

**Caracterización espacial y temporal de la estructura de la comunidad de
fitoplancton y su correlación con algunas variables ambientales locales en la
Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano**

ERIKA PAOLA ACOSTA ESCORCIA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE BIOLOGÍA
BUCARAMANGA
2012**

**Caracterización espacial y temporal de la estructura de la comunidad de
fitoplancton y su correlación con algunas variables ambientales locales
en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano**

ERIKA PAOLA ACOSTA ESCORCIA

**Trabajo de grado presentado para optar al título de
BIÓLOGA**

**DIRECTOR
ALEX BÁEZ POLO
BIÓLOGO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE BIOLOGÍA
BUCARAMANGA
2012**

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al programa de “Calidad Ambiental Marina” (CAM), del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR), en cabeza de la Doctora Luisa Espinoza Coordinadora del programa CAM, por el apoyo financiero y logístico suministrado para la realización del presente trabajo, enmarcado dentro del proyecto: “Monitoreo Ambiental de las Comunidades Vegetales y de los Recursos Pesqueros Durante la Rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta” del INVEMAR para el año 2007. Igualmente agradezco de manera especial al equipo de la Unidad de Laboratorios del INVEMAR por el apoyo prestado en el análisis de los datos Físicoquímicos del presente trabajo; así como a la coordinación académica de INVEMAR a cargo de Carolina Jaramillo por su amable disposición y colaboración.

A Alex Báez por sus enseñanzas y contribución en la Dirección de este trabajo, a Fabián Cortes por su apoyo y asesoría en el análisis de la información, a Darío Vega, Yesid Lozano y Andrés Malagón por sus valiosos aportes y sugerencias.

A la Profesora Martha Patricia Ramírez por su asesoría y ayuda en la presentación de este trabajo ante la universidad, a la profesora Rosa Aura Gavilán por sus enseñanzas y por inspirarme en el estudio de la limnología. A María Yamile Ardila por su amable colaboración desde la secretaría de la escuela de Biología.

A mi Familia por su amor, esfuerzo y comprensión, a mi hermano Diego por ser mi mano derecha ante la universidad; a Rafael Naranjo por su amor y compañía.

Mi Mayor Agradecimiento va dirigido a Dios mi Padre Celestial por llevarme siempre de su mano con amor durante todo este proceso.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	15
1. MARCO TEÓRICO	18
2. JUSTIFICACIÓN.....	26
3. OBJETIVOS.....	27
3.1. GENERAL.....	27
3.2. ESPECÍFICOS.....	27
4. ÁREA DE ESTUDIO	28
4.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA	28
5. METODOLOGÍA	32
5.1.FASE DE CAMPO	32
5.2.FASE DE LABORATORIO.....	33
5.3.TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	36
6. RESULTADOS.....	40
6.1. DESCRIPCIÓN DE VARIABLES AMBIENTALES	40
6.2. CARACTERIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA	52
6.3. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA DE LA CGSM-CP	73
6.4. RELACIÓN CON VARIABLES AMBIENTALES.....	76
7. DISCUSIÓN	78
8. CONCLUSIONES	94
9. BIBLIOGRAFÍA	95
10. ANEXOS	108

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Métodos de análisis de las variables fisicoquímicas medidas en campo. .	33
Tabla 2. Valores promedios de precipitación (P) para la estación “Aeropuerto Simón Bolívar” de Santa Marta durante los años 1987, 1993-1996 y 2007.....	41
Tabla 3. Índices ecológicos para las diferentes estaciones (a) y épocas climáticas (b) en la CGSM, durante el año 2007.....	69
Tabla 4. Análisis de varianza (ANOVA) y prueba de Kruskal Wallis, para los atributos comunitarios e índices ecológicos entre las diferentes estaciones y épocas climáticas en la CGSM-CP durante el año 2007. Diferencias significativas con $p < 0,05$	70
Tabla 5. Pruebas de hipótesis ANOSIM para las épocas climáticas en la CGSM durante el año 2007.	75
Tabla 6. Análisis de BIOENV entre el componente biótico y el abiótico en la CGSM, durante el año 2007.	77

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Mapa del área de estudio; muestra las estaciones evaluadas dentro de la CGSM-CP: LBA: Boca de La barra; RIN: Rinconada; CEN: Centro de la Ciénaga Grande; CAN: Caño Aguas Negras; LUN: Ciénaga la luna; PAJ: Ciénaga pajarales; FRF: Frente al río fundación.	30
Figura.2. Variación mensual de la precipitación durante el año 2007 para la estación meteorológica del IDEAM ubicada en el Aeropuerto Simón Bolívar de Santa Marta.	40
Figura 3. Variación mensual de los caudales (m ³ /seg) para los ríos Aracataca, Fundación y Sevilla durante el año 2007.	42
Figura 4. Variación espacial y temporal de los promedios de la Profundidad de Disco Secchi (TRA) en la CGSM-CP durante el año 2007.	43
Figura 5 Variación espacial y temporal del Sólidos Suspendidos Totales (SST) en la CGSM-CP durante el año 2007.	44
Figura 6. Variación espacial y temporal de la Conductividad Eléctrica (CON) en la CGSM-CP durante el año 2007.	45
Figura 7. Variación espacial y temporal del Porcentaje de Salinidad (SAL) en la CGSM-CP durante el año 2007.	45
Figura 8. Variación espacial y temporal del pH en la CGSM-CP durante el año 2007.	46
Figura 9. Variación espacial y temporal del Oxígeno Disuelto (OD) en la CGSM-CP durante el año 2007.	47
Figura 10. Variación espacial y temporal del porcentaje de saturación de Oxígeno (%SO) en la CGSM-CP durante el año 2007.	47
Figura 11. Variación espacial y temporal de la Temperatura (TEM) en la CGSM-CP durante el año 2007.	48
Figura 12. Variación espacial y temporal de la Concentración de amonio (NH4) en la CGSM-CP durante el año 2007.	49

Figura 13. Variación espacial y temporal de la Concentración de Nitritos (NO ₂) en la CGSM-CP durante el año 2007.....	50
Figura 14. Variación espacial y temporal de la Concentración de Nitratos (NO ₃) en la CGSM- CP durante el año 2007.....	50
Figura.15. Variación espacial y temporal de la Concentración de Orto fosfatos (PO ₄) en la CGSM- CP durante el año 2007.	51
Figura 16. Distribución porcentual de las morfo-especies en los principales grupos Fitoplanctónicos en la CGSM-CP durante el año 2007. Diatomeas Céntricas (DC), Diatomeas Pennadas (DP), Dinoflagelados (DN), Euglenófitas (EG), Cianófitas (CN) y Clorófitas (CL).	52
Figura 17. Distribución porcentual de la abundancia de los principales grupos Fitoplanctónicos en la CGSM-CP durante el año 2007. Diatomeas Céntricas (DC), Diatomeas Pennadas (DP), Dinoflagelados (DN), Euglenófitas (EG), Cianófitas (CN) y Clorófitas (CL).....	53
Figura 18. Distribución de los principales grupos Fitoplanctónicos: Diatomeas Céntricas (DC), Diatomeas Pennadas (DP), Dinoflagelados (DN), Euglenófitas (EG), Cianófitas (CN) y Clorófitas (CL), a través de las estaciones muestreadas en la CGSM-CP durante el año 2007.....	58
Figura 19. Distribución de la abundancia de los principales grupos Fitoplanctónicos: Diatomeas Céntricas (DC), Diatomeas Pennadas (DP), Dinoflagelados (DN), Euglenófitas (EG), Cianófitas (CN) y Clorófitas (CL), a través de las estaciones muestreadas en la CGSM-CP durante el año 2007.....	59
Figura 20. Variación de la abundancia de los principales grupos Fitoplanctónicos: Diatomeas Céntricas (DC), Diatomeas Pennadas (DP), Dinoflagelados (DN), Euglenófitas (EG), Cianófitas (CN) y Clorófitas (CL), en la estación de LBA durante el año 2007.	60
Figura 21. Variación de la abundancia de los principales grupos Fitoplanctónicos: Diatomeas Céntricas (DC), Diatomeas Pennadas (DP), Dinoflagelados (DN), Euglenófitas (EG), Cianófitas (CN) y Clorófitas (CL), en la estación de RIN durante el año 2007.....	61
Figura 22. Variación de la abundancia de los principales grupos Fitoplanctónicos: Diatomeas Céntricas (DC), Diatomeas Pennadas (DP), Dinoflagelados (DN), Euglenófitas (EG), Cianófitas (CN) y Clorófitas (CL), en la estación de LUN durante el año 2007.....	62

Figura 23. Variación de la abundancia de los principales grupos Fitoplanctónicos: Diatomeas Céntricas (DC), Diatomeas Pennadas (DP), Dinoflagelados (DN), Euglenófitas (EG), Cianófitas (CN) y Clorófitas (CL), en la estación de CAN durante el año 2007.....	63
Figura 24. Variación de la abundancia de los principales grupos Fitoplanctónicos: Diatomeas Céntricas (DC), Diatomeas Pennadas (DP), Dinoflagelados (DN), Euglenófitas (EG), Cianófitas (CN) y Clorófitas (CL), en la estación de PAJ durante el año 2007.	64
Figura 25. Variación de la abundancia de los principales grupos Fitoplanctónicos: Diatomeas Céntricas (DC), Diatomeas Pennadas (DP), Dinoflagelados (DN), Euglenófitas (EG), Cianófitas (CN) y Clorófitas (CL), en la estación de CEN durante el año 2007.	66
Figura 26. Variación de la abundancia de los principales grupos Fitoplanctónicos: Diatomeas Céntricas (DC), Diatomeas Pennadas (DP), Dinoflagelados (DN), Euglenófitas (EG), Cianófitas (CN) y Clorófitas (CL), en la estación de FRF durante el año 2007.	67
Figura 27. Variación espacial y temporal de la Biomasa fitoplanctónica en la CGSM- CP durante el año 2007.	68
Figura 28. Gráfico comparativo de cajas y bigotes entre épocas climáticas para la abundancia, biomasa e índices ecológicos de la comunidad fitoplanctónica de la CGSM-CP durante el año 2007.....	71
Figura 29. Gráfico comparativo de cajas y bigotes entre estaciones para la abundancia, biomasa e índices ecológicos de la comunidad fitoplanctónica de la CGSM durante el año 2007.....	72
Figura 30. Dendograma de similaridad entre estaciones y épocas obtenido del análisis de clasificación (CLUSTER) en la CGSM, durante el año 2007.....	73
Figura 31. Análisis de ordenación (nMDS) entre (a) épocas y (b) estaciones en la CGSM, durante el año 2007.....	75

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Clasificación Taxonómica.....	108
Anexo B. Abundancias relativas de los Grupos de fitoplancton: Diatomeas Céntricas (DC), Diatomeas Pennadas (DP), Dinoflagelados (DN), Euglenófitas (EG), Cianófitas (CN) y Clorófitas (CL) en la CGSM-CP durante el año 2007....	114
Anexo C. Variables Fisicoquímicas de la CGSM-CP durante el año 2007. Transparencia (TRA), Temperatura (TEM), Conductividad (CON), Salinidad (SAL), Oxígeno disuelto (OD), Porcentaje de saturación de oxígeno (%SO), Sólidos suspendidos totales (SST) y pH.	115
Anexo D. Valores de Nutrientes y Biomasa (BMS) de la CGSM-CP durante el año 2007.....	116
Anexo E. Valores de Índices Ecológicos: Diversidad de Shanon (H'), Equidad (J') y Riqueza de Margalef (d), en la CGSM-CP durante el año 2007.	117
Anexo F. Resultado del análisis SIMPER realizado entre épocas climáticas en la CGSM-CP durante el año 2007. Promedio de la abundancia de la especie (P. Abundancia), Promedio de disimilaridad entre épocas por especie (P. Disim), Cosiente SIMPER (DISS/SD) y porcentaje de contribución de la especie al promedio de disimilaridad total (Contrib%).	118
Anexo G. Valores totales mensuales (Enero – Noviembre) de precipitación (mms). Datos suministrados por el IDEAM para el año 2007. Estación Meteorológica ubicada en el Aeropuerto Simón Bolívar de Santa Marta (1501505). Latitud= 1108 N, Longitud= 7414 W, Elevación= 0004 m,s,n,m. ...	124
Anexo H. Valores totales mensuales (Enero – Noviembre) de caudales (m3/s). Datos suministrados por el IDEAM para el año 2007. Estaciones Meteorológicas ubicadas en: a. Río Aracataca (Estación “Canal Florida”, 10°45' N- 74°06' W); b. Río Fundación (Estación “Fundación”, 10°31' N- 74°11' W) y c. Río Sevilla (Estación “Puente. Ferrocarril”, 10°35' N- 74°12' W).....	124
Anexo I. Álbum de Morfo Especies.....	125

RESUMEN

TÍTULO: “Caracterización espacial y temporal de la estructura de la comunidad de fitoplancton y su correlación con algunas variables ambientales locales en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano”.*

AUTOR: Erika Acosta Escorcía.**

PALABRAS CLAVES: Comunidad fitoplanctónica, Lagunas Costeras, Salinidad, Nutrientes, CGSM.

DESCRIPCIÓN

El objetivo de este estudio fue caracterizar a nivel espacial y temporal la estructura de la comunidad de fitoplancton en la Ciénaga Grande de Santa Marta CGSM, y determinar su correlación con algunas variables ambientales locales. El muestreo fue bimestral (febrero a diciembre de 2007) en siete estaciones a lo largo de la CGSM. Se recolectaron muestras de agua con una botella Ruttner (1L), se analizaron en campo y laboratorio las variables fisicoquímicas de profundidad, transparencia, conductividad, salinidad, temperatura, pH, oxígeno disuelto, saturación de oxígeno y nutrientes (NH_4 , NO_2 , NO_3 y PO_4). También en laboratorio se evaluaron las variables biológicas de composición y abundancia fitoplanctónicas con el método Utermöhl, utilizando un microscopio invertido; se midió la biomasa fitoplanctónica e índices ecológicos (Shannon Weiner – H, equitabilidad – J y Riqueza). Los resultados se analizaron con estadística descriptiva (promedios, mínimos y máximos), estadística univariada (ANOVA Two Way), métodos de clasificación (CLUSTER) y ordenación (nMDS), prueba de hipótesis (ANOSIM) y la prueba de correlación de variables ambientales y biológicas (BIOENV).

Los resultados mostraron que la comunidad de fitoplancton de la CGSM durante el 2007 varió a nivel temporal y no a nivel espacial; en la composición de especies los grupos predominantes fueron las Diatomeas Pennadas y Céntricas, especialmente durante la época seca, en términos de abundancia predominaron en todas las estaciones y épocas las Cianófitas, especialmente la denominada Cianofita Coccoide y la Cianofita Filamentosa; lo que se reflejó en la alta dominancia mostrada por el sistema de acuerdo con los bajos valores obtenidos por los índices de diversidad y equitabilidad. La biomasa estuvo influenciada por el tamaño de las morfo especies en cada época climática y finalmente se hallaron altas correlaciones entre el componente biológico y el fisicoquímico, especialmente con las variables de transparencia, salinidad y NO_3 .

*Trabajo de Grado.

**Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ciencias, Escuela de Biología, Director: Alex Báez, Biólogo Investigador INVEMAR.

ABSTRACT

TITLE: "Spatial and temporal characterization of the structure of the phytoplankton community and its correlation with local environmental variables in the Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombian Caribbean".*

AUTHOR: Erika Acosta Escorcia.**

KEY WORDS: phytoplankton community, Coastal Lagoons, Salinity, Nutrients, CGSM.

DESCRIPCIÓN

The main goal of this study is to characterize the community of phytoplankton's structure in the Ciénaga Grande de Santa Marta CGSM, in a spatial and temporal level; and determine their correlation with local environmental variables. The water samples were collected every two months (February to December 2007), with a Ruttner's bottle (1L) at seven stations along the CGSM – CP; then they were analyzed *in situ* and in the laboratory to measure the following physicochemical variables: depth, transparency, conductivity, salinity, temperature, pH, dissolved oxygen, nutrients and oxygen saturation (NH₄, NO₂, NO₃ y PO₄). Also in the laboratory were measured biological variables of abundance and phytoplankton composition using the Utermohl method with a inverted microscope at 20x and 40x magnification. Finally there was calculated phytoplankton biomass and diversity (Shannon Wiener - H, evenness - J and Wealth). The results were analyzed using descriptive statistics (mean, minimum and maximum), univariate statistics (ANOVA Two Way), classification methods (CLUSTER), ordination methods (nMDS), hypothesis testing (ANOSIM) and the correlation test for the environmentals and biological variables (BIOENV).

The analysis of results reveals that the phytoplankton community of the CGSM-PC in 2007 changed in a temporal level, not spatially; Pennate and Centric Diatoms were the dominant groups in terms of species composition, especially during the dry season, while in terms of abundance, predominated the cyanophytes group in all stations and seasons of, especially the coccoid cyanophyte and the filamentous cyanophyte; This was reflected by in the high dominance displayed by the system according to the low values obtained by the diversity and equitability indices. The biomass was influenced by the size of the morphological species in each season, and on the analysis of correlation between physicochemical and biological components were obtained particularly high correlations with the variables of transparency, salinity and NO₃.

* Undergraduate work.

** Industrial University of Santander, Faculty of Science, Biology's School, Director: Alex Báez, Biologist Investigator INVEMAR.

INTRODUCCIÓN

Las lagunas costeras son consideradas sectores de tránsito y de mezcla de energía, agua y sedimentos en la interfase continente – océano (Álvarez *et al.*, 2003). Debido a estas características se constituyen también en zonas de gran importancia socio-económica, al convertirse en asentamientos de recursos alimentarios, energéticos, turísticos y de vivienda (Farreras, 2004).

En las lagunas costeras pueden confluir un sin número de ambientes naturales, tales como estuarios, manglares y humedales dulceacuícolas reconocidos ampliamente como los ecosistemas más productivos en el mundo (Castel, *et al.*, 1996; Álvarez *et al.*, 2003; Varona y Gutiérrez, 2003; Aubriot *et al.*, 2005; Simard *et al.*, 2008); y a la vez los más frágiles debido al mal uso que el hombre les ha dado, provocando problemas de contaminación por residuos industriales y domésticos, así como cambios negativos en su dinámica hidrológica.

En Colombia el complejo lagunar Ciénaga Grande de Santa Marta y Ciénaga de Pajarales (CGSM-CP) es un buen ejemplo de esta situación. Este complejo lagunar considerado la laguna costera más grande de Colombia (Hernández y Márquez, 1991) también es uno de los ecosistemas laguno-estuarino más importantes de la cuenca del Caribe, a nivel ecológico y socioeconómico. Esta laguna es una fuente de recursos pesqueros que sostiene la economía de los habitantes de la región (Hernández y Márquez, 1991; Tijero *et al.*, 1998; Rueda y Santos, 1999; Rueda y Defeo, 2003), quienes forman asentamientos dentro y alrededor de la ciénaga (Zamora, 2005). Además dentro del área encontramos una extensa zona de manglares, bosque seco tropical y plantas acuáticas asociadas a pantanos de agua dulce que representan una variedad de hábitat y una riqueza forestal y faunística (Tuchkovenko y Calero, 2003; Simard *et al.*, 2008), que permitió a la región ser designada como “Humedal de Importancia

Internacional RAMSAR y Reserva de la Biosfera” por las Naciones Unidas (UNESCO, 2000).

Existen diversos factores que generan estrés sobre el sistema de la CGSM-CP, la mayoría relacionados con actividades antropogénicas; aunque también existen presiones naturales. Las principales alteraciones antropogénicas son de tipo físico (Gónima *et al.*, 1998) y han generado un profundo impacto sobre el sistema como son la obstrucción del intercambio natural con el mar caribe y con los afluentes (Gocke *et al.*, 2003). Esto ocurrió debido a la construcción de las carreteras Barranquilla-Ciénaga en 1956 que interrumpió la comunicación de la Ciénaga con el mar y la carretera Palermo-Sitio Nuevo en los años 70 que interrumpió la comunicación con el Río Magdalena. Otro factor fue la construcción de canales y diques que impiden el desbordamiento del Río Magdalena y colmatan los cauces de los afluentes por rápida sedimentación y colonización de macrófitas acuáticas (Botero y Salzwedel, 1999; Garay *et al.*, 2004; Rivera *et al.*, 2006; Zamora *et al.*, 2007; CORPAMAG, 2009).

Todo esto en conjunto ha afectado principalmente su equilibrio hidrológico, lo que desencadenó una serie de síntomas empezando con la hipersalinización de las aguas y suelos del sistema, principal causa de la muerte masiva del manglar y consecuente disminución de la producción pesquera y degradación de los recursos ambientales en general, lo cual se vio reflejado en el descenso del nivel de vida de los pobladores de la región (Garay *et al.*, 2004; Blanco *et al.*, 2007; Zamora *et al.*, 2007).

Como medida para contrarrestar la hipersalinización de la ciénaga, a finales de los noventa se inició la reapertura de seis caños que conectan a la CGSM-CP con el río Magdalena, los cuales permitirían el restablecimiento del régimen hídrico del sistema (CORPAMAG, 2009). Cuatro de estos caños fueron dados al servicio en 1996 (Clarín, Torno, Almendros y Alimentador), mientras los dos restantes lo

hicieron en 1998 (Renegado y Aguas Negras), (Blanco *et al.*, 2006; CORPAMAG, 2009). Dichos trabajos de reconexión se hicieron dentro del marco del proyecto PROCIENTENAGA iniciado en 1992 (Garay *et al.*, 2004), que pretendía contribuir con la rehabilitación, ordenamiento y manejo integral de las condiciones ecológicas de la región (Ruiz, 1999) y cuya principal obra fue la reapertura de estos caños (Gónima *et al.*, 1998).

Además de los problemas relacionados con el equilibrio hídrico de la CGSM-CP, se encuentran otros como la contaminación química originada en las actividades agrícolas de la zona, contaminación microbiológica por parte de los pobladores de la zona, erosión por deforestación, disminución del caudal de los ríos provenientes de la Sierra Nevada de Santa Marta por captación del agua para distritos de riego (Botero y Salzwedel, 1999), la sobreexplotación de recursos pesqueros (Zamora *et al.*, 2007) y procesos de eutrofización (Sánchez, 1998; Sánchez y Zea, 2000) que durante todo este tiempo han venido deteriorando la calidad de las aguas de la CGSM.

Durante más de cuatro décadas la CGSM-CP ha sido objeto de diversos estudios que abarcan aspectos tales como calidad de aguas (Wiedeman, 1973; Carmona, 1979; Zea *et al.*, 1998; Sánchez y Zea, 2000; Betancourt y Ramírez, 2005), los cambios en la vegetación de manglar (Botero and Salzwedel, 1999; Perdomo *et al.*, 1999; Simard *et al.*, 2008;), dinámica de los recursos pesqueros entre otros (Blanco *et al.*, 2007; Villardy, 2007; Zamora *et al.*, 2007) los cuales han permitido un mayor conocimiento de la dinámica de éste cuerpo de agua además de mostrar su creciente deterioro. Dentro de la amplia variedad de estudios acerca de la CGSM-CP, también se encuentran investigaciones acerca del fitoplancton, el cual es un componente biológico importante ya que constituye la unidad básica de producción de materia orgánica requerida por heterótrofos (Varona y Gutiérrez, 2006). El fitoplancton es considerado como un indicador biológico importante ya

que puede contribuir al conocimiento del estado trófico de un sistema a través del estudio de su composición, abundancia y biomasa (Salmaso, 2002).

Dado que en la CGSM-CP se presentan valores de producción primaria muy altos, los cuales se asocian con una alta densidad fitoplanctónica dentro del sistema, se esperaría un potencial pesquero elevado. Sin embargo, la pesca en la CGSM se ha afectado quizás por condiciones ambientales no adecuadas, lo cual podría evaluarse con un estudio de la estructura de la comunidad fitoplanctónica. Esta última sufre fluctuaciones a lo largo del año asociadas a cambios en los factores ambientales (Izaguirre, 1995), debido a sus cortos ciclos de vida (Chattopadhyay y Banerjee, 2007) responden rápidamente ante las modificaciones de factores ambientales, lo que los hace apropiados para caracterizar masas de agua donde ellos normalmente se desarrollan indicando a través de aspectos como su composición y abundancia la calidad de estas aguas (APHA, 2005).

La composición, densidad y tasa de crecimiento de la población fitoplanctónica determina directa o indirectamente cambios en el flujo de carbono, luz y calor de un cuerpo de agua (Sun. *et al*, 2006) es por eso que responder la pregunta ¿Cómo varían espacial y temporalmente los atributos estructurales de la comunidad de fitoplancton y cuál es su nivel de correlación con variables ambientales locales?, contribuye al entendimiento de la dinámica de dicho complejo lagunar. Esta investigación aportará información al objetivo de evaluar de forma integral el impacto del nuevo régimen hidrológico en el proceso de recuperación ecológica de la ecoregión CGSM del proyecto “Monitoreo Ambiental de las Comunidades Vegetales y de los Recursos Pesqueros Durante la Rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta” llevado a cabo por el programa de Calidad Ambiental Marina (CAM) del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR)

1. MARCO TEÓRICO

Las lagunas costeras se pueden definir físicamente como cuerpos de agua someros (<10 m), adyacentes a la costa, conectados al mar de manera temporal o permanente por uno o mas canales y separados de él por una barrera física (Kjerve, 1994). Biológicamente pueden definirse como zonas de transición entre dos biomas, como lo son el océano y el continente (Muylaert *et al*, 2009).

Las lagunas costeras son consideradas ecosistemas muy dinámicos y altamente productivos debido, principalmente, a que presentan una interacción permanente entre el ambiente terrestre y marino que resulta en un balance entre los factores externos e internos existentes en el sistema (Varona y Gutiérrez, 2006). Estos factores influyen en el comportamiento de las variables físicas (iluminación, temperatura, turbidez, corriente), químicas (oxígeno disuelto, pH, minerales, residuos industriales, etc.) y biológicas (densidad de las poblaciones, presencia de plancton y necton inconstantes, etc.) del sistema actuando como fuentes de variabilidad ambiental (Aubriot *et al.*, 2005); lo cual se traduce en cambios de tipo espacial y temporal de la distribución y composición de las comunidades que allí se desarrollan.

Los ecosistemas de lagunas costeras son de gran importancia en el ámbito de la conservación de la biodiversidad, ya que cumplen la función de servir como refugio a aves migratorias, así como a la biota acuática, de los cuales un número considerable reviste interés comercial (Aubriot *et al.*, 2005). Adicionalmente en ellas se da la regulación de desequilibrios y perturbaciones ambientales y el reciclaje de nutrientes. Estos ecosistemas que revisten una gran importancia, son muy sensibles al estar ubicados al final de las cuencas de drenaje y por ser tradicionalmente utilizados de manera equívoca. Estos ecosistemas lagunares están siendo afectados principalmente por actividades antrópicas como la sobreexplotación de las poblaciones naturales y la tala indiscriminada del monte, la urbanización descontrolada, focos puntuales y difusos de contaminación, la falta planificación de las diversas actividades productivas desarrolladas por el hombre

entre otros, lo que da como resultado el deterioro de la capacidad de los sistemas de mantener dichos servicios (Aubriot *et al.*, 2005; Tapia *et al.*, 2007). Por todo esto es de interés la caracterización de estos ecosistemas a través de sus componentes biológicos y fisicoquímicos al igual que de sus procesos claves, desarrollando indicadores a partir de ellos y estableciendo criterios de acuerdo a los objetivos de manejo (Herrera, 2006).

Existen tres conceptos útiles a la hora de dar inicio al estudio y manejo de las lagunas costeras. Primero, se considera la existencia de una interacción entre ecosistemas a través de procesos biogeoquímicos y biológicos, los cuales están regulados por procesos hidrológicos que actúan a diferentes escalas espaciales y temporales de ellos, a lo cual se llama conectividad ecohidrológica. Segundo, existen controles tierra-mar/mar-tierra, que ejercen papeles clave en regular el funcionamiento ecológico de cada ecosistema (Herrera, 2006). Dicho funcionamiento se relaciona con el tercer concepto, el de estabilidad ecológica, el cual considera el regreso (resiliencia) de los ecosistemas a su estado de equilibrio después de una perturbación (Herrera2006).

Teniendo en cuenta los anteriores conceptos es posible estudiar el estado de una laguna costera a partir de los siguientes componentes:

- 1) Caracterización físico-química de las aguas.
- 2) Caracterización de las comunidades y de la dinámica del fitoplancton.
- 3) Caracterización de los hábitats y especies botánicas de interés.

Dentro de dichos componentes uno de los mas importantes es el fitoplancton, considerado como un indicador de procesos en ambientes costeros (Varona y Gutiérrez, 2006); incluido en la lista de la WFD (Sun *et al.*, 2006; Water Framework Directive) como un elemento de calidad biológica (BQE- biological quality element) para aguas costeras, considerándose como parámetros claves indicadores la biomasa, abundancia y composición de dichos organismos (Ferreira *et al.*, 2005).

Definimos el Fitoplancton como el nombre genérico que se le da a aquellos microorganismos fotosintéticos que generalmente habitan la capa de agua iluminada por el sol en los océanos y cuerpos de agua dulce denominada zona

eufótica (Ghosal *et al.*, 2000) y que se caracterizan por su condición necesidad de permanecer en suspensión (Ramírez *et al.*, 2000). Sus células tienen la habilidad de formar agregados, los cuales se dispersan en la columna de agua como resultado de corrientes y turbulencia; generando una distribución heterogénea (Arino, 2004) que puede variar en diferentes escalas de tiempo y espacio (Ghosal *et al.*, 2000).

El fitoplancton esta representado en cada ecosistema por un grupo de formas específicas cuya variedad, abundancia y distribución es directamente dependiente de las adaptaciones a cambios en las variables ambientales; generados por la interacción entre factores bióticos y abióticos de tales ecosistemas (Ramírez *et al.*, 2000; Varona y Gutiérrez, 2006). Dentro de los factores abióticos se encuentran la disponibilidad de nutrientes en el sistema, fluctuaciones del nivel del agua y condiciones climáticas entre otros. En cuanto a los factores bióticos se pueden mencionar aquellos que controlan el crecimiento algal, pérdida de biomasa y consumo por heterótrofos (Ikawa, 2004; Gutiérrez *et al.*, 2006).

En el caso de regiones templadas y polares, las pronunciadas variaciones anuales de la temperatura y la variación del periodo diario de iluminación se cuentan como los factores que mas influyen sobre la tasa de producción del fitoplancton (Gonzáles, 1988). Por otro lado, en los lagos de las regiones tropicales, las variables que regulan los patrones estacionales del fitoplancton son mas que todo la precipitación, sequía, el viento y el nivel de fluctuación del agua (Dellamano, 2003) lo cual se ve reflejado en la distribución del fitoplancton (Espíndola, 1996).

La forma como varían los organismos fitoplanctónicos en el tiempo y en el espacio es de mucho interés debido a que se dan en respuesta a cambios ambientales que afectan la dinámica general de los cuerpos de agua; y que tienden a darse de manera regular de un año a otro, y en diferentes lagos a pesar de su individualidad (Gonzáles, 1988; Varona y Gutiérrez, 2006).

Además de lo anterior la importancia del fitoplancton radica en el hecho de que dichos organismos son el primer nivel de alimento accesible para los animales; en especial para los estados larvales de muchas especies de peces (Arino, 2004). A

través del fitoplancton la energía solar se utiliza para incorporar carbono del ambiente y convertirlo en materia orgánica (fotosíntesis), generando la materia orgánica requerida para el desarrollo y crecimiento de organismos heterótrofos y de esta manera sostener la cadena alimenticia en los ecosistemas acuáticos (Ghosal *et al.*, 2000; González *et al.*, 2006; Varona y Gutiérrez, 2006).

También se sabe que el oxígeno generado por la fotosíntesis representa una parte sustancial del que utilizan los organismos acuáticos heterótrofos para su respiración (González, 1988). Además algunos aspectos de la población fitoplanctónica como la tasa de reproducción dependen en cierto grado de la tasa fotosintética, la cual a su vez se encuentra regulada por la intensidad lumínica entrante (Ghosal *et al.*, 2000).

La captación de energía solar por parte de los organismos autotróficos se mide bajo la forma de productividad primaria y ésta se encuentra determinada por ciertos factores, como son la cantidad de energía radiante procedente del Sol y las características fisicoquímicas del agua, como la temperatura y su contenido en ciertas sales minerales o nutrientes (Ramírez y Alcaraz, 2002; González *et al.*, 2006). Se estima que el fitoplancton contribuye cerca de la mitad de la producción primaria global, siendo la otra mitad generada por las plantas terrestres (Ghosal *et al.*, 2000).

Los organismos fitoplanctónicos captan la energía solar y la transforman en energía química a través de compuestos químicos llamados pigmentos (Reynolds, 1984), que además sirven como criterio clasificatorio de dichos organismos según su similitud en su composición. Así la composición pigmentaria nos da información exclusiva de cada uno de los principales grupos fitoplanctónicos existentes y nos permite estudiar su evolución frente a diversos factores del medio; los cuales producen también cambios en la composición de tamaños del fitoplancton (López, 2005). Los principales grupos fitoplanctónicos son las Cyanophyceae que contienen C- phycocyanina y C- phycoerytrina; los Dinophyceae (dinoflagelados), Bacillariophyceae (diatomeas), y Crysoophyceae los cuales se caracterizan por presentar carotenoides. También se encuentran las clases Euglenophyceae y

Chlorophyceae que se caracterizan por tener Clorofila-b (Tomas, 1993 y Sant'Anna *et al.*, 2006).

Por medio de la composición en de grupos fitoplanctónicos de un cuerpo de agua, se pueden describir ciertas características generales de estos. Por ejemplo, se sabe que las Dinophyceas se encuentran generalmente en baja abundancia en sistemas lénticos tropicales (Smayda, 1997; Ramírez *et al.* 2000); además estos prefieren masas de agua calmadas con pocos nutrientes, pudiendo alimentarse de compuestos orgánicos producidos por otras algas (Smayda, 1997); Las Crysophyceas se encuentran generalmente en aguas con poca cantidad de nutrientes (Margalef, 1983); las Euglenophyceas son abundantes en aguas ricas en materia orgánica (Margalef, 1983) y juegan un papel menor en los ecosistemas lacustres tropicales (Ramírez *et al.*, 2000).

Las Chlorophyceas se considera el grupo mas diversificado que se encuentra en ambientes lénticos tropicales que presentan salinidad moderada o baja; representando casi siempre el 50% del total de taxa identificados en ambientes tropicales (Ramírez *et al.*, 2000). También se sabe que una alta densidad de Cyanophyceas contribuye a que en algunos cuerpos de agua se presenten situaciones de hipoxia y anoxia (De la Hoz, 2004).

De acuerdo con Reynolds (1984), la comunidad fitoplanctónica se estructura, básicamente, en relación a la disponibilidad de nutrientes y luz. En ambientes con disponibilidad de nutrientes, predominan organismos oportunistas, de rápido crecimiento y reproducción, generalmente de pequeño tamaño y alta relación superficie/volumen, denominadas C-estrategas. En ambientes con limitación de nutrientes, predominan los organismos tolerantes a este stress o S-estrategas. En ambientes con cambios frecuentes en la calidad de luz debida generalmente a turbulencias, predominan los R-estrategas. (De León y Chalar, 2004).

Algunos de los fenómenos dados alrededor de la comunidad fitoplanctónica se ven asociados a la producción de una larga variedad de sustancias tóxicas y biológicamente activas que pueden influir en el crecimiento algal, actuando como auto-inhibitorias y a la vez inhibitorias de otras algas e individuos del zooplancton

(Ikawa, 2004). Estas sustancias tóxicas se pueden transferir a través de la cadena trófica hacia niveles superiores, llegando a afectar de manera directa a los humanos y a los recursos del sistema que se vean afectados (Takahashi, 2007).

De esta manera es innegable la necesidad económica y social de entender la ecología del fitoplancton, sobre todo en lo que se relaciona con aquellos factores que regulan las variaciones espaciales y temporales en la distribución y productividad de dichos organismos en ambientes costeros tropicales.

1.1. HISTORIA DEL ESTUDIO DE LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA EN LA CGSM-CP

En la CGSM-CP el estudio de los diferentes aspectos que se relacionan con la comunidad de fitoplancton, empezaron a partir de la década de los 70 con los trabajos de Ávila de Tabares (1978) y Carmona (1979). El primero mostró altos niveles de abundancia de diatomeas pennadas, centrales y de clorófitas sobre el grupo de cianófitas que en este trabajo presentaron bajas densidades. El segundo, estudió la distribución de la composición, densidad de la comunidad planctónica en la CGSM, y su relación con las condiciones hidrográficas del sistema, encontrando que la salinidad y la precipitación actuaron como las variables inversas que condicionaron el comportamiento de la comunidad.

Bula-Meyer (1985) realizó un reporte acerca del florecimiento de las cianófitas: *Anacystis cyaena* (*Microcystis aeruginosa*) en la CGSM y *Nostoc commune* en la Ciénaga Buenavista, el cual produjo grandes pérdidas económicas, como fueron las mortandades de cientos de animales domésticos y la muerte masiva de peces en la CGSM, lo que llevó a un agotamiento del oxígeno dado la descomposición de las especies afectadas.

Kuklikch (1987), cuantificó la biomasa fitoplanctónica y el contenido de seston, atribuyendo más del 60% de la biomasa a especies pequeñas (2-20 μm), con altas tasas de crecimiento que le permitían reaccionar rápidamente a las condiciones cambiantes del sistema. Encontró a las Diatomeas, Clorófitas y Euglenófitas como los principales grupos del sistema.

Hernández (1988) presentó dos trabajos importantes, en uno estudió las variables físico químicas y biológicas del sistema y en el otro estudió la producción primaria fitoplanctónica, encontrando una gran variabilidad espacio temporal de los nutrientes y demás variables físicas, así como plantea la alta productividad de la CGSM y su relación con la salinidad, finalmente definió a la CGSM como un sistema eutrófico.

A partir de 1991, en el estudio realizado por Rondón (1991) acerca de varios aspectos de la ecología del fitoplancton en el Complejo Pajarales, aparecen las cianófitas como el grupo taxonómico más abundante, además estimó que en este sistema la respiración total fue menor que la productividad primaria neta y que esto sumado al aporte de nutrientes y baja salinidad, favoreció la dominancia de las cianófitas y en general el hecho de que se presentaran pocas especies con altas densidades. En general concluyó que el sistema presentó una baja eficiencia, dados los bajos valores de productividad frente a las altas concentraciones de fitoplancton.

Hernández y Márquez (1991), realizaron también estudios acerca de la productividad primaria de la CGSM, encontrando altos valores de productividad primaria, concluyendo, que son sostenidos por los mecanismos de reciclaje y transporte de nutrientes. También definen a la CGSM como un sistema eutrófico, debido a subsidios de energía, materia y en especial de fósforo, lo que es aprovechado por el fitoplancton a la hora de fijar el carbono.

Vidal (1995), determina que la salinidad es la variable que mejor define el comportamiento del fitoplancton, seguida por los valores de disco Secchi. Además, realizó un estudio mas detallado de la composición de la comunidad de fitoplancton, encontrando el mayor número de especies hasta ahora reportado (290 especies), de los cuales el 66% corresponde a especies de Diatomeas. Otro aporte importante de este trabajo al estudio del fitoplancton de la CGSM fue la realización de iconografías detalladas de Diatomeas, Dinoflagelados y Cianofitas, y la clasificación de las especies de acuerdo a su procedencia.

Mogollón (1996) realizó un estudio base sobre la estructura de la comunidad fitoplanctónica del complejo pajarales y la ciénaga El Torno antes de la reapertura del caño Clarín. Este trabajo luego se complementó con los trabajos de Ruiz (1999) y De La Hoz (2004), durante los años de 1996 y 1997, los cuales evaluaron los cambios cuantitativos y cualitativos de la comunidad, como respuesta a cambios ambientales relacionados con la reapertura del caño Clarín en enero de 1996.

Estos últimos trabajos evidenciaron la creciente abundancia de las Cianófitas frente al grupo de las diatomeas y en general el resto de grupos, lo que contribuyó a la definición del sistema como altamente eutrofizado. También concluyeron que las masas de agua dentro de la CGSM-CP, muestran amplias variaciones estacionales que responden a variaciones hidroclimáticas del sistema, lo cual hace que espacialmente las variaciones tanto de los componentes fisicoquímicos como biológicos presentes, se den de manera semejante en todo el sistema.

Desde el año 1993, el INVEMAR a través del programa de “Calidad Ambiental Marina” (CAM), lleva a cabo el monitoreo de las variables fisicoquímicas y biológicas claves, entre ellas la estructura de la comunidad fitoplanctónica, y cuenta con una base de datos que ha permitido adelantar en la comprensión de la dinámica de la CGSM-CP.

2. JUSTIFICACIÓN

En muchos trabajos se ha hecho énfasis en abordar temas de investigación que permitan un diagnóstico de la condición que presentan las lagunas costeras y que a su vez se obtengan herramientas útiles para proponer acciones de manejo que favorezcan la conservación, rehabilitación o uso sustentable de este tipo de ecosistema costero. Para esto se requiere un marco conceptual amplio de manera particular para cada una de las lagunas costeras existentes.

En Colombia, dada la enorme biodiversidad, que corresponde en parte a su extraordinaria riqueza de formas, se ha resaltado la importancia de investigar las lagunas costeras del país, dentro de las cuales la Ciénaga Grande de Santa Marta, como el mayor sistema laguno-estuarino de la costa Caribe colombiana, considerado desde el punto de vista socioeconómico y ecológico, como el más perturbado de Colombia (Sánchez, 1998; Zamora, 2005); requiere un amplio conocimiento acerca de componentes como la calidad de sus aguas, y la relación de estos con la dinámica de la comunidad Fitoplanctónica y así , lograr un adecuado manejo de dicho sistema. Este trabajo contribuye al entendimiento de este cuerpo de agua aportando información importante a la hora de contemplar nuevas investigaciones dentro de la CGSM o en otros ecosistemas paralelos en el país.

3. OBJETIVOS

3.1. GENERAL

Caracterizar espacial y temporalmente la estructura de la comunidad de fitoplancton y establecer su nivel de correlación con algunas variables físicas y químicas del agua en la Ciénaga Grande de Santa Marta.

3.2. ESPECÍFICOS

- Caracterizar la estructura de la comunidad de fitoplancton presente en la Ciénaga Grande de Santa Marta de acuerdo a su composición de géneros, abundancia, biomasa e índices ecológicos.
- Determinar la distribución espacial y temporal de la comunidad de fitoplancton en la Ciénaga Grande de Santa Marta con base a la variación de su diversidad, composición y abundancia de especies.
- Describir el conjunto de variables fisicoquímicas (transparencia, salinidad, conductividad, ph, temperatura, oxígeno disuelto, porcentaje de saturación de oxígeno, concentración de nutrientes y sólidos suspendidos) medidas en la Ciénaga Grande de Santa Marta dentro del periodo de muestreo.
- Evaluar la correlación entre las variaciones espaciales y temporales de la estructura de la comunidad de fitoplancton y el conjunto de variables físicas y químicas del agua evaluadas en la Ciénaga Grande de Santa Marta.

4. ÁREA DE ESTUDIO

4.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El área de estudio hace parte de una amplia zona constituida por humedales de agua dulce, salobre y estuarina; bosques de manglar, playones salinos y por un sistema de canales y lagunas (Botero y Salzwedel, 1999), lo cual se conoce como delta exterior ó llanura deltáica del río Magdalena. Esta zona se encuentra localizada al noroccidente del departamento del Magdalena ($10^{\circ}43'-11^{\circ}00'$ de latitud N y $74^{\circ}16'-74^{\circ}35'$ de longitud W) en la región Caribe de Colombia (Mozo *et al.*, 2006; Rivera *et al.*, 2006).

Esta llanura deltáica del río Magdalena por su lado norte se encuentra separada del Mar Caribe por una barrera natural llamada Isla de Salamanca, la cual tiene una entrada (Boca de la Barra) al final de su lado oeste, de aproximadamente 100 m de ancho y 10 m de profundidad que conecta la CGSM con el mar (Garay *et al.*, 2004; Simard *et al.*, 2008). Por su zona este y sur-este está bordeada por la Sierra Nevada de Santa marta (SNSM), considerada la montaña costera mas alta del mundo, con 5800 m sobre el nivel del mar (Rivera *et al.*, 2006) y de donde provienen tres de los principales afluentes del sistema que desembocan directamente sobre la CGSM (Ríos Sevilla, Aracataca Y Fundación), (Tuchkovenko y Calero, 2003). Al oeste se comunica con el río Magdalena a través de numerosos canales (Rivera *et al.*, 2006; Simard *et al.*, 2008), y al suroeste limita con la Reserva Natural "Santuario de Flora y Fauna Ciénaga Grande de Santa Marta" (De la Hoz, 2004; Blanco *et al.*, 2006).

Además, la llanura abarca una extensión aproximada de 1280 km², 720 de ellos pertenecientes al espejo lagunar que corresponden a la Cienaga Grande de Santa Marta (CGSM), Las ciénagas del Chino y Sevillano (Ubicadas al noreste de la CGSM), y el Complejo Pajarales (CP). La Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM) con 450 km² y el complejo lagunar de Pajarales (CP) con 230 km² ; forman el sistema CGSM-CP conocido como el mas extenso en la Región Caribe (Blanco *et al.*, 2007) y con una profundidad promedio de 1,6 m (Sánchez y Zea,

2000). Estos subsistemas se comunican entre sí de manera directa a través de Caño Grande (Garay *et al.*, 2004)

Dentro de CP se incluyen las ciénagas de La Redonda, Luna, Ahuyama, Tigre, Conchal, Juncal, Aguja, Piedra, Cuatro Bocas, Atascosa, Torno, Poza Verde, entre otras (Botero y Salzwedel 1999; Rivera *et al.*, 2006) que se conectan con el río Magdalena por medio de tres canales: Clarín, Renegado y Aguas negras (Blanco *et al.*, 2007).

Para realizar este estudio, se ubicaron siete estaciones de muestreo (Figura 1), teniendo en cuenta las entradas al sistema de agua dulce y salada, y con base a la información de estudios anteriores (Vidal, 1995; Gocke *et al.*, 2003; De la Hoz, 2004), Las estaciones definidas son:

LBA. Boca de la Barra: (10°99' N, 74°29' W). Única vía de intercambio de agua entre el mar y la CGSM (Gocke *et al.*, 2003; De la Hoz, 2004).

RIN. Rinconada: (10°96' N, 74°49' W). Esta estación se comunica de manera indirecta con el río Magdalena a través del caño Clarín y recibe todo el año aguas de la ciénaga La Redonda (De la Hoz, 2004).

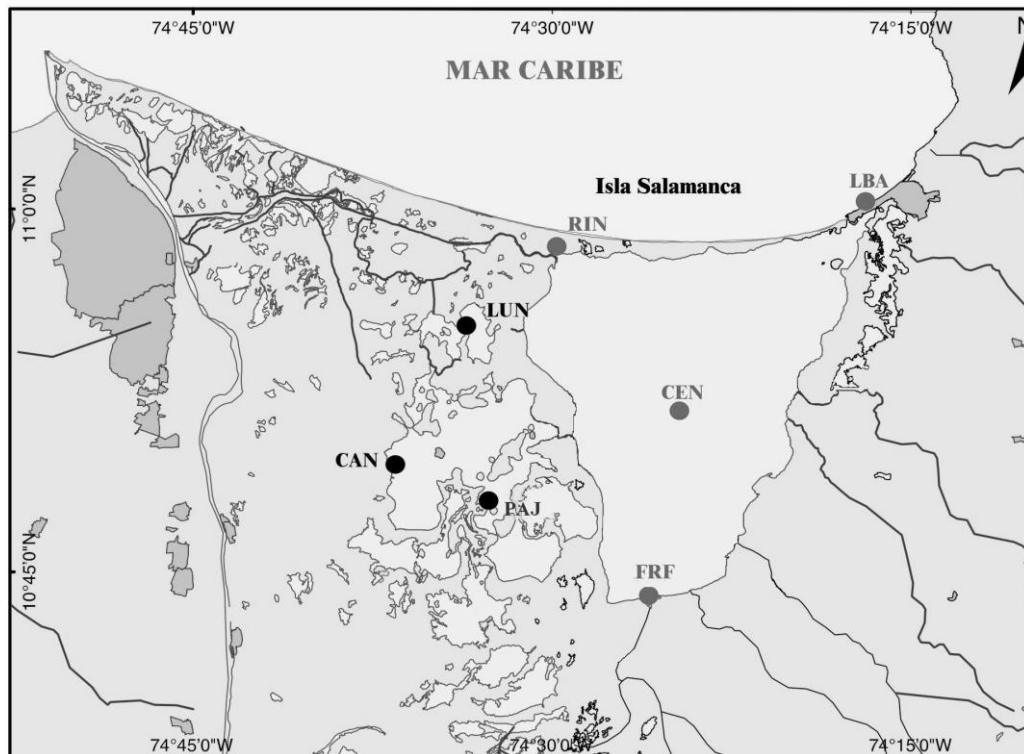
LUN. Ciénaga La Luna: (10°91' N, 74°57' W) y PAJ. Ciénaga Pajarales: (10°83' N; 74°57' W). Representan aguas de alta influencia de zonas de manglar (Gocke *et al.*, 2003), dentro del Complejo Pajarales (CP).

CAN. Caño Aguas Negras: (10°81' N; 74°00' W). Ubicada en el complejo Pajarales (CP), recibe aguas directamente del río Magdalena (Blanco *et al.*, 2007).

CEN. Centro: (10°85' N, 74°41' W). Sitio de mezcla de diferentes fuentes de agua, determina el agua típica de la CGSM (Gocke *et al.*, 2003).

FRF. Frente a la desembocadura del río Fundación: (10°73' N, 74°43' W).
Constituye una entrada de agua dulce de la SNSM directamente hacia la CGSM, sin ejercer influencia sobre el CP (Blanco *et al.*, 2006).

Figura 1. Mapa del área de estudio; muestra las estaciones evaluadas dentro de la CGSM-CP: LBA: Boca de La barra; RIN: Rinconada; CEN: Centro de la Ciénaga Grande; CAN: Caño Aguas Negras; LUN: Ciénaga la luna; PAJ: Ciénaga pajarales; FRF: Frente al río fundación.



El macroclima de la zona corresponde al tipo estepario tropical según el sistema de Koeppen, y para el sistema de clasificación de Holdridge corresponde a la zona de Bosque Muy Seco Tropical Semiárido, con cuatro estaciones climáticas típicas (Sánchez y Zea, 2000; Tuchkovenko y Calero, 2003; Rivera *et al.*, 2006;). Una época seca que abarca los meses de diciembre a abril, una época de lluvias de septiembre a noviembre, donde se da la mayor precipitación en el año, y dos temporadas intermedias, una de lluvia menor entre mayo y junio, y finalmente una época seca menor de julio a agosto (Gómina *et al.*, 1998). Las precipitaciones en

la región tienden a incrementar en una dirección norte-sur, y a disminuir en dirección este-oeste, con promedios de 600 mm hacia el noreste y 1000 mm hacia el suroeste (Perdomo *et al.*, 1999).

La velocidad y dirección de los vientos, juegan un papel importante dentro del sistema CGSM-CP, especialmente los vientos Alisios. Éstos al converger en la zona, sumado a las altas presiones que en ella ocurren, forman el frente de convergencia intertropical considerado uno de los factores dominantes del clima en la región (Ruiz, 1999). Es así como en la temporada seca aumenta la velocidad de los vientos alisios del noreste alcanzando valores hasta de $1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ durante el día y hasta $9 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ durante la tarde (Tuchkovenko y Calero, 2003; Garay *et al.*, 2004), dando paso en la noche a los vientos alisios del noroeste. Este patrón se mantiene hacia la época de lluvias pero con menor intensidad y constancia de los vientos, además también se presentan los vientos ecuatoriales del sur, que se caracterizan por ser débiles y de orientación variable (Tuchkovenko y Calero, 2003).

De esta manera, son los regímenes de lluvias y el patrón de comportamiento de los vientos quienes delimitan las épocas climáticas (Blanco *et al.*, 2006), aún por encima de la temperatura, a pesar que se mantiene en un promedio alto entre 28°C a 30°C (Perdomo *et al.*, 1999; Rueda and Santos, 1999) en esta zona semiárida del norte de Colombia, caracterizada por presentar de 6 a 7 meses secos al año (Gocke *et al.*, 2003) y donde la evapotranspiración excede significativamente la precipitación por más del doble, (Perdomo *et al.*, 1999).

5. METODOLOGÍA

5.1. FASE DE CAMPO

En cada una de las estaciones de muestreo, se recolectaron muestras de agua, cada dos meses, entre febrero y diciembre de 2007, con el fin de abarcar las principales temporadas climáticas de la zona. Las muestras se recogieron entre las 9:00 y las 16:00 h, en dos estratos de profundidad: superficie y fondo, con una botella Ruttner con capacidad de un litro. Este tipo de botella es recomendada para sistemas costeros o estuarinos ricos en fitoplancton y sólidos suspendidos totales (SST), que dificultan la toma de muestras por medio de redes (Norden, 1999; APHA, AWWA, WEF. 2005). Además, se sabe que gran porcentaje de la abundancia total fitoplanctónica en CGSM corresponde a nano (10-50 μm) y ultraplancton (4,5-10 μm) (Ruiz, 1999), tamaños que están fuera de la capacidad de alcance de las redes (APHA, AWWA, WEF. 2005). Para los análisis de la estructura de la comunidad fitoplanctónica, de la muestra de agua se guardaron 500 ml en frascos plásticos y se fijaron empleando una solución de lugol en relación 1:100 (APHA-AWWA-WEF. 2005). Para el análisis de nutrientes, sólidos suspendidos totales y pigmentos fotosintéticos (clorofila a y feopigmentos), se tomaron los restantes 500 ml de la muestra de agua de superficie y fondo en cada estación y se guardaron en frascos plásticos de 500 ml manteniéndolos refrigerados y protegidos de la luz hasta su análisis en el laboratorio (APHA-AWWA- WEF, 2005).

Las variables evaluadas de profundidad, transparencia, salinidad, conductividad, pH, temperatura, oxígeno disuelto y porcentaje de saturación de oxígeno, requeridas para la interpretación de los datos de plancton, fueron medidas y procesadas por personal de la Unidad de Laboratorios del INVEMAR siguiendo las metodologías establecidas en el Manual de Técnicas Analíticas de INVEMAR (Garay *et al.*, 2003) (Tabla 1).

Tabla 1. Métodos de análisis de las variables fisicoquímicas medidas en campo.

VARIABLE	MÉTODO DE ANÁLISIS
Profundidad	Vara métrica
Transparencia	Disco Secchi
pH	Medición electrométrica con electrodo combinado acoplado a sonda portátil WTW pH-320
Temperatura del agua	Ídem
Conductividad / Salinidad	Medición en campo con electrodo YSI EC-300
Oxígeno disuelto / porcentaje de saturación	Medición en campo con electrodo de membrana WTW-OXI 330

5.2. FASE DE LABORATORIO

5.2.1. Estructura de la Comunidad Fitoplanctónica.

La estructura de la comunidad fitoplanctónica de la CGSM se caracterizó a través de la valoración de cuatro aspectos. El primero fue la composición de géneros de la comunidad, es decir, la identificación taxonómica de los fitopláncteres presentes en cada una de las muestras. El segundo fue la abundancia fitoplanctónica en términos de densidad (número de células). El tercero fue la biomasa fitoplanctónica calculada a partir del análisis de pigmentos fotosintéticos (clorofila a y feopigmento) explicado más adelante junto con los análisis de las variables físico químicas y finalmente el cuarto aspecto que se utilizó en la caracterización de la comunidad de fitoplancton fueron los Índices Ecológicos expuestos dentro del tratamiento de la información.

De cada una de las muestras (previamente homogenizadas), se tomó una alícuota cuyo volumen se estableció de acuerdo con la cantidad de sedimentos y células fitoplanctónicas presentes en la muestra (Grace Analytical Lab, 1994; Lacouture, 2001) y se colocó en una cámara de sedimentación tipo Utermöl durante una hora para que la muestra se sedimentara (Utermöl, 1958).

La identificación taxonómica de los fitopláncteres presentes se realizó hasta el nivel de género, empleando literatura especializada (Anagnostidis y Komárek 1985, 1988; Balech, 1988; Komárek y Anagnostidis 1986 y 1989; Sournia, 1986; Tomas, 1993; Vidal, 1995; entre otros).

El conteo de los organismos se realizó con la ayuda de un microscopio invertido, triocular marca LEICA DMIL WATEC en aumentos de 20x y 40x (De la Hoz, 2004); al cual se le acopló una cámara de video para microscopía (Hitachi) conectada a un computador por medio de una tarjeta de captura de video ATI. Con esta se obtuvieron imágenes digitales de los especímenes de fitoplancton, que se organizaron formando un banco de imágenes que facilitó la identificación de los organismos encontrados.

Los conteos se llevaron a cabo a manera de transectos de diámetro igual al objetivo del microscopio, contando toda la cámara inicialmente en 20x y de manera intermedia en 40x. En el caso de muestras muy abundantes el conteo se realizó por campos aleatorios, según lo recomendado por Venrick en 1978 (Lacouture, 2001), hasta obtener un mínimo de 400 a 600 individuos en las muestras menos abundantes (Findlay and Kling). Luego se empleó la ecuación matemática general para el cálculo del número de células por litro (Vidal, 1995).

5.2.2. Características Físico químicas.

Las muestras de agua colectadas para el análisis fisicoquímico se dividieron en dos volúmenes de 250 mL y se filtraron (previa homogenización de la muestra) por separado, en filtros de fibra de vidrio Whatman GF/A de 47 mm de diámetro (Garay *et al.*, 2003). Uno de los filtros se empleó en el análisis de sólidos suspendidos totales (SST), y el otro, para la determinación de pigmentos fotosintéticos. El agua que quedo de esta filtración se utilizó para llevar a cabo el análisis de nutrientes.

El análisis de sólidos suspendidos totales (SST) se realizó siguiendo la metodología expuesta en Garay *et al.* (2003). Según esta metodología los filtros deben ser preparados antes de hacer pasar por ellos los 250ml de la muestra.

Inicialmente los filtros fueron lavados hasta tres veces sucesivas con 20 ml de agua destilada; luego se colocaron en un horno a 103- 105 °C, después se colocaron en un desecador durante 30 minutos y finalmente estos filtros se pesaron hasta obtener peso constante. Estos filtros se utilizaron para filtrar el volumen de muestra de agua determinado y al terminar se colocaron en un horno a 103-105 °C, después se dejaron en un desecador durante 30 minutos aproximadamente hasta que se alcanzó un peso constante. El contenido de sólidos suspendidos totales se calcula según la formula (APHA *et al.*, 2005):

$$\text{SST en mg/l} = \frac{(A - B) \times 106}{\text{ml (muestra)}}$$

Donde:

A = Peso final del filtro (g)

B = Peso inicial del filtro (g)

El análisis de pigmentos fotosintéticos (clorofila a y feopigmento) se fundamentó en los modelos matemáticos propuestos por Lorenzen en 1967 (Garay *et al.*, 2003). Al filtro con el concentrado de plancton que fue obtenido por la filtración de la muestra de agua, se le adicionaron 3 ml de acetona al 90 % y se hizo la extracción durante 2 minutos con ayuda de un tubo homogenizador, luego se completó el volumen de acetona a 5ml y se dejó actuar por 24 horas para lograr la extracción de la clorofila y feopigmento. Para eliminar el material particulado en suspensión se centrifugó cada extracto acetónico a 4000 rpm, a 0°C y en condiciones de oscuridad, durante 10 minutos. Luego se extrajo el sobrenadante para la valoración de las absorbancia a 750 y 665 nm, se acidificó el extracto acetónico con dos gotas de HCl 2N y de este modo se degradó toda la clorofila a feopigmento, el tiempo de espera fue de tres minutos y se repitieron las lecturas a las mismas longitudes de onda (750 y 665 nm).

El análisis de nutrientes se hizo por medio de técnicas colorimétricas (Garay *et al.*, 2003). La determinación de amonio se realizó a través del método del azul de indofenol propuesto por Riley en 1953 y modificado por Strickland & Parsons 1968 y 1972 (Garay *et al.*, 2003). Para determinar la concentración de nitrito presente en la muestra se utilizó el método desarrollado por Shinn en 1941 y modificado por Bendschneider y Robinson en 1952 (Garay *et al.*, 2003); el nitrato se determinó según el método descrito por Strickland & Parsons en 1972, (Garay *et al.*, 2003), y que consiste en la reducción de los iones de nitrato a iones nitrito a través de una columna de cadmio. Finalmente el fosfato es determinado por medio del método del ácido ascórbico desarrollado por Murphy y Riley en 1952 (Garay *et al.*, 2003).

5.3. TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

5.3.1. Estadística Descriptiva.

Para facilitar el análisis estadístico, se realizaron unas matrices de la abundancia y de la presencia / ausencia de especies de fitoplancton y de las variables ambientales tenidas en cuenta para el análisis del fitoplancton. Los datos se describieron como primera medida a través de una estadística básica, estableciendo valores mínimos, máximos, promedio, y desviación estándar, utilizando la plataforma Microsoft® Excel®.

5.3.2. Índices Ecológicos.

Para la descripción de los atributos de la comunidad de fitoplancton de la CGSM se emplearon índices ecológicos de riqueza, diversidad (Shannon-Wiener $-H'$ y números de Hill), y equitabilidad (J'); los cuales dieron una idea de el grado de complejidad de la comunidad y la forma como varía en las diferentes estaciones y a través de las épocas climáticas (Ludwig y Reynolds, 1988; Margalef, 1983) A

partir de estos índices se evaluó las diferencias entre los atributos medidos para la caracterización de la comunidad (abundancia total, riqueza, diversidad y biomasa). Por medio del Análisis de Varianza Multifactorial (ANOVA two way), se evaluó la existencia de diferencias significativas, a través del factor espacial y el factor temporal, para los atributos de la comunidad fitoplanctónica (Guisande et. al., 2006) que cumplieron con los prerequisites de Normalidad y homogeneidad de varianza requeridos para este análisis y evaluados por medio de las pruebas de Shapiro Wilks y Levene respectivamente. A aquellos atributos o variables que revelaron diferencias significativas se les realizó la Prueba de Rangos Múltiples de Tukey para determinar entre cuales pares de o grupos de muestras se presentaron diferencias (Marques, 1998).

Las variables o series de datos que no cumplieron con alguno de los prerequisites se sometieron a una serie de transformaciones matemáticas en orden ascendente de poder; llegando en algunos casos hasta la transformación logarítmica ($\log(x+1)$), para así tratar de cumplir los prerequisites. Las variables que definitivamente no cumplieron con alguno de éstos y para evitar obtener conclusiones erróneas, se evaluaron con la versión no paramétrica del ANOVA, denominado Prueba de Kruskal-Wallis; esta prueba es menos sensible que el ANOVA y sólo se puede realizar con un factor o tratamiento a la vez (Marques, 1998; Guisande et al., 2006). La salida gráfica para estos análisis como para el ANOVA se hizo por medio de gráficos de Caja y Bigotes, los cuales darán una idea de la distribución de los valores según la media.

5.3.3. Clasificación.

Con el fin de definir las comunidades y establecer patrones de distribución espacial y temporal se empleó la rutina CLUSTER del programa "Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research" (PRIMER V5) (Carr, 1996; Clarke y Gorley, 2001) Para creación del dendograma los datos de abundancia se transformaron con $\log(x+1)$ y se utilizó el índice de similaridad de Bray-Curtis

mediante el método de ligamento promedio (Field *et al.*, 1982; Clarke y Warwick, 2001).

5.3.4. Ordenación.

Para obtener los grupos de estaciones definitivos y observar la configuración espacial y temporal de la comunidad se utilizó el escalamiento multidimensional no métrico (NMDS), el cual tuvo como base la matriz de similaridad generada para el análisis de clasificación. La salida gráfica de este análisis se representó en dos dimensiones y el valor de estrés se tuvo en cuenta según los criterios señalados por Clarke y Warwick (2001).

5.3.5. Prueba de hipótesis

Con el fin de establecer diferencias significativas entre épocas climáticas y entre las estaciones de muestreo, se realizó a priori la prueba no paramétrica ANOSIM cruzado a dos vías aplicada a la matriz de similaridad obtenida mediante el índice de Bray-Curtis. Este análisis permitió evaluar si los grupos conformados a priori en los análisis de clasificación y ordenamiento, realmente fueron significativamente diferentes de otros según los atributos medidos (Clarke y Warwick, 2001).

Se utilizó el análisis SIMPER para establecer las morfo especies que contribuyeron a esas diferencias y cuáles son consistentemente indicadores de discriminación entre grupos (Clarke y Warwick, 2001).

5.3.6. Relación con Variables ambientales.

Una vez identificados los patrones bióticos, se intentó establecer la forma en que estos responden a los parámetros ambientales disponibles. Para este propósito se utilizó el análisis “Biota and/or Environment Matching” BIO-ENV del programa PRIMER. Este análisis determina el conjunto de variables ambientales que mejor se correlaciona con el patrón de la comunidad fitoplanctónica mediante la correlación de las matrices triangulares de similaridad biótica (construida con base

en la similaridad de Bray-Curtis) y abiótica (construida con base en distancias euclidianas) (Clarke y Ainsworth, 1993; Clarke y Gorley, 2001; Clarke y Warwick, 2001). Antes de realizar el análisis, se evaluó el prerequisite de distribución normal de los datos y la comprobación de la inexistencia de variables con coeficientes de correlación significativamente superiores a 95% ($p < 0,05$) (Clarke y Ainsworth, 1993).

6. RESULTADOS

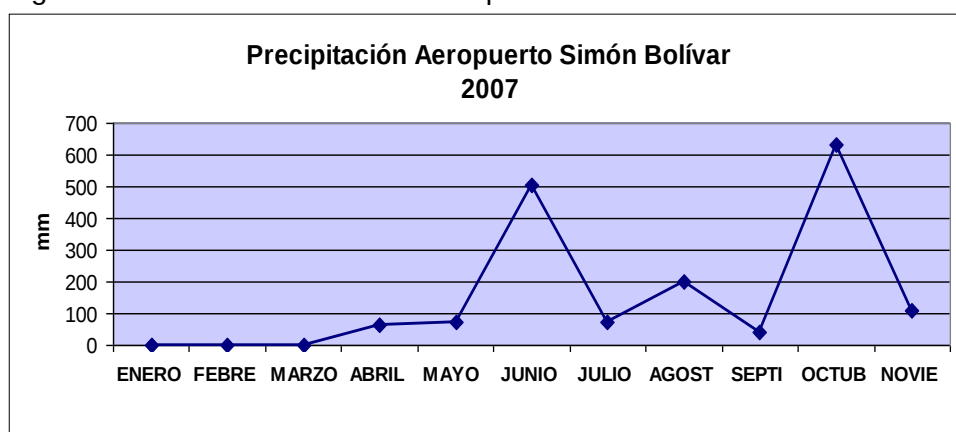
6.1. DESCRIPCIÓN DE VARIABLES AMBIENTALES

6.1.1. VARIABLES METEREOLÓGICAS

PRECIPITACIÓN

Según los datos suministrados por el IDEAM (Anexo G), para la estación meteorológica ubicada en el Aeropuerto Simón Bolívar de Santa Marta (Fig. 2), el valor promedio de precipitación alcanzado durante los meses enero a noviembre de 2007 fue de $154,76 \pm 215,20\text{mm}$. Se presentó un periodo de nulas a bajas precipitaciones ($16 \pm 31,40\text{mm}$) comprendido entre los meses de enero a abril (época seca), seguido de un abrupto ascenso en la época de lluvia menor ($288,8 \pm 307,3086071 \text{ mm}$), en los meses de mayo y junio. Entre julio y agosto (época seca menor) se da un leve descenso de los valores de precipitación ($137,85\text{mm}$, $\pm 89,87\text{mm}$) para finalmente, hacia la época de lluvias (septiembre a noviembre) ascender nuevamente ($261,7 \pm 323,91\text{mm}$).

Figura.2. Variación mensual de la precipitación durante el año 2007 para la estación meteorológica del IDEAM ubicada en el Aeropuerto Simón Bolívar de Santa Marta.



Comparados con los promedios de precipitación observados para esta misma estación en estudios anteriores sobre la comunidad fitoplanctónica de la CGSM-CP, el valor promedio del 2007 es superior a lo reportado por Vidal (1995), para el año 1987 y por Ruiz (1999) y De la Hoz (2004) para los años comprendidos entre 1993 a 1996 como se observa en la tabla 2.

Tabla 2. Valores promedios de precipitación (P) para la estación “Aeropuerto Simón Bolívar” de Santa Marta durante los años 1987, 1993-1996 y 2007.

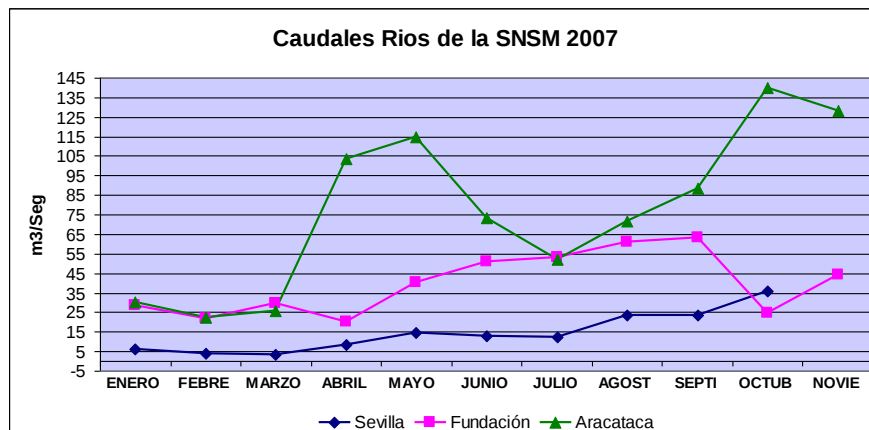
Años	P. Aeropuerto Simón Bolívar (mm)	Autores
1987	42,79	Vidal (1995)
1993	38,96	Ruiz (1999) y De la Hoz (2004)
1994	28,98	Ruiz (1999) y De la Hoz (2004)
1995	53,69	Ruiz (1999) y De la Hoz (2004)
1996	48,78	Ruiz (1999) y De la Hoz (2004)
2007	154,76	Presente trabajo

CAUDAL

La variación de los caudales para los ríos Aracataca (Estación “Canal Florida”, 10°45’ N- 74°06’ W), Fundación (Estación “Fundación”, 10°31’ N- 74°11’ W) y Sevilla (Estación “Puente. Ferrocarril”, 10°35’ N- 74°12’ W) durante el año 2007 se pueden observar en la Figura 3.

De acuerdo con los datos suministrados por el IDEAM (Anexo H) para el año 2007 (datos obtenidos hasta Noviembre), el mayor caudal promedio lo presentó el río Aracataca con $77,49 \pm 41,58 \text{ m}^3/\text{s}$, seguido por el río Fundación con $39,81 \pm 15,76 \text{ m}^3/\text{s}$. El río Sevilla obtuvo el menor promedio con $14,489 \pm 10,33 \text{ m}^3/\text{s}$ con datos medidos hasta el mes de octubre.

Figura 3. Variación mensual de los caudales (m³/seg) para los ríos Aracataca, Fundación y Sevilla durante el año 2007.



La variación temporal del caudal fue diferente en cada río, el río Aracataca presentó sus menores valores durante los meses de enero a marzo, con un abrupto ascenso durante abril y mayo, seguido de un descenso hacia julio y finalmente alcanzar su mayor valor en octubre. El río Fundación tuvo sus menores valores durante los meses de enero a abril casi en el mismo orden de valores que el río Aracataca, luego presentó un paulatino ascenso que se mantuvo prácticamente constante durante el periodo Mayo a septiembre, bajando su caudal en los meses de octubre y noviembre. El río Sevilla se caracterizó por su constante aumento de caudal hacia el mes de octubre pero siempre en un intervalo de valores inferior a los anteriores ríos (6-36 m³/s) y sin cambios abruptos de caudal.

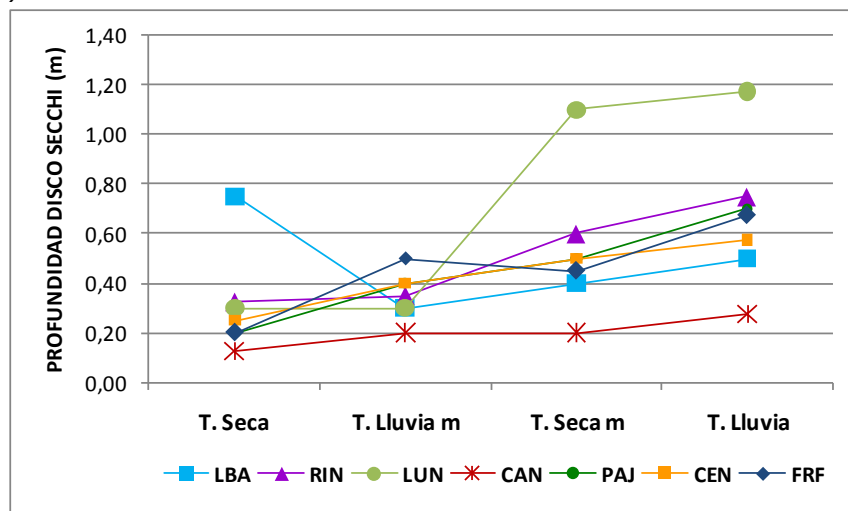
6.1.2. VARIABLES FÍSICOQUÍMICAS

TRANSPARENCIA. (TRA)

El promedio de profundidad de disco Secchi para el año 2007 en la CGSM-CP y Complejo pajarales fue de 0,48 $\pm$ 0,22m, alcanzando su mayor valor en la estación LUN con 0,73 $\pm$ 0,45m. Los valores más bajos de profundidad de disco secchi se presentaron en la estación de CAN con un promedio de 0,20 $\pm$ 0,08m.

En general todas las estaciones mantuvieron valores bajos de profundidad de disco secchi durante la época seca, aumentando éstos paulatinamente a medida que se acercaba la época de lluvias tal como se muestra en la Figura 4.

Figura 4. Variación espacial y temporal de los promedios de la Profundidad de Disco Secchi (TRA) en la CGSM-CP durante el año 2007.



La estación LBA mostró un comportamiento inverso con respecto a las demás estaciones; ya que obtuvo los valores mas altos de profundidad de disco secchi durante la época seca y disminuyeron en la época de lluvias. El valor promedio obtenido para esta estación fue de $0,53 \pm 0,2309m$.

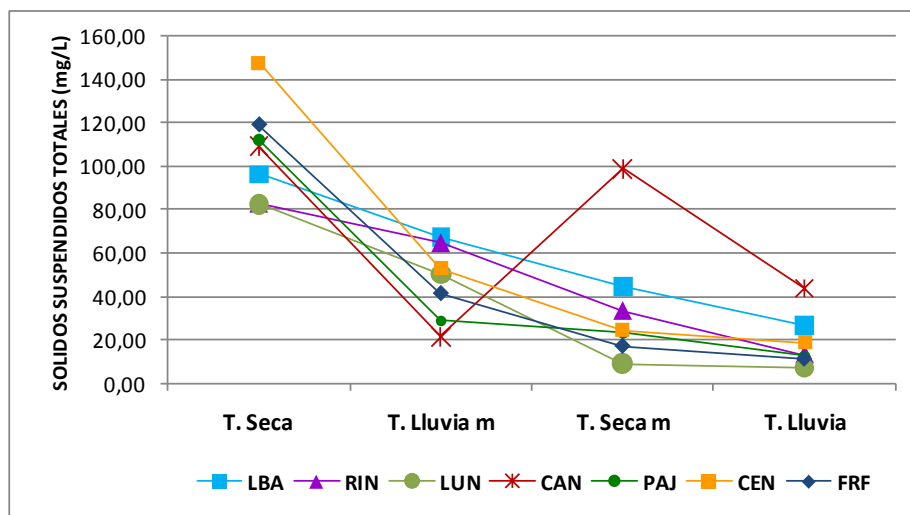
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES. (SST)

En la mayoría de observaciones se registraron los mayores valores de sólidos suspendidos totales durante la época seca con un descenso notable hacia la época de lluvias (Figura 5), comportamiento inverso al de la transparencia.

Casi todas las estaciones exhibieron este patrón de variación en proporciones similares a excepción de CAN quien tuvo un ascenso en la época seca menor y posteriormente descendió hacia la época de Lluvias. CAN además mostró el mayor promedio con $71 \pm 46,2$ mg/L de SST y presentó el menor promedio para la

transparencia; así como la estación LUN que mostró el menor valor para los sólidos suspendidos totales ($39,75 \pm 41,47$ mg/L) y el mayor para la transparencia.

Figura 5 Variación espacial y temporal del Sólidos Suspendidos Totales (SST) en la CGSM-CP durante el año 2007.



CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA Y SALINIDAD. (CON)-(SAL)

En el presente año de estudio la Conductividad Eléctrica y la Salinidad de las aguas de la CGSM-CP y Complejo Pajarales presentaron sus valores promedios más altos durante la época seca con un descenso de los mismos hacia la época de lluvias (Figura 6 y Figura 7).

La estación LBA presentó marcadas diferencias con respecto a las demás estaciones en términos principalmente de la Salinidad al presentar los valores promedios más altos durante la época seca (>30%); sin embargo estas diferencias fueron disminuyendo hacia la época de lluvias, donde esta estación caracterizada como de influencia marina mostró condiciones propias de agua dulce.

Figura 6. Variación espacial y temporal de la Conductividad Eléctrica (CON) en la CGSM-CP durante el año 2007.

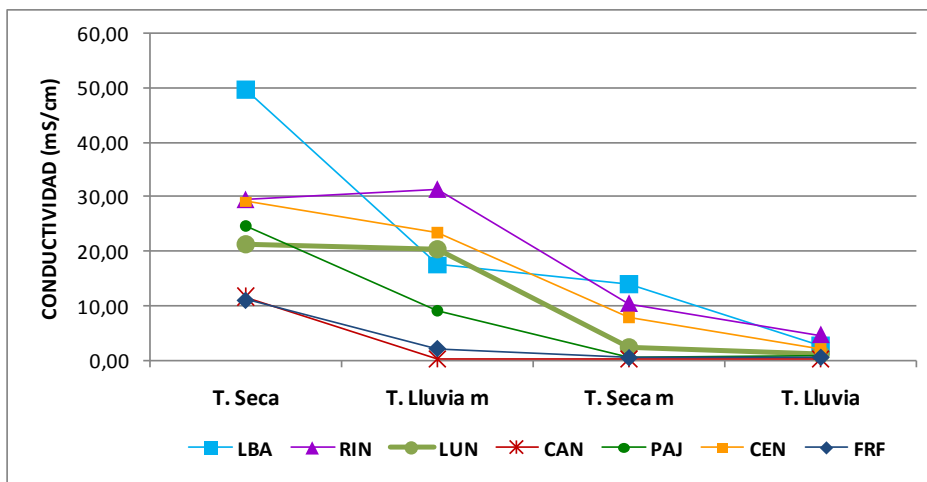
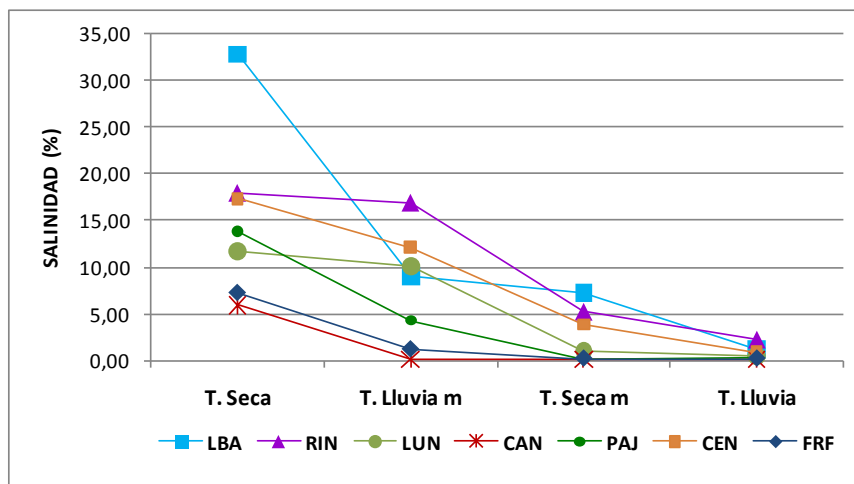


Figura 7. Variación espacial y temporal del Porcentaje de Salinidad (SAL) en la CGSM-CP durante el año 2007.

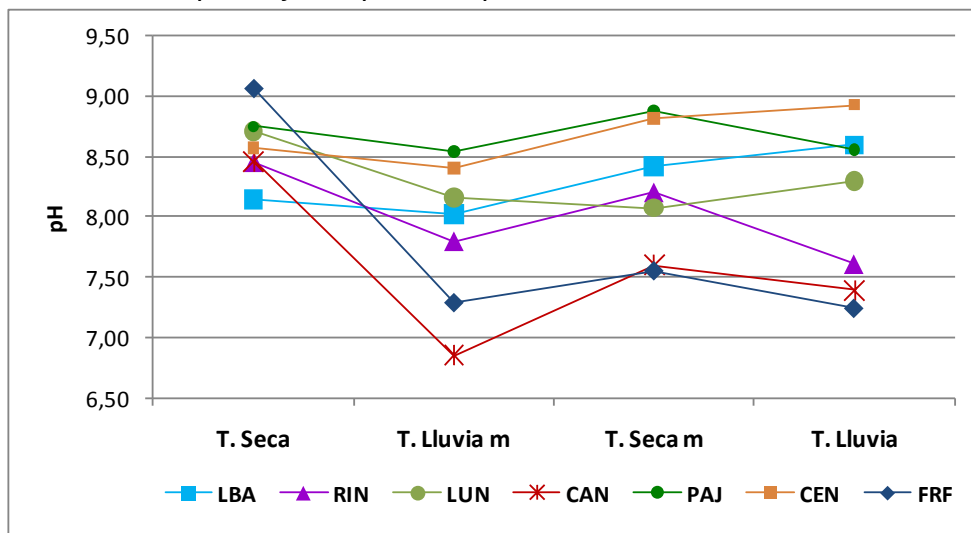


Las estación FRF registró los promedios mas bajos para el periodo de muestreo de Conductividad Eléctrica ($2,89 \pm 4,62$ mS/cm) y Salinidad ($1,82 \pm 3,09$); seguida por CAN con valores promedio de $3,99 \pm 8,5$ mS/cm y $2,05 \pm 4,3$ para Conductividad Eléctrica y Salinidad respectivamente.

pH

La variación espacial y temporal del pH en las aguas de la CGSM-CP (Figura 8) muestra dos grupos de estaciones que divergen según el intervalo de valores del pH en el que fluctúan. En el primer grupo están las estaciones de LBA, LUN, PAJ y CEN donde el pH varió en promedio entre 8 y 9, mostrando un leve descenso de pH hacia la época de lluvia menor y luego un ascenso que se mantuvo en general constante en la época de lluvias. El segundo grupo esta conformado por las estaciones CAN, FRF y RIN, con un intervalo de valores de pH desde los 6,7 a los 9,07.

Figura 8. Variación espacial y temporal del pH en la CGSM-CP durante el año 2007.



El promedio anual del pH para el 2007 se mantuvo alto con un valor de $8,21 \pm 0,41$, estando dentro del rango de unidades establecido por el decreto 1594/84 para el uso del recurso en preservación de fauna y flora.

OXÍGENO DISUELTO. (OD)

El comportamiento de la concentración de oxígeno y porcentaje de saturación (Fig. 9 y 10) de la CGSM-CP y Complejo Pajarales durante el año 2007 presentó una

considerablemente fluctuación de una estación a otra a través de las épocas climáticas, manteniéndose la mayoría por encima del 80% en el caso de la saturación de oxígeno y alcanzando un promedio anual de $94 \pm 28,4 \%$.

Figura 9. Variación espacial y temporal del Oxígeno Disuelto (OD) en la CGSM-CP durante el año 2007.

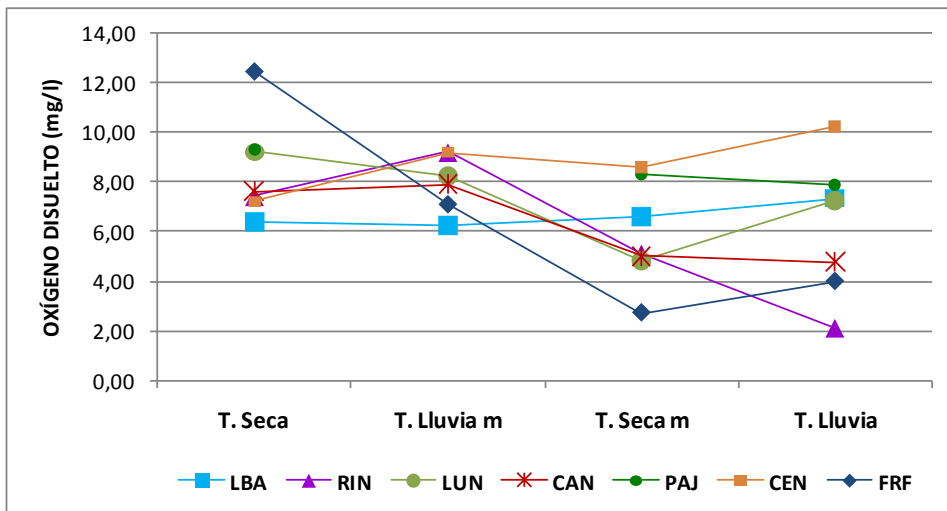
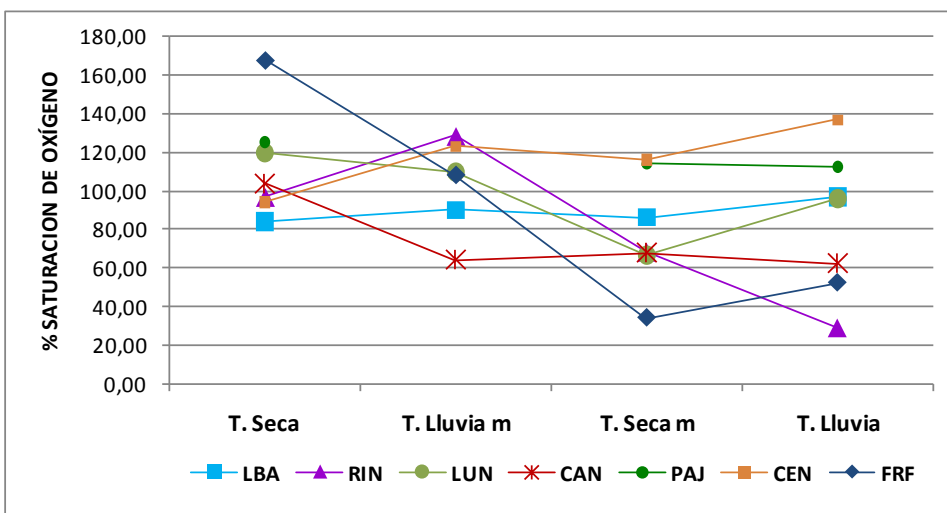


Figura 10. Variación espacial y temporal del porcentaje de saturación de Oxígeno (%SO) en la CGSM-CP durante el año 2007.

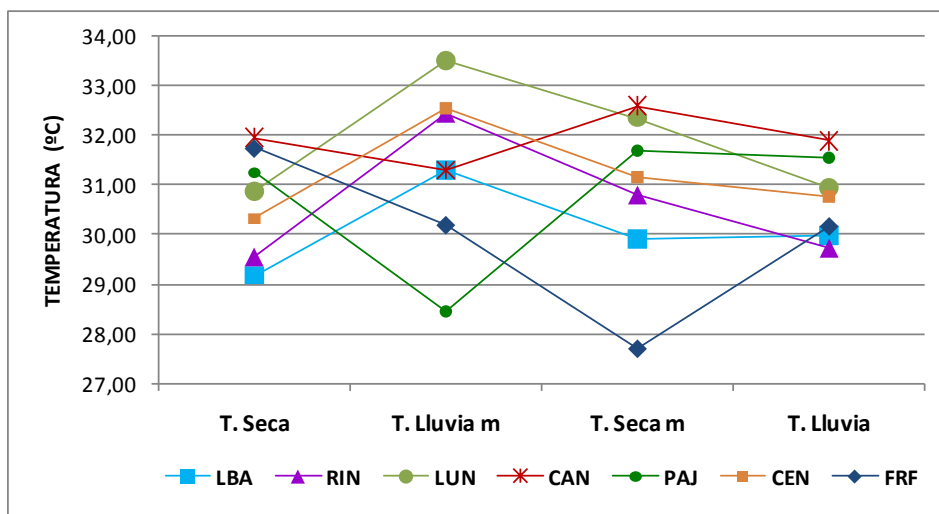


El promedio de la concentración de oxígeno disuelto mas alto se encontró en la estación CEN con $8,79 \pm 1,9$ mg/L y el mas bajo se dio en RIN con $5,56 \pm 1,98$ mg/L. En cuanto al porcentaje de saturación de oxígeno, el promedio más alto lo mostró PAJ con $117,71 \pm 19,4\%$, mientras que el más bajo para esta variable lo obtuvo RIN con $74,70 \pm 41,75\%$.

TEMPERATURA. (TEM)

Durante todo el periodo de muestreo, las estaciones en la CGSM-CP se comportaron de manera similar presentando los máximos promedios en los meses de abril ($31,73 \pm 1,137^\circ\text{C}$) y octubre ($31,51 \pm 0,923^\circ\text{C}$), mientras que los mínimos al principio de la época seca en Febrero ($29,66 \pm 1,33^\circ\text{C}$) y al final de la época de lluvias en diciembre ($29,94 \pm 1,137^\circ\text{C}$). Figura 11.

Figura 11. Variación espacial y temporal de la Temperatura (TEM) en la CGSM-CP durante el año 2007.

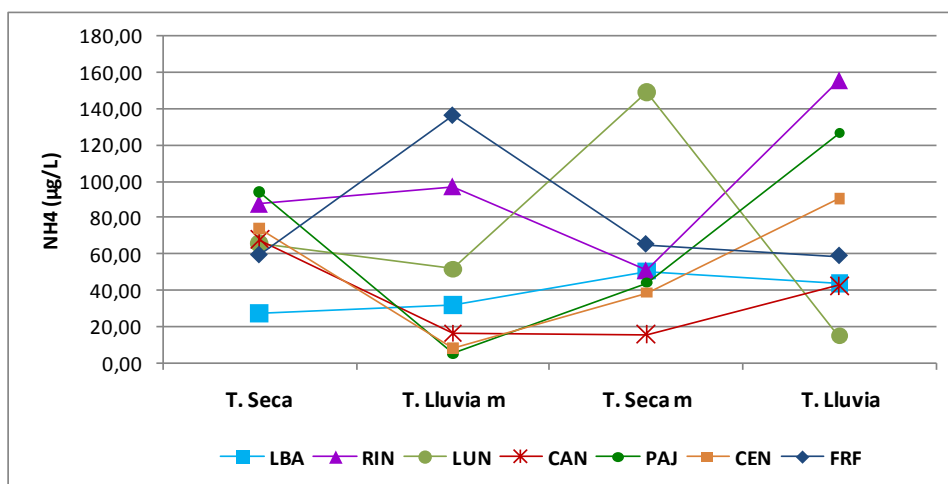


El promedio anual de temperatura fue de $30,81 \pm 1,548^\circ\text{C}$ exhibiendo los valores más altos en la estación LUN con un promedio de $31,9 \pm 0,817^\circ\text{C}$ y los más bajos en la estación LBA con $29,9 \pm 1,165^\circ\text{C}$.

AMONIO. (NH₄)

No se evidenció un patrón de comportamiento general para las estaciones muestreadas en la CGSM-CP (Figura 12), pero analizando los promedios totales por épocas se observó una máxima concentración de amonio al principio de la época seca que inmediatamente descendió de manera abrupta hacia el final de la misma, consiguiendo nuevamente un ascenso paulatino hacia la época de lluvias. El promedio anual de amonio fue de $64,69 \mu\text{g/L} \pm 42,39 \mu\text{g/L}$, el menor promedio se registró en LBA y el mayor en RIN (LBA= $36,12 \mu\text{g/L}, \pm 14,9 \mu\text{g/L}$; RIN= $95,86 \mu\text{g/L}, \pm 45,74 \mu\text{g/L}$).

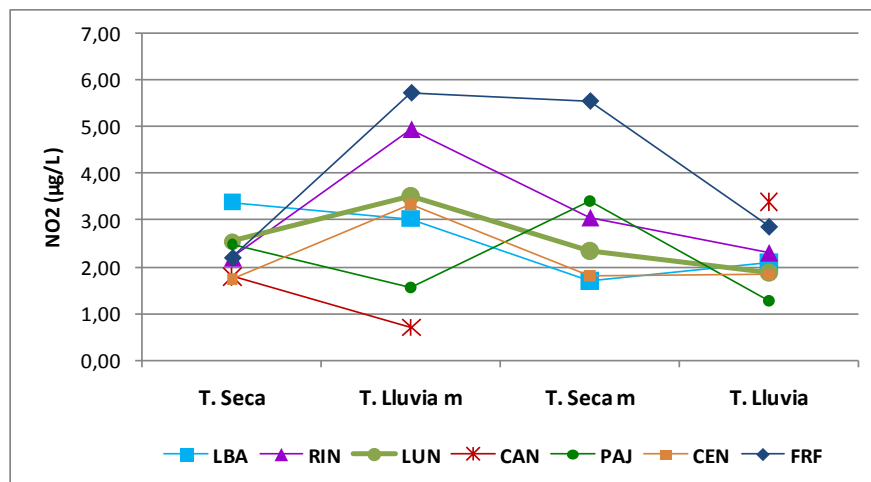
Figura 12. Variación espacial y temporal de la Concentración de amonio (NH₄) en la CGSM-CP durante el año 2007.



NITRITOS. (NO₂)

Los valores registrados para la concentración de nitritos en la CGSM-CP durante el año 2007 (Figura 13) variaron mucho entre estaciones con valores entre $0,70 \mu\text{g/L}$ y $5,73 \mu\text{g/L}$. El promedio anual de nitrito hallado fue de $2,75 \mu\text{g/L} \pm 0,74 \mu\text{g/L}$, el menor promedio se registró en CEN ($2,32 \mu\text{g/L}, \pm 0,74 \mu\text{g/L}$) y el mayor en FRF ($4,09 \mu\text{g/L}, \pm 1,8 \mu\text{g/L}$).

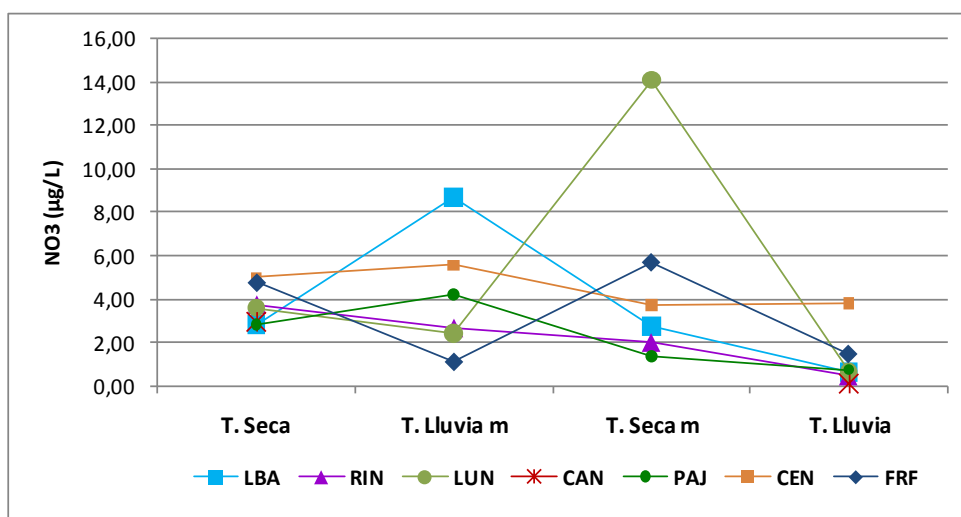
Figura 13. Variación espacial y temporal de la Concentración de Nitritos (NO_2) en la CGSM-CP durante el año 2007.



NITRATOS. (NO_3)

La mayoría de los valores promedios registrados para la concentración de nitratos en el 2007 variaron en un intervalo de valores menor a los 6 $\mu\text{g/L}$. En general, se observó un ascenso leve hacia las épocas intermedias (lluvia menor y seca menor) con un descenso de los valores en la época de lluvias (Figura 14).

Figura 14. Variación espacial y temporal de la Concentración de Nitratos (NO_3) en la CGSM- CP durante el año 2007.



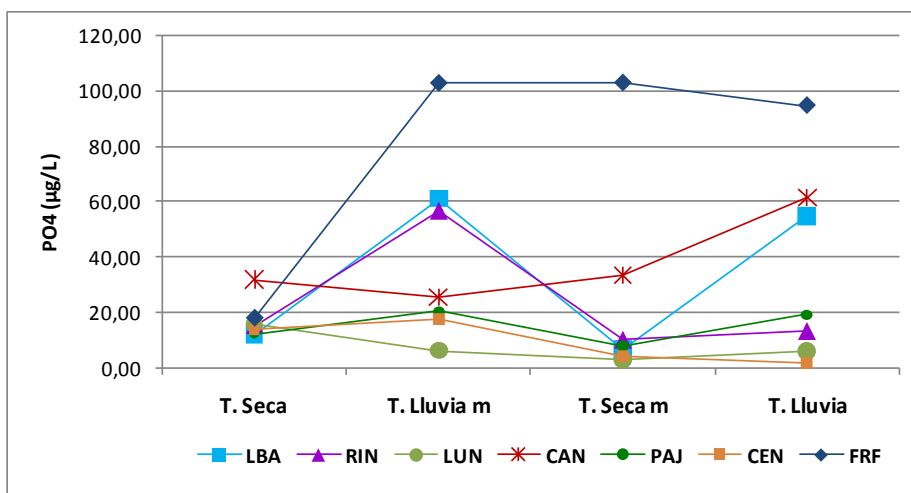
El promedio anual de nitratos fue de $3,31 \mu\text{g/L}$ ($\pm 2,43 \mu\text{g/L}$), el menor promedio se registró en CAN ($2,01 \mu\text{g/L}$, $\pm 2,5 \mu\text{g/L}$) y el mayor en LUN ($4,86 \mu\text{g/L}$, $\pm 5,34 \mu\text{g/L}$).

ORTOFOSFATOS. (PO₄).

El comportamiento de la concentración de ortofosfatos fue variado en las diferentes estaciones, aquellas con influencias de los ríos tributarios mantuvieron comportamientos ascendentes hacia la época de lluvia; las demás como LUN y CEN presentaron un comportamiento descendente, las estaciones de LBA y RIN se mantuvieron fluctuantes a diferencia de la estación PAJ se mostraron en general constante a lo largo del muestreo, tal como se ve en la Figura 15.

El promedio anual de Ortofosfatos hallado fue de $28,78 \mu\text{g/L} \pm 17,35 \mu\text{g/L}$, el menor promedio se registró en LUN ($9,25 \mu\text{g/L} \pm 6,08 \mu\text{g/L}$) y el mayor en CAN ($36,77 \mu\text{g/L} \pm 14,34 \mu\text{g/L}$).

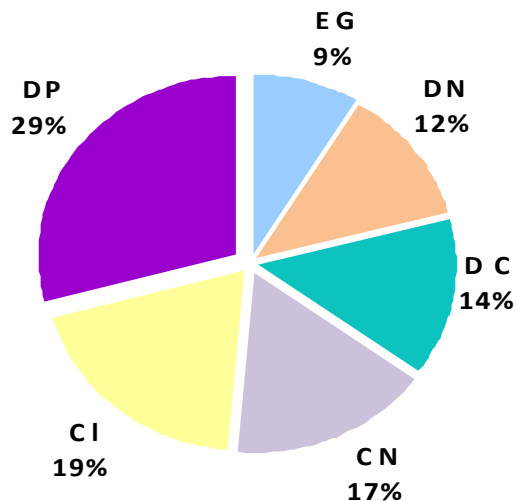
Figura.15. Variación espacial y temporal de la Concentración de Ortofosfatos (PO₄) en la CGSM- CP durante el año 2007.



6.2. CARACTERIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA

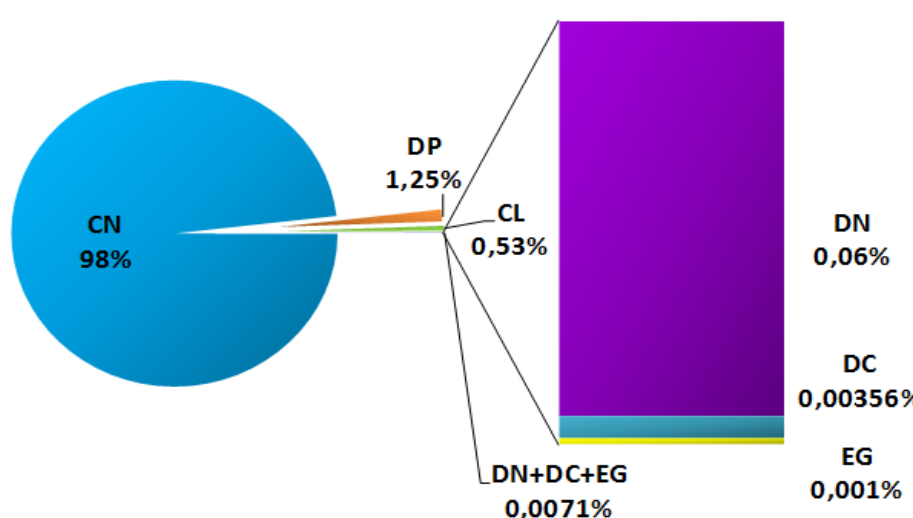
Durante todo el período de muestreo se identificaron 140 morfo especies (Ver anexo A), distribuidas dentro de los principales grupos fitoplanctónicos de la siguiente forma: 23 especies de Cianófitas, 20 de Diatomeas Céntricas, 41 de Diatomeas Pennadas, 17 de Dinoflagelados, 12 de Euglenófitas, y 27 de Clorófitas (Figura 16).

Figura 16. Distribución porcentual de las morfo-especies en los principales grupos Fitoplanctónicos en la CGSM-CP durante el año 2007. Diatomeas Céntricas (DC), Diatomeas Pennadas (DP), Dinoflagelados (DN), Euglenófitas (EG), Cianófitas (CN) y Clorófitas (CL).



En términos de abundancia, durante el presente estudio, se registró en la CGSM-CP un promedio de $229'015.199 \pm 199'161.335,9$ cel /L. Siendo el grupo de las Cianófitas el que obtuvo la mayor densidad representando el 98.13% de la abundancia total de la comunidad fitoplanctónica, le siguen las Diatomeas Pennadas con un 1.25%, luego las Clorófitas con un 0.53%, (Figura 17).

Figura 17. Distribución porcentual de la abundancia de los principales grupos Fitoplanctónicos en la CGSM-CP durante el año 2007. Diatomeas Céntricas (DC), Diatomeas Pennadas (DP), Dinoflagelados (DN), Euglenófitas (EG), Cianófitas (CN) y Clorófitas (CL).



6.2.1. Abundancia y Composición de los Principales Grupos Fitoplanctónicos Dentro de la CGSM-CP.

Cianófitas.

El número de morfo especies registrado para el grupo de las Cianofíceas alcanzó su máximo valor hacia el principio de la época de lluvias, con 17 morfo especies en el mes de Octubre. El mínimo número se encontró al final de la época seca (11 morfo especies en el mes de Abril). Entre estaciones se encontraron en promedio 16 morfo especies de Cianófitas, siendo RIN la estación donde se obtuvo el mayor valor (19 morfo especies). CAN fue la estación con el mínimo de morfo especies de cianófitas reportadas (11).

Las cianófitas fueron el grupo con mayor representación en términos de abundancia fitoplanctónica en todo el muestreo, en general tuvo un

comportamiento irregular a través de las épocas climáticas con dos picos de máxima abundancia. Un pico se presentó al principio de la época seca, en el mes de Febrero ($401'825.270,08 \pm 858'263.561,6$ cel/L), y el otro durante la época lluviosa menor, en el mes de Junio ($409'817.112,28 \pm 353'448.589,1$ cel/L); mostrando un descenso notable hacia la época de lluvias, donde los promedios de abundancia llegaron hasta los $2'860.649,492 \pm 4'010.329,5$ cel/L en el mes de Diciembre.

Las estaciones PAJ ($482'716.485,15 \pm 922'897.145,6$ cel/L) y LUN ($439'870.481,08 \pm 484'355.331$ cel/L) obtuvieron los mayores promedios para las cianófitas, a su vez el mínimo valor lo presentó la estación de FRF ($28'327.821,8 \pm 28'327.821,8$ cel/L). Las morfo especies más representativas en términos de la abundancia para este grupo son la Cianobacteria cocoide y la Cianobacteria Filamentosa quienes en suma aportaron un 79,22% de la abundancia total.

Diatomeas Pennadas.

Las Diatomeas Pennadas alcanzaron su máximo valor en cuanto a la composición de morfo especies al final de la época seca (30 morfo especies en Abril) y durante la época de lluvia menor (25 morfo especies en Junio), el resto de las épocas mantuvieron un comportamiento constante. El mayor número de morfo especies se obtuvo en la estación LBA (33 morfo especies), seguida por las estaciones FRF (28 morfo especies) y PAJ (24 morfo especies). La estación con menor número de morfo especies fue CAN con 12 registros.

La abundancia de las Diatomeas Pennadas se mantuvo constante a través de las épocas climáticas, reportando el mayor promedio al principio de la época seca ($14'692.734,41 \pm 17'692.418,09$ cel/L en Febrero). El mayor promedio de abundancia se obtuvo en las estaciones CAN ($7'393.166,7 \pm 17'763.662$ cel/L) y LUN ($6'422.785,7$ cel/L, $\pm 14'789.502,1$ cel/L). La mínima abundancia se encontró en la estación LBA con un promedio de $833.629,2 \pm 695.935,2$ cel/L).

La morfo especie *Nitzschia* sp7 fue la mas abundante y aportó el 86,3% de la densidad total para las Diatomeas Pennadas en el muestreo, el resto de las morfo

especies registradas para este grupo aportaron en suma el 13,6% de abundancia.

Diatomeas Céntricas.

El máximo valor de morfo especies registradas para el grupo de las Diatomeas céntricas se dio durante la época seca, principalmente en el mes de Febrero con 15 morfo especies, descendiendo hacia la época seca menor con 2 registros y manteniéndose constante este valor en la época de lluvias. El mayor número de especies se obtuvo en la estación LBA con 19 morfo especies, el resto de estaciones se mantuvo muy pareja en un intervalo con valores de 2 a 4 morfo especies.

En términos de abundancia se observó un comportamiento ascendente en la época seca (máximo valor registrado en Abril= $19.208,33 \pm 23.079,4$ cel/L), descendiendo hacia la época seca menor (mínimo valor registrado en Agosto= $3.403,51 \pm 4.907,26$ cel/L) y aumentando nuevamente hacia la época de lluvias. La mayor abundancia se obtuvo en las estaciones PAJ y CEN con promedios de $18.387,273 \pm 20.457,52$ cel/L y $15.964,583 \pm 20.862,8$ cel/L respectivamente. Mientras que las mínimas abundancias se encontraron en las estaciones LUN y CAN con promedios de $1.250 \pm 1.781,8$ cel/L y $333,3 \pm 516,4$ cel/L) respectivamente.

La morfo especie mas característica por su abundancia fue *Actinocyclus* sp1 quien aportó el 57,6% de la abundancia total para las Diatomeas céntricas en el muestreo, la siguieron en orden descendente de abundancia *Cyclotella* sp2 con el 22,7% y *Cyclotella* sp1 con el 12,7%; el resto de las morfo especies encontradas para este grupo aportó menos del 7% de abundancia.

Dinoflagelados.

Los Dinoflagelados mostraron un comportamiento ascendente de composición de morfo especies hacia los primeros meses de muestreo registrando su máximo valor en el mes de Junio durante la época lluviosa menor con 12 registros. A partir

de esta última época la composición disminuyó paulatinamente hasta alcanzar su menor registro en el mes de Diciembre al final de la época de lluvias (2 morfo especies).

La composición de morfo especies a través de las diferentes estaciones fue irregular con el mayor número de registros en la estación de LBA (13 morfo especies), seguida por la estación de RIN con 12 morfo especies. Las estaciones que obtuvieron la menor cantidad de morfo especies fueron CAN y FRF con 2 registros cada una.

Los Dinoflagelados junto con las Diatomeas céntricas y las Euglenófitas constituyeron los grupos con los menores valores promedio de abundancia durante todo el muestreo. Para los Dinoflagelados la abundancia estuvo dentro de un intervalo de valores con un mínimo promedio de $2.785,7 \pm 6.336,8$ cel/L en el mes de Diciembre al final de la época de lluvias; y con un máximo valor al final de la época seca en Abril con $656.666,6 \pm 1.385.781,9$ cel/L. En cuanto a la abundancia promedio a través de las estaciones muestreadas en la CGSM-CP, las estaciones LUN y CEN abarcaron alrededor del 60,3% del total de abundancia para los Dinoflagelados con $641.438,8 \pm 1.398.996,05$ cel/L y $182.750 \pm 371.287,5$ cel/L respectivamente. La estación FRF presentó los menores valores de abundancia promedio ($2.500 \pm 3.316,6$ cel/L).

Las morfo especies Dn11 y Dn04 fueron las mas abundantes y aportaron en suma alrededor del 81% de la abundancia total para las Diatomeas Pennadas en el muestreo.

Clorófitas.

Las Clorófitas reportaron su mayor valor en cuanto a la composición al principio de la época seca (22 morfo especies en Febrero) y durante la época de lluvia (21 morfo especies en Octubre y 18 en Diciembre); el menor valor de morfo especies fue de 8 en el mes de Abril (final de la época seca). El mayor número se obtuvo en la estación de PAJ (25 morfo especies), y el menor en CAN con 12 registros.

La abundancia de las Clorófitas tuvo un comportamiento descendente durante todo el periodo de muestreo; con un máximo promedio en la época seca (Febrero= $8'768.244,4 \pm 12'079.827,4$ cel/L y Abril= $3'079.833,3 \pm 4'769.385,009$ cel/L) y una disminución abrupta en el resto de las épocas alcanzando los menores valores en la época de lluvias (Octubre= $361.891,5 \pm 279.227,1$ cel/L y Diciembre= $233.375,1 \pm 294.776,2$ cel/L). A través de las estaciones muestreadas el mayor valor promedio de abundancia se obtuvo en PAJ ($5'650.140,4 \pm 12'421.122,6$ cel/L) y la mínima abundancia se encontró en la estación de CAN con un valor promedio de 295.500 cel/L (± 556.489 cel/L).

Las morfo especies Cl03 y Planctonema sp1 fueron las que mas aportaron con un 76,2% de la abundancia total para las Clorófitas en el muestreo.

Euglenófitas.

El numero de morfo especies obtenido para el grupo de las Euglenófitas alcanzó su máximo valor hacia el principio de la época de lluvias con 8 morfo especies en el mes de Octubre. El mínimo número de morfo especies se encontró al final de la época seca (1 morfo especie en el mes de Abril). La estación FRF presentó el mayor valor con 21 morfo especies; mientras que LBA y CAN obtuvieron ambas el mínimo número de morfo especies de Euglenófitas reportadas (1).

Las Euglenófitas fue el grupo con menor representación en términos de composición y abundancia fitoplanctónica en todo el muestreo; en general obtuvo los mayores valores de abundancia promedio en la época de lluvias con $2.898,2 \pm 6.243$ cel/L en el mes de Octubre y $3.428,5 \pm 6.604,5$ cel/L en el mes de Diciembre. Los menores valores promedios se presentaron en el mes de Abril con $333,3 \pm 816,5$ cel/L al final de la época seca.

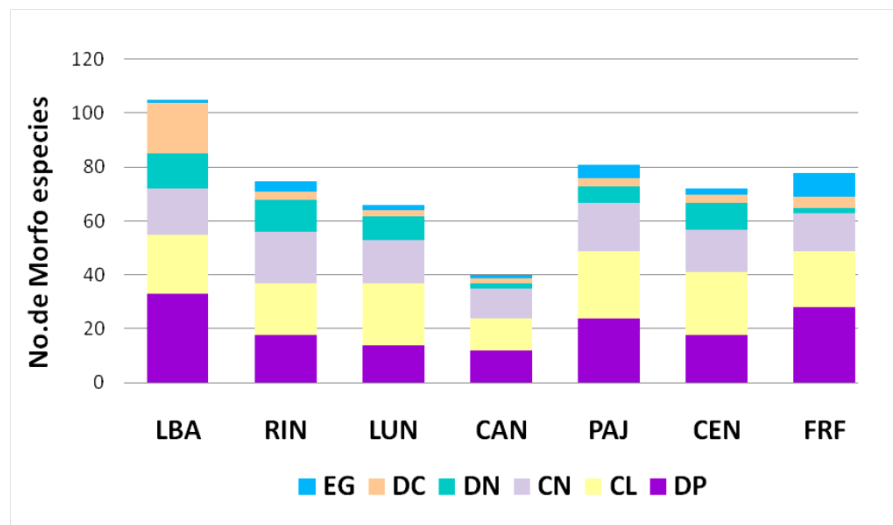
La estación FRF con $482'716.485,15 \pm 9.459,8$ cel/L, registró los mayores promedios para las Euglenófitas, a su vez el mínimo valor lo presentaron las estaciones LBA y CAN ambas con $166,6$ cel/L ($\pm 408,3$ cel/L). Las morfo especies más representativas en términos de la abundancia para este grupo son en orden

descendente de importancia: Phacus sp2 (27,12%), Euglena sp3 (25,3%) y Euglena sp1 (22,6%).

6.2.2. Densidad y Composición Fitoplanctónica en las Estaciones de la CGSM-CP.

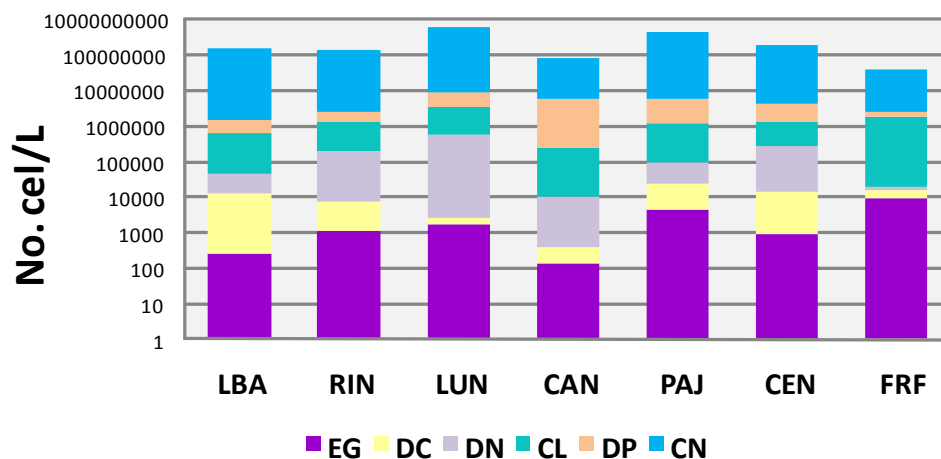
En cuanto a la composición de morfo especies presentes en la Ciénaga Grande de Santa Marta la estación que presentó mayor número de morfo especies fue LBA (105 morfo especies) compuesto en más del 50% por Diatomeas Pennadas y Clorófitas. LBA presentó el 20% de las morfo especies encontradas. En contraste la estación con menor número de morfo especies registradas fue CAN, la cual obtuvo solo el 8% (40 morfo especies) de la composición de la comunidad fitoplanctónica de la Ciénaga Grande de Santa Marta, en su mayoría Diatomeas Pennadas, Clorófitas y Cianófitas (Figura 18).

Figura 18. Distribución de los principales grupos Fitoplanctónicos: Diatomeas Céntricas (DC), Diatomeas Pennadas (DP), Dinoflagelados (DN), Euglenófitas (EG), Cianófitas (CN) y Clorófitas (CL), a través de las estaciones muestreadas en la CGSM-CP durante el año 2007.



Para el resto de estaciones la composición fue similar fluctuando en un intervalo de valores entre 66 a 81 morfo especies, en su mayoría Diatomeas Pennadas, Clorófitas y Cianófitas. En términos de densidad la estación que mayor valor promedio obtuvo fue LUN con $586'886.118,1 \pm 235'588.754,6$ cel/L, seguida por PAJ con $417'646.781 \pm 167'851.371,7$ cel/L. El valor más bajo se obtuvo en la estación FRF con $37'924.423,55 \pm 14'268.229,85$ cel/L. En todas las estaciones, la mayor parte de la abundancia fitoplanctónica fue aportada por el grupo de las Cianófitas, sin embargo, las Diatomeas Pennadas y las Clorófitas también hicieron un importante aporte en la abundancia de la comunidad fitoplanctónica (Figura 19).

Figura 19. Distribución de la abundancia de los principales grupos Fitoplanctónicos: Diatomeas Céntricas (DC), Diatomeas Pennadas (DP), Dinoflagelados (DN), Euglenófitas (EG), Cianófitas (CN) y Clorófitas (CL), a través de las estaciones muestreadas en la CGSM-CP durante el año 2007.

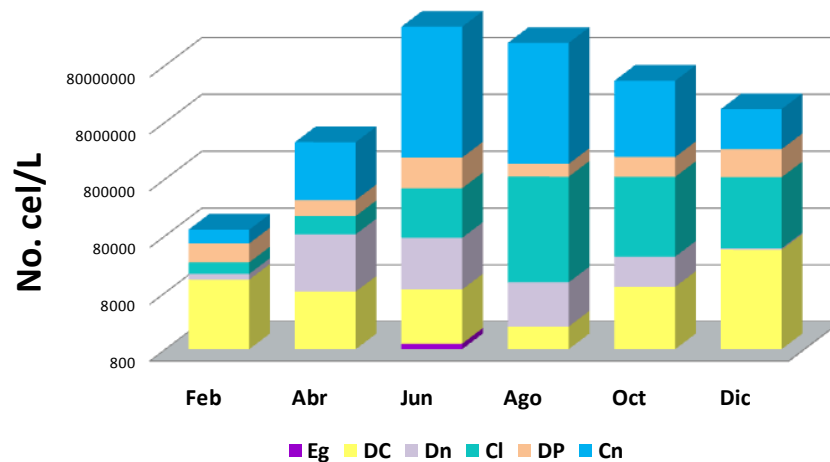


Boca de la Barra (LBA).

Del total de morfo especies que se registraron en LBA en el presente muestreo, el 32% pertenecía al grupo de las Diatomeas Pennadas, 21% a Clorófitas, 18% a Diatomeas céntricas, 16% a Cianófitas, 12% a Dinoflagelados y solo el 1% al grupo de la Euglenófitas.

Durante la época seca la estación de la barra alcanzó los menores valores promedios de abundancia (Febrero= 101.478,3 cel /L y Abril= 3.522.500 cel /L), y en la época de lluvia menor se obtuvieron los máximos promedios (Junio= 379'299.398,3 cel /L) ademas de presentar el único reporte de Euglenófitas de la estación. A partir de la época de lluvias menores, , la abundancia disminuyó nuevamente hacia la época seca menor y época de lluvias; manteniendo valores por encima del mínimo reportado en la época seca (Figura 20).

Figura 20. Variación de la abundancia de los principales grupos Fitoplanctónicos: Diatomeas Céntricas (DC), Diatomeas Pennadas (DP), Dinoflagelados (DN), Euglenófitas (EG), Cianófitas (CN) y Clorófitas (CL), en la estación de LBA durante el año 2007.



El promedio anual de abundancia para la estación fue de 151'538.071,5 $\pm$ 174'787.282,4 cel /L de los cuales las cianófitas contribuyeron en un 98,7% siendo sus morfo especies mas representativas para LBA: Cianobacteria cocoide, Cianobacteria Filamentosa y Cn02 con 280'379.932 cel /L, 263'133.043,2 cel /L y 26'039.750 cel /L respectivamente. Otras morfo especies características para la estación fueron Dp04 y Planctonema sp1. El resto de los grupos fitoplanctónicas apporto en conjunto el 1,3% a la abundancia total de LBA.

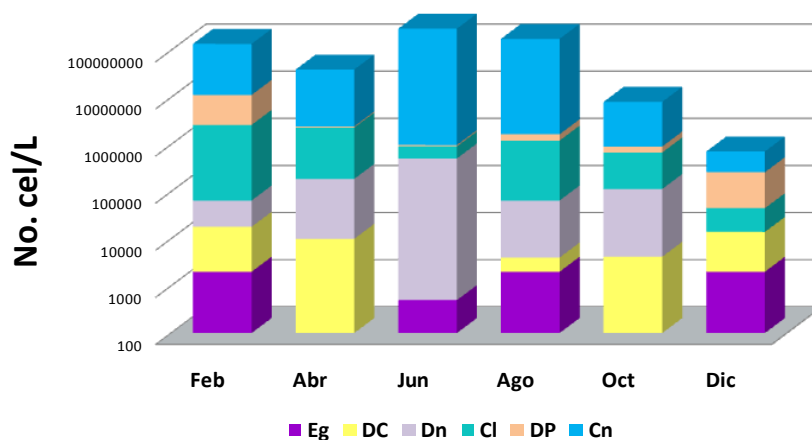
Rinconada (RIN).

La composición de la estación RIN está dada en mayor proporción por morfo especies de los grupos Cianófitas y Clorófitas quienes aportaron cada una 25% de la composición total, seguidas por la Diatomeas Pennadas con el 24%; el resto de los grupos apor to en suma el 26% restante. Los grupos de Euglenófitas, Diatomeas céntricas y Dinoflagelados no presentaron registros en los meses de Abril y Octubre; Junio y Diciembre respectivamente.

El comportamiento de la estación RIN se mantuvo casi constante a través de las épocas climáticas en la Ciénaga Grande de Santa Marta, con excepción de la época de lluvias donde se presentó una marcada disminución de la abundancia promedio en la estación, tal como lo muestra la Figura 21.

La máxima abundancia promedio se obtuvo en el mes de Junio, durante la época de lluvia menor con 288'866.719,1 cel /L, y el valor mínimo de abundancia promedio se registró en el mes de Diciembre, al final de la época de lluvias (713'426,2 cel /L). El promedio anual medido para la estación fue de 139'246.630,4 $\pm$ 121'773.328,7cel/L, al cual contribuyó en un mayor porcentaje las Cianófitas con el 97,2% de abundancia, mientras que el resto de grupos contribuyeron en conjunto en un 2,7%.

Figura 21. Variación de la abundancia de los principales grupos Fitoplanctónicos: Diatomeas Céntricas (DC), Diatomeas Pennadas (DP), Dinoflagelados (DN), Euglenófitas (EG), Cianófitas (CN) y Clorófitas (CL), en la estación de RIN durante el año 2007.



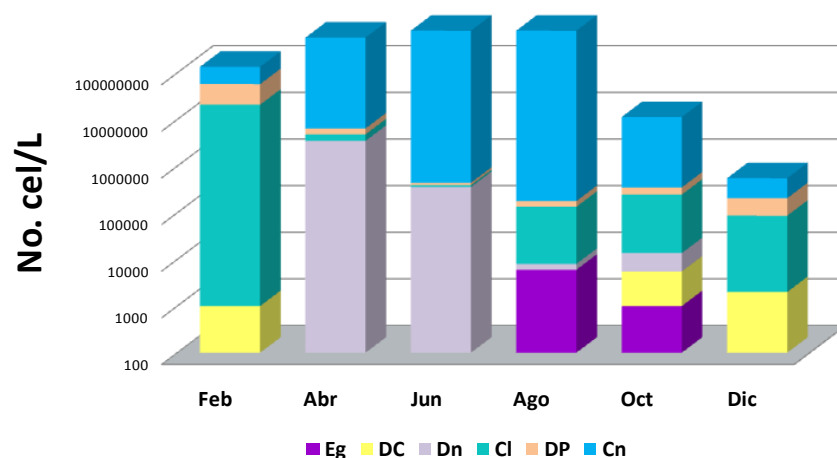
En general para RIN las morfo especies más representativas fueron Cianobacteria Filamentosa (386'029.092,3 cel /L), Cianobacteria cocoide con (159'075.520,5 cel /L) y Anabaena sp2 (30'627.609,6 cel /L).

Ciénaga La Luna (LUN).

La composición fitoplanctónica para la estación LUN fue de 66 morfo especies, de las cuales el 35% pertenecen al grupo de las Clorófitas, otro 24,24% correspondió a las cianófitas, 21,21% a las Diatomeas Pennadas, 14% a los dinoflagelados, 3% a las Diatomeas céntricas y 3% a las Euglenófitas.

LUN se caracterizó por presentar la mayor abundancia fitoplanctónica con relación al resto de las estaciones, alcanzando un promedio anual de 586'886.118,1 $\pm$ 503'369.130,2 cel/L. Las mayores abundancias se registraron en los meses de Junio y Agosto (épocas de lluvia menor y seca menor) con 1'123.817.922 cel/L y 867'114.013,7 cel/L en su orden (Figura 22). Los valores promedios de abundancia disminuyeron en el mes de Diciembre cuando finaliza la época de lluvias (550'128 cel /L).

Figura 22. Variación de la abundancia de los principales grupos Fitoplanctónicos: Diatomeas Céntricas (DC), Diatomeas Pennadas (DP), Dinoflagelados (DN), Euglenófitas (EG), Cianófitas (CN) y Clorófitas (CL), en la estación de LUN durante el año 2007.



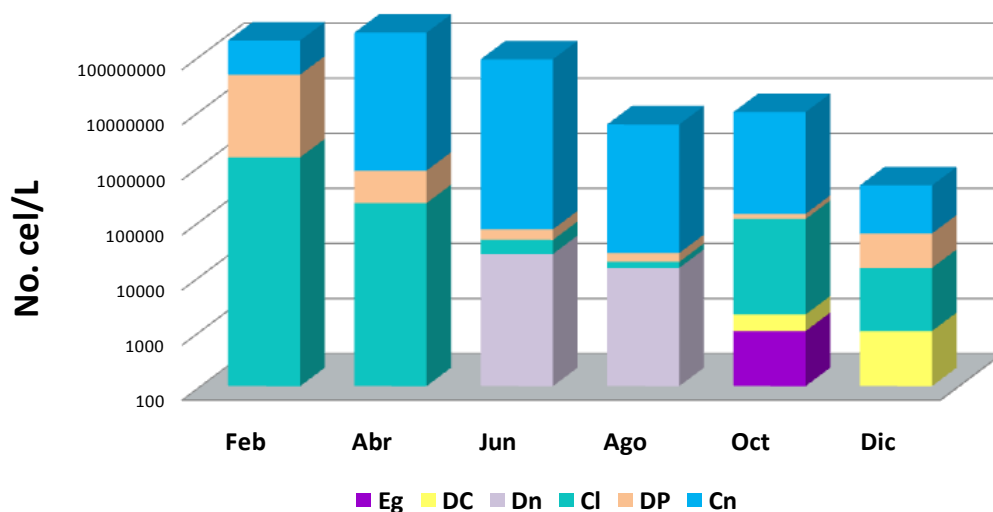
En cuanto a la abundancia aportada por los principales grupos fitoplanctónicos se puede decir que las Cianófitas siguen siendo el grupo mas representativo, asi como en las anteriores estaciones, manteniendose como las morfo especies que mas aportan a la abundancia, la Cianobacteria cocoide (1'956.045.431 cel /L), Cianobacteria Filamentosa (554'570.803,6 cel /L), Cn02 (60'530.710,5 cel /L) y Dp41 (37'669.714 cel /L).

Cabe mencionar que no se registró la presencia de Euglenófitas durante las épocas seca, de lluvia menor y al finalizar la época de lluvia en el mes de Diciembre. Tampoco se registraron Dinoflagelados al inicio de la época seca en Febrero y en el mes de Diciembre, ni Diatomeas Céntricas al final de la época seca (Abril), y en las épocas de lluvia menor y seca menor.

Caño Aguas Negras (CAN).

En total son 40 las morfoespecies encontradas para la estacion CAN; de las cuales el 30% pertenece al grupo de las Diatomeas Pennadas, 30% a las Clorofitas, 27,5% son cianófitas y 12,5% pertenece al resto de grupos.

Figura 23. Variación de la abundancia de los principales grupos Fitoplanctónicos: Diatomeas Céntricas (DC), Diatomeas Pennadas (DP), Dinoflagelados (DN), Euglenófitas (EG), Cianófitas (CN) y Clorófitas (CL), en la estación de CAN durante el año 2007.



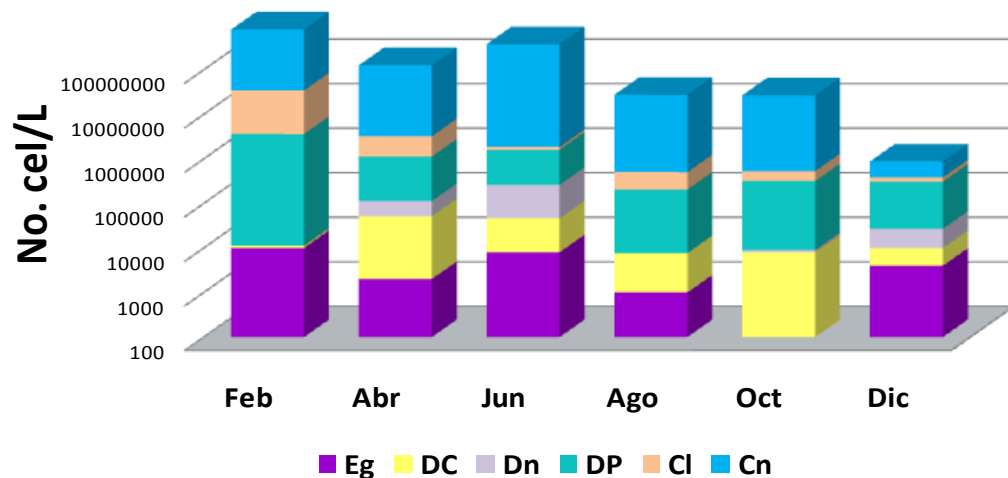
Los máximos valores promedios de abundancia se obtuvieron durante la época seca (Febrero= 187'289.997 cel /L, Abril= 259'801.666 cel /L), los cuales disminuyeron paulatinamente hacia la época seca menor (5'606.000 cel /L en Agosto), para luego ascender al principio de la época de lluvias (Octubre), y finalmente alcanzar su mínimo valor en Diciembre (439'000 cel /L). Figura 23.

La abundancia anual promedio registrada para CAN fue de 79'896.082,88 $\pm$ 102'964.734 cel /L, constituida en un 99,6% por morfo especies de Cianófitas y Diatomeas Pennadas como lo son Cianobacteria Filamentosa con 242'730.000 cel /L, Cianobacteria cocoide con 134'389.332 cel /L, Cn02 con 90'943.666 cel /L y Dp41 con 43'775.000 cel /L.

Pajarales (PAJ).

La estación PAJ está conformada por 81 morfoespecies, 25 Clorofitas (30,8%), 24 Diatomeas Pennadas (29,6%), 18 Cianófitas (22,2%), 6 Dinoflagelados (7,4%), 5 Euglenófitas (6,1%) y 3 Diatomeas céntricas (3,7%).

Figura 24. Variación de la abundancia de los principales grupos Fitoplanctónicos: Diatomeas Céntricas (DC), Diatomeas Pennadas (DP), Dinoflagelados (DN), Euglenófitas (EG), Cianófitas (CN) y Clorófitas (CL), en la estación de PAJ durante el año 2007.



El promedio anual de abundancia para PAJ fue de $417'646.781 \pm 581'631.513,6$ cel/L, siendo una de las mayores densidades fitoplanctónicas alcanzadas durante el 2007 por estación. Gran parte de esta abundancia fue aportada por las cianófitas quienes al igual que en las demás estaciones dominaron en cuanto a la densidad con un 98,6% sobre los demás grupos en la presente estación (Figura 24).

El comportamiento de la abundancia fitoplanctónica en PAJ, a través de las épocas climáticas, en general fue descendente, sobre todo a partir del mes de Junio. El máximo valor promedio de abundancia se registró en la época seca en el mes de Febrero ($2'379.791.711$ cel /L) y el mínimo valor se registró en el mes de Diciembre finalizando la época de lluvias ($875'076,8$ cel /L).

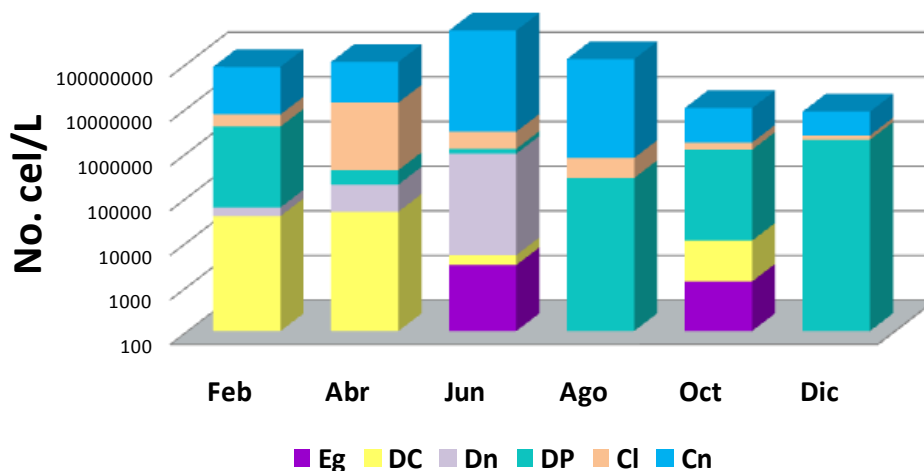
Las morfo especies características en términos de densidad fitoplanctónica fueron: Cianobacteria Filamentosa, Cn02 y Anabaena sp2.

Centro de la Ciénaga Grande De Santa Marta (CEN).

La composición fitoplanctónica para CEN fue de 72 morfo especies, de las cuales el 31,9% pertenecen al grupo de las Clorófitas, otro 25% a las Diatomeas Pennadas, 22,2% correspondió a las cianófitas, 13,8% a los dinoflagelados, 4,1% a las Diatomeas céntricas y 2,7% a las Euglenófitas.

En el centro de Ciénaga Grande De Santa Marta no se observaron Euglenófitas en todos los meses de muestreo. En Agosto sólo se observaron Cianófitas, Diatomeas Pennadas y Clorófitas. La abundancia reportó un incremento en los primeros meses de muestreo hasta Junio (Época de lluvias menor), donde se registró el valor más alto ($534'465.168,5$ cel/L). Luego se presentó una disminución de la abundancia hasta el mes de Diciembre (Época de lluvias), donde se dio el menor valor de abundancia con $8'163.559,7$ cel /L. (Figura 25).

Figura 25. Variación de la abundancia de los principales grupos Fitoplanctónicos: Diatomeas Céntricas (DC), Diatomeas Pennadas (DP), Dinoflagelados (DN), Euglenófitas (EG), Cianófitas (CN) y Clorófitas (CL), en la estación de CEN durante el año 2007.



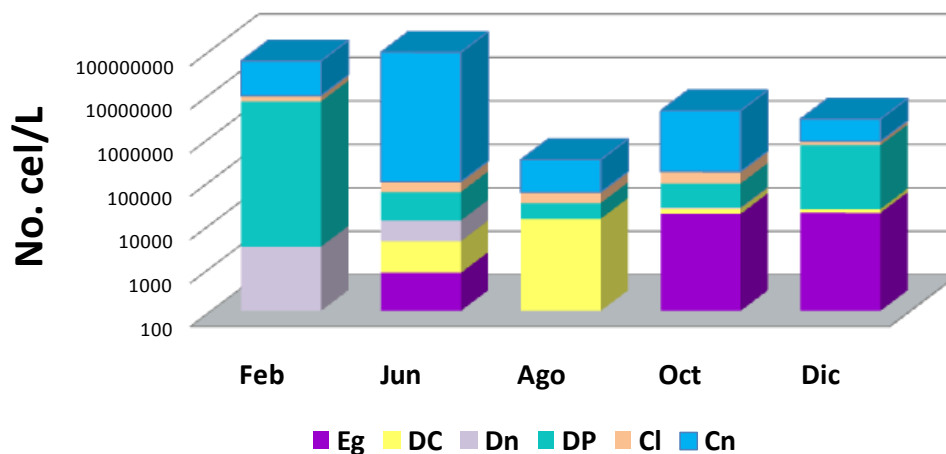
La abundancia anual promedio registrada para CEN fue de $189'968.285,7 \pm 234'663.174,8$ cel /L, compuesta en un 98,9% por morfo especies de Cianófitas y Clorófitas; de las cuales las mas representativas fueron Cianobacteria cocoide con $405'604.642$ cel /L, Cianobacteria Filamentosa con $316'082.249,6$ cel /L, Anabaena sp2 con $42'221.161,6$ cel /L y Anabaenopsis sp1 con $40'090.997$ cel /L.

Frente al río Fundación (FRF).

La composición de la estación FRF está dada en mayor proporción por morfo especies de los grupos Diatomeas Pennadas y Clorófitas quienes aportaron el 35,9% y el 26,9% de la composición total respectivamente, seguidas por las Cianófitas con el 17,9%; el resto de los grupos apor to en suma el 19,2% restante. Esta estación presentó los valores más bajos de abundancia fitoplanctónica, en comparación con las demas estaciones de muestreo ($37'098.200,28 \pm 42'896.076,21$ cel /L) . En el mes de Febrero no se registraron Diatomeas céntricas y Euglenófitas, en Junio durante la época de lluvia menor se encontraron

los valores más altos de abundancia (88'711.668,8 cel/L). En Agosto, en la época seca menor, se hallaron los valores más bajos (299'921,05 cel/L) y no se observaron Dinoflagelados y Euglenófitas (Figura 26). Las cianófitas aportaron el 93,4% de la densidad fitoplanctónica de la presente estación frente al 6,63% aportado por el resto de los grupos fitoplanctónicos.

Figura 26. Variación de la abundancia de los principales grupos Fitoplanctónicos: Diatomeas Céntricas (DC), Diatomeas Pennadas (DP), Dinoflagelados (DN), Euglenófitas (EG), Cianófitas (CN) y Clorófitas (CL), en la estación de FRF durante el año 2007.

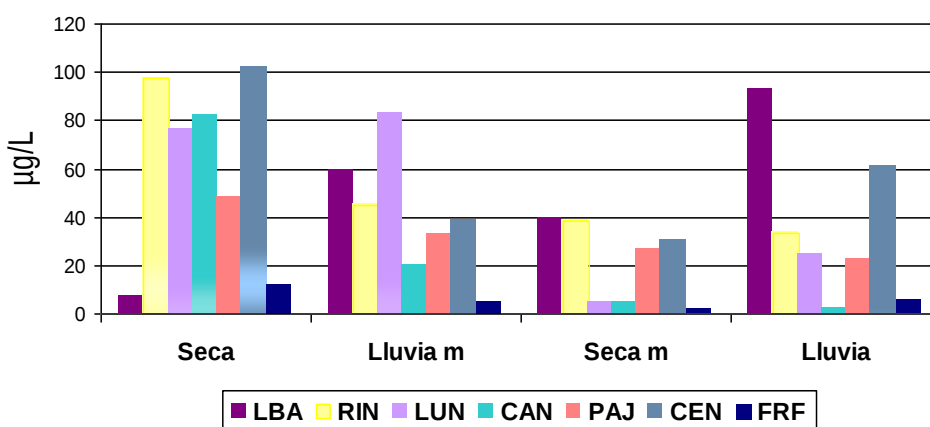


6.2.3. Biomasa de la Comunidad de Fitoplancton a través de las Estaciones y Épocas Climáticas de la CGSM-CP.

Al comparar los promedios de la biomasa a través de las estaciones y épocas climáticas (Figura 27), se observó que la mayoría de estaciones alcanzaron sus máximas biomásas durante la época seca y mantuvieron un comportamiento descendente hacia la época de lluvias. Contrario a lo que se observó en la estación LBA que alcanzó su mayor valor en época de lluvia y el mínimo valor en la época seca así como también en la estación LUN que luego de alcanzar su

máxima biomasa en la época de lluvia menor descendió en época seca menor para volver a ascender levemente hacia la época de lluvias. Así a nivel de estaciones, el menor promedio de biomasa se presentó en FRF ($5,0 \pm 4,6 \mu\text{g/L}$) y los máximos promedios se registraron en las estaciones RIN ($51,9 \pm 42,2 \mu\text{g/L}$) y CEN, ($55,5 \pm 41,2 \mu\text{g/L}$).

Figura 27. Variación espacial y temporal de la Biomasa fitoplanctónica en la CGSM- CP durante el año 2007.



A nivel temporal, el mayor promedio de biomasa se presentó en la época seca ($60,7 \pm 39,04 \mu\text{g/L}$), constituyendo el 47%, las estaciones RIN y CEN. Durante la época de lluvia menor, el 50% de la biomasa se concentró entre las estaciones LUN y LBA, mientras que en la época de lluvia el 64% se obtuvo en las LBA y CEN. Finalmente durante la época seca menor, donde se presentó el menor promedio de la biomasa ($20,6 \pm 16,6 \mu\text{g/L}$), esta se concentró en las estaciones LBA y RIN con un 54%.

6.2.4. Índices Ecológicos

Tanto la diversidad (Shanon, H'), como la uniformidad (J') para las estaciones fluctuaron en un intervalo de valores entre 1,2 a 2,5 y 0,2 a 0,7 respectivamente, mientras que para las épocas estos atributos fluctuaron en un intervalo de valores entre 0,9 a 2,6 para la diversidad y 0,2 y 0,6 para la uniformidad (Tabla 3).

Tabla 3. Índices ecológicos para las diferentes estaciones (a) y épocas climáticas (b) en la CGSM, durante el año 2007.

a	Diversidad (H')	Uniformidad (J')	Riqueza Marg (d)
LBA	2,4 ($\pm 0,87$)	0,5 ($\pm 0,19$)	1,6 ($\pm 0,43$)
RIN	2,0 ($\pm 0,58$)	0,5 ($\pm 0,15$)	1,2 ($\pm 0,30$)
LUN	1,4 ($\pm 0,77$)	0,3 ($\pm 0,19$)	1,0 ($\pm 0,31$)
CAN	1,3 ($\pm 0,36$)	0,4 ($\pm 0,08$)	0,8 ($\pm 0,30$)
PAJ	2,0 ($\pm 0,77$)	0,4 ($\pm 0,17$)	1,4 ($\pm 0,19$)
CEN	1,9 ($\pm 0,79$)	0,4 ($\pm 0,15$)	1,3 ($\pm 0,48$)
FUN	2,0 ($\pm 0,88$)	0,5 ($\pm 0,22$)	1,3 ($\pm 0,44$)

b	Diversidad (H')	Uniformidad (J')	Riqueza Marg (d)
Seca	1,98 ($\pm 0,42$)	0,44 ($\pm 0,09$)	1,25 ($\pm 0,37$)
Lluvia menor	0,94 ($\pm 0,30$)	0,22 ($\pm 0,07$)	1,02 ($\pm 0,36$)
Seca menor	1,49 ($\pm 0,50$)	0,39 ($\pm 0,14$)	0,81 ($\pm 0,22$)
Lluvia	2,34 ($\pm 0,64$)	0,52 ($\pm 0,12$)	1,47 ($\pm 0,34$)

Los valores de los índices de diversidad y uniformidad mostraron una disminución hacia el mes de junio, durante la época de lluvia menor, los cuales paulatinamente ascendieron hasta alcanzar su mayor valor en el mes de diciembre, finalizando la época de lluvias. El máximo promedio de diversidad y uniformidad se registró en la

estación LBA, mientras que los mínimos valores se obtuvieron en las estaciones LUN y CAN.

Por otra parte el índice de riqueza de margalef (d), obtuvo su menor promedio en la estación CAN, y el mayor en LBA. A nivel temporal presentó un comportamiento descendente hacia la época seca menor, los cuales volvieron a ascender en la época de lluvias, donde alcanzó su mayor promedio.

6.2.5. Análisis Univariado de la Abundancia, Biomasa e Índices Ecológicos

Las variables abundancia y biomasa, no cumplieron con los prerequisites de normalidad y homogeneidad de varianza para las épocas, por lo cual se sometieron a la prueba no paramétrica de Kruskal - Wallis. El resto de variables cumplieron con los prerequisites de normalidad y homogeneidad de varianza y por lo tanto se les aplicó ANOVA. Los resultados de estas pruebas se presentan en la Tabla 4.

Adicionalmente se realizó la prueba de ANOVA entre niveles de profundidad (superficie y fondo) encontrándose que no existen diferencias significativas para las variables de abundancia ($p=0,8186$), biomasa ($p=0,9754$), diversidad ($p=0,7971$), uniformidad ($p=0,8241$) y riqueza de margalef ($p=0,4455$).

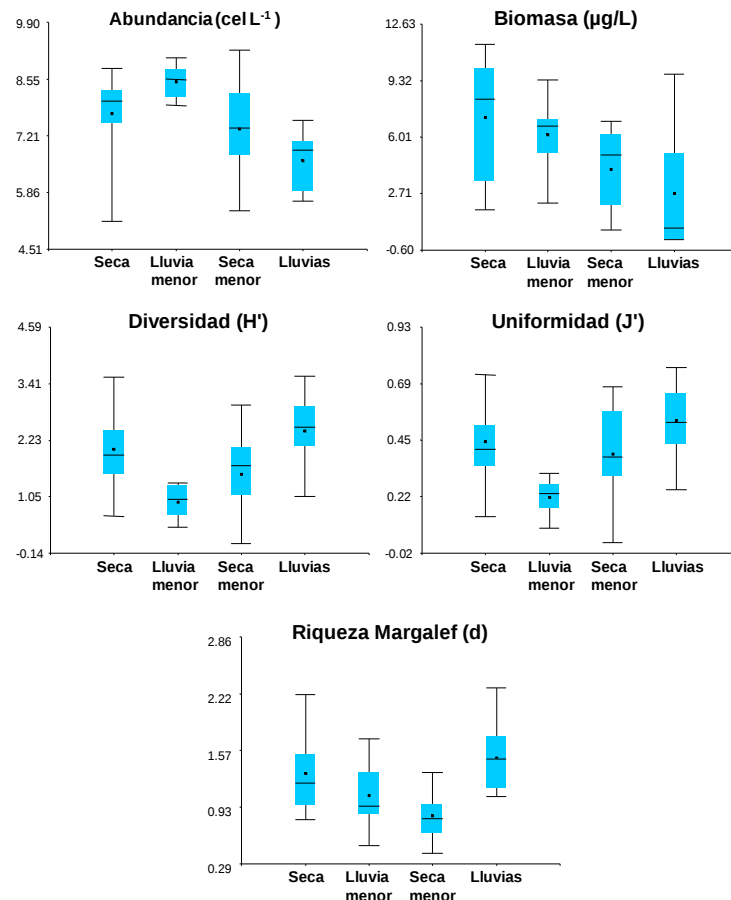
Tabla 4. Análisis de varianza (ANOVA) y prueba de Kruskal Wallis, para los atributos comunitarios e índices ecológicos entre las diferentes estaciones y épocas climáticas en la CGSM-CP durante el año 2007. Diferencias significativas con $p<0,05$.

	ANOVA					Kruskal Wallis	
	Abundancia (LOG10)	Biomasa (RAIZ)	Diversidad (H')	Uniformidad (J')	Riqueza Marg (d)	Abundancia (LOG10)	Biomasa (RAIZ)
Época			<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0001
Estaciones	0,068	0,0291	0,0371	0,2954	0,0001		

Los análisis de varianza (ANOVA) y prueba de Kruskal Wallis, para los atributos comunitarios e índices ecológicos (Tabla 3), revelaron diferencias significativas

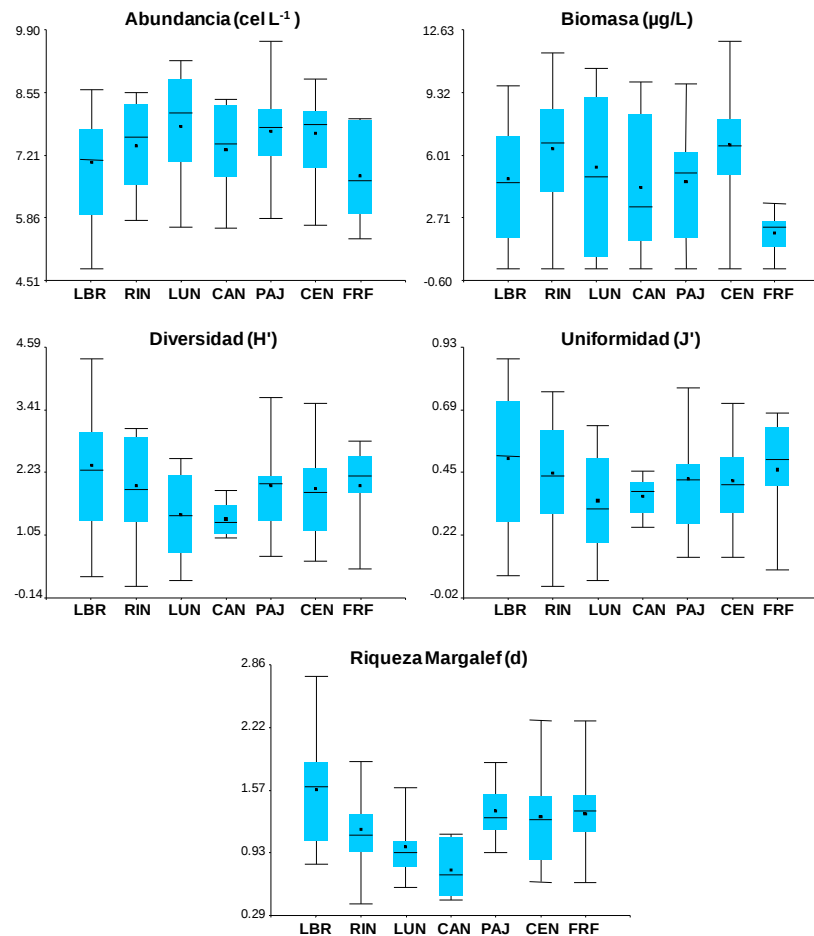
entre épocas para todas las variables evaluadas de abundancia ($p < 0,0001$), diversidad ($p < 0,0001$), uniformidad ($p < 0,0001$), riqueza de margalef ($p < 0,0001$) y biomasa ($p = 0,0001$). En términos de la abundancia fitoplanctónica, las diferencias se presentaron entre las épocas de lluvia y lluvia menor; a nivel de biomasa las diferencias se presentaron entre la época de lluvias y las épocas de lluvias menor y seca. Según el Test de Tukey, para la uniformidad las diferencias temporales se dieron entre lluvia menor con el resto de épocas, para la diversidad las diferencias se presentaron entre las épocas seca- lluvias y la época de lluvia menor y finalmente para la riqueza (d) las diferencias se presentaron entre las épocas seca- lluvias y la época de seca menor. (Figura 28).

Figura 28. Gráfico comparativo de cajas y bigotes entre épocas climáticas para la abundancia, biomasa e índices ecológicos de la comunidad fitoplanctónica de la CGSM-CP durante el año 2007.



La prueba de ANOVA entre estaciones mostró diferencias significativas para la biomasa, diversidad y riqueza de Margalef (d). De acuerdo con el Test de Tukey, las diferencias en términos de la biomasa se presentaron entre la estación FRF con el resto de estaciones ($p \leq 0,05$), para la diversidad se dieron entre las estaciones de CAN y FRF ($p \leq 0,05$) y para la riqueza de Margalef (d) entre las estaciones de LUN y CAN con LBA, PAJ y FRF ($p \leq 0,05$) como se observa en la Figura 29.

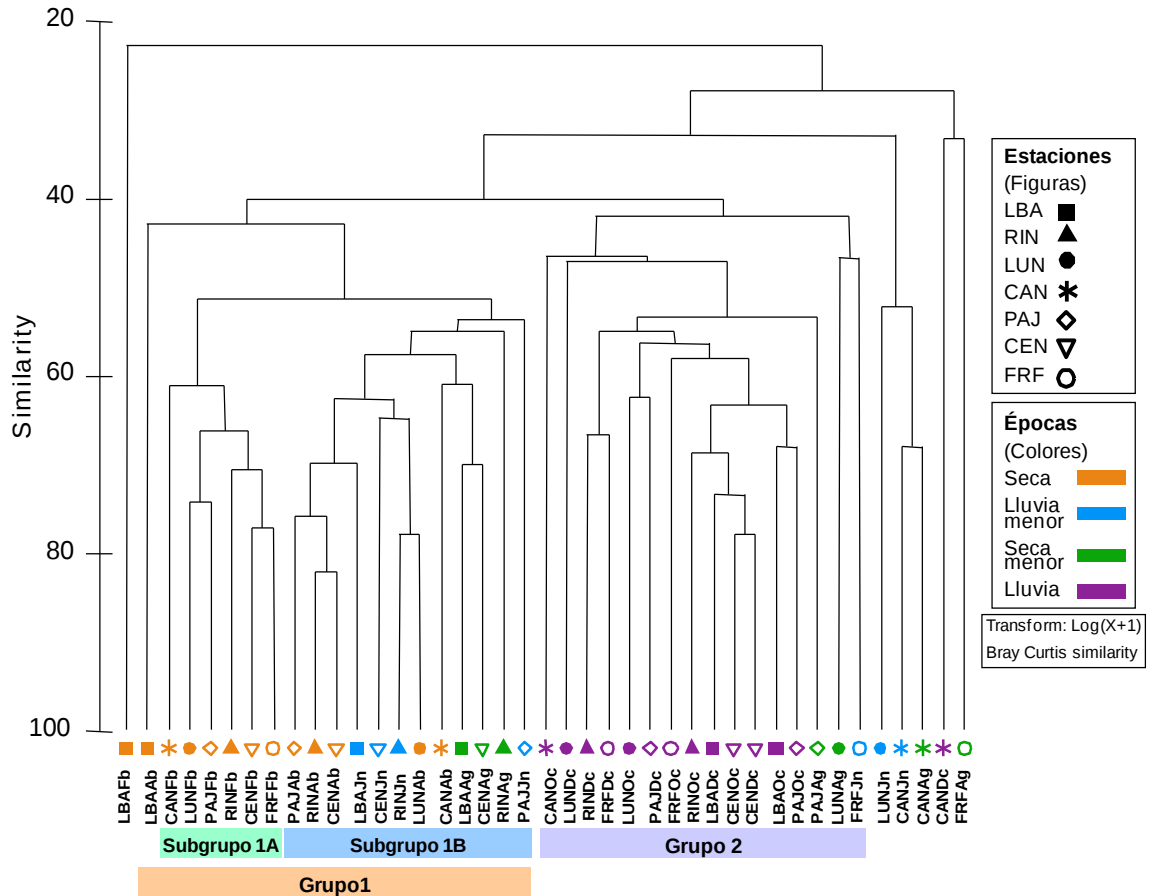
Figura 29. Gráfico comparativo de cajas y bigotes entre estaciones para la abundancia, biomasa e índices ecológicos de la comunidad fitoplanctónica de la CGSM durante el año 2007.



6.3. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA DE LA CGSM-CP

El análisis de agrupamiento con base a la abundancia fitoplanctónica de cada estación en cada mes evaluado, separó dos grandes grupos. En este dendograma se muestran dos grupos principales definidos a un nivel de similitud mayor al 40%, los cuales concuerdan más con una distribución de la composición y abundancia del fitoplancton por épocas que por estaciones, ya que estas últimas se dispusieron de manera indefinida (Figura 30).

Figura 30. Dendograma de similitud entre estaciones y épocas obtenido del análisis de clasificación (CLUSTER) en la CGSM, durante el año 2007.



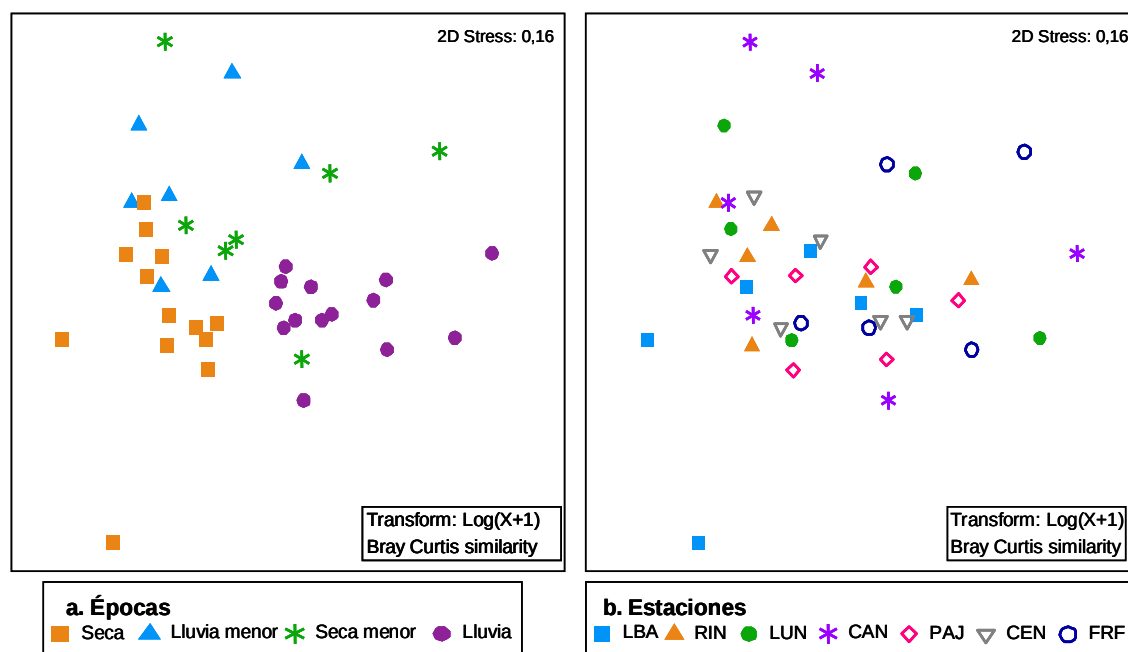
El grupo1 está conformado por dos subgrupos, en uno se encuentran todas las estaciones muestreadas en el mes de febrero (subgrupo 1A), a excepción de LBA que no mostró similitudes con ninguna de las estaciones en general. El otro subgrupo (subgrupo 1B), reúne todas las estaciones de época seca en el mes de abril, a excepción también de LBA que fue la más disímil dentro del grupo 1. El subgrupo 1B también estuvo conformado por las estaciones LBA, RIN y CEN en época lluviosa menor y en época seca menor.

El grupo 2 incluye todas las estaciones en la época de lluvias, menos la estación CAN en el mes de diciembre que aparece en una ramificación fuera del grupo 2 junto con la estación FRF en época seca menor. Dentro del grupo 2 igualmente se encuentran las estaciones PAJ y LUN en época seca menor y FRF en época de lluvia menor.

Además de los dos grupos principales también se presentaron diversas ramificaciones de grupos más pequeños conformados por una hasta tres estaciones en diversas épocas como lo son: LUN época de lluvia menor junto con CAN en época de lluvia menor y seca menor; CAN época de lluvias (mes de diciembre) agrupada con FRF en seca menor y por último como ya se mencionó la estación de LBA en el mes de febrero (época seca) que fue la estación con menor similitud de todo el muestreo.

El análisis de ordenación nMDS exhibió, al igual que el clúster, una tendencia a formar grupos de acuerdo con las épocas climáticas y ninguna tendencia de agrupamiento de acuerdo a las estaciones muestreadas (Figura 31).

Figura 31. Análisis de ordenación (nMDS) entre (a) épocas y (b) estaciones en la CGSM, durante el año 2007.



La prueba de hipótesis ANOSIM (Tabla 5), mostró que no existen diferencias significativas entre profundidades en las estaciones ($R = -0,168$; 100%), ni entre las estaciones a través de las épocas climáticas ($R = -0,045$; 65%); sin embargo si muestra diferencias significativas entre épocas ($R = 0,505$; 0,3%).

Tabla 5. Pruebas de hipótesis ANOSIM para las épocas climáticas en la CGSM durante el año 2007.

Grupos	R Estadístico	Nivel de Significancia (%)
Seca, Lluvia menor	-0,167	77
Seca, Seca menor	0,667	3,8
Seca, Lluvias	0,804	0,2
Lluvia menor, Lluvias	0,714	2
Seca menor, Lluvias	0,429	14,1

Dado que las diferencias significativas se presentaron entre todas las épocas y no entre estaciones, el análisis SIMPER solo se realizó a nivel temporal encontrándose promedios de disimilaridad entre 46 y 63, con el máximo promedio obtenido entre las épocas seca y lluvias (63,73) y el mínimo entre lluvia menor y seca menor (47,45) respectivamente (Anexo F). Las especies más consistentes, es decir aquellas con los más altos valores de cociente SIMPER entre los grupos de épocas y por consiguiente las que mejor explican las diferencias arrojadas en la prueba de ANOSIM fueron: Clorófitas 23, Diatomea pennada 41, Diatomea pennada 39, Diatomea pennada 31, Cianófitas cocoide, Cianófitas filamentosas, Anabaenopsis sp1. Ninguna de estas morfo especies aportaron más del 4,6% al promedio de disimilaridad en cada par de épocas analizados.

6.4. RELACIÓN CON VARIABLES AMBIENTALES

El análisis de BIOENV permitió determinar el conjunto de variables que mejor se correlacionó (correlación armónica de spearman) con el patrón de la comunidad mediante la utilización de una matriz de abundancia y composición fitoplanctónica hallada con el índice de similitud de Bray-Curtis (componente biótico) y una matriz de datos físico químicos hallada por medio de las distancias euclidianas (componente abiótico). Se escogieron las variables de TRA, TEM, CON, SAL, NO₂, NO₃, NH₄, PO₄ y SST; aquellas que no presentaron una distribución normal fueron transformadas a raíz cuadrada (CON, SAL, TRA y PO₄) o a Log (x+1) (NO₃). También se comprobó que la variable SAL obtuvo una alta correlación con la variable CON (-0,124) por lo cual fue eliminada para que no generara ruido a la hora de realizar el BIOENV (Clarke y Ainsworth, 1993).

La tabla 6 muestra las variables ambientales que mejor se correlacionaron de manera individual o por grupos con los patrones bióticos observados en los anteriores análisis de clasificación (cluster) y ordenación (nMDS).

Tabla 6. Análisis de BIOENV entre el componente biótico y el abiótico en la CGSM, durante el año 2007.

No. de variables	Variables	Correlación de Spearman
1	CON	0,303
1	NO ₃	0,292
1	TRA	0,237
5	TRA, TEM, CON, NO3, PO4	0,640
5	TRA, TEM, CON, NO2, NO3	0,632
4	TRA, TEM, CON, NO3	0,629
4	TRA, CON, NO2, NO3	0,610
3	TRA, CON, NO3	0,595

Individualmente la variable que mejor se correlacionó con el componente biótico en la CGSM fue CON y junto con esta SAL ya que estas dos obtuvieron una alta correlación como se mencionó anteriormente, Sin embargo el valor mas alto de correlación se obtuvo con el grupo de variables TRA-TEM-CON-NO3-PO4 y en general las combinaciones de variables que le siguen en términos de correlación agrupan repetidamente a CON, TRA y NO3 quienes a su vez individualmente también fueron las variables mejor correlacionadas con el componente biológico. El BIOENV mostró un $R = 0,64$ con un porcentaje de significancia del 1% lo que quiere decir que esta correlación es significativa.

7. DISCUSIÓN

7.1. VARIABLES FÍSICO QUÍMICAS

Las variables físico químicas, indicadoras de la calidad del agua en la Ciénaga Grande de Santa Marta, han presentado cambios considerables a lo largo de la historia, de tal manera que difícilmente se puede establecer un patrón regular de comportamiento de tipo espacial y/o temporal. Principalmente debido a que éstas variables se ven influenciadas por diversos factores climáticos e hidrológicos, además de algunos de origen antrópicos que modifican constantemente la composición de las aguas de la ciénaga. A su vez, los cambios en una u otra variable dada, pueden determinar la distribución y composición de especies vegetales y animales en la ciénaga, y hasta afectar la dinámica de otras variables físico químicas con las que se encuentren íntimamente relacionadas (Hernández y Márquez, 1991).

La cantidad de agua dulce que entra o sale de un sistema constituye un factor importante a la hora de explicar las fluctuaciones de Conductividad Eléctrica y Salinidad (Blanco *et al.*, 2006). Estas dos variables se encuentran fuertemente relacionadas al depender de la concentración de las sales inorgánicas disueltas en el agua (Hernández, 1986). Existen tres fuentes naturales que provocan las variaciones en la cantidad de agua dulce e inducen variaciones de salinidad en la cuenca: evaporación, precipitación y descargas de afluentes; siendo este último el predominante en cuerpos de agua estuarinos (Farreras, 2004).

En la Ciénaga Grande de Santa Marta durante muchos años se mantuvo obstruida la comunicación con su principal afluente, el río Magdalena, debido al taponamiento de los caños que los conectaban, favoreciendo un acelerado incremento de la salinidad hacia los años 1991- 1995 con valores por encima de 88,8 (Botero and Salzwedel, 1999). Posteriormente sufrió un paulatino descenso de sus valores promedios, manteniéndose en un rango de 0 a 30, luego de la reconexión con los caños clarín en 1996 y Renegado y Aguas Negras en 1998 (Blanco *et al.*, 2006). Todo esto sumado al efecto que ejerce sobre el sistema los

sucesivos eventos Niña y Niño registrados, ha generado cambios drásticos en la salinidad de la ciénaga y por ende en las comunidades vegetales y animales que en ella subsisten.

La salinidad para el año 2007 varió de manera similar a lo reportado por varios autores en la CGSM-CP (Mogollón, 1997, Ruiz, 1999, De la Hoz, 2004) y otras lagunas costeras (Silva y Acuña, 2006; Kormas *et al*, 2001). Los mayores valores se presentaron durante la época seca cuando se dan las menores precipitaciones y un reducido aporte de agua dulce por parte de los afluentes, mientras que los valores mas bajos se presentan en época de lluvias, debido a la dilución provocada por el aumento en el caudal de los ríos al aumentar las precipitaciones dentro del sistema (Tapia *et al*, 2008).

Lo anterior contrasta con lo reportado por Rojas (2000), y en algunas estaciones de Mogollón (1997) en el complejo pajarales; donde se presentaron altos valores de salinidad en aquellos meses de alta precipitación o que fueron precedidos por periodos de lluvia abundante. Tanto Rojas (2000) como Mogollón (1997) explican este comportamiento como producto del lavado de los suelos por la entrada de agua dulce desde los afluentes.

La estación LBA al estar en directa comunicación con el mar presentó el promedio más alto de salinidad, sin embargo hacia la temporada de lluvias presentó valores bajos evidenciando una marcada influencia de agua dulce proveniente de la CGSM-CP. Las estaciones con los promedios más bajos de salinidad a lo largo del muestreo, fueron aquellas en directa relación con la descarga de los afluentes, por un lado FRF donde desemboca el río fundación y por el otro CAN que es el punto de llegada de las aguas del río Magdalena al complejo pajarales. La salinidad disminuyó en un gradiente de norte a sur en la CGSM-CP y de oeste a este en el complejo Pajarales.

Según Carmona (1979), cambios en la salinidad del sistema, pueden relacionarse con variaciones en la dirección de las corrientes de agua dulce provenientes de los ríos y de las corrientes marinas. Al aumentar los aportes de los tributarios, el agua dulce entrante desplaza las corrientes de agua salada que entran al sistema

a través de la boca de la barra, creando una corriente circular que va en dirección contraria a las manecillas del reloj (Botero, 1988) responsable del transporte de sedimentos.

Gran parte de la carga de sedimentos que entra a la CGSM-CP se encuentra en forma de Sólidos Suspendidos Totales (SST), cuyas concentraciones han estado sujetas a variaciones, especialmente luego de la reapertura de los caños que comunicaban la ciénaga con el río Magdalena. Antes de la reapertura los SST estaban constituidos por altas densidades fitoplanctónicas; después del dragado de los caños se da además un alto aporte de SST de otra naturaleza (Garay *et al.*, 2004).

Los sólidos suspendidos totales en la ciénaga grande de Santa Marta alcanzan su máxima concentración a lo largo de la época seca, causado por la acción de los vientos alisios que resuspenden el sedimento y aumentan la turbidez de las aguas (Mogollón, 1997; Ruiz, 1999; De la Hoz, 2004). Contrario a lo anterior y similar a lo reportado en otros cuerpos de agua costeros (Aranda- Cirerol *et al.*, 2006), Rojas (2000), reporta un comportamiento inverso para la Ciénaga de pajarales, lo cual explican como una relación directa entre la cantidad de lluvias y el seston.

Sin embargo, los resultados obtenidos tanto en el complejo pajarales como en la CGSM-CP en Mogollón (1997), Ruiz (1999), De la Hoz (2004) y el presente trabajo, evidencian un aumento de los SST hacia la época seca, y un descenso en su concentración en la época de lluvias. Este descenso puede explicarse por el hecho que la CGSM-CP actúa como gran reactor-sedimentador, que atrapa los materiales en suspensión que ingresan a través de los ríos, precipitándolos rápidamente hacia el fondo (Betancourt y Ramírez, 2005).

La rápida precipitación de los sedimentos se da por el desplazamiento del agua salada al fondo (al ser mas densa), por parte del agua dulce proveniente de los afluentes o de las lluvias (Carmona, 1979), quedando en la superficie una capa de agua de mayor transparencia. Este mecanismo es favorecido por la lenta circulación del agua por los caños y lagunas, y por los altos tiempos de retención en el sistema (Betancourt y Ramírez, 2005).

En correspondencia a la concentración de SST, la Transparencia se relaciona de manera inversa (Rojas, 2000), así los menores valores de disco secchi para este estudio se presentaron en la época seca, y los mayores en la época de lluvias, extendiéndose este comportamiento a las estaciones.

La estación CAN fue la que mostró el mayor promedio de SST con 71 mg/l (+ 46,2 mg/l), esto por su directa relación con el río Magdalena, que es la principal fuente de entrada de agua dulce y por tanto de sedimentos a la CGSM-CP (Garay *et al.*, 2004; Restrepo y Kjerve, 2000; Restrepo *et al.*, 2006), y cuyo flujo se ve altamente influenciados por los eventos ENSO (Restrepo y Kjerve, 2000). Lo anterior puede explicarse debido a que el comportamiento de esta estación no se ajusta a la tendencia temporal presentada por el resto de las estaciones en el presente estudio.

Fue precisamente CAN quien presentó el menor promedio para la transparencia (0,20m, + 0,08m), así como LUN quien mostró el menor valor para los sólidos suspendidos totales (39,75 mg/L, + 41,47 mg/L) y el mayor para la transparencia (0,73m, + 0,45m), esto debido a que en dicha estación no hay una rápida circulación del agua al no tener comunicación directa con las fuentes (Carmona, 1979).

En general, el rango de concentración para SST en la CGSM-CP-CP del presente estudio (1,25 mg/L - 187 mg/L) fue menor al reportado por Rojas (2000) donde las estaciones presentaron concentraciones en un rango de 90 a 1000 mg/L. Mientras que la transparencia mostró una tendencia al aumento, con un rango mas amplio que lo reportado por otros autores (Mogollón, 1996; Ruiz, 1999; Rojas, 2000; De la Hoz, 2004).

En algunos casos, altas concentraciones de SST y por lo tanto altos valores de turbidez en la columna de agua, pueden interferir como factores modificadores en la concentración de Oxígeno Disuelto (OD) en el agua y su Porcentaje de Saturación, al reducir la entrada de luz que necesitan los productores primarios para llevar acabo la actividad fotosintética.

Mogollón (1996), reporta para el complejo pajarales una tendencia paralela entre el oxígeno disuelto y el porcentaje de saturación, justo como en el presente trabajo, donde estas variables alcanzaron rangos entre 0,85 y 12, 45 mg/L y 12 a 168% respectivamente. Estos rangos son más amplios que los reportados por Ruiz (1999) (7-10 mg/L y 80 -130%), y siguieron una tendencia muy variable, la misma para casi todas las estaciones pero en proporciones distintas. Primero se dio un descenso hacia el final de la época seca en abril, luego un ascenso en junio (época de lluvia menor), un leve descenso en agosto (época seca menor), para luego ascender abruptamente en octubre y descender en diciembre (principio y final de la época de lluvias).

Los ascensos aumentos del oxígeno disuelto y porcentaje de saturación coincidieron con las épocas de mayor precipitación, al igual que en Ruiz (1999) y Mogollón (1996), quienes explican esto como consecuencia de los aportes de agua oxigenada por parte de los ríos tributarios en especial del Río Magdalena. Así mismo, Rojas (2000) y De la hoz (2004) muestran las mayores concentraciones de estas variables hacia la época seca, debido a la mezcla constante de los vientos que permiten que el sistema se mantenga aireado.

El contenido de OD en el agua se considera muy variable, debido a que sobre él actúan diferentes factores de cambio, como la hora del día en el que son tomadas las muestras, ya que altas concentraciones se asocian a las horas de la tarde aportado principalmente por los organismos fotosintéticos (Mogollón, 1996), la intensidad lumínica y la profundidad del cuerpo de agua, siendo esta ultima inversamente proporcional a la concentración de oxígeno (Mogollón, 1997). La temperatura también se comporta como un factor regulador de la dinámica del OD, ya que puede modificar la actividad metabólica de los organismos, acelerando o disminuyendo la tasa fotosintética o la respiración; así como también puede interferir en la solubilidad del oxígeno atmosférico en el agua.

La Temperatura varió muy poco tanto espacial como temporalmente, manteniendo un promedio anual característico de 30,81°C, cercanos a los valores reportados por Mogollón en (1997) (29,84°C), Ruiz en (1999) (29°C), Rojas en (2000)

(31,9°C), De la Hoz (2004) (30,62°C), y que se relaciona con la alta productividad de la Ciénaga Grande de Santa Marta, ya que una elevada temperatura acelera la liberación y consumo de nutrientes y descomposición de la materia orgánica (Hernández y Márquez, 1991).

El hecho que en la Ciénaga la temperatura se mantenga en un rango constante a través de los años, corrobora lo dicho por Farreras (2004), acerca de que en las lagunas costeras estuarinas, los gradientes de salinidad predominan respecto de los gradientes de temperatura en la producción de gradientes de densidad; contrario a lo que pasa en las lagunas costeras no-estuarinas de zonas áridas semi-tropicales, donde los gradientes de temperatura son los predominantes.

Como se ha venido reportando para la CGSM-CP, las bajas temperaturas hacia los meses de diciembre y febrero pueden explicarse por la aparición de los vientos alisios a partir del mes de noviembre (Mogollón 1997, Ruiz 1999, Rojas 2000, De la Hoz 2004), que al aumentar el área de contacto entre el agua superficial y el aire, y facilitar el proceso de mezcla de las aguas, dispersan el calor además de evitar grandes diferencias entre las aguas de superficie y fondo gracias a la poca profundidad de la ciénaga (Hernández 1986).

Los resultados de pH en las aguas de la Ciénaga Grande de Santa Marta, evidencian dos patrones de comportamiento para las estaciones muestreadas en el 2007. El primer patrón agrupa las estaciones de LBA, LUN, PAJ y CEN, quienes estuvieron dentro de un rango de valores promedio entre 8 y 9 considerados valores altos de pH, que se asocian a zonas de ciénaga y zonas de influencia marina, los cuales según Margalef (1983) actúan como buffer, evitando desviaciones de pH causados por diversas acciones de cambio; lo que explica que las estaciones de este primer grupo mostraran leves variaciones a lo largo del año de muestreo.

El segundo patrón agrupa a aquellas estaciones que mostraron una mayor variación de los valores promedio de pH, desde los 6,7 a los 9,07 (CAN, FRF, y RIN). Ésta fluctuación marcada del pH, es característico en estaciones influenciadas por la descarga de ríos tributarios, los cuales aportan bajas

concentraciones de bases, logrando en algunos casos bajar el pH durante la temporada de lluvias. El promedio anual del pH para el 2007 se mantuvo alto con un valor de (8,21, + 0,41), estando dentro del rango de unidades establecido por el decreto 1594/84 para el uso del recurso en preservación de fauna y flora.

Fuertes oscilaciones en la concentración del pH y oxígeno disuelto, pueden afectar la disponibilidad de nutrientes inorgánico, importantes en la regulación de la productividad primaria (Sánchez y Zea, 2000), sin embargo debido al complejo metabolismo de dichos nutrientes y a la variabilidad de la comunidad planctónica, se hace difícil establecer una relación directa entre la productividad primaria y las concentraciones de nitrógeno y fósforo en la CGSM-CP (Sánchez y Zea, 2000).

Tanto el nitrógeno como el fósforo son considerados nutrientes limitantes en ecosistemas acuáticos (Hernández y Marques, 1991; Tapia. *et al*, 2007). El nitrógeno es un nutriente importante para el desarrollo de los animales y las plantas acuáticas; por lo general, en el agua se lo encuentra formando amoníaco, nitratos y nitritos (APHA, AWWA, WEF. 2005).

El amoníaco (NH_4) es la forma nitrogenada mas frecuente en la CGSM-CP, se encuentra en cantidades notables cuando el medio es fuertemente reductor, pero en un medio oxidante, el ion amonio se transforma en nitrito. La formación de las reservas de amonio en el medio marino tiene lugar por la mineralización de la materia orgánica muerta con participación de las bacterias, por excreción durante la respiración del fito y el zooplancton, y por intercambio con los sedimentos del fondo (Tuchkovenko y Calero, 2003). El amonio es considerado un constituyente normal de las aguas superficiales y está íntimamente relacionado con descargas recientes de desagües.

En general, los nitratos (NO_3) son muy solubles en agua debido a la polaridad del ion. En los sistemas acuáticos y terrestres, los materiales nitrogenados tienden a transformarse en nitratos, por lo tanto son el producto final del proceso de nitrificación del nitrógeno mineral y la forma más estable (Tuchkovenko y Calero, 2003).

Los nitritos (NO_2) son la forma intermedia del nitrógeno mineral en el proceso de nitrificación (Tuchkovenko y Calero, 2003). Se transforman naturalmente a partir de los nitratos, ya sea por oxidación bacteriana incompleta del nitrógeno en los sistemas acuáticos y terrestres o por reducción bacteriana.

Los fosfatos favorecen la eutrofización, lo cual trae como consecuencia el aumento en el medio de materias orgánicas, así como de las bacterias heterótrofas, que modifican el carácter fisicoquímico del agua, y hacen que disminuya el oxígeno disuelto. La variación del contenido de fosfatos en la capa fótica de la ciénaga se determina por la intensidad de su consumo por parte del fitoplancton en el proceso de fotosíntesis y por la regeneración durante la oxidación bioquímica de la materia orgánica muerta por parte de las bacterias y por excreción durante la respiración del fito y el zooplancton (Tuchkovenko y Calero, 2003).

En la CGSM-CP, se ha reportado al nitrógeno como nutriente limitante, al encontrarse en menor proporción que el fósforo (De la Hoz 2004). Las principales fuentes de esos nutrientes son por parte del nitrógeno, el río Magdalena, y por parte del fósforo los ríos provenientes de la Sierra Nevada de Santa Marta SNSM (Garay *et al.*, 2004). Otra fuente importante viene dada por la resuspensión de sedimentos causados por los vientos, generalmente en época seca (Garay *et al.*, 2004).

El comportamiento de las formas nitrogenadas y el ortofosfato en la CGSM-CP para el 2007 fue muy variado, no pudiendo establecerse un patrón en términos de las épocas climáticas ni mucho menos por estaciones. Comparado con lo reportado para la CGSM-CP, los promedios tanto para el amonio ($64,69 \mu\text{g/L}$, + $42,39 \mu\text{g/L}$), nitrito ($2,75 \mu\text{g/L}$, + $0,74 \mu\text{g/L}$), y nitrato ($3,31 \mu\text{g/L}$, + $2,43 \mu\text{g/L}$), como para el fósforo ($828,78 \mu\text{g/L}$, + $17,35 \mu\text{g/L}$) se mantuvieron bajos con respecto a lo reportado anteriormente para la CGSM-CP, (Garay *et al.*, 2004).

7.2. VARIACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA

Cambios en los procesos y factores que integran los ecosistemas acuáticos a escalas espaciales y temporales, se ven reflejados en la estructura de comunidades biológicas, como el fitoplancton, consideradas indicadores ecológicos (Salmaso, 2002; Sun *et al.*, 2008). Esto es debido a que responde rápidamente a pequeñas fluctuaciones en el ambiente fisicoquímico donde se encuentren, debido a sus cortos ciclos de vida, modificando atributos de la comunidad como la composición, abundancia, y biomasa fitoplanctónica (Chattopadhyay y Banerjee, 2007).

En la CGSM-CP se ha venido reportando que los cambios en los atributos que componen la estructura de la comunidad de fitoplancton allí presente responden más a patrones temporales que espaciales (Mogollón, 1997; Ruiz, 1999; De la Hoz, 2004), lo que indica una marcada influencia de los factores climáticos que rigen el sistema.

Este predominio de los patrones temporales sobre los espaciales también se evidenció en el presente estudio. Los análisis de ordenación (CLUSTER) y clasificación (nMDS), no mostraron un patrón claro de agrupamiento y distribución de la composición y abundancia fitoplanctónica a través de las estaciones, pero si a través de las épocas climáticas, al presentarse dos grupos principales dentro de los cuales las estaciones se agruparon esencialmente según las época seca en uno y época de lluvias en el otro. La prueba de ANOSIM ratificó lo anterior al obtener un valor de R cercano a cero para las estaciones, indicando similitudes en la composición de morfo especies y abundancia entre éstas, además de un $p > 5\%$, lo que revela la no existencia de diferencias significativas entre las estaciones. En cuanto a las épocas climáticas los valores de R (cercano a uno) y $p (< 5\%)$ arrojados por el ANOSIM indicaron diferencias significativas corroborando igualmente los resultados del CLUSTER y nMDS.

Partiendo del resultado acerca del predominio del patrón temporal sobre el espacial, es importante conocer si esto se debe a la composición o a la abundancia fitoplanctónica, o si ambos atributos contribuyen a este patrón; según

De la Hoz (2004) en la CGSM-CP, ocurre una clara variación de la abundancia fitoplanctónica a nivel temporal, mostrando una mayor homogeneidad espacial, mientras que la composición en su mayoría se mantiene constante.

El número de morfo especies por estación en el presente estudio se mantuvo prácticamente constante, y la composición de la comunidad estuvo siempre predominada por los grupos de Diatomeas pennadas, Clorófitas y Cianófitas, representando entre el 69 al 87% de las morfo especies encontradas. Las morfo especies de estos grupos en su gran mayoría se distribuyeron ampliamente entre las diferentes estaciones. Este resultado, según Ruiz (1999), es un indicador de la homogeneidad de las masas de agua en la CGSM-CP.

En contraste, el índice de riqueza de margalef que se relaciona con la composición de especies presentes en un área particular (Jyothibabu *et al*, 2008), si mostró diferencias significativas espaciales en el ANOVA ($p < 0,05$) las cuales se presentaron entre las estaciones de menor número de morfo especies (LUN y CAN) y aquellas con mayor número de morfo especies (LBA, PAJ y FRF).

Por otra parte, la abundancia presentó grandes diferencias entre las estaciones de LUN y PAJ con el resto de estaciones, al presentar densidades por encima de los 417'646.781 cel/L mientras que las demás estaciones fluctuaron en un intervalo de 37'924.423 cel/L a 189'968.286 cel/L. Sin embargo, el análisis de varianza univariado (ANOVA) de esta variable mostró que estadísticamente no existen diferencias significativas entre ninguna de las estaciones de muestreo ($P > 0,05$).

La composición de morfo especies de la CGSM-CP en todas las temporadas estuvo dominada por los grupos de Diatomeas pennadas, céntricas y Clorófitas quienes sumadas aportaron mas del 70%. Mientras que el número de morfo especies por temporadas varió ampliamente. Tal como lo corrobora el análisis de varianza ANOVA para el índice de riqueza que presentó diferencias significativas ($p < 0,05$), específicamente entre la época seca menor y lluvias. Dado que esta última presentó mayor riqueza, ayudada posiblemente por el efecto de los ríos que aportan nuevas especies al sistema.

En cuanto a la variación temporal de la abundancia de la comunidad fitoplanctónica, las mayores densidades se encontraron en la época de lluvia menor., Mientras que las menores densidades en la época de lluvias, siendo este un patrón general de variación para todas las estaciones de muestreo, con excepción de PAJ y CAN quienes obtuvieron mayores densidades en la época seca para luego descender en la época de lluvias como las demás estaciones.

El hecho que la época de lluvias sea la de menor densidad fitoplanctónica concuerda con lo reportado por otros autores (Mogollón 1997, Ruiz 1999, Rojas 2000, De la Hoz 2004), lo que se atribuye al efecto de dispersión que logra la corriente de agua dulce proveniente de los ríos. Sin embargo, en el caso de estos trabajos, las mayores densidades ocurren durante la época seca, debido al efecto del viento que resuspende los nutrientes, favoreciendo la multiplicación de la comunidad fitoplanctónica, distinto a la tendencia general de las estaciones en la CGSM-CP mostrada en el presente trabajo; la cual responde más al efecto de los altos valores de abundancia aportada por las cianofitas, específicamente las Cianófita cocoide y la Cianófita Filamentosa. Dichas cianófitas aportaron más del 72% de la abundancia total de la comunidad y que obtuvieron sus mayores abundancias en la época de lluvia menor, mientras que las Diatomeas pennadas y clorófitas, grupos que le siguieron en porcentaje de abundancia, presentaron sus mayores densidades en época seca. El resto de grupos se mantuvo constante durante todo el muestreo en un rango de valores bajos (1000 cel/L– 300.928,6 cel/L).

El hecho que en trabajos anteriores sobre la comunidad fitoplanctónica de la CGSM-CP, las mayores densidades se hayan presentado en época seca mientras que en el presente trabajo se presentó en época de lluvias menor, puede estar relacionado por la diferencias entre el porcentaje de abundancia relativa del grupo de las cianófitas en años anteriores, que a pesar de mantenerse dominante fue siempre menor a lo reportado en el 2007, dando mayor participación a los demás grupos. De la Hoz (2004) reportó una abundancia relativa del 78% para las

cianófitas, mientras que Ruiz (1999) reportó el 47% antes de la reapertura del caño clarín y 36% luego de la reapertura.

Las diferencias de abundancia entre la época de lluvia menor y la época de lluvias, coincide con los resultados arrojados por el análisis descriptivo por temporadas. Éstas mismas épocas evidenciaron diferencias significativas en el análisis de varianza para la diversidad y equidad, mostrando bajos valores; lo que se puede interpretar como una alta dominancia de pocas especies sobre la abundancia de la comunidad, corroborando lo anteriormente planteado acerca del predominio de las Cianófita cocoide y la Cianófita Filamentosa.

Todo esto también se corrobora con el análisis de SIMPER, donde se mostró que las diferencias entre las épocas climáticas, mas que en términos de la abundancia y composición de morfo especies, se dieron por la importancia relativa de dichas morfo especies dentro de cada época, lo que con lleva a que el análisis arroje bajos promedios de disimilaridad entre épocas, tal como lo explica Vega (2008) en su estudio sobre la Variación espacio-temporal de moluscos y macroalgas en sustratos rocosos intermareales en la bahía de Mazatlán.

Para la biomasa fitoplanctónica las principales diferencias entre las épocas se dieron entre lluvia menor y lluvias; esto es coherente con lo anteriormente planteado, donde la primera corresponde a altas abundancias y la segunda a las abundancias mas bajas encontradas durante el año. En contraste, la biomasa, luego de alcanzar su mayor pico en época seca; descendió hacia la época de lluvias. Esto indica que épocas de altas abundancias no necesariamente coinciden con épocas de altas biomasa; dado que durante la época seca a pesar que las cianofitas permanecieron como grupo dominante en términos de abundancia, grupos caracterizados por presentar ciertas morfoespecies de mayor tamaño como lo son las Diatomeas pennadas, Diatomeas céntricas y clorófitas alcanzaron su máxima abundancia durante esta época e influyeron para que ésta fuera la de mayor biomasa, y no la época de lluvia menor a pesar de su alta abundancia.

El tamaño del fitoplancton es un parámetro fundamental que afecta la estructura de la comunidad (Sun *et al.*, 2006), el fitoplancton de mayor tamaño presenta

mayor ventaja durante condiciones inestables como las presentadas en la época seca (Cloern y Dufford, 2005). Además la presencia de sedimentos en suspensión puede estimular en las algas fitoplanctónicas, un incremento en su contenido de clorofila por célula, a manera de una foto adaptación, motivada por la disminución en la cantidad de luz que entra a la columna de agua (Silva y Acuña, 2006), y por ende provocaría un aumento de la cantidad de biomasa.

En cuanto a las diferencias entre estaciones, éstas se dieron entre la estación de menor biomasa (FRF) y las estaciones de mayor biomasa (CEN y RIN), el resto de estaciones obtuvieron valores cercanos entre ellos.

7.3. RELACIÓN ENTRE EL COMPONENTE BIÓTICO Y EL ABIÓTICO

Los regímenes de lluvias, junto con la descarga de afluentes y el patrón de comportamiento de los vientos, son los factores climáticos e hidrológicos que delimitan las épocas climáticas en la zona (Blanco *et al.*, 2006) y rigen como se ha venido observando, la dinámica de las variables físicas, químicas y biológicas del sistema CGSM-CP. Dichas variables determinan y controlan la distribución y composición de la comunidad fitoplanctónica, lo cual se corrobora con los valores de R estadístico y porcentaje de significancia (0,64, 1%) obtenidos en el análisis de BIOENV para el presente estudio, donde se observa una relación significativa entre el componente biótico y las variables abióticas evaluadas.

Las altas correlaciones encontradas especialmente con el conjunto de las variables TRA-TEM-SAL-NO₃-PO₄ dejan ver que la comunidad de fitoplancton se encuentra mas definida por procesos físicos que por procesos biogeoquímicos, lo que también explicó Mogollón (1997) para el Complejo Pajarales. Según este autor la comunidad fitoplanctónica se define por la salinidad en primera instancia y en segundo lugar por los valores de disco secchi, también menciona al NO₃ y al PO₄ como las variables que más interactúan en tercer orden con el fitoplancton del sistema.

Individualmente la SAL fue la variable que mayor correlación alcanzó, aunque este valor no fue alto (0,303) concuerda con lo observado históricamente a través de

diversos estudios en el sistema, donde la SAL se considera la variable que mejor refleja la dinámica de las masas de agua. El aumento o disminución de la salinidad depende de la cantidad de agua dulce que entra o sale del sistema y es un buen indicativo de las condiciones climáticas de la región (Mogollón, 1997; De la Hoz, 2004; Blanco *et al.*, 2006). Además la salinidad influye directamente en la distribución, composición, biomasa y densidad no solo de la comunidad fitoplanctónica, sino también de la comunidad de zooplancton (Celis *et al.*, 2008) y varias poblaciones de peces en el sistema (Rueda y Santos, 1999; Mozo *et al.*, 2006; Blanco *et al.*, 2007).

De la Hoz (2004), describió una relación directa entre la variación de la SAL y la abundancia y biomasa fitoplanctónica de la CGSM-CP. A nivel de grupos se han reportado relaciones directas entre el aumento de la SAL con aumentos en la densidad y biomasa de Cianofitas, y relaciones inversas con la abundancia y riqueza de clorofitas (Ruiz, 1999; de la Hoz, 2004; Blanco *et al.*, 2007).

En el presente estudio la SAL y la biomasa variaron directamente a lo largo de todo el año de muestreo mientras que la relación entre SAL y abundancia fitoplanctónica fue inversa durante la época seca y directa a partir de la época lluviosa menor en adelante. Sin embargo, esta relación inversa se debe a la influencia de la abundancia relativa de las Cianofitas, ya que el resto de grupos, a excepción de los Dinoflagelados y Euglenófitas, mostraron un comportamiento paralelo con la SAL.

La SAL condiciona la biomasa fitoplanctónica, y la interacción entre estas dos variables se asocia a factores como la disponibilidad de nutrientes, así como a las condiciones fisiológicas y de estructura de las comunidades (De la Hoz, 2004).

La segunda variable que mejor se correlacionó con el componente abiótico fue NO_3 , el cual como se mencionó anteriormente se asocia a medios oxidados, y su contenido se determina por la absorción intensiva del fitoplancton en el proceso de fotosíntesis y por la acumulación por acción de la nitrificación al ser el producto final de este proceso (Tuchkovenko y Calero, 2003). En general, se ha reportado al NH_4 y no al NO_3 , como la forma nitrogenada preferida por parte del

fitoplancton en general y dentro de la CGSM-CP (De la Hoz, 2004). Esto ocurre porque las células fitoplanctónicas no necesitan mayor gasto de energía a la hora de incorporar NH_4 como aminoácidos, mientras que el NO_3 primero necesita ser reducido a NH_4 , antes de ser incorporado (Day *et al.*, 1989). En el presente estudio no es posible establecer la relación entre la comunidad de fitoplancton y el comportamiento del NO_3 , ya que este no mostró una tendencia clara a lo largo del tiempo de muestreo.

Según Vidal (1995), la TRA junto con la SAL, son las variables de mayor influencia sobre la comunidad fitoplanctónica en la CGSM-CP, individualmente en el presente trabajo la TRA fue la tercera variable mejor correlacionada con el componente biótico (0,237). Su relación con la densidad fue inversa en términos generales, ya que durante la época de lluvias los máximos valores de esta variable coincidieron con mínimos valores de abundancia fitoplanctónica. Esto mismo sucedió con la biomasa, altos valores de biomasa coincidieron con mínimos valores de transparencia en la época seca y viceversa en la época de lluvias.

Esta misma relación fue descrita por Ruiz (1999) y por De la Hoz (2004) para la CGSM-CP, gracias a la mezcla vertical ejercida por la acción de los vientos durante la época seca, los nutrientes se resuspenden y estos son aprovechados por el fitoplancton viéndose reflejado en el aumento de su biomasa. Todo esto favorece un aumento de la turbidez de las aguas, que según Mogollón (1997) en algunos casos se relaciona con un aumento de las poblaciones de fitoplancton especialmente de Cianófitas; sin embargo, y a pesar del incremento en biomasa, la abundancia no fue máxima para las Cianófitas en esta época, y por ende para la abundancia total de la comunidad.

Frente a lo anterior, algunos estudios (Mann & Lazier, 1996 En: Iriarte *et al.*, 2007; Malone, 1980) plantean que, mientras tamaños pequeños de fitoplancton predominan en ambientes de condiciones estables y presentan cierta ventaja frente a la acción de depredadores, las especies de mayor tamaño son más eficientes bajo ambientes de condiciones inestables y de surgencia, al tener una mayor ventaja competitiva en la cinemática de incorporación de nutrientes llevados

a la superficie. No obstante en el presente trabajo no es posible establecer si este es el caso de la CGSM – CP para el año 2007 y si la poca transparencia de la época seca podría estar mas relacionada con un aumento en el tamaño de las morfo especies que a la densidad de las mismas.

8. CONCLUSIONES

La comunidad de fitoplancton de la CGSM-CP durante el año 2007, varió a nivel temporal y no a nivel espacial, lo que evidencia una fuerte influencia de los factores hidroclimáticos sobre el sistema.

En términos de la composición de especies, las diatomeas pennadas y céntricas fueron los grupos predominantes, especialmente durante la época seca, mientras que en términos de abundancia predominaron a través de todas las estaciones y épocas la cianofitas, específicamente las Cianófitas cocoide y la Cianófitas Filamentosa, que influyeron el comportamiento general de la abundancia espacial y temporalmente. Este hecho también se reflejó en la alta dominancia mostrada por el sistema, de acuerdo con los bajos valores obtenidos por los índices de Diversidad y Equidad en el sistema.

La riqueza alcanzó su mayor valor en lluvias dado por los aportes de morfotaxones hechos por los afluentes que llegan con más fuerza durante esta época al sistema.

El comportamiento de la biomasa no coincidió con el comportamiento de la abundancia, obteniendo sus máximos valores en la época seca donde el ambiente era inestable y posiblemente se dio la resuspensión de nutrientes; y luego descendió hacia la época de lluvias donde el efecto de los vientos no fue tan marcado.

La comunidad de fitoplancton se encuentra más definida por procesos físicos que por procesos biogeoquímicos, dado por las altas correlaciones encontradas especialmente con las variables TRA, SAL y NO₃, que además reflejaron la dinámica de los factores climáticos e hidrológicos reinantes en la CGSM-CP.

9. BIBLIOGRAFÍA

Álvarez, R., Mendoza, L., & Vernet, G. 2003. Factores de Formación de las Lagunas Costeras del SurOeste del Caribe Colombiana. *Acta Científica Venezolana*, 54(3), 180 - 188.

Anagnostidis, K., & Komárek, J. 1985. Modern Approach to the classification system of Cyanophytes - 1. Introduction. *Archiv für Hydrobiologie , Supplement*, 71(1/2) (Algological Studies. 38/39), 291 - 302.

Anagnostidis, K., & Komárek, J. 198). Modern Approach to the classification system of Cyanophytes - 3. Oscillatoriales. *Archiv für Hydrobiologie , Supplement*, 71(1/4) (Algological Studies. 50/53), 327 - 472.

APHA, AWWA, WEF. 2005. Standard methods for the examination of water and wastewater (20 ed.). (L. Clesceri, A. Greenberg, & A. Eaton, Edits.) Baltimore, USA: United Book Press, Inc. 1234 p.

Aranda, N., Herrera, J., & Comin, F. 2006. Nutrient water quality in a tropical coastal zone with ground water discharge, northwest Yucatan, Mexico. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 68, 445 - 454.

Arino, O., & Rudneicke, R. 2004. Phytoplankton dynamics. *Comptes Rendus Biologies*, 327, 961 - 967.

Aubriot, I., Conde, D., Bonilla, S., Hein, V., & Britos, A. 2005. Vulnerabilidad de una laguna costera en una reserva de biosfera: Indicios recientes de eutrofización. En I. Vila, & J. Pizarro, *Taller Internacional de Eutrofización de Lagos y Embalses. CYTED XVIIIB* (págs. 65 - 85). Chile.

Avila De Tabares, G. 1978. Variación de grupos planctónicos presentes en la Ciénaga grande de Santa Marta (Junio 1978 - Mayo 1972). *Divulgación Pesquera*, 12(4 -5), 1 - 16.

Balech, E. 1988. *Los Dinoflagelados del Atlántico sudoccidental* (1 ed.). (M. d. Alimentación, Ed.) Madrid: Publicaciones Especiales, Instituto Español de Oceanografía.

Betancourt, J., & Ramírez, G. 2005. Estudio de los procesos relacionados con la presencia de plaguicidas organoclorados en la Ciénaga Grande de Santa Marta. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 34, 121 - 139.

Blanco, J., Narváez, B., & Vilorio, E. 2007. ENSO and the rise and fall of a Tilapia fishery in northern Colombia. *Fisheries Research*, 88, 100 - 108.

Blanco, J., Vilorio, E., & Narváez, B. 2006. ENSO and salinity changes in the Ciénaga Grande de Santa Marta coastal lagoon system, Colombian Caribbean. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 66, 157 - 167.

Botero, L. 1988. Estudio Ecológico de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Informe de Proyecto 12, INVEMAR.

Botero, L., & Salzwedel, H. 1999. Rehabilitation of the Cienaga Grande de Santa Marta, a mangrove-estuarine system in the Caribbean coast of Colombia. *Ocean & Coastal Management*, 42, 243-256.

Bula, G. 1985. Florecimientos nocivos de algas verde-azules en 2 lagunas del departamento del Magdalena. *Ingeniería Pesquera*, 5(1-2), 89 - 99.

Caliguri, M., Dos Santos, A., & Jati, S. 2002. Temporal changes in the phytoplankton community structure in a tropical and eutrophic reservoir Barra Bonita, S.P. Brazil. *Journal of Plankton Research*, 24, 617 - 634.

Carmona, G. 1979. Contribuciones al conocimiento de la ecología del plancton de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Tesis de Biólogo, Universidad de Antioquia, Medellín. 74 p.

Carr, M. 1996. Plymouth routines in multivariate ecological research. User Manual. UK: Plymouth Marine Laboratory. 41 p.

Castel, J., Caumettel, P., & Herbert, R. 1996. Eutrophication gradients in coastal lagoons as exemplified by the Bassin D'Arcachon and the Etang du prevost. *Hydrobiología*, 329, IX - XXVIII.

Celis, S., Mancera, E., & León, J. 2008. Evaluación de la Rotíferofauna presente en el Complejo de Pajarales durante la época lluviosa, departamento del Magdalena, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 13(2), 23 - 40.

Chattopadhyay, C., & Banerjee, T. 2007. Temporal changes in environmental characteristics and diversity of the Net phytoplankton in a freshwater lake. *Turk Journal of Botanic*, 31, 287 - 296.

Clarke, K. R., & Ainsworth, M. 1993. A method of linking multivariate community structure to environmental variables. *Marine Ecology Progress Series*, 92, 205 - 219.

Clarke, K., & Gorley, R. 2001. Plymouth routines in multivariate ecological research v5. User manual/Tutorial. PRIMER-E LTDA. 91 p.

Clarke, K., & Warwick, R. 2001. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Plymouth: Plymouth Marine Laboratory. 172 p.

Cloern, J., & Dufford, R. 2005. Phytoplankton community ecology: principles applied in San Francisco Bay. *Marine Ecology Progress Series*, 285, 11 - 28.

CORPAMAG. 2008. Ecosistema Ciénaga Grande de Santa Marta. Obtenido de: http://www.corpamag.gov.co/index.php?Itemid=103&id=115&option=com_content&ask=view

Day, J., Hall, C., Kemp, W., & Yáñez, A. 1989. Estuarine Ecology. (J. W. Sons, Ed.) Nueva York: Wiley - Interscience. 558 p.

De la Hoz, M. 2004. Dinámica del Fitoplancton de la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe Colombiano. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras, 33, 159 - 179.

De León, L., & Chalar, G. 2004. Abundancia y diversidad del fitoplancton en el embalse de Salto Grande (Argentina - Uruguay). Ciclo estacional y distribución espacial. Limnética, 22, 103 - 113.

Dellamano, M., Americo, P., & Massae, G. 2003. Limnological characteristics and seasonal changes in density and diversity of the phytoplanktonic community at the Cacó Pound, Maranhao State, Brazil. Brazilian Archives of Biology and Technology, 46, 641- 651.

Duque, G., & Acero, A. 2006. Ración diaria y consumo de alimento de la población *Anchovia Clupeoides* (Pisces: Engraulidae) en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe Colombiano. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras, 35, 207 - 221.

Espíndola, E., Matsumura-Tundisi, T., & Moreno, I. 1996. Estructura da comunidade fioplanctônica de lagoa Albuquerque (Pananal Matogrossense), Mato Grosso do Sul, Brasil. Acta Limnológica. Brasil, 8, 13 - 27.

Farreras, S. 2004. Hidrodinámicas de Lagunas Costeras. (CICESE, Ed.) Mexico: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT). 186 p.

Ferreira, J., Wolff, W., Simas, T., & Briker, S. 2005. Does biodiversity of estuarine phytoplankton depend on hydrology? Ecological Modelling, 187, 513 - 523.

Field, J., Clark, K., & Warwick, R. 1982. A practical strategy for analyzing multispecies distribution pattern. Marine Ecology Progress Series, 8, 37 - 52.

Findlay, D., & Kling, H. 1999. Protocols for measuring biodiversity: Phytoplankton in freshwater. (D. o. Institute, Ed.) Manitoba: University Crescent Winnipeg. 19 p.

Garay, J., Ramírez, G., Betancourt, J., Marín, B., Cadavid, B., Panizzo, L., Franco, A. 2003. Manual de técnicas analíticas para la determinación de parámetros fisicoquímicos y conaminantes mrisos (aguas, sedimentos y organismos). Santa Marta, DTCH: INVEMAR. Programa Calidad Ambiental Marina - CAM. 177 p.

Garay, J., Restrepo, J., Casas, O., Solano, O., & Newmar, F. (Edits.). (s.f.). Los manglares de la ecorregión Ciénaga Grande de Santa Marta: pasado, presente y futuro. (Serie de publicaciones especiales No. 11). Santa Marta, DTCH: INVEMAR. 236 p.

Ghosal, S., Rogers, M., & Wray, A. 2000. The turbulent life of phytoplankton. En C. f. Research, Proceedings of the 2000 Summer Program (págs. 31 - 45). Center for Turbulent Research. 352 p.

Gocke, K., Mancera, J., Vidal, L., & Fonseca, D. 2003. Planktonic primary production and community respiration in several coastal lagoons of the outer delta of the río Magdalena, Colombia. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras, 32, 125 - 144.

Gónima, L., Mancera, J., & Botero, L. 1998. Aplicación de imágenes de satélite, al diagnóstico ambiental de un complejo lagunar estuarino tropical: Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe Colombiano. Santa Marta, DTCH: 56 p.

Gonzáles, A. 1988. El plancton de las aguas continentales. Monografía, OEA, Washington D.C. 130 p.

Gonzáles, A., Zoppi de Roa, E., & Montiel, E. 2006. Productividad primaria del fitoplancton en la Bahía de Mochima, Venezuela. *Investigaciones Marinas*, 34, 37 - 47.

Grace Analytical Lab. 1994. Standard Operating Procedure for Phytoplankton analysis. Chicago: Grace Analytical Lab. 370 p.

Guisande, C., Barreiro, A., Maneiro, I., Vergara, A., & Vaamonde, A. (2006). Tratamiento de Datos. (D. d. Santos, Ed.) España: Universidad de Vigo. 357 p.

Gutierrez, F., Varona, F., & Contreras, F. 2006. Caracterización estacional de las condiciones físico-químicas y de productividad primaria fitoplanctónica de dos lagunas costeras del estado de Chiapas, Mexico. *Hidrobiológica*, 16, 137 - 146.

Hernández, C. (s.f.). Producción Primaria y dinámica del fitoplancton en la Ciénaga Grande de Santa Marta. Tesis, Magister scientiae, Universidad Nacional de Colombia. 177p.

Hernández, C., & Márquez, G. 1991. Producción primaria en el ecosistema Ciénaga Grande de Santa Marta, laguna costera del caribe colombiano. *TRIANEA*, 4, 385 - 407.

Herrera, J. 2006. Lagunas costeras de Yucatán (SE, Mexico): Investigación, Diagnóstico y Manejo. *Ecotrópicos*, 19, 94 - 108.

Ikawa, M. 2004. Algal polyunsaturated fatty acids and effects on plankton ecology and other organisms. UNH Center for freshwater Biology Research, 6, 17 - 42.

INVEMAR. 2006. Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta. INVEMAR. 111 p.

Iriarte, J., Quiñones, R., Gonzales, R., & Valenzuela, C. 2007. Relación entre actividad enzimática y biomasa de ensambles fitoplanctónicos en el sistema pelágico . *Investigaciones Marinas de Valparaíso*, 35(1), 71 - 84.

Izaguirre, I. 1995. Sucesión estacional del fitoplancton. En E. Lopreto, & G. Tell (Edits.), *Ecosistemas de aguas continentales: Metodologías para su estudio* (págs. 121 - 122). Argentina: Ediciones Sur.

Jyothibabu, R., Asha Devi, R., Madhu, N., Sabu, P., Jayaakshmy, K., Josia, J., Nair, K. 2008. The response of microzooplankton (20 - 200 µm) to coastal upwelling and summer stratification in the southeaster Arabian Sea. *Continental Shelf Research*, 28, 653 - 671.

Kjerfve, B. 1994. Coastal lagoons process. *Elsevier Oceanography Series*, 60.

Komárek, J., & Anagnostidis, K. 1986. Modern approach to the classification system of Cyanophytes - 2. Chroococcales. *Archiv für Hydrobiologie, Supplement*, 43(2) (*Algological Studies*. 43), 157 - 226.

Komárek, J., & Anagnostidis, K. 1989. Modern approach to the classification system of Cyanophytes - 4. Nostocales. *Archiv für Hydrobiologie, Supplement*, 82(3) (*Algological Studies*. 56), 247 - 345.

Kormas, K., Nicolaidou, A., & Reizopoulou, S. 2001. Temporal variations of nutrients, chlorophyll a and particulate matter in three coastal lagoons of Amvrkikos Gulf (Ionian Sea, Greece). *Marine Ecology*, 22(3), 201 - 213.

Kucklick, M. 1987. Biomasa del fitoplacton y contenido del seston en un estuario de manglar (Ciénaga Grande de Santa Marta). Tesis PhD, Universität Stuttgart - Hohenheim. Botanisches Institut. Stuttgart. 262 p.

Lacouture, R. 2001. Quality Assurance documentation Plan for the Phytoplankton components of the Chesapeake Bay, water quality monitoring program. The Academy of Natural Sciences' Estuarine Research Center. 37 p.

Leal, S., Delgado, G., & Nodas, F. 2001. Distribución y abundancia del fitoplancton en un área de la zona nororiental de Cuba. Revista de Investigaciones Marinas, 23, 45 - 51.

López, R. (s.f.). Phytoplankton dynamics in permanent and temporary waters of Emporadà Salt marshes (NE- Spain). Universitat de Girona. 143 p.

Ludwig, J., & Reynolds, J. (Statistical Ecology). 1988. USA: Willey - Interscience publication. 337 p.

Malone, T. 1980. Algal Size. En I. Morris (Ed.), The physiological ecology of phytoplankton (págs. 433 - 463). Oxford: Blackwell.

Mancera, J., & Mendo, J. 1996. Population dynamics of the Oyster *Crassostrea Rhizophorae* from the Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. Fisheries Research, 26, 139 - 148.

Margalef, R. 1983. Limnología . Barcelona: Ediciones Omega. pp. 205 - 248.

Márquez, J. 1998. Probabilidad y estadística para ciencias químico-biológicas. Mc Graw Hill. 657 p.

Mogollón, M. 1996. Estructura de la comunidad fitoplanctónica del Complejo de Pajarales y Salamanca Occidental, Costa Caribe Colombiana. Tesis Biólogo Marino, Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo lozano, Bogotá. 67p.

Mozo, E., Narváez, J., & Blanco, J. 2006. Dinámica poblacional del Coroncero *Micropogonias furnieri* (pisces: Sciaenidae) en la Ciénaga Grande de Santa Marta, caribe colombiano. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras, 35, 37 - 58.

Muylaert, K., Sabbe, K., & Vyverman, W. 2009. Changes in phytoplankton diversity and community composition along the salinity gradient of the Schelde estuary (Belgium/The Netherlands). *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 82, 335 - 340.

Norden, W. 1999. Phytoplankton cell count protocols. University of Marine, Departament of Marine Resources.

Nuccio, C., Melillo, C., Massi, L., & Innamorati, M. 2002. Phytoplankton abundance, community structure and diversity in the eutrophicated Orbetello lagoon (Tuscany) from 195 to 201. *Oceanológica Acta* , 26, 15 - 25.

Perdomo, L., Ensminger, I., Espinosa, L., Elster, C., Wallner - Kersanach, M., & Schnetter, M. 1999. The mangrove ecosystem of the Ciénaga Grande de Santa Marta (Colombia): Observations on regeneration and trace metals in sediment. *Marine Pollution Bulletin*, 37(8 - 12), 393 - 403.

Ramírez, J., & Alcaráz, H. 2002. Dinámica de la producción primaria fitoplanctónica en un sistema eutrófico tropical: Laguna del Parque Norte, Medellín, Colombia. *Caldasia*, 24, 411 - 423.

Ramírez, J., Bicudo, C., Roldán, P., & García, L. 2000. Temporal and vertical variations in Phytoplankton community structure and its relation to some morphometric parameters of four Colombian reservoirs. *Caldasia*, 22, 108 - 126.

Restrepo, J., & Kjerfve, B. 2000. Magdalena river: interannual variability (1975 - 1995) and revised water discharge and sediment load estimates. *Journal Hidrology*, 235, 137 - 149.

Restrepo, J., Zapata, P., Díaz, J., Garzón, J., & García, C. 2006. Fluvial fluxes into the Caribbean Sea and their impact on coastal ecosystems: The Magdalena River, Colombia. *Global and Planetary Change*, 50, 33 - 49.

Reynolds, C. 1984. The Ecology of Fresh Water Phytoplankton. New York: Cambridge University. 535 p.

Rivera Monroy, V., Twiley, R., Mancera, J., Alcantara Eguren, A., Castañeda Moya, E., Casas Monroy, O., Vitoria, E. 2006. Aventuras y desventuras en Macondo: Rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. ECOTROPICOS, 19(2), 72 - 93.

Rojas, P. 2000. Caracterización fisicoquímica de la Ciénaga de Pajalal por medio de la aplicación de técnicas geoestadísticas. Tesis en Biología Marina, Universidad Jorge Tadeo Lozano. 132 p.

Rondón, E. 1991. Estimación de la productividad fitoplanctónica en ciénagas del Complejo Pajarales, Caribe Colombiano. Tesis de Grado , Universidad Javeriana. 113 p.

Rueda, M., & Defeo, O. 2003. Linking fishery management and conservation in a tropical estuarine lagoon: biological and physical effects of an artisanal fishing gear. Estuarine Coastal and Shelf Science, 56, 935 - 942.

Rueda, M., & Santos, A. 1999. Population dynamics of the striped mojarra *Eugerres plumieri* from the Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. Fisheries Research, 42, 155 - 166.

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. Tesis Biólogo Marino, Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Bogotá. 183 p.

Salmaso, N. 2002. Ecological Patterns of Phytoplankton Assemblages in Lake Garda: Seasonal, spatial and historical features. Journal of Limnology, 61(1), 95 - 115.

Sanchez, C., & Rueda, M. 1999. Variación de la diversidad y abundancia de especies ícticas dominantes en el Delta del Río Magdalena, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 47(4), 1067 - 1079.

Sánchez, H. 1998. Los sistemas acuáticos de Colombia: síntesis y revisión. En E. Guerrero (Ed.), *Una Aproximación a los humedales de Colombia* (págs. 42 -43). Bogotá: UICN.

Sanchez, R., & Zea, S. 2000. Metabolismo de nitrógeno y fósforo inorgánicos disueltos en la columna de agua en una laguna costera tropical (Caribe Colombiano). *Caribbean Journal of Science*, 36, 127 - 140.

Sant' Anna, C., Acevedo, M., Agujaro, L., Carbalho, L., & De Souza, R. 2006. Manual ilustrado para identificação e contagem de cianobactérias planctônicas de águas continentais brasileiras. Río de Janeiro: Interciência. 58 p.

Silva, A., & Acuña, J. 2006. Caracterización fisico-química de dos estuarios en la bahía de Golfito, Golfo Dulce, Pacífico de Costa Rica. *Revista de Biología tropical*, 54, 241 - 256.

Simard, M., Rivera, V., Mancera, J., Castañeda, E., & Twilley, R. 2008. A systematic method for 3D mapping of mangrove forest based on Shuttle Radar Topography Mission elevation data, ICESat/GLAS waveforms and field data: Application to Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. *Remote Sensing of Environment*, 112, 2131 - 2144.

Smayda, T. 1997. What is a Bloom? A Commentary. *Limnology and Oceanography*. Part 2: The Ecology and Oceanography of Harmful Algal Blooms , 42(5), 1132-1136.

Sournia, A. (s.f.). *Atlas du Phytoplancton marin*. Introduction, Cianophicées, Dictyochophycées, Dinophycées et Raphidiphycées (1 ed.). Paris: Centre National de la Recherche Scientifique. 219 p.

Sun, C., Wang, Y., Sun, S., & Zhang, F. 2006. Dynamic analysis of phytoplankton community characteristics in Daya Bay, China. *Acta Ecológica Sinica*, 26(12), 3948 - 3958.

Takahashi, E., Yu, Q., Eaglesham, G., Connell, D., McBroom, J., Costanzo, S., & Shaw, G. 2007. Occurrence and seasonal variations of algal toxins in waer, phytoplankton and sellfish from North Stradbroke Island, Queensland, Australia. *Marine Enviromental Research*, 64, 429 - 442.

Tapia, F., Herrera, J., & Aguirre, M. 2007. Water quality variability and eutrophic trends in karstic tropical coastal lagoons of the Yucatán Peninsula. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 76, 418 - 430.

Tijaro, R., Rueda, M., & Santos Martínez, A. 1998. Dinámica poblacional del Chivo Mapale *Cathorops spixii* en la Ciénaga Grande de Santa Marta y Complejo de Pajarales, caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 27, 87 - 102.

Tomas, C. 1993. *Marine Phytoplankton: A guide to naked flagellates and Coccolithophorids*. New York: Academic Press. 2 - 4 p.

Tuchkovenko, & Calero, L. 2003. Modelo matemático del ecosistema de la Ciénaga Grande de Santa Marta. *Boletin de Investigaciones Marinas y Costeras*, 32, 145 - 167.

UNESCO. 2000. Biosphere Reserve Information: Colombia, Ciénaga Grande de Santa Marta, The MAB Program. Obtenido de: <http://www2.unesco.org/mab/br/brdir/directory/biores.asp?code=COL+04&mode=all>.

UTERMÖL, H. 1958. Zur Vervollkommung der Qunatitiven Phytoplankton Methodik. *Mitteilungen Internationale Vereinigung fuer Theoretische und Angewandte Limnologie*, 9, 1 - 38.

Varona, F., & Gutiérrez, F. 2003. Estudio multivariado de la fluctuación espacio-temporal de la comunidad fitoplanctónica en dos lagunas costeras del estado de Chiapas. *Hidrobiológica*, 13, 177 - 184.

Varona, F., & Gutiérrez, F. 2006. Composición estacional de dos lagunas costeras del pacífico tropical. *Hidrobiológica*, 16, 159 - 174.

Vega, C., Olavaria, C., & Carballo, J. 2008. Variación espacio-temporal de moluscos y macroalgas en sustratos rocosos intermareales en la bahía de Mazatlán. *Ciencia y Mar* XII, 34, 3 - 16.

Vidal, L. 1995. Estudio del fitoplancton en el sistema lagunar estuarino tropical Ciénaga Grande de Santa Marta. Colombia, durante el año 1987. Tesis Msc. , Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 208 p.

Villardy, S. 2007. Análisis de la Ciénaga Grande de Santa Marta (Caribe Colombiano) como sistema socioecológico. Memoria del Trabajo de Investigación Tutelada, Universidad Autónoma de Madrid, Madrid. 104 p.

Wiedemann, H. 1973. Reconnaissance of the Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia: Physical parameters and geological history. *Mitt. Instituto Colombiano Alemán de Investigaciones Científicas*, 7, 85 - 119.

Zamora, A. 2005. Evaluación de impactos socioeconómicos asociados a cambios ambientales del ecosistema Ciénaga Grande de Santa Marta en el periodo 1994 - 2003. Tesis - Economista, Universidad del Magdalena, Santa Marta DTCH. 124 p.

Zamora, A., Narváez, J., & Londoño, L. 2007. Evaluación económica de la pesquería artesanal de la Ciénaga Grande de Santa Marta y Complejo Pajarales, Caribe Colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 36, 33 - 48.

Zea, S., Mancera, J., & Martínez, J. 1998. Relaciones contemporáneas y rezagadas entre variables fisicoquímicas y biológicas en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe Colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 27, 67 - 85.

10. ANEXOS

Anexo A. Clasificación Taxonómica

Diatomeas Céntricas

Clase Bacylarophyceae

- Orden Centrales
- Sub Orden Coscinodiscineae

Familia Hemidiscaceae

Género **Actinocyclus**

Actinocyclus sp. (Dc09)

Familia Melosiraceae

Género **Paralia**

Paralia sp. (Dc11)

Familia Thalassiosiraceae

Género **Cyclotella**

Cyclotella sp1(Dc14)

Cyclotella sp2 (Dc15)

Sub Orden Biddulphiineae

Familia Biddulphiaceae

Género **Biddulphia**

Biddulphia sp (Dc01)

Género **Hemiaulus**

Hemiaulus sp1 (Dc04)

Hemiaulus sp2 (Dc08)

Familia Eupodiscaceae

Género **Odontella**

Odontella sp (Dco2)

Sub Orden Rhizosoleniidae

Familia Rhizosoleniaceae

Género **Rhizosolenia**

Rhizosolenia sp1 (Dc05)

Rhizosolenia sp2 (Dc17)

Género **Guinardia**

Guinardia sp1 (Dc03)

Guinardia sp2 (Dc18)

Género **Streptotheca**

Streptotheca sp (Dc10)

Familia Chaetoceraceae

Género **Chaetoceros**

Chaetoceros sp1 (Dc13)

Chaetoceros sp2 (Dc19)

Diatomeas Pennadas

División **BACILLARIOPHYTA**

Clase Bacylarophyceae

Orden Pennales

Sub Orden Araphidineae

Familia Fragilariaceae

Género **Synedra**

Synedra sp1 (Dp02)

Synedra sp2 (Dp34)

Sub Orden Biraphidineae

Familia Cymbellaceae

Género **Amphora**

Amphora sp1 (Dp01)

Amphora sp2 (Dp28)

Género **Cymbella**

Cymbella sp (Dp16)

Familia Naviculaceae

Género **Entomoneis**

Entomoneis alata (Dp25)

Género **Pleurosigma**

Pleurosigma sp (Dp11)

Género **Navicula**

Navicula sp1 (Dp03)

Navicula sp2 (Dp04)

Navicula sp3 (Dp05)

Navicula sp4 (Dp06)

Navicula sp5 (Dp24)

Género **Gyrosigma**

Gyrosigma macrun (Dp26)

Género **Pinnularia**

Pinnularia sp (Dp14)

Género **Plagiotropis**

Plagiotropis lepidoptera (Dp22)

Familia Nitzschiaceae

Género **Nitzschia**

Nitzschia apiculata (Dp27)

Nitzschia closterium (Dp32)

Nitzschia constricta (Dp10)

Nitzschia punctata (Dp09)

Nitzschia cf. longissima (Dp07)

Nitzschia sp1 (Dp08)

Nitzschia sp2 (Dp23)

Nitzschia sp3 (Dp41)

Dinoflagelados

División **DINOPHYTA**

Clase Adinifera

Orden Prorocentroidea

Género **Prorocentrum**

Prorocentrum sp1 (Dn16)

Prorocentrum sp2 (Dn17)

Clase Dinifera

Orden Peridinioidea

Género **Ceratium**

Ceratium sp1 (Dn01)

Ceratium sp2 (Dn02)

Género **Protoperidinium**

Protoperidinium sp (Dn09)

Cianófitas

División **CYANOPHYTA**

Clase Cyanophyceae

Orden Chroococcales

Familia Chroococcaceae

Género **Chrorococcus**

11. Chrorococcus sp1 (Cn11)

Chrorococcus sp2 (Cn14)

Género **Microcystis**

Microcystis sp (Dp10)

Género **Gomphosphaeria**

Gomphosphaeria gessneri (Cn09)

Género **Merismopedia**

Merismopedia sp (Cn05)

Orden Hormogonales

Familia Nostocaceae

Género **Anabaenopsis**

Anabaenopsis sp (Cn04)

Género **Anabaena**

Anabaena sp (Cn08)

Familia Oscillatoriaceae

Género **Oscillatoria**

Oscillatoria sp (Cn21)

Clorófitas

División **CLOROPHYTA**

Clase Clorophyceae

Orden Chlorococcales

Familia Chlorococcaceae

Género **Tetraedron**

Tetraedron minimum (CI13)

Tetraedron sp1 (CI21)

Tetraedron sp2 (CI25)

Familia Hydrodictyaceae

Género **Pediastrum**

Pediastrum tetras (CI04)

Pediastrum simples (CI15)

Familia Oocystaceae

Género **Oocystis**

Oocystis borgei (CI23)

Oocystis sp1 (CI24)

Género **Selenastrum**

Selenastrum sp (CI06)

Familia Scenedesmaceae

Género **Scenedesmus**

Scenedesmus sp1 (CI07)

Scenedesmus sp2 (CI11)

Scenedesmus sp3 (CI12)

Scenedesmus sp4 (CI18)

Scenedesmus sp5 (CI19)

Orden Zygnematales

Familia Desmidiaceae

Género **Closterium**

Closterium sp1 (CI10)

Closterium sp2 (CI14)

Euglenófitas

División **EUGLENOPHYTA**

Clase Euglenophyceae

Orden Euglenales

Familia Euglenaceae

Género **Euglena**

Euglena oxyuris (Eg06)

Euglena sp1 (Eg01)

Euglena sp2 (Eg04)

Euglena sp3 (Eg05)

Euglena sp4 (Eg09)

Euglena sp5 (Eg10)

Euglena sp6 (Eg11)

Género **Phacus**

Phacus sp1 (Eg02)

Phacus sp2 (Eg12)

Anexo B. Abundancias relativas de los Grupos de fitoplancton: Diatomeas Céntricas (DC), Diatomeas Pennadas (DP), Dinoflagelados (DN), Euglenófitas (EG), Cianófitas (CN) y Clorófitas (CL) en la CGSM-CP durante el año 2007.

BAR	Época seca	Época Lluvia m	Época seca m	Época lluvia	Promedio	α
Eg	0	1000	0	0	250	500
DC	10835,14493	8000	2000	27500	12083,7862	10917,5517
Dn	39753,62319	64000	10000	13250	31750,9058	25294,4854
Cl	51021,73913	472000	858000	815250	549067,935	374291,06
DP	96137,68116	1348000	590000	1435750	867471,92	639216,809
Cn	1614240,942	377406398,3	195659240,3	25629908,25	150077447	174436871
Σ	1811989,13	379299398,3	197119240,3	27921658,25	606152286	174787282
RIN	Época seca	Época Lluvia m	Época seca m	Época lluvia	Promedio	α
Eg	1000	500	2000	1000	1125	629,15287
DC	13000	0	2000	8083,333333	5770,83333	5919,74685
Dn	112000	507500	61000	55000	183875	217260,356
Cl	2332000	405000	1151000	298662,5934	1046665,65	937054,503
DP	4423500	66000	436000	221583,3333	1286770,83	2096647,06
Cn	81359161,49	287887719,1	173833109,9	3809701,861	136722423	122418724
Σ	88240661,49	288866719,1	175485109,9	4394031,121	556986522	121773329
LUN	Época seca	Época Lluvia m	Época seca m	Época lluvia	Promedio	α
Eg	0	0	6000	500	1625	2926,17498
DC	500	0	0	3250	937,5	1559,58061
Dn	1741250	356000	2000	4066,490487	525829,123	827188,619
Cl	11030381,58	32000	126000	157756,3848	2836534,49	5462825,68
DP	19108357	52000	44000	112000	4829089,25	9519560,2
Cn	318825056,5	1123377922	866936013,7	5629418,983	578692103	508494154
Σ	350705545	1123817922	867114013,7	5906991,858	2347544472	503369130
CAN	Época seca	Época Lluvia m	Época seca m	Época lluvia	Promedio	α
Eg	0	0	0	500	125	250
DC	0	0	0	1000	250	500
Dn	0	25000	14000	0	9750	12120,9186
Cl	815000	20000	4000	59500	224625	394273,884
DP	22127500	25000	8000	35500	5549000	11052339,1
Cn	200603331,5	85430000	5580000	4836000	74112332,9	92419249,9
Σ	223545831,5	85500000	5606000	4932500	319584332	102964734
PAJ	Época seca	Época Lluvia m	Época seca m	Época lluvia	Promedio	α
Eg	6000	8000	1000	2000	4250	3304,03793
DC	25625	38406,97674	6666,66667	7000	19424,6609	15447,8816
Dn	30500	214000	0	9000	63375	101228,599
DP	2312250	1344000	196333,3333	295000	1036895,83	996292,454
Cl	16528618,87	249604,6512	302000	146000	4306555,88	8148299,82
Cn	1234116903	374438659,5	26992666,67	13316889,56	412216280	572848362
Σ	1253019897	376292671,1	27498666,67	13775889,56	1670587124	581631514
CEN	Época seca	Época Lluvia m	Época seca m	Época lluvia	Promedio	α
Eg	0	3000	0	643,75	910,9375	1425,38715
DC	42250	2000	0	4643,75	12223,4375	20107,8527
Dn	82250	932000	0	0	253562,5	453950,547
DP	1969833,333	259000	267000	1529612,5	1006361,46	876978,567
Cl	7966833,333	1708000	485000	490264,2041	2662524,38	3582696,24
Cn	83999903,68	531561168,5	121603500,6	6966239,113	186032703	235242097
Σ	94061070,35	534465168,5	122355500,6	8991403,317	759873143	234663175
FRF	Época seca	Época Lluvia m	Época seca m	Época lluvia	Promedio	α
Eg	0	750	0	35000	8937,5	17378,5968
DC	0	3250	13157,89474	9333,333333	6435,30702	5920,335
Dn	3000	8000	0	1500	3125	3473,111
DP	6536984,848	42000	17000	684358,9744	1820085,96	3159732,03
Cl	2409000	39750	23500	232000	676062,5	1159165,69
Cn	47127333,33	88617918,83	246263,1579	5647593,805	35409777,3	41193315,6
Σ	56076318,18	88711668,83	299921,0526	6609786,113	151697694	42051735,1

Anexo C. Variables Físicoquímicas de la CGSM-CP durante el año 2007.
 Transparencia (TRA), Temperatura (TEM), Conductividad (CON), Salinidad (SAL), Oxígeno disuelto (OD), Porcentaje de saturación de oxígeno (%SO), Sólidos suspendidos totales (SST) y pH.

	FEB	ABR	JUN	AGO	OCT	DIC	Promedio	α
TRA								
BAR	1	0,5	0,3	0,4	0,5	0,5	0,53333333	0,24221203
RIN	0,35	0,3	0,35	0,6	0,6	0,9	0,51666667	0,22949219
LUN	0,3	0,3	0,3	1,1	1	1,35	0,725	0,47932244
CAN	0,1	0,15	0,2	0,2	0,2	0,35	0,2	0,083666
PAJ	0,2	0,2	0,4	0,5	0,55	0,85	0,45	0,24494897
CEN	0,3	0,2	0,4	0,5	0,6	0,55	0,425	0,15411035
FRF	0,2		0,5	0,45	0,8	0,55	0,5	0,21505813
Promedio	0,35	0,275	0,35	0,53571429	0,60714286	0,72142857	0,47857143	0,2355443
α	0,29860788	0,125499	0,09574271	0,27796026	0,2490458	0,33894093	0,15648461	0,12228076
TEM								
BAR	27,75	30,6	31,3	29,9	30,2	29,75	29,9166667	1,19861031
RIN	28,7	30,4	32,45	30,8	31,05	28,4	30,3	1,5241391
LUN	29,2	32,55	33,5	32,35	32,15	29,75	31,5833333	1,70636065
CAN	30,8	33,1	31,3	32,6	31,6	32,2	31,9333333	0,85712698
PAJ	30	32,5	28,45	31,7	32,95	30,15	30,9583333	1,71796876
CEN	29,45	31,2	32,55	31,15	31,85	29,7	30,9833333	1,20651012
FRF	31,75		30,2	27,7	30,75	29,6	30	1,50955291
Promedio	29,6642857	31,725	31,3928571	30,8857143	31,5071429	29,9357143	30,8107143	1,38860983
α	1,32569742	1,13743132	1,08310937	1,06045487	0,92305136	1,13787609	0,77741134	0,31468832
CON								
BAR	43,85	55,65	17,485	13,95	4,331	0,8945	22,6934167	22,1345136
RIN	18,48	40,6	31,435	10,36	7,86	1,335	18,345	15,0312135
LUN	5,455	37,16	20,315	2,253	1,97	0,346	11,2498333	14,6495459
CAN	1,935	21,3	0,19	0,1611	0,16	0,176	3,98701667	8,5108759
PAJ	7,595	41,78	9,15	0,4705	0,5005	1,09	10,0976667	15,9803483
CEN	17,47	40,755	23,51	7,89	2,61	1,34	15,5958333	15,0357622
FRF	11,07		2,0855	0,38575	0,293	0,635	2,89385	4,62764109
Promedio	15,1221429	39,5408333	14,8815	5,06719286	2,53207143	0,83092857	12,123231	13,7099858
α	14,03886938	11,0046492	11,5267688	5,62614775	2,79023327	0,46311917	7,28861433	5,62780363
SAL								
BAR	32,65	33,05	9,05	7,3	2,05	0,4	14,0833333	14,8851492
RIN	12,6	23,2	16,85	5,2	3,85	0,6	10,3833333	8,67482949
LUN	3,4	20	10,05	1	0,85	0,2	5,91666667	7,8010683
CAN	1,1	10,8	0,1	0,1	0,1	0,1	2,05	4,30522938
PAJ	4,85	22,9	4,3	0,2	0,2	0,5	5,49166667	8,78410022
CEN	11,85	22,85	12,1	3,85	1,2	0,6	8,74166667	8,56827968
FRF	7,3		1,2	0,2	0,1	0,3	1,82	3,09467284
Promedio	10,5357143	22,1333333	7,66428571	2,55	1,19285714	0,38571429	6,92666667	8,01618987
α	10,62660998	7,13313863	6,09260599	2,90768497	1,37159497	0,13512051	4,46093993	5,79951994
pH								
BAR	8,15	8,145	8,02	8,415	8,51	8,685	8,32083333	0,25607453
RIN	8,505	8,405	7,8	8,205	7,525	7,695	8,0225	0,40415034
LUN	8,76	8,66	8,165	8,075	8,45	8,14	8,375	0,29134172
CAN	8,46	8,46	6,85	7,6	7,23	7,55	7,69166667	0,65279144
PAJ	8,92	8,58	8,54	8,875	8,66	8,455	8,67166667	0,18752778
CEN	8,685	8,46	8,4	8,815	8,925	8,935	8,70333333	0,23101227
FRF	9,065		7,285	7,55	6,765	7,71	7,675	0,85573799
Promedio	8,64928571	8,45166667	7,86571429	8,21928571	8,00928571	8,16714286	8,20857143	0,41123372
α	0,30702102	0,17676727	0,060919639	0,50846025	0,82633442	0,5407606	0,42545257	0,25065146
OD								
BAR	7,27	5,535	6,245	6,6	7,74	6,95	6,72333333	0,77974141
RIN	7,22	7,635	9,22	5,11	3,33	0,85	5,56083333	3,09245278
LUN	9,675	8,745	8,225	4,82	7,76	6,735	7,66	1,70222795
CAN	8,77	6,49	7,91	5,02	5,74	3,8	6,28833333	1,64012409
PAJ	10,975	7,68		8,33	8,605	7,185	8,555	1,46219441
CEN	8,595	5,85	9,2	8,59	12,055	8,43	8,78666667	1,98390944
FRF	12,45		7,08	2,71	3,165	4,795	6,04	3,97096493
Promedio	9,27928571	6,98916667	7,98	5,88285714	6,91357143	5,535	7,0877381	2,11880214
α	1,91880915	1,23602353	1,17568278	2,09842326	3,1349026	2,58369245	1,2627834	1,07021115
%SO								
BAR	93,5	74,8	90,05	86,3	102,75	91,4	89,8	9,17894329
RIN	95	98,6	128,6	68,25	46	11,75	74,7	41,7528562
LUN	126,4	113,65	109,85	66,4	103,25	88,5	101,341667	21,1720433
CAN	117,7	90,3	64,1	67,9	76,7	48,2	77,4833333	24,127695
PAJ	144,5	105,5		113,85	129,2	95,5	117,71	19,4099974
CEN	112,4	75,735	123,1	115,95	162,6	110,95	116,789167	27,849483
FRF	168		108,3	34	42,1	62,45	82,97	55,5904623
Promedio	122,5	93,0975	104	78,95	94,6571429	72,6785714	94,3991667	28,4402115
α	26,7448684	15,8150921	23,7035651	29,0276592	43,5909903	34,1624659	17,8833541	15,4848145
SST								
BAR	95,4	97,4	67,35	44,55	22,725	30,25	59,6125	32,3055171
RIN	87	78,6	64,5	33,2	17,62	8,5	48,2366667	32,9590908
LUN	53,6666667	111,5	50,25	9	12,86	1,25	39,7544444	41,4798037
CAN	138,222222	80	21,5	98,8	70	17,5	71,0037037	46,2302219
PAJ	67,25	156,75	28,75	23,6	18,095	6,75	50,1991667	56,0890382
CEN	108,333333	187	53	24,2	21,43	15,75	68,2855556	67,5715264
FRF	119		41,25	17	17,62	4,5	39,874	46,1860301
Promedio	95,5531746	118,541667	46,6571429	35,7642857	25,7642857	12,0714286	53,852291	46,1173183
α	29,3327553	44,0993698	17,2360434	30,0205307	19,7603096	9,90760891	12,7455387	12,5508768

Anexo D. Valores de Nutrientes y Biomasa (BMS) de la CGSM-CP durante el año 2007.

NO2	FEB	ABR	JUN	AGO	DIC	Promedio	α
BAR	3,39010989	1,52197802	3,03296703	1,7	2,0989011	2,34879121	0,82453567
RIN	2,18131868	1,93406593	4,95604396	3,05	2,29120879	2,88252747	1,23171106
LUN	2,53846154	3,69230769	3,52747253	2,35	1,87912088	2,79747253	0,78171575
CAN	1,7967033	3,60989011	0,6978022		3,39010989	2,37362637	1,37874504
PAJ	2,48351648	3,63736264	1,54945055	3,4	1,27472527	2,46901099	1,06112043
CEN	1,74175824	2,92307692	3,33516484	1,8	1,82417582	2,32483516	0,74912443
FRF	2,20879121		5,72527473	5,55	2,86813187	4,08804945	1,81085767
Promedio	2,33437991	2,88644689	3,26059655	2,975	2,23233909	2,75490188	1,11968715
α	0,55647007	0,9494001	1,75943714	1,42924805	0,70407405	0,62880454	0,38718275
NO3	FEB	ABR	JUN	AGO	DIC	Promedio	α
BAR	3,35164835	2,3	8,66593407	2,75	0,6043956	3,5343956	3,04507769
RIN	4,31318681	3,20659341	2,67692308	2	0,43956044	2,52725275	1,4413466
LUN	4,53296703	2,65714286	2,42967033	14,1	0,6043956	4,86483516	5,34681411
CAN	4,89010989	1,03626374			0,10989011	2,01208791	2,53511339
PAJ	2,93956044	2,68461538	4,18791209	1,35	0,74175824	2,38076923	1,36190837
CEN	5,74175824	4,22307692	5,56153846	3,7	3,79120879	4,60351648	0,97907105
FRF	4,75274725		1,09005495	5,7	1,45604396	3,24971154	2,31979812
Promedio	4,36028257	2,68461538	4,10200549	4,93333333	1,10675039	3,31036695	2,43273276
α	0,94965369	1,04929232	2,71538105	4,740218	1,25200743	1,10343579	1,47945464
NH4	FEB	ABR	JUN	AGO	DIC	Promedio	α
BAR	42,2131148	12,3015873	31,6666667	50,45	43,968254	36,1199245	14,9266456
RIN	124,180328	51,1111111	97,3015873	51,15	155,555556	95,8597164	45,7414627
LUN	55,9016393	75,7142857	51,5079365	148,95	14,6825397	69,3512802	49,6598253
CAN	131,311475	4,6031746	16,031746	15,7	42,5396825	42,0372157	51,8203308
PAJ	115,819672	72,3809524	4,84126984	44,05	126,587302	72,7358392	50,4699726
CEN	119,754098	28,3333333	7,6984127	38,6	90,3174603	56,9406609	46,4733706
FRF	59,1803279		136,031746	65,1	58,7301587	79,7605582	37,6262414
Promedio	92,6229508	40,7407407	49,2970522	59,1428571	76,0544218	64,6864565	42,3882641
α	38,2423682	30,3329831	49,9272888	42,3818891	50,4923004	21,1131318	12,986655
PO4	FEB	ABR	JUN	AGO	DIC	Promedio	α
BAR	15,030303	8,75757576	61,1818182	6,65	54,6666667	29,2572727	26,4506471
RIN	21,5454545	9,06060606	56,7878788	10	13,1515152	22,1090909	20,0004201
LUN	17,1515152	14,2121212	6,18181818	3	5,72727273	9,25454545	6,08157735
CAN	35,1818182	28,4545455	25,4242424	33,3	61,4848485	36,7690909	14,3462535
PAJ	15,7878788	8,75757576	20,2727273	7,7	19,0606061	14,3157576	5,80576975
CEN	17,7575758	9,51515152	17,5454545	4,2	1,63636364	10,1309091	7,43057318
FRF	17,9090909		102,848485	103	94,8181818	79,6439394	41,3336249
Promedio	20,0519481	13,1262626	41,4632035	23,9785714	35,7922078	28,7829437	17,349838
α	6,98583363	7,79584351	33,9483471	36,3392334	35,0321092	24,610096	13,1194823
BMS	FEB	ABR	JUN	AGO	DIC	Promedio	α
BAR	6,12912	8,15502	59,046075	38,83	93,24045	41,080133	36,5861081
RIN	124,6333	70,54678	44,72997	38,63	33,0912857	62,3262671	37,6681897
LUN	91,3008	61,62708	82,55808	4,535	24,516	52,907392	37,3336627
CAN	66,4036	97,57588	19,94232	4,27	2,10942857	38,0602457	42,1543522
PAJ	65,993625	29,76912	32,4357	26,005	22,27215	35,295119	17,5856138
CEN	111,3587	92,20258	38,6319	30,155	60,909	66,651436	34,6470064
FRF	12,0781		5,16906	2,085	5,4954	6,20689	4,20493334
Promedio	68,271035	59,97941	40,359015	20,6442857	34,519102	43,2182118	30,0256952
α	45,8104052	35,1130756	25,3968789	16,5603466	32,3766227	20,2973862	13,8129247

Anexo E. Valores de Índices Ecológicos: Diversidad de Shanon (H'), Equidad (J') y Riqueza de Margalef (d), en la CGSM-CP durante el año 2007.

Estaciones	MES	Shanon (H')	Equid (J')	Riqueza Marg (d)
LBA	Fb	3,6705	0,80435	2,043
LBA	Ab	1,91035	0,39071	1,6465
LBA	Jn	1,2405	0,2625	1,318
LBA	Ag	1,8645	0,46865	0,8634
LBA	Oc	2,5115	0,4914	1,9125
LBA	Dc	2,9575	0,6143	1,6875
	Promedio	2,35914167	0,50531833	1,578483333
	α	0,87159049	0,18704601	0,429662544
Estaciones	MES	Shanon (H')	Equid (J')	Riqueza Marg (d)
RIN	Fb	2,1225	0,42045	1,695
RIN	Ab	1,913	0,4398	1,1165
RIN	Jn	1,3075	0,30785	0,92515
RIN	Ag	1,5212	0,349825	0,8659
RIN	Oc	2,0155	0,44725	1,291
RIN	Dc	3,0015	0,74365	1,1495
	Promedio	1,9802	0,45147083	1,173841667
	α	0,58860364	0,15326043	0,298626282
Estaciones	MES	Shanon (H')	Equid (J')	Riqueza Marg (d)
LUN	Fb	2,3185	0,51125	1,2273
LUN	Ab	1,545	0,368	0,86955
LUN	Jn	0,6695	0,17845	0,5998
LUN	Ag	0,62355	0,152145	0,88315
LUN	Oc	1,1366	0,2461	1,478
LUN	Dc	2,344	0,62555	0,94555
	Promedio	1,439525	0,34691583	1,000558333
	α	0,76841581	0,19056102	0,307877699
Estaciones	MES	Shanon (H')	Equid (J')	Riqueza Marg (d)
CAN	Fb	1,881	0,4602	0,84
CAN	Ab	1,492	0,4162	0,5677
CAN	Jn	0,9931	0,2989	0,4928
CAN	Ag	1,069	0,3562	0,4505
CAN	Oc	1,058	0,2491	1,121
CAN	Dc	1,589	0,4068	1,078
	Promedio	1,34701667	0,36456667	0,758333333
	α	0,36077561	0,07913287	0,297319261
Estaciones	MES	Shanon (H')	Equid (J')	Riqueza Marg (d)
PAJ	Fb	2,3135	0,4776	1,389
PAJ	Ab	1,3963	0,3094	1,233
PAJ	Jn	1,0861	0,2296	1,3243
PAJ	Ag	1,7425	0,3968	1,1675
PAJ	Oc	2,04	0,4479	1,326
PAJ	Dc	3,2805	0,71015	1,722
	Promedio	1,97648333	0,428575	1,3603
	α	0,77488289	0,16544774	0,193649271
Estaciones	MES	Shanon (H')	Equid (J')	Riqueza Marg (d)
CEN	Fb	1,7925	0,38185	1,3725
CEN	Ab	1,645	0,3798	1,06125
CEN	Jn	0,8391	0,1834	1,0939
CEN	Ag	1,566	0,40875	0,7021
CEN	Oc	3,048	0,6106	2,0975
CEN	Dc	2,6225	0,5679	1,4765
	Promedio	1,91885	0,42205	1,300625
	α	0,79390483	0,15320257	0,475263209
Estaciones	MES	Shanon (H')	Equid (J')	Riqueza Marg (d)
FRF	Fb	2,116	0,45765	1,358
FRF	Jn	0,47375	0,100675	1,366
FRF	Ag	2,0715	0,6257	0,715
FRF	Oc	2,37	0,48725	1,9455
FRF	Dc	2,8005	0,65	1,2875
	Promedio	1,96635	0,464255	1,3344
	α	0,88318259	0,21984569	0,436134928

Anexo F. Resultado del análisis SIMPER realizado entre épocas climáticas en la CGSM-CP durante el año 2007. Promedio de la abundancia de la especie (P. Abundancia), Promedio de disimilaridad entre épocas por especie (P. Disim), Cosiente SIMPER (DISS/SD) y porcentaje de contribución de la especie al promedio de disimilaridad total (Contrib%).

I.

Seca & Lluvia menor						
Promedio de disimilaridad= 50,60						
Especies	P. Abundancia		P. Abundancia	P. Disim	Diss/SD	Contrib%
Cn18	13,02	<	19,13	1	1,47	1,97
Cn08	13,21	>	4,51	1,96	1,43	3,87
Cl05	6,85	>	1,4	0,88	1,35	1,73
Dn05	0,58	<	6,78	1,07	1,31	2,11
Cl03	13,34	>	5,68	1,62	1,15	3,2
Dn04	3,5	>	9,54	1,25	1,13	2,48
Cn04	13,12	>	11,8	0,95	1,12	1,87
Dn07	4,54	<	5,98	1,27	1,1	2,51
Dp41	11,94	>	3,03	1,88	1,03	3,72
Dp05	9,05	>	2,86	1,27	0,99	2,52
Dp22	3,99	>	2,17	0,55	0,99	1,09
Cl24	6,19	>	2,57	0,71	0,98	1,41
Cn12	6,34	>	0	0,91	0,97	1,79
Dp08	2,87	<	7,02	1,12	0,92	2,22
Cn02	14,71	>	10,51	1,09	0,9	2,16
Cn05	8,72	>	8,55	1,03	0,88	2,03
Dn03	4,85	>	4,84	0,56	0,87	1,11
Dn09	1,19	<	2,4	0,65	0,86	1,28
Cl17	1,94	<	2,4	0,97	0,85	1,91
Dp07	6,71	<	8,85	0,83	0,84	1,63
Dn08	1,15	<	4,12	0,75	0,84	1,49
Dn11	1,84	<	3,71	0,97	0,81	1,91
Dc14	4,01	>	2,13	0,51	0,81	1
Dc15	1,32	<	4,85	0,46	0,81	0,92
Dp09	3,55	>	3,47	0,39	0,81	0,76
Dc09	4,55	>	2,26	0,54	0,8	1,07

II.

Seca & Seca menor						
Promedio de disimilaridad = 57,08						
Especies	P. Abundancia		P. Abundancia	P. Disim	Diss/SD	Contrib%
CI03	13,34	>	0	2,66	2,71	4,66
CI05	6,85	>	0	1,16	1,64	2,04
Cn04	13,12	>	8,85	1,68	1,55	2,94
Dp41	11,94	>	0	2,45	1,43	4,29
Cn18	13,02	>	11,57	1,3	1,34	2,28
CI24	6,19	>	0	1,01	1,2	1,77
Cn08	13,21	>	6,4	1,82	1,19	3,19
CI20	2,04	<	4,7	0,89	1,17	1,57
Dp07	6,71	>	0	1,34	1,16	2,35
Dn04	3,5	<	3,82	1,4	1,11	2,46
Cn02	14,71	>	11,48	1,23	1,1	2,16
Dn07	4,54	>	1,24	1,31	1,07	2,3
Cn01	6,57	>	1,48	1,52	1,03	2,67
Dp04	10,42	>	6,83	1,39	1,03	2,43
CI09	4,95	<	8,29	1,08	0,95	1,89
Dp22	3,99	>	0,99	0,68	0,92	1,18
Cn12	6,34	>	3,29	0,94	0,91	1,65
Dc09	4,55	>	2,44	0,79	0,91	1,39
Dp05	9,05	>	5,6	1,27	0,86	2,22
Cn05	8,72	<	9,43	0,91	0,86	1,6
Dp08	2,87	<	7,03	0,8	0,86	1,4
Cn03	6,47	>	1,99	1,28	0,85	2,24
CI04	4,36	>	1,22	0,86	0,84	1,5
CI22	10,38	>	5,58	1,17	0,83	2,05
Cn20	16,51	>	16,5	0,78	0,83	1,37
CI13	3,56	>	1,09	0,58	0,8	1,02

III.

Seca & Lluvia						
Promedio de disimilaridad= 63,73						
Especies	P. Abundancia		P. Abundancia	P. Disim	Diss/S D	Contrib%
Cl03	13,34	>	0	2,26	2,95	3,55
Cn20	16,51	>	11,39	1,15	2,21	1,81
Dp39	0	<	9,04	1,39	2,05	2,18
Dp31	0	<	7,68	1,12	1,66	1,76
Dp41	11,94	>	1,18	1,81	1,61	2,84
Dp08	2,87	<	11,07	1,48	1,55	2,32
Cl08	1,92	<	8,78	1,22	1,47	1,91
Cl16	3,18	<	6,9	1,11	1,33	1,74
Cl05	6,85	>	1,22	0,85	1,33	1,33
Cn12	6,34	<	6,83	1,17	1,31	1,84
Cn08	13,21	>	6,72	1,53	1,29	2,4
Cn04	13,12	>	7,06	1,88	1,26	2,95
Dp27	1,22	<	4,3	0,84	1,26	1,32
Dp07	6,71	>	1,55	1,09	1,22	1,71
Cl24	6,19	>	0	0,86	1,22	1,35
Cl23	11,1	>	4,65	1,34	1,21	2,11
Cl17	1,94	<	5,79	1,02	1,21	1,61
Dp32	1,35	<	6,04	0,87	1,21	1,36
Cl25	0	<	5,37	0,76	1,19	1,2
Cn16	0	<	6,06	1,06	1,18	1,66
Cl19	2,54	<	4,98	0,87	1,14	1,36
Cn19	0	<	7,48	1,22	1,12	1,91
Dc14	4,01	>	3,27	0,81	1,12	1,27
Cl06	1,48	<	6,44	0,94	1,11	1,48
Cl22	10,38	>	5,94	1,23	1,09	1,93
Cn03	6,47	>	5,35	1,18	1,09	1,85
Cn02	14,71	>	13,35	0,74	1,08	1,16
Cl09	4,95	<	8,75	0,83	1,07	1,31

IV.

Lluvia menor & Seca menor						
Promedio de disimilaridad = 47,45						
Especies	P. Abundancia		P. Abundancia	P. Disim	Diss/S D	Contrib%
Dp07	8,85	>	0	1,69	2,06	3,57
Dn03	4,84	>	1,46	1,17	1,34	2,46
Cn04	11,8	>	8,85	0,66	1,24	1,4
Cn02	10,51	<	11,48	0,24	1,23	0,51
Dn05	6,78	>	1,14	1,03	1,07	2,18
Cl03	5,68	>	0	0,96	1,07	2,03
Dp09	3,47	>	0,99	0,75	1,07	1,59
Dc15	4,85	>	0	0,87	1,04	1,84
Eg01	2,76	>	1,09	0,71	1,04	1,49
Cn18	19,13	>	11,57	1,66	0,96	3,5
Dn04	9,54	>	3,82	1,09	0,95	2,3
Cn20	18,11	>	16,5	0,48	0,92	1,01
Dn07	5,98	>	1,24	0,94	0,89	1,97
Dp21	5,7	>	1,38	0,81	0,87	1,7
Cn08	4,51	<	6,4	1,23	0,82	2,59
Dp03	2,86	<	3,77	0,8	0,82	1,68
Dp04	9,53	>	6,83	0,71	0,8	1,49
Cl08	3,51	>	2,97	0,83	0,79	1,75
Cl04	2,5	>	1,22	0,71	0,78	1,49
Cl20	1,04	<	4,7	0,68	0,78	1,44
Dp22	2,17	>	0,99	0,62	0,78	1,3
Dn13	2,95	>	0,99	0,82	0,77	1,72
Dp19	3,39	>	0	0,59	0,77	1,24
Cn05	8,55	<	9,43	1,02	0,74	2,16
Dn08	4,12	>	1,42	0,69	0,66	1,45
Dp32	2,55	>	2,43	0,52	0,66	1,1
Dp36	3,09	>	0	1,02	0,64	2,14
Cn07	1,66	<	4,87	0,67	0,64	1,41

V.

Lluvia menor & Lluvia							
Promedio de disimilaridad = 61,18							
Especies	P. Abundancia		P. Abundancia	P. Disim	Diss/SD	Contrib%	
Cn18	19,13	>	7,51	2,6	1,16	4,25	
Dp39	0 <		9,04	1,55	1,95	2,53	
Dn04	9,54	>	2,41	1,49	1,18	2,44	
Cn04	11,8	>	7,06	1,43	0,91	2,34	
Cn19	0 <		7,48	1,41	1,07	2,31	
Dn07	5,98	>	0	1,36	1	2,22	
Cl16	1,38 <		6,9	1,27	1,35	2,08	
Cn08	4,51 <		6,72	1,25	1,04	2,05	
Cn20	18,11	>	11,39	1,24	1,75	2,03	
Cn12	0 <		6,83	1,22	1,05	2	
Dp07	8,85	>	1,55	1,2	1,49	1,96	
Cn16	0,79 <		6,06	1,19	1,13	1,94	
Dn05	6,78	>	0,54	1,08	1,14	1,76	
Cl06	2,67 <		6,44	1,08	1,03	1,76	
Dp05	2,86 <		8,27	1,06	1,2	1,73	
Dp31	1,13 <		7,68	1,05	1,28	1,72	
Cl08	3,51 <		8,78	1,01	0,95	1,65	
Dp40	0 <		5,23	1,01	0,9	1,65	
Cl20	1,04 <		5,98	0,93	1,25	1,53	
Cl19	0,99 <		4,98	0,92	1,21	1,5	
Dc09	2,26 <		6,18	0,92	1,15	1,5	
Cl10	0,79	>	4,42	0,88	0,94	1,43	
Cl25	0 <		5,37	0,86	1,18	1,41	
Dp32	2,55 <		6,04	0,84	1,02	1,37	
Cl03	5,68	>	0	0,83	1,1	1,36	
Cl23	9,66	>	4,65	0,83	1,03	1,36	
Dp21	5,7	>	0	0,8	1,11	1,3	
Cl17	2,4 <		5,79	0,78	1,09	1,28	
Dn03	4,84	>	0	0,77	1	1,26	
Dn13	2,95 <		3,08	0,74	0,94	1,22	
Dp27	0 <		4,3	0,72	0,9	1,18	
Dc15	4,85	>	0	0,69	1,08	1,12	

VI.

Seca menor & Lluvia							
Promedio de disimilaridad = 56,15							
Especies	P. Abundancia		P. Abundancia	P. Disim	Diss/S D	Contrib%	
Cn20	16,5	>	11,39	1,11	1,88	1,97	
Dp31	1,14 <		7,68	1,39	1,86	2,48	
Dp39	2,33 <		9,04	1,37	1,43	2,45	
Cl19	1,41 <		4,98	1,15	1,25	2,04	
Dp27	1,14 <		4,3	1,05	1,19	1,87	
Cn12	3,29 <		6,83	1,38	1,16	2,46	
Cl16	3,28 <		6,9	1,21	1,14	2,16	
Cn19	1,42 <		7,48	1,58	1,13	2,81	
Cl20	4,7 <		5,98	0,94	1,09	1,67	
Cn16	0 <		6,06	1,34	1,07	2,39	
Cl17	1,09 <		5,79	1,28	1,07	2,28	
Cl08	2,97 <		8,78	1,18	1,06	2,1	
Cl25	2,62 <		5,37	0,86	1,03	1,53	
Cl06	1,22 <		6,44	1,16	1,01	2,07	
Dp04	6,83 <		8,81	1,06	0,99	1,89	
Cn07	4,87	>	2,71	1,09	0,98	1,95	
Dc14	2,34 <		3,27	0,95	0,97	1,69	
Cn08	6,4 <		6,72	1,18	0,94	2,11	
Cn18	11,57	>	7,51	2,05	0,93	3,64	
Cn04	8,85	>	7,06	1,32	0,93	2,35	
Dc09	2,44 <		6,18	0,83	0,93	1,48	
Dp40	0 <		5,23	1,14	0,91	2,03	
Cl23	8,1	>	4,65	0,81	0,89	1,45	
Dp09	0,99 <		3,98	0,66	0,86	1,18	
Cl10	2,44 <		4,42	0,85	0,83	1,52	
Cl15	0 <		4,46	0,73	0,83	1,3	
Cl12	1,41 <		2,68	0,71	0,83	1,26	
Cn05	9,43 <		10,93	0,92	0,81	1,63	
Dn13	0,99 <		3,08	0,55	0,8	0,98	

Anexo G. Valores totales mensuales (Enero – Noviembre) de precipitación (mms). Datos suministrados por el IDEAM para el año 2007. Estación Meteorológica ubicada en el Aeropuerto Simón Bolívar de Santa Marta (1501505). Latitud= 1108 N, Longitud= 7414 W, Elevación= 0004 m,s,n,m.

	Total llluvias 2007
ENERO	0
FEBRERO	0,9
MARZO	0
ABRIL	63,1
MAYO	71,5
JUNIO	506,1
JULIO	74,3
AGOSTO	201,4
SEPTIEMBRE	42
OCTUBRE	633,7
NOVIEMBRE	109,4

Anexo H. Valores totales mensuales (Enero – Noviembre) de caudales (m3/s). Datos suministrados por el IDEAM para el año 2007. Estaciones Meteorológicas ubicadas en: a. Río Aracataca (Estación “Canal Florida”, 10°45’ N- 74°06’ W); b. Río Fundación (Estación “Fundación”, 10°31’ N- 74°11’ W) y c. Río Sevilla (Estación “Puente. Ferrocarril”, 10°35’ N- 74°12’ W).

	Promedio Caudales (m3/s)
ENERO	6
FEBRERO	4
MARZO	4
ABRIL	9
MAYO	14
JUNIO	13
JULIO	12
AGOSTO	24
SEPTIEMBRE	23
OCTUBRE	36
NOVIEMBRE	

a.

	Promedio Caudal (m3/s)
ENERO	28,37096774
FEBRERO	21,97142857
MARZO	29,5483871
ABRIL	20,40666667
MAYO	40,09032258
JUNIO	51,24666667
JULIO	53,27419355
AGOSTO	60,92258065
SEPTIEMBRE	63,27333333
OCTUBRE	24,70967742
NOVIEMBRE	44,09666667

b.

	Promedio Caudales (m3/s)
ENERO	30,28709677
FEBRERO	22,54642857
MARZO	26,02580645
ABRIL	103,5966667
MAYO	114,8709677
JUNIO	73,35666667
JULIO	52,0483871
AGOSTO	71,90645161
SEPTIEMBRE	88,32
OCTUBRE	140,2
NOVIEMBRE	128,1966667

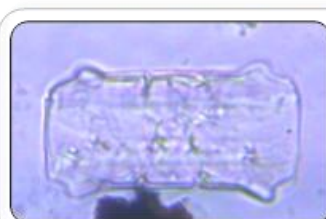
c.

Anexo I. Álbum de Morfo Especies.

División BACILLARIOPHYTA	II
División CLOROPHYTA	V
División CYANOPHYTA	VII
División DINOPHYTA	IX
División EUGLENOPHYTA	X

II

División **BACILLARIOPHYTA**



Orden Centrales
Familia
Biddulphiaceae

Biddulphia sp
(Dc01)



Orden Centrales
Familia
Eupodisceae

Odontella sp
(Dc02)

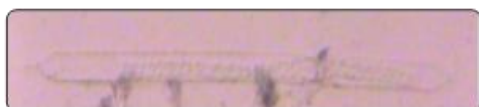


Orden Centrales
Familia Rhizosoleniaceae
Guinardia sp1 (Dc03)



Orden Centrales
Familia
Biddulphiaceae

Hemiaulus sp1
(Dc04)



Orden Centrales
Familia Rhizosoleniaceae
Rhizosolenia sp1 (Dc05)



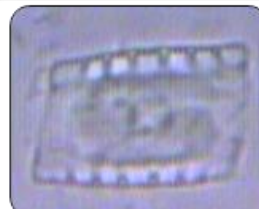
Orden Centrales
Familia
Biddulphiaceae

Hemiaulus sp2
(Dc08)



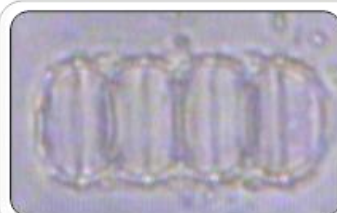
Orden Centrales
Familia
Hemidiscaceae

Actinocyclus sp
(Dc09)



Orden Centrales
Familia
Rhizosoleniaceae

Streptotheca sp
(Dc10)



Orden Centrales
Familia
Melosiraceae

Paralia sp
(Dc11)



Orden Centrales
Familia
Thalassiosiraceae

Cyclotella sp1
(Dc14)



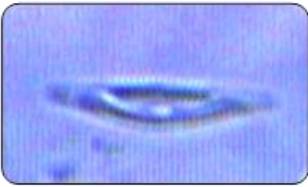
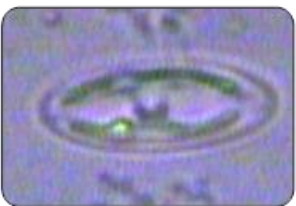
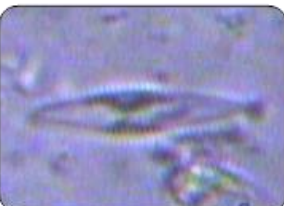
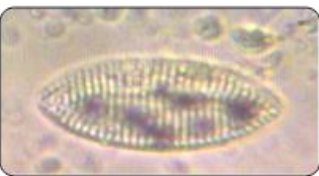
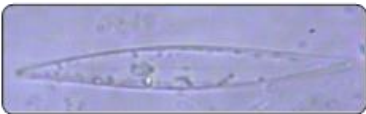
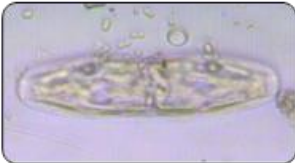
Orden Centrales
Familia
Thalassiosiraceae

Cyclotella sp2
(Dc15)



Orden Centrales
Familia Rhizosoleniaceae
Rhizosolenia sp2 (Dc17)

III

 <u>Orden Pennales</u> Familia Cymbellaceae <i>Amphora sp1</i> (Dp01)	 <u>Orden Pennales</u> Familia Fragilariaceae <i>Synedra sp1</i> (Dp02)
 <u>Orden Pennales</u> Familia Naviculaceae <i>Navicula sp1</i> (Dp03)	 <u>Orden Pennales</u> Familia Naviculaceae <i>Navicula sp2</i> (Dp04)
 <u>Orden Pennales</u> Familia Naviculaceae <i>Navicula sp3</i> (Dp05)	 <u>Orden Pennales</u> Familia Naviculaceae <i>Navicula sp4</i> (Dp06)
 <u>Orden Pennales</u> Familia Nitzschiaceae <i>Nitzschia cf. Longisima</i> (Dp07)	 <u>Orden Pennales</u> Familia Nitzschiaceae <i>Nitzschia sp1</i> (Dp08)
 <u>Orden Pennales</u> Familia Nitzschiaceae <i>Nitzschia punctata</i> (Dp09)	 <u>Orden Pennales</u> Familia Nitzschiaceae <i>Nitzschia constricta</i> (Dp10)
 <u>Orden Pennales</u> Familia Naviculaceae <i>Pleurosigma sp</i> (Dp11)	 <u>Orden Pennales</u> Familia Naviculaceae <i>Pinnularia sp1</i> (Dp14)
 <u>Orden Pennales</u> Familia Cymbellaceae <i>Cymbella sp</i> (Dp16)	 <u>Orden Pennales</u> Familia Naviculaceae <i>Plagiotropis lepidoptera</i> (Dp22)

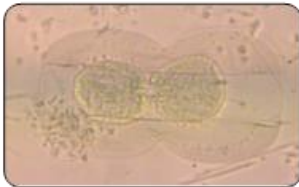
IV



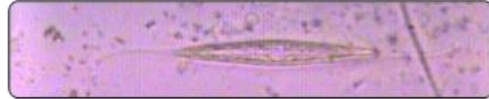
Orden Pennales
Familia Nitzschiaceae
Nitzschia sp2 (Dp23)



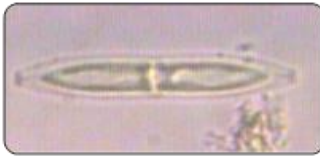
Orden Pennales
Familia Naviculaceae
Navicula sp5
(Dp24)



Orden Pennales
Familia Naviculaceae
Entomoneis alata
(Dp25)



Orden Pennales
Familia Naviculaceae
Gyrosigma macrun (Dp26)



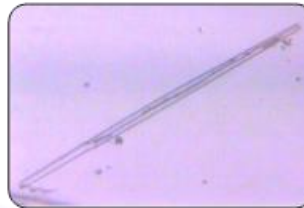
Orden Pennales
Familia Nitzschiaceae
Nitzschia apiculata
(Dp27)



Orden Pennales
Familia Cymbellaceae
Amphora sp2
(Dp28)



Orden Pennales
Familia Nitzschiaceae
Nitzschia closterium (Dp32)



Orden Pennales
Familia Fragilariaceae
Synedra sp2
(Dp34)

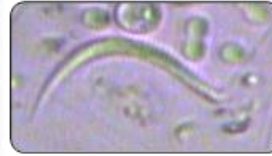


Orden Pennales
Familia Nitzschiaceae
Nitzschia sp3
(Dp41)

División CLOROPHYTA



Orden Chlorococcales
Familia
Hydrodictyaceae
Pediatrum tetras
(CI04)



Orden Chlorococcales
Familia
Oocystaceae
Selenastrum sp
(CI06)



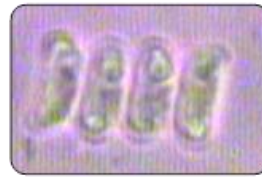
Orden Chlorococcales
Familia
Scenedesmaceae
Scenedesmus sp1
(CI07)



Orden Chlorococcales
Familia
Scenedesmaceae
Desmodesmus sp1
(CI08)



Orden Chlorococcales
Familia
Selenastraceae
Monoraphidium sp
(CI09)



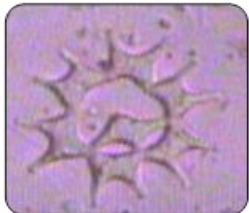
Orden Chlorococcales
Familia
Scenedesmaceae
Scenedesmus sp2
(CI11)



Orden Chlorococcales
Familia
Scenedesmaceae
Scenedesmus sp3
(CI12)



Orden Chlorococcales
Familia
Chlorococcaceae
Tetraedron minimum (CI13)



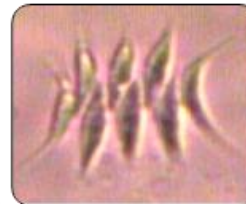
Orden Chlorococcales
Familia
Hydrodictyaceae
Pediatrum simples
(CI15)



Orden Chlorococcales
Familia
Oocystaceae
Crucigeniella
(CI16)

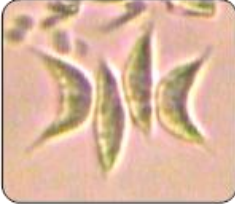


Orden Chlorococcales
Familia
Scenedesmaceae
Crucigenia tetrapedia (CI17)



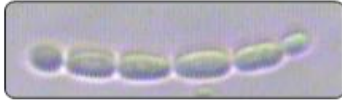
Orden Chlorococcales
Familia
Scenedesmaceae
Scenedesmus sp4
(CI18)

VI

	<u>Orden Chlorococcales</u> Familia Scenedesmaceae <i>Scenedesmus sp5</i> (CI19)		<u>Orden Chlorococcales</u> Familia Scenedesmaceae <i>Desmodesmus sp52</i> (CI20)
	<u>Orden Chlorococcales</u> Familia Chlorococcaceae <i>Tetraedron sp1</i> (CI21)		<i>Scenedesmus sp1</i> (CI22)
	<u>Orden Chlorococcales</u> Familia Oocystaceae <i>Oocystis borgei</i> (CI23)		<u>Orden Chlorococcales</u> Familia Oocystaceae <i>Oocystis sp</i> (CI24)
	<u>Orden Chlorococcales</u> Familia Chlorococcaceae <i>Tetraedron sp2</i> (CI25)		<u>Orden Chlorococcales</u> Familia Scenedesmaceae <i>Scenedesmus sp6</i> (CI26)
	<u>Orden Zygnematales</u> Familia Desmidiaceae <i>Closterium sp1</i> (CI10)		<u>Orden Zygnematales</u> Familia Desmidiaceae <i>Closterium sp2</i> (CI14)

VII

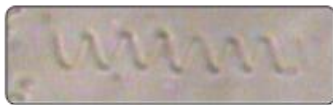
División **CYANOPHYTA**



Orden Nostocales
Familia Nostocaceae
Anabaenopsis sp (Cn04)



Orden Nostocales
Familia Nostocaceae
Anabaenopsis sp
(Cn04)



Orden Nostocales
Familia Nostocaceae
Anabaena sp (Cn08)



Orden Nostocales
Familia
Oscillatoriaceae
Oscillatoria sp
(Cn21)



Orden Nostocales
Familia Nostocaceae
Aphanizomenon sp1 (Cn01)



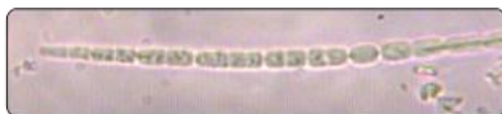
Orden Nostocales
Familia Pseudanabaenaceae
Pseudanabaena sp (Cn03)



Orden Nostocales
Familia Nostocaceae
Aphanizomenon sp2 (Cn07)



Orden Nostocales
Familia Nostocaceae
Aphanizomenon sp3 (Cn13)



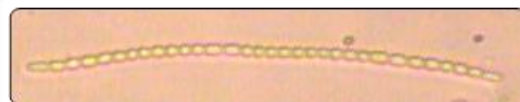
Orden Nostocales
Familia Nostocaceae
Aphanizomenon sp4 (Cn15)



Orden Nostocales
Cyindrospermopsis sp
(Cn12)

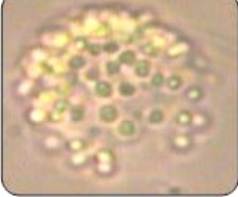
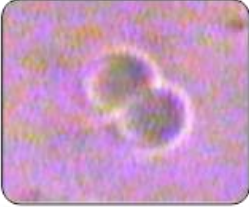


Orden Nostocales
Familia
Phormidiaceae
Phormidium sp1
(Cn16)



Orden Nostocales
Familia Phormidiaceae
Phormidium sp2 (Cn17)

VIII

	Orden Nostocales Familia Phormidiaceae <i>Phormidium sp3</i> (Cn19)
	Orden Chroococcales Familia Chroococcaceae <i>Microcystis sp</i> (Cn10)
	Orden Chroococcales Familia Chroococcaceae <i>Chlorococcus sp1</i> (Cn11)
	Orden Chroococcales Familia Chroococcaceae <i>Chlorococcus sp2</i> (Cn14)
	Orden Chroococcales Familia Chroococcaceae <i>Gomphosphaeria gessneri</i> (Cn09)
	Orden Chroococcales Familia Chroococcaceae <i>Cyanosarcina sp</i> (Cn06)
	Orden Chroococcales Familia Chroococcaceae <i>Merismopedia sp</i> (Cn05)

IX

División **DINOPHYTA**

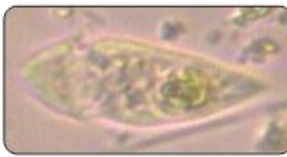


Orden Gonyaulacales
Familia Ceratiaceae
Ceratium sp1 (Dn01)



Orden Gonyaulacales
Familia Ceratiaceae

Ceratium sp2
(Dn02)

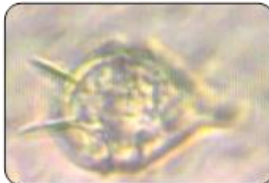


Orden Gymnodiniales
Familia
Gymnodiniaceae
Gymnodinium sp1
(Dn03)



Orden Gymnodiniales
Familia
Gymnodiniaceae

Gymnodinium sp2
(Dn07)

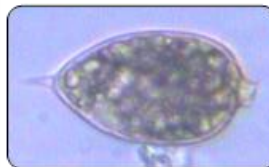


Orden Peridiniales
Familia Peridiniaceae
Protoperidinium sp
(Dn09)



Orden Prorocentrales
Familia
Prorocentraceae

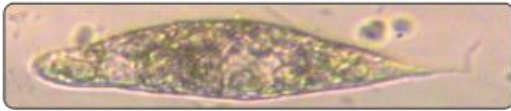
Prorocentrum sp1
(Dn16)



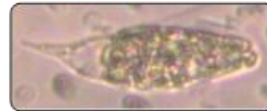
Orden Prorocentrales
Familia
Prorocentraceae

Prorocentrum sp1
(Dn16)

División EUGLENOPHYTA



Orden Euglenales
Familia Euglenaceae
Euglena sp1 (Eg01)



Orden Euglenales
Familia Euglenaceae
Euglena sp2 (Eg04)



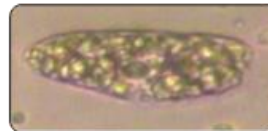
Orden Euglenales
Familia Euglenaceae
Euglena sp3 (Eg05)



Orden Euglenales
Familia Euglenaceae
Euglena sp4 (Eg09)



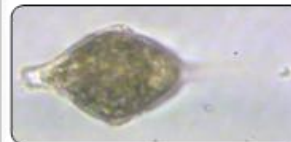
Orden Euglenales
Familia Euglenaceae
Euglena sp5 (Eg10)



Orden Euglenales
Familia Euglenaceae
Euglena sp6
(Eg11)



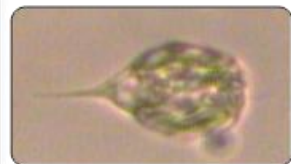
Orden Euglenales
Familia Euglenaceae
Euglena oxyuris (Eg06)



Orden Euglenales
Familia Euglenaceae
Strombomona sp
(Eg07)



Orden Euglenales
Familia Euglenaceae
Phacus sp 1
(Eg02)



Orden Euglenales
Familia Euglenaceae
Phacus sp2
(Eg12)