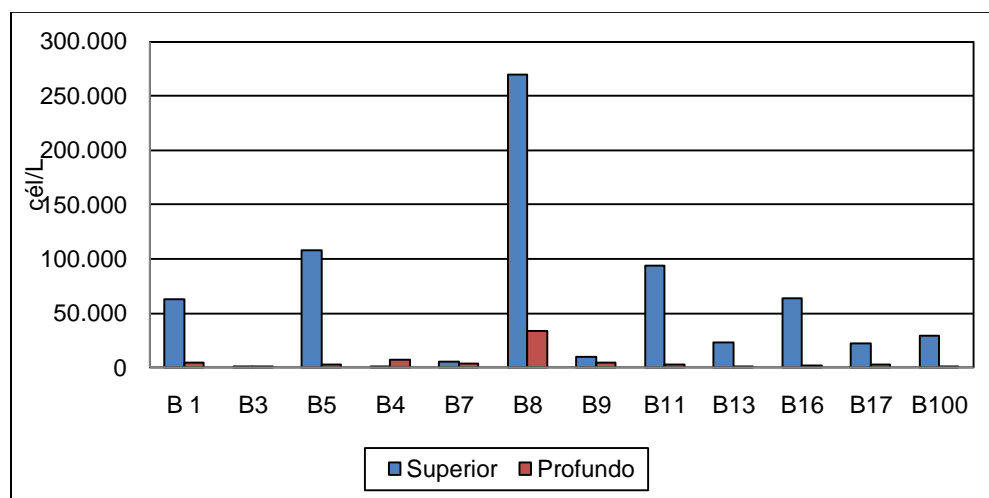


Figura 8. Abundancia de fitoplancton (células/L) en cada una de las estaciones de muestreo en ambas profundidades, para la época seca.

Las estaciones con el mayor número de especies fueron B100-S (38), B17-S (37), B5-S (27) y B4-F (26); las que menos especies tuvieron fueron B5-F (7), B9-F (10), B100-F (10) y B3-F (11) (Tabla 7).

Por otro lado la riqueza de Margalef (d) mostró sus mayores valores en B100-S y B17-S; ambas con 3,60, en el resto de muestras este índice varió hasta un mínimo de 0,76 en B5-F.

La uniformidad de Pielou (J') fue relativamente similar en varias muestras, sus valores más altos se acercaban entre sí (0,90; 0,90 y 0,89 en B3-F; B13-F y B3-S respectivamente) y sólo en tres de las estaciones (B1-S, B100-S y B16-S) se presentó una uniformidad menor a 0,4.

Así mismo el predominio de Simpson mostró variaciones entre todas las estaciones donde su mayor valor fue 0,8 (B1-S) seguido por 0,67 (B16-S), 0,60 (B100-S) y 0,52 (B1-F).

La diversidad de Shannon Wiener presentó valores entre 2,84 en B3-S y 0,61 en B1-S, mostrando variaciones a lo largo de todas las muestras, sin embargo, en la mitad de las ellas (14) se reportaron valores de diversidad mayores a 2,00.

Tabla 6. Medidas de diversidad de las muestras en la época seca (SC), S: Riqueza de especies, N: Abundancia, d: Riqueza de Margalef, J': Uniformidad de Pielou, H': Diversidad de Shannon-Wiener, λ : Predominio de Simpson.

	S	N	d	J'	H'(Loge)	λ
SC-S-B1	22	62.613,11	1,90	0,20	0,61	0,80
SC-F-B1	21	4.400,00	2,38	0,42	1,27	0,52
SC-S-B3	24	647,54	3,55	0,89	2,84	0,08
SC-F-B3	11	204,92	1,88	0,90	2,17	0,15
SC-S-B4	12	1.140,09	1,56	0,86	2,13	0,16
SC-F-B4	26	7.254,10	2,81	0,53	1,71	0,36
SC-S-B5	27	107.775,00	2,24	0,67	2,20	0,15
SC-F-B5	7	2.756,25	0,76	0,60	1,16	0,48
SC-S-B7	21	5.370,49	2,33	0,78	2,36	0,17
SC-F-B7	23	3.819,67	2,67	0,75	2,37	0,15
SC-S-B8	13	269.250,00	0,96	0,85	2,17	0,14
SC-F-B8	21	33.412,50	1,92	0,46	1,39	0,47
SC-S-B9	16	10.050,00	1,63	0,79	2,18	0,14
SC-F-B9	10	4.666,67	1,07	0,88	2,03	0,15
SC-S-B11	26	93.312,50	2,18	0,67	2,18	0,16
SC-F-B11	12	3.066,67	1,37	0,81	2,00	0,16
SC-S-B13	24	23.475,41	2,29	0,45	1,43	0,46
SC-F-B13	16	688,52	2,30	0,90	2,49	0,10
SC-S-B16	23	64.062,30	1,99	0,27	0,86	0,67
SC-F-B16	16	2.032,79	1,97	0,71	1,98	0,20
SC-S-B17	37	22.308,20	3,60	0,52	1,87	0,29
SC-F-B17	13	2.708,20	1,52	0,73	1,87	0,21
SC-S-B100	38	29.486,07	3,60	0,27	1,00	0,60
SC-F-B100	10	426,23	1,49	0,80	1,85	0,22

La época seca por su parte presentó el valor de diversidad más alto seguido por la época de lluvia y finalmente transición (Tabla 7).

Tabla 7. Valores de diversidad de Shannon-Weinner por cada época climática, H': diversidad de Shannon-Weinner, n: número de células/Litro totales.

Lluvia			
H'	n	Límite inferior	Límite superior
1,479	114.756,239	1,465	1,494
Seca			
H'	n	Límite inferior	Límite superior
2,622	754.927,213	2,619	2,625
Transición			
H'	n	Límite inferior	Límite superior
0,651	383.161,28	0,646	0,656

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las diversidades de las épocas climáticas ($X^2_{(2)} = 435.970,7$). La prueba Z indica que estas diferencias se dan entre todas las épocas muestreadas (seca vs lluvia, $Z = 186,8$; lluvia vs transición; $= 126,6$ y seca vs. Transición; $Z = 652,8$).

7.1.1.4 Pigmentos fotosintéticos

Las concentraciones de pigmentos fotosintéticos de todas las muestras se presentan en el Anexo B. Todos los pigmentos fueron más altos en época de transición que en época seca (Figura 9).

La clorofila a, presentó variaciones entre 52,18 y 6,25 $\mu\text{g/L}$ en la época seca. En época de transición las concentraciones oscilaron entre 37,57 y 10,85 $\mu\text{g/L}$, entre todos los pigmentos fue el segundo promedio más bajo.

La clorofila b varió en la época seca entre 8,40 y 68,62 $\mu\text{g/L}$, mientras que en transición fluctuó entre 25,41 y 94,01 $\mu\text{g/L}$.

La clorofila c, presentó las variaciones y los promedios más bajos de concentración de pigmentos. Tuvo concentraciones entre 0,16 y 56,01 $\mu\text{g/L}$ para la época seca y 0,54 y 1,53 $\mu\text{g/L}$ para la época de transición.

El feopigmento presentó el segundo promedio más alto en ambas épocas climáticas. Este pigmento varió entre 0,66 y 69,70 $\mu\text{g/L}$ para las dos épocas.

Finalmente los carotenoides presentaron el tercer promedio más alto con variaciones entre 0,19 y 64,80 $\mu\text{g/L}$ en ambas épocas de muestreo.

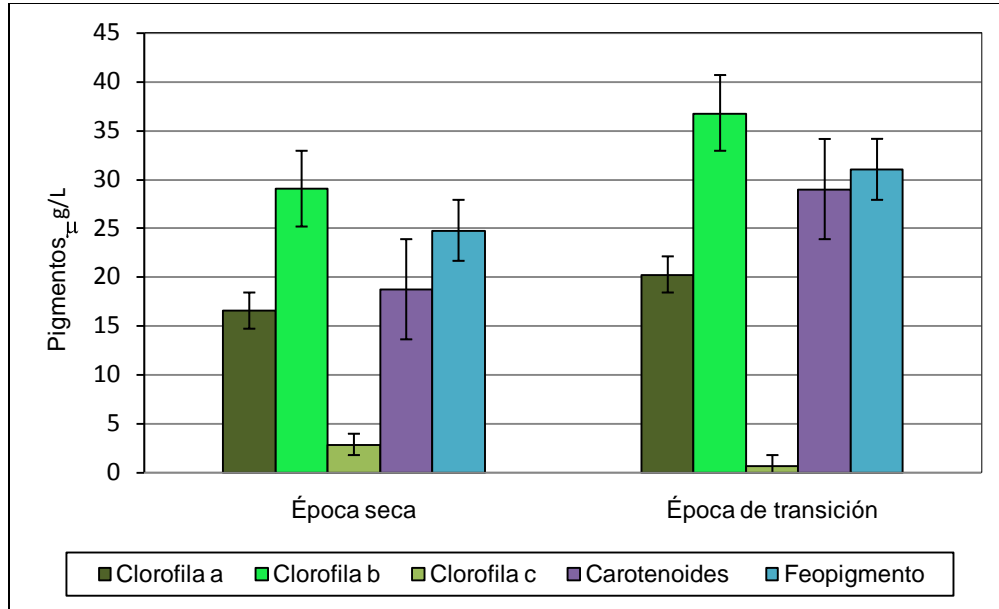


Figura 9. Valores promedio (\pm EE) de clorofila a, b, c, carotenoides y feopigmento para cada una de las épocas de muestreo.

Teniendo en cuenta las mediciones de clorofila en cada una de las estaciones de muestreo (Anexo B) fue posible determinar que a excepción de una sola muestra (B16-F) en época seca, los valores más altos se dieron en época de transición a nivel superior específicamente en B4, B9, B11 y B17. Para la época seca no es posible observar tan claramente este comportamiento, los más altos se encontraron en B1-S, B4-S, B4-F y B16-F.

Por otro lado los valores promedio de clorofila a (Figura 10) fueron más altos a nivel superior en la época de transición, seguido por la época seca a nivel profundo. En tercer lugar se encuentra la época seca a nivel superior y por último la época de transición a nivel profundo.

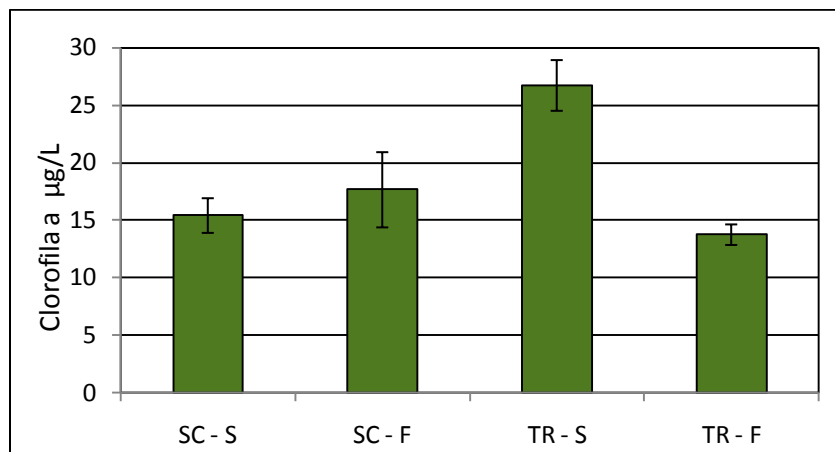


Figura 10. Valores de clorofila a promedio (\pm EE) en cada época climática.

Los valores de clorofila b más altos se dieron en época de transición y a nivel superior (B4-S, B13-S, B8-S y B17-S); por su parte los valores para la época seca más altos se registraron en B1-S, B8-F, B16-F y B17-S. En muestras como B1-F, B5-F, B11-F y B13-F se presentaron concentraciones similares para las dos épocas climáticas (Anexo B).

Respecto a los promedios de clorofila b (Figura 11) se determinó que el más alto correspondió a la época de transición a nivel superior, el segundo más alto fue en época de transición a nivel profundo, valor muy similar al medido en la época seca a nivel profundo y finalmente el más bajo fue el correspondiente a la época seca a nivel superior.

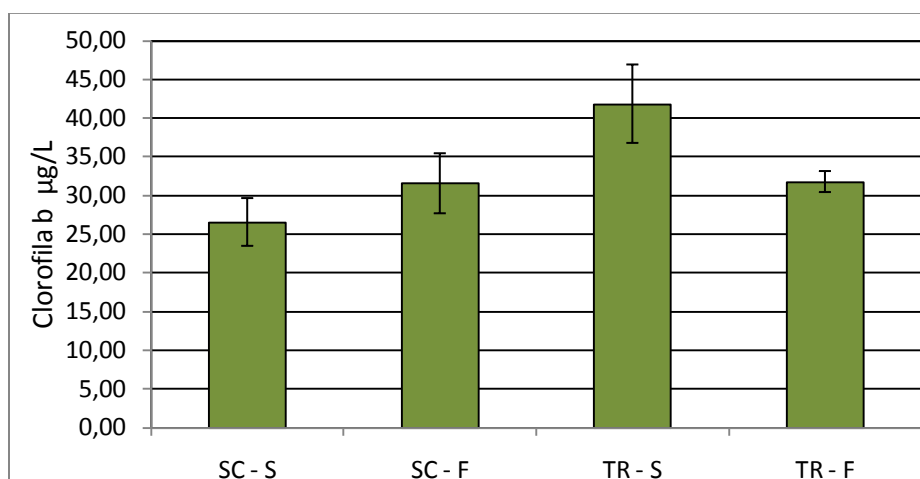


Figura 11. Valores de clorofila b promedio (\pm EE) en cada época climática.

En cuanto a la clorofila c (Figura 12) el promedio más alto fue determinado para la época seca a nivel profundo con un amplio rango de variación entre muestras, el segundo

promedio más alto fue el perteneciente a la época de transición a nivel superior. La época que presentó el menor promedio de clorofila c fue transición a nivel profundo.

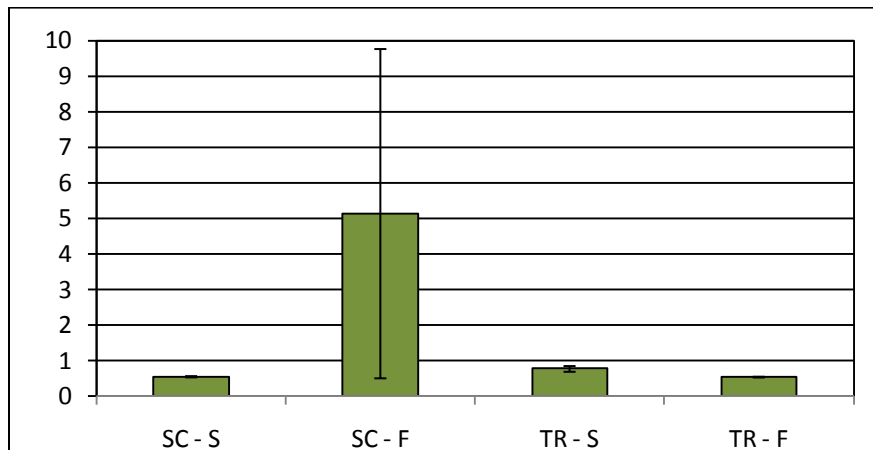


Figura 12. Valores de clorofila c promedio (\pm EE) en cada época climática.

En la mayoría de las estaciones de muestreo los valores más altos de feopigmento se dieron en época de transición y a nivel superficial más claramente en las muestras B5-S, B4-S, B9-S y B17-S. Por su parte los más altos para la época seca se dieron en B8-S, B9-S, B11-S y B17-S (Anexo B).

Los valores promedio de feopigmento (Figura 13) más altos de las jornadas de muestreo se dieron a nivel superior, para la época de transición, seguido para la época seca, al igual que el promedio correspondiente a nivel profundo.

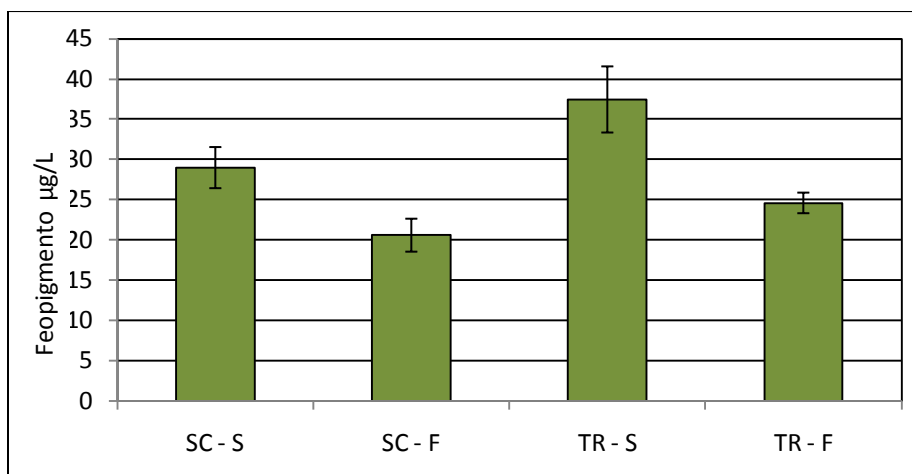


Figura 13. Valores promedio de feopigmento (\pm EE) en cada época climática.

Los carotenoides presentaron un valor más alto en la mayoría de las estaciones en época de transición (Anexo B), en la misma época todas las estaciones a excepción de B100 presentaron los más altos valores a nivel superficial. Los valores más altos se dieron en B17-S, B4-S y B9-S. Para la época seca se encontraron muestras donde el valor fue mayor a nivel profundo, las de mayor concentración fueron B16-F, B17-S y B100-F.

En cuanto a los promedios por época y profundidad (Figura 14) el más alto fue en época de transición a nivel superior, seguido por el de la época también de transición a nivel profundo, luego el de época seca a nivel profundo y a nivel superior.

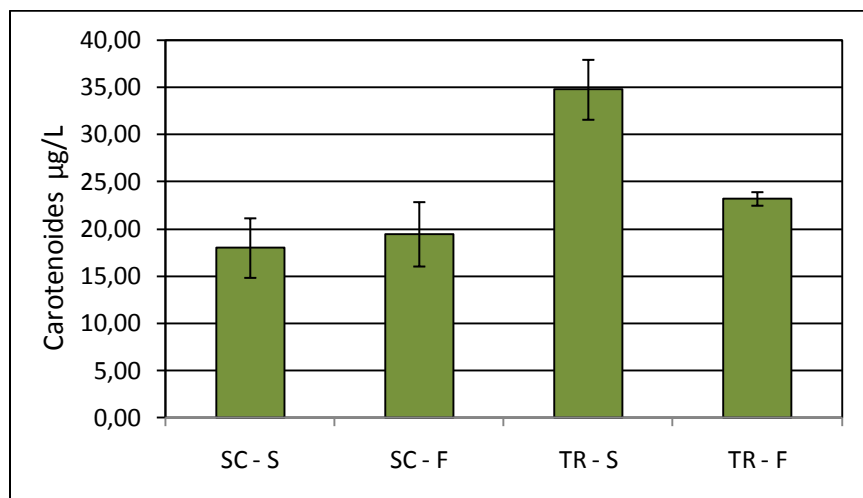


Figura 14. Valores promedio de carotenoides (\pm EE) en cada época de muestreo.

Respecto a la correlación de pigmentos fotosintéticos vs. Abundancia (Tabla 8) fue posible determinar que la abundancia únicamente presentó correlación de Spearman frente a la concentración de feopigmento.

Tabla 8. Valores de probabilidad (p) de correlación de Spearman de pigmentos fotosintéticos vs. abundancia.

	n	R	P
Abundancia (cél/L) vs. Clorofila a	48	0,279	0,056
Abundancia (cél/L) vs. Clorofila b	48	0,052	0,718
Abundancia (cél/L) vs. Clorofila c	48	0,284	0,051
Abundancia (cél/L) vs. Carotenoides	48	-0,040	0,781
Abundancia (cél/L) vs. Feopigmento	48	0,468	0,001

7.1.1.5 Asociaciones biológicas

Al determinar las asociaciones biológicas con base en el dendrograma del Análisis de clasificación (Figura 15) se conformaron cuatro grupos

El grupo I, está conformado por estaciones pertenecientes a la época de transición y lluvia tanto a nivel superior como profundo, puede ser considerado un grupo heterogéneo tanto por estratos como por época y compuesto en general por estaciones pertenecientes a la bahía externa.

El grupo II está conformado en su gran mayoría por estaciones pertenecientes a la época de transición y a nivel superior, tanto de la bahía interna como externa, a excepción de dos estaciones LL-S-B100 y SC-S-B1.

Así mismo, el grupo III también es considerado como heterogéneo puesto que presentó estaciones de las tres épocas climáticas, en su mayoría pertenecientes a lluvia tanto de la bahía interna como externa, cinco de época de transición y tan solo tres estaciones de seca (B4 y B1) ambas a nivel profundo y B7 a nivel superior.

Finalmente el grupo IV está conformado por estaciones pertenecientes en su totalidad a la época seca tanto a nivel profundo como superior, este es un grupo considerado como totalmente homogéneo.

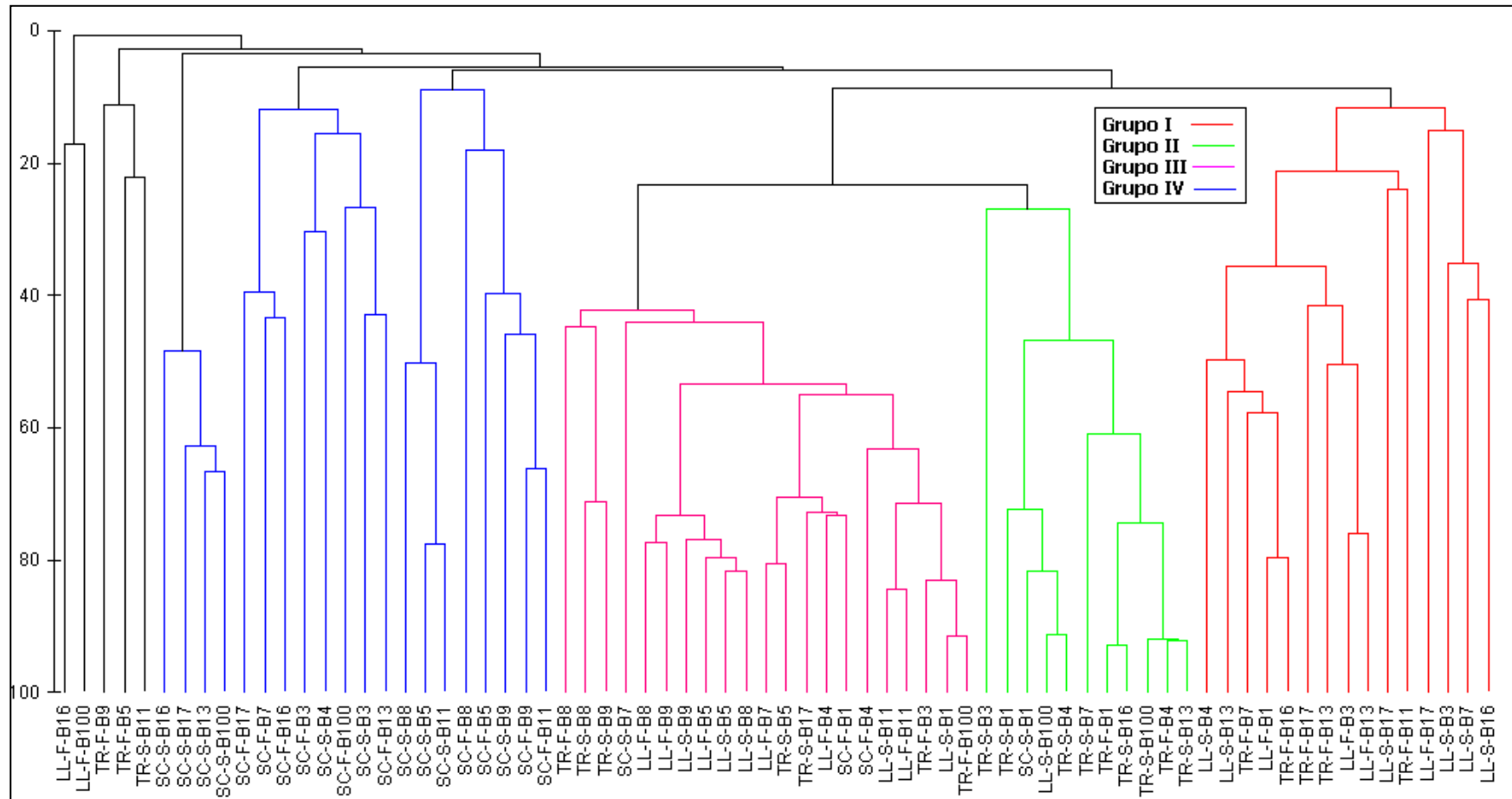


Figura 15. Dendrograma del análisis de clasificación utilizando similaridad de Bray-Curtis (índice cofenético = 0,84), para las muestras de las épocas climáticas. S: superficial, F: fondo, LL: lluvia, TR: transición, SC: seca

Como análisis complementario, el análisis inverso de Kaandorp determinó especies exclusivas (Tabla 9), las especies generalistas, comunes y típicas las cuales se consignaron en el Anexo C. En el grupo I se encontraron 16 especies entre las cuales se encuentran *Actinocyclus subtilis*, *Ceratium trichoceros*, *Climacosphenia moniligera*, *Nostoc* sp y *Nitzschia sigmoidea*. Para el grupo II, 11 como *Ceratulina pelagica*, *Diploneis crabro*, *Protoperidinium conicum* y *Amphora* sp. entre otras. El grupo III fue el segundo de mayor número de especies exclusivas con un total de 31, entre las que fue posible encontrar a *O. aurita var. obtusa*, *Ceratium tripos*, *Chaetoceros brevis*, *Gonyaulax spinifera* y *Oscillatoria* sp., entre otras. Finalmente el grupo que presentó la mayor cantidad de especies exclusivas fue el IV con un total de 36 donde algunas de ellas fueron *Amphora lineolata*, *Pleurosira laevis*, *Dictyocha octonaria*, *Odontella aurita* y *Pediastrum simplex* entre otras.

El análisis de similaridad de dos vías cruzado dio como resultado en la prueba para diferencias entre grupos de profundidad, $R: 0,109$ ($p = 0,70 \%$), este valor de probabilidad es menor al 5% por lo tanto existieron diferencias estadísticamente significativas en este grupo. Por otro lado en la prueba para diferencias entre grupos de época se obtuvo un $R: 0,262$ ($p = 0,1 \%$) lo que indicó que también entre épocas climáticas la comunidad fitoplanctónica presentó diferencias estadísticamente significativas.

Después de llevar a cabo el análisis denominado como SIMPER se determinó que la similaridad promedio encontrada entre el estrato superior (14,25 %) se debió a la presencia y abundancia de *S. costatum* cuyo valor de contribución a esta similaridad fue el más alto con 75,06 %, seguido por *P. pungens* (6,58 %), *Ch. affine* (3,39 %), *Pyrodinium bahamense* (1,71 %) y *Guinardia striata* (1,46 %).

En cuanto al estrato profundo la similaridad fue mayor que en superior (14,43 %) donde también *S. costatum* (66,93 %) fue la especie que más contribuyó, seguida por *T. nitzschioides* (8,61 %), *Ch. affine* (4,50 %), *A. glacialis* (4,28 %) y *P. pungens* (3,37 %).

Tabla 9. Especies exclusivas de los grupos conformados en el análisis de clasificación, obtenidas por medio del análisis inverso de Kaandorp.

GRUPO I	GRUPO II	GRUPO III	GRUPO IV
<i>Actinocyclus subtilis</i>	<i>Ceratulina pelagica</i>	<i>O. aurita var. obtusa</i>	<i>Amphora lineolata</i>
<i>Ceratium trichoceros</i>	<i>Chaetoceros willei</i>	<i>Biddulphia schroederiana</i>	<i>Bacteriastrium hyalinum</i>
<i>Climacosphenia moniligera</i>	<i>Coscinodiscus sp2</i>	<i>Biddulphia sp</i>	<i>Bacteriastrium sp</i>
<i>Coscinodiscus elegans</i>	<i>Diploneis crabro</i>	<i>Calyptrella robusta</i>	<i>Pleurosira laevis</i>
<i>Endyctia sp</i>	<i>Gyrosigma sp2</i>	<i>Ceratium tripos</i>	<i>Biddulphia biddulphiana</i>
<i>Goniodoma sp.</i>	<i>Amphora sp1</i>	<i>Chaetoceros brevis</i>	<i>Ceratium macroceros</i>
<i>Heteraulacus polyedricus</i>	<i>Diplopsalis sp2</i>	<i>Chaetoceros danycus</i>	<i>Ceratium sp</i>
<i>Navicula sp2</i>	<i>Protopteridinium conicum</i>	<i>Corethron criophilum</i>	<i>Chaetoceros contortum</i>
<i>Nitzschia sigmaidea</i>	<i>Protopteridinium elegans</i>	<i>Cocconeis sp</i>	<i>Chaetoceros gracilis</i>
<i>Nostoc sp.</i>	<i>Protopteridinium sp6</i>	<i>Dinophysis doryphorum</i>	<i>Spirulina sp</i>
<i>Planctonema lauterbornii</i>	<i>Protopteridinium sp1</i>	<i>Ditylum brightwelli</i>	<i>Cylindrotheca fusiformis</i>
<i>Staurastrum sp.</i>		<i>Fragilaria sp</i>	<i>Dictyocha octonaria</i>
<i>Synedra cristallina</i>		<i>Gonyaulax polygramma</i>	<i>Dinophysis recurva</i>
<i>Synedra hennedyana</i>		<i>Gonyaulax spinifera</i>	<i>Dictyocha sp.</i>
<i>Thalassiosiracea</i>		<i>Gyrosigma sp3</i>	<i>Gonyaulax scrippsae</i>
<i>Triceratium antediluvianum</i>		<i>Hemiaulus hauckii</i>	<i>Gonyaulax sp2</i>
		<i>Hemidiscus cuneiformis</i>	<i>Gyrodinium sp1</i>
		<i>Isthmia minima</i>	<i>Hemiaulus sp</i>
		<i>Licmophora lyngbyei</i>	<i>Fragilaria sp2</i>
		<i>Lithodesmium undulatum</i>	<i>Navicula lyra</i>
		Clorofita morfotipo 1	<i>Navicula sp1</i>
		<i>Nitzschia habirshawii</i>	<i>Nitzschia sp1</i>
		<i>Nitzschia sp2</i>	<i>Odontella aurita</i>
		<i>Ornithocercus magnificus</i>	<i>Pediastrum simplex</i>
		<i>Oscillatoria sp1</i>	<i>Dictyocha stapedia</i>
		<i>Protopteridinium quinquecome</i>	<i>Protopteridinium sp2</i>
		<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	<i>Protopteridinium sp3</i>
		<i>Rhizosolenia sp</i>	<i>Protopteridinium sp4</i>
		<i>Scenedesmus opoliensis</i>	<i>Protopteridinium venustum</i>
		<i>Staurastrum asterias</i>	<i>Pyrophacus sp</i>
		<i>Triceratium shadboltianum</i>	<i>Rhizosolenia imbricata</i>
			<i>Rhizosolenia styliformis</i>
			<i>Scripsiella trochoidea</i>
			<i>Striatella sp</i>
			<i>Striatella unipunctata</i>
			<i>Trachyneis aspera</i>

Una vez fueron comparados ambos estratos se determinó que su disimilaridad promedio era de 87,44 % en este caso para explicar más del 70 % de la diferenciación entre dichos estratos se necesitaron más de 7 especies, donde las de mayor contribución a este valor fueron *S. costatum* (42,55 %), *P. pungens* (10,78 %), *Ch. affine* (4,80 %), *A. glacialis* (4,17 %), y *Ch. curvisetum* (3,42 %).

Por otro lado, en cuanto a las épocas climáticas la similaridad promedio para la época de lluvia (21,19 %) fue debida a la presencia de *S. costatum* (76,55 %), seguida por *Ch. brevis* (5,64 %), *Ch. affine* (4,21 %), *P. bahamense* (2,87 %) y *T. nitzschioides* (1,96 %).

Para la época seca (11,58 %) las especies contribuyentes a la similaridad fueron a diferencia de las anteriores *A. glacialis* (20,58 %), *P. pungens* (17,97 %), *S. costatum* (10,36 %), *Ch. affine* (9,48 %) y *T. nitzschioides* (8,62 %).

En la época de transición la similaridad fue de 21,65 %, debida a la presencia de solamente tres especies; *S. costatum* (86,78 %), *C. radiatus* (2,66 %), y *G. striata* (2,24 %).

La comparación entre épocas climáticas mostró valores de disimilaridad superiores a 80%, particularmente entre época de lluvia vs. seca (92,00 %) fueron necesarias ocho especies para explicar más del 70 % de esta disimilaridad, las de mayor incidencia en este valor fueron *S. costatum* (26,08 %), *P. pungens* (14,72 %), *A. glacialis* (8,73 %), *Ch. affine* (6,53 %) y *Ch. curvisetum* (4,93 %).

En cuanto a lluvia vs. transición la disimilaridad fue de 82,21% y las especies contribuyentes a este valor fueron *S. costatum* (61,02 %), *C. radiatus* (3,97 %), *Ch. affine* (2,89 %), *Ch. brevis* (2,83 %) y *P. pungens* (2,81 %), estas especies explican más del 70,00 % de la disimilaridad.

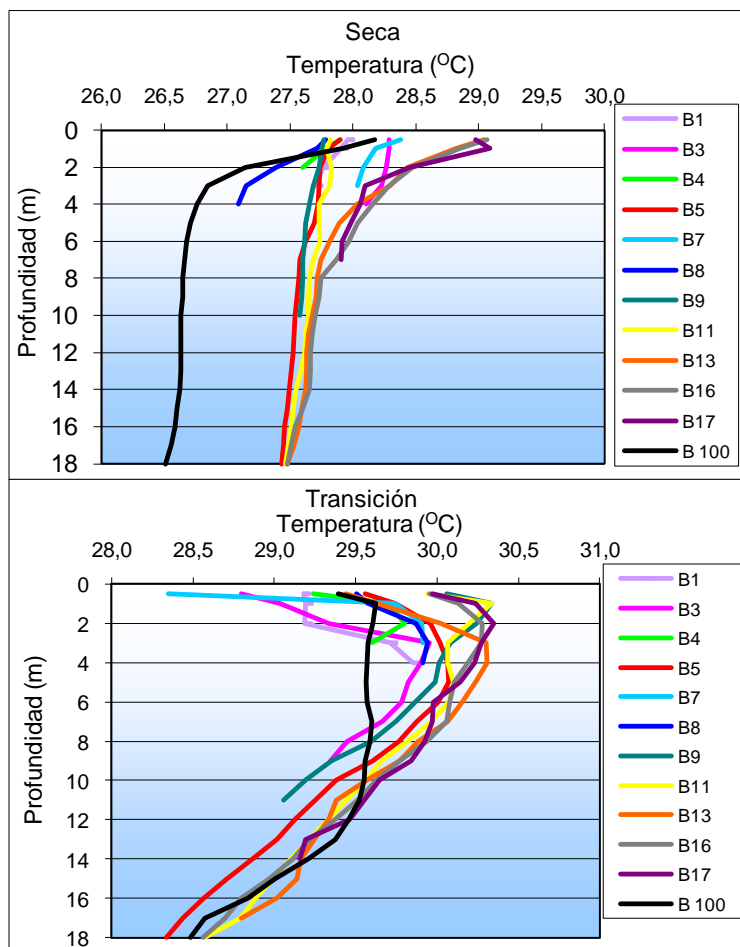
Finalmente en cuanto a seca vs. transición (92,25 %) el 70 % de dicha disimilaridad fue explicado por seis especies donde las de mayor aporte fueron *S. costatum* (38,95 %), *P. pungens* (12,89 %) *A. glacialis* (7,04 %), *Ch. affine* (5,01 %) y *Ch. curvisetum* (4,41 %).

7.2 Variables fisicoquímicas

7.2.1 Temperatura

La temperatura del agua (Anexo D) durante el muestreo en la época de lluvia osciló entre 28,71 y 30,34 °C con un promedio de $29,31 \pm 0,03$ °C (CV = 1,01), en la época seca varió entre 26,51 y 29,09 °C con un promedio de $27,68 \pm 0,04$ °C (CV = 1,87) y en la época de transición fluctuó entre 28,34 y 30,35 °C con una temperatura promedio de $29,58 \pm 0,04$ °C (CV = 1,65).

En superficie, la época de transición presentó los valores más altos, a diferencia de lluvia donde a mayor profundidad se dio la mayor temperatura. En general se presenta una tendencia a disminuir la temperatura conforme el aumento de la profundidad en todas las épocas climáticas (Figura 16).



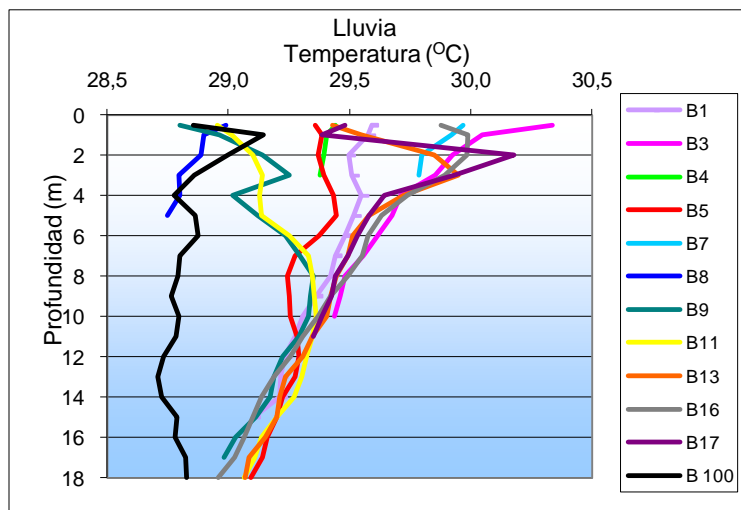


Figura 16. Perfil batimétrico de la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en las tres épocas climáticas para cada estación de muestreo.

Espacialmente las temperaturas promedio más altas se midieron en las estaciones B1, B3, B7 y B17 en las tres épocas climáticas, mientras que las estaciones con menor temperatura promedio fueron B100, B5 y B8 (Anexo D).

7.2.2 Salinidad y conductividad.

Durante las tres épocas climáticas las capas superficiales tienen menores salinidades que las profundas, aunque esta estratificación es menos evidente en la época seca (Figura 17). En la época de lluvia varió entre 20,16 y 37,79 UPS presentando claramente el promedio más alto ($35,51 \pm 0,21$, $\text{CV} = 7,76$), mientras que para la época seca la variación fue entre 24,64 y 34,60 UPS con un promedio de $32,25 \pm 0,13$ ($\text{CV} = 4,50$) y en la época de transición la salinidad fluctuó entre 15,68 y 34,25 con un promedio de $30,30 \pm 0,38$ ($\text{CV} = 15,29$) donde los datos presentaron mayor fluctuación.

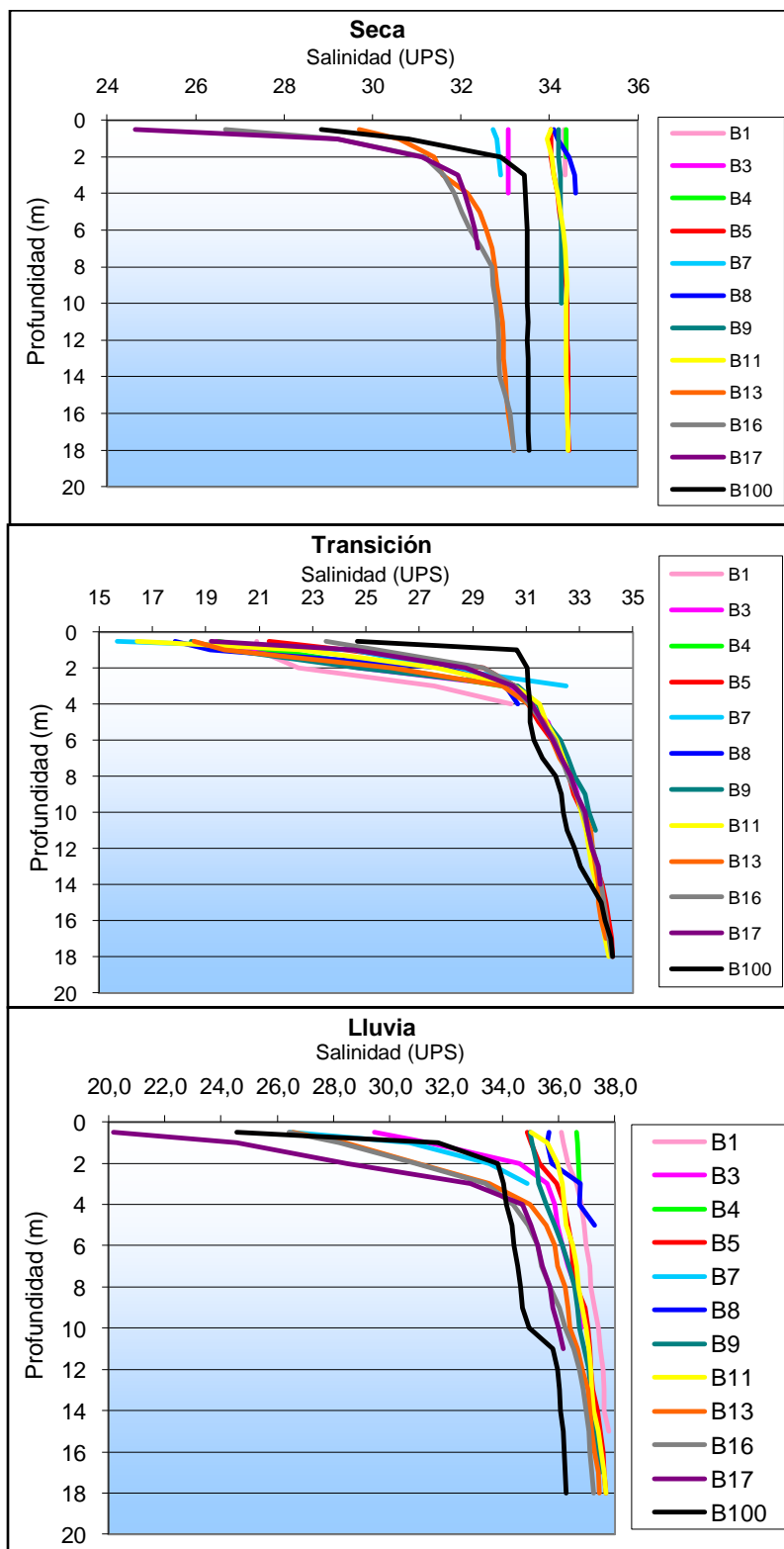
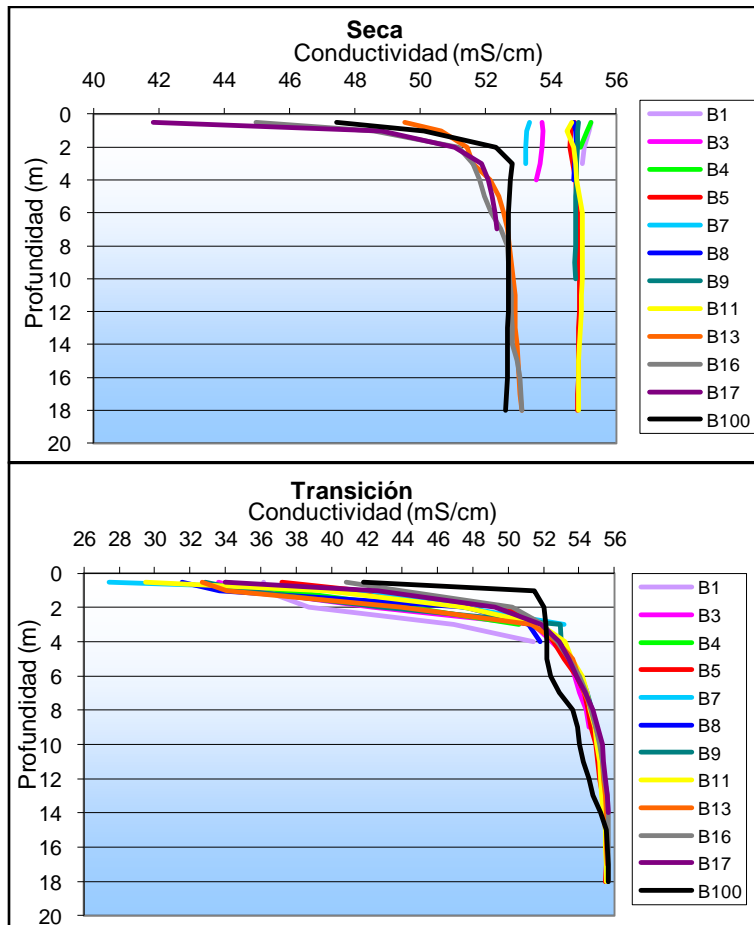


Figura 17. Perfil batimétrico de la salinidad (UPS) en las tres épocas climáticas para cada estación de muestreo.

Las estaciones que presentaron mayor salinidad promedio fueron B5, B11 y B16 y las que tuvieron promedios más bajos fueron B17 y B3. La época de transición mostró los valores más bajos y lluvia los más altos (Anexo E).

La conductividad (Figura 18) presenta una tendencia a incrementarse conforme aumenta la profundidad, este comportamiento es más evidente en la época de lluvia y transición, mientras que en la época seca no fue tan claro. Por otra parte, los valores de la conductividad presentaron variaciones entre 34,96 y 61,43 mS/cm en la época de lluvia con un promedio de $58,31 \pm 0,31$ mS/cm (CV = 6,87), en la época seca la conductividad osciló entre 41,84 y 55,23mS/cm, con un promedio de $53,37 \pm 0,17$ mS/cm (CV = 3,62); y en transición entre 27,44 y 55,68 mS/cm con promedio de $50,81 \pm 0,57$ mS/cm (CV = 13,81) (Anexo F).



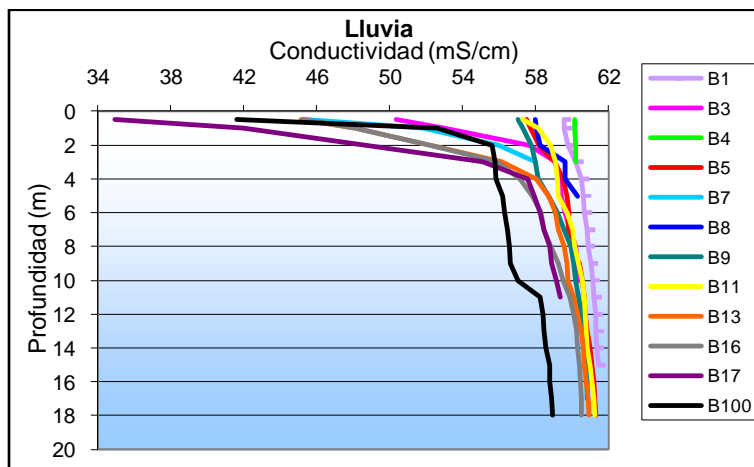


Figura 18. Perfil batimétrico de la conductividad (mS/cm) en las tres épocas climáticas para cada estación de muestreo.

Los valores promedio más altos de conductividad se observaron en B5, B11 y B16, mientras que los valores más bajos se observan en B3 y B7, en todas las épocas climáticas. Para la época de transición existe mayor heterogeneidad en las mediciones (Anexo F).

7.2.3 pH

El pH presenta una tendencia a disminuir conforme aumenta la profundidad (Figura 19). Los valores de pH en la época lluviosa oscilaron entre 7,58 y 7,94 ($7,77 \pm 0,01$ CV = 0,95), en la época seca varió entre 7,98 y 8,34 ($8,16 \pm 0,01$ CV = 1,06) y en transición fluctuó entre 7,86 y 8,38 ($8,13 \pm 0,01$ CV = 1,35) (Anexo G).

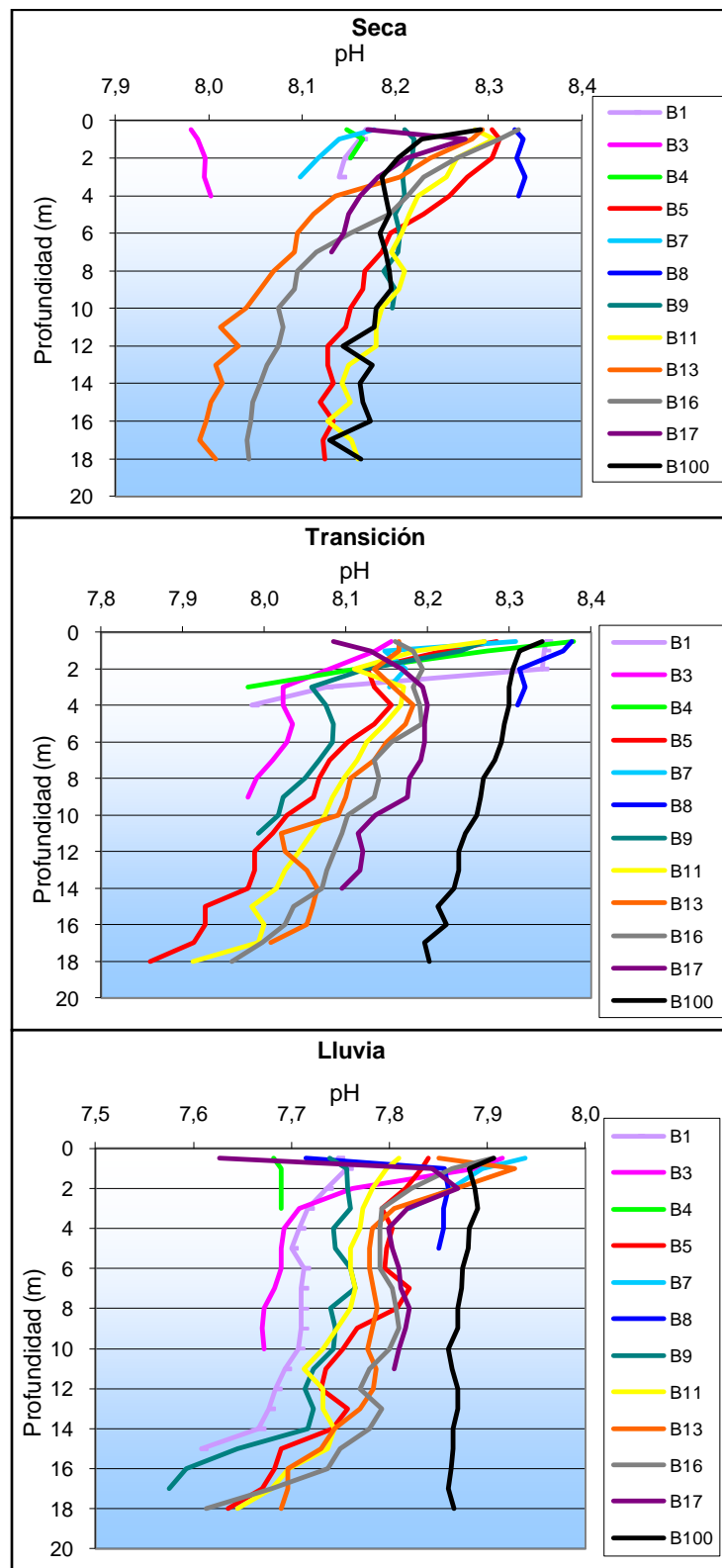
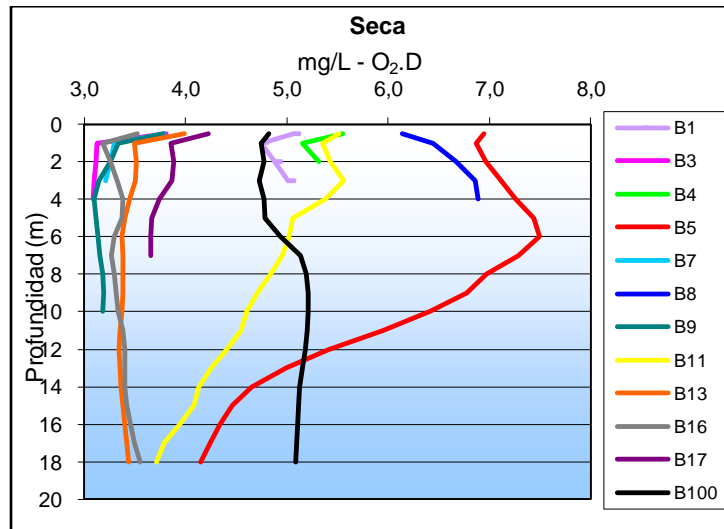


Figura 19. Perfil batimétrico del pH en las tres épocas climáticas para cada estación de muestreo.

Temporalmente, el pH fue mayor en la época seca, seguido por transición y lluvia (Figura 19). Las estaciones que presentan valores promedio más altos de pH fueron B7, B8 y B100, por otra parte las que presentan los valores más bajos son B3 y B13 (Anexo G).

7.2.4 Oxígeno disuelto y saturación

Las mediciones de oxígeno disuelto (Figura 20) presentaron los valores más altos en los estratos superficiales en la mayoría de las estaciones para las tres épocas climáticas, sin embargo fue posible determinar una amplia fluctuación de esta variable en especial en épocas de lluvia y seca, por otro lado en la época de transición existe una tendencia más marcada de disminuir conforme aumenta la profundidad. Se presentaron variaciones entre 11,82 y 0,87 mg/L con un promedio $5,11 \pm 0,21$ mg/L (CV = 48,2) en la época de lluvia, 7,49 y 3,08 mg/L con un promedio de $4,40 \pm 0,1$ mg/L (CV = 27,39) en la época seca y 6,50 y 1,99 con un valor promedio de $3,70 \pm 0,09$ mg/L (CV = 30,54) en la época de transición (Anexo H).



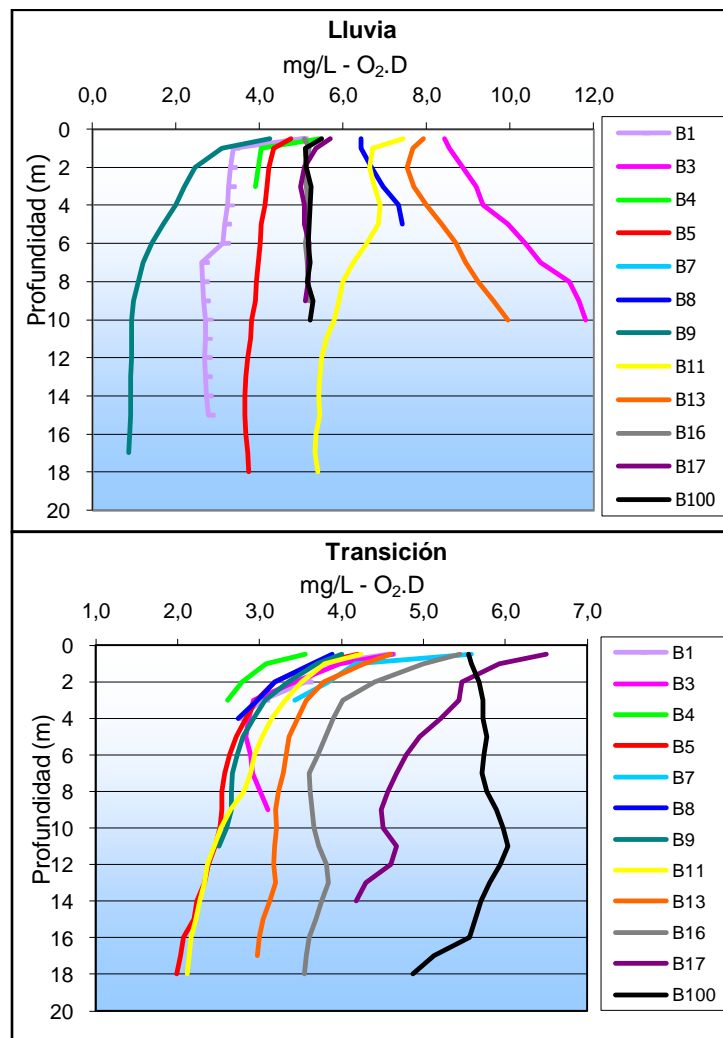


Figura 20. Perfil batimétrico del oxígeno disuelto (mg/L) en las tres épocas climáticas para cada estación de muestreo.

Las estaciones que presentaron un valor más alto de oxígeno disuelto fueron B3, B13 y B8 durante la época de lluvia, sin embargo estas estaciones en las otras épocas mantuvieron valores intermedios. Las estaciones que presentaron una menor concentración de oxígeno disuelto fueron B9, B1 y B4. En la estación denominada como B7 no fue posible determinar el oxígeno disuelto durante la época de lluvia (Anexo H).

En cuanto al porcentaje de saturación de oxígeno (Anexo H) fue posible determinar que en casi todas las estaciones existió una subsaturación de oxígeno, en la época de lluvia se presentaron los valores de saturación más altos (Figura 21), en general para la mayoría de las estaciones de muestreo el comportamiento de esta variable fue disminuir conforme aumentó la profundidad, hecho, más evidente en época de transición. El

promedio en época de lluvia fue $81,12 \pm 3,37 \%$, CV = 48,34; para la época seca fue $67,30 \pm 1,59 \%$, CV = 27,49 y para transición fue $57,32 \pm 1,42 \%$, CV = 30,18.

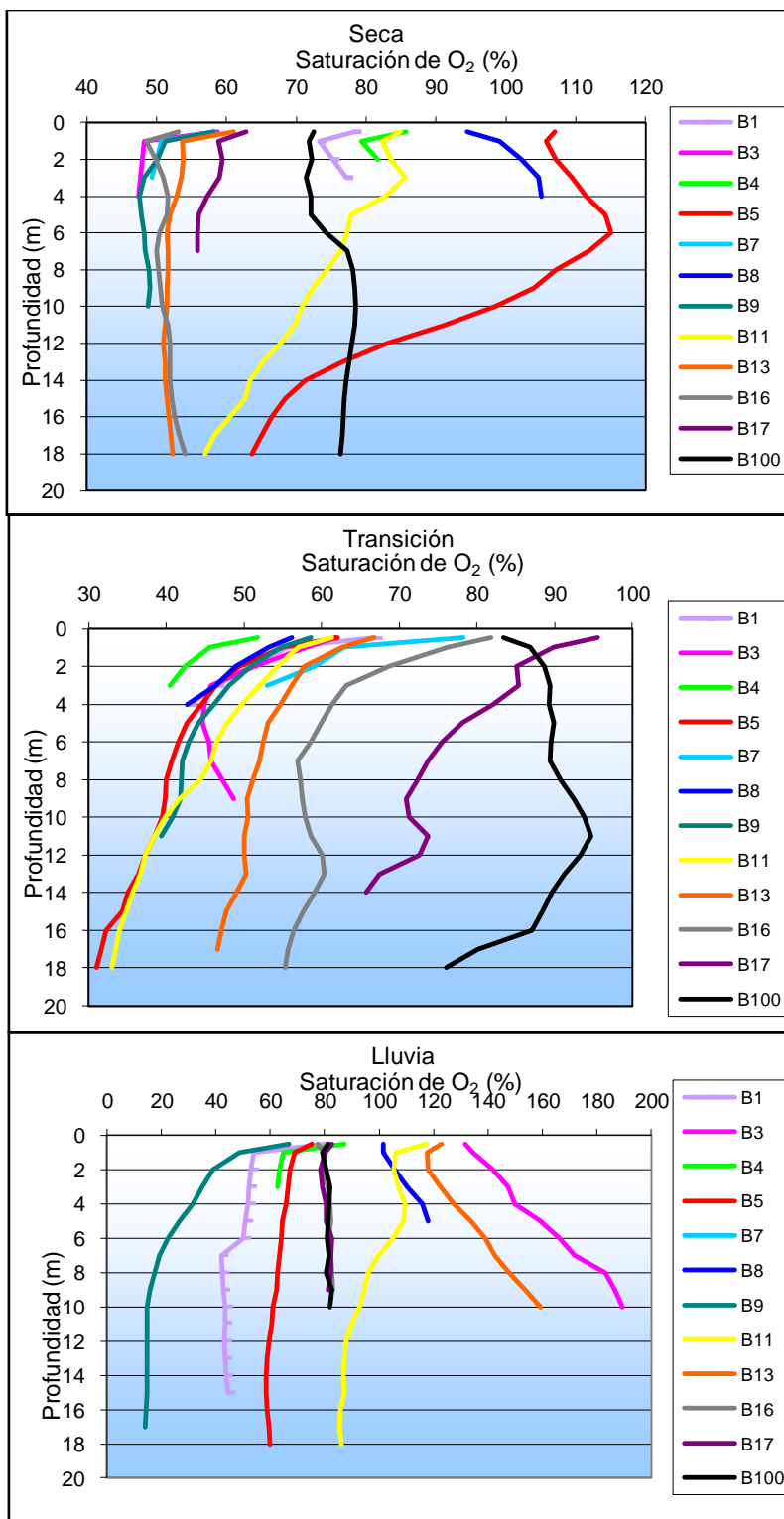


Figura 21. Perfil batimétrico del porcentaje de saturación de oxígeno (%) en las tres épocas climáticas para cada estación de muestreo.

7.2.5 Demanda bioquímica de oxígeno

Se encontraron valores de DBO₅ entre 1,0 y 7,3 mg/L para las tres épocas climáticas (Anexo I). El valor más alto para la época de transición se encontró en B4-S, para la época de lluvia en B1-S, B1-F y B4-S y para la época seca en B1-F. Es posible afirmar que el DBO₅ es mayor en lluvias que en las demás épocas climáticas. Por otro lado, en la época seca se presentó la menor DBO₅, pero hay que tener en cuenta que en varias estaciones no fue posible determinar la concentración de esta variable por contaminación de la muestra.

Para la época de lluvia a nivel superior se presentó un promedio de $4,54 \pm 0,30$ mg/L (CV = 22,68) de DBO₅, a nivel profundo fue de $3,58 \pm 0,39$ mg/L (CV = 38,13), respecto a la época seca a nivel superior fue $1,82 \pm 0,16$ mg/L (CV = 21,30), a nivel profundo fue $1,82 \pm 0,26$ mg/L (CV = 34,71). Finalmente para la época de transición a nivel superior el promedio fue $3,96 \pm 0,54$ mg/l, (CV = 47,46) y a nivel profundo fue $3,54 \pm 0,30$ mg/L (CV = 28,31). Por lo tanto la mayor variación de datos se presentó en la época de transición a nivel superior y la menor en seca superior (Figura 22).

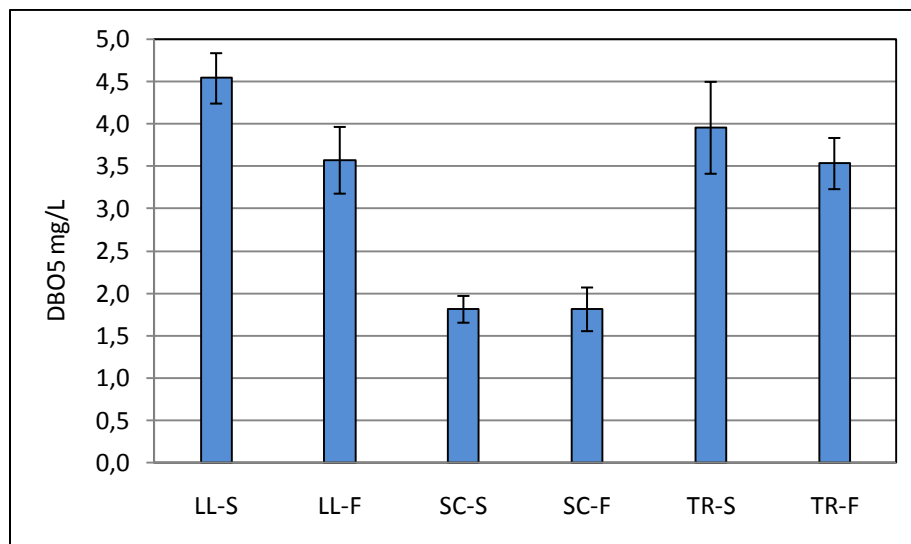


Figura 22. Valor promedio de la Demanda Bioquímica de oxígeno (\pm EE) para cada época de muestreo a nivel superior y profundo.

7.2.6 Transparencia

Se midieron valores de transparencia entre los 0,17 y 5m de profundidad para los tres momentos de muestreo (Anexo I), en promedio la transparencia en la época de lluvia fue $2,34 \pm 0,38$ m (CV = 56,77), muy similar que en la época seca $2,26 \pm 0,28$ m (CV = 43,76); pero mayor que en la época de transición donde el valor fue de $0,94 \pm 0,11$ m (CV = 41,44) (Figura 23).

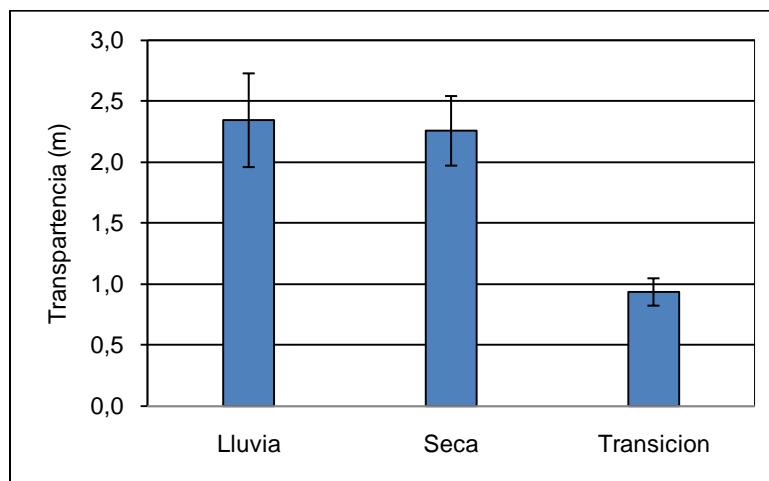


Figura 23. Valores promedio de transparencia (\pm EE) en la bahía de Cartagena en las tres épocas de muestreo.

Los valores más altos de transparencia se presentaron en la época de lluvia en las estaciones B1, B9 y B11, los más bajos en la época de transición en las estaciones B13, B16 y B17 (Anexo I).

Con los valores de transparencia fue posible calcular el coeficiente de extinción de luz (K) consignados en la Tabla 10, estos valores presentaron variaciones durante los tres muestreos donde el valor más alto se registro en época de transición (B17) y el más bajo en época de lluvia (B1). Así mismo el promedio más alto fue para la época de transición ($2,18 \pm 0,63 \text{ m}^{-1}$).

Tabla 10. Coeficiente de extinción de luz (m^{-1}) para cada estación en las tres épocas climáticas y estadígrafos, Prom: promedio, EE: error estándar.

	Lluvia	Seca	Transición
B1	0,29	0,85	1,17
B3	0,81	0,45	0,91
B4	0,59	1,25	1,96
B5	0,47	0,48	1,24
B7	1,08	0,56	1,21
B8	0,93	0,92	1,23
B9	0,38	0,40	1,45
B11	0,40	0,50	1,51
B13	1,33	0,69	2,30
B16	1,58	0,86	3,02
B17	1,81	4,26	8,53
B100	0,56	0,45	1,69
Prom	0,85	0,97	2,18
EE	0,15	0,32	0,63

7.2.7 Sólidos suspendidos totales

Los valores tope de sólidos suspendidos totales (Anexo I) ocurren en la época de lluvia en dos estaciones (B8-F y B17-S); sin embargo en general son más altos en la época seca para un mayor número de estaciones. Las estaciones que presentan la menor cantidad de SST son B3-S y B100-S en la época seca. En las tres épocas de muestreo estos fluctuaron entre 5,30 y 129,00 mg/L.

El promedio más alto y de mayor variación de SST (Figura 24) ocurrió en la época de lluvia a nivel superior ($31,75 \pm 8,95$ mg/L; CV = 97,61), mientras que el más bajo y de menor variación se dio en época de transición a nivel profundo ($17,25 \pm 2,06$ mg/L; CV = 41,30). Los promedios de SST en la época seca fueron similares tanto a nivel superior ($22,43 \pm 3,17$ mg/L; CV = 48,96) como profundo ($23,55 \pm 3,28$ mg/L; CV = 48,31).

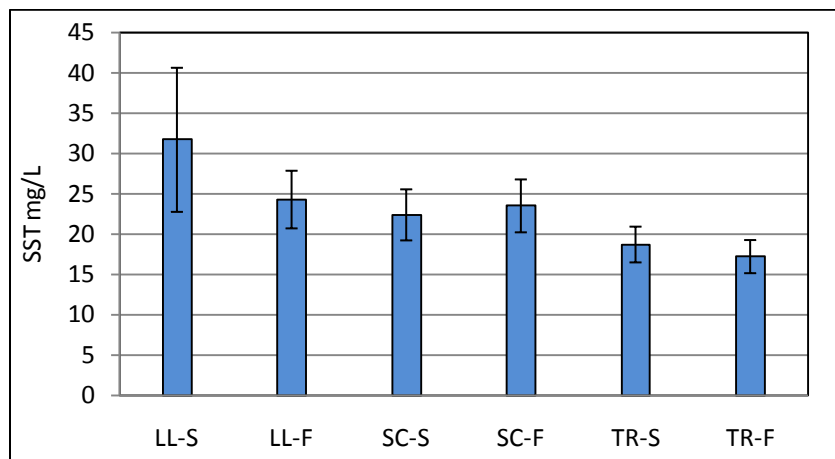


Figura 24. Valores promedio de los Sólidos Suspended Totales (\pm EE) para cada época de muestreo.

7.2.8 Grasas

Los valores de grasas más altos se presentaron en la época de lluvia específicamente en las estaciones B17, B100 y B16. Los más bajos ($>1,00$ mg/L) se dieron en época seca (B3 y B7) y de transición (B5, B8, B11 y B100) (Anexo I).

En cuanto al promedio para la época de lluvia (Figura 25), este fue el más alto con $6,61 \pm 0,34$ mg/L; CV = 17,59 seguido por época de transición donde los valores presentaron la mayor fluctuación de las tres épocas con $3,12 \pm 0,64$ mg/L; CV = 70,90 y finalmente época seca con $1,53 \pm 0,15$ mg/L; CV = 34,82.

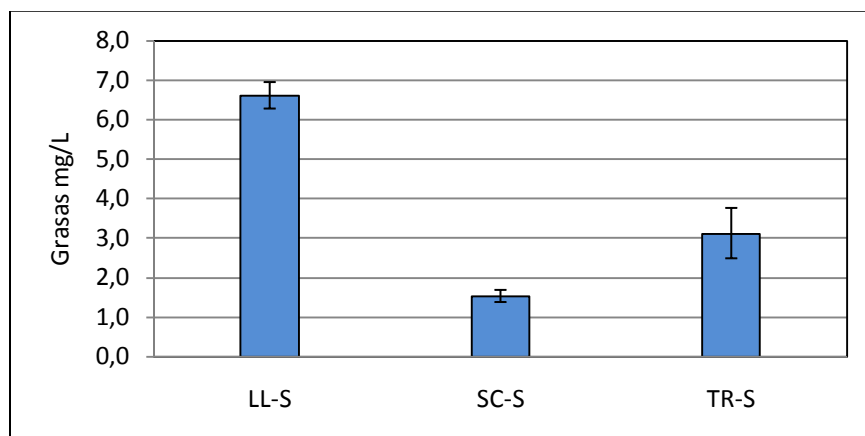


Figura 25. Valores promedio de grasas, en mg/L (\pm EE) en la bahía de Cartagena en las tres épocas de muestreo.

7.2.9 Nitritos (NO₂)

Las muestras que presentan el valor más alto de nitritos son B13-F, B4-S, B4-F y B16-F; todas durante la época seca. Es importante destacar que en la época de lluvia todas las muestras tuvieron concentraciones por debajo del nivel de detección del equipo (< 0,02 mg/L). Las concentraciones de nitritos variaron entre < 0,02 y 0,61 mg/L (Anexo I).

Los promedios de nitritos (Figura 26) en la época lluvia a nivel superior (0,020 ± 0 mg/L; CV = 0) y profundo (0,020 ± 0 mg/L; CV = 0) así como transición tanto superior como profundo (0,040 ± 0 mg/L, CV = 0; 0,048 ± 0,003 mg/L, CV = 10,52) fueron muy inferiores a los de la época seca superficial (0,173 ± 0,043 mg/L, CV = 85,66) y profundo (0,349 ± 0,048, CV = 47,99). La época que presentó mayor variación fue la seca en ambas profundidades.

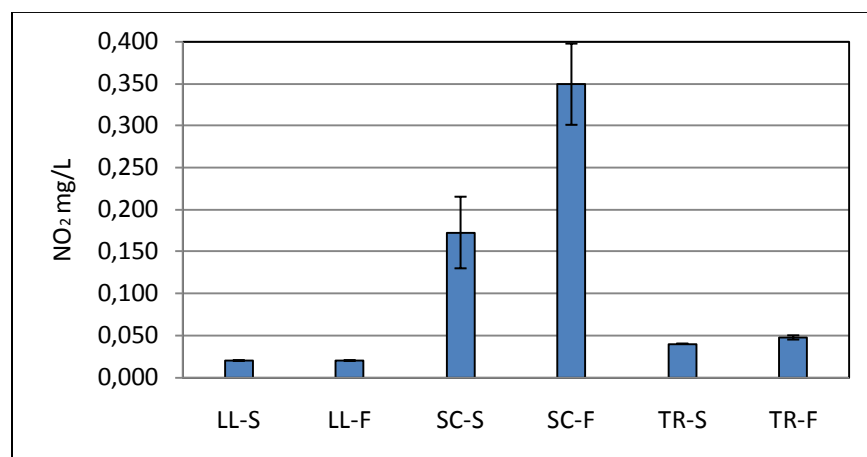


Figura 26. Valores promedio de NO₂ (± EE) en para cada época de muestreo a nivel superficial y profundo.

7.2.10 Nitratos (NO₃)

Los valores más altos de nitratos (Anexo I) se presentaron en época seca en las muestras B100-S, B4-S, B4-F y B9-F; y los más bajos se dieron en la época de transición en B8-S, B7-F, B8-F, B9-S, B1-S, B3-S B4-F y B5-S. Los nitratos mostraron fluctuaciones por debajo del nivel de detección del equipo (<0,04) y 0,6mg/L.

El promedio más alto de mg/L de NO_3 para la época de lluvia a nivel profundo fue $0,326 \pm 0,047$ mg/L, (CV = 49,80) y el más bajo en época seca a nivel profundo fue ($0,078 \pm 0,004$ mg/L, CV = 14,05), por otro lado la mayor variación de las mediciones se dio en época seca a nivel superior (CV = 64,20) y promediando $0,118 \pm 0,038$ mg/L (Figura 27).

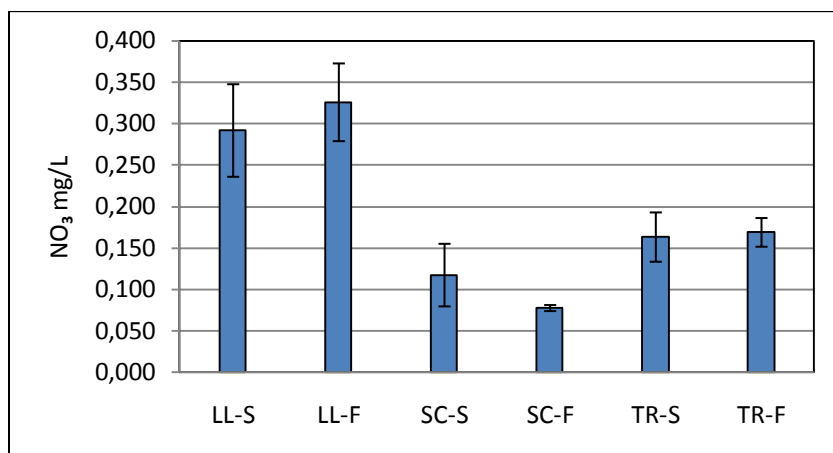


Figura 27. Valores promedio (\pm EE) de NO_3 en mg/L para cada época de muestreo a nivel superior y profundo.

7.2.11 Amonio (NH_4)

Observando el Anexo I es posible determinar que los valores más altos de amonio se dieron claramente en la época seca, específicamente en las muestras B13-S, B16-F y B1-F. Los más bajos se presentaron en la época de lluvia en B5-S, B5-F, B16-S y B16-F. Finalmente, en la época de transición todos los valores de amonio estuvieron por debajo del nivel de detección de la técnica ($<0,05$ mg/L). Durante las tres épocas climáticas este nutriente varió entre $>0,03$ y $0,52$ mg/L.

La concentración más alta de amonio (Figura 28) se presentó en la época seca a nivel superior ($0,224 \pm 0,057$ mg/L, CV = 77,12) y nivel profundo ($0,237 \pm 0,059$ mg/L, CV = 78,59). Es importante destacar que todos los valores para la época de transición fueron menores a $0,03$ mg/L, así mismo en época de lluvia también se hallaron valores que en su mayoría fueron inferiores al límite de detección del equipo.

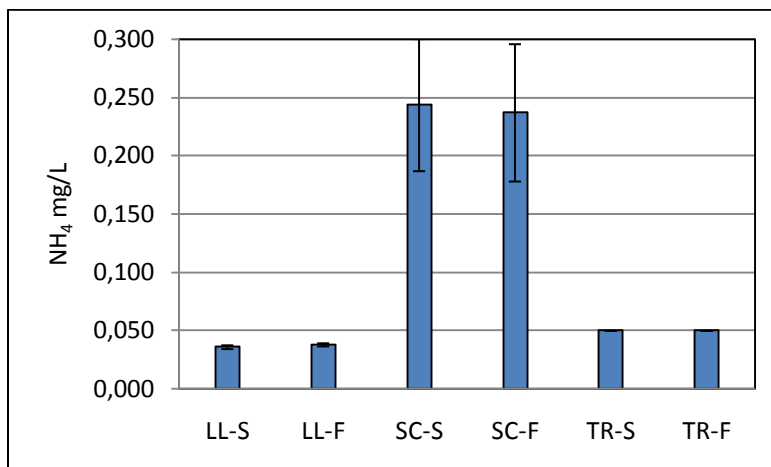


Figura 28. Valores promedio de amonio en mg/L (\pm EE) para cada época de muestreo a nivel superior y profundo.

7.2.12 Nitrógeno orgánico

Las muestras con mayor concentración de nitrógeno orgánico fueron B16-S, B4-S y B7-S en la época seca, B13-S, B5-S y B3-S en la época lluvia fueron y B5-S y B9-S en la época de transición. Los valores más altos por estación se dieron en la época seca y los más bajos en la época de transición. (Anexo I).

La concentración promedio más alta de nitrógeno orgánico (Figura 29) fue detectada en la época seca a nivel superior ($4,36 \pm 0,72$ mg/L, CV = 57,40) seguida por el nivel profundo de la misma época ($4,21 \pm 0,30$ mg/L, CV = 24,68), por otro lado las concentraciones más bajas se presentaron en transición a ambas profundidades, superior con $1,90 \pm 0,10$ mg/L (CV = 18,78) y profunda con $1,88 \pm 0,20$ mg/L (CV = 37,24).

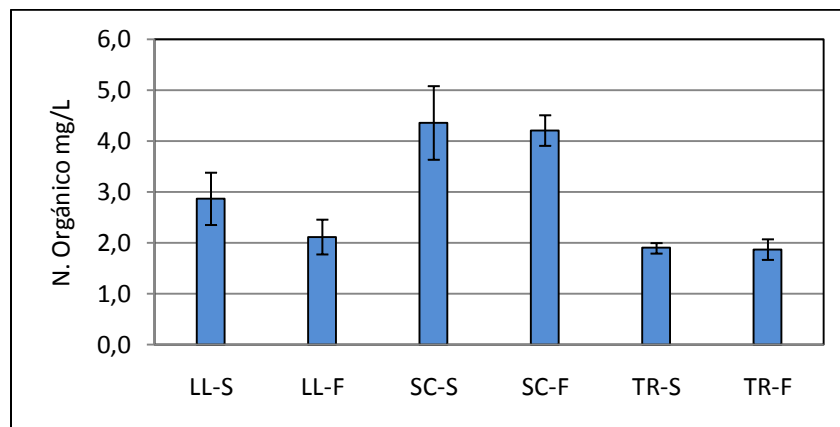


Figura 29. Valores promedio de nitrógeno orgánico (\pm EE) en mg/L para cada época de muestreo a nivel superior y profundo.

7.2.13 Nitrógeno Kjeldahl (NKT).

Como es posible observar en el Anexo I, en la época seca (muestras B16-S, B4-S y B7-F), donde se presentan los valores más altos de NKT, por su parte los valores más bajos se dieron en la época de lluvia en las muestras B100-S, B16-F, B11-F y B7-F.

En promedio las concentraciones más altas de NKT (Figura 30) se presentaron en la época seca con $4,58 \pm 0,73$ mg/L (CV = 55,15) para superior y $4,41 \pm 0,30$ mg/L (CV = 23,28), seguido por la época de lluvia ($2,90 \pm 0,51$ mg/L, CV = 58,86 a nivel superior y $2,16 \pm 0,34$ mg/L, CV = 47,60 para profundo) por lo tanto las más bajas se dieron en transición a nivel superficial ($1,90 \pm 0,10$ mg/L, CV = 18,78) y profundo ($1,88 \pm 0,20$ mg/L, CV = 37,24).

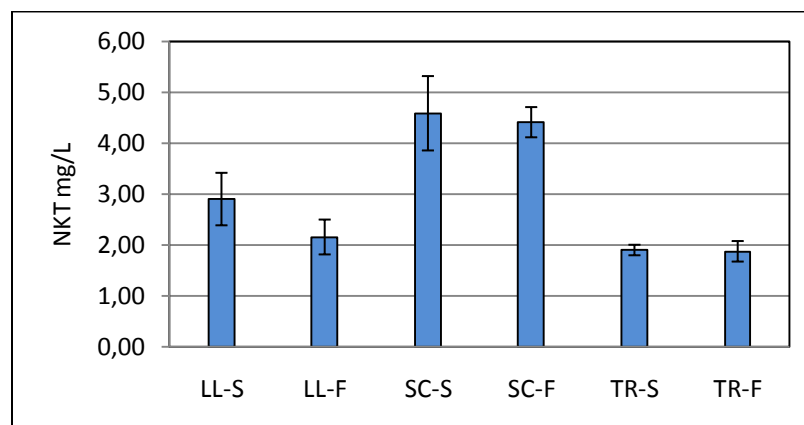


Figura 30. Valores promedio de Nitrógeno Kjeldahl (\pm EE) en mg/L para cada época de muestreo a nivel superior y profundo.

7.2.14 Fosfatos (PO₄)

La muestra que presentó los valores más altos de fosfatos tanto en época seca como de transición fue B8-F; seguida por B4-F en la época seca. Los valores más bajos se presentaron en la época de lluvia en las muestras B3-F, B7-F, B13-S, B16-S, B16-F y B17-F, todas con un valor de 0,03 mg/L. Durante los tres muestreos se observó una variación de fosfatos entre < 0,03 y 0,38 mg/L (Anexo I).

El promedio de valores de fosfatos (Figura 31) así como la variación en las medidas es más alto en la época de transición a nivel profundo con un valor de $0,130 \pm 0,063$ mg/L (CV = 107,69) y el más bajo se dio en época de lluvia a nivel profundo ($0,035 \pm 0,003$ mg/L, CV = 23,90).

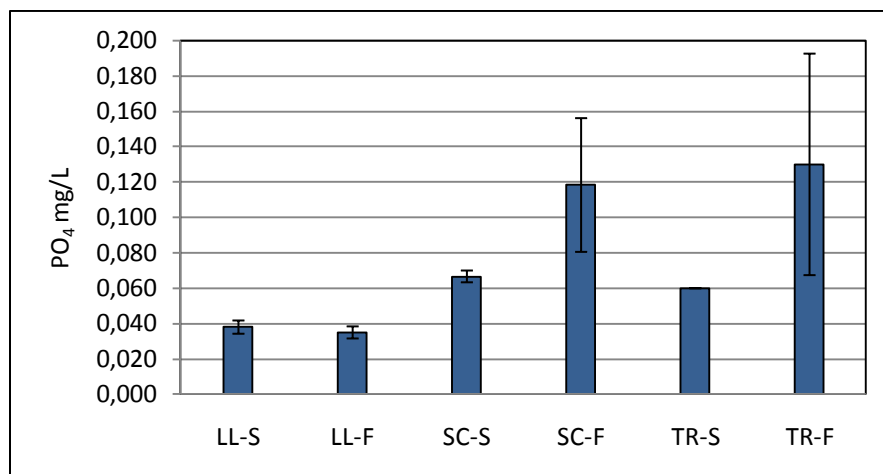


Figura 31. Valores promedio de fosfatos (PO₄) en mg/L para las tres épocas de muestreo.

7.2.15 Asociaciones abióticas

Los resultados de los análisis de correlación realizados antes de los análisis multivariados, indicaron una alta relación entre la salinidad y la conductividad ($r= 0,99$; $p= 0,00$; $n= 72$), oxígeno disuelto y saturación de oxígeno ($r= 0,99$; $p = < 0,001$; $n= 72$), nitrógeno orgánico y nitrógeno Kjeldah ($r= 0,99$; $p= < 0,001$; $n= 72$), por lo cual para los análisis multivariados de clasificación y ordenación no se tuvieron en cuenta la conductividad, el oxígeno disuelto y el nitrógeno Kjeldah (además este último es una variable que integra el amonio y el nitrógeno orgánico).

El dendrograma del Análisis de Clasificación realizado entre las estaciones y profundidades revela que hay clara tendencia a un agrupamiento de las muestras por épocas climáticas (Figura 32). La evidente asociación entre las muestras de una misma época demuestra que la masa de agua tiene características físicas y químicas específicas en cada época climática que las hacen que se diferencien entre sí.

Una observación más detallada indica que en la época de transición hay una posterior tendencia a la disgregación por profundidades, en la época lluviosa hay un subgrupo conformado por muestras de las estaciones cercanas al canal del Dique y en la época seca no hay una subdivisión posterior clara (Figura 32).

Al considerar las variables que determinaron la tendencia de agrupación en las estaciones fue posible establecer que el componente I agrupa por un lado las formas de nitrógeno (nitrógeno orgánico, nitritos y amonio) que tienen una correlación positiva alta (sector izquierdo de la gráfica) y por otra parte los nitratos, las grasas y la temperatura (sector derecho de la gráfica) que presentan una correlación positiva (aunque muy débil) entre ellas pero inversa con las anteriores (Figura 33). Este componente explica el 30,0% de la variación de la masa de agua.

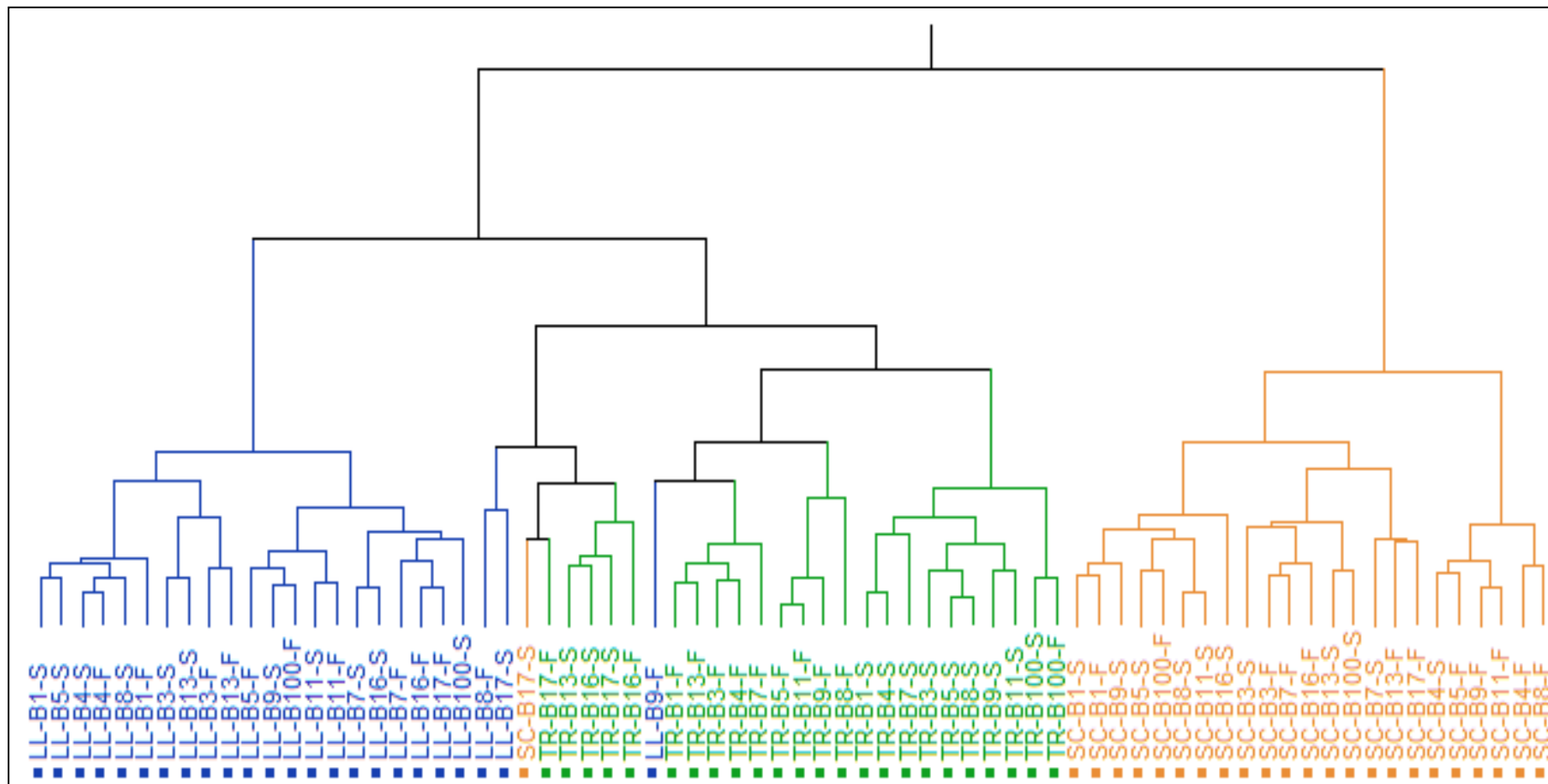


Figura 32. Dendrograma del Análisis de clasificación mediante la técnica de Distancia de Ward estandarizada aplicado a las muestras físicas y químicas en la bahía de Cartagena en el ciclo climático anual 2006-2007. La letra B seguida de un número indica la estación. TR: Transición, SC: Seca, LL: Lluvias, superficie (S) fondo(F).

En el componente II se congregan las variables salinidad, sólidos suspendidos totales y transparencia. Las tres primeras presentan una correlación positiva entre ellas (sector superior de la gráfica) pero inversa con respecto al pH (Figura 33). El componente II explica el 17,3% de la variación del cuerpo de agua.

Para mayor claridad los porcentajes de varianza de cada componente así como los valores “eigen” fueron consignados en el Anexo L.

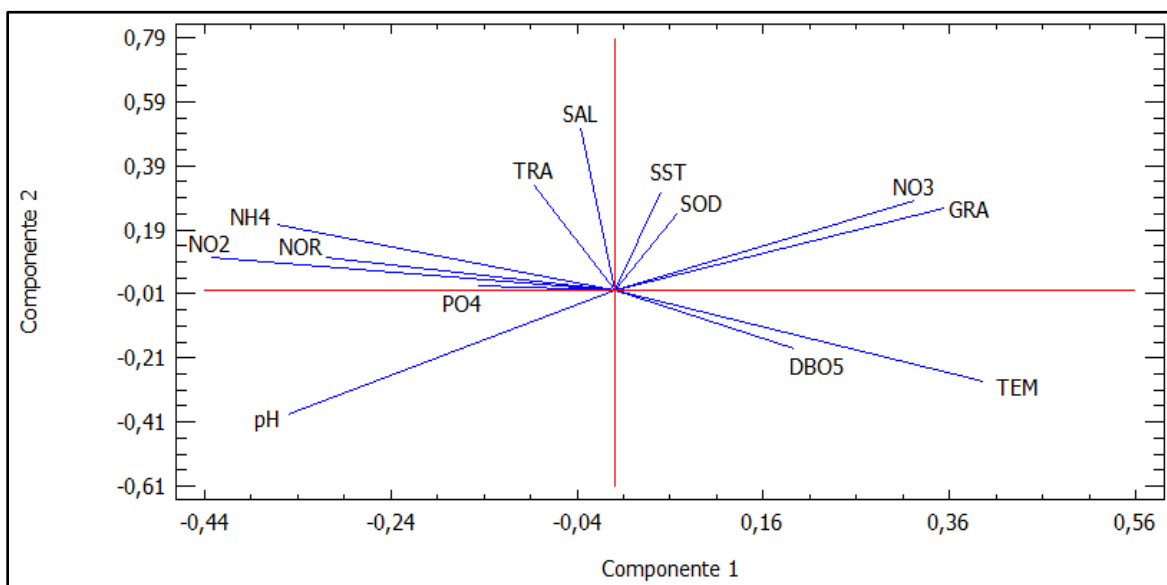


Figura 33. Análisis de Componentes Principales aplicado a las muestras físicas y químicas en la bahía de Cartagena durante las tres épocas de muestreo. SST: sólidos suspendidos totales, PO4: ortofosfatos, NH4: amonio, TEM: temperatura, pH: potencial de hidrogeniones, NO3: nitratos, NO2: nitritos, GRA: grasas y aceites, NOR: nitrógeno orgánico, TRA: transparencia, SOD: saturación de oxígeno (%), SAL: salinidad y DBO5: demanda bioquímica de oxígeno.

7.3 Relación variables bióticas y abióticas.

EL análisis BIO – ENV demostró que solo cuatro variables, NO₂, NOR, GRA y SAL son las variables abióticas que mejor explican la estructura fitoplanctónica, cuyo mejor resultado de correlación fue 0,26.

8. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

8.1 Componente fitoplanctónico

8.1.1 Descripción espacio-temporal

Las diatomeas (Diatomophyceae) son el grupo más abundante y evidente de las aguas marinas (Balech, 1977; Dawes, 1991; Lalli, 1997), lo cual concuerda con los resultados encontrados en el presente estudio (Tabla 3), ya que en las tres épocas climáticas se obtuvo una dominancia absoluta de este grupo taxonómico seguido de lejos por la abundancia de los dinoflagelados (Dinophyceae) considerados como el segundo grupo mayor del fitoplancton (Balech, 1977). En estudios anteriores (Arosemena *et al.* 1973; Vidal y Carbonell, 1977; Arias y Durán, 1982; Tigreros, 2002; Cañón *et al.* 2005; Gavilán *et al.* 2005; Suárez, 2007) también se evidenció este hecho, aunque desde el 2002 se estableció la importancia de la presencia de otros grupos taxonómicos como clorófitas (Chlorophyceae) y cianófitas (Cyanophyceae), las cuales son más características de cuerpos de agua dulce, neríticos y estuarios (Dawes, 1991) además son considerados como indicadores de procesos de eutrofización (Mc Lusky y Elliot, 2004).

Al igual que lo reportado por Suárez (2007), la especie más abundante durante las tres épocas de muestreo fue *S. costatum*, la cual es catalogada como cosmopolita (Tomas, 1996) y causante de hipoxias o anoxias (Gavilán *et al.* 2005). A lo largo de los estudios realizados en la Bahía se ha destacado la presencia de *S. costatum* en la mayoría de ellos, así como su predominancia en una o más épocas de muestreo. Vidal y Carbonell (1977) la reportaron como predominante en la época de transición, Arias y Durán (1984) la reportaron en casi todas sus estaciones de muestreo, Tigreros (2002) también la reporta en su estudio y finalmente Cañón *et al.* (2005), la determinaron como la especie más representativa en las épocas de transición y lluvia, en esta última con mayor densidad y diferentes grosores, debido posiblemente a la salinidad como lo había argumentado Vidal (1977). Por otro lado Gavilán *et al.* (2005) reportaron a *S. costatum* como la más representativa en su muestreo realizado en junio (transición) y en septiembre (lluvia).

Esta especie presentó la mayor abundancia relativa en la época de transición seguido por lluvia y seca. Según Cañón (2005), esta especie puede llegar a presentar una dominancia

del 89,63 % disminuyendo la presencia de las demás especies y haciéndolas considerar como raras, tal como sucedió en el presente trabajo.

Por otro lado como género característico de este estudio está *Pseudonitzschia*, el cual fue abundante durante los muestreos realizados en época de transición (1,93%) y seca (11,53% *Pseudonitzschia* sp2 y 14,02% *P. pungens*). Algunas especies de este género han sido catalogadas como tóxicas (Mosquera *et al.* 2006; Castelyn *et al.* 2008) y también posibles causantes de hipoxias y enfermedades en humanos. Este género fue reportado en trabajos anteriores por Vidal y Carbonell (1977), Arias y Durán (1984) con la sinonimia *Pseudonitzschia pungens*; Cañón *et al.* (2005), reportaron a las especies de este género como representativo de las épocas seca y de transición. Gavilán *et al.* (2005), encontraron a este género como más abundante en toda las estaciones del muestreo realizado en mayo (transición). Suárez (2007) la encontró en las tres épocas climáticas con baja abundancia.

Otro género representativo del presente estudio es *Chaetoceros*, específicamente con las especies *Ch. affine*, *Ch. brevis* y *Ch. curvisetum*; cabe resaltar que estas especies estuvieron presentes en las tres épocas de muestreo, sin embargo fueron más abundantes en épocas de lluvia (*Ch. affine* y *Ch. brevis*) y seca (*Ch. affine* y *Ch. curvisetum*). Este género se encuentra mejor representado en aguas oceánicas, además se han reportado especies cuyas afloraciones son peligrosas (Sunesen *et al.* 2008). Las especies aquí halladas como más abundantes son reportadas en los estudios mencionados (Arosemena *et al.* 1973; Vidal y Carbonell, 1977; Arias y Durán, 1982; Tigreros, 2002; Cañón *et al.* 2005; Gavilán *et al.* 2005; Suárez, 2007) pero con abundancias más bajas, aunque el género como tal si fue reportado como abundante en varias estaciones por Arias y Durán (1984). Tigreros (2002), registraron a *Ch. didymus* con alta densidad en ciertas estaciones. Cañón *et al.* (2005) determinó que *Ch. brevis*, y *Ch. subtilis* fueron las especies más representativas del muestreo de la época de transición; por otro lado Gavilán *et al.* (2005), reportaron como más representativa una única especie del género (*Ch. socialis*) durante el muestreo realizado en época seca. Finalmente Suárez (2007) reportó como abundante a *Ch. lorenzianus* entre otras.

El género *Coscinodiscus*, fue reportado en el presente estudio, en el muestreo realizado en época de transición, con dos especies *C. gigas* y *C. radiatus*. Este género se

caracteriza por ser indicador de condiciones de alta cantidad de nutrientes y/o eventos de surgencia (Estrada y Blasco, 1979 En: Becerril, 2000). Estas especies se hallaron en las tres épocas de muestreo, sin embargo, no fueron las únicas representantes del género (Anexo A). *C. gigas* fue reportada por Arosemena *et al.* (1973) quienes reportaron a esta especie como representativa en su muestreo, Vidal y Carbonell, (1977), Arias y Durán (1984) y Tigreros (2002) denotaron a esta especie como común y finalmente Suárez (2007) estableció una abundancia variable para esta especie dependiente de la época climática. En el presente estudio las mayores abundancias se dieron en época seca y las bajas en transición. Por otro lado *C. radiatus* fue reportada por Arias y Durán (1984), Tigreros (2002), Cañón *et al.* (2005) y Gavilán *et al.* (2005) donde al igual que en este estudio fue catalogada como representativa en época de transición y Suárez (2007), donde presentó en general altas abundancias.

Por otro lado, una de las especies más representativas del muestreo de la época de lluvia fue *Thalassionema nitzschioides*, esta especie se desarrolla principalmente en cuerpos de agua estuarinos y con alta abundancia (Cassis *et al.* 2002) y ha sido reportada para los estudios en la Bahía antes mencionados (Arosemena *et al.* 1973; Vidal y Carbonell, 1977; Arias y Durán, 1982; Tigreros, 2002; Cañón *et al.* 2005; Gavilán *et al.* 2005; Suárez, 2007) pero en ninguno de ellos ha sido muy importante o simplemente reportó abundancias bajas.

El mayor número de especies de dinoflagelados así como la abundancia (cél/L) más alta se dio en época seca, seguida por época de transición y finalmente lluvia. El género *Ceratium* ha sido reportado por múltiples autores (Vidal y Carbonel, 1977; Carbonell, 1979; Arias y Durán, 1984; García, 1987; Tigreros, 2002; Cañón *et al.*, 2005; Gavilán *et al.*, 2005; Suárez, 2007). A este género pertenecen especies de cierta relevancia ya sea por su representatividad a lo largo de los muestreos realizados en la Bahía o por sus características potencialmente peligrosas que pueden llegar a generar problemas ambientales. Una de ellas es *Ceratium furca*, catalogada como especie psicrófila, lo que demuestra la influencia más que oceánica en las aguas de la Bahía, influencia de aguas de lastre con una gran abundancia en la bahía de Cartagena (Carbonell, 1979) y ha sido reportada como muy abundante y abundante en múltiples estudios de los anteriormente nombrados, además de su abundancia es importante porque se considera causante de enfermedades y procesos de hipoxia y anoxia (Gavilán *et al.* 2005).

Así mismo están *C. hircus* y *C. fusus*, ambas catalogadas como especies neríticas y cosmopolitas Carbonell, (1979), de gran frecuencia y abundancia variable en los estudios antes realizados en la Bahía, a diferencia de *C. furca* estas últimas se presentaron en todas las épocas climáticas con su mayor abundancia en época de transición, al igual que lo reportado por Carbonell (1979).

También se determinó el género *Protoberidinium* el cual en este estudio se encontró con representantes de múltiples especies y en bajas densidades; *P. steinii* fue el que mostró mayor densidad pero solo estuvo presente en las épocas seca y de transición. Esta situación se dio con la mayoría de especies pertenecientes al género y solo una de ellas (*Protoberidinium* sp. 5) estuvo en las tres épocas de muestreo. *P. pentagonum*, por su parte solo estuvo en época de transición y según Tomas (1996) se encuentra en costas y estuarios.

Dawes (1991) establece que aunque las clorófitas se presentan en su gran mayoría en agua dulce se encuentran también en estuarios y en océano abierto, claramente en menores abundancias. En este estudio se encontró este grupo únicamente durante los muestreos realizados en épocas seca y lluvia, con las especies *Pediastrum duplex*, *P. simplex*, *Scenedesmus quadricauda*, *S. opoliensis*, *Staurastrum* sp., *S. asterias* y *Planctonema lauterbornii*; sus abundancias son bajas (un poco más del 1%), sin embargo, evidencian la influencia de los afluentes de aguas dulces en la Bahía, algunas de ellas en especial *S. quadricauda* son evidencia también de el proceso de eutrofización que se lleva a cabo en la zona (Cañón *et al.* 2005).

Finalmente se encontraron cuatro especies de cianófitas, *Spirulina* sp., *Oscillatoria* sp., *Anabaena* sp., *Nostoc* sp., en muy bajas densidades. En la época de transición solo se encontró un morfotipo, en seca dos especies y en época de lluvia tres y el mismo morfotipo de la época de transición evidenciando así la marcada influencia de aguas continentales (Gavilán *et al.* 2005) y en cuerpos de agua generalmente con poca circulación (Levinton, 2001).

En cuanto a la distribución de la comunidad en las estaciones de muestreo (Figuras 5, 6 y 7), es importante destacar que en la gran mayoría se presentó la mayor abundancia a nivel superior debido a la intensidad lumínica y al alto coeficiente de extinción de luz que

se ve afectado por la transparencia del agua y la cual para la bahía de Cartagena es muy baja, debido a las afluentes de aguas continentales, industriales y domésticas, que en ella se descargan. Sin embargo, en la época de lluvia se presentaron estaciones donde la mayor abundancia de fitoplancton se dio a nivel profundo, esto también se debe a la transparencia, estas estaciones (B7 y B4) presentaron poca profundidad y transparencias casi hasta el fondo (Anexo I).

En la época de lluvia (Anexo A) la mayor abundancia se dio en la muestra B100-S, esto se debió a la presencia de *S. costatum*, la cual llegó a presentar más de 40.000 cél/L en esta muestra; lo mismo ocurrió en época de transición, donde en B3 que presentó la mayor abundancia fue encontrada la misma especie en altísima abundancia. Por otro lado, en la época seca aunque también fue posible determinar que una estación mostró la mayor abundancia esto se debió a la presencia de muchas especies y en gran cantidad del género *Chaetoceros*.

Al igual que lo reportado por Vidal y Carbonel (1977), Arias y Durán (1984), Cañón *et al.* (2005), Gavilán *et al.* (2005) y Suárez (2007), la mayor abundancia se dio en época seca, en este caso particular se observó que esta abundancia fue mucho más alta que en las otras épocas climáticas. Es claro que para la Bahía, la época de lluvia significa un aporte de nutrientes proveniente de fuentes continentales y en su gran mayoría proveniente del canal del Dique, por lo tanto en teoría este aporte de nutrientes en grandes cantidades “dispara” la abundancia fitoplanctónica al no tener ningún tipo de limitación por nutrientes; sin embargo en el presente estudio los valores más altos de nutrientes como amonio, nitritos y fosfatos se dieron en época seca y en general los segundos promedios de nutrientes en transición. Considerando al N y al P como limitantes de la producción primaria junto con la limitación lumínica considerada en sistemas turbios (Pennock y Sharp, 1994) se obtuvo para la época seca todo un conjunto de condiciones que favorecieron al fitoplancton, este favorecimiento se vio reflejado en la mayor abundancia de fitoplanctótes para dicha época.

Debido a esto es posible rechazar la hipótesis 2: “La mayor abundancia de fitoplancteres se encontrará en la época de lluvia por el mayor aporte de nutrientes continentales”, ya que como tal este aporte no se vio reflejado y mucho menos la mayor abundancia.

Con el fin de establecer parámetros para el análisis de las medidas de diversidad se tomaron como referencia los valores máximos y mínimos hallados en los tres momentos de muestreo para cada índice aplicado a la comunidad (Tabla 11).

Tabla 11. Valores máximos y mínimos de cada índice de diversidad aplicado en las tres épocas de muestreo S: Riqueza de especies, N: Abundancia, d: Riqueza de Margalef, J': Uniformidad de Pielou, H': Diversidad de Shannon-Wiener, λ : Predominio de Simpson

	S	N	D	J'	H'	λ
Máximo	39,00	269.250,00	3,72	1,00	2,84	0,97
Mínimo	3,00	35,36	0,34	0,04	0,09	0,08

Las medidas de diversidad en las tres épocas climáticas mostraron amplias variaciones. En la época de lluvia pocas estaciones presentaron un valor alto de diversidad de Shannon-Wiener, ya que en general las riquezas en las muestras fueron bajas, presentaron especies cuya abundancia era muy superior a la de otras, conllevando esto a un alto predominio de dichas especies disminuyendo así la uniformidad de la muestra.

En cuanto a la época de transición ocurre algo muy similar, sin embargo las estaciones bien representadas, es decir que poseen un buen número de especies cuya abundancia fue alta y que presentaron altos predominios, son muy pocas. Al mismo tiempo, esto significa que la diversidad de esta época es baja, la riqueza es alta pero hay especies que claramente predominaron sobre las demás; inclusive mucho más que en época de transición.

Por otro lado en época seca ocurrió lo contrario, la mayoría de las estaciones presentaron alta diversidad de Shannon Wiener, debida a un buen número de especies donde ninguna de sus abundancias predominó o fue mucho mayor a la de las demás lo que al mismo tiempo conlleva a la uniformidad de la muestra.

Este hecho se ve reflejado también en las especies más abundantes, puesto que en la única época en donde no se obtuvo una especie que primara muy por encima de las demás fue en seca, así como las estaciones con abundancias altas (Figuras 5, 6 y 7), se encontraron más estaciones de este tipo en la misma época.

Por otra parte al calcular la diversidad de Shannon-Weiner por época climáticas se determinó que efectivamente en la época seca se presentó el valor más alto y además difirió de las diversidades calculadas para las otras épocas debido principalmente a la gran diferencia en términos de riqueza y abundancia así como el bajo predominio hallado en las estaciones de muestreo.

Es importante destacar que este comportamiento ocurre debido al cambio de la comunidad en función del ritmo climático particular en este caso particular aplicado para la Bahía (Ramírez, 1999).

Todo esto nos lleva a aceptar la hipótesis 3: “La mayor diversidad (riqueza y uniformidad) se presentará en la época seca por la mayor homogeneidad ambiental de la masa de agua”.

Teniendo en cuenta la conformación de cuatro agrupaciones en el dendrograma (Figura 15) y basado en el análisis inverso de Kaandorp fue posible determinar que las estaciones pertenecientes a épocas de transición y lluvia conformaron grupos mixtos, es decir no es posible diferenciarlas en gran medida la una de la otra particularmente por la presencia de especies como *O. aurita* var. *obtusa*, *C. tripos*, *Ch brevis* etc., caso contrario de lo ocurrido con la época seca la cual conformó un grupo donde se presentó casi el total de sus estaciones de muestreo. Es de resaltar que casi la mitad de las especies encontradas (95) fueron clasificadas como exclusivas en la conformación de grupos en dicho dendrograma, por lo tanto en general el presente estudio muestra gran cantidad de especies generalistas, típicas y características (Anexo C)

Basado en lo anterior fue posible afirmar que la época seca fue más homogénea y sus estaciones presentaron características similares que definieron la época. En cuanto a las épocas de lluvia y transición estas características no fueron claras puesto que sus estaciones conformaron grupos “mixtos” que no permitieron diferencias entre épocas. Este hecho también se vio reflejado en cuanto a las abundancias en las estaciones de muestreo y las especies que predominaron que no fue solo una sino varias, es decir la abundancia de las especies características de esa época estuvieron representadas de forma tal que las diferenciaron de las otras épocas.

Según el análisis de similaridad (ANOSIM) y complementado con análisis SIMPER, se encontró que entre profundidades existieron diferencias significativas igualmente entre épocas de muestreo. La diferencia entre estratos de profundidad es susceptible a ser explicada en un gran porcentaje por siete especies y se debe a la diferencia no en términos de presencia sino de abundancia de dichas especies destacadas por la prueba que aunque estuvieron presentes en ambas profundidades mostraron altas variaciones en términos de abundancia de nivel superficial a profundo, principalmente debido a los altos coeficientes de extinción de la luz que se determinaron para la Bahía, así como las variables que fluctuaron de forma importante con la profundidad.

Por lo tanto es posible afirmar que la hipótesis 5: “Los cambios del fitoplancton entre profundidades estarán influenciados mayormente por la salinidad, la concentración de oxígeno y el DBO₅ porque son las variables con mayores diferencias entre profundidades” es acertada

Por otro lado en cuanto a la determinación de disimilaridad entre épocas climáticas el resultado fue parecido a lo ocurrido entre estratos de profundidad, la especie *S. costatum* fue la que en mayor proporción explicaba dicha diferencia y especies como *P. pungens*, *A. glacialis* y *Ch. affine* aunque no en tan alta proporción y presentes a lo largo de todo el estudio presentaron diferencias en términos de abundancia que causaron la diferenciación de las épocas climáticas.

Basado lo anteriormente mencionado es posible afirmar que la hipótesis 1 “La comunidad fitoplanctónica presentará variaciones en la composición y abundancia entre las épocas climáticas (seca, lluvia y transición), profundidades y estaciones” es aceptada puesto que es claro que las especies dominantes e inclusive las escasas presentan diferencias entre estaciones, al mismo tiempo se presentó variación entre las profundidades ya que la abundancia fue dependiente de la profundidad y fue posible determinar las diferencias en cuanto a composición así como abundancia entre las estaciones de muestreo.

Finalmente en el análisis BIO-ENV aunque la correlación no fue muy alta, las variables que describieron la comunidad fitoplanctónica fueron claramente nutrientes (NO₂, NOR), estos son considerados como limitantes de la actividad fitoplanctónica y la producción de biomasa (Pennock y Sharp, 1994), lo que demuestra una vez más que la alta densidad

fitoplanctónica depende de la concentración de nutrientes que en este caso particular varió en función de la época climática. En el estudio anterior realizado por Cañón *et al.* (2005) se reportó también una baja correlación para el muestreo en la Bahía y la variable que mejor explicó el comportamiento de la comunidad fitoplanctónica también fue el nitrógeno en forma de nitritos.

Las grasas y la salinidad enunciadas también en el análisis BIO-ENV generaron un fuerte impacto en la comunidad fitoplanctónica; por un lado las grasas causan aislamiento de la masa de agua por densidad y aumento del coeficiente de extinción de la luz y por otro la fuerte estratificación de la columna de agua que genera variación en su densidad y al mismo tiempo esta condición salina de la Bahía favorece a ciertas especies.

Los promedios de variables fisicoquímicas por época y estrato, así como la abundancia fitoplanctónica junto con el análisis BIO-ENV confirman la hipótesis 4: “Las variaciones de la comunidad fitoplanctónica entre las épocas climáticas estarán más influenciadas por la concentración de nutrientes, salinidad y DBO₅, por ser estos los parámetros con mayor variación entre las épocas climáticas.”

8.2 Pigmentos fotosintéticos

Fue posible determinar que en promedio todos los pigmentos fotosintéticos sin excepción presentaron una concentración más alta en la época de transición. La clorofila a mostró valores y/o promedios mayores a lo reportado por otros autores (Tabla 12) en estudios anteriores (Tigreros, 2002; Cañón *et al.* 2005; Gavilán *et al.* 2005; Suárez 2007) su alta concentración indica claramente un efecto de eutrofización ligada a concentración de nutrientes (Barker y Richardson, 1997 En: Suárez, 2007).

La clorofila b presentó el promedio más alto de los pigmentos fotosintéticos y en ambas épocas climáticas tuvo concentraciones muchos más altas que los reportados en estudios anteriores (Tabla 13). Sin embargo, es importante destacar que este pigmento presentó una concentración muy alta para las características de la comunidad fitoplanctónica, ya que las Diatomeas y Dinoflagelados fueron los grupos más representativos y según Balech, (1977) y Dawes (1991) estos grupos carecen de este pigmento.

La clorofila c, en general se encontró por debajo del índice de detección del método espectrofotométrico y presentó valores inferiores a los reportados por Tigreros (2002), pero similares a lo reportado por Cañón *et al.* (2005), Gavilán *et al.* (2005) y Suárez (2007). El feopigmento en este estudio presentó valores muy por encima a los autores antes mencionados a excepción de Suárez (2007) quién reportó concentraciones similares. En cuanto a la estacionalidad de este parámetro fue posible determinar que los pigmentos presentaron su mayor concentración en la época de transición al igual que lo encontrado por Suárez (2007), sin embargo, al no tener datos de la época de lluvia no es posible realizar afirmación alguna al respecto.

Tabla 12. Pigmentos fotosintéticos ($\mu\text{g/L}$) ya sea promedio o intervalo, registrados por diferentes autores en la bahía de Cartagena (ND: no detectable; NR: no se registró)

Autores	Época	Chl a	Chl b	Chl c	Carotenoides	Feopigmento
Tigreros, (2002)	NR	16,63	0,08	0,50	NR	2,42
Cañón <i>et al.</i> , (2005)	Seca	0,54 - 5,43	ND-0,65	0,10-0,67	NR	0,00-4,54
	Transición	0,70-19,91	ND - 0,23	0,01-2,50	NR	nd-9,27
	Lluvia	23,82-1,22	ND-0,72	0,07-4,72	NR	ND
Gavilán <i>et al.</i> , (2005)	Seca	2,54	NR	0,76	NR	1,6
	Transición	9,25	NR	1,55	NR	NR
	Lluvia	10,87	0,29	1,71	NR	NR
Suárez, (2007)	Seca	3,73	1,08	1,17	NR	6,19
	Transición	7,7	0,58	1,11	NR	2,51
	Lluvia	2,88	0,53	0,99	NR	3,47
Osorio, (2010)	Seca	16,55	29,03	2,85	18,73	24,76
	Transición	20,25	36,78	0,67	28,99	31,00
	Lluvias	NR	NR	NR	NR	NR

En cuanto a la proporción de pigmentos observada, la concentración de clorofila b junto con el feopigmento y carotenoides reflejan en ambas épocas una comunidad fitoplanctónica senescente, ya que sus promedios son mayores a la clorofila a. En cuanto a las estaciones de muestreo, fue posible determinar que todos los pigmentos fotosintéticos presentaron mayor concentración a nivel superficial, debido a la poca transparencia en la Bahía que concentra la mayor actividad fotosintética a poca profundidad para la obtención de energía necesaria en cualquier cuerpo de agua (Margalef, 1991).

Por otro lado, el análisis de correlación entre pigmentos fotosintéticos y las abundancias (Tabla 8) mostró que no existe correlación. Este hecho se debe a la metodología aplicada en la toma de muestras de fitoplancton puesto que al concentrar la muestra por medio de un filtro cuyo ojo de malla fue de 25 μm no se capturó picofitoplancton (0,2 – 2,0 μm) ni nanofitplanton (2,0 – 20,0 μm) y se quedó por fuera parte del microfitoplancton (20,0 – 200,0 μm) (Reynolds, 2006). A diferencia de las muestras para el análisis de clorofila las cuales si incluyeron estas porciones del fitoplancton.

8.3 Variables fisicoquímicas

La temperatura de la masa de agua es clave en los procesos biológicos, químicos y físicos que ocurren en el ambiente marino. En el presente estudio se encontraron variaciones de temperatura entre los 26,51 y 30,3 $^{\circ}\text{C}$ contemplando las tres épocas climáticas. Esta variación presenta temperaturas relativamente bajas en comparación a lo reportado por Ramírez (1976), debida principalmente a fuentes externas de contaminación térmica. Los estudios realizados por Cañón *et al.* (2005) y Gavilán *et al.* (2005) también reportaron temperaturas mayores a las medidas en este trabajo fluctuando entre los 28 y los 33 $^{\circ}\text{C}$. Contrariamente Suárez (2007) reportó valores bajos de 26 $^{\circ}\text{C}$ hasta 30 $^{\circ}\text{C}$. Es importante destacar que como se muestra en la Tabla 13 no todas las metodologías aplicadas para la medición de la temperatura fueron la misma, este factor influye en la obtención de los rangos y al mismo tiempo introduce cierto sesgo a la comparación realizada.

Tabla 13. Valores de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) registrados en múltiples estudios en la bahía de Cartagena. (ND: no determinado).

Autor	Técnica	Localización	Temperatura $^{\circ}\text{C}$
Ramírez, (1976)	Termómetro	Múltiples puntos -	26 a 38
Cañón <i>et al.</i> , (2005)	Sonda multiparamétrica	Múltiples puntos - Dos muestras	28 a 33
Gavilán <i>et al.</i> , (2005)	ND	Múltiples puntos - Dos muestras	28 a 33
Cañón <i>et al.</i> , (2007)	Sonda multiparamétrica	Múltiples puntos - Tres muestras	ND
Suárez, (2007)	Termómetro de Cazoleta	Múltiples puntos - Dos muestras	24 a 33
Osorio, (2010)	Sonda multiparamétrica	Múltiples puntos - Perfil batimétrico	26 a 30

Coincidiendo con otros autores (Cañón *et al.* 2005, Gavilán *et al.* 2005; Suárez 2007), las épocas de lluvia presentaron los valores más altos de temperatura debido a la nubosidad que genera un aumento en la temperatura tanto atmosférica como oceánica (CIOH, 2006a), así como el ingreso de aguas dulces y poco profundas del canal del Dique (Ramírez, 1976) seguida por la época de transición y las temperaturas más bajas en época seca.

Respecto al comportamiento batimétrico de la temperatura, los valores más altos se dieron a nivel superficial, comportamiento también reportado por diferentes autores (Ramírez 1976, Cañón *et al.* 2005; Suárez 2007) disminuyendo así conforme aumenta la profundidad, principalmente debido a la disminución en la penetración de la radiación solar (Ramírez, 1976).

Los valores promedio más bajos de temperatura en todas las épocas de muestreo, se dieron en las estaciones B100 y B8 lo cual puede explicarse por su localización exterior a la Bahía por lo que tienen una mayor circulación de agua (Ramírez 1976).

La salinidad fluctuó entre 15,68 y 37,79 UPS, valores muy similares a los presentados por otros autores (Tabla 14) (Castro, 1995; Tigreros 2002; Cañón *et al.* 2005; Gavilán *et al.* 2005; Cañón *et al.* 2007), incluyendo mediciones tanto superficiales como profundas. Por otro lado, al igual que en los estudios antes mencionados junto con el realizado por Ramírez (1976), los valores de salinidad más altos se detectaron en las mediciones más profundas, hecho fundamentado en el efecto que tiene el canal del Dique y su aporte de agua dulce a la Bahía, determinando así una dinámica de estuario con variaciones entre los 0 y los 30 UPS (Lonin *et al.*, 2004).

Tabla 14. Valores de salinidad (UPS) registrados en múltiples estudios en la bahía de Cartagena.

Autor	Técnica	Localización	Salinidad (UPS)
Castro, 1995	Refractometría	Múltiples puntos de la Bahía	7 a 35
Tigreros, 2002	Refractometría	Múltiples puntos de la Bahía	13 a 34
Cañón <i>et al.</i> , 2005	Sonda multiparamétrica	Múltiples puntos de la Bahía	13 a 34
Gavilán <i>et al.</i> , 2005	Refractometría	Múltiples puntos de la Bahía	12 a 34
Cañón <i>et al.</i> , 2007	Sonda multiparamétrica	Múltiples puntos de la Bahía	10 a 33
Osorio, 2010	Sonda multiparamétrica	Múltiples puntos de la Bahía	17 a 39

Se observa una clara estratificación de la salinidad en las épocas de lluvia y de transición (Figura 17), sin embargo, en la época seca esta estratificación puede perderse debido a la acción de los vientos que aumentan el flujo de agua hacia el fondo y por lo tanto la estratificación es poca (Lonin *et al.* 2004).

En cuanto a las estaciones de muestreo es destacable que B17 y B16 poseen bajos promedios de salinidad en dos de las tres épocas de muestreo, hecho fundamentado por su cercanía al canal del Dique, por otro lado las muestras con altos promedios de salinidad fueron B1, B3 y B4 (Anexo E) hecho fundamentado en su localización en la llamada Bahía Interna donde la circulación es limitada así como el aporte de aguas contaminadas que allí tienen lugar y alta evaporación (CIOH-UOPS, 1997).

Los promedios de salinidad para las épocas climáticas al contrario de otros estudios (Castro, 1995; Cañón *et al.* 2005; Cañón *et al.* 2007; Gavilán *et al.* 2005; Suárez 2007; Tigreros 2002) el valor más alto de salinidad se dio en época de lluvia, este hecho se debe a que en el mes de noviembre la precipitación (128,7 mm) aunque por encima del promedio multianual (93,8 mm), debida a un evento en la mitad del mes, hubo un solo registro de lluvia en el medio mes restante y principios de diciembre (CIOH, 2006a; CIOH, 2006b), mientras que para la época seca (marzo) hubo registros de ligeras precipitaciones en el litoral Caribe centro a finales de la primera quincena (CIOH, 2007).

La variación del pH en la bahía fluctuó entre los 7,58 y 8,38 en las tres épocas climáticas, valores normales en mediciones del agua de mar (Tait, 1987). El promedio más alto de pH fue en época seca contrario a lo reportado por otros autores (Cañón *et al.*, 2005; Gavilán *et al.* 2005; Cañón *et al.* 2007; Suárez 2007) (Tabla 15), quienes no solo reportaron las mediciones de pH más altas en época de lluvia sino también valores y rangos similares de variación

Tabla 15. Rango de pH encontrado en la Bahía por distintos autores (LL. lluvia, SC: seca, TR, transición).

Autor	Rango pH	Promedios por época
Cañón <i>et al.</i> , 2005	7,96 y 8,39	LL 8,39 >
Gavilán <i>et al.</i> , 2005	7,86 y 8,55	LL >
Cañón <i>et al.</i> , 2007	7,52 y 8,72	LL > SC > TR
Suárez, 2007	6,98 y 8,61	TR 8,18 ± 0,14; SC 8,13 ± 0,17; LL 8,08 ± 0,24
Osorio, 2010	7,58 y 8,38	TR 8,13 + 0,01; SC 8,16 + 0,01; LL 7,77 + 0,01

Este hecho también se sustenta en la precipitación dada en la época de lluvia, por debajo del promedio multianual (CIOH, 2006a; CIOH, 2006b), lo que genera menores aportes de materia orgánica disminuyendo la productividad del sistema, al mismo tiempo un bajo consumo de CO₂ y por lo tanto un medio más ácido (Horne, 1969). Por otro lado, las estaciones que presentaron valores de pH más altos (Anexo G) son aquellas ubicadas en las entradas oceánicas de la Bahía, es decir, que están menos influenciadas por el aporte de aguas continentales.

La conductividad eléctrica está directamente relacionada con la cantidad de solutos que estén presentes en la masa de agua (Horne 1969), debido al aporte de aguas continentales este valor es mucho más alto en mediciones profundas que en superiores (Figura 19). Cabe resaltar que al igual que la salinidad el promedio más alto (Anexo F) se dio en época de lluvia. Esto puede explicarse porque el mes de julio presentó fuertes lluvias días antes de la jornada de muestreo (CIOH, 2007g) situación que también sustenta el comportamiento del pH y de la salinidad.

Al igual que lo reportado por Cañón *et al.* (2005) y Suárez (2007), los mayores valores promedio de oxígeno disuelto se obtuvieron en la época de lluvia, claramente más altos desde 0,5 hasta 8,0 m de profundidad; después de dicha profundidad se presentan los más bajos para las tres épocas de muestreo (Anexo H). Sin embargo, existe también el caso donde se reportó el valor promedio más alto para la época seca (Gavilán *et al.* 2005). Es importante destacar que en dos de las tres épocas de muestreo los valores más altos se dieron a nivel superficial (lluvia y transición), debido principalmente al intercambio de O₂ atmosférico con las capas superficiales (Tuchkovenko *et al.* 2002; Gavilán *et al.* 2005; Cañón *et al.* 2007), así como de la presencia de organismos fotosintéticos los cuales aumentan también el oxígeno disuelto en la superficie durante las horas del día (Margalef, 1991). Los bajos valores de oxígeno en las capas profundas de la columna de agua se deben a procesos de oxidación de materia orgánica así como por la débil circulación vertical que no favorece el intercambio de O₂ (Margalef, 1991; Tuchkovenko *et al.* 2002) especialmente en épocas de transición y lluvia donde este fenómeno es más notorio. En la época seca los vientos incrementan su acción sobre la superficie, se debilita la entrada de agua continental y la estratificación es mucho más débil, por lo tanto el oxígeno es mucho más parejo en la columna de agua (Margalef, 1991; Tuchkovenko *et al.*, 2002).

Por otro lado el perfil batimétrico del porcentaje de saturación de oxígeno mostró que en general el agua de la Bahía presentó sub saturación, la cual se incrementó conforme aumentó la profundidad. Este hecho limita de forma importante el desarrollo de organismos en la Bahía y sirve para explicar también el porqué la comunidad fitoplanctónica presentó las variaciones en términos de abundancia respecto a los estratos superior y profundo (la demanda bioquímica de oxígeno es un índice que permite inferir acerca de la cantidad de materia orgánica que es susceptible a ser degradada y es muy utilizado para determinar el efecto de afluentes externas sobre el oxígeno propio del sistema (Garay *et al.*, 2003).

La variación de DBO5 entre estaciones de muestreo (Anexo I) mostró que en gran parte de ellas los valores más altos se dieron a nivel superior, similar a lo reportado por Cañón *et al.* (2007) y basado en el aporte de materia orgánica servido por el canal del Dique. También fue posible determinar que las estaciones B1, B3 y B4, presentaron los valores más altos en los tres muestreos ya que debido a su ubicación geográfica la circulación de agua es menor.

Por otra parte se obtuvo una amplia variación entre las mediciones (1,0 a 7,3 mg/L) muy superiores a las reportadas por el CIOH, 1999 En: Tuchkovenko *et al.* 2002 (0,7 hasta 2,1 mg/L) y Cañón *et al.* (2007), (0,1 y 3,8mg/L); pero al mismo tiempo muy inferiores a lo reportado por Suárez (2007), quién encontró valores entre 0,023 y 509,000 mg/L de DBO. Al igual que los autores mencionados anteriormente los valores más altos de este estudio se dieron en las épocas de transición y lluvia.

Los valores de transparencia no superaron los 5 m de profundidad y el menor de ellos fue 0,17 m, rango muy similar al reportado por Gavilán *et al.* (2005) (0,2 – 5,0 m) y Suárez (2007) (0,1 – 3,5 m). Estos valores son relativamente bajos debidos principalmente a la gran cantidad de material en suspensión el cual llega a la Bahía a través de las entradas de agua dulce durante todo el año pero con variaciones estacionales. Estas variaciones mostraron que al igual que en los estudios nombrados anteriormente junto con el realizado por Cañón *et al.* (2005) la transparencia promedio más alta ocurrió en la época seca, gracias a la acción de los vientos alisios sumado a la disminución del caudal del canal del Dique. La acción de los vientos genera una circulación tal que favorece el intercambio con aguas marinas y cierto represamiento de las aguas en la zona sur de la

Bahía (Castro, 1995), así mismo el bajo volumen del Canal disminuye la entrada de material particulado en suspensión (Tuchkovenko *et al.* 2002). Este hecho también sustenta la baja transparencia durante la época de transición. Sin embargo, la época de lluvia mostró un valor de transparencia muy similar a la época seca, considerablemente alto para esta temporada del año y sustentado debido a la baja precipitación no como se esperaba según CIOH (2006a). Los valores de transparencia más altos se presentaron en las estaciones más lejanas de la desembocadura del canal del Dique y los más bajos en las más cercanas, siendo un indicador de la influencia que tiene este cuerpo de agua en la Bahía.

Por estar ligado a la transparencia en forma inversamente proporcional, el coeficiente de extinción (K) presentó el mismo comportamiento y sustenta que los promedios más altos de abundancia fitoplanctónica fueran obtenidos en las muestras recolectadas a nivel superior, puesto que debido a los bajos coeficientes de extinción (Tabla 10) el fitoplancton se “desplaza” hacia la zona fótica que está restringida a la parte alta de la columna de agua (Fraga, 1972).

Al igual que lo reportado por Suárez (2007) y Cañón *et al.* (2007) los valores más altos de sólidos suspendidos totales (SST) se presentan en época de lluvia y los menores durante la época de transición. Sin embargo, fue posible observar gran cantidad de estaciones cuyos valores más altos ocurren en época seca debido a la alta estratificación salina, la cual hace que los sedimentos se queden en la superficie resuspendidos continuamente por acción de la turbulencia (Lonin *et al.* 2004). No fue posible determinar a ciencia cierta si había un comportamiento de esta variable ligado a la profundidad puesto que los coeficientes de variación de los promedios por época y profundidad son similares entre ellos (Anexo I).

Por otro lado respecto a los rangos de SST presentados acá (5,3 y 129,0 mg/L) fueron mucho más altos que los encontrados por Cañón *et al.* (2007) quién reportó valores entre 10,45 y 40,25 mg/L, distinto de los presentados por Suárez (2007) (1,0 y 283,0 mg/L) que fueron mayores. La diferencia del presente estudio con Suárez, (2007) se da porque cuatro de sus siete estaciones de muestreo estaban ubicadas en muelles donde el arribo y salida de embarcaciones es constante lo que genera mayor resuspensión de sedimento.

Las grasas encontradas son clara evidencia de la influencia de aguas residuales vertidas en la Bahía principalmente en los sectores influenciados por el canal del dique, el emisario submarino y el sector industrial de Mamonal. Debido a su carácter apolar y su baja densidad causan bajas concentraciones de oxígeno, ya que se sitúan en la superficie del agua y actúan como aislante en procesos de mezcla. Las grasas son también contribuyentes con los altos coeficientes de extinción de la luz.

Los valores de nitritos obtenidos en el presente estudio se encuentran en el rango establecido para agua marina por Tait (1987), y son muy superiores a los reportados por Tuchkovenko *et al.* (2002), Cañón *et al.* (2005), y Cañón *et al.* (2007). En los estudios realizados por Gavilán *et al.* (2005) y Suárez (2007) las concentraciones se encuentran casi en los mismos rangos (Tabla 16)

Tabla 16. Rangos de fluctuación de NO₂ (mg/L) reportados por distintos autores, (ND: no detectable; IN: no determinado; F: fondo; S: superior; SE: seca; TR: transición; LL: lluvia).

Autor	NO ₂ (mg/L)	Valor más alto (época-prof)
Tuchkovenko <i>et al.</i> , (2002)	0,002 y 0,006	IN
Cañón <i>et al.</i> , (2005)	>0,010 y 0,050	LL-F
Gavilán <i>et al.</i> , 2005	ND y 0,702	TR-S
Cañón <i>et al.</i> , (2007)	0,010 y 0,135	SC - F
Suárez, (2007)	0,001 y 0,374	TR - S - F
Osorio, (2010)	0,020 y 0,600	SC - F

Sin embargo, aunque los rangos de fluctuación de NO₂ puedan ser mayores o similares; el promedio más alto (seca) es mucho mayor que los otros reportados a lo largo de las investigaciones, además registraron el valor tope de nitritos en diferente época climática mostrando así que no es clara la estacionalidad de este nutriente. Lo mismo ocurrió con la profundidad ya que en el presente estudio se dieron los valores de NO₂ más altos en las mediciones correspondientes al fondo, en algunos fue similar y en otros no (Tabla 16).

En el presente estudio en épocas de lluvia y transición los valores de nitritos fueron muy bajos, en muchos casos por debajo del índice de detección del método, únicamente en la época seca se presentaron valores altos, hecho que puede fundamentarse en el proceso de desnitrificación que llevan a cabo las bacterias, lo cual modifica la carga de nitrógeno

en los estuarios. Así mismo, la concentración de nitrito que en la mayoría de estaciones fue mayor a nivel profundo es debida a que en esta zona la descomposición de materia orgánica es más activa y donde el nivel de oxígeno es menor (Margalef, 1991).

Los nitratos se encuentran muy por encima de los valores para agua marina registrados por Tait (1987) pero similares a los reportados por Tuchkovenko *et al.* (2002). Su comportamiento fue muy diferente al de los nitritos ya que es posible hallarlos en más altas concentraciones en las tres épocas climáticas, debido a que es la forma más oxidada y costosa, energéticamente hablando de obtener el nitrógeno para la síntesis de proteínas (Tait, 1987; Margalef, 1991; Levinton, 2001). No fue posible determinar si su concentración estuvo ligada a la profundidad, ya que los promedios son similares entre muestras superficiales y profundas así como la dispersión de las medidas descrita con el error estándar (Figura 27)

El amonio es la forma más utilizada por los organismos fotosintetizadores ya que es la más reducida (Levinton, 2001). El comportamiento de este nutriente fue muy similar, prácticamente igual al del nitrito, puesto que en épocas de lluvia y transición las mediciones se dieron por debajo o muy cercanas al límite de detección de la prueba, por otro lado, en época seca (Anexo I) fue posible determinar valores muy altos de amonio, que reflejan a su vez una alta acción reductora debido a la descomposición de materia orgánica (Margalef, 1991). El rango de variación de este nutriente para las tres épocas es similar a lo registrado por Cañón *et al.* (2005) pero muy por debajo a lo reportado por Gavilán *et al.* (2005) y Suárez (2007) quienes en sus estudios encontraron valores superiores a 1 mg/L de NH_4 en lluvia. En los trabajos anteriormente nombrados el valor más alto se dio, a diferencia de este, en época de lluvia. Es posible que las diferencias antes mencionadas se deba principalmente a la ubicación de las estaciones de muestreo así como a fenómenos particulares para cada época de muestreo ya que las metodologías aplicadas fueron similares (Tabla 17).

Tabla 17. Rangos de fluctuación y método de medición del amonio (mg/L) reportados por distintos autores para la Bahía, (ND: no detectable).

Autor	NH ₄ (mg/L)	Metodología de análisis
Cañón <i>et al.</i> , (2005)	0,001 - 0,760	Clesceri <i>et al.</i> ,1998
Gavilán <i>et al.</i> , (2005)	ND - 1,197	Clesceri <i>et al.</i> ,1998
Suárez, (2007)	0,002 - 1,576	Stricklan y Parsons (1968-1972)
Osorio, (2010)	<0,030 - 0,520	Clesceri <i>et al.</i> ,1998

El nitrógeno Kjeldahl, hace referencia a todas las formas de nitrógeno que hay en la masa de agua, suma las formas de nitrógeno orgánico y amonio (Garay *et al.* 2003), por su parte el nitrógeno orgánico hace referencia al nitrógeno en forma de proteínas y ácidos nucleicos (Horne, 1969), es por esto que están estrechamente relacionados. Este comportamiento se debe a los continuos aportes de materia orgánica que llegan a la Bahía, entre ellos el canal del Dique, aguas residuales domésticas por el emisario submarino de Manzanillo y aguas servidas industriales. Tal como sucedió con el amonio y los nitritos el promedio más alto fue determinado en la época seca (Figuras 26 y 28).

Los fosfatos son considerados como limitantes de la producción del ecosistema marino (Fraga, 1972) puesto que se necesitan en la síntesis del ATP actuando como recurso esencial en reacciones enzimáticas (Levinton, 2001). En el presente estudio es claro que el rango se encontró por encima de lo reportado por Tait (1987) para agua marina. En estudios anteriores (Tabla 18) como Tuchkovenko *et al.* (2002) se reportaron valores promedio para la Bahía menores que lo encontrado en el presente trabajo, sin embargo esto para las épocas de lluvia y transición; en seca el promedio fue muy similar para la zona denominada como canal del Dique. Gavilán *et al.* (2005) encontraron concentraciones más altas que las reportadas en este estudio pero promediando mucho menos PO₄ (0,033 mg/L), algo parecido reporta Cañón *et al.* (2005) pero con valores tope más bajos. Cabe destacar que en los dos últimos estudios mencionados la mayor concentración de PO₄ se dio en época de lluvia. Por otro lado las investigaciones realizadas por Cañón *et al.*, (2007) y Suárez (2007) aunque encontraron variaciones similares a las antes mencionadas, reportaron los niveles de fosfatos más altos, al igual que el presente estudio, para la época de transición, atribuido a la cantidad de aportes minerales dentro de la Bahía (Cañón *et al.*, 2007).

Tabla 18. Rangos de fluctuación de fosfatos (mg/L) reportados por distintos autores para la Bahía, (ND: no detectable).

Autor	PO ₄ (mg/L)
Tuchkovenko <i>et al.</i> ,(2002)	0,018-0,040
Gavilán <i>et al.</i> , (2005)	ND-0,690
Cañón <i>et al.</i> , (2005)	ND-0,111
Cañón <i>et al.</i> , (2007)	0,023-0,048
Suárez, (2007)	0,009-0,483
Osorio, (2010)	<0,030-0,380

En cuanto al dendrograma obtenido a partir de las variables fisicoquímicas (Figura 32) permitió establecer que dichas variables dependen de la estacionalidad climática ya que se diferencian claramente durante épocas de muestreo, por lo tanto la caracterización fisicoquímica de la Bahía también está sujeta a dicha estacionalidad. Así mismo, el hecho de que haya dos subgrupos en la época de transición, uno conformado por las muestras superficiales y el otro por las muestras profundas, permite inferir que hay diferencias entre las características físicas y químicas en la columna de agua, indicando estratificación vertical. Finalmente en la época seca las características abióticas de la masa de agua tienden a ser más homogéneas en toda la bahía y profundidades.

El análisis de componentes principales (Figura 33) mostró que al unirse los componentes I y II expresan en conjunto el 47,3% de la variabilidad de la masa de agua, lo que indica que más del 50% de la variación que se da en este cuerpo de agua depende de otras variables. Esto evidencia que aunque las variables enunciadas explican gran parte de lo que sucede en la masa de agua es necesario una gran cantidad de las mismas para poder tener un conocimiento certero de lo que está sucediendo, esto puede ser posible debido a que como se ha mencionado anteriormente, la bahía de Cartagena tiene una gran cantidad de fuentes exógenas que pueden inducir cambios rápidos y puntuales, pero la mayor fuente modificadora es el ingreso de sustancias y sedimentos provenientes del canal del Dique.

9. CONCLUSIONES

- La especie más representativa de los muestreos fue *Skeletonema costatum*, especie característica de aguas de baja salinidad como las estuarinas y ha sido descrita como común históricamente.
- Basados en los atributos ecológicos de la comunidad fitoplanctónica es posible referirse a dos “estados” de la comunidad sustentados por la concentración de nutrientes que se comportó de forma tal que permitió la proliferación de especies de forma homogénea y muy heterogénea. El primero de ellos es un estado con un alto predominio de una especie, con una baja diversidad y alta riqueza; este estado ocurrió en época de transición y lluvia. El segundo estado es de una comunidad con un bajo predominio, no existió una especie cuya abundancia fuera muy superior sobre las demás, por otro lado la diversidad fue alta así como la riqueza; esta comunidad sucedió en la época seca.
- La comunidad fitoplanctónica presentó diferencias entre las épocas climáticas, y entre estratos de profundidad, esta variación no se debe a la presencia de especies exclusivas o particulares sino a la variación en términos de abundancia de especies comunes a lo largo de todo el muestreo como lo fueron *Skeletonema costatum*, *Pseudonitzschia pungens*, *Chaetoceros affine*, *Asterionellopsis glacialis*, entre otras.
- Las variables fisicoquímicas y nutrientes analizados en general presentaron una marcada temporalidad climática, atribuyéndose la variación a la influencia de aguas continentales provenientes del canal del Dique.
- Los nutrientes que tuvieron una mayor incidencia sobre la comunidad fitoplanctónica y su abundancia fueron el nitrito y el amonio, presentando un comportamiento poco variable en las tres épocas climáticas. Este hecho permite inferir que la mayor concentración de nutrientes no es determinada únicamente por la acción de las lluvias y el aporte de aguas continentales y es posible que otras fuentes antrópicas influyan en época seca.

10. RECOMENDACIONES

- Ampliar la elaboración de este tipo de estudios a más zonas tanto en el Caribe como en el Pacífico.
- Realizar un estudio de variables fisicoquímicas y nutrientes que abarque no solo la masa de agua de la bahía sino las fuentes de aguas continentales y porque no las fuentes de contaminantes producto de actividad industrial o antropocéntrica.
- Es claro que la Bahía presenta eutroficación, por lo tanto realizar reformas en el manejo de la misma que permitan detener este proceso.

11. BIBLIOGRAFÍA

- ACUACAR. 1999. Evaluación de la calidad de los sedimentos en la desembocadura del canal del Dique. Fundación Universidad del Norte - Laboratorio Aguas de Cartagena. Cartagena de Indias. Colombia. 53 p.
- ALVARADO-ORTEGA, M. 2001. Canal del Dique, Plan de restauración ambiental 1ª etapa. Ediciones Uninorte. Barranquilla, Colombia. 328 p.
- ARIAS, F. A. y DURÁN, J.C. 1984. Variación anual del fitoplancton en la bahía de Cartagena. Bol. Cient. CIOH, 5. 61–116 p.
- AROSEMENA, D.; CARDENAS, H.; GARZÓN, F.; IBÁÑEZ, F.; MORENO, C. y SIERRA, J. 1973. Algunos dinoflagelados y diatomeas de la bahía de Cartagena y alrededores. Informe Museo del Mar. 81 p.
- BALECH, E. 1977. Introducción al fitoplancton marino. Editorial Universitaria de Buenos Aires. Argentina. 211 p.
- BALECH, E. 1988. Los dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental. Publ. Espec. Inst. Esp. Oceanografía. No. 1. Madrid. 310 p.
- BARNES R, S. y HUGHES R, N. 1982. An introduction to marine ecology. Second Edition. Blackwell Science Ltd. Londres. 351p.
- BOLD, H. C. y WYNNE, M. J. 1985. Introduction to the Algae. Structure and reproduction Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, 720 pp.
- BOURRELLY, P. 1970. Les algues d'eau douce. Initiation à la systématique. Tome III: les algues bleues et rouges, les eugléniens, peridiniens et cryptomonadines. N. Boubée & Cie, Paris, 512 p.
- BRUGNOLI, E. y A. MORALES. 2008. Trophic planktonic dynamics in a tropical estuary, Gulf of Nicoya, Pacific coast of Costa Rica during El Niño 1997 event. Revista de Biología Marina y Oceanografía. 43 (1): 75-89 p.
- CAICEDO, I. 1975. Productividad primaria y fitoplancton en la bahía de Neguanje, Parque nacional Tayrona. Trabajo de grado para optar el título de Biólogo Marino. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Bogotá. Colombia. 42 p.
- CAÑÓN, M.; GAVILAN, M.; MORRIS, L. y VANEGAS T. 2004. Informe: Presencia de organismos exógenos y patógenos en aguas de lastre buques tráfico internacional fase III. Centro de Investigaciones e Hidrográficas CIOH, Armada Nacional de Colombia. Cartagena – Colombia. 158 p. + anexos.

- CAÑÓN, M. L.; VANEGAS, T.; GAVILÁN, M.; MORRIS, L. F. y TOUS, G. 2005. Dinámica planctónica, microbiológica y fisicoquímica en cuatro muelles de la bahía de Cartagena y busques de tráfico internacional. Bol. Cient. CIOH No. 23. 46–59 p.
- CAÑÓN, M. L.; TOUS, G.; LÓPEZ, K.; LÓPEZ, R. y OROZCO, F. 2007. Variación espacio temporal de los componentes fisicoquímico, zooplanctónico y microbiológico de la bahía de Cartagena. 2007. Bol. Cient. CIOH No. 25. 120–134 p.
- CARBONELL, M. C. 1982. *Ceratium* Schrank (Dinoflagellatae, Peridinales) de las islas del Rosario, Caribe Colombiano. Bol. Cient. INVEMAR. Vol. 12. 71–91 p.
- CASSIS, D.; MUÑOZ, P. y AVARIA, S. 2002. Variación temporal del fitoplancton entre 1993 y 1998 en una estación fija del seno Aysén, Chile (45° 26'S 73°00'W). Revista de Biología Marina y Oceanografía. No. 37:(1) 43–65 p.
- CASTELEYN, G. CHEPURNOV, V. A.; LELIAERT, F.; MANN, D. G.; BATES, S. S.; LUNDHOLM, N.; RHODES, L.; SABBE, K. y VYVERMAN, W. 2008. *PseudoPseudonitzschia pungens* (BACILLARIOPHYCEAE), A cosmopolitan species. Harmful Algae. No. 7. 241–257 p.
- CASTRO L. A. 1995. Estudio de la contaminación microbiológica y su relación con los parámetros fisicoquímicos en la bahía de Cartagena (Sector Laguito- Bocagrande). Boletín Científico CIOH No. 16. Páginas: 73 - 90.
- CIOH. 2006 a. Boletín Meteomarino mensual del Caribe colombiano. Central de pronósticos meteorológicos y oceanográficos CPMO. No. 136. Noviembre. 27 p.
- CIOH. 2006 b. Boletín Meteomarino mensual del Caribe colombiano. Central de pronósticos meteorológicos y oceanográficos CPMO. No. 137. Diciembre. 27 p.
- CIOH. 2007 a. Boletín Meteomarino mensual del Caribe colombiano. Central de pronósticos meteorológicos y oceanográficos CPMO. No. 138. Enero. 24 p.
- CIOH. 2007 b. Boletín Meteomarino mensual del Caribe colombiano. Central de pronósticos meteorológicos y oceanográficos CPMO. No. 139. Febrero. 27 p.
- CIOH. 2007 c. Boletín Meteomarino mensual del Caribe colombiano. Central de pronósticos meteorológicos y oceanográficos CPMO. No. 140. Marzo. 28 p.
- CIOH. 2007 d. Boletín Meteomarino mensual del Caribe colombiano. Central de pronósticos meteorológicos y oceanográficos CPMO. No. 141. Abril. 26 p.
- CIOH. 2007 e. Boletín Meteomarino mensual del Caribe colombiano. Central de pronósticos meteorológicos y oceanográficos CPMO. No. 142. Mayo. 28 p.
- CIOH. 2007 f. Boletín Meteomarino mensual del Caribe colombiano. Central de pronósticos meteorológicos y oceanográficos CPMO. No. 143. Junio. 29 p.

- CIOH. 2007 g. Boletín Meteomarino mensual del Caribe colombiano. Central de pronósticos meteorológicos y oceanográficos CPMO. No. 144. Julio. 19p.
- CIOH-CARDIQUE. 1997. Caracterización y diagnóstico integral de la zona costeras comprendida entre Galerazamba y bahía de Barbacoas. Tomo I y II. Dirección General Marítima. Convenio de cooperación CIOH-CARDIQUE. Cartagena. Colombia. 694 p.
- CIOH-DIMAR. 2004. Régimen de vientos y corrientes bahía de Cartagena. Cartagena de Indias. D.T. y C. – COLOMBIA. 24p.
- CIOH-UNOPS. 1997. Proyecto regional de planificación y manejo de bahías y áreas costeras fuertemente contaminadas del Gran Caribe. Caso bahía de Cartagena, Colombia. Informe ejecutivo del resultado 1.1 "Estudios que identifican la condición ambiental del ecosistema, grado de impacto sobre los componentes biológicos, potencial de la capacidad de recuperación y acciones de rehabilitación del sistema de la bahía de Cartagena. Cartagena de Indias. 146 p + anexos.
- CLARKE, K. y GORLEY, R. 2001. Primer v5: User Manual/Tutorial. PRIMER-E Ltd. Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research. Plymouth Marine Laboratory. 91p.
- CLARKE, K. y WARWICK, P. 2001. Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation. Natural Environment Research Council. Plymouth Marine Laboratory. United Kingdom. 260 p.
- CLESCERI, L.; GREENBERG, A. y EATON, A. 1998. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20 th edition. Washington. Tomos I y II. 1983 p.
- CORPES. Costa Atlántica. 1990. Perfil Ambiental del Caribe Colombiano. Consejo regional de planificación de la costa Atlántica. Centro de documentación. 260 p.
- CRISCI, J. y LOPEZ, M. 1983. Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica. Monografía No 26 OEA. Serie Biología. Programa regional de desarrollo científico y tecnológico, Washington. 132 p.
- CUPP, E. 2005. Marine plankton diatoms of the west coast of North America. Bull. Scripps Oceanography of the University of California. 5:(1) 238 p.
- DAWES, C. J. 1991. Botánica Marina. Primera edición. Editorial Limusa. México D F. 673 p.

- FENSOME, R. A. TAYLOR, F. J. NORRIS, G. SARJEANT, W. A. WHARTON, D. I. y WILLIAMS, G. L. 1993. A classification of living and fossil dinoflagellates. *Micropaleontology*, Special Publication: 7: 1 – 351 p.
- FRAGA, F. 1972. *Ecología Marina*. Monografía 14. Cap 3. Editorial Dossat S.A. Madrid. España. 705 p.
- FRANCO, A. 2006. Valoración estaminal del fitoplancton y mesozooplancton e impacto de herbivoría de *Eucalanus subtenuis*, Giesbrecht, 1888 (Copepoda: Eucalanidae) en el Caribe Colombiano. Tesis de doctorado en Oceanografía. Universidad de Concepción, Escuela de Graduados. Concepción. Chile. 122 p.
- GARAY-TINOCO, J; RAMÍREZ, T.; BETANCOURT P.; MARIN S.; CADAVID, L; PANIZZO, L; LESMES, J.; SÁNCHEZ S.; LOZANO, H. y FRANCO A. 2003. Manual de técnicas analíticas para la determinación de parámetros fisicoquímicos y contaminantes marinos: Aguas, sedimentos y organismos. Serie Documentos Generales. INVEMAR. No 13. 177 p.
- GARCÍA, R. 1987. Composición, distribución vertical y abundancia de tintinidos y dinoflagelados en la bahía de Cartagena entre septiembre y diciembre de 1984. Trabajo de grado para optar por el título de Biólogo Marino. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina. 148 p.
- GAVILÁN, M.; CAÑÓN, M. y TOUS, G. 2005. Comunidad fitoplanctónica en la bahía de Cartagena y en aguas de lastre de buques de tráfico internacional. *Boletín Científico CIOH* No. 23. 60–75 p.
- GERLOFF, J. y CHOLNOKY, B. 1970. *Diatomaceous* II. 835 p.
- HERNÁNDEZ-BECERRIL, D. 2000. Morfología y taxonomía de algunas especies de diatomeas del género *Coscinodiscus* de las costas del Pacífico mexicano. *Revista de Biología Tropical*. Vol 48:(1). 7–18 p.
- HORNE, R. 1969. *Marine Chemistry*. John Wiley y Sons, Inc. First edition. New York, United States of America. 568 p.
- IHSA-CARDIQUE. 1997. Plan de manejo de las zonas portuarias y costeras en jurisdicción de CARDIQUE. Universidad de Cartagena. Cartagena de Indias. Tomos I y III.
- INVEMAR. 2000. Programa Nacional de Investigación en Biodiversidad Marina y Costera. (PNIBM). Santa Marta. FONADE - MMA. 83p.

- KAANDORP, J. A. 1986. Rocky substrate communities of the infralittoral fringe of the Boulonnais coast, NW France: a quantitative survey. *Marine Biology*. No. 92, 255 – 265 p.
- LALLI, C. y PARSONS, T. 1997. *Biological Oceanography: an introduction*. Second edition. Oxford: Butterworth-Heinemann. Great Britain. 314 p.
- LEVINTON, J. 2001. *Marine Biology. Function, Biodiversity, Ecology*. Second edition. Oxford University Press. New York, United States. 515 p.
- LONIN, S.; PARRA, C.; ANDRADE, C. Y VES-FRANÇOIS, T. 2004. Patrones de la pluma turbia del canal del Dique en la bahía de Cartagena. *Boletín Científico CIOH* No. 22. 77–89 p.
- LUDWIG, J. y REYNOLDS, J. 1988. *Statistical Ecology. A Primer on methods and computing*. John Wiley y Sons, New York. 337 p.
- MARGALEF, R. 1972. *Ecología Marina. Monografía 14. Cap 4*. Editorial Dossat S.A. Madrid. España. 705 p.
- MARGALEF, R. 1991. *Ecología*. Ediciones Omega. Barcelona, España. 951 p.
- MCCUNE, B. y GRACE, J. B. 2002. *Analysis of ecological communities. MjM Software Desing*. 300 p.
- MC LUSKY, D. S. y ELLIOT, M. 2004. *The estuarine ecosystem ecology. Threats and management*. Oxford University Press. Third Edition. 214 p.
- MEJÍA, L. 1997. *Comunidades ícticas de los cayos colombianos de San Andrés y Providencia, y su relación con la estructura y salud estructural*. Trabajo de grado para Magister Scientiae. Universidad Nacional de Colombia- INVEMAR. Santa Marta. 112 p.
- MORENO, C. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad. Primera edición. M y T, Manuales y Tesis Sea. Vol. I. Zaragoza*. 84 p.
- MOSQUERA, A.; TORRES, M.; MARTINEZ-IGLESIAS, G. y PAZOS, Y. 2006. Estudio de una floración tóxica de *Pseudonitzschia spp.* en las costas de Galicia usando una imagen MERIS y datos *in situ*. *Revista de teledetección*. Número especial. 75–79 p.
- OREJARENA, J.; DOMINGUEZ, J.; RICAURTE, C.; MAYO, G.; ANDRADE, C.; OSPINA, H. y CASTRO, W. 2004. Variaciones de la concentración de clorofila y su relación en los parámetros físicos medidos en Bancos de Salmedina durante 2003-2004. *Caribe colombiano. Bol. Cient. CIOH* 22. 56–63 p.

- OSPINA, J. y PARDO, F. 1993. Evaluación del estado de madurez gonadal y los hábitos alimenticios de la ictiofauna presente en la bahía de Cartagena. Trabajo de grado para optar el título de Biólogo Marino. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina. 47p + anexos.
- PARDO, L. CALVET, C. y SALICRÚ, M. 1992. Comparación de medidas de diversidad . Historia Animalium. Volumen 1. 3 – 13 p.
- PARSONS, T.; MAITA, Y. y LALLI, C. 1984. A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Pergamon Press. Oxford. 172 p.
- PARSONS, T. y TAKAHASHI, M. 1973. Biological oceanography process. Pergamon press. Great Britain. 186 p.
- PENNOCK, R. y SHARP, J. 1994. Temporal alternation between light- and nutrient-limitation of phytoplankton production in a coastal plain estuary. Marine Ecology Progress Series. Volumen 111. 275–288 p.
- RAMÍREZ, E. 1976. Estudio preliminar de contaminación térmica en la bahía de Cartagena. Trabajo de grado para optar por el título de Biólogo Marino. Universidad Jorge Tadeo Lozano. 84 p. + anexos.
- RAMÍREZ, A. y VIÑA, G. 1998. Limnología colombiana. Aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Colombia. 293 p.
- RAMIREZ, A. 1999. Ecología aplicada. Diseño y análisis estadístico. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Santa Fé de Bogotá. 300 p.
- RAMIREZ, A. 2006. Ecología. Métodos de muestreo y análisis de poblaciones y comunidades. Editorial Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá. 271 p.
- REYNOLDS, C. 2006. Ecology of phytoplankton. Cambridge University Press. Inglaterra. 535 p.
- RINES, J. y HARGRAVES, J. 1988. The *Chaetoceros* Ehrenberg (Bacillariophyceae) flora of Narragansett Bay Rhode Island, U.S.A. Bibliotheca Phycological, band 79. J. Cramer, Berlin-Stuttgart. 196 p.
- RIPOLL, M. y BÁEZ, J. 2001. Desarrollo industrial y cultural empresarial en Cartagena 1920-2000. Bogotá D.C. Universidad Jorge Tadeo Lozano. 151 p.
- ROUND, F. M. CRAWFORD, R. M. y MANN, D. G. 1990. The Diatoms, biology and morphology of the genera. Cambridge University Press. 747 p.
- RUIZ, D. 1999. 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. Trabajo de grado para optar por el título de Biólogo Marino. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina. 183 p.
- SOKAL R. y ROHLF F. 1969. Biometría. Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica. Primera edición. H. Blume ediciones. Madrid España. 831 p.
- SÚAREZ, V. 2007. Biodiversidad de fitoplancton en aguas de lastre de buques de tráfico internacional y en los principales muelles cargueros de la bahía de Cartagena, Colombia. Trabajo de grado para optar por el título de Biólogo Marino. Universidad de Bogotá Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina. 103 p.
- SUNESSEN, I.; HERNÁNDEZ-BECERRIL, D. y SAR, E. 2008. Marine Diatoms from Buenos Aires coastal waters (Argentina). V. Species of the genus *Chaetoceros*. Revista de Biología Marina y Oceanografía. No. 43 (2): 303–326 p.
- TAIT, R. 1987. Elementos de ecología marina: curso preparatorio. Segunda edición. Zaragoza. España. Editorial Acribia, S.A. 446 p.
- TIGREROS, P. 2001. Biodiversidad y valoración bioquímica del fitoplancton marino en ambientes costeros mesotróficos y oligotróficos tropicales, Caribe colombiano. Trabajo de grado para optar por el título de Biólogo Marino. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina. 173 p.
- TIGREROS, P. 2002. Presencia de organismos exógenos y patógenos en aguas de lastre buques tráfico internacional, Fase I. Componente fitoplanctónico. Informe. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas de la Armada Nacional de Colombia. Cartagena – Colombia. 41 p.
- TIGREROS, P. 2003. Informe: Presencia de organismos exógenos y patógenos en aguas de lastre buques tráfico internacional fase II. Centro de Investigaciones e Hidrográficas CIOH, Armada Nacional de Colombia. Cartagena – Colombia. 75 p. + anexos.
- TOMÁS, C. 1996. Identifying marine diatoms and dinoflagellates. Academic Press. California. 598 p.
- TUCHKOVENKO, Y.; LONIN, S.; y CALERO, L. 2002. Modelo de eutroficación de la bahía de Cartagena y su aplicación práctica. Boletín científico CIOH No. 20. 28–44 p.
- URBANO, J. 1992. Estado actual de la bahía de Cartagena v/s Contaminación. Boletín Científico CIOH No. 10. 3–12 p.
- VELEZ, M. 2000. Contaminación microbiológica en ecosistemas costeros. Estudio caso: bahía de Cartagena. Ambiente y desarrollo en el Caribe colombiano. Ensayos y

- Monografías. Pontificia Universidad Javeriana y Universidad Jorge Tadeo Lozano. Primera Edición, Cartagena, Colombia. 141–153 p.
- VIDAL, L. y CARBONELL, M. 1977. Diatomeas y dinoflagelados de la bahía de Cartagena. Trabajo de grado para optar por el título de Biólogo Marino. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina. Cartagena de Indias. 371 p. + anexos.
- VIDAL, L. 1981. Diatomeas y dinoflagelados en las Islas del Rosario (arrecife coralino) y alrededores. Bol. Cient. CIOH, 3: 75–133 p.
- VIDAL, L. 1995. Estudio de Fitoplancton en el sistema lagunar estuariano tropical de Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia, durante el año de 1987. Trabajo de grado para optar al título de Maestro en Ciencias. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Santa fe de Bogotá. 207 p.
- ZAR, H. 1999. Biostatistical Analysis. Fourth edition. Prentice Hall. New Jersey. United States. 663 p.

CONTENIDO

RESUMEN.....	- 1 -
ABSTRACT.....	- 2 -
1. INTRODUCCIÓN JUSTIFICADA.....	- 3 -
2. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE.....	- 6 -
3. METODOLOGÍA.....	- 13 -
3.1 Descripción del área de estudio.....	- 13 -
3.2 Fase de campo.....	- 16 -
3.3 Fase de laboratorio.....	- 19 -
3.4 Fase de gabinete.....	- 20 -
4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	- 25 -
5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	- 25 -
6. HIPÓTESIS.....	- 26 -
7. RESULTADOS.....	- 27 -
7.1 Fitoplancton.....	- 27 -
7.1.1 Características estructurales.....	- 27 -
7.2 Variables fisicoquímicas.....	- 48 -
7.2.1 Temperatura.....	- 48 -
7.2.2 Salinidad y conductividad.....	- 49 -
7.2.3 pH.....	- 52 -
7.2.4 Oxígeno disuelto y saturación.....	- 54 -
7.2.5 Demanda bioquímica de oxígeno.....	- 57 -
7.2.6 Transparencia.....	- 58 -
7.2.7 Sólidos suspendidos totales.....	- 59 -
7.2.8 Grasas.....	- 60 -
7.2.9 Nitritos (NO ₂).....	- 61 -

7.2.10	Nitratos (NO_3)	- 61 -
7.2.11	Amonio (NH_4).....	- 62 -
7.2.12	Nitrógeno orgánico.....	- 63 -
7.2.13	Nitrógeno Kjeldahl (NKT).....	- 64 -
7.2.14	Fosfatos (PO_4)	- 65 -
7.2.15	Asociaciones abióticas	- 65 -
7.3	Relación variables bióticas y abióticas.	- 68 -
8.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	- 69 -
8.1	Componente fitoplanctónico.....	- 69 -
8.1.1	Descripción espacio-temporal	- 69 -
8.2	Pigmentos fotosintéticos	- 77 -
8.3	Variables fisicoquímicas.....	- 79 -
9.	CONCLUSIONES	- 89 -
10.	RECOMENDACIONES.....	- 90 -
11.	BIBLIOGRAFÍA	- 91 -

ANEXO D Valores y estadígrafos de la temperatura (°C) determinada a distintas profundidades en la bahía de Cartagena en épocas de lluvia, seca y de transición. Prom: promedio; DE: desviación estándar; EE: error estándar, CV: coeficiente de variación; Máx: valor máximo y Mín: valor mínimo.

Época de Lluvia 2006													Prom	n	DE	EE	CV	Máx	Mín
Prof. (m)	B1	B3	B4	B5	B7	B8	B9	B11	B13	B16	B17	B 100							
0,5	29,59	30,34	29,44	29,36	29,97	28,99	28,80	28,95	29,43	29,88	29,48	28,86	29,42	12	0,48	0,14	1,62	30,34	28,80
1,0	29,58	30,05	29,41	29,39	29,92	28,90	28,96	29,02	29,55	29,99	29,39	29,14	29,44	12	0,40	0,11	1,35	30,05	28,90
2,0	29,50	29,93	29,40	29,37	29,80	28,89	29,14	29,10	29,85	29,99	30,18	29,00	29,51	12	0,43	0,12	1,46	30,18	28,89
3,0	29,51	29,85	29,38	29,39	29,79	28,80	29,25	29,14	29,95	29,90	29,94	28,86	29,48	12	0,41	0,12	1,40	29,95	28,80
4,0	29,55	29,71		29,44		28,80	29,02	29,13	29,73	29,74	29,65	28,78	29,35	10	0,39	0,12	1,32	29,74	28,78
5,0	29,52	29,67		29,45		28,75	29,12	29,14	29,58	29,63	29,58	28,86	29,33	10	0,34	0,11	1,15	29,67	28,75
6,0	29,48	29,62		29,38			29,24	29,25	29,51	29,58	29,53	28,88	29,38	9	0,23	0,08	0,80	29,62	28,88
7,0	29,44	29,56		29,28			29,30	29,33	29,49	29,55	29,50	28,80	29,36	9	0,24	0,08	0,80	29,56	28,80
8,0	29,42	29,48		29,25			29,35	29,35	29,45	29,49	29,44	28,79	29,34	9	0,22	0,07	0,74	29,49	28,79
9,0	29,36	29,46		29,25			29,34	29,35	29,42	29,42	29,43	28,77	29,31	9	0,21	0,07	0,73	29,46	28,77
10,0	29,31	29,44		29,26			29,33	29,36	29,41	29,37	29,39	28,79	29,29	9	0,20	0,07	0,67	29,44	28,79
11,0	29,28			29,28			29,29	29,35	29,35	29,31	29,35	28,78	29,25	8	0,19	0,07	0,65	29,35	28,78
12,0	29,23			29,29			29,23	29,32	29,31	29,25		28,73	29,19	7	0,21	0,08	0,71	29,32	28,73
13,0	29,22			29,28			29,19	29,30	29,24	29,19		28,71	29,16	7	0,20	0,08	0,70	29,30	28,71
14,0	29,21			29,23			29,17	29,27	29,21	29,14		28,73	29,14	7	0,19	0,07	0,64	29,27	28,73
15,0	29,10			29,20			29,12	29,20	29,20	29,10		28,79	29,10	7	0,15	0,06	0,50	29,20	28,79
16,0				29,16			29,03	29,14	29,15	29,07		28,78	29,05	6	0,14	0,06	0,50	29,16	28,78
17,0				29,14			28,98	29,11	29,09	29,03		28,82	29,03	6	0,12	0,05	0,40	29,14	28,82
18,0				29,10				29,07	29,07	28,96		28,83	29,00	5	0,11	0,05	0,39	29,10	28,83
Prom	29,39	29,74	29,41	29,29	29,87	28,85	29,16	29,20	29,42	29,45	29,57	28,83	29,31						
n	16	11	4	19	4	6	18	19	19	19	12	19	166						
DE	0,15	0,28	0,03	0,10	0,09	0,09	0,15	0,13	0,24	0,34	0,25	0,10	0,32						
EE	0,04	0,08	0,01	0,02	0,04	0,04	0,04	0,03	0,06	0,08	0,07	0,02	0,03						
CV	0,51	0,95	0,09	0,34	0,30	0,31	0,52	0,43	0,83	1,14	0,84	0,35	1,10						
Máx	29,59	30,34	29,44	29,45	29,97	28,99	29,35	29,36	29,95	29,99	30,18	29,14	30,34						
Mín	29,10	29,44	29,38	29,10	29,79	28,75	28,80	28,95	29,07	28,96	29,35	28,71	28,71						

Continuación ANEXO D. Valores y estadígrafos de la temperatura (°C) determinada a distintas profundidades en la bahía de Cartagena en épocas de lluvia, seca y de transición. Prom: promedio; DE: desviación estándar; EE: error estándar, CV: coeficiente de variación; Máx: valor máximo y Mín: valor mínimo.

Época Seca 2007													Prom	n	DE	EE	CV	Máx	Mín
Prof. (m)	B1	B3	B4	B5	B7	B8	B9	B11	B13	B16	B17	B100							
0,5	27,96	28,29	27,90	27,90	28,38	27,78	27,77	27,82	29,04	29,07	28,97	28,17	28,25	12	0,51	0,15	1,79	29,07	27,77
1,0	27,91	28,29	27,78	27,81	28,18	27,71	27,76	27,80	28,82	28,86	29,09	27,92	28,16	12	0,49	0,14	1,76	29,09	27,71
2,0	27,76	28,27	27,61	27,74	28,08	27,39	27,73	27,83	28,44	28,47	28,45	27,15	27,91	12	0,44	0,13	1,56	28,47	27,15
3,0	27,71	28,23		27,73	28,03	27,15	27,68	27,82	28,30	28,29	28,10	26,85	27,81	11	0,46	0,14	1,67	28,30	26,85
4,0		28,11		27,73		27,09	27,66	27,73	28,04	28,16	28,06	26,76	27,70	9	0,48	0,16	1,75	28,16	26,76
5,0				27,69			27,63	27,73	27,89	28,04	27,98	26,71	27,67	7	0,45	0,17	1,62	28,04	26,71
6,0				27,62			27,62	27,74	27,81	27,97	27,92	26,68	27,62	7	0,44	0,17	1,58	27,97	26,68
7,0				27,58			27,60	27,69	27,75	27,87	27,90	26,66	27,58	7	0,42	0,16	1,53	27,90	26,66
8,0				27,57			27,60	27,66	27,72	27,75		26,65	27,49	6	0,42	0,17	1,52	27,75	26,65
9,0				27,56			27,59	27,65	27,71	27,73		26,65	27,48	6	0,41	0,17	1,51	27,73	26,65
10,0				27,54			27,58	27,64	27,68	27,70		26,63	27,46	6	0,41	0,17	1,50	27,70	26,63
11,0				27,54				27,63	27,65	27,68		26,63	27,42	5	0,45	0,20	1,62	27,68	26,63
12,0				27,53				27,62	27,63	27,67		26,64	27,42	5	0,44	0,20	1,60	27,67	26,64
13,0				27,51				27,59	27,63	27,66		26,63	27,40	5	0,44	0,20	1,59	27,66	26,63
14,0				27,49				27,55	27,63	27,65		26,62	27,39	5	0,43	0,19	1,58	27,65	26,62
15,0				27,48				27,53	27,60	27,61		26,61	27,36	5	0,43	0,19	1,56	27,61	26,61
16,0				27,46				27,51	27,57	27,54		26,59	27,33	5	0,42	0,19	1,53	27,57	26,59
17,0				27,45				27,49	27,53	27,51		26,56	27,31	5	0,42	0,19	1,53	27,53	26,56
18,0				27,43				27,46	27,48	27,48		26,51	27,27	5	0,43	0,19	1,56	27,48	26,51
Prom	27,83	28,24	27,76	27,60	28,17	27,43	27,66	27,66	27,89	27,93	28,31	26,82	27,68						
n	4	5	3	19	4	5	11	19	19	19	8	19	135						
DE	0,12	0,08	0,15	0,13	0,15	0,32	0,07	0,12	0,45	0,45	0,48	0,45	0,52						
EE	0,06	0,03	0,08	0,03	0,08	0,14	0,02	0,03	0,10	0,10	0,17	0,10	0,04						
CV	0,43	0,28	0,53	0,48	0,54	1,15	0,25	0,42	1,60	1,62	1,69	1,69	1,87						
Máx	27,96	28,29	27,90	27,90	28,38	27,78	27,77	27,83	29,04	29,07	29,09	28,17	29,09						
Mín	27,71	28,11	27,61	27,43	28,03	27,09	27,58	27,46	27,48	27,48	27,90	26,51	26,51						

Continuación ANEXO D. Valores y estadígrafos de la temperatura (°C) determinada a distintas profundidades en la bahía de Cartagena en épocas de lluvia, seca y de transición. Prom: promedio; DE: desviación estándar; EE: error estándar, CV: coeficiente de variación; Máx: valor máximo y Mín: valor mínimo.

Época de Transición 2007																			
Prof. (m)	B1	B3	B4	B5	B7	B8	B9	B11	B13	B16	B17	B 100	Prom	n	DE	EE	CV	Máx	Mín
0,5	29,18	28,80	29,24	29,56	28,35	29,51	30,06	29,94	29,44	29,96	29,97	29,39	29,45	12	0,51	0,15	1,75	30,06	28,35
1,0	29,20	29,04	29,70	29,74	29,74	29,58	30,34	30,34	29,63	30,13	30,24	29,62	29,77	12	0,42	0,12	1,41	30,34	29,04
2,0	29,19	29,34	29,80	29,96	29,91	29,87	30,24	30,20	30,02	30,28	30,35	29,61	29,90	12	0,37	0,11	1,23	30,35	29,19
3,0	29,71	29,96	29,60	30,02	29,91	29,94	30,09	30,07	30,30	30,27	30,27	29,58	29,98	12	0,25	0,07	0,83	30,30	29,58
4,0	29,86	29,90		30,07		29,91	30,01	30,07	30,31	30,19	30,23	29,57	30,01	10	0,22	0,07	0,72	30,31	29,57
5,0		29,82		30,07			29,99	30,10	30,24	30,11	30,14	29,56	30,00	8	0,21	0,08	0,72	30,24	29,56
6,0		29,78		30,01			29,86	30,08	30,16	30,08	29,98	29,57	29,94	8	0,19	0,07	0,64	30,16	29,57
7,0		29,67		29,88			29,75	29,97	30,07	30,06	29,97	29,60	29,87	8	0,18	0,06	0,60	30,07	29,60
8,0		29,45		29,77			29,59	29,82	29,88	29,94	29,93	29,59	29,74	8	0,18	0,06	0,61	29,94	29,45
9,0		29,35		29,61			29,35	29,66	29,77	29,77	29,84	29,56	29,61	8	0,19	0,07	0,63	29,84	29,35
10,0				29,38			29,19	29,56	29,57	29,63	29,65	29,55	29,51	7	0,16	0,06	0,55	29,65	29,19
11,0				29,25			29,06	29,44	29,38	29,51	29,55	29,53	29,39	7	0,18	0,07	0,61	29,55	29,06
12,0				29,13				29,33	29,33	29,38	29,47	29,46	29,35	6	0,12	0,05	0,42	29,47	29,13
13,0				29,02				29,22	29,25	29,21	29,19	29,38	29,21	6	0,11	0,05	0,39	29,38	29,02
14,0				28,87				29,10	29,16	29,12	29,16	29,21	29,10	6	0,12	0,05	0,42	29,21	28,87
15,0				28,71				29,00	29,14	28,97		29,00	28,96	5	0,16	0,07	0,54	29,14	28,71
16,0				28,57				28,89	29,01	28,80		28,84	28,82	5	0,16	0,07	0,56	29,01	28,57
17,0				28,44				28,79	28,80	28,70		28,57	28,66	5	0,15	0,07	0,53	28,80	28,44
18,0				28,34				28,57		28,56		28,48	28,49	4	0,11	0,05	0,38	28,57	28,34
Prom	29,43	29,51	29,59	29,39	29,48	29,76	29,80	29,59	29,64	29,61	29,86	29,35	29,58						
n	5	10	4	19	4	5	12	19	18	19	15	19	149						
DE	0,33	0,39	0,24	0,59	0,76	0,20	0,41	0,54	0,48	0,57	0,38	0,36	0,49						
EE	0,15	0,12	0,12	0,14	0,38	0,09	0,12	0,12	0,11	0,13	0,10	0,08	0,04						
CV	1,12	1,31	0,82	2,01	2,57	0,68	1,39	1,81	1,61	1,93	1,28	1,23	1,65						
Máx	29,86	29,96	29,80	30,07	29,91	29,94	30,34	30,34	30,31	30,28	30,35	29,62	30,35						
Mín	29,18	28,80	29,24	28,34	28,35	29,51	29,06	28,57	28,80	28,56	29,16	28,48	28,34						

ANEXO E. Valores y estadísticos de salinidad (UPS) determinada a distintas profundidades en la bahía de Cartagena en las épocas transición, seca y lluvia.. Prom: promedio; DE: desviación estándar; EE: error estándar, CV: coeficiente de variación; Máx: valor máximo y Mín: valor mínimo.

Época de Lluvia 2006													Prom	n	DE	EE	CV	Máx	Mín
Prof. (m)	B1	B3	B4	B5	B7	B8	B9	B11	B13	B16	B17	B 100							
0,5	36,12	29,44	36,64	34,88	26,45	35,68	34,99	35,04	26,55	26,40	20,16	24,55	30,57	12	5,63	1,62	18,40	36,64	20,16
1,0	36,16	31,37	36,68	35,03	30,69	35,60	35,05	35,58	28,42	28,20	24,55	31,72	32,42	12	3,89	1,12	11,99	36,68	24,55
2,0	36,35	34,61	36,72	35,34	33,53	35,75	35,24	35,98	31,02	30,94	28,48	33,85	33,98	12	2,57	0,74	7,56	36,72	28,48
3,0	36,63	35,62	36,73	35,93	34,89	36,77	35,28	36,14	33,56	33,40	32,87	34,06	35,16	12	1,39	0,40	3,95	36,77	32,87
4,0	36,82	35,86		36,20		36,76	35,57	36,22	34,98	34,38	34,73	34,15	35,57	10	0,96	0,30	2,71	36,82	34,15
5,0	36,91	35,97		36,34		37,29	35,89	36,27	35,55	34,93	35,02	34,35	35,85	10	0,91	0,29	2,55	37,29	34,35
6,0	36,99	36,16		36,47			36,14	36,50	35,86	35,26	35,26	34,41	35,89	9	0,79	0,26	2,21	36,99	34,41
7,0	37,12	36,36		36,52			36,36	36,65	35,97	35,40	35,45	34,56	36,04	9	0,79	0,26	2,18	37,12	34,56
8,0	37,16	36,63		36,66			36,58	36,72	36,26	35,71	35,70	34,67	36,23	9	0,75	0,25	2,08	37,16	34,67
9,0	37,30	36,72		36,95			36,67	36,85	36,36	36,02	35,79	34,72	36,38	9	0,78	0,26	2,14	37,30	34,72
10,0	37,43	36,81		37,06			36,75	36,98	36,43	36,25	35,99	34,97	36,52	9	0,73	0,24	1,99	37,43	34,97
11,0	37,50			37,13			36,90	37,09	36,67	36,56	36,18	35,82	36,73	8	0,55	0,19	1,48	37,50	35,82
12,0	37,59			37,16			37,07	37,14	36,84	36,74		35,98	36,93	7	0,50	0,19	1,36	37,59	35,98
13,0	37,62			37,23			37,17	37,18	37,06	36,89		36,02	37,02	7	0,49	0,19	1,33	37,62	36,02
14,0	37,64			37,40			37,21	37,25	37,13	37,00		36,08	37,10	7	0,49	0,19	1,33	37,64	36,08
15,0	37,79			37,50			37,33	37,42	37,19	37,07		36,17	37,21	7	0,51	0,19	1,38	37,79	36,17
16,0				37,59			37,43	37,54	37,29	37,13		36,20	37,20	6	0,52	0,21	1,39	37,59	36,20
17,0				37,62			37,48	37,61	37,42	37,20		36,26	37,26	6	0,52	0,21	1,39	37,62	36,26
18,0				37,69				37,68	37,47	37,26		36,28	37,28	5	0,58	0,26	1,56	37,69	36,28
Prom	37,07	35,05	36,69	36,67	31,39	36,31	36,39	36,73	35,16	34,88	32,52	34,46	35,51						
n	16	11	4	19	4	6	18	19	19	19	12	19	166						
DE	0,539	2,415	0,042	0,868	3,729	0,719	0,864	0,718	3,132	3,114	5,276	2,671	2,76						
EE	0,13	0,73	0,02	0,20	1,86	0,29	0,20	0,16	0,72	0,71	1,52	0,61	0,21						
CV	1,45	6,89	0,11	2,37	11,88	1,98	2,37	1,95	8,91	8,93	16,22	7,75	7,76						
Máx	37,79	36,81	36,73	37,69	34,89	37,29	37,48	37,68	37,47	37,26	36,18	36,28	37,79						
Mín	36,12	29,44	36,64	34,88	26,45	35,60	34,99	35,04	26,55	26,40	20,16	24,55	20,16						

Continuación ANEXO E. Valores y estadísticos de salinidad (UPS) determinada a distintas profundidades en la bahía de Cartagena en las épocas transición, seca y lluvia. Prom: promedio; DE: desviación estándar; EE: error estándar, CV: coeficiente de variación; Máx: valor máximo y Mín: valor mínimo.

Época Seca 2007													Prom	n	DE	EE	CV	Máx	Mín
Prof. (m)	B1	B3	B4	B5	B7	B8	B9	B11	B13	B16	B17	B 100							
0,5	34,33	33,07	34,38	34,02	32,74	34,10	34,20	34,03	29,71	26,67	24,64	28,84	31,73	12	3,40	0,98	10,72	34,38	24,64
1,0	34,34	33,07	34,39	34,03	32,80	34,18	34,21	33,95	30,60	29,20	29,21	30,82	32,56	12	2,04	0,59	6,25	34,39	29,20
2,0	34,35	33,07	34,38	34,04	32,85	34,44	34,22	34,06	31,39	31,18	31,12	32,89	33,17	12	1,30	0,38	3,92	34,44	31,12
3,0	34,35	33,07		34,11	32,89	34,57	34,24	34,11	31,59	31,61	31,92	33,43	33,26	11	1,13	0,34	3,40	34,57	31,59
4,0		33,07		34,18		34,60	34,25	34,19	32,14	31,84	32,08	33,46	33,31	9	1,07	0,36	3,22	34,60	31,84
5,0				34,24			34,26	34,25	32,42	32,02	32,22	33,48	33,27	7	1,02	0,39	3,08	34,26	32,02
6,0				34,30			34,26	34,31	32,58	32,21	32,33	33,49	33,35	7	0,97	0,37	2,90	34,31	32,21
7,0				34,32			34,26	34,35	32,70	32,48	32,38	33,50	33,43	7	0,90	0,34	2,70	34,35	32,38
8,0				34,35			34,26	34,38	32,77	32,70		33,50	33,66	6	0,79	0,32	2,34	34,38	32,70
9,0				34,37			34,27	34,39	32,81	32,73		33,50	33,68	6	0,78	0,32	2,31	34,39	32,73
10,0				34,39			34,28	34,39	32,88	32,79		33,51	33,71	6	0,75	0,31	2,23	34,39	32,79
11,0				34,41				34,38	32,93	32,82		33,51	33,61	5	0,76	0,34	2,26	34,41	32,82
12,0				34,41				34,38	32,96	32,85		33,51	33,62	5	0,75	0,34	2,23	34,41	32,85
13,0				34,41				34,38	32,96	32,86		33,51	33,62	5	0,75	0,33	2,22	34,41	32,86
14,0				34,41				34,39	33,00	32,88		33,51	33,64	5	0,74	0,33	2,19	34,41	32,88
15,0				34,42				34,40	33,03	33,01		33,51	33,67	5	0,70	0,31	2,08	34,42	33,01
16,0				34,43				34,40	33,07	33,12		33,52	33,71	5	0,67	0,30	1,98	34,43	33,07
17,0				34,43				34,41	33,13	33,16		33,53	33,73	5	0,65	0,29	1,92	34,43	33,13
18,0				34,44				34,43	33,21	33,20		33,54	33,76	5	0,63	0,28	1,86	34,44	33,20
Prom	34,34	33,07	34,38	34,30	32,82	34,38	34,24	34,29	32,41	32,07	30,74	33,08	33,25						
n	4	5	3	19	4	5	11	19	19	19	8	19	135						
DE	0,009	0,003	0,004	0,15	0,066	0,23	0,025	0,15	0,947	1,615	2,681	1,201	1,50						
EE	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	0,10	0,01	0,03	0,22	0,37	0,95	0,28	0,13						
CV	0,03	0,01	0,01	0,44	0,20	0,67	0,07	0,44	2,92	5,04	8,72	3,63	4,50						
Máx	34,35	33,07	34,39	34,44	32,89	34,60	34,28	34,43	33,21	33,20	32,38	33,54	34,60						
Mín	34,33	33,07	34,38	34,02	32,74	34,10	34,20	33,95	29,71	26,67	24,64	28,84	24,64						

Continuación ANEXO E. Valores y estadísticos de salinidad (UPS) determinada a distintas profundidades en la bahía de Cartagena en las épocas transición, seca y lluvia. Prom: promedio; DE: desviación estándar; EE: error estándar, CV: coeficiente de variación; Máx: valor máximo y Mín: valor mínimo.

Época de Transición 2007													Prom	n	DE	EE	CV	Máx	Mín
Prof. (m)	B1	B3	B4	B5	B7	B8	B9	B11	B13	B16	B17	B100							
0,5	20,89	19,42	19,49	21,38	15,68	17,84	18,45	16,42	18,57	23,52	19,20	24,68	19,63	12	2,65	0,77	13,50	24,68	15,68
1,0	20,91	20,49	21,40	24,22	24,50	19,15	19,82	22,61	19,69	25,44	24,54	30,64	22,78	12	3,29	0,95	14,44	30,64	19,15
2,0	22,46	24,77	25,88	29,41	27,77	27,92	24,73	27,66	25,95	29,42	28,75	31,03	27,15	12	2,44	0,71	9,00	31,03	22,46
3,0	27,56	30,40	30,09	30,60	32,51	30,23	30,68	30,58	30,13	30,57	30,50	31,10	30,41	12	1,10	0,32	3,62	32,51	27,56
4,0	30,46	31,10		31,07		30,67	31,42	31,51	31,07	31,13	31,21	31,16	31,08	10	0,31	0,10	1,00	31,51	30,46
5,0		31,82		31,48			31,76	31,75	31,68	31,63	31,61	31,15	31,61	8	0,21	0,07	0,67	31,82	31,15
6,0		32,07		31,98			32,28	32,14	31,98	32,06	32,01	31,28	31,98	8	0,30	0,11	0,93	32,28	31,28
7,0		32,32		32,38			32,58	32,41	32,25	32,31	32,32	31,61	32,27	8	0,29	0,10	0,88	32,58	31,61
8,0		32,74		32,59			32,84	32,64	32,67	32,57	32,67	32,13	32,61	8	0,21	0,08	0,65	32,84	32,13
9,0		32,94		32,79			33,20	32,91	32,86	32,89	32,89	32,31	32,85	8	0,25	0,09	0,75	33,20	32,31
10,0				33,12			33,35	33,06	33,18	33,13	33,20	32,41	33,06	7	0,30	0,11	0,91	33,35	32,41
11,0				33,32			33,61	33,26	33,41	33,32	33,33	32,55	33,26	7	0,33	0,13	1,00	33,61	32,55
12,0				33,47				33,35	33,48	33,48	33,46	32,82	33,34	6	0,26	0,11	0,79	33,48	32,82
13,0				33,65				33,47	33,60	33,69	33,70	33,05	33,53	6	0,25	0,10	0,75	33,70	33,05
14,0				33,84				33,64	33,70	33,81	33,79	33,45	33,70	6	0,15	0,06	0,44	33,84	33,45
15,0				34,00				33,76	33,72	33,91		33,80	33,84	5	0,11	0,05	0,34	34,00	33,72
16,0				34,11				33,86	33,81	34,02		33,97	33,95	5	0,12	0,05	0,36	34,11	33,81
17,0				34,20				33,96	34,00	34,11		34,19	34,09	5	0,11	0,05	0,32	34,20	33,96
18,0				34,25				34,11		34,20		34,25	34,20	4	0,07	0,03	0,20	34,25	34,11
Prom	24,46	28,81	24,21	31,68	25,11	25,16	29,56	31,22	30,87	31,85	30,88	31,98	30,30						
n	5	10	4	19	4	5	12	19	18	19	15	19	149						
DE	4,328	5,228	4,745	3,431	7,097	6,194	5,414	4,510	4,682	2,923	4,026	2,116	4,63						
EE	1,94	1,65	2,37	0,79	3,55	2,77	1,56	1,03	1,10	0,67	1,04	0,49	0,38						
CV	17,69	18,15	19,60	10,83	28,26	24,62	18,32	14,45	15,17	9,18	13,04	6,62	15,29						
Máx	30,46	32,94	30,09	34,25	32,51	30,67	33,61	34,11	34,00	34,20	33,79	34,25	34,25						
Mín	20,89	19,42	19,49	21,38	15,68	17,84	18,45	16,42	18,57	23,52	19,20	24,68	15,68						

ANEXO G. Valores y estadígrafos de pH (unidades de pH) determinado a distintas profundidades en la bahía de Cartagena en las épocas transición, seca y lluvia. Prom: promedio; DE: desviación estándar; EE: error estándar, CV: coeficiente de variación; Máx: valor máximo y Mín: valor mínimo.

Época de Lluvia 2006													Prom	n	DE	EE	CV	Máx	Mín
Prof. (m)	B1	B3	B4	B5	B7	B8	B9	B11	B13	B16	B17	B 100							
0,5	7,75	7,92	7,68	7,84	7,94	7,72	7,74	7,81	7,85	7,91	7,63	7,91	7,81	12	0,10	0,03	1,32	7,94	7,63
1,0	7,76	7,89	7,69	7,83	7,90	7,86	7,76	7,80	7,93	7,86	7,84	7,88	7,83	12	0,07	0,02	0,89	7,93	7,69
2,0	7,74	7,76	7,69	7,82	7,86	7,86	7,76	7,78	7,87	7,82	7,87	7,89	7,81	12	0,06	0,02	0,81	7,89	7,69
3,0	7,72	7,71	7,69	7,79	7,82	7,86	7,76	7,77	7,81	7,79	7,82	7,89	7,79	12	0,06	0,02	0,77	7,89	7,69
4,0	7,71	7,69		7,80		7,86	7,74	7,77	7,78	7,79	7,80	7,88	7,78	10	0,06	0,02	0,76	7,88	7,69
5,0	7,70	7,69		7,80		7,85	7,75	7,76	7,78	7,79	7,80	7,88	7,78	10	0,06	0,02	0,77	7,88	7,69
6,0	7,71	7,69		7,80			7,76	7,76	7,78	7,79	7,81	7,88	7,77	9	0,05	0,02	0,70	7,88	7,69
7,0	7,71	7,68		7,82			7,77	7,77	7,78	7,80	7,81	7,87	7,78	9	0,06	0,02	0,74	7,87	7,68
8,0	7,71	7,67		7,81			7,74	7,76	7,79	7,81	7,82	7,87	7,77	9	0,06	0,02	0,78	7,87	7,67
9,0	7,71	7,67		7,77			7,75	7,75	7,78	7,81	7,82	7,87	7,77	9	0,06	0,02	0,77	7,87	7,67
10,0	7,71	7,67		7,75			7,74	7,73	7,78	7,80	7,81	7,86	7,76	9	0,06	0,02	0,73	7,86	7,67
11,0	7,69			7,74			7,72	7,71	7,79	7,78	7,81	7,86	7,76	8	0,06	0,02	0,73	7,86	7,69
12,0	7,68			7,73			7,71	7,73	7,78	7,77		7,87	7,75	7	0,06	0,02	0,78	7,87	7,68
13,0	7,68			7,76			7,72	7,73	7,77	7,79		7,87	7,76	7	0,06	0,02	0,79	7,87	7,68
14,0	7,67			7,74			7,72	7,74	7,74	7,78		7,87	7,75	7	0,06	0,02	0,79	7,87	7,67
15,0	7,61			7,69			7,65	7,74	7,73	7,75		7,87	7,72	7	0,08	0,03	1,08	7,87	7,61
16,0				7,68			7,59	7,70	7,70	7,74		7,86	7,71	6	0,09	0,04	1,15	7,86	7,59
17,0				7,67			7,58	7,68	7,70	7,68		7,86	7,69	6	0,09	0,04	1,20	7,86	7,58
18,0				7,64				7,65	7,69	7,61		7,87	7,69	5	0,10	0,05	1,33	7,87	7,61
Prom	7,70	7,73	7,69	7,76	7,88	7,83	7,72	7,74	7,78	7,78	7,80	7,87	7,77						
n	16	11	4	19	4	6	18	19	19	19	12	19	166						
DE	0,035	0,088	0,004	0,059	0,05	0,057	0,056	0,04	0,058	0,062	0,059	0,012	0,07						
EE	0,01	0,03	0,00	0,01	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,00	0,01						
CV	0,45	1,14	0,06	0,76	0,64	0,73	0,73	0,52	0,75	0,79	0,75	0,15	0,95						
Máx	7,76	7,92	7,69	7,84	7,94	7,86	7,77	7,81	7,93	7,91	7,87	7,91	7,94						
Mín	7,61	7,67	7,68	7,64	7,82	7,72	7,58	7,65	7,69	7,61	7,63	7,86	7,58						

Continuación ANEXO G. Valores y estadígrafos de pH (unidades de pH) determinado a distintas profundidades en la bahía de Cartagena en las épocas transición, seca y lluvia. Prom: promedio; DE: desviación estándar; EE: error estándar, CV: coeficiente de variación; Máx: valor máximo y Mín: valor mínimo.

Época Seca 2007														Prom	n	DE	EE	CV	Máx	Mín	
Prof. (m)	B1	B3	B4	B5	B7	B8	B9	B11	B13	B16	B17	B 100									
0,5	8,17	7,98	8,15	8,30	8,18	8,33	8,21	8,29	8,29	8,33	8,17	8,29		8,22	12	0,10	0,03	1,24	8,33	7,98	
1,0	8,16	7,99	8,17	8,31	8,14	8,34	8,22	8,31	8,28	8,31	8,28	8,23		8,23	12	0,10	0,03	1,22	8,34	7,99	
2,0	8,15	8,00	8,15	8,30	8,12	8,33	8,22	8,27	8,24	8,27	8,21	8,20		8,20	12	0,09	0,03	1,11	8,33	8,00	
3,0	8,14	8,00		8,28	8,10	8,34	8,21	8,26	8,21	8,23	8,18	8,19		8,19	11	0,09	0,03	1,13	8,34	8,00	
4,0		8,00		8,26		8,33	8,21	8,22	8,14	8,21	8,16	8,19		8,19	9	0,09	0,03	1,11	8,33	8,00	
5,0				8,23			8,20	8,22	8,11	8,19	8,15	8,19		8,18	7	0,04	0,02	0,49	8,23	8,11	
6,0				8,20			8,21	8,21	8,10	8,15	8,15	8,18		8,17	7	0,04	0,02	0,50	8,21	8,10	
7,0				8,19			8,20	8,20	8,09	8,12	8,13	8,19		8,16	7	0,04	0,02	0,55	8,20	8,09	
8,0				8,17			8,19	8,21	8,07	8,10		8,19		8,15	6	0,06	0,02	0,71	8,21	8,07	
9,0				8,17			8,20	8,20	8,06	8,09		8,20		8,15	6	0,06	0,03	0,78	8,20	8,06	
10,0				8,15			8,20	8,19	8,04	8,08		8,18		8,14	6	0,07	0,03	0,80	8,20	8,04	
11,0				8,15				8,18	8,01	8,08		8,18		8,12	5	0,07	0,03	0,89	8,18	8,01	
12,0				8,13				8,18	8,03	8,08		8,14		8,11	5	0,06	0,03	0,72	8,18	8,03	
13,0				8,13				8,15	8,01	8,06		8,18		8,10	5	0,07	0,03	0,85	8,18	8,01	
14,0				8,13				8,14	8,02	8,06		8,16		8,10	5	0,06	0,03	0,78	8,16	8,02	
15,0				8,12				8,15	8,00	8,05		8,17		8,10	5	0,07	0,03	0,86	8,17	8,00	
16,0				8,13				8,13	8,00	8,05		8,17		8,10	5	0,07	0,03	0,89	8,17	8,00	
17,0				8,12				8,15	7,99	8,04		8,13		8,09	5	0,07	0,03	0,85	8,15	7,99	
18,0				8,13				8,16	8,01	8,04		8,16		8,10	5	0,07	0,03	0,87	8,16	8,01	
Prom	8,15	7,99	8,16	8,19	8,13	8,33	8,21	8,20	8,09	8,13	8,18	8,19		8,16							
n	4	5	3	19	4	5	11	19	19	19	8	19		135							
DE	0,013	0,008	0,009	0,069	0,034	0,005	0,009	0,05	0,099	0,096	0,046	0,034		0,09							
EE	0,01	0,00	0,01	0,02	0,02	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01		0,01							
CV	0,16	0,10	0,11	0,85	0,42	0,06	0,12	0,61	1,22	1,18	0,57	0,41		1,06							
Máx	8,17	8,00	8,17	8,31	8,18	8,34	8,22	8,31	8,29	8,33	8,28	8,29		8,34							
Mín	8,14	7,98	8,15	8,12	8,10	8,33	8,19	8,13	7,99	8,04	8,13	8,13		7,98							

Continuación ANEXO G. Valores y estadígrafos de pH (unidades de pH) determinado a distintas profundidades en la bahía de Cartagena en las épocas transición, seca y lluvia. Prom: promedio; DE: desviación estándar; EE: error estándar, CV: coeficiente de variación; Máx: valor máximo y Mín: valor mínimo.

Época de Transición 2007													Prom	n	DE	EE	CV	Máx	Mín
Prof. (m)	B1	B3	B4	B5	B7	B8	B9	B11	B13	B16	B17	B100							
0,5	8,35	8,16	8,38	8,29	8,31	8,38	8,27	8,27	8,17	8,16	8,09	8,34	8,26	12	0,10	0,03	1,18	8,38	8,09
1,0	8,34	8,14	8,27	8,22	8,15	8,37	8,24	8,19	8,17	8,18	8,13	8,31	8,23	12	0,08	0,02	1,00	8,37	8,13
2,0	8,34	8,08	8,11	8,13	8,17	8,31	8,12	8,11	8,14	8,19	8,17	8,30	8,18	12	0,09	0,03	1,08	8,34	8,08
3,0	8,08	8,02	7,98	8,14	8,15	8,32	8,06	8,17	8,16	8,18	8,19	8,30	8,15	12	0,10	0,03	1,25	8,32	7,98
4,0	7,99	8,02		8,16		8,31	8,08	8,17	8,18	8,19	8,20	8,30	8,16	10	0,11	0,03	1,30	8,31	7,99
5,0		8,03		8,13			8,09	8,15	8,17	8,19	8,20	8,29	8,16	8	0,08	0,03	0,96	8,29	8,03
6,0		8,03		8,10			8,08	8,13	8,15	8,16	8,20	8,29	8,14	8	0,08	0,03	0,97	8,29	8,03
7,0		8,01		8,08			8,07	8,11	8,14	8,14	8,19	8,28	8,13	8	0,08	0,03	1,02	8,28	8,01
8,0		7,99		8,07			8,05	8,10	8,11	8,14	8,18	8,27	8,11	8	0,09	0,03	1,05	8,27	7,99
9,0		7,98		8,06			8,02	8,08	8,10	8,14	8,18	8,27	8,10	8	0,09	0,03	1,11	8,27	7,98
10,0				8,03			8,02	8,07	8,09	8,10	8,14	8,26	8,10	7	0,08	0,03	1,01	8,26	8,02
11,0				8,01			7,99	8,06	8,02	8,10	8,12	8,25	8,08	7	0,09	0,03	1,08	8,25	7,99
12,0				7,99				8,04	8,03	8,09	8,12	8,24	8,08	6	0,09	0,04	1,10	8,24	7,99
13,0				7,99				8,03	8,05	8,08	8,12	8,24	8,08	6	0,09	0,04	1,09	8,24	7,99
14,0				7,98				8,02	8,07	8,07	8,10	8,23	8,08	6	0,09	0,04	1,08	8,23	7,98
15,0				7,93				7,99	8,06	8,04		8,21	8,04	5	0,11	0,05	1,33	8,21	7,93
16,0				7,93				8,00	8,05	8,03		8,22	8,05	5	0,11	0,05	1,36	8,22	7,93
17,0				7,91				7,99	8,01	8,00		8,20	8,02	5	0,10	0,05	1,30	8,20	7,91
18,0				7,86				7,91		7,96		8,20	7,98	4	0,15	0,08	1,90	8,20	7,86
Prom	8,22	8,05	8,19	8,05	8,20	8,34	8,09	8,08	8,10	8,11	8,15	8,26	8,13						
n	5	10	4	19	4	5	12	19	18	19	15	19	149						
DE	0,174	0,059	0,175	0,11	0,076	0,032	0,085	0,086	0,058	0,07	0,041	0,041	0,11						
EE	0,08	0,02	0,09	0,03	0,04	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01						
CV	2,12	0,73	2,14	1,37	0,93	0,38	1,05	1,06	0,71	0,87	0,50	0,49	1,35						
Máx	8,35	8,16	8,38	8,29	8,31	8,38	8,27	8,27	8,18	8,19	8,20	8,34	8,38						
Mín	7,99	7,98	7,98	7,86	8,15	8,31	7,99	7,91	8,01	7,96	8,09	8,20	7,86						

ANEXO F. Valores y estadísticos de conductividad (mS/cm) determinada a distintas profundidades en la bahía de Cartagena en las épocas transición, seca y lluvia. Prom: promedio; DE: desviación estándar; EE: error estándar, CV: coeficiente de variación; Máx: valor máximo y Mín: valor mínimo.

Época de Lluvia 2006														Prom	n	DE	EE	CV	Máx	Mín
Prof. (m)	B1	B3	B4	B5	B7	B8	B9	B11	B13	B16	B17	B 100								
0,5	59,55	50,33	60,14	57,49	45,42	57,98	57,06	57,29	45,12	45,27	34,96	41,61	51,02	12	8,36	2,41	16,38	60,14	34,96	
1,0	59,59	52,96	60,17	57,74	51,82	58,04	57,31	58,14	48,07	48,12	42,01	52,59	53,88	12	5,63	1,63	10,45	60,17	42,01	
2,0	59,78	57,69	60,20	58,17	55,96	58,25	57,79	58,81	52,26	52,26	48,72	55,61	56,29	12	3,51	1,01	6,24	60,20	48,72	
3,0	60,21	59,09	60,21	59,06	57,96	59,62	57,96	59,08	56,14	55,87	55,08	55,77	58,00	12	1,84	0,53	3,18	60,21	55,08	
4,0	60,53	59,31		59,50		59,59	58,13	59,19	58,03	57,16	57,57	55,81	58,48	10	1,40	0,44	2,40	60,53	55,81	
5,0	60,62	59,42		59,71		60,31	58,70	59,27	58,71	57,85	57,93	56,20	58,87	10	1,31	0,41	2,22	60,62	56,20	
6,0	60,69	59,63		59,83			59,19	59,72	59,08	58,28	58,23	56,29	58,99	9	1,27	0,42	2,15	60,69	56,29	
7,0	60,83	59,86		59,79			59,58	60,04	59,23	58,45	58,46	56,43	59,19	9	1,28	0,43	2,16	60,83	56,43	
8,0	60,87	60,17		59,95			59,95	60,15	59,58	58,85	58,78	56,58	59,43	9	1,25	0,42	2,11	60,87	56,58	
9,0	61,01	60,28		60,38			60,08	60,35	59,72	59,23	58,90	56,63	59,62	9	1,29	0,43	2,17	61,01	56,63	
10,0	61,13	60,38		60,54			60,18	60,55	59,79	59,49	59,14	57,01	59,80	9	1,21	0,40	2,02	61,13	57,01	
11,0	61,21			60,67			60,35	60,69	60,08	59,87	59,37	58,23	60,06	8	0,93	0,33	1,55	61,21	58,23	
12,0	61,29			60,72			60,53	60,73	60,28	60,08		58,41	60,29	7	0,91	0,35	1,52	61,29	58,41	
13,0	61,31			60,81			60,62	60,77	60,52	60,23		58,45	60,39	7	0,92	0,35	1,52	61,31	58,45	
14,0	61,33			61,00			60,67	60,84	60,59	60,32		58,55	60,47	7	0,91	0,34	1,50	61,33	58,55	
15,0	61,43			61,11			60,77	60,99	60,67	60,39		58,75	60,59	7	0,87	0,33	1,44	61,43	58,75	
16,0				61,19			60,82	61,10	60,76	60,44		58,78	60,52	6	0,89	0,36	1,47	61,19	58,78	
17,0				61,22			60,83	61,17	60,87	60,49		58,90	60,58	6	0,86	0,35	1,43	61,22	58,90	
18,0				61,27				61,23	60,92	60,51		58,95	60,57	5	0,96	0,43	1,58	61,27	58,95	
Prom	60,71	58,10	60,18	60,01	52,79	58,96	59,47	60,01	57,92	57,53	54,10	56,29	58,31							
n	16	11	4	19	4	6	18	19	19	19	12	19	166							
DE	0,629	3,328	0,033	1,176	5,541	0,997	1,312	1,11	4,514	4,353	7,995	3,909	4,00							
EE	0,16	1,00	0,02	0,27	2,77	0,41	0,31	0,25	1,04	1,00	2,31	0,90	0,31							
CV	1,04	5,73	0,06	1,96	10,50	1,69	2,21	1,85	7,79	7,57	14,78	6,94	6,87							
Máx	61,43	60,38	60,21	61,27	57,96	60,31	60,83	61,23	60,92	60,51	59,37	58,95	61,43							
Mín	59,55	50,33	60,14	57,49	45,42	57,98	57,06	57,29	45,12	45,27	34,96	41,61	34,96							

Continuación ANEXO F. Valores y estadísticos de conductividad (mS/cm) determinada a distintas profundidades en la bahía de Cartagena en las épocas transición, seca y lluvia. Prom: promedio; DE: desviación estándar; EE: error estándar, CV: coeficiente de variación; Máx: valor máximo y Mín: valor mínimo.

Época Seca 2007													Prom	n	DE	EE	CV	Máx	Mín
Prof. (m)	B1	B3	B4	B5	B7	B8	B9	B11	B13	B16	B17	B 100							
0,5	55,22	53,75	55,23	54,72	53,36	54,71	54,84	54,65	49,54	44,99	41,84	47,46	51,69	12	4,61	1,33	8,91	55,23	41,84
1,0	55,17	53,76	55,12	54,63	53,26	54,75	54,83	54,51	50,66	48,59	48,83	50,13	52,85	12	2,55	0,74	4,82	55,17	48,59
2,0	55,04	53,73	54,92	54,58	53,22	54,79	54,82	54,71	51,45	51,18	51,06	52,33	53,49	12	1,58	0,46	2,95	55,04	51,06
3,0	54,98	53,68		54,66	53,23	54,72	54,81	54,76	51,61	51,62	51,89	52,81	53,52	11	1,36	0,41	2,55	54,98	51,61
4,0		53,56		54,76		54,70	54,79	54,79	52,15	51,83	52,09	52,76	53,49	9	1,30	0,43	2,43	54,79	51,83
5,0				54,80			54,77	54,87	52,42	51,98	52,21	52,74	53,40	7	1,34	0,51	2,52	54,87	51,98
6,0				54,82			54,76	54,96	52,56	52,19	52,30	52,72	53,47	7	1,30	0,49	2,43	54,96	52,19
7,0				54,83			54,75	54,97	52,68	52,47	52,37	52,71	53,54	7	1,23	0,47	2,30	54,97	52,37
8,0				54,84			54,75	54,98	52,74	52,67		52,70	53,78	6	1,18	0,48	2,19	54,98	52,67
9,0				54,87			54,75	54,98	52,79	52,70		52,70	53,80	6	1,17	0,48	2,18	54,98	52,70
10,0				54,88			54,75	54,98	52,86	52,75		52,69	53,82	6	1,16	0,47	2,15	54,98	52,69
11,0				54,88				54,95	52,91	52,78		52,70	53,64	5	1,17	0,52	2,17	54,95	52,70
12,0				54,88				54,94	52,92	52,80		52,70	53,65	5	1,15	0,52	2,15	54,94	52,70
13,0				54,86				54,91	52,93	52,82		52,69	53,64	5	1,14	0,51	2,12	54,91	52,69
14,0				54,85				54,87	52,97	52,83		52,69	53,64	5	1,12	0,50	2,08	54,87	52,69
15,0				54,84				54,86	53,00	52,98		52,67	53,67	5	1,09	0,49	2,03	54,86	52,67
16,0				54,84				54,85	53,02	53,06		52,66	53,69	5	1,07	0,48	1,99	54,85	52,66
17,0				54,83				54,85	53,07	53,09		52,65	53,70	5	1,06	0,47	1,97	54,85	52,65
18,0				54,83				54,85	53,12	53,12		52,61	53,70	5	1,05	0,47	1,96	54,85	52,61
Prom	55,10	53,69	55,09	54,80	53,27	54,73	54,78	54,85	52,39	51,92	50,32	52,27	53,37						
n	4	5	3	19	4	5	11	19	19	19	8	19	135						
DE	0,112	0,082	0,157	0,089	0,062	0,037	0,036	0,126	0,949	1,978	3,623	1,307	1,93						
EE	0,06	0,04	0,09	0,02	0,03	0,02	0,01	0,03	0,22	0,45	1,28	0,30	0,17						
CV	0,20	0,15	0,29	0,16	0,12	0,07	0,07	0,23	1,81	3,81	7,20	2,50	3,62						
Máx	55,22	53,76	55,23	54,88	53,36	54,79	54,84	54,98	53,12	53,12	52,37	52,81	55,23						
Mín	54,98	53,56	54,92	54,58	53,22	54,70	54,75	54,51	49,54	44,99	41,84	47,46	41,84						

Continuación ANEXO F. Valores y estadísticos de conductividad (mS/cm) determinada a distintas profundidades en la bahía de Cartagena en las épocas transición, seca y lluvia. Prom: promedio; DE: desviación estándar; EE: error estándar, CV: coeficiente de variación; Máx: valor máximo y Mín: valor mínimo.

Época de Transición 2007														Prom	n	DE	EE	CV	Máx	Mín
Prof. (m)	B1	B3	B4	B5	B7	B8	B9	B11	B13	B16	B17	B100								
0,5	36,18	33,63	33,99	37,21	27,44	31,54	32,86	29,48	32,67	40,86	34,01	41,79	34,30	12	4,20	1,21	12,26	41,79	27,44	
1,0	36,22	35,47	37,34	41,77	42,22	33,68	35,25	39,67	34,09	43,98	42,65	51,47	39,48	12	5,21	1,50	13,20	51,47	33,68	
2,0	38,72	42,29	44,36	49,93	47,38	47,55	42,86	47,46	43,92	50,24	49,28	52,05	46,34	12	3,92	1,13	8,47	52,05	38,72	
3,0	46,90	51,43	50,61	51,79	53,15	51,16	52,97	51,80	51,34	51,98	51,89	52,12	51,43	12	1,59	0,46	3,09	53,15	46,90	
4,0	51,42	52,43		52,55		51,80	53,03	53,22	52,78	52,76	52,91	52,21	52,51	10	0,56	0,18	1,07	53,22	51,42	
5,0		53,45		53,18			53,50	53,60	53,64	53,43	53,43	52,19	53,30	8	0,47	0,17	0,88	53,64	52,19	
6,0		53,77		53,85			54,17	54,19	54,01	54,05	53,87	52,39	53,79	8	0,58	0,21	1,09	54,19	52,39	
7,0		54,03		54,33			54,49	54,48	54,32	54,40	54,34	52,90	54,16	8	0,53	0,19	0,97	54,49	52,90	
8,0		54,43		54,53			54,73	54,66	54,77	54,68	54,82	53,66	54,53	8	0,37	0,13	0,69	54,82	53,66	
9,0		54,57		54,67			55,01	54,90	54,94	54,98	55,06	53,92	54,76	8	0,38	0,13	0,69	55,06	53,92	
10,0				54,94			55,15	55,03	55,21	55,20	55,31	54,05	54,98	7	0,43	0,16	0,78	55,31	54,05	
11,0				55,08			55,32	55,18	55,35	55,36	55,41	54,23	55,13	7	0,41	0,16	0,75	55,41	54,23	
12,0				55,19				55,21	55,41	55,46	55,51	54,55	55,22	6	0,35	0,14	0,64	55,51	54,55	
13,0				55,34				55,28	55,50	55,60	55,59	54,81	55,35	6	0,30	0,12	0,53	55,60	54,81	
14,0				55,46				55,40	55,55	55,66	55,68	55,24	55,50	6	0,17	0,07	0,30	55,68	55,24	
15,0				55,52				55,47	55,56	55,66		55,54	55,55	5	0,07	0,03	0,13	55,66	55,47	
16,0				55,54				55,51	55,56	55,65		55,60	55,57	5	0,05	0,02	0,10	55,65	55,51	
17,0				55,54				55,55	55,62	55,67		55,66	55,61	5	0,06	0,03	0,11	55,67	55,54	
18,0				55,51				55,55		55,66		55,66	55,59	4	0,08	0,04	0,14	55,66	55,51	
Prom	41,89	48,55	41,57	52,73	42,55	43,15	49,94	52,19	51,68	53,22	51,98	53,16	50,81							
n	5	10	4	19	4	5	12	19	18	19	15	19	149							
DE	6,905	8,223	7,415	4,96	11,02	9,783	8,16	6,713	7,21	4,118	6,029	3,099	7,02							
EE	3,09	2,60	3,71	1,14	5,51	4,38	2,36	1,54	1,70	0,94	1,56	0,71	0,57							
CV	16,48	16,94	17,84	9,41	25,90	22,67	16,34	12,86	13,95	7,74	11,60	5,83	13,81							
Máx	51,42	54,57	50,61	55,54	53,15	51,80	55,32	55,55	55,62	55,67	55,68	55,66	55,68							
Mín	36,18	33,63	33,99	37,21	27,44	31,54	32,86	29,48	32,67	40,86	34,01	41,79	27,44							

ANEXO H. Valores y estadígrafos de oxígeno disuelto (mg/l) determinado a distintas profundidades en la bahía de Cartagena en las épocas transición, seca y lluvia. Prom: promedio; DE: desviación estándar; EE: error estándar, CV: coeficiente de variación; Máx: valor máximo y Mín: valor mínimo. ND: no determinado.

Época de Lluvia 2006																			
Prof. (m)	B1	B3	B4	B5	B7	B8	B9	B11	B13	B16	B17	B100	Prom	n	DE	EE	CV	Máx	Mín
0,5	5,00	8,42	5,43	4,75	ND	6,43	4,24	7,44	7,92	5,07	5,69	5,48	5,99	11	1,38	0,42	23,02	8,42	4,24
1,0	3,37	8,55	4,05	4,34	ND	6,42	3,10	6,71	7,66	5,18	5,36	5,10	5,44	11	1,74	0,53	32,01	8,55	3,10
2,0	3,30	8,88	3,96	4,22	ND	6,69	2,45	6,63	7,54	5,06	5,07	5,13	5,36	11	1,92	0,58	35,75	8,88	2,45
3,0	3,26	9,19	3,91	4,18	ND	6,96	2,20	6,75	7,71	5,13	4,99	5,24	5,41	11	2,07	0,62	38,20	9,19	2,20
4,0	3,23	9,36		4,13	ND	7,32	1,99	6,88	8,00	5,16	5,06	5,22	5,63	10	2,26	0,71	40,11	9,36	1,99
5,0	3,16	9,95		4,04	ND	7,42	1,69	6,85	8,37	5,16	5,06	5,18	5,69	10	2,49	0,79	43,77	9,95	1,69
6,0	3,13	10,37		4,01	ND		1,41	6,57	8,70	5,10	5,20	5,16	5,51	9	2,74	0,91	49,67	10,37	1,41
7,0	2,62	10,72		3,97	ND		1,21	6,24	8,93	5,15	5,17	5,21	5,47	9	2,93	0,98	53,67	10,72	1,21
8,0	2,63	11,43		3,92	ND		1,09	5,99	9,24	5,17	5,15	5,14	5,53	9	3,16	1,05	57,15	11,43	1,09
9,0	2,66	11,64		3,89	ND		0,98	5,90	9,60	5,19	5,10	5,28	5,58	9	3,28	1,09	58,73	11,64	0,98
10,0	2,71	11,82		3,80	ND		0,93	5,79	9,95			5,22	5,74	7	3,89	1,47	67,78	11,82	0,93
11,0	2,69			3,78	ND		0,93	5,61					3,25	4	1,96	0,98	60,40	5,61	0,93
12,0	2,69			3,71	ND		0,93	5,48					3,20	4	1,91	0,95	59,54	5,48	0,93
13,0	2,70			3,66	ND		0,92	5,44					3,18	4	1,88	0,94	59,23	5,44	0,92
14,0	2,73			3,65	ND		0,92	5,42					3,18	4	1,87	0,94	58,97	5,42	0,92
15,0	2,77			3,64	ND		0,92	5,44					3,19	4	1,88	0,94	58,94	5,44	0,92
16,0				3,67	ND		0,89	5,36					3,31	3	2,26	1,30	68,30	5,36	0,89
17,0				3,72	ND		0,87	5,33					3,31	3	2,26	1,30	68,33	5,33	0,87
18,0				3,73	ND			5,39					4,56	2	1,17	0,83	25,66	5,39	3,73
Prom	3,04	10,03	4,34	3,94	ND	6,87	1,54	6,06	8,51	5,14	5,19	5,21	5,11						
n	16	11	4	19	ND	6	18	19	11	10	10	11	135						
DE	0,593	1,248	0,732	0,29	ND	0,432	0,94	0,667	0,833	0,046	0,205	0,102	2,46						
EE	0,15	0,38	0,37	0,07	ND	0,18	0,22	0,15	0,25	0,01	0,06	0,03	0,21						
CV	19,50	12,45	16,88	7,38	ND	6,29	61,17	11,00	9,79	0,89	3,95	1,95	48,20						
Máx	5,00	11,82	5,43	4,75	ND	7,42	4,24	7,44	9,95	5,19	5,69	5,48	11,82						
Mín	2,62	8,42	3,91	3,64	ND	6,42	0,87	5,33	7,54	5,06	4,99	5,10	0,87						

Continuación ANEXO H. Valores y estadígrafos de oxígeno disuelto (mg/l) determinado a distintas profundidades en la bahía de Cartagena en las épocas transición, seca y lluvia. Prom: promedio; DE: desviación estándar; EE: error estándar, CV: coeficiente de variación; Máx: valor máximo y Mín: valor mínimo. ND: no determinado.

Época Seca 2007																			
Prof. (m)	B1	B3	B4	B5	B7	B8	B9	B11	B13	B16	B17	B 100	Prom	n	DE	EE	CV	Máx	Mín
0,5	5,07	3,80	5,55	6,95	3,78	6,14	3,78	5,51	3,98	3,52	4,22	4,82	4,76	12	1,10	0,32	23,04	6,95	3,52
1,0	4,75	3,12	5,15	6,87	3,29	6,45	3,33	5,35	3,50	3,18	3,85	4,75	4,46	12	1,30	0,38	29,10	6,87	3,12
2,0	4,88	3,11	5,31	6,97	3,26	6,67	3,25	5,42	3,51	3,25	3,88	4,78	4,52	12	1,36	0,39	30,14	6,97	3,11
3,0	5,01	3,10		7,12	3,21	6,85	3,14	5,56	3,50	3,33	3,86	4,73	4,49	11	1,49	0,45	33,09	7,12	3,10
4,0		3,08		7,25		6,89	3,09	5,38	3,45	3,38	3,74	4,78	4,56	9	1,62	0,54	35,53	7,25	3,08
5,0				7,43			3,11	5,06	3,40	3,37	3,66	4,79	4,40	7	1,53	0,58	34,75	7,43	3,11
6,0				7,49			3,13	5,02	3,37	3,30	3,66	4,93	4,41	7	1,56	0,59	35,39	7,49	3,13
7,0				7,28			3,15	4,95	3,38	3,27	3,65	5,14	4,40	7	1,51	0,57	34,18	7,28	3,15
8,0				6,97			3,18	4,84	3,38	3,29		5,19	4,48	6	1,49	0,61	33,34	6,97	3,18
9,0				6,77			3,19	4,71	3,38	3,31		5,21	4,43	6	1,42	0,58	32,05	6,77	3,19
10,0				6,42			3,18	4,61	3,37	3,33		5,21	4,35	6	1,30	0,53	29,85	6,42	3,18
11,0				5,95				4,54	3,36	3,38		5,20	4,48	5	1,13	0,51	25,30	5,95	3,36
12,0				5,41				4,40	3,35	3,40		5,18	4,35	5	0,96	0,43	22,16	5,41	3,35
13,0				5,00				4,25	3,35	3,40		5,15	4,23	5	0,85	0,38	20,13	5,15	3,35
14,0				4,65				4,13	3,36	3,40		5,13	4,13	5	0,77	0,34	18,67	5,13	3,36
15,0				4,46				4,09	3,38	3,42		5,11	4,09	5	0,73	0,33	17,84	5,11	3,38
16,0				4,34				3,94	3,40	3,45		5,10	4,05	5	0,70	0,31	17,40	5,10	3,40
17,0				4,24				3,79	3,41	3,50		5,10	4,01	5	0,69	0,31	17,19	5,10	3,41
18,0				4,15				3,71	3,44	3,55		5,09	3,99	5	0,67	0,30	16,82	5,09	3,44
Prom	4,93	3,24	5,34	6,09	3,39	6,60	3,23	4,70	3,43	3,37	3,82	5,02	4,40						
n	4	5	3	19	4	5	11	19	19	19	8	19	135						
DE	0,144	0,314	0,2	1,241	0,267	0,311	0,194	0,602	0,142	0,095	0,19	0,183	1,21						
EE	0,07	0,14	0,12	0,28	0,13	0,14	0,06	0,14	0,03	0,02	0,07	0,04	0,10						
CV	2,92	9,67	3,75	20,38	7,87	4,71	5,99	12,82	4,15	2,83	4,98	3,65	27,39						
Máx	5,07	3,80	5,55	7,49	3,78	6,89	3,78	5,56	3,98	3,55	4,22	5,21	7,49						
Mín	4,75	3,08	5,15	4,15	3,21	6,14	3,09	3,71	3,35	3,18	3,65	4,73	3,08						

Continuación ANEXO H. Valores y estadígrafos de oxígeno disuelto (mg/l) determinado a distintas profundidades en la bahía de Cartagena en las épocas transición, seca y lluvia. Prom: promedio; DE: desviación estándar; EE: error estándar, CV: coeficiente de variación; Máx: valor máximo y Mín: valor mínimo. ND: no determinado.

Época de Transición 2007													Prom	n	DE	EE	CV	Máx	Mín
Prof. (m)	B1	B3	B4	B5	B7	B8	B9	B11	B13	B16	B17	B100							
0,5	4,57	4,63	3,56	4,20	5,58	3,88	4,00	4,23	4,60	5,44	6,50	5,55	4,73	12	0,87	0,25	18,32	6,50	3,56
1,0	3,80	3,98	3,08	3,66	4,17	3,64	3,70	3,79	4,28	5,00	5,92	5,58	4,22	12	0,85	0,25	20,22	5,92	3,08
2,0	3,56	3,43	2,79	3,18	3,84	3,18	3,35	3,51	3,79	4,40	5,46	5,68	3,85	12	0,90	0,26	23,39	5,68	2,79
3,0	3,03	2,93	2,61	2,96	3,43	2,97	3,07	3,32	3,57	4,02	5,43	5,73	3,59	12	1,00	0,29	27,91	5,73	2,61
4,0	2,75	2,86		2,83		2,73	2,93	3,15	3,47	3,90	5,21	5,72	3,55	10	1,08	0,34	30,30	5,72	2,73
5,0		2,84		2,71			2,80	3,03	3,36	3,80	4,95	5,77	3,66	8	1,13	0,40	30,92	5,77	2,71
6,0		2,89		2,64			2,72	2,94	3,32	3,71	4,79	5,74	3,59	8	1,12	0,39	31,08	5,74	2,64
7,0		2,91		2,58			2,67	2,89	3,29	3,60	4,67	5,72	3,54	8	1,11	0,39	31,30	5,72	2,58
8,0		3,01		2,54			2,66	2,81	3,23	3,62	4,57	5,78	3,53	8	1,12	0,40	31,74	5,78	2,54
9,0		3,10		2,53			2,66	2,65	3,19	3,64	4,49	5,89	3,52	8	1,16	0,41	32,84	5,89	2,53
10,0				2,51			2,60	2,53	3,20	3,66	4,51	5,97	3,57	7	1,29	0,49	36,08	5,97	2,51
11,0				2,45			2,51	2,44	3,18	3,72	4,67	6,03	3,57	7	1,36	0,51	38,04	6,03	2,44
12,0				2,37				2,37	3,18	3,82	4,61	5,94	3,71	6	1,39	0,57	37,44	5,94	2,37
13,0				2,33				2,33	3,19	3,83	4,29	5,81	3,63	6	1,33	0,54	36,61	5,81	2,33
14,0				2,23				2,27	3,12	3,76	4,18	5,71	3,54	6	1,31	0,54	37,07	5,71	2,23
15,0				2,19				2,22	3,04	3,68		5,64	3,35	5	1,42	0,63	42,28	5,64	2,19
16,0				2,07				2,17	3,00	3,61		5,56	3,28	5	1,42	0,64	43,38	5,56	2,07
17,0				2,03				2,14	2,98	3,57		5,13	3,17	5	1,27	0,57	39,96	5,13	2,03
18,0				1,99				2,11		3,54		4,88	3,13	4	1,36	0,68	43,46	4,88	1,99
Prom	3,54	3,26	3,01	2,63	4,26	3,28	2,97	2,78	3,39	3,91	4,95	5,67	3,70						
n	5	10	4	19	4	5	12	19	18	19	15	19	149						
DE	0,708	0,6	0,414	0,56	0,936	0,474	0,474	0,604	0,435	0,506	0,644	0,274	1,13						
EE	0,32	0,19	0,21	0,13	0,47	0,21	0,14	0,14	0,10	0,12	0,17	0,06	0,09						
CV	19,99	18,42	13,77	21,29	22,00	14,43	15,95	21,71	12,83	12,95	13,00	4,83	30,54						
Máx	4,57	4,63	3,56	4,20	5,58	3,88	4,00	4,23	4,60	5,44	6,50	6,03	6,50						
Mín	2,75	2,84	2,61	1,99	3,43	2,73	2,51	2,11	2,98	3,54	4,18	4,88	1,99						

Continuación ANEXO H. Valores y estadígrafos de porcentaje de saturación de O₂ (%) determinado a distintas profundidades en la bahía de Cartagena en las épocas transición, seca y lluvia. Prom: promedio; DE: desviación estándar; EE: error estándar, CV: coeficiente de variación; Máx: valor máximo y Mín: valor mínimo. ND: no determinado.

Época de Lluvia 2006																			
Profundidad (m)	B1	B3	B4	B5	B7	B8	B9	B11	B13	B16	B17	B 100	Prom	n	DE	EE	CV	Máx	Mín
0,5	80,17	131,70	87,12	75,30	ND	101,40	66,76	117,34	122,99	77,32	82,60	81,37	93,10	11	21,80	6,57	23,41	131,70	66,76
1,0	53,94	134,53	64,90	68,85	ND	101,53	48,84	106,13	117,58	80,01	80,28	79,16	85,07	11	26,93	8,12	31,66	134,53	48,84
2,0	52,94	141,86	63,53	67,12	ND	105,73	38,73	105,38	118,03	79,30	78,61	80,43	84,69	11	30,35	9,15	35,84	141,86	38,73
3,0	52,33	147,50	62,60	66,65	ND	110,50	35,00	107,33	122,45	81,33	79,00	82,03	86,07	11	33,03	9,96	38,38	147,50	35,00
4,0	51,98	150,04		65,90	ND	116,10	31,43	109,47	127,65	82,08	80,57	81,62	89,68	10	36,15	11,43	40,31	150,04	31,43
5,0	50,83	159,53		64,63	ND	118,13	26,78	109,10	133,72	82,20	80,62	81,30	90,68	10	39,86	12,60	43,95	159,53	26,78
6,0	50,25	166,28		64,10	ND		22,44	104,95	139,03	81,25	82,82	81,00	88,01	9	43,92	14,64	49,91	166,28	22,44
7,0	42,05	171,98		63,33	ND		19,38	99,83	142,70	82,20	82,40	81,78	87,29	9	47,05	15,68	53,90	171,98	19,38
8,0	42,28	183,30		62,68	ND		17,40	95,85	147,75	82,57	82,20	80,66	88,30	9	50,68	16,89	57,39	183,30	17,40
9,0	42,73	186,70		62,30	ND		15,70	94,57	153,68	82,85	81,42	82,82	89,19	9	52,58	17,53	58,95	186,70	15,70
10,0	43,47	189,60		60,93	ND		14,88	92,80	159,20			82,10	91,85	7	62,46	23,61	68,00	189,60	14,88
11,0	43,27			60,58	ND		14,75	90,10					52,17	4	31,56	15,78	60,50	90,10	14,75
12,0	43,23			59,42	ND		14,80	87,98					51,36	4	30,60	15,30	59,57	87,98	14,80
13,0	43,37			58,73	ND		14,75	87,18					51,00	4	30,22	15,11	59,26	87,18	14,75
14,0	43,80			58,48	ND		14,73	86,93					50,99	4	30,08	15,04	58,99	86,93	14,73
15,0	44,48			58,37	ND		14,65	87,23					51,18	4	30,17	15,09	58,95	87,23	14,65
16,0				58,95	ND		14,20	85,98					53,04	3	36,25	20,93	68,34	85,98	14,20
17,0				59,67	ND		13,90	85,50					53,02	3	36,26	20,93	68,39	85,50	13,90
18,0				59,88	ND			86,30					73,09	2	18,69	13,21	25,57	86,30	59,88
Prom	48,82	160,27	69,54	62,94	ND	108,90	24,39	96,84	134,98	81,11	81,05	81,30	81,12						
n	16	11	4	19	ND	6	18	19	11	10	10	11	135						
DE	9,467	20,85	11,76	4,404	ND	7,214	14,73	10,17	14,57	1,744	1,489	0,983	39,21						
EE	2,37	6,29	5,88	1,01	ND	2,95	3,47	2,33	4,39	0,55	0,47	0,30	3,37						
CV	19,39	13,01	16,91	7,00	ND	6,62	60,39	10,50	10,79	2,15	1,84	1,21	48,34						
Máx	80,17	189,60	87,12	75,30	ND	118,13	66,76	117,34	159,20	82,85	82,82	82,82	189,60						
Mín	42,05	131,70	62,60	58,37	ND	101,40	13,90	85,50	117,58	77,32	78,61	79,16	13,90						

Continuación ANEXO H. Valores y estadígrafos de porcentaje de saturación de O₂ (%) determinado a distintas profundidades en la bahía de Cartagena en las épocas transición, seca y lluvia. Prom: promedio; DE: desviación estándar; EE: error estándar, CV: coeficiente de variación; Máx: valor máximo y Mín: valor mínimo. ND: no determinado.

Época Seca 2007																			
Profundidad (m)	B1	B3	B4	B5	B7	B8	B9	B11	B13	B16	B17	B 100	Prom	n	DE	EE	CV	Máx	Mín
0,5	78,33	58,70	85,70	107,02	58,35	94,51	58,14	84,83	61,05	53,10	62,80	72,52	72,92	12	17,14	4,95	23,51	107,02	53,10
1,0	73,25	48,20	79,38	105,73	50,60	99,10	51,28	82,28	53,70	48,48	58,90	71,86	68,56	12	20,01	5,78	29,19	105,73	48,20
2,0	75,16	47,98	81,65	107,08	50,03	102,20	50,07	83,52	53,80	49,86	59,44	72,27	69,42	12	20,93	6,04	30,15	107,08	47,98
3,0	77,13	47,68		109,45	49,30	104,65	48,25	85,55	53,55	50,92	59,02	71,36	68,80	11	22,78	6,87	33,11	109,45	47,68
4,0		47,45		111,55		105,10	47,53	82,71	52,78	51,67	57,22	72,03	69,78	9	24,83	8,28	35,58	111,55	47,45
5,0				114,23			47,85	77,83	51,88	51,54	56,00	72,08	67,34	7	23,55	8,90	34,97	114,23	47,85
6,0				115,08			48,15	77,33	51,53	50,33	55,88	74,26	67,51	7	24,03	9,08	35,60	115,08	48,15
7,0				111,84			48,40	76,26	51,60	49,93	55,78	77,32	67,30	7	23,10	8,73	34,33	111,84	48,40
8,0				107,08			48,88	74,46	51,60	50,28		78,02	68,38	6	22,88	9,34	33,46	107,08	48,88
9,0				104,00			49,00	72,38	51,50	50,48		78,38	67,62	6	21,74	8,87	32,14	104,00	49,00
10,0				98,52			48,80	70,84	51,43	50,80		78,45	66,47	6	19,87	8,11	29,89	98,52	48,80
11,0				91,23				69,83	51,20	51,56		78,33	68,43	5	17,33	7,75	25,32	91,23	51,20
12,0				83,00				67,67	51,00	51,93		77,96	66,31	5	14,64	6,55	22,08	83,00	51,00
13,0				76,65				65,28	51,15	51,90		77,54	64,50	5	12,80	5,72	19,84	77,54	51,15
14,0				71,26				63,33	51,28	51,93		77,18	62,99	5	11,51	5,15	18,27	77,18	51,28
15,0				68,44				62,73	51,55	52,18		76,90	62,36	5	10,83	4,84	17,37	76,90	51,55
16,0				66,53				60,44	51,78	52,63		76,70	61,61	5	10,38	4,64	16,84	76,70	51,78
17,0				65,05				58,18	52,03	53,25		76,60	61,02	5	10,10	4,52	16,55	76,60	52,03
18,0				63,65				56,98	52,35	54,10		76,37	60,69	5	9,76	4,37	16,09	76,37	52,35
Prom	75,97	50,00	82,24	93,55	52,07	101,11	49,67	72,23	52,46	51,41	58,13	75,59	67,30						
n	4	5	3	19	4	5	11	19	19	19	8	19	135						
DE	2,234	4,871	3,204	19,15	4,221	4,394	3,002	9,335	2,254	1,365	2,417	2,666	18,50						
EE	1,12	2,18	1,85	4,39	2,11	1,97	0,91	2,14	0,52	0,31	0,85	0,61	1,59						
CV	2,94	9,74	3,90	20,47	8,11	4,35	6,04	12,92	4,30	2,65	4,16	3,53	27,49						
Máx	78,33	58,70	85,70	115,08	58,35	105,10	58,14	85,55	61,05	54,10	62,80	78,45	115,08						
Mín	73,25	47,45	79,38	63,65	49,30	94,51	47,53	56,98	51,00	48,48	55,78	71,36	47,45						

Continuación ANEXO H. Valores y estadígrafos de porcentaje de saturación de O₂ (%) determinado a distintas profundidades en la bahía de Cartagena en las épocas transición, seca y lluvia. Prom: promedio; DE: desviación estándar; EE: error estándar, CV: coeficiente de variación; Máx: valor máximo y Mín: valor mínimo. ND: no determinado.

Época de Transición 2007																			
Profundidad (m)	B1	B3	B4	B5	B7	B8	B9	B11	B13	B16	B17	B100	Prom	n	DE	EE	CV	Máx	Mín
0,5	66,85	61,75	51,75	62,03	78,28	56,16	58,65	61,23	66,75	81,80	95,53	83,39	68,68	12	13,14	3,79	19,14	95,53	51,75
1,0	55,65	58,04	45,58	55,08	62,85	53,14	54,83	57,00	62,68	76,23	89,90	86,80	63,15	12	13,85	4,00	21,93	89,90	45,58
2,0	50,85	51,38	42,40	49,42	59,05	48,94	50,90	54,24	57,68	68,68	85,12	88,60	58,94	12	14,57	4,21	24,72	88,60	42,40
3,0	46,46	45,73	40,43	46,38	52,94	46,38	48,08	51,93	56,08	63,13	85,34	89,33	56,02	12	15,77	4,55	28,15	89,33	40,43
4,0	42,93	44,87		44,45		42,62	46,03	49,58	54,63	61,33	82,05	89,23	55,77	10	16,87	5,33	30,25	89,23	42,62
5,0		44,54		42,70			44,05	47,80	53,13	59,98	78,10	89,88	57,52	8	17,57	6,21	30,54	89,88	42,70
6,0		45,40		41,55			42,93	46,40	52,50	58,58	75,58	89,46	56,55	8	17,33	6,13	30,65	89,46	41,55
7,0		45,73		40,68			42,03	45,66	51,95	56,90	73,72	89,40	55,76	8	17,27	6,11	30,98	89,40	40,68
8,0		47,15		39,95			41,90	44,30	51,08	57,20	72,28	90,69	55,57	8	17,58	6,22	31,64	90,69	39,95
9,0		48,70		39,85			41,78	41,70	50,36	57,48	70,90	92,52	55,41	8	18,16	6,42	32,77	92,52	39,85
10,0				39,48			40,81	39,76	50,45	57,80	71,22	93,78	56,19	7	20,25	7,65	36,04	93,78	39,48
11,0				38,50			39,30	38,44	50,04	58,65	73,68	94,62	56,18	7	21,37	8,08	38,04	94,62	38,44
12,0				37,20				37,23	49,95	60,10	72,53	93,30	58,38	6	21,86	8,92	37,44	93,30	37,20
13,0				36,35				36,58	50,22	60,26	67,47	91,23	57,02	6	20,89	8,53	36,63	91,23	36,35
14,0				34,98				35,60	49,00	59,03	65,68	89,58	55,64	6	20,67	8,44	37,15	89,58	34,98
15,0				34,28				34,78	47,71	57,66		88,35	52,56	5	22,25	9,95	42,34	88,35	34,28
16,0				32,23				33,90	47,06	56,40		87,05	51,33	5	22,30	9,97	43,44	87,05	32,23
17,0				31,63				33,38	46,51	55,65		80,04	49,44	5	19,74	8,83	39,93	80,04	31,63
18,0				30,95				32,98		55,23		75,98	48,78	4	21,20	10,60	43,47	75,98	30,95
Prom	52,55	49,33	45,04	40,93	63,28	49,45	45,94	43,29	52,65	61,16	77,27	88,59	57,32						
n	5	10	4	19	4	5	12	19	18	19	15	19	149						
DE	9,310	5,997	4,951	7,991	10,8	5,361	6,042	8,582	5,314	7,045	8,563	4,608	17,30						
EE	4,16	1,90	2,48	1,83	5,40	2,40	1,74	1,97	1,25	1,62	2,21	1,06	1,42						
CV	17,72	12,16	10,99	19,52	17,07	10,84	13,15	19,82	10,09	11,52	11,08	5,20	30,18						
Máx	66,85	61,75	51,75	62,03	78,28	56,16	58,65	61,23	66,75	81,80	95,53	94,62	95,53						
Mín	42,93	44,54	40,43	30,95	52,94	42,62	39,30	32,98	46,51	55,23	65,68	75,98	30,95						

ANEXO I. Valores y estadígrafos de las variables abióticas determinadas a en superficie y fondo en la bahía de Cartagena en las épocas de transición, seca y lluvia.

** Para el cálculo de los estadísticos, los valores no detectables (<), se asumen con el valor mínimo de detección. ND: no determinado.

Epoca de Lluvia 2006										
Muestra	DBO ₅	SST	NO ₃	NO ₂	NH ₄	NKT	N. orgánico	PO ₄	Grasas	Transparencia
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	m
B1-S	6,0	29	0,17	< 0,02	0,04	3,8	3,76	< 0,05	6,0	5,00
B1-F	6,0	21	0,43	< 0,02	0,04	2,4	2,36	< 0,05	---	---
B3-S	5,6	20	< 0,05	< 0,02	0,03	3,9	3,87	< 0,05	6,8	1,80
B3-F	5,1	19	0,40	< 0,02	< 0,03	1,8	1,8	0,03	---	---
B4-S	6,0	22	0,57	0,02	0,04	2,8	2,76	< 0,05	6,9	2,45
B4-F	4,0	22	0,56	0,02	0,04	3,7	3,66	< 0,05	---	---
B5-S	4,3	21	0,32	< 0,02	0,03	4,5	4,47	0,05	7,1	3,10
B5-F	2,2	21	0,28	< 0,02	0,03	1,1	1,07	0,05	---	---
B7-S	5,3	19	0,21	< 0,02	< 0,03	1,9	1,9	0,04	6,6	1,34
B7-F	5,1	20	0,06	< 0,02	0,04	< 1,0	< 1,0	0,03	---	---
B8-S	3,6	24	0,32	< 0,02	0,04	2,2	2,16	< 0,05	5,2	1,56
B8-F	1,0	63	0,09	< 0,02	0,04	1,1	1,06	< 0,05	---	---
B9-S	3,0	22	0,13	< 0,02	< 0,03	1,6	1,6	< 0,05	4,9	3,85
B9-F	3,2	21	0,53	< 0,02	0,04	2,2	2,16	< 0,05	---	---
B11-S	3,4	22	0,31	< 0,02	0,03	1,1	1,07	< 0,05	4,7	3,60
B11-F	3,7	20	0,36	< 0,02	< 0,03	< 1,0	< 1,0	< 0,05	---	---
B13-S	5,1	20	0,06	< 0,02	0,04	6,8	6,76	0,03	7,5	1,09
B13-F	2,8	20	0,33	< 0,02	0,04	3,8	3,76	0,04	---	---
B16-S	4,2	18	0,44	0,02	0,03	1,6	1,57	0,03	7,7	0,92
B16-F	3,1	21	0,38	< 0,02	0,03	< 1,0	< 1,0	0,03	---	---
B17-S	3,8	129	0,08	< 0,02	0,04	1,7	1,66	< 0,05	8,0	0,80
B17-F	3,6	27	0,37	< 0,02	0,04	1,2	1,16	0,03	---	---
B100-S	4,2	35	0,60	< 0,02	0,04	< 1,0	< 1,0	0,04	7,9	2,60
B100-F	3,1	17	0,12	< 0,02	0,04	2,1	2,06	< 0,05	---	---
n	24	24	23	3	20	20	20	11	12	12
Prom	4,06	28,04	0,31	0,02	0,04	2,57	2,53	0,04	6,61	2,34
DE	1,28	23,39	0,17	0,00	0,00	1,46	1,45	0,01	1,16	1,33
EE	0,26	4,77	0,04	0,00	0,00	0,33	0,32	0,00	0,34	0,38
CV	31,55	83,42	55,05	0,00	12,71	56,78	57,35	22,25	17,59	56,77
Máx	6,00	129,00	0,60	0,02	0,04	6,80	6,76	0,05	8,00	5,00
Mín	1,00	17,00	0,06	< 0,02	< 0,03	< 1,0	< 1,0	< 0,05	4,70	0,80

Continuación ANEXO I. Valores y estadígrafos de las variables abióticas determinadas a en superficie y fondo en la bahía de Cartagena en las épocas de transición, seca y lluvia. ** Para el cálculo de los estadísticos, los valores no detectables (<), se asumen con el valor mínimo de detección. ND: no determinado.

Epoca Seca 2007										
Muestra	DBO ₅	SST	NO ₃	NO ₂	NH ₄	NKT	N. orgánico	PO ₄	Grasas	Transparencia
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	m
B1-S	2,1	24,0	0,07	0,29	0,20	4,30	4,10	< 0,05	2,8	1,70
B1-F	2,7	19,0	0,06	0,41	0,49	4,60	4,11	0,06	---	---
B3-S	ND	5,3	0,09	0,33	0,10	1,60	1,50	0,06	< 1,0	3,22
B3-F	ND	14,0	0,08	0,38	0,21	3,90	3,69	< 0,05	---	---
B4-S	1,3	29,0	0,08	0,49	0,07	7,30	7,23	0,07	2,0	1,16
B4-F	2,4	29,0	0,09	0,50	0,07	3,90	3,83	0,16	---	---
B5-S	2,1	24,0	< 0,05	0,07	0,37	6,90	6,53	< 0,05	1,0	3,00
B5-F	1,5	46,0	0,06	0,27	0,08	4,70	4,62	0,08	---	---
B7-S	ND	9,8	< 0,05	0,04	< 0,05	7,00	7,00	< 0,05	< 1,0	2,60
B7-F	ND	9,6	< 0,05	0,13	0,46	6,10	5,64	< 0,05	---	---
B8-S	1,8	27,0	< 0,05	0,06	0,07	3,70	3,63	< 0,05	1,4	1,57
B8-F	1,2	40,0	0,08	0,41	0,08	3,80	3,72	0,29	---	---
B9-S	2,2	27,0	< 0,05	0,28	0,49	3,10	2,61	< 0,05	1,6	3,60
B9-F	1,9	29,0	0,09	0,46	0,09	3,00	2,91	0,06	---	---
B11-S	1,4	26,0	< 0,05	0,17	0,06	2,90	2,84	< 0,05	1,4	2,90
B11-F	1,2	27,0	0,08	0,30	0,09	4,00	3,91	0,06	---	---
B13-S	ND	12,0	< 0,05	0,06	0,52	3,00	2,48	< 0,05	1,6	2,10
B13-F	ND	23,0	0,08	0,61	< 0,05	5,90	5,90	< 0,05	---	---
B16-S	ND	38,0	< 0,05	0,04	0,50	9,50	9,00	< 0,05	1,8	1,68
B16-F	ND	13,0	0,08	0,49	0,51	2,90	2,39	< 0,05	---	---
B17-S	ND	38,0	0,23	0,20	0,14	4,30	4,16	0,07	1,7	0,34
B17-F	ND	11,0	< 0,05	0,19	< 0,05	4,70	4,70	< 0,05	---	---
B100-S	ND	9,1	< 0,05	0,04	0,16	1,40	1,24	< 0,05	1,0	3,20
B100-F	ND	22,0	< 0,05	0,04	0,29	5,40	5,11	< 0,05	---	---
n	12	24	13	24	21	24	24	9	10	12
Prom	1,82	22,99	0,09	0,26	0,24	4,50	4,29	0,10	1,63	2,26
DE	0,50	10,95	0,04	0,18	0,18	1,89	1,88	0,08	0,52	0,99
EE	0,14	2,24	0,01	0,04	0,04	0,39	0,38	0,03	0,16	0,28
CV	27,46	47,63	48,01	68,60	75,86	42,01	43,77	76,84	31,95	43,76
Máx	2,70	46,00	0,23	0,61	0,52	9,50	9,00	0,29	2,80	3,60
Mín	1,20	5,30	< 0,05	0,04	< 0,05	1,40	1,24	< 0,05	< 1,0	0,34

Continuación ANEXO I. Valores y estadígrafos de las variables abióticas determinadas a en superficie y fondo en la bahía de Cartagena en las épocas de transición, seca y lluvia. ** Para el cálculo de los estadísticos, los valores no detectables (<), se asumen con el valor mínimo de detección. ND: no determinado.

Epoca de Transición 2007										
Muestra	DBO ₅	SST	NO ₃	NO ₂	NH ₄	NKT	N. orgánico	PO ₄	Grasas	Transparencia
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	m
B1-S	6,2	19	< 0,04	< 0,04	< 0,05	1,5	1,5	< 0,05	3,9	1,24
B1-F	5,1	11	0,19	0,05	< 0,05	1,2	1,2	< 0,05	---	---
B3-S	3,9	13	< 0,04	< 0,04	< 0,05	2,0	2,0	< 0,05	1,9	1,60
B3-F	5,6	13	0,22	< 0,04	< 0,05	2,6	2,6	< 0,05	---	---
B4-S	7,3	26	< 0,04	< 0,04	< 0,05	1,7	1,7	< 0,05	3,2	0,74
B4-F	3,6	16	0,17	0,04	< 0,05	3,4	3,4	< 0,05	---	---
B5-S	4,8	12	< 0,04	< 0,04	< 0,05	2,3	2,3	< 0,05	< 1,0	1,17
B5-F	3,4	13	0,24	< 0,04	< 0,05	2,2	2,2	0,06	---	---
B7-S	3,9	11	0,1	< 0,04	< 0,05	2,2	2,2	< 0,05	7,5	1,20
B7-F	3,1	14	< 0,04	< 0,04	< 0,05	2,2	2,2	< 0,05	---	---
B8-S	3,5	12	< 0,04	< 0,04	< 0,05	2,3	2,3	< 0,05	< 1,0	1,18
B8-F	3,4	19	< 0,04	< 0,04	< 0,05	2,2	2,2	0,38	---	---
B9-S	5,3	20	< 0,04	< 0,04	< 0,05	2,4	2,4	0,06	1,6	1,00
B9-F	3,4	16	0,21	< 0,04	< 0,05	1,0	1,0	0,08	---	---
B11-S	4,8	12	0,07	< 0,04	< 0,05	1,5	1,5	0,06	< 1,0	0,96
B11-F	3,3	14	0,18	< 0,04	< 0,05	1,5	1,5	0,07	---	---
B13-S	1,1	18	0,19	< 0,04	< 0,05	1,4	1,4	< 0,05	5,4	0,63
B13-F	3,2	14	0,17	0,05	< 0,05	1,2	1,2	< 0,05	---	---
B16-S	2,5	27	0,14	< 0,04	< 0,05	1,7	1,7	< 0,05	4,6	0,48
B16-F	< 1,0	18	0,1	< 0,04	< 0,05	1,7	1,7	< 0,05	---	---
B17-S	1,1	36	0,26	< 0,04	< 0,05	2,1	2,1	< 0,05	5,3	0,17
B17-F	2	38	0,15	0,05	< 0,05	2,0	2,0	0,06	---	---
B100-S	3,1	19	0,22	< 0,04	< 0,05	1,7	1,7	< 0,05	< 1,0	0,86
B100-F	2,8	21	0,06	< 0,04	< 0,05	1,3	1,3	< 0,05	---	---
n	23	24	16	4	0	24	24	7	8	12
Prom	3,8	18,0	0,17	0,05	< 0,05	1,9	1,9	0,11	4,2	0,94
DE	1,5	7,3	0,06	0,01	0,00	0,5	0,5	0,12	2,0	0,39
EE	0,3	1,5	0,01	0,00	0,00	0,1	0,1	0,05	0,7	0,11
CV	40,1	40,5	35,80	10,53	0,00	28,7	28,7	108,46	46,9	41,44
Máx	7,3	38,0	0,26	0,05	0,00	3,4	3,4	0,38	7,5	1,60
Mín	1,1	11,0	0,06	0,04	0,00	1,0	1,0	0,06	1,6	0,17

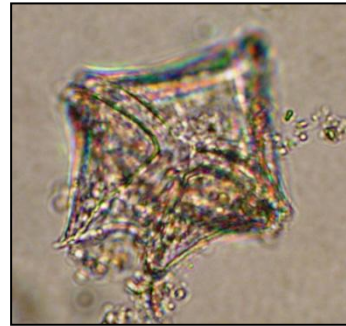
ANEXO B. Valores y estadígrafos de pigmentos fotosintéticos determinados en superficie y fondo en la bahía de Cartagena en las épocas seca y de transición en (mg/L) DE: desviación estándar; Max: máximo; Min: mínimo.

PIGMENTOS FOTOSINTETICOS ÉPOCA SECA $\mu\text{g/L}$						PIGMENTOS FOTOSINTETICOS ÉPOCA TRANSICIÓN $\mu\text{g/L}$					
	Clorofila a	Clorofila b	Clorofila c	Carotenoides	Feopigmento		Clorofila a	Clorofila b	Clorofila c	Carotenoides	Feopigmento
SC-S-B1	22,57	40,86	0,72	0,19	28,99	TR-S-B1	25,98	29,99	0,60	30,36	31,02
SC-F-B1	14,27	30,90	0,54	7,90	23,22	TR-F-B1	16,50	27,78	0,54	23,58	25,42
SC-S-B3	14,31	24,47	0,54	31,39	20,51	TR-S-B3	18,35	33,71	0,54	25,34	27,70
SC-F-B3	11,94	30,39	0,54	20,80	21,87	TR-F-B3	15,06	25,41	0,54	21,76	19,10
SC-S-B4	13,94	34,16	0,54	13,18	22,34	TR-S-B4	30,53	41,44	0,72	34,82	59,10
SC-F-B4	12,50	26,49	0,54	3,74	17,60	TR-F-B4	13,55	27,02	0,60	24,00	27,20
SC-S-B5	21,34	31,83	0,53	25,09	23,12	TR-S-B5	37,57	47,64	0,89	45,55	42,72
SC-F-B5	22,09	36,17	0,60	7,25	23,76	TR-F-B5	17,87	33,84	0,54	24,61	27,68
SC-S-B7	13,39	20,56	0,54	18,78	22,34	TR-S-B7	15,05	34,99	0,64	26,21	29,01
SC-F-B7	17,55	19,04	0,16	26,34	23,52	TR-F-B7	11,55	30,65	0,54	21,86	19,46
SC-S-B8	9,17	13,85	0,54	15,42	38,02	TR-S-B8	28,42	42,43	0,70	34,99	18,84
SC-F-B8	18,14	39,09	0,67	26,12	29,58	TR-F-B8	12,20	29,10	0,54	22,50	25,80
SC-S-B9	6,25	8,40	0,54	8,64	48,10	TR-S-B9	34,33	40,09	0,67	35,40	39,06
SC-F-B9	14,12	19,41	0,54	11,26	19,39	TR-F-B9	11,64	31,89	0,54	21,82	21,57
SC-S-B11	9,70	11,75	0,54	30,37	38,98	TR-S-B11	32,96	29,32	0,61	29,38	26,85
SC-F-B11	11,83	31,86	0,54	20,00	23,33	TR-F-B11	11,65	31,76	0,54	21,63	23,75
SC-S-B13	18,84	30,57	0,54	15,78	24,16	TR-S-B13	21,58	44,70	0,75	27,33	35,36
SC-F-B13	12,10	33,20	0,54	9,98	23,20	TR-F-B13	10,85	33,90	0,55	22,66	30,49
SC-S-B16	17,99	32,14	0,54	19,84	23,69	TR-S-B16	24,24	29,68	1,09	34,81	36,89
SC-F-B16	52,18	68,62	56,01	43,20	0,66	TR-F-B16	11,07	32,23	0,54	21,82	21,77
SC-S-B17	20,89	38,78	0,67	34,24	34,52	TR-S-B17	35,06	94,01	1,53	64,80	69,70
SC-F-B17	12,81	22,37	0,54	24,77	23,77	TR-F-B17	12,68	33,69	0,54	21,82	19,89
SC-S-B100	16,74	30,94	0,55	3,10	22,75	TR-S-B100	16,71	33,73	0,67	28,16	32,95
SC-F-B100	12,47	20,76	0,54	32,16	16,85	TR-F-B100	20,56	43,73	0,66	30,42	32,75
	Clorofila a	Clorofila b	Clorofila c	Carotenoides	Feopigmento		Clorofila a	Clorofila b	Clorofila c	Carotenoides	Feopigmento
n	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	n	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00
Promedio	16,55	29,03	2,85	18,73	24,76	Promedio	20,25	36,78	0,67	28,99	31,00
Desvest	8,70	12,15	11,32	11,15	8,94	Desvest	8,74	13,58	0,23	9,77	12,23
EE	1,78	2,48	2,31	2,28	1,83	EE	1,78	2,77	0,05	1,99	2,50
CV	0,53	0,42	3,97	0,60	0,36	CV	0,43	0,37	0,34	0,34	0,39
Max	52,18	68,62	56,01	43,20	48,10	Max	37,57	94,01	1,53	64,80	69,70
Min	6,25	8,40	0,16	0,19	0,66	Min	10,85	25,41	0,54	21,63	18,84

ANEXO J. Iconografías de las especies y/o morfotipos del fitoplancton en la bahía de Cartagena durante las tres épocas climáticas.



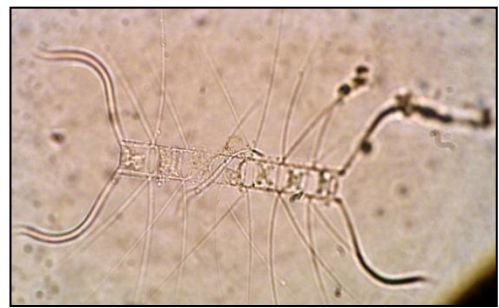
Skeletonema costatum



Protoperdinium conicum



Biddulphia mobiliensis



Chaetoceros affine



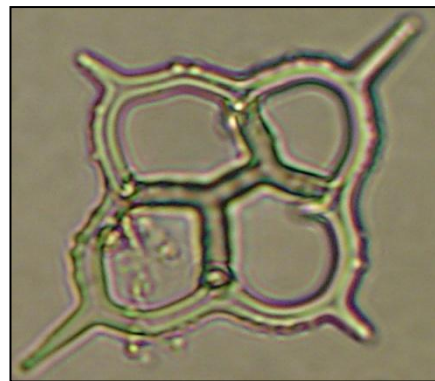
Ceratium hircus



Ceratium tripos



Thalassionema nitzschioides



Dictyocha fibula



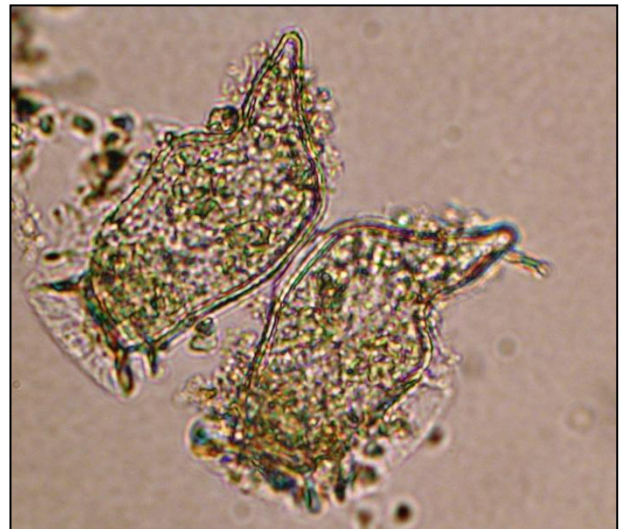
Anabaena sp.



Pseudonitzschia pungens



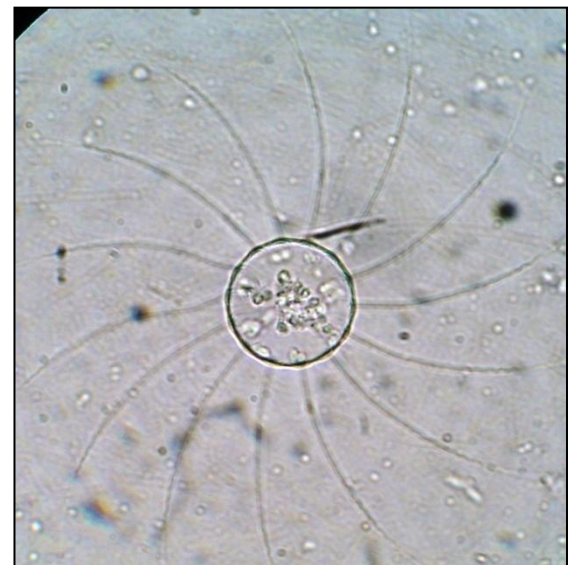
Coscinodiscus gigas



Dinophysis caudata



Gonyaulax verior



Bacteriastrum delicatulum

ANEXO L. Tabla de complemento (componentes, valores eigen y porcentaje de varianza) para el Análisis de Componentes Principales.

Análisis de Componentes Principales		
Componente	Valores eigen	Varianza (%)
1	3,773	29,96
2	2,310	17,33
3	1,499	11,53
4	1,171	8,51
5	0,814	6,26
6	0,784	6,03
7	0,613	4,72
8	0,549	4,23
9	0,498	3,83
10	0,391	3,01
11	0,297	2,28
12	0,191	1,47
13	0,109	0,84

ANEXO K. Clasificación taxonómica de las especies encontradas en la bahía de Cartagena durante las tres jornadas de muestreo.

División: BACILLARIOPHYTA					
Clase: COSCINODISCOPHYCEAE					
Subclase: COSCINODISCOPHYCIDAE	Orden: COSCINODISCALES	Familia: Hemidiscaceae	<i>Actinocyclus octonarius</i> <i>Actinocyclus</i> sp. <i>Actinocyclus subtilis</i> <i>Hemidiscus cuneiformis</i> <i>Coscinodiscus centralis</i> <i>Coscinodiscus elegans</i> <i>Coscinodiscus gigas</i> <i>Coscinodiscus radiatus</i> <i>Coscinodiscus</i> sp1 <i>Coscinodiscus thorii</i>		
		Familia: Coscinodiscaceae	<i>Coscinodiscus asteromphalus</i> <i>Coscinodiscus</i> sp2 <i>Coscinodiscus</i> sp		
		Orden: MELOSIRALES	Familia: Melosiraceae	<i>Melosira moniliformis</i> <i>Melosira pseudoannulata</i> <i>Lithodesmium undulatum</i> <i>Ditylum brightwellii</i>	
		Subclase: LITHODESMIOPHYCIDAE	Orden: LITHODESMIALES	Familia: Lithodesmiaceae	<i>Thalassiosira</i> sp. <i>Skeletonema costatum</i> <i>Triceratium antediluvianum</i> <i>Triceratium shadbolianum</i> <i>Pleurosira laevis</i>
		Subclase: THALASSIOSIROPHYCIDAE	Orden: THALASSIOSIRALES	Familia: Thalassiosiraceae Familia: Skeletonemataceae Familia: Tricerariaceae	<i>Odontella ionaicruris</i> <i>Odontella aurita</i> <i>Odontella mobilensis</i> <i>Odontella regia</i> <i>Odontella aurita</i> var. <i>obtusa</i> <i>Odontella mobilensis</i>
		Subclase: BIDDULPHIOPHYCIDAE	Orden: TRICERATIALES	Familia: Plagiogrammeae	<i>Dimeregramma</i> sp <i>Biddulphia schroederiana</i> <i>Biddulphia</i> sp <i>Biddulphia biddulphiana</i> <i>Isthmia minima</i>
				Familia: Biddulphiaceae	<i>Hemiaulus hauckii</i> <i>Hemiaulus membranaceus</i> <i>Hemiaulus sinensis</i> <i>Hemiaulus</i> sp
			Orden: HEMIAULALES	Familia: Hemiaulaceae	<i>Ceratulina pelagica</i> <i>Corethron criophilum</i> <i>Chaetoceros affine</i> <i>Chaetoceros breve</i> <i>Chaetoceros curvisetum</i> <i>Chaetoceros danyucus</i> <i>Chaetoceros didymus</i> <i>Chaetoceros laciniosus</i> <i>Chaetoceros lorenzianus</i> <i>Chaetoceros peruvianum</i> <i>Chaetoceros</i> sp <i>Chaetoceros subtilis</i> <i>Chaetoceros atlanticum</i> <i>Chaetoceros contortum</i> <i>Chaetoceros diversum</i> <i>Chaetoceros gracilis</i> <i>Chaetoceros messanensis</i> <i>Chaetoceros willei</i> <i>Bacteriastrum comosum</i> <i>Bacteriastrum delicatulum</i> <i>Bacteriastrum hyalinum</i> <i>Bacteriastrum</i> sp
			Subclase: CORETHROPHYCIDAE	Orden: CORETHRALES	Familia: Corethraceae
		Subclase: CHAETOCEROTOPHYCIDAE	Orden: CHAETOCEROTALES	Familia: Chaetocerataceae	<i>Rhizosolenia hebetata</i> <i>Rhizosolenia styliformis</i> <i>Rhizosolenia</i> sp <i>Proboscia alata</i> <i>Pseudosolenia calcar-avis</i> <i>Rhizosolenia imbricata</i> <i>Guinardia flaccida</i> <i>Guinardia striata</i>
Orden: LEPTOCYLINDRALES	Familia: Leptocylindraceae				
Subclase: RHIZOLENIOPHYCIDAE	Orden: RHIZOLENIALES	Familia: Rhizoleniaceae			
Clase: FRAGILARIOPHYCEAE					
Subclase: FRAGILARIOPHYCIDAE	Orden: FRAGILARIALES	Familia: Fragiliariaceae	<i>Fragilaria</i> sp2 <i>Fragilaria</i> sp <i>Asterionellopsis glacialis</i> <i>Synedra crystallina</i> <i>Synedra hennedviana</i> <i>Synedra</i> sp <i>Synedra ulna</i>		
		Orden: LICMOPHORLAES	Familia: Licmophoraceae	<i>Licmophora lynabyei</i> <i>Thalassionema elegans</i> <i>Thalassionema nitzschioides</i> <i>Thalassionema frauenfeldii</i> <i>Thalassiotrix heteromorpha</i> var. <i>mediterranea</i>	
	Orden: THALASSIONEMATALES	Familia: Thalassionemataceae	<i>Striatella</i> sp <i>Striatella unipunctata</i> <i>Grammatophora marina</i>		
	Orden: STRIATELLALES	Familia: Striatellaceae			
	Orden: CLIMACOSPHEANIALES	Familia: Climacospheniaceae	<i>Climacosphenia moniligera</i>		

ANEXO K. Clasificación taxonómica de las especies encontradas en la bahía de Cartagena durante las tres jornadas de muestreo.

Clase: BACILLARIOPHYCEAE						
Subclase: BACILLARIOPHYCIDAE	Orden: ACHNANTHALES	Familia: Cocconeidaceae	<i>Cocconeis</i> sp			
		Familia: Pinnulariaceae	<i>Pinnularia gentilis</i>			
			<i>Pinnularia nobilis</i>			
	Orden: NAVICULALES	Familia: Diploneidaceae	<i>Diploneis crabro</i>			
			<i>Diploneis smithii</i>			
		Familia: Naviculaceae	<i>Navicula cancelata</i>			
			<i>Navicula</i> sp1			
			<i>Navicula</i> sp2			
			<i>Trachyneis aspera</i>			
			<i>Pleurosigma</i> sp			
			<i>Donkinia recta</i>			
			<i>Gyrosigma balticum</i>			
		Familia: Pleurosigmataceae	<i>Gyrosigma</i> sp1			
			<i>Gyrosigma</i> sp3			
	<i>Gyrosigma</i> sp2					
	<i>Amphora coffeaeiformis</i>					
	<i>Amphora lineolata</i>					
	<i>Amphora ostrearia</i>					
	<i>Amphora ventricosa</i>					
	Orden: THALASSIOPHYSALES	Familia: Catenulaceae	<i>Amphora</i> sp1			
			<i>Bacillaria paxillifer</i>			
			<i>Cylindrotheca fusiformis</i>			
			<i>Cylindrotheca closterium</i>			
			<i>Nitzschia sigmoidea</i>			
			<i>Nitzschia longissima</i>			
			<i>Pseudonitzschia pungens</i>			
			<i>Nitzschia sigma</i>			
<i>Pseudonitzschia</i> sp2						
<i>Nitzschia habirshawii</i>						
Orden: LYRELLALES	Familia: Lyrellaceae	<i>Lyrella</i> sp1				
		<i>Lyrella</i> sp2				
Orden: SURIRELLALES	Familia: Surirellaceae	<i>Surirella fastuosa</i>				
División: DINOFLAGELLATA						
Subdivisión: DINOKARYOTA						
Clase: DINOPHYCEAE						
Subclase: GYMNODINIPHYCIDAE	Orden: GYMNODINIALES	Suborden: GYMNODINIINEAE	Familia: Gymnodiniaceae	<i>Gyrodinium fissum</i>		
Subclase: DINOPHYSIPHYCIDAE	Orden: DINOPHYSALES	Familia: Dinophyciaceae	<i>Gyrodinium</i> sp1			
			<i>Gyrodinium</i> sp2			
			<i>Dinophysis caudata</i>			
			<i>Dinophysis</i> sp			
			<i>Dinophysis doryphorum</i>			
Subclase: PROROCENTROPHYCIDAE	Orden: PROROCENTRALES	Familia: Prorocentraceae	<i>Dinophysis recurva</i>			
			<i>Ornithocercus magnificus</i>			
			<i>Prorocentrum gracile</i>			
			<i>Prorocentrum maximum</i>			
			<i>Prorocentrum micans</i>			
Subclase: PERIDINIPHYCIDAE	Orden: GONYAULACALES	Suborden: CERATIINEAE	Familia: Ceratiaceae	<i>Prorocentrum</i> sp		
				<i>Neoceratium fuscus</i>		
				<i>Neoceratium hircus</i>		
		Suborden: GONYAULACINEAE	Familia: Gonyaulacaceae	Subfamilia Gonyaulacoideae		
				Suborden: GONIODOMINEAE	Familia: Gonyodomaceae	Subfamilia Helgolandioidae
						Subfamilia Pyrodinoidae
	Subfamilia Goniodomoidae					
	Orden: PERIDINIALES	Suborden: PERIDINIINEAE	Familia: Congruentiaceae	Subfamilia Diplopsalioideae		
				Subfamilia Congruentioideae		
				Familia: Peridiniaceae	Subfamilia Peridinioideae	
					Subfamilia Calciodinelloideae	

ANEXO K. Clasificación taxonómica de las especies encontradas en la bahía de Cartagena durante las tres jornadas de muestreo.

Clase CYANOPHYCEAE

Subclase: HORMOGONOPHYCIDAE	Orden: NOSTOCALES	Familia Nostocaceae	<i>Anabaena</i> sp
			<i>Nostoc</i> sp.
		Familia Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i> sp 2
			<i>Oscillatoria</i> sp1
		<i>Spirulina</i> sp	

Clase CLOROPHYCEAE

		Clorofita morfo1
Orden: CHLOROCOCCALES	Familia Scenedesmaceae	<i>Scenedesmus opoliensis</i>
		<i>Scenedesmus quadricauda</i>
		<i>Pediastrum simplex</i>
	Hydrodictyceae	<i>Pediastrum duplex</i>
		<i>Pediastrum duplex</i>
Orden: ULOTRICHALES	Familia Ulotrichaceae	<i>Planctonema lauterbornii</i>
Clase ZYGNEMATOPHYCEAE		
Orden: DESMIDIALES	Familia Desmidiaceae	<i>Staurastrum asterias</i>
		<i>Staurastrum</i> sp.

<i>Gonyaulax verior</i>
<i>Gonyaulax polygramma</i>
<i>Gonyaulax scrippsae</i>
<i>Gonyaulax</i> sp1
<i>Gonyaulax</i> sp 2
<i>Gonyaulax spinifera</i>
<i>Pyrophacus horologium</i>
<i>Pyrophacus</i> sp
<i>Pyrodinium bahamense</i>
<i>Goniodoma</i> sp.
<i>Diplopsalis asymmetrica</i>
<i>Diplopsalis</i> sp.
<i>Diplopsalis</i> sp2
<i>Protoperidinium oceanicum</i>
<i>Protoperidinium</i> sp5
<i>Protoperidinium pellucidum</i>
<i>Protoperidinium conicum</i>
<i>Protoperidinium elegans</i>
<i>Protoperidinium pentagonum</i>
<i>Protoperidinium</i> sp1
<i>Protoperidinium</i> sp
<i>Protoperidinium spiniferum</i>
<i>Protoperidinium steinii</i>
<i>Protoperidinium</i> sp3
<i>Protoperidinium</i> sp4
<i>Protoperidinium venustum</i>
<i>Protoperidinium inclinatum</i>
<i>Peridinium quinquecorne</i>
<i>Scripsiella</i> sp
<i>Scripsiella trochoidea</i>

ANEXO C. Especies determinadas por el análisis inverso de Kaandorp como generalistas <70%, típicas 70 - 90%, características 90 - 99,9% y exclusivas 100%, en los grupos conformados en el análisis de clasificación (dendrograma).

Especie/taxa	Grupo I			Grupo II			Grupo III			Grupo IV		
	Prom.	E.E	%	Prom.	E.E	%	Prom.	E.E	%	Prom.	E.E	%
<i>Actinocyclus subtilis</i>	0,78	0,78	100,00									
<i>Neoceratium trichoceros</i>	0,23	0,23	100,00									
<i>Climacosphenia moniligera</i>	1,31	1,31	100,00									
<i>Coscinodiscus elegans</i>	0,30	0,30	100,00									
<i>Endyctia sp</i>	1,46	1,46	100,00									
<i>Goniodoma sp.</i>	0,26	0,26	100,00									
<i>Heteraulax polyedricus</i>	1,30	1,30	100,00									
<i>Navicula sp2</i>	6,01	6,01	100,00									
<i>Nitzschia sigmoidea</i>	1,26	1,02	100,00									
<i>Nostoc sp.</i>	9,96	6,79	100,00									
<i>Planctonema lauterbornii</i>	1,30	1,30	100,00									
<i>Staurastrum sp.</i>	0,46	0,46	100,00									
<i>Synedra crystallina</i>	0,46	0,46	100,00									
<i>Synedra hennedyana</i>	1,23	0,95	100,00									
<i>Thalassiosiracea</i>	4,01	4,01	100,00									
<i>Triceratium antediluvianum</i>	1,00	1,00	100,00									
<i>Ceratulina pelagica</i>				1,56	1,56	100,00						
<i>Chaetoceros willei</i>				0,75	0,75	100,00						
<i>Coscinodiscus sp2</i>				2,98	2,98	100,00						
<i>Diploneis crabro</i>				0,75	0,75	100,00						
<i>Gyrosigma sp2</i>				2,98	2,98	100,00						
<i>Amphora sp1</i>				0,75	0,75	100,00						
<i>Diplopsalis sp2</i>				3,97	3,97	100,00						
<i>Protoperdinium atlanticum</i>				2,24	2,24	100,00						
<i>Protoperdinium conicum</i>				0,97	0,97	100,00						
<i>Protoperdinium elegans</i>				1,49	1,49	100,00						
<i>Protoperdinium sp6</i>				3,87	3,87	100,00						
<i>Protoperdinium sp1</i>				9,69	9,69	100,00						
<i>Biddulphia obtusa</i>							2,34	2,34	100,00			
<i>Biddulphia Schroederiana</i>							0,30	0,30	100,00			
<i>Biddulphia sp</i>							0,19	0,19	100,00			
<i>Calyptrella robusta</i>							0,79	0,79	100,00			
<i>Neoceratium tripes</i>							9,48	7,57	100,00			
<i>Chaetoceros brevis</i>							305,95	87,76	100,00			
<i>Chaetoceros danyucus</i>							41,27	22,76	100,00			
<i>Corethron criophilum</i>							9,13	5,39	100,00			
<i>Cocconeis sp</i>							0,59	0,59	100,00			
<i>Dinophysis doryphorum</i>							0,86	0,86	100,00			
<i>Ditylum brightwellii</i>							1,19	1,19	100,00			
<i>Fragilaria sp</i>							4,37	4,37	100,00			
<i>Gonyaulax polygramma</i>							1,17	1,17	100,00			
<i>Gonyaulax spinifera</i>							1,17	1,17	100,00			
<i>Gyrosigma sp3</i>							6,56	6,56	100,00			
<i>Hemiaulus hauckii</i>							13,07	6,98	100,00			
<i>Hemidiscus cuneiformis</i>							30,16	10,99	100,00			
<i>Isthmia minima</i>							4,76	3,33	100,00			
<i>Licmophora lyngbyei</i>							0,81	0,64	100,00			
<i>Lithodismium undulatum</i>							7,94	5,59	100,00			
<i>Clorofita morfo1</i>							38,43	38,43	100,00			
<i>Nitzschia habirshawii</i>							1,17	1,17	100,00			
<i>Nitzschia sp2</i>							1,87	1,87	100,00			
<i>Ornithocercus magnificus</i>							7,51	6,22	100,00			
<i>Oscillatoria sp1</i>							16,27	6,49	100,00			
<i>Protoperdinium quinquecome</i>							1,19	1,19	100,00			
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>							1,98	1,40	100,00			
<i>Rhizosolenia sp</i>							0,62	0,62	100,00			
<i>Scenedesmus opoliensis</i>							7,54	3,63	100,00			
<i>Staurastrum asterias</i>							4,37	2,34	100,00			
<i>Triceratium shadbolianum</i>							5,95	4,19	100,00			

ANEXO C. Especies determinadas por el análisis inverso de Kaandorp como generalistas <70%, típicas 70 - 90%, características 90 - 99,9% y exclusivas 100%, en los grupos conformados en el análisis de clasificación (dendrograma).

Especie/taxa	Grupo I			Grupo II			Grupo III			Grupo IV		
	Prom.	E.E	%	Prom.	E.E	%	Prom.	E.E	%	Prom.	E.E	%
<i>Amphora lineolata</i>										0,37	0,37	100,00
<i>Bacteriastrium hyalinum</i>										3,13	3,13	100,00
<i>Bacteriastrium sp</i>										5,90	5,90	100,00
<i>Biddulphia laevis</i>										0,82	0,82	100,00
<i>Biddulphia pulchelle</i>										0,41	0,41	100,00
<i>Neoceratium macroceros</i>										2,81	2,81	100,00
<i>Neoceratium sp</i>										0,37	0,37	100,00
<i>Chaetoceros contortum</i>										905,63	643,29	100,00
<i>Chaetoceros gracilis</i>										1.670,07	1.005,11	100,00
<i>Spirulina sp</i>										14,02	9,78	100,00
<i>Cylindrotheca fusiformis</i>										0,66	0,66	100,00
<i>Dictyocha octonaria</i>										2,92	2,92	100,00
<i>Dinophysis recurva</i>										1,07	0,75	100,00
<i>Dictyocha sp.</i>										0,74	0,74	100,00
<i>Gonyaulax scripsae</i>										1,07	1,07	100,00
<i>Gonyaulax sp 2</i>										9,18	9,18	100,00
<i>Gyrodinium sp1</i>										3,93	3,93	100,00
<i>Hemiaulus sp</i>										17,05	15,72	100,00
<i>Fragilaria sp2</i>										0,37	0,37	100,00
<i>Navicula lyra</i>										2,81	2,81	100,00
<i>Navicula sp1</i>										6,15	5,35	100,00
<i>Nitzschia sp1</i>										2,81	2,81	100,00
<i>Odontella aurita</i>										2,29	2,29	100,00
<i>Pediastrum simplex</i>										1,39	0,96	100,00
<i>Dictyocha stapedia</i>										3,20	3,20	100,00
<i>Protoperdinium sp2</i>										11,80	11,80	100,00
<i>Protoperdinium sp3</i>										0,37	0,37	100,00
<i>Protoperdinium sp4</i>										1,48	1,48	100,00
<i>Protoperdinium venustum</i>										18,36	13,20	100,00
<i>Pyrophacus sp</i>										1,31	1,31	100,00
<i>Rhizosolenia imbricata</i>										21,67	16,72	100,00
<i>Rhizosolenia styliformis</i>										5,42	3,78	100,00
<i>Sciposella trochoidea</i>										5,63	3,90	100,00
<i>Striatella sp</i>										0,82	0,82	100,00
<i>Striatella unipunctata</i>										4,10	4,10	100,00
<i>Trachyneis aspera</i>										0,41	0,41	100,00
<i>Chaetoceros affine</i>	4,09	2,61	0,08	31,84	19,42	0,62	313,83	76,19	6,11	4.787,22	2.612,92	93,19
<i>Chaetoceros atlanticum</i>	5,01	3,41	0,37	26,60	13,58	1,97	1,25	1,25	0,09	1.316,44	1.055,86	97,56
<i>Chaetoceros breve</i>	0,66	0,66	0,21	57,13	32,61	18,36	24,94	16,63	8,01	227,85	92,28	73,21
<i>Chaetoceros curvisetum</i>	0,66	0,66	0,01	49,08	34,08	0,92	63,50	20,12	1,18	5.167,38	3.362,07	96,41
<i>Neoceratium furca</i>	0,73	0,73	6,36	1,56	1,56	13,67	3,75	3,75	32,72	5,41	4,02	47,25
<i>Neoceratium hircus</i>	4,12	2,05	5,68	62,44	32,20	86,07	1,83	1,29	2,52	4,15	1,69	5,72
<i>Bacteriastrium comosum</i>	2,69	2,45	2,19	5,37	4,01	4,36	38,49	13,26	31,31	76,37	38,73	62,13
<i>Biddulphia mobilensis</i>	0,47	0,47	0,85	31,00	31,00	55,61	19,84	10,72	35,60	4,43	3,42	7,94
<i>Bacteriastrium delicatulum</i>	1,09	0,60	0,64	14,90	13,49	8,76	21,69	8,04	12,75	132,43	56,66	77,85
<i>Chaetoceros peruvianum</i>	1,09	1,09	1,57	14,61	11,71	20,99	7,29	3,40	10,48	46,60	18,99	66,96
<i>Chaetoceros sp</i>	2,51	1,84	1,07	18,70	10,65	7,99	31,60	20,98	13,51	181,15	162,41	77,43
<i>Coscinodiscus gigas</i>	20,16	8,48	3,95	422,53	204,93	82,74	49,84	24,20	9,76	18,11	8,89	3,55
<i>Grammatophora marina</i>	6,19	3,56	25,58	6,93	4,99	28,63	6,25	6,25	25,80	4,84	2,72	19,98
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	32,32	23,09	4,02	92,80	55,02	11,53	137,67	32,34	17,10	522,39	186,23	64,89
<i>Thalassiotrix frauenfeldii</i>	4,06	2,94	4,51	25,88	19,98	28,76	18,34	17,46	20,38	41,72	41,29	46,36
<i>Gyrosigma sp1</i>	0,23	0,23	0,04	5,81	5,81	0,97	0,43	0,43	0,07	591,72	333,58	98,92
<i>Hemiaulus sinensis</i>	1,90	1,64	15,39	2,98	2,98	24,16	5,33	2,37	43,18	2,13	2,13	17,27
<i>Leptocylindrus danicus</i>	4,10	4,10	0,94	177,05	118,78	40,49	76,25	31,77	17,44	179,90	119,00	41,14
<i>Melosira moniliformis</i>	50,51	38,75	38,33	69,35	29,80	52,63	9,61	4,27	7,29	2,30	1,65	1,74
<i>Nitzschia longissima</i>	15,15	15,15	12,77	11,62	11,62	9,79	43,71	31,41	36,82	47,57	29,20	40,07
<i>Pseudonitzschia pungens</i>	51,30	36,58	0,85	673,62	238,84	11,18	90,31	40,16	1,50	5.211,60	2.833,66	86,47
<i>Protoperdinium oceanicum</i>	0,64	0,43	1,33	18,03	8,56	37,75	3,92	2,94	8,21	15,53	6,37	32,52
<i>Protoperdinium sp3</i>	3,65	2,46	5,46	42,15	16,46	63,05	1,91	1,09	2,86	19,14	12,64	28,63
<i>Skeletonema costatum</i>	294,92	64,33	0,67	38.013,39	12.974,20	86,38	3.304,29	291,37	7,51	2.396,94	1.526,39	5,45
<i>Pyrodinium bahamense</i>	44,81	20,57	52,93	27,74	10,56	32,77	6,28	3,59	7,42	5,82	4,69	6,87
<i>Diplopsalis asymmetrica</i>	4,68	2,75	61,08	2,98	2,98	38,92						
<i>Surirella fastuosa</i>	2,91	1,99	42,31	3,97	3,97	57,69						
<i>Actinocyclus octonarius</i>	0,78	0,78	6,53	11,18	11,18	93,47						
<i>Coscinodiscus thorii</i>	0,46	0,46	2,36	18,85	12,78	97,64						

ANEXO C. Especies determinadas por el análisis inverso de Kaandorp como generalistas <70%, típicas 70 - 90%, características 90 - 99,9% y exclusivas 100%, en los grupos conformados en el análisis de clasificación (dendrograma).

Especie/taxa	Grupo I			Grupo II			Grupo III			Grupo IV		
	Prom.	E.E	%	Prom.	E.E	%	Prom.	E.E	%	Prom.	E.E	%
<i>Anabaena sp</i>	5,68	5,68	22,56	16,54	16,54	65,68	1,70	1,70	6,76			
<i>Dictyocha fibula</i>	2,79	1,91	2,40	3,97	3,97	3,42	14,31	6,60	12,31			
<i>Dinophysis caudata</i>	1,00	1,00	11,46	2,98	2,98	34,09	4,76	3,28	54,46			
<i>Actinocyclus sp.</i>	2,57	2,34	18,85	7,45	6,00	54,58	2,34	2,34	17,15			
<i>Amphora coffeaformis</i>	0,36	0,36	5,22	5,44	4,03	77,99	1,17	1,17	16,79			
<i>Amphiproora alata</i>	1,43	0,81	16,67	5,96	5,96	69,65	1,17	1,17	13,68			
<i>Hermesinium adriaticum</i>	11,18	5,63	7,03	136,49	65,81	85,74	11,51	7,31	7,23			
<i>Melosira pseudogranulata</i>	4,83	2,76	17,24	22,60	18,66	80,62	0,60	0,60	2,14			
<i>Chaetoceros didymus</i>				69,75	69,75	3,95	0,43	0,43	0,02	1,694,74	1,047,38	96,02
<i>Coscinodiscus asteromphalus</i>				40,46	27,51	50,69	6,87	6,87	8,61	32,49	11,64	40,71
<i>Amphora ostrearia</i>				4,55	3,22	81,46	0,62	0,62	11,19	0,41	0,41	7,34
<i>Amphora ventricosa</i>				3,06	2,05	16,92	4,53	3,12	25,08	10,47	10,05	58,00
<i>Neoceratium fuscum</i>				3,97	3,05	15,01	5,90	2,42	22,28	2,05	1,44	7,74
<i>Asterionellopsis glacialis</i>				154,99	154,99	6,04	87,00	40,52	3,39	2,323,52	1,201,12	90,57
<i>Gonyaulax sp1</i>				4,69	4,69	50,09	2,34	2,34	24,99	2,34	1,98	24,92
<i>Guinardia striata</i>				141,43	111,27	15,09	115,58	61,13	12,33	599,06	450,39	63,93
<i>Gyrosigma balticum</i>				1,56	1,56	43,07	0,43	0,43	11,82	1,64	1,64	45,12
<i>Navicula cancelata</i>				13,41	13,41	88,69	1,05	0,74	6,97	0,66	0,66	4,34
<i>Prorocentrum gracile</i>				9,69	7,80	58,02	1,19	0,87	7,13	5,82	5,02	34,85
<i>Protoperidinium spiniferum</i>				17,88	17,88	33,78	5,46	5,46	10,32	29,59	25,18	55,90
<i>Protoperidinium steinii</i>				160,18	118,54	65,07	7,03	4,85	2,85	78,97	38,39	32,08
<i>Pyrophacus horologium</i>				2,48	2,48	17,06	1,96	1,26	13,49	10,11	4,48	69,45
<i>Chaetoceros lacinosus</i>							43,65	25,52	22,15	153,40	122,33	77,85
<i>Coscinodiscus centralis</i>							3,17	3,17	58,08	2,29	2,29	41,92
<i>Ceratocorys armata</i>							2,34	2,34	78,13	0,66	0,66	21,88
<i>Bacillaria paxillifer</i>							3,75	3,75	8,77	38,96	38,96	91,23
<i>Chaetoceros subtilis</i>							9,13	9,13	38,27	14,72	12,58	61,73
<i>Cylindrotheca closterium</i>							10,71	6,88	19,61	43,92	31,72	80,39
<i>Gyrodinium fissum</i>							1,09	1,09	15,72	5,86	3,83	84,28
<i>Helicotheca thamesis</i>							13,49	7,44	41,89	18,72	13,94	58,11
<i>Hemiaulus membranaceus</i>							1,98	1,98	70,77	0,82	0,82	29,23
<i>Dinophysis sp</i>							1,80	1,80	17,06	8,76	6,81	82,94
<i>Pediastrum duplex</i>							7,14	2,83	70,48	2,99	2,63	29,52
<i>Peridinium sphaericum</i>							3,43	2,53	51,80	3,20	3,20	48,20
<i>Pinnularia gentilis</i>							1,60	1,23	26,82	4,37	2,60	73,18
<i>Protoperidinium pelucidum</i>							5,46	5,46	23,13	18,16	17,03	76,87
<i>Proboscia alata</i>							9,13	6,80	74,49	3,13	3,13	25,51
<i>Pseudonitzschia sp1</i>							36,19	17,74	0,82	4,367,01	2,341,24	99,18
<i>Biddulphia longicurvis</i>	0,23	0,23	11,66				1,76	1,76	88,34			
<i>Pinnularia nobilis</i>	0,49	0,34	29,59				1,17	1,17	70,41			
<i>Pleurosigma sp</i>	0,33	0,33	52,66				0,30	0,30	47,34			
<i>Synedra sp</i>	1,21	1,21	33,41				2,42	1,67	66,59			
<i>Synedra ulna</i>	2,09	1,25	81,16				0,49	0,35	18,84			
<i>Biddulphia regia</i>	0,33	0,33	10,30				0,62	0,62	19,27	1,64	1,64	50,59
<i>Chaetoceros lorentzianus</i>	0,57	0,39	0,18				54,92	25,80	17,50	255,80	99,09	81,51
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	11,85	11,85	4,49				125,40	73,32	47,47	4,34	3,93	1,64
<i>Coscinodiscus sp1</i>	4,51	3,81	26,98				6,90	4,14	41,25	4,67	3,24	27,93
<i>Diploneis smithii</i>	0,33	0,33	16,66				1,01	0,71	50,63	0,66	0,66	32,71
<i>Guinardia flaccida</i>	0,33	0,33	0,96				23,81	7,59	68,28	10,73	8,63	30,77
<i>Odontella mobiliensis</i>	0,46	0,46	0,90				28,17	13,60	55,56	22,08	8,54	43,55
<i>Rhizosolenia hebetata</i>	0,30	0,30	1,44				5,23	4,41	24,73	15,61	7,90	73,83
<i>Thalassiotrix mediterranea</i>	4,16	3,33	33,86				0,43	0,43	3,46	7,71	5,41	62,68
<i>Ceratocorys horrida</i>	0,23	0,23	26,50									
<i>Thalassionema elegans</i>	0,30	0,30	19,46									
<i>Gyrodinium sp2</i>				1,94	1,94	33,70				3,81	2,71	66,30
<i>Chaetoceros diversum</i>				10,51	7,43	11,11				84,07	57,71	88,89
<i>Dimeregramma sp</i>				2,24	2,24	46,01				2,62	2,62	53,99
<i>Prorocentrum maximum</i>				3,73	3,00	67,04				1,19	0,88	21,39
<i>Prorocentrum micans</i>				0,99	0,99	28,44				2,50	2,50	71,56
<i>Prorocentrum sp</i>				1,94	1,94	35,14				3,58	2,04	64,86
<i>Chaetoceros massiliense</i>	1,48	1,48	1,50							97,50	77,16	98,50
<i>Diplopsalis sp.</i>	0,26	0,26	38,83							0,41	0,41	61,17
<i>Donkinia recta</i>	0,46	0,46	27,70							1,19	0,88	72,30
<i>Oscillatoria sp 2</i>	8,20	8,20	65,01							3,16	2,21	25,03
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	2,00	2,00	37,93							3,28	3,28	62,07
<i>Morfotipo 1</i>				28,07	17,27	78,93	7,49	7,49	21,07			
<i>Nitzschia sigma</i>				0,97	0,97	14,72	5,61	3,48	85,28			
<i>Protoperidinium pentagonum</i>				14,31	7,70	95,82	0,62	0,62	4,18			
<i>Rhizosolenia alata</i>	1,64	1,12	19,74	3,43	2,32	41,27				3,24	1,80	38,99
<i>Scipsiella sp</i>	1,48	1,48	5,13	11,18	11,18	38,69				16,23	12,62	56,19

ANEXO A. Abundancia (cél/L) de las especies encontradas en la bahía de Cartagena durante la época de transición, en cada estación de muestreo. LL: lluvias; SC: seca; TR: transición; S: superior; F: fondo.

Especies:	TR-S-B1	TR-F-B1	TR-S-B3	TR-F-B3	TR-S-B4	TR-F-B4	TR-S-B5	TR-F-B5	TR-S-B7	TR-F-B7	TR-S-B8	TR-F-B8	TR-S-B9	TR-F-B9	TR-S-B11	TR-F-B11	TR-S-B13	TR-F-B13	TR-S-B16	TR-F-B16	TR-S-B17	TR-F-B17	TR-S-B100	TR-F-B100	Ab. Relativa (%)		
<i>Actinocyclus octonarius</i>									16,39										122,95				65,57	49,18	0,032		
<i>Actinocyclus</i> sp												133,33														0,034	
<i>Hemidiscus cuneiformis</i>																										0,035	
<i>Leptocylindrus danicus</i>			963,93	26,23	983,61																		61,48			0,529	
<i>Guinardia flaccida</i>												33,33														0,009	
<i>Guinardia striata</i>	1,225,41		51,64			278,69	257,78				1,011,11	366,67	791,67		405,00										1,142		
<i>Proboxia alata</i>									16,39	10,93																0,007	
<i>Rhizosolenia</i> sp				13,11																						0,003	
<i>Melosira moniliformis</i>	287,70	149,18	189,34	65,57	81,97																					0,216	
<i>Melosira pseudogranulata</i>									204,92	21,86									43,72		54,64					0,083	
<i>Skeletonema costatum</i>	30,304,92	11,316,39	158,756,56	5,311,48	45,434,43	17,950,82	2,545,56		8,459,02	573,77	2,946,67	1,500,00	1,333,33			111,11	18,841,53	196,72	11,598,36	570,49	2,937,70	135,25	17,278,69	5,754,10	89,457		
<i>Amphora coffaeiformis</i>			17,21								5,46															0,006	
<i>Amphora ostraria</i>			17,21	13,11																				32,79		0,016	
<i>Amphora ventricosa</i>			17,21		16,39																					0,009	
<i>Amphora</i> sp1						8,20																				0,002	
<i>Climacosphenia moniligera</i>						24,59															19,67					0,005	
<i>Dimersgramma</i> sp																										0,006	
<i>Fragilaria</i> sp				91,80																						0,024	
<i>Grammatophora marina</i>			51,64	131,15		24,59				10,93																0,057	
<i>Licmophora lyngbyei</i>				13,11																						0,003	
<i>Synedra</i> sp				26,23																						0,007	
<i>Thalassionema nitzschoides</i>								86,67	442,62	349,73						44,44							49,18	109,29	110,66	0,440	
<i>Thalassionema frauenfeldii</i>									221,31	43,72								43,72								0,080	
<i>Amphiroa alata</i>						65,57																				0,017	
<i>Odontella longicrus</i>																										0,010	
<i>Odontella mobilensis</i>																										0,054	
<i>Odontella regia</i>				13,11																						0,003	
<i>Ceratulina pelagica</i>			17,21																							0,004	
<i>Cocconeis</i> sp																								12,30		0,003	
<i>Hemiaulus hauckii</i>											57,78															0,015	
<i>Hemiaulus sinensis</i>									32,79															24,59		0,025	
<i>Bacillaria paxillifer</i>																								78,69		0,020	
<i>Bacteriastrium comosum</i>									16,39			33,33												36,89		0,023	
<i>Bacteriastrium delicatulum</i>										5,46		33,33													24,59	0,016	
<i>Chaetoceros affine</i>					24,59				122,95	38,25	86,67	633,33											12,30	10,93	49,18	0,254	
<i>Chaetoceros atlanticum</i>			17,21			57,38			90,16	38,25													26,23	36,89		0,069	
<i>Chaetoceros breve</i>						65,57			65,57								10,93				9,84			10,93	49,18	0,055	
<i>Chaetoceros curvisetum</i>	31,97	53,28		13,11		16,39		216,67				133,33		180,00			54,64				9,84					0,185	
<i>Chaetoceros diversum</i>			17,21		16,39				81,87																	0,030	
<i>Chaetoceros laciniatus</i>												433,33														0,113	
<i>Chaetoceros lorentzianus</i>												66,67														0,017	
<i>Chaetoceros messanensis</i>																22,22										0,006	
<i>Chaetoceros peruvianum</i>									32,79	16,39															12,30	0,016	
<i>Chaetoceros</i> sp		74,59							32,79	27,32																0,035	
<i>Chaetoceros willeri</i>						8,20																				0,002	
<i>Coscinodiscus asteromphalus</i>			189,34	144,26																						0,087	
<i>Coscinodiscus gigas</i>	564,75	117,21	292,62	196,72	2,385,25	368,85		8,20			28,89								196,72		122,95	19,67	78,69	73,77	43,72	61,48	1,186
<i>Coscinodiscus radiatus</i>								32,79																			0,876
<i>Coscinodiscus</i> sp2																										0,009	
<i>Coscinodiscus</i> sp																										0,006	
<i>Coscinodiscus thersi</i>			117,21			90,16													21,86							0,006	
<i>Diploneis crabro</i>									8,20																	0,002	
<i>Diploneis smithii</i>																									12,30	0,003	
<i>Gyrosigma balticum</i>			17,21																							0,004	
<i>Gyrosigma</i> sp2						32,79																				0,009	
<i>Navicula cancellata</i>				13,11		147,54																				0,042	
<i>Pseudonitzschia pungens</i>	916,39	170,49	1,618,03		426,23	254,10			2,598,36	131,15								295,08			109,29		655,74		153,01	86,07	1,929
<i>Nitzschia sigma</i>		10,66		26,23								66,67															0,027
<i>Nitzschia</i> sp2				39,34																							0,010
<i>Pseudonitzschia</i> sp1											260,00																0,068
<i>Surirella fastuosa</i>										21,86									43,72	21,86							0,023
<i>Dityche fibula</i>											28,89	100,00	41,67	27,78	405,00	22,22										0,216	
<i>Cistot</i>	117,21	95,90		13,11	196,72	73,77			96,67	43,33									76,50	32,79	109,29	28,51	131,15			0,296	
<i>Neoceratium furca</i>			17,21							10,93																	0,028
<i>Neoceratium fusus</i>					32,79			32,22					33,33		27,78	45,00										0,047	
<i>Neoceratium hircus</i>					16,39														43,72			19,67				0,191	
<i>Neoceratium tripos</i>	298,36		240,98																								0,041
<i>Dinophysis caudata</i>																											0,009
<i>Ornithocercus magnificus</i>								128,89			28,89																0,041
<i>Hermesinum adriaticum</i>			86,07		16,39				65,57	21,86									568,31	32,79	546,45	39,34	131,15			0,472	
<i>Diplopsalis asymmetrica</i>						32,79																					0,018
<i>Diplopsalis</i> sp2																			43,72						36,89		0,011
<i>Protoperidinium conicum</i>	10,66																										0,003
<i>Protoperidinium elegans</i>					16,39																						0,004
<i>Protoperidinium oceanicum</i>			34,43		81,97							57,78			45,00							27,32			54,64	24,59	0,085
<i>Protoperidinium pentagonum</i>			34,43	13,11	57,38																						0,044
<i>Protoperidinium</i> sp1	42,62																										0,011
<i>Protoperidinium</i> sp5		85,25	51,64	13,11	147,54																						0,092
<i>Protoperidinium</i> sp						106,56																					0,028
<i>Protoperidinium spiniferum</i>																											