

**DINÁMICA ESTRUCTURAL DE LA COMUNIDAD
FITOPLANCTÓNICA EN LA BAHÍA DE CISPATÁ,
ASOCIADA A LA INDUSTRIA CAMARONERA LOCAL**

DIANA VASQUEZ CARDENAS



**UNIVERSIDAD JORGE TADEO LOZANO
FACULTAD BIOLÓGICA MARINA
BOGOTÁ
2006**

**DINÁMICA ESTRUCTURAL DE LA COMUNIDAD
FITOPLANCTÓNICA EN LA BAHÍA CISPATÁ,
ASOCIADA A LA INDUSTRIA CAMARONERA LOCAL**

DIANA VASQUEZ CARDENAS

Trabajo de Grado para
Optar al título de Biólogo Marino

Director

Gabriel Antonio Pinilla Agudelo
Biólogo M.Sc en Ecología, PH.D en Biología

Asesor

Germán Ricardo Díaz
Biólogo Marino Esp.



UNIVERSIDAD JORGE TADEO LOZANO
FACULTAD BIOLOGÍA MARINA
BOGOTA
2006

Agradecimientos

Mama y Papa gracias por darme tiempo para descubrir mi camino y darme esos empujones desde mi infancia para abrir los ojos y mente... sin ustedes nunca hubiera sido Bióloga Marina.

Margara gracias por entender la magia artística de mis bichos y entender mi pasión por ellos.

Ale gracias por ayudarme a salir de la rutina y recordar que el mundo se debe ver siempre con asombro.

A **mi Nona** gracias por entender que mis bichos hacen parte del “mugre” del agua, y por compartir conmigo al intentar imaginarte el mundo del fitoplancton.

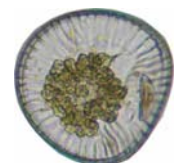
Tacho sin su amistad e iniciativa no hubiera encontrado mi camino, Gracias.

A **Gabriel, German y Sandra** gracias por permitirme considerarlos como amigos más que jefes, y brindarme todo el conocimiento y experiencia que han adquirido como Biólogos.

A la **Universidad Jorge Tadeo Lozano** y a la **Corporación Autónoma Regional de los Valles de Sinú y San Jorge** por brindarme esta oportunidad para realizar mi trabajo de grado enfocado en fitoplancton estuarino.

Vidal gracias por su ayuda en el laboratorio, con bibliografía y con la confirmación de especies, y por facilitarme algunos datos curiosos del fascinante mundo del fitoplancton.

Tigeros gracias por ayudarme con la identificación y por amenizar las horas del laboratorio y una que otra tarde samaria.



A **Aroldo, Maryuri, Peter y Juancho** gracias por brindarme su conocimiento y hacer de las rigurosas salidas de campo un paseo entre amigos.

Charlie y Alexi gracias por brindarme una mano al dejarme usar las instalaciones y elementos del laboratorio y la biblioteca sin limitaciones en Santa Marta; al igual que las demás personas que trabajan en los laboratorios y biblioteca de Bogotá.

A **Mayrita y Mariecito** definitivamente gracias por acompañarme en este largo viaje desde hace casi 6 años, sin ustedes no hubiera sido tan interesante mi vida, y no habría sobrevivido esos arrebatos emocionales. Gracias ante todo por siempre estar ahí a pesar de las distancias.

A **Rafa, Deisy, Juan Carlos, Oscar, Carlos, Paola y Claudia B.** por compartir conmigo, discutiendo, hablando, desahogándonos, cantando o simplemente acompañándonos en el laboratorio mientras todos contábamos y separábamos organismos “supuestamente” desconocidos hasta el momento.

Gracias a todos los biólogos que pasaban por el laboratorio semanalmente a saludar y recordarme que estaba loca por divertirme con el fitoplancton, sin ustedes las largas horas del laboratorio hubieran sido realmente intolerables.



CONTENIDO

INTRODUCCION

1.1 ANTECEDENTES	4
1.2 AREA DE ESTUDIO	6
1.2.1 Zona A: Ambiente Estuarino con Influencia Marina e Industrial	8
1.2.2 Zona B: Ambiente Estuarino con Influencia de Agua Dulce e Industrial	9
1.2.3 Zona C: Ambiente Estuarino sin Influencia Industrial	10

2 METODOLOGIA

2.1 FASE PRELIMINAR	12
2.1.1 Selección de las Estaciones de Muestreo	12
2.1.2 Periodicidad del Muestreo	13
2.2 FASE DE CAMPO	14
2.2.1 Muestras Abióticas	14
2.2.2 Muestras Bióticas	15
2.3 FASE DE LABORATORIO	17
2.3.1 Muestras Abióticas	17
2.3.2 Muestras Bióticas	18
2.4 FASE DE GABINETE	22
2.4.1 Análisis Abiótico	22
2.4.1.1 <i>Análisis de Componentes Principales (PCA)</i>	22
2.4.1.2 <i>Estado Trófico de las Ciénagas</i>	23
2.4.2 Análisis Biótico	23
2.4.2.1 <i>Índices Ecológicos</i>	23
2.4.2.2 <i>Análisis ANOSIM, Ordenación y Clasificación</i>	24
2.4.2.3 <i>Análisis SIMPER</i>	25
2.4.2.4 <i>Estado Trófico de las Ciénagas</i>	25

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
3.1 COMPONENTE ABIÓTICO	26
3.1.1 Profundidad del Disco Secchi.	26
3.1.2 Sólidos Suspendidos Totales	27
3.1.3 Temperatura	28
3.1.4 pH	29
3.1.5 Alcalinidad	30
3.1.6 Porcentaje de Saturación de Oxígeno Disuelto	31
3.1.7 Salinidad	32
3.1.8 Conductividad	34
3.1.9 Nutrientes	35
3.1.10 Relación Nitrógeno: Fósforo	39
3.1.11 Análisis de Componentes Principales	43
3.1.12 Índices de Estado Trófico	46
3.2 COMPONENTE BIÓTICO	49
3.2.1 Composición del Fitoplancton	49
3.2.2 Densidad del Fitoplancton	54
3.2.3 Índices Ecológicos	58
3.2.4 Clorofila <i>a</i>	61
3.2.5 Análisis ANOSIM	64
3.2.6 Análisis de Ordenación y Clasificación	65
3.2.7 Análisis SIMPER	72
3.2.8 Índices de Estado Trófico	76
3.3 DESCRIPCIÓN DE ALGUNAS ESPECIES RARAS	79
3.3.1 Especies Potencialmente Tóxicas	79
3.3.2 Importancia Ecológica de la División Euglenophyta	82
3.3.3 Importancia Ecológica de la División Chlorophyta	84
3.4 NUEVOS REPORTES PARA EL CARIBE COLOMBIANO	85

4 CONCLUSIONES **88**

5 RECOMENDACIONES **91**

6 BIBLIOGRAFIA **93**

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Listado de las zonas de muestreo.	12
Tabla 2. Listado de técnicas analíticas empleadas por el Analquim Ltda.	18
Tabla 3. Valores de los Índices de estado trófico de Carlson.	47
Tabla 4. Densidad acumulada del fitoplancton.	54
Tabla 5. Resultados de la prueba estadística ANOSIM.	64
Tabla 6. Resultados de la prueba estadística de similaridad SIMPER.	73
Tabla 7. Valores de los índices de estado trófico de Nygaard.	78

LISTA DE GRAFICAS

Grafica 1. Mapa de Colombia y la ubicación geográfica del Golfo de Morrosquillo.	6
Grafica 2. Imagen satelital de la bahía de Cispatá.	7
Grafica 3. Fotografía de zona A.	8
Grafica 4. Fotografías de la zona B.	9
Grafica 5. Fotografías de la Camaronera Agrosoledad.	10
Grafica 6. Fotografías de la zona C1.	11
Grafica 7. Fotografías de la zona C2.	11
Grafica 8. Mapa de las estaciones de muestreo en la bahía de Cispatá.	13
Grafica 9. Fotografía de las muestras superficiales.	14
Grafica 10. Fotografías de algunos equipos empleados en campo	15
Grafica 11. Fotografías de eventos climáticos en al bahía de Cispatá.	15
Grafica 12. Esquema del arrastre superficial con red de fitoplancton.	16
Grafica 13. Fotografías de la recolección de las muestras biológicas.	16
Grafica 14. Fotografías de la obtención de las muestras de clorofila <i>a</i> .	17
Grafica 15. Fotografías del equipo de campo HACH.	18
Grafica 16. Montaje de las muestras de fitoplancton.	19
Grafica 17. Fotografía del microscopio invertido con cámara de dibujo lateral.	20
Grafica 18. Fotografías del proceso de extracción de clorofila <i>a</i> .	21
Grafica 19. Fotografías de la medición de clorofila <i>a</i> por fluorometría.	21
Grafica 20. Profundidad del disco secchi.	27
Grafica 21. Sólidos suspendidos totales.	28
Grafica 23. Temperatura	29

Grafica 24. pH	30
Grafica 25. Alcalinidad	31
Grafica 26. Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto.	32
Grafica 27. Salinidad.	34
Grafica 28. Conductividad.	35
Grafica 29. Concentraciones promedias de nitrito, nitrato, amonio y fosfato.	36
Grafica 30. Concentración de Nitrito.	37
Grafica 31. Concentración de Nitrato.	37
Grafica 32. Concentración de Amonio.	38
Grafica 33. Concentración de Fosfato.	39
Grafica 34. Relación entre nitrógeno y fósforo total y soluble.	41
Grafica 35. Biplot obtenido a partir del Análisis de Componentes Principales.	44
Grafica 36. Pastel del porcentaje de especies para cada División.	49
Grafica 37. Composición espacial del fitoplancton por mes.	50
Grafica 38. Composición espacial del fitoplancton por ciénaga.	52
Grafica 39. Densidad porcentual temporal del fitoplancton por mes.	55
Grafica 40. Densidad porcentual espacial del fitoplancton por ciénaga.	56
Grafica 41. Número de especies en relación a la diversidad de Shannon-Weaver.	59
Grafica 42. Concentración temporal de clorofila <i>a</i> .	61
Grafica 43. Concentración espacial de clorofila <i>a</i> .	63
Grafica 44. Histograma de frecuencias (ANOSIM).	65
Grafica 45. Grafica de nMDS.	66
Grafica 46. nMDS y Dendrograma para la zona A.	68
Grafica 47. nMDS y Dendrograma para la zona B.	69

Grafica 48. nMDS y Dendrograma para la zona C.	70
Grafica 49. Fotografías de especies potencialmente tóxicas.	80
Grafica 50. Fotografías de algunos dinoflagelados potencialmente tóxicos.	82

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Clasificación taxonómica.

Anexo B. Índices ecológicos por zonas.

Anexo C. Fichas técnicas de especies características por zonas.

Anexo D. Nuevos reportes para el Caribe Colombiano.

RESUMEN

La valoración de la dinámica estructural del fitoplancton en la bahía de Cispatá (Caribe colombiano) en relación a la actividad camaronera, se llevó a cabo en cinco salidas de campo, entre diciembre 2004 y junio 2005. Se evaluaron ocho ciénagas mediante 15 puntos de muestreo diferenciadas en cuatro ambientes estuarinos: **zona A)** con influencia marina e industrial; **zona B)** con influencia de agua dulce e industrial; **zona C1)** con influencia marina sin industria y **zona C2)** con influencia de agua dulce sin industria. Se evidenció una gran riqueza en la bahía con un total de 620 especies, de las cuales 561 fueron consideradas como especies poco frecuentes. Los organismos fueron de origen marino, estuarino y dulceacuícola, pertenecientes a las divisiones Bacillariophyta (353 especies), Chlorophyta (105 especies), Pyrrophyta (49 especies), Euglenophyta (47 especies), Cyanophyta (41 especies) y otras (25 especies).

Se evidenció una diferenciación estadística espacial y temporal de la comunidad fitoplanctónica asociada al gradiente de salinidad, la transparencia del agua y las variaciones en la concentración de nutrientes. Se encontró que la zona A presentó alta diversidad y mayor porcentaje de diatomeas marinas, en especial del género *Chaetoceros*. La zona B recibe agua dulce del Caño Palermo y Cantarillo, por lo cual exhibió una dominancia de formas dulceacuícolas, como las cianófitas *Anabaena* y *Chroococcus*. En esta área (Ciénaga Soledad) se encontró una distinción temporal de la composición microalgal entre la época seca (diciembre, febrero y marzo) y los meses húmedos (abril y junio) como respuesta al aporte de materia orgánica y sustancias vertidas por los caños. La zona C, presentó una agrupación temporal de la zona C1 (ciénaga Navio y El Garzal), mientras las muestras de la zona C2 (ciénaga Ostional) se asemejaron entre sí por el suministro de agua dulce del río Sinú. La zona C1 demostró una composición fitoplanctónica dominada por diatomeas marinas en los meses secos, y formas estuarinas, diatomeas betónicas y organismos oligohalinos como *Anabaena* en los meses húmedos. La zona C2, presentó una gran riqueza de Euglenophytas y Chlorophytas, típicas de hábitats de bajas salinidades con alto contenido de materia orgánica.

Las zonas marinas y salobres (zonas A y C1) presentaron una limitación por fósforo, lo cual permitió el desarrollo de diatomeas pequeñas de crecimiento rápido como la *Pseudonitzschia* y de los dinoflagelados como *Ceratium*. Por el contrario, las zonas dulceacuícolas (zonas B y C2) presentaron cianófitas capaces de fijar nitrógeno atmosférico como respuesta a las bajas concentraciones de nitrógeno en las ciénagas. Adicionalmente, todas las localidades tendieron a ser eutróficas por el aporte de nutrientes, materia orgánica y sólidos suspendidos. La concentración de clorofila *a* y la saturación de oxígeno disuelto mostraron elevadas productividades propias de estados eutróficos.

Por su parte, la influencia de la industria (Camarones del Sinú y Agrotijo) en la zona A, parece estar amortiguada por la dinámica marina; ya que las condiciones físico-químicas y biológicas fueron semejantes a las de la zona C1, la cual no presenta afectación antrópica. En contraste, la ciénaga de Soledad (zona B) presentó una composición fitoplanctónica característica de sistemas alterados por la actividad antrópica evidenciado a través de un mayor aporte de nitrito, nitrato y fosfato traídas allí por los caños, probablemente provenientes de la industria camaronera (Agrosoledad) y agrícola (Distrito de riego La Doctrina). Como resultado las zonas B y C2 fueron muy disimilares, ya que la segunda mostró una comunidad fitoplanctónica típica de aguas dulces no afectadas por actividades humanas.

En conclusión, la dinámica de la comunidad fitoplanctónica de las zonas A y C son afectadas por las épocas climáticas que alteran la transparencia y el aporte de nutrientes y sales en las ciénagas. Sin embargo, la actividad industrial de la zona B parece haber alterado la concentración de nutrientes de la ciénaga Soledad. Igualmente la comunidad microalgal presenta bajas diversidades y riquezas, caracterizada por presentar especies típicas de sistemas intervenidos. Por lo tanto, es recomendable continuar con el monitoreo anual del fitoplancton en la bahía de Cispatá para verificar la dinámica del fitoplancton en especial en la ciénaga de Soledad (zona B), área de mayor actividad industrial.

Palabras claves: Fitoplancton, Estuario, Camaronera.

ABSTRACT

The evaluation of the phytoplankton community's structural dynamics in the Cispatá bay (Colombian Caribbean) in relation to the shrimp industry was conducted between December 2004 and June 2005. Fifteen sampling stations were studied in eight lagoons. These points were grouped into four estuarine **zones**: **A)** marine with industrial influence; **B)** freshwater with industrial influence; **C1)** marine without industrial influence; **C2)** freshwater without industrial influence. A high level of richness was found, encountering 620 species. Of this total, 561 were considered as scarce individuals. The organisms were from different habitats: marine, estuarine or freshwater. They were classified into the following Divisions: Bacillariophyta (353 species), Chlorophyta (105 species), Pyrrophyta (49 species), Euglenophyta (47 species), Cyanophyta (41 species) and others (25 species).

A spatial and temporal statistical difference was found in the phytoplankton community associated with salinity, water transparency and nutrients concentrations. Zone A presented high diversity and an ample percentage of the individuals were marine diatoms, especially of the genus *Chaetoceros*. Zone B receives freshwater from Caño Palermo and Cantarillo, as a result it was dominated by a freshwater community, such as *Anabaena* and *Chroococcus* (Cyanophytas). In this area (Soledad lagoon) a temporal distinction of the microalgae community was evident between dry season (December, February and March) and humid months (April and June). This behavior was attributed to the supply of organic matter and other substances brought there by the canals. Zone C also exhibited a temporal segregation of the samples from zone C1 (Navio and El Garzal lagoons). On the contrary, the samples from zone C2 were very similar through out the study period because of the constant supply of freshwater from the Sinú river. In addition, zone C1 demonstrated a phytoplankton community dominated by marine forms during the dry months, and estuarine individuals, benthic diatoms and freshwater organisms like *Anabaena* in humid months. Zone C2 showed a variety of Euglenophytas and Chlorophytas forms, typical of low salinity habitats enriched with organic matter.

In the saline lagoons (zones A and C1) phosphorus was the limiting factor for phytoplankton growth. These conditions favored small and slow growing diatoms like the genus *Pseudonitzschia* as well as some dinoflagellates, like *Ceratium*. Meanwhile, in freshwater lagoons (zones B and C2) atmospheric nitrogen fixing organisms prevailed due to the low concentration of nitrogen in these areas. In addition, all of the lagoons were classified as eutrophic in relation to the amount of nutrients, organic matter and suspended solids present. The concentration of chlorophyll *a* and the saturation of dissolved oxygen indicated high levels of productivity also associated with eutrophic conditions.

In addition, although zone A receives water from the shrimp industries (Camarones del Sinú and camaronera Agrotijo) it resembles a similar phytoplankton assemblage as the one seen in zone C, which does not present industrial influence. This suggests that the influence of the shrimp companies in these areas is being compensated by the dynamics of the coastal marine waters. In contrast, zone B presented a typical phytoplankton assemblage of altered ecosystems by human intervention. This area presented an increase in the concentration of nitrite, nitrate and phosphate that arrive here by way of Cantarillo and Caño Palermo. These nutrients, in return, probably originate from the nearby shrimp (Agrosoledad) and agricultural (Distrito de riego La Doctrina) activities. As a result, zone B and zone C2 were very dissimilar. The latter exhibited an elevated number of freshwater taxons indicators of organic matter rather than unstable ecosystems.

In conclusion, the dynamics of the phytoplankton community of zones A and C are affected by the seasons. These conditions alter the transparency, nutrient content and the amount of salts in the water. In contrast, the industrial activity surrounding zone B seems to of shifted the nutrient concentration in the Soledad lagoon. Likewise, the micralgae community exhibited low diversity and richness of species, characterized by organisms known to live in human intervened ecosystems. Consequently, annual observation of the phytoplankton assemblage in the Cispatá bay is recommended to verify and quantify the dynamics of these organisms especially in the Soledad lagoon (zone B) where the industrial impact seems to be more evident.

Key word: Phytoplankton, Estuary, Shrimp Industry

INTRODUCCIÓN

La bahía de Cispatá puede definirse como un ecosistema estuarino semicerrado o lagunar. Está compuesto por una gran red de ciénagas someras delimitadas por bancos de arena o por un complejo de manglares. Además, presenta una conexión directa con el Mar Caribe y recibe descargas de algunos de los afluentes del río Sinú. La mezcla de aguas marinas y continentales depende en gran medida de los factores ambientales, de la morfología de la bahía, de las corrientes y de la época del año (Patiño y Floréz, 1993; Margalef, 1983).

Adicionalmente, las tierras aledañas a la zona estuarina han sido empleadas en parte para el desarrollo de la industria camaronera desde hace 20 años. Actualmente, existen cuatro granjas camaroneras que al momento de realizar el recambio de agua de las piscinas, vierten las descargas en el área. Con el paso de los años, éstas acciones han generado alteraciones en la comunidad microalgal, manifestadas en blooms de algas filamentosas, así como en el deterioro de las poblaciones de moluscos y peces, lo cual evidencia un desequilibrio del ecosistema (INVEMAR, 1999). Para tratar de disminuir el impacto ambiental que está causando ésta industria la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y San Jorge (CVS) y la Alcaldía municipal de San Antero han planeado una serie de acciones para rehabilitar ciertas áreas del estuario (ASOPROCIG, 2001). Dentro de éstas propuestas sobresale el convenio firmado entre la Universidad Jorge Tadeo Lozano y la CVS, cuyo objetivo es la caracterización de la calidad del agua del sistema estuarino.

Dentro de las comunidades biológicas más importantes en el sistema se distingue la comunidad planctónica, integrada por organismos flotantes de tamaños pequeños, definidos como productores primarios (fitoplancton) y consumidores primarios (zooplancton). El fitoplancton está integrado por individuos autótrofos que poseen

pigmentos fotosintéticos (ej. clorofilas y carotenoides); mientras que el zooplancton está compuesto por organismos heterótrofos de mayor tamaño que fagocitan su alimento (Bougis, 1976).

El fitoplancton cumple la función ecológica de productor primario a la vez que sirve de alimento para una gran variedad de individuos. Estos organismos se encuentran distribuidos en todos los medios acuáticos y presentan una amplia variedad de morfotipos. Sin embargo, en áreas estuarinas tiende a existir una dominancia por parte de unos pocos organismos (Newell y Newell, 1963). Estas especies pueden provenir de la zona marina o de los ríos, aunque algunas son típicas de los sistemas estuarinos. Se encuentran ejemplares de los siguientes taxones (Nybakken y Bertness, 2005):

- Bacillariophyta también llamadas diatomeas, son algas unicelulares que presentan un frústulo o envoltura rígida de sílice integrada por dos valvas, que encierran el citoplasma y el núcleo. Este conjunto de organismos se considera cosmopolita y tiene representantes tanto planctónicos como bentónicos. Las diatomeas se clasifican en dos subgrupos gracias a la marcada diferencia morfológica entre ellos: unas presentan forma circular (centrales) y las otros son alargadas (pennadas) (Bougis, 1976).
- Pyrrophyta o dinoflagelados, son microalgas unicelulares biflageladas; uno de los flagelos es longitudinal para la locomoción y el otro perpendicular al primero y se emplea para mantener una corriente de agua a su alrededor y aumentar la toma de nutrientes. Además, pueden o no presentar teca de celulosa, pero siempre exhiben un núcleo central, grande y granuloso. Son predominantemente marinos aunque hay especies dulceacuícolas (Bougis, 1976).
- Cyanophyta o algas azul-verdosas, se encuentran solitarias o coloniales, tanto marinas como dulceacuícolas. No poseen organelos bien diferenciados ni flagelos o cilios, y algunos géneros presentan estructuras especializadas (heterocistos) para la fijación de nitrógeno atmosférico (Bougis, 1976; Zhong, 1989).
- Chlorophyta o algas verdes habitan aguas dulces. Sus cloroplastos presentan pigmentos verdes y su pirenoide almacena almidón; poseen un núcleo periférico. Las formas planctónicas usualmente son unicelulares o forman colonias globulares sin flagelos, no obstante, existen organismos biflagelados en el extremo apical (Zhong, 1989).

- Euglenophyta es un grupo de algas unicelulares de vida libre, que presentan 1 o 2 flagelos, con cromatóforos de varios tipos. Las células están rodeadas por una cutícula delgada o gruesa, y en algunos casos exhiben una loriga. Son individuos típicos de sistemas de agua dulce y lénticos (Tell y Conforti, 1986).

En zonas costeras, como es el caso de los estuarios, se presenta una variabilidad constante de la comunidad fitoplanctónica, producto de los cambios ambientales de la zona los cuales controlan el comportamiento de las condiciones físico-químicas del agua (Darley, 1991). Adicionalmente, el desarrollo de las microalgas planctónicas es alterado por la marcada influencia antrópica en estas áreas. Es así como este estudio pretende evaluar la dinámica de la comunidad fitoplancton en el ambiente estuarino de la bahía de Cispatá considerando aspectos estructurales, como composición y densidad. El objetivo es conocer los factores causantes de las variaciones de la microflora acuática, mediante la valoración de distintos parámetros físico-químicos posiblemente influenciados por la industria camaronera de la Bahía, así como por las épocas del año. Además, se desea comprobar si la continua incidencia de las descargas de las camaroneras, en las ciénagas Soledad, Espejo y Nisperal, propician afloramientos fitoplanctónicos.

Este trabajo se encuentra enmarcado en la Línea de Investigación Estructura y Funcionamiento de estuarios, mangles y lagunas costeras (COLCIENCIAS, 1999), ya que valora la biota para intentar diagnosticar la calidad ambiental de la bahía de Cispatá. A su vez, hace parte del convenio de transferencia de ciencia y tecnología número 32 de tipo interinstitucional entre la CVS y la UJTL, el cual se ejecuta por el Grupo de Limnología de la Facultad de Biología Marina, titulado “Evaluación de los impactos generados sobre la calidad de agua, suelos y recursos hidrobiológicos por la actividad camaronera en el antiguo delta del Río Sinú”. En este marco institucional se ha incluido la ejecución del presente trabajo de grado, como requisito para optar al título de Biólogo Marino en la Universidad Jorge Tadeo Lozano (UJTL).

1.1 ANTECEDENTES

En la zona estuarina de la bahía de Cispatá los estudios realizados no son muy abundantes. No obstante, sobresale el informe de avance del INVEMAR (2005) titulado “Plan de seguimiento y monitoreo de la zona deltáico estuarina del río Sinú (noviembre de 2000 – abril de 2005)”. Este estudio efectuó una caracterización de la bahía, el estuario y el río Sinú. Estableció que el comportamiento hídrico del río Sinú es de carácter unimodal, relacionado con los meses de aguas altas y bajas producidas por las lluvias y las fluctuaciones del caudal del río Sinú. La zona fue dividida en tres sectores: marina, estuarina y oligohalina. Se registra un total de seis divisiones, 34 familias, 80 géneros y 251 especies fitoplanctónicas, entre los años 2000-2004. Igualmente, registraron mayor número de especies de la división Bacillariophyta y densidades máximas del grupo Cyanophyta. Este último generó blooms dañinos para las demás comunidades del área.

Conjuntamente, se han ejecutado proyectos que evalúan el impacto de las descargas de las camaroneras adyacentes sobre la fauna y flora endémica, incluyendo la comunidad planctónica. Entre estos trabajos se encuentra el de Castaño (2001), quien determinó el efecto de las descargas continentales sobre las aguas del Golfo de Morrosquillo. Este autor registró concentraciones de nutrientes dentro de los rangos establecidos para aguas de mar tropical. También evidenció mayor cantidad de amonio aunque el aporte de fosfato, nitrato y nitrito fue mayor en aguas dulces. Sin embargo, al comparar estos datos con los valores obtenidos en 1990 se observó un aumento en la concentración de nutrientes con el tiempo debido a la continua descarga de aguas continentales.

Por su parte, INVEMAR (1999) realizó una evaluación ecológica del antiguo delta del Río Sinú, analizando la relación entre las variables físico-químicas y las distintas comunidades allí presentes (fitoplancton, peces, aves y otros vertebrados). Con respecto al fitoplancton reportaron 172 especies, con predominio de las formas marinas y dentro de éstas, de dinoflagelados; no obstante, se presentó una densidad considerable de cianófitas filamentosas. También, se registraron ejemplares pertenecientes a diatomeas, algas verdes y euglenófitas. Paralelamente, encontraron una menor densidad y diversidad en julio, las cuales comenzaron a aumentar en diciembre hasta los meses de febrero y mayo.

Para otras áreas cenagosas del país están los estudios efectuados en la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM), la cual se considera como un estuario ubicado en el Caribe colombiano. De la Hoz Aristizabal (2004), Gocke *et al.* (2003) y Ruiz (1999) registraron una dominancia de algas verde-azules filamentosas a lo largo de los años, principalmente debido a las condiciones adversas y fluctuantes de la Ciénaga, producidas por la acción directa del hombre en esta área. Así mismo, Vidal (1995) encontró que los diferentes grupos de fitoplancton en la CGSM exhiben un proceso de sucesión claro: se inicia con las diatomeas, siguen los dinoflagelados y finalmente aparecen las cianófitas. Vidal (1995) concluyó que a pesar de presentarse un gran número de taxones fitoplanctónicos, este ecosistema está regulado por unas pocas especies.

A nivel mundial también se han realizado varios estudios de composición y abundancia del fitoplancton en zonas estuarinas. Por ejemplo, Lewitus *et al.* (1998) determinaron que la abundancia del fitoplancton en un salitral estuarino estaba regulada por el pastoreo del microzooplancton en blooms de verano, y que dependía de la concentración de nutrientes, como el amonio y el fósforo en invierno. Adicionalmente, reconocieron un predominio del 97% de diatomeas en el microplancton, así como una abundancia del 76 al 97% de flagelados y diatomeas pennadas (nanoplancton), respectivamente.

En el estudio llevado a cabo por Gómez (1973) sobre la comunidad planctónica del estuario y las lagunas del noreste de México, se encontró una mayor concentración de algas verdes, algas azul-verdes y dinoflagelados en el área. Gómez concluyó que la estructura general del plancton dependía de la estabilidad del agua dulce, ya que en ésta hay una menor diversidad y un dominio de Clorófitas y Rotíferos. Por el contrario, la influencia del mar trajo alta diversidad y riqueza, proporcionando una composición más estable, donde las diatomeas y copépodos dominaban el panorama.

Mundialmente, se reporta la presencia de diatomeas, dinoflagelados, clorófitas, cianófitas y euglenófitas en sistemas estuarinos. Se ha encontrado que la dinámica estructural de la comunidad fitoplanctónica está regida por las épocas climáticas, los cambios de temperatura y salinidad, así como por el aumento del flujo de los ríos y del mar hacia la zona estuarina (Pinckney *et al.*, 1999; Snoeijs, 1999; Cloern *et al.*, 1985; Rice y Ferguson, 1975). Adicionalmente, varios estudios indican una fuerte alteración del plancton,

evidenciada a través de blooms tóxicos. Estos son causados por los aportes excesivos de nutrientes o contaminantes, que llegan al estuario por escorrentía, gracias al uso de las tierras aledañas para fines agrícolas o urbanos, entre otros (Picard y Lair, 2005; Twomey y John, 2001; Gallego *et al.*, 1992).

1.2 ÁREA DE ESTUDIO

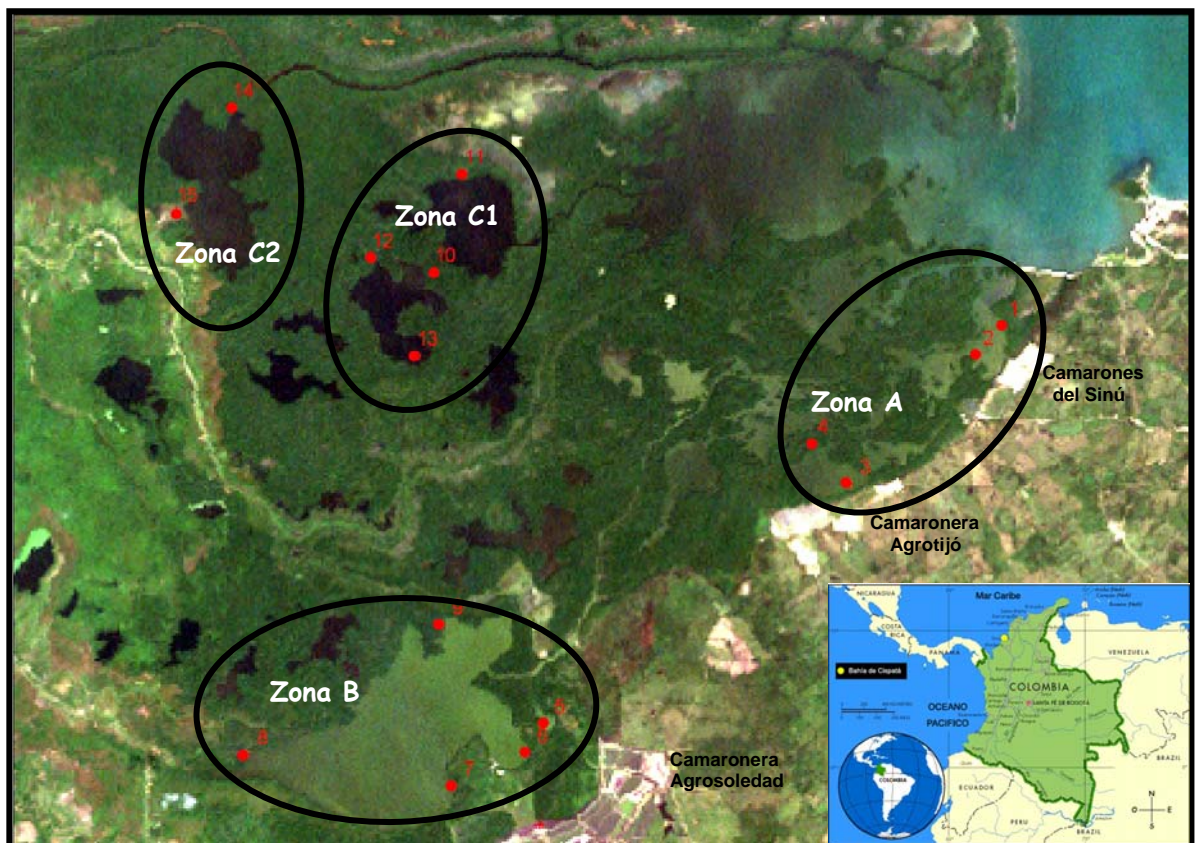


Gráfica 1. Mapa y la ubicación geográfica de Colombia; el círculo amarillo resalta la ubicación de la bahía de Cispatá. Imágen tomada y modificada del Worldbank, 2000.

En el costado sur del Golfo de Morrosquillo, entre los $75^{\circ}45'$ y $75^{\circ}56'$ oriente y el paralelo $9^{\circ}26'$ norte, se encuentra ubicada la bahía de Cispatá (Gráfica 1). Esta área abarca una superficie aproximada de 130 km^2 y se caracteriza por la presencia de un cinturón bien estructurado de mangle, compuesto por *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus*, dominados por *Rhizophora mangle* (Patiño y Floréz, 1993). Adicionalmente, presenta mareas semidiurnas que no superan los 60 cm por lo que hay una constante incidencia por parte del río Sinú. La temperatura promedio es de 29° C ,

con salinidad desde 0 hasta 34 UPS, y una profundidad promedio de dos metros (Viña y Sierra, 1987 En: INVEMAR, 2005; Molina *et al.*, 1994).

Presenta además un régimen climático unimodal: seco (aguas bajas) entre diciembre y marzo o abril y húmedo (aguas altas), de abril a noviembre. No obstante, los meses de abril y diciembre son considerados como meses de transición. La Bahía se encuentra influenciada por los vientos Alisios que afectan el Caribe colombiano, con una mayor incidencia y constancia en la época seca (INVEMAR, 2005).



Gráfica 2. Imagen satelital de la bahía de Cispatá señalando las áreas de muestreo y sus respectivos puntos de evaluación, así como la ubicación de las camaroneras Camarones del Sinú, Agrotijó y Agrosoledad. Los círculos señalan las zonas (A, B, C1 Y C2). Los puntos rojos resaltan la ubicación de las estaciones de muestreo (1-15). Imagen tomada y modificada de Landsat Path 10 Row 53, 2002 y Worldbank, 2000.

Así mismo, exhibe una gran diversidad de formaciones geomorfológicas entre las cuales se encuentran playas, espigas, antiguas barras, planicies aluviales, llanuras costeras, llanuras de mangle, terrazas marinas, colinas y montañas (Molina *et al.*, 1994). Estas

estructuras son bastante frágiles e inestables por la dinámica de la bahía dada por los cambios de clima.

La valoración de los componentes biótico y abiótico, se llevó acabo en 15 puntos seleccionados de acuerdo con las características de afectación antrópica (actividades agroindustriales); dichos puntos fueron geoposicionados y agrupados en cuatro ambientes diferentes: dos con influencia antrópica de tipo industrial y dos zonas patrón caracterizadas por no presentar industrias cercanas (Gráfica 2).

1.2.1 Zona A: Ambiente Estuarino con Influencia Marina e Industrial

La zona A se caracteriza por presentar la influencia más fuerte del sistema marino, y cierto grado de afectación antrópica por la presencia de las camaroneras Camarones del Sinú y Camaronera Agrotijo (Gráfica 2).

Los puntos de muestreo 1 y 2 (Gráfica 3), corresponden a la ciénaga el Espejo y Nisperal, respectivamente. Estas ciénagas se caracterizan por tener una influencia marina dada por su cercanía a la bahía y consecuentemente se observa el efecto de los cambios maréales. A su vez, presentan una afectación directa por la presencia de la industria Camarones del Sinú empresa que se ubica al norte de Caño Lobo, con una extensión de 19 Ha. No obstante, sus vertimientos pasan a una laguna de oxidación y luego salen a las ciénagas (Sánchez *et al.*, 2003; INVEMAR, 2001).



Gráfica 3. Fotografías de la zona A: zona estuarina con influencia marina e industrial. Izquierda: Foto de la ciénaga Espejo (estaciones 1 y 2); derecha: foto de la ciénaga Buena Parte en la bahía de Cispatá. Fotografías tomadas por integrantes del grupo de Limnología UJTL, 2005.

Los puntos de muestreo 3 y 4 (Gráfica 3) corresponden a la ciénaga Buena Parte. Ésta área presenta una marcada influencia marina, la cual le proporciona características marinas. Así mismo, la industria Camaronera Agrotijo ubicada al sur de Caño Lobo con una extensión de 67 Ha, vierte sus descargas directamente a ésta ciénaga (Sánchez *et al.*, 2003; INVEMAR, 2001).

1.2.2 Zona B: Ambiente Estuarino con Influencia de Agua Dulce e Industrial

Zona caracterizada por presentar influencia de agua dulce; este sector se encuentra al sur occidente de Caño Grande, Caño Sicará, Caño Palermo e incluye la ciénaga de Soledad. Adicionalmente, existe la ciénaga La Loma (Gráfica 4), caracterizada por ser un pequeño espejo de agua encerrado por una estructura de mangle bien consolidado (Sánchez *et al.*, 2003; INVEMAR, 2001). Para la caracterización de esta zona se establecieron cinco puntos de muestreo, cuatro en la ciénaga de Soledad (estaciones 6, 7, 8 y 9) y uno (estación 5) en la ciénaga La Loma (Gráfica 2).



Gráfica 4. Fotografías de la zona B: zona estuarina con influencia de agua dulce e industrial. Fotos de la entrada de la ciénaga La Loma (estación 5) en la bahía de Cispatá. Fotografías tomadas por integrantes del grupo de Limnología UJTL, 2005.

La camaronera Agrosoledad es la industria de mayor extensión en este complejo de lagunas (Gráfica 2). Posee un área de 430 ha, de las cuales 274 ha son piscinas para el cultivo de camarón (Gráfica 5). Aproximadamente 260 ha de mangle rodean estas piscinas y son empleadas como biofiltro. Los vertimientos van al sistema estuarino por una serie de canales conformados artificialmente para este fin. Adicionalmente, estas

ciénagas reciben aguas enriquecidas con los desechos del distrito de riego La Doctrina, a través de los caños Cantarillo y Caño Palermo (Sánchez *et al.*, 2003; INVEMAR, 2001). Como resultado la ciénaga de Soledad y la ciénaga La Loma se ven afectadas por los desperdicios orgánicos e inorgánicos de la actividad camaronera y agropecuaria.



Gráfica 5. Fotografías de la Camaronera Agrosoleidad. Izquierda: foto de las piscinas de cultivo de camarón; derecha: foto de las oficinas de Agrosoleidad, a orillas de la ciénaga de Soledad en la bahía de Cispatá. Fotografías tomadas por integrantes del grupo de Limnología UJTL, 2005.

1.2.3 Zona C: Ambiente Estuarino sin Influencia Industrial

El cambio de desembocadura que sufrió el río Sinú, a mitad del siglo pasado, afectó la dinámica y recorrido de los cuerpos de agua que surtían las ciénagas de Navío, El Garzal y Ostional (Gráfica 6). Esto rompió con las características marinas que hasta ese momento las caracterizaban, dando paso a procesos de dulcificación y colmatación, lo que ha ocasionado un cambio en la producción del sector (Sánchez *et al.*, 2003; INVEMAR, 2001).

Las ciénagas mencionadas se ubican en la parte interna del sistema estuarino; las ciénagas de Navío y El Garzal están limitadas por Caño Salado hacia el norte y Caño Palermo al suroriente. Por su parte, la ciénaga Ostional recibe el mayor aporte de agua dulce proveniente del río Sinú a través de Caño Grande (Gráfica 7) (Sánchez *et al.*, 2003; INVEMAR, 2001). Este complejo de tres ciénagas se ha tomado como zona patrón ya que no presenta en su entorno una afectación de tipo industrial (Gráfica 2).



Gráfica 6. Fotografías de la zona C1: zona estuarina sin influencia industrial y aporte de agua marina. Ciénaga El Garzal (estaciones 12 y 13) en la bahía de Cispatá. Fotografías tomadas por integrantes del grupo de Limnología UJTL, 2005.

Para la caracterización de la zona patrón se establecieron seis puntos de muestreo, dos en cada sistema cenagoso. Igualmente, es importante destacar que las ciénagas de Navio y El Garzal presentan características salobres (zona C1: estaciones 10, 11, 12 y 13), mientras que la ciénaga Ostional (zona C2: estaciones 14 y 15) exhibe características de un sistema dulceacuícola. Estos atributos permiten efectuar una comparación con los dos ambientes anteriormente descritos (Gráfica 2).



Gráfica 7. Fotografías de la zona C2: zona estuarina sin influencia industrial y aporte dulceacuícola. Izquierda: Foto de la ciénaga Ostional (estación 14); derecha: foto de Caño Grande (estación 15), el cual desemboca en dicha ciénaga. Fotografías tomadas por integrantes del grupo de Limnología UJTL, 2005.

2 METODOLOGÍA

2.1 FASE PRELIMINAR

2.1.1 Selección de las Estaciones de Muestreo

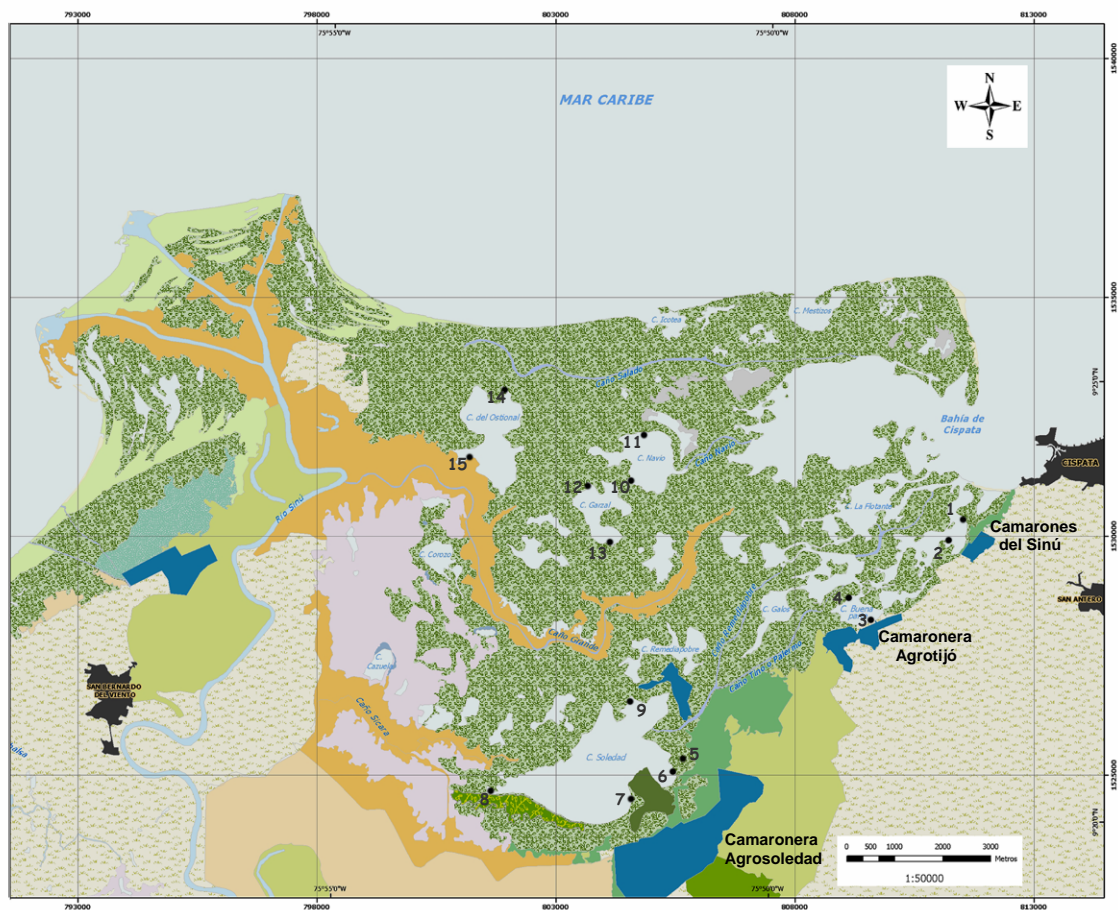
Se eligieron quince estaciones de muestreo en la bahía de Cispatá (entre 75°46'O y 75°56'O y 9°22'N y 9°28'N). Nueve puntos de muestreo (estaciones 1-9) se escogieron según la presencia de actividades industriales (zonas A y B), mientras que los seis restantes (estaciones 10-15) se encuentran retiradas de la influencia antrópica (zonas C1 y C2). Cada punto de muestreo fue geoposicionado en la primera salida con un GPS (Tabla 1; Gráfica 8).

Tabla 1. Listado y nombres de puntos de muestreo en las cuatro (4) zonas evaluadas, con sus respectivas coordenadas dentro de la bahía de Cispatá. Puntos geoposicionados Gráfica 8.

ZONA	EST.	NOMBRE	POSICION	
A	1	Ciénaga Espejo	9° 23' 11.8" N	75° 47' 32.3" O
	2	Ciénaga Nisperal	9° 23' 0.01" N	75° 47' 42.6" O
	3	C. Buena Parte - Frente a Agrotijo	9° 22' 0.68"N	75° 48' 35.3" O
	4	Ciénaga Buena Parte	9° 22' 23" N	75° 48' 50.1" O
B	5	Ciénaga La Loma (Biofiltro)	9° 20' 28.9" N	75° 50' 40" O
	6	C. Soledad - frente Ofic. Agrosoledad	9° 20' 17.2" N	75° 50' 47.4" O
	7	Ciénaga Soledad	9° 20' 03.6" N	75° 51' 17.2" O
	8	Desembocadura Cantarillo	9° 20' 16.5" N	75° 52' 42.3" O
	9	Frente Caño Palermo	9° 21' 09.4" N	75° 51' 22.2" O
C1	10	Ciénaga Navio Sur	9° 23' 32.3" N	75° 51' 25" O
	11	Ciénaga Navio Norte	9° 24' 13" N	75° 51' 13.4" O
	12	Ciénaga el Garzal	9° 23' 38.2" N	75° 51' 51" O
C2	13	Ciénaga el Garzal Sur	9° 22' 58.7" N	75° 51' 32.2" O
	14	Ciénaga del Ostional	9° 24' 39.3" N	75° 52' 48.1" O
	15	C. Ostional - Brazo Caño Grande	9° 23' 56.8" N	75° 53' 10.8" O

2.1.2 Periodicidad del Muestreo

Para la ejecución del proyecto se establecieron cinco salidas de campo en la bahía de Cispatá, discriminadas así: diciembre de 2004, febrero 2005, marzo 2005, abril 2005 y junio 2005. Los meses de diciembre a marzo son considerados como meses secos con influencia de vientos, mientras los meses de abril a noviembre se tomaron como meses húmedos. No obstante, los meses de diciembre y abril se caracterizan como épocas de transición. En cada estación se planeó la toma de muestras bióticas (fitoplancton) y los respectivos parámetros físico-químicos entre las 8:00 am y 4:00 pm, durante cuatro días consecutivos.



Gráfica 8. Mapa de las estaciones de muestreo en la bahía de Cispatá. Los puntos estudiados están numerados del 1 al 15; los nombres y zonas correspondientes aparecen en la Tabla 1. Imagen tomada y modificada de INVEMAR, 2001.

2.2 FASE DE CAMPO

2.2.1 Muestras Abióticas

La caracterización química se efectuó mediante la toma de agua superficial en cada estación. Las muestras se envasaron y se refrigeraron para su posterior análisis en la estación Amaya de investigaciones marinas de la CVS. Se empleó un espectrofotómetro de campo Hach DR-2000 para determinar los nitritos, nitratos, amonio y fosfatos. Para la medición de la alcalinidad, fósforo total, nitrógeno total y sólidos suspendidos totales se empacaron y enviaron las muestras al Laboratorio de aguas Analquim Ltda (Gráfica 9).



Gráfica 9. Fotografía de las muestras de agua superficial. Las muestras están debidamente marcadas y empacadas para ser enviadas al Laboratorio de aguas Analquim Ltda. Fotografías tomadas por integrantes del grupo de Limnología, UJTL, 2005.

Igualmente, se registraron datos físicos y químicos *in situ* como la profundidad total (cm), transparencia secchi (cm), pH, temperatura del agua superficial (°C), oxígeno disuelto (mg O₂/l), saturación de oxígeno (%), conductividad (μS/cm) y salinidad (UPS). La transparencia del agua se midió con un disco secchi de 30 cm de diámetro (Gráfica 10); el pH se determinó con un potenciómetro Schott; la temperatura y el oxígeno disuelto se midieron con un oxímetro Termo Orion; con un conductímetro Termo Orion se cuantificó la conductividad y con un refractómetro ATAGO S-10E se estableció la salinidad.



Gráfica 10. Fotografías de algunos equipos empleados. Izquierda: Refractómetro; centro: toma de la profundidad del disco secchi en campo; derecha: conductímetro. Fotografías tomadas por integrantes del grupo de Limnología UJTL, 2005.

Simultáneamente, se hicieron anotaciones cualitativas de nubosidad, así como de cualquier tipo de fenómeno atmosférico como la presencia de tormentas, lluvias ligeras, vientos fuertes en las diferentes ciénagas en el momento del muestreo (Gráfica 11).



Gráfica 11. Fotografías de eventos climáticos en la bahía de Cispatá. Izquierda: cielo medianamente despejado; derecha: cielo completamente nublado por la lluvia. Fotografías tomadas por integrantes del grupo de Limnología UJTL, 2005.

2.2.2 Muestras Bióticas

Inicialmente, para la toma de las muestras biológicas se efectuó una estandarización del tiempo de arrastre con un flujómetro situado en la boca de la red (Gráfica 12). Esto se llevó a cabo con la intención de prevenir la colmatación en el momento de la toma de las muestras. La cantidad de agua filtrada se calculó, con base en las revoluciones marcadas con el flujómetro, la velocidad de la lancha y las características de la red. Para ello se utilizó la fórmula propuesta por Domínguez (2002):

$$(rev_f - rev_o) \times \text{metros/rev} \times \pi r^2 \times 1000 \text{ L/m}^3$$

Donde:

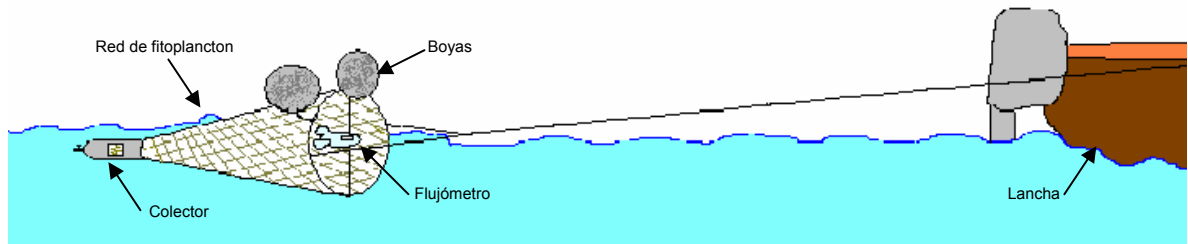
rev_f: número de revoluciones finales

rev_o: número de revoluciones iniciales

metros/rev: la distancia recorrida en una revolución

π: 3,1416

r²: el radio de la boca de la red de fitoplancton elevado al cuadrado



Gráfica 12. Esquema del arrastre superficial con red de fitoplancton. Este esquema muestra la ubicación del flujómetro, las diferentes partes de la red y la parte trasera de la lancha.

La toma de muestras biológicas se efectuó mediante un arrastre lineal superficial, paralelo a la línea de costa, con una red de ojo de malla de 30 μm y 30 cm de diámetro, durante 40 segundos, a una velocidad de 3 nudos. Para este proceso no se colocó el flujómetro en la red. Al finalizar el tiempo se recolectó la muestra en envases de 250 ml y se procedió a fijar los organismos con solución transeau (6 partes de agua, 3 de alcohol 70%, 1 de formol 4%) en proporciones 1:3 con la muestra (Gráfica 13). Los frascos se almacenaron en neveras de icopor y se trasladaron a las instalaciones de la estación Amaya (CVS) y posteriormente al laboratorio de la Universidad Jorge Tadeo Lozano (Santa Marta).



Gráfica 13. Fotografías de la recolección de las muestras biológicas. Izquierda: arrastre superficial de la red de fitoplancton; centro y derecha: recolección de la muestra. Fotografías tomadas por integrantes del grupo de Limnología UJTL, 2005.

Paralelo al arrastre se efectuaron determinaciones de clorofila *a* mediante la filtración en campo de un volumen conocido de agua superficial (aprox. 200 ml). El filtrado se llevó a cabo con una bomba de vacío manual Nalgene, a través de filtros Whatman GF/F de fibra de vidrio con porosidad de 0,75 μm (Gráfica 14). Luego se agregó carbonato de magnesio para detener el proceso de degradación de la clorofila en los filtros. Éstos se guardaron en sobres de papel aluminio y se refrigeraron (4°C) hasta su llegada al Laboratorio de Limnología de la UJTL en Bogotá, donde se congelaron (-20°C) hasta la determinación fluorométrica de la clorofila.



Gráfica 14. Fotografías de la obtención de las muestras de clorofila *a*. Izquierda: filtración de agua empleando la bomba de vacío manual Nalgene; centro: filtro Whatman GF/F luego del filtrado; derecha: almacenamiento del filtro con clorofila *a*. Fotografías tomadas por integrantes del grupo de Limnología UJTL, 2005.

2.3 FASE DE LABORATORIO

2.3.1 Muestras Abióticas

Durante los diferentes muestreos se determinaron las concentraciones de nitrito (mg NO_2/l), nitrato (mg NO_3/l), amonio (mg NH_4/l), y fosfato (mg PO_4/l), los cuales fueron evaluados por integrantes del macroproyecto “Evaluación de los impactos generados sobre la calidad de agua, suelos y recursos hidrobiológicos por la actividad camaronera en el antiguo delta del Río Sinú” según la metodología del manual del espectrofotómetro Hach DR-2000 (1991) (Gráfica 15).



Gráfica 15. Fotografía del espectrofotómetro de campo Hach DR-2000. Izquierda: algunos miembros del Grupo de Limnología empleando el equipo para el análisis de aguas en la estación Amaya; derecha: espectrofotómetro de campo Hach. Fotografías tomadas por integrantes del grupo de Limnología UJTL, 2005.

A su vez, la valoración de los parámetros como alcalinidad, fósforo total, nitrógeno total y sólidos suspendidos totales fueron proporcionados por el laboratorio de aguas Analquim Ltda mediante las técnicas analíticas reportadas en la Tabla 2 siguiendo la metodología de Standard Methods for the examination of water and wastewater. Los datos obtenidos fueron compilados en matrices para su posterior análisis.

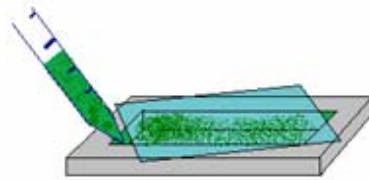
Tabla 2. Listado de técnicas analíticas. Estas técnicas fueron determinadas y empleadas por el laboratorio de aguas Analquim Ltda. para la determinación de la alcalinidad, fósforo y nitrógeno total en muestras de agua de la bahía de Cispatá entre los meses de diciembre 2004 y junio 2005.

Parámetro	Técnica Analítica
Alcalinidad (mg CaCO ₃ /l)	Titulación con H ₂ SO ₄
Fósforo Total (mg P/l)	Digestión con H ₂ SO ₄ , HNO ₃ y clorimetría
Nitrógeno Total (mg N/l)	Titulación y colorimetría
Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)	Gravimetría, secado a 105 °C

2.3.2 Muestras Bióticas

La evaluación de la composición y densidad de la comunidad fitoplanctónica se efectuó en los laboratorios de la UJTL en una placa Sedwick-Rafter (SR) con un mililitro de capacidad (Gráfica 16). No obstante, debido a la concentración de unidades fitoplanctónicas por placa se eligió seguir la metodología sugerida por APHA (1995) y Wetzel y Likens (1991). Por lo tanto, se examinaron alícuotas en un microscopio óptico

(Zeiss) en aumento de 10x, hasta contar 400 individuos o no encontrar taxones nuevos en la totalidad de las alícuotas. De esta manera, se asegura una representatividad del 90% del total de individuos presentes.



Gráfica 16. Montaje de las muestras de fitoplancton. Izquierda: esquema del correcto llenado de la placa SR con muestra de agua; derecha: fotografía del microscopio óptico con una placa SR para realizar el conteo e identificación del fitoplancton. Fotografía tomada por integrantes del grupo de Limnología UJTL, 2005.

Para obtener una aproximación cuantitativa se tuvo en cuenta la abundancia de organismos en 150 campos elegidos al azar. Ésta metodología se llevó a cabo en muestras donde se evidenciaron más de diez individuos en el área del objetivo de diez aumentos (10x). Así mismo, al encontrar menos de diez individuos por campo visual se recorrieron cinco filas elegidas al azar. En ambos casos se detuvo el conteo al obtener 100 individuos del taxón más abundante por alícuota. Para calcular la densidad de cada especie por litro se empleó la siguiente fórmula (APHA, 1995):

$$\text{Unidades/l} = \text{No. Indiv. Contados} \times \frac{\text{No. Campos totales} \times 1 \times \text{Vol. recolectado (ml)} \times \text{factor de dilución}}{\text{No. Campos contados} \times \text{Vol. Placa (ml)} \times \text{Vol. total filtrado (l)}}$$

Igualmente, es importante resaltar que el método para cuantificar fitoplancton en placa SR no permite emplear aumentos mayores a 20x, por lo cual los organismos con tamaños menores a 20 μm (nanoplancton) no se tuvieron en cuenta.

Posteriormente, para la correcta identificación de los individuos diferenciados se tomaron fotografías digitales (cámara digital Olympus C-7000) de las especies más abundantes. Conjuntamente, se dibujaron a mano alzada con mayor detalle empleando un microscopio invertido Olympus CK2 con cámara de dibujo lateral (Gráfica 17). Adicionalmente, se tomaron fotos con un microscopio de fase de contraste (Leica) para resaltar los detalles de las diatomeas y dinoflagelados.

Además, se realizó una digestión de las muestras que contenían diatomeas y dinoflagelados para una mayor diferenciación de las estructuras valvares y las placas. En el primer caso se emplearon los siguientes reactivos: ácido sulfúrico concentrado (1:1 de muestra), permanganato de potasio (hasta colorear la muestra), y ácido oxálico (hasta aclarar); finalmente, se enjuagó con agua destilada y se centrifugó (Hsle y Fyrxell, 1970; Margalef, 1983). Por su parte, los dinoflagelados se separaron en portaobjetos y se taparon con cubreobjetos para luego añadir unas gotas de hipoclorito. Simultáneamente, se observó la separación de las placas en el microscopio para distinguir su disposición (Vidal, 2005)¹.

Las demás especies se observaron en aumentos de 40x y 100x, y se ubicaron taxonómicamente con la ayuda de las siguientes claves: Berard-Therriault *et al.* (1999), Tomas (1997), Moreno *et al.* (1996), Vidal (1995), Kramer y Lange-Bertalot (1991), Popvsky y Pfister (1990), Round *et al.* (1990), Balech (1988), Ettl y Gartner (1988), González (1988), Rines y Hargraves (1988), Calderón (1986), Tell y Conforti (1986), Parra *et al.* (1982), Prescott *et al.* (1982), Pesantes (1978), Vidal y Carbonell (1977), Yacubson (1972), Bicudo y Bicudo (1970), Gerloff y Cholnoky (1970), Whitford y Shumacher (1969), Newell y Newell (1963), Edmondson (1959), Huber-Pestalozzi (1950,1955), Cupp (1943) y Guitler (1932).



Gráfica 17. Fotografía del microscopio invertido con cámara de dibujo lateral. Fotografía tomada por integrantes del grupo de Limnología UJTL, 2006.

Igualmente, en el Laboratorio de Limnología de la Universidad Jorge Tadeo Lozano en Bogotá se midió la concentración de clorofila a por el método de fluorométrico según Arar

¹ VIDAL, Luis Alfonso. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Profesor de Cátedra.

y Collins (1997). Para este proceso se tomaron los filtros previamente congelados y se maceraron con 3 ml de acetona hasta obtener un papilla blanca, momento en el cual se envasó en un tubo de centrifuga. El mortero se lavó con 5 ml de acetona al 90% y se vertió en el mismo tubo de ensayo, donde se completó el volumen a 10 ml (Gráfica 18).



Gráfica 18. Fotografías del proceso de extracción de clorofila a. Izquierda: proceso de macerado de los filtros de clorofila a con acetona; derecha: tubos de centrifuga oscurecidos con el macerado. Fotografías tomadas por integrantes del grupo de Limnología UJTL, 2006.

Posteriormente, se colocaron las muestras en la nevera (4°C) por tres horas y se agitaron durante este período. Culminadas las tres horas los tubos se centrifugaron durante 5 minutos. El sobrenadante se trasladó a otro tubo con tapa oscurecido y el extracto se leyó en un fluorómetro Turner Designs 10-AU (Gráfica 19). Para calcular la cantidad de clorofila a (Chl a) se empleó la siguiente fórmula (Arar y Collins, 1997):

$$\text{Chl a } (\mu\text{g/l}) = \frac{\text{Lectura Fluorómetro} \times \text{Vol. Extracto} \times \text{Factor de Dilución}}{\text{Vol. Muestra (L)}}$$



Gráfica 19. Fotografías de la medición de clorofila a por fluorimetría. Izquierda: llenado de la celda con el extracto; derecha: fluorómetro Turner Designs 10-AU. Fotografías tomadas por integrantes del grupo de Limnología UJTL, 2006.

2.4 FASE DE GABINETE

2.4.1 Análisis Abiótico

Las variables físico-químicas de profundidad del disco secchi, pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad, salinidad, sólidos suspendido totales, nitritos, nitratos, amonio, fosfato y alcalinidad han sido registradas por diferentes autores como las que más influyen en la dinámica de la comunidad fitoplanctónica (Nybakken y Bertness, 2005; Twomey y John, 2001; Pinckney *et al.*, 1999; Snoeijs, 1999; Sze, 1998; Round *et al.*, 1990; Zhong, 1989; Margalef, 1983; Welch, 1952). Por esta razón, se tomó este mismo conjunto de variables para realizar la interpretación del medio fisicoquímico en el cual se desarrollan las algas planctónicas de la bahía de Cispatá.

Los promedios de las variables mencionadas anteriormente se graficaron con el programa Microsoft Office Excel 2003, para cada zona en los distintos meses. Suplementariamente, se graficaron la relación de nitrógeno y fósforo totales y la relación entre el nitrógeno y el fósforo inorgánico para cada zona entre los meses de diciembre 2004 y junio 2005.

2.4.1.1 Análisis de Componentes Principales (PCA) Se calculó el coeficiente de varianza ($CV = \text{desviación estándar} / \text{promedio}$) de los siguientes parámetros: profundidad del disco secchi, pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad, salinidad, sólidos suspendido totales, nitritos, nitratos, amonio, fosfato y alcalinidad. Las variables que presentaron un CV mayor al 50% se tuvieron en cuenta para la realización del análisis de componentes principales (PCA) (Mc Garigal *et al.*, 2000). Por lo tanto, sólo se emplearon seis factores abióticos, ya que brindan una mejor explicación del comportamiento de las ciénagas, y subsecuentemente de la comunidad fitoplanctónica. Las seis variables seleccionadas para el análisis fueron: profundidad del disco secchi, conductividad, nitritos, nitratos, amonio y fosfato. Además, se les realizó una transformación logarítmica ($x+1$) para normalizarlas y se estandarizaron para su posterior comparación (Clarke y Warwick, 2001). A partir de la gráfica del PCA se realizó un biplot con el programa estadístico PAST para conocer el efecto de los seis parámetros seleccionados en la caracterización de las estaciones muestreadas a lo largo de los meses de diciembre 2004 y junio 2005.

2.4.1.2 Estado Trófico de las Ciénagas Se aplicaron los índices de estado trófico de Carlson (IET) con el fin de conocer el estado de las diferentes ciénagas en el transcurso de los meses. Las fórmulas empleadas requieren los valores de profundidad del disco Secchi (metros), la concentración de clorofila a ($\mu\text{g/l}$), la cantidad de fósforo total ($\mu\text{g/l}$) y la concentración de fósforo como ortofosfato ($\mu\text{g/l}$):

$$\text{IET (PS)} = 10 \times [6 - (0,64 + \ln(\text{PS}))/\ln 2]$$

$$\text{IET (chl a)} = 10 \times [6 - (2,04 - 0,695 \times \ln(\text{chl a}))/\ln 2]$$

$$\text{IET (FT)} = 10 \times [6 - (\ln(80,32/\text{FT}))/\ln 2]$$

$$\text{IET (P.PO}_4^{-3}) = 10 \times [6 - (\ln(21,67/\text{P.PO}_4^{-3}))/\ln 2]$$

$$\overline{\text{IET}} = \frac{\text{IET(PS)} + 2[\text{IET}(\text{P.PO}_4^{-3}) + \text{IET (FT)} + \text{IET (chl a)}]}{7}$$

Donde:

IET: índice de estado trófico de Carlson

PS: profundidad de Secchi

Chl a: clorofila a

FT: fósforo total

P.PO₄⁻³: fósforo como ortofosfato

$\overline{\text{IET}}$: índice promedio ponderado de estado trófico de Carlson

Si el valor de IET es mayor a 44 el ecosistema es oligotrófico, si se encuentra entre 44 y 54 es mesotrófico, y si es superior a 54 el cuerpo de agua es eutrófico. No obstante, este índice no define por completo al sistema, sino que da una aproximación a las características del cuerpo de agua (Carlson, 1977 En: Ramírez, 2000).

2.4.2 Análisis Biótico

Para la descripción de las densidades y el número de especies presentes en cada estación pertenecientes a las distintas divisiones, se elaboraron Gráficas de diferente tipo con el programa Microsoft Office Excel 2003. Las abundancias se expresaron como densidades relativas de cada especie en las ciénagas según los diferentes meses muestreados.

2.4.2.1 Índices Ecológicos Para conocer la dinámica de la comunidad fitoplanctónica se calcularon los índices ecológicos de diversidad (Shannon-Weaver), equitabilidad (Pielou), predominio (Simpson) y riqueza (Margalef), para cada zona con la totalidad de especies encontradas, empleando las siguientes fórmulas:

Diversidad observada de Shannon:

$$H' = - \sum (n / N) * (\text{Log}_2(n/N))$$

Índice de equitabilidad de Pielou:

$$J' = H' / \text{Log } N$$

Índice de dominancia de Simpson:

$$\lambda' = \sum (n * (n-1)) / (N * (N-1))$$

Índice de riqueza de Margalef:

$$d = (S-1) / \text{Log } N$$

La diversidad se graficó contra el número de especies para observar los diferentes patrones temporales de ésta variable en las ciénagas.

2.4.2.2 Análisis ANOSIM, Ordenación y Clasificación Para estos análisis fue necesario depurar la matriz biológica debido al gran número de especies en relación al número de muestras. Consecuentemente, se eligieron las especies que aparecieron en 15% de todas las muestras con la aplicación estadística de percentiles (Freund y Simón, 1994) en el programa Microsoft Office Excel 2003, de esta manera, se descartaron las especies raras. Sin embargo, se quiso confirmar que las 79 especies seleccionadas (las dominantes) sí fueran las que caracterizaron la variación de la comunidad fitoplanctónica en la zona estuarina. Para ello, se realizaron las mismas pruebas estadísticas (nMDS y dendrogramas) con 272 especies que aparecieron en un 5% del total de 75 muestras (percentil 95%). Esta prueba permitió obtener los mismos resultados del análisis con 79 especies, lo que significa que sólo unos cuantos taxones (los dominantes) determinan el comportamiento de la comunidad fitoplanctónica del estuario, mientras la mayoría de ellas son especies raras que aportan poco a la explicación de la estructura comunitaria.

Se realizó el análisis de similaridad ANOSIM de una vía con el fin de establecer las diferencias biológicas en las cuatro zonas (A, B, C1, C2), de acuerdo a los criterios de selección establecidos. Para rectificar la semejanza entre los ambientes estuarino diferenciado inicialmente (zonas A, B, C), se hizo la prueba no paramétrica de escalamiento multidimensional (nMDS) con el índice de similaridad de Bray-Curtis. Además, se realizaron nMDS y dendrogramas para cada zona. Todas las pruebas se realizaron con el programa Primer 5.

2.4.2.3 Análisis SIMPER Para conocer las especies que generaron la diferenciación y agrupación entre los ambientes estuarinos (zonas A, B, C1 y C2) se llevó a cabo la prueba estadística SIMPER, con la similaridad de Bray-Curtis (Clarke y Warwick, 2001). Esta prueba se realizó también con el programa estadístico Primer 5 para cada zona en los distintos meses. A partir de las especies caracterizadas para cada zona se realizaron fichas técnicas teniendo en cuenta la ubicación taxonómica de cada especie, sus características morfológicas, su importancia ecológica y la distribución geográfica en la bahía de Cispatá.

2.4.2.4 Estado trófico de las Ciénagas Nygaard (En: Ramírez, 2000) propuso que a partir de la composición del fitoplancton se podía calcular el estado trófico de los distintos cuerpos de agua. Para ello Nygaard (1949) creó unos cocientes según la relación entre las especies dominantes y las accidentales. Elaboró los siguientes índices: índice cianofíceo, índice de diatomeas, índice de euglenófitas y el índice compuesto (Ramírez, 2000). Estos índices se diseñaron para sistemas dulces, sin embargo los ambientes estuarinos no siempre presentan ejemplares de las divisiones Euglenophyta y Chlorophyta por esta razón, en éste estudio sólo se calcularon los índices de cianófitas y diatomeas mediante la aplicación de las siguientes fórmulas:

$$\text{Índice cianofíceo (IC)} = \frac{\text{Número de taxones de Cyanophyceae}}{\text{Número de taxones de Desmidiaceae}}$$

$$\text{Índice de diatomeas (ID)} = \frac{\text{Número de taxones de diatomeas centrales}}{\text{Número de taxones de diatomeas penales}}$$

El índice de cianofíceas se empleó en las zonas con influencia dulceacuícola (zonas B y C2), mientras el índice de diatomeas se calculó para los ambientes estuarinos con influencia marina (zonas A y C1). En los índices anteriores valores menores a uno son propios de sistemas oligotróficos, mientras que valores mayores a uno son característicos de sistemas eutroficados (Ramírez, 2000). Los cuerpos de agua con índices iguales a uno se consideran como mesotróficos.

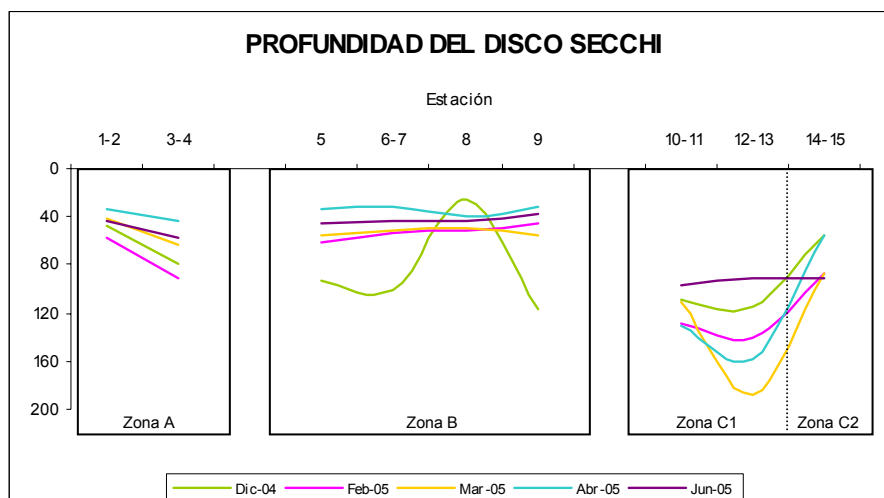
3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 COMPONENTE ABIÓTICO

3.1.1 Profundidad del Disco Secchi

La transparencia de la columna de agua es importante en el desarrollo de la comunidad fitoplanctónica porque indica la cantidad de luz disponible para las funciones metabólicas de las microalgas. En este estudio se encontró que la transparencia del agua fue en promedio 60% de la profundidad total. Se presentaron valores entre 25 y 191 cm para los cinco muestreos. Las mayores visibilidades se obtuvieron para los meses secos o período de aguas bajas (diciembre, febrero y marzo). La zona C fue la que presentó más transparencia, especialmente en las estaciones 12 y 13 de la ciénaga Garzal con un promedio de 138 cm (Gráfica 20). Así mismo, las estaciones 1 y 2 (ciénagas Espejo y Nisperal) de la zona A fueron las que exhibieron menores transparencias (promedio: 45 cm). La zona B tuvo visibilidades entre 25 y 117 cm; las menores profundidades se dieron en abril para todas las estaciones de este ambiente.

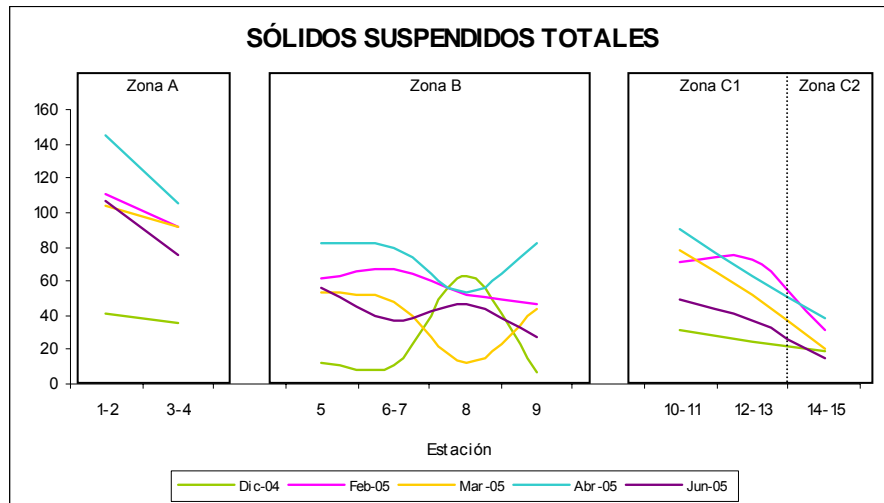
Adicionalmente, las estaciones de la zona A (1-4) se caracterizaron por presentar la menor profundidad ($90,61 \pm 19,18$ cm); la zona B (estaciones 5-9) tuvo profundidades entre 83,31 y 154,92 cm; la zona C (estaciones 10-15) presentó un máximo de profundidad de 2 metros. Es así como todas las ciénagas estudiadas se consideran como masas de agua someras (50 - 219 cm) con una buena penetración de luz en especial para los meses de diciembre a marzo.



Gráfica 20. Profundidad del disco secchi (centímetros) en las distintas ciénagas para los meses de diciembre 2004, febrero, marzo, abril y junio 2005. Zona A) estaciones 1-2: ciénaga Espejo y Nisperal; estaciones 3-4: ciénaga Buena Parte. Zona B) estación 5: ciénaga La Loma; estaciones 6-7: ciénaga de Soledad; estación 8: desembocadura de Cantarillo; estación 9: frente a Caño Palermo. Zona C1) estaciones 10 y 11: ciénaga Navío; estaciones 12 y 13: ciénaga El Garzal. Zona C2) estaciones 14 y 15: ciénaga de Ostional.

3.1.2 Sólidos Suspendidos Totales

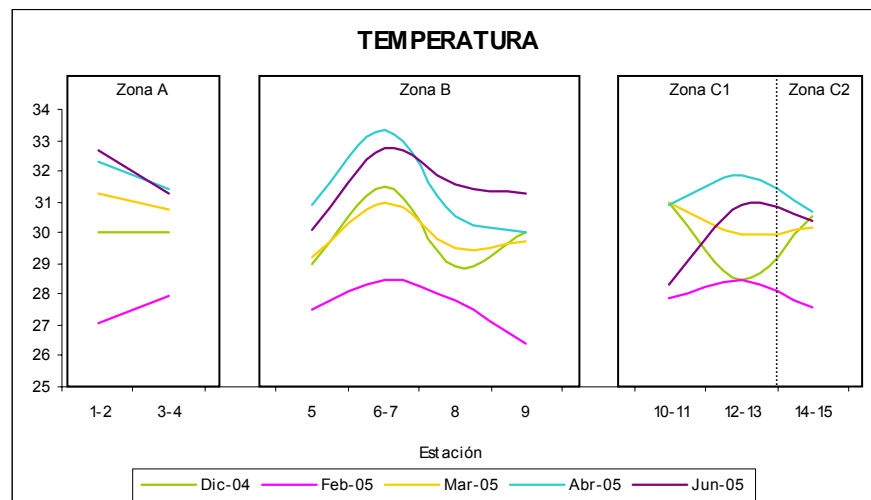
En el agua se encuentran numerosas partículas denominadas sólidos totales; éstas pueden estar disueltas o suspendidas en el medio. Las primeras se conocen como sólidos disueltos totales (SDT) de tamaños menores a $1,2 \mu\text{m}$, y las segundas son los sólidos suspendidos totales (SST) o materia mayor o igual a $1,2 \mu\text{m}$ (Ramírez y Viña, 1998). Estas partículas pueden llegar a las ciénagas en el mes de transición entre aguas bajas y altas (abril), donde se inundan las tierras elevadas y ocurre el lavado del suelo, lo cual extrae sustancias y partículas finas que aumentan el contenido de SST en la columna de agua (INVEMAR, 2005). Así mismo, el mar presenta mayor densidad de SST (Picard y Lair, 2005), por lo cual se observó una mayor cantidad promedio de SST en la zona A (90,65 mg/l), mientras las otras dos zonas tuvieron un promedio de 48 mg/l. El promedio más bajo de SST durante todo el estudio ocurrió en las estaciones 14 y 15 (zona C2: ciénaga Ostional) con 24,7 mg/l, seguramente por estar localizadas en la ciénaga más dulce. No obstante, las variaciones en el caudal de Caño Palermo y Cantarillo cerca de las estaciones 8 y 9 (zona B) afectan el aporte de sólidos suspendidos (Gráfica 21).



Gráfica 21. Sólidos Suspendidos Totales (mg/l) en las distintas ciénagas para los meses de diciembre 2004, febrero 2005, marzo 2005, abril 2005 y junio 2005. Zona A) estaciones 1-2: ciénaga Espejo y Nisperal; estaciones 3-4: ciénaga Buena Parte. Zona B) estación 5: ciénaga La Loma; estaciones 6-7: ciénaga de Soledad; estación 8: desembocadura de Cantarillo; estación 9: frente a Caño Palermo. Zona C1) estaciones 10 y 11: ciénaga Navío; estaciones 12 y 13: ciénaga El Garzal. Zona C2) estaciones 14 y 15: ciénaga de Ostional.

3.1.3 Temperatura

En los estuarios los rangos de temperatura son muy amplios en parte por la mayor cantidad de agua y por la gran área superficial, lo cual hace que las ciénagas se calienten y enfríen rápidamente (Nybakken y Bertness, 2005). No obstante, ésta es una de las variables más estables ($CV = 5,56\%$) cuantificadas en la zona estuarina de la bahía de Cispatá. El rango de temperatura encontrado en este estudio estuvo entre 26 y 34 °C. Estos valores fueron semejantes a lo registrado por INVEMAR (2005) y Moreno (1988) en la misma bahía, y por Gocke *et al.* (2003), Ruiz (1999), y Ramírez y Viña (1998) para la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM).



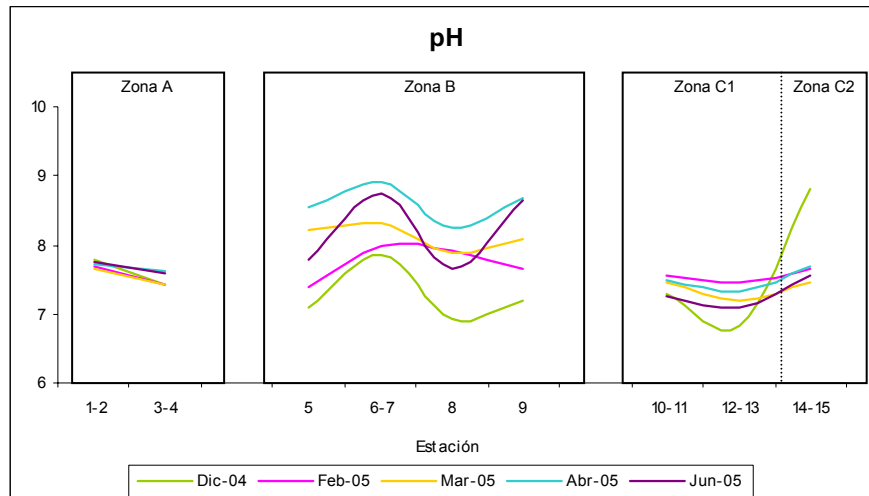
Gráfica 23. Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en las distintas ciénagas para los meses de diciembre 2004, febrero 2005, marzo 2005, abril 2005 y junio 2005. Zona A) estaciones 1-2: ciénaga Espejo y Nisperal; estaciones 3-4: ciénaga Buena Parte. Zona B) estación 5: ciénaga La Loma; estaciones 6-7: ciénaga de Soledad; estación 8: desembocadura de Cantarillo; estación 9: frente a Caño Palermo. Zona C1) estaciones 10 y 11: ciénaga Navío; estaciones 12 y 13: ciénaga El Garzal. Zona C2) estaciones 14 y 15: ciénaga de Ostional.

Entre los meses de abril y junio (época húmeda) la temperatura promedio osciló entre $30,5^{\circ}\text{C}$ y 32°C , mientras que en los demás meses el promedio fue de $29,4^{\circ}\text{C}$. Además, se encontró que las menores temperaturas se presentaron en febrero ($26,1^{\circ}\text{C}$) en la totalidad de las estaciones. Ésta disminución para los meses de vientos también fue registrada por Ruiz (1999) para la CGSM. Las estaciones de la zona B presentaron mayores temperaturas en los sitios 6 y 7 (ciénaga Soledad), mientras que las estaciones 5, 8 y 9 (La Loma, desembocadura de Caño Palermo y frente a Cantarillo) tuvieron menores temperaturas a lo largo del estudio, en parte por la entrada de aguas más frías provenientes de los caños (Nybakken y Bertness, 2005) (Gráfica 23).

3.1.4 pH

El pH es un parámetro químico afectado por los procesos de fotosíntesis ya que éstos remueven dióxido de carbono del medio, lo cual aumenta el valor de pH del agua (Ramírez y Viña, 1998). Es así como el pH indica las proporciones entre las distintas formas de carbono inorgánico que las algas tienen a su disposición (Margalef, 1986). El valor de pH en este estudio fue bastante estable y osciló entre 6,75 y 8,92. Se observó que las estaciones de la ciénaga Soledad en promedio fueron las de mayor pH y mayores

fluctuaciones (Gráfica 24). Sin embargo, el intervalo de pH obtenido se encuentra dentro de la condición registrada por el INVEMAR (2005) y los valores esperados en aguas dulces (6,5 – 8,7) y marinas (8 - 8,3) (Margalef, 1986).

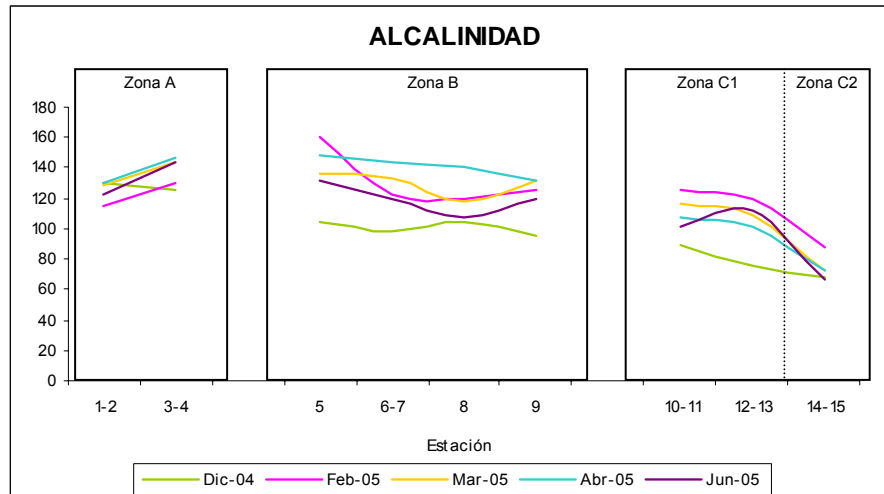


Gráfica 24. pH en las distintas ciénagas para los meses de diciembre 2004, febrero 2005, marzo 2005, abril 2005 y junio 2005. Zona A) estaciones 1-2: ciénaga Espejo y Nisperal; estaciones 3-4: ciénaga Buena Parte. Zona B) estación 5: ciénaga La Loma; estaciones 6-7: ciénaga de Soledad; estación 8: desembocadura de Cantarillo; estación 9: frente a Caño Palermo. Zona C1) estaciones 10 y 11: ciénaga Navío; estaciones 12 y 13: ciénaga El Garzal. Zona C2) estaciones 14 y 15: ciénaga de Ostional.

3.1.5 Alcalinidad

La alcalinidad mide la capacidad del agua para aceptar hidrogeniones, lo cual se observa a través de la cantidad de iones bicarbonato, carbonato e hidroxilo presentes en la columna de agua (Ramírez y Viña, 1998). En este estudio los valores de alcalinidad para las distintas ciénagas estuvieron dentro de los 64 y 160 mg CaCO_3/l . Las menores alcalinidades se dieron en la zona C (estaciones 10-15), en especial en las estaciones 14 y 15 (ciénaga Ostional), mientras que las localidades marinas (zona A: estaciones 1-4) presentaron los máximos valores (Gráfica 25). Este comportamiento se debe al mayor contenido de iones de cloro que contribuyen al aumento de la alcalinidad en condiciones marinas, mientras que en aguas dulces está más ligada a los iones de calcio (Margalef, 1986). No obstante, esta variable, al igual que la temperatura, fue una de las más estables con un porcentaje de variación del 20,63%. Esto indica posiblemente que este

parámetro no tiene una influencia marcada sobre la comunidad fitoplanctónica en las ciénagas de la bahía de Cispatá, dada su estabilidad.

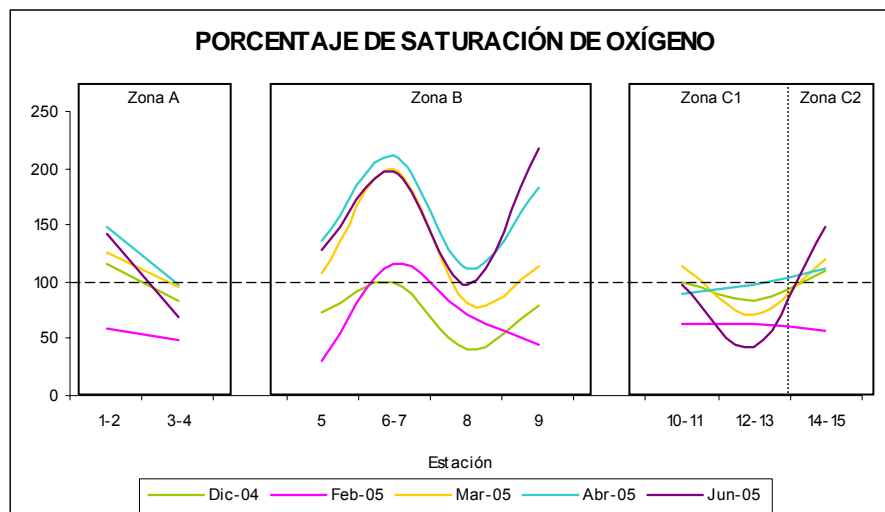


Gráfica 25. Alcalinidad (mg CaCO_3/l) en las ciénagas para los meses de diciembre 2004, febrero 2005, marzo 2005, abril 2005 y junio 2005. Zona A) estaciones 1-2: ciénaga Espejo y Nisperal; estaciones 3-4: ciénaga Buena Parte. Zona B) estación 5: ciénaga La Loma; estaciones 6-7: ciénaga de Soledad; estación 8: desembocadura de Cantarillo; estación 9: frente a Caño Palermo. Zona C1) estaciones 10 y 11: ciénaga Navío; estaciones 12 y 13: ciénaga El Garzal. Zona C2) estaciones 14 y 15: ciénaga de Ostional.

3.1.6 Porcentaje de Saturación de Oxígeno Disuelto

La concentración de oxígeno disuelto (OD) en el agua está influenciada por la temperatura, la presión y la turbidez, así como por la actividad de organismos que llevan a cabo procesos de respiración y fotosíntesis (Nybakken y Bertness, 2005; Ramírez y Viña, 1998; Ruttner, 1953). En estas ciénagas el oxígeno disuelto durante todo el estudio varió de 1,9 a 19,5 mg O_2/l , con promedio de 5,17 mg O_2/l para diciembre y febrero, y de 9,16 mg O_2/l entre marzo y junio. Conjuntamente, se presentaron sobresaturaciones de oxígeno disuelto en las zonas A y B para los meses de marzo, abril y junio de 2005; mientras que los menores valores de saturación ocurrieron entre diciembre 2004 y febrero 2005 (Gráfica 26). Es relevante resaltar que los valores de sobresaturación de OD pueden indicar procesos de eutrofización biológica, causado por las elevadas concentraciones de fitoplancton (Margalef, 1995). Por lo anterior, se puede inferir que los organismos fotosintetizadores, como el fitoplancton y algunas bacterias, son una de las fuentes principales de producción de este gas en las ciénagas. Así mismo, la clorofila *a* presentó

un comportamiento espacial similar, lo cual permite inferir que los niveles de OD dependen de la comunidad biológica más que de los factores ambientales. Igualmente, los procesos metabólicos de las macrófitas y el mangle contribuyen al suministro de OD en las ciénagas. Es así como la saturación de oxígeno no parece presentar una relación directa con la presencia de los vientos Alisios, la cual es una de las fuentes más importantes en el suministro de OD en medios acuáticos ya que permite el intercambio de oxígeno en la interfase agua aire (Ramírez y Viña, 1998).



Gráfica 26. Porcentaje de Oxígeno Disuelto en las distintas ciénagas para los meses de diciembre 2004, febrero 2005, marzo 2005, abril 2005 y junio 2005. Zona A) estaciones 1-2: ciénaga Espejo y Nisperal; estaciones 3-4: ciénaga Buena Parte. Zona B) estación 5: ciénaga La Loma; estaciones 6-7: ciénaga de Soledad; estación 8: desembocadura de Cantarillo; estación 9: frente a Caño Palermo. Zona C1) estaciones 10 y 11: ciénaga Navío; estaciones 12 y 13: ciénaga El Garzal. Zona C2) estaciones 14 y 15: ciénaga de Ostional.

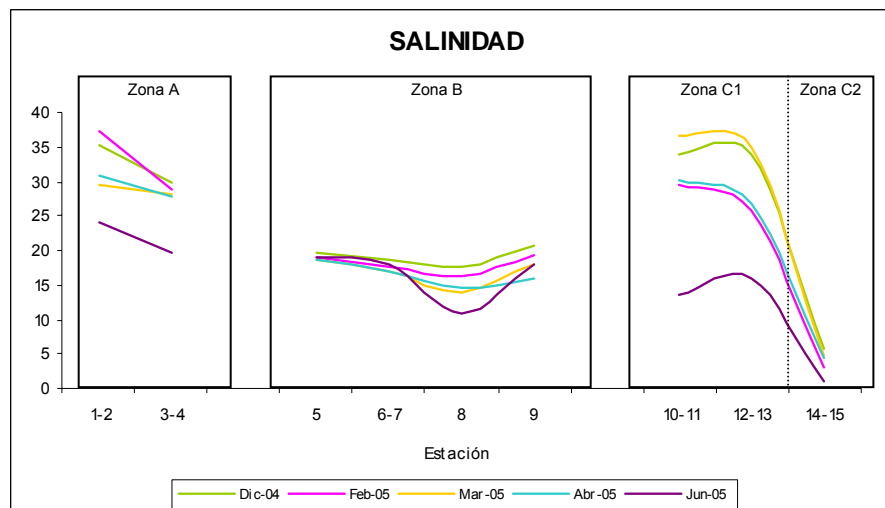
3.1.7 Salinidad

La salinidad es un parámetro indispensable en el estudio de los estuarios y el fitoplancton (Rice y Ferguson, 1975), ya que estos ecosistemas se encuentran fuertemente estratificados según las unidades prácticas de salinidad (UPS). En la bahía de Cispatá se observó que las estaciones de la zona A fueron las de mayores salinidades (25,5 y 31,5 UPS), seguidas por las de la zona B (16,72 y 17,95 UPS). Por el contrario, la zona C presentó valores promedios de 23 UPS en época seca y 15,3 UPS con la influencia de lluvias. Es así como, los niveles de salinidad encontrados en este estudio reflejan un

comportamiento típico de sistemas estuarinos, ya que en las áreas con mayor influencia marina las salinidades oscilan entre 33 y 37 UPS, mientras que en los cuerpos de agua dulces la salinidad puede ser igual a 0 UPS (Nybakken y Bertness, 2005).

Usualmente, la salinidad varía no solo por la entrada de ríos o por la cercanía al mar, sino también por la época del año y las fluctuaciones en la evaporación, entre otras (Nybakken y Bertness, 2005). En este respecto, la menor salinidad de la estación 8 sugiere que hay un mayor aporte de agua dulce en esta área gracias a la entrada de las aguas de Caño Cantarillo a la ciénaga de Soledad, lo cual puede afectar la composición planctónica de esta localidad. Igualmente, la baja salinidad de la ciénaga Ostional (estaciones 14 y 15) demuestra la fuerte influencia que tiene la entrada de agua dulce proveniente del río Sinú, en ésta parte del estuario lo cual proporciona condiciones propias de masas de agua dulces. Simultáneamente, se observó una disminución de este parámetro hacia los meses húmedos (abril y junio) pasando de 24 UPS en diciembre a 15 UPS para junio (Gráfica 27). Esto señala un cambio climático evidente a través de la cantidad de sales disueltas en el agua, lo cual concuerda con la época de transición entre aguas bajas y aguas altas como lo sugiere INVEMAR (2005). Las localidades de Navío y El Garzal (estaciones 10-11 y 12-13) demostraron mayores salinidades especialmente en diciembre de 2004 y marzo de 2005, con un máximo de 37,9 UPS. Estos meses hacen parte de la época seca o de aguas bajas, por lo cual se deduce la presencia de una mayor influencia marina en estas ciénagas para estos meses.

No obstante, a pesar de evidenciar una diferenciación espacial y temporal en cuanto a la salinidad, este parámetro presentó un coeficiente de variación del 46,15%, por lo cual no se incluyó en el análisis de componentes principales.

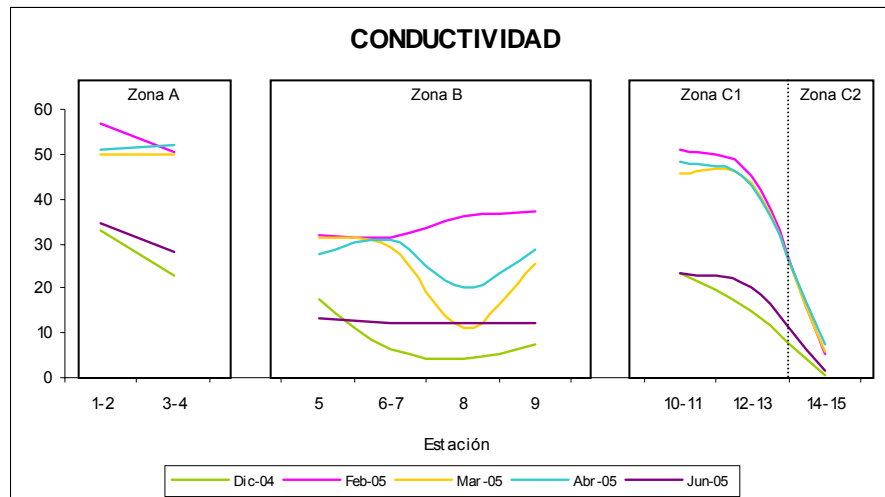


Gráfica 27. Salinidad (UPS) en las distintas ciénagas para los meses de diciembre 2004, febrero 2005, marzo 2005, abril 2005 y junio 2005. Zona A) estaciones 1-2: ciénaga Espejo y Nisperal; estaciones 3-4: ciénaga Buena Parte. Zona B) estación 5: ciénaga La Loma; estaciones 6-7: ciénaga de Soledad; estación 8: desembocadura de Cantarillo; estación 9: frente a Caño Palermo. Zona C1) estaciones 10 y 11: ciénaga Navío; estaciones 12 y 13: ciénaga El Garzal. Zona C2) estaciones 14 y 15: ciénaga de Ostional.

3.1.8 Conductividad

La conductividad está directamente ligada a la salinidad puesto que mide la cantidad de sales disueltas en el ecosistema de manera indirecta (Ramírez y Viña, 1998). El valor de varianza de este parámetro fue mayor al 50%, lo que permitió incluirlo en el análisis de componentes principales. Se encontraron valores de conductividad entre 0,46 y 57,88 $\mu\text{S}/\text{cm}$, los cuales aumentaron en los meses de febrero, marzo y abril, y disminuyeron en diciembre y junio (Gráfica 28). Esto se debe, al menos en parte, a que estos meses son la transición entre la época húmeda y la seca, con presencia de lluvias, especialmente en junio. Los valores reportados entre 2000 y 2004 para el área estuarina de la bahía de Cispatá también oscilan en este espectro, como lo registra el INVEMAR (2005).

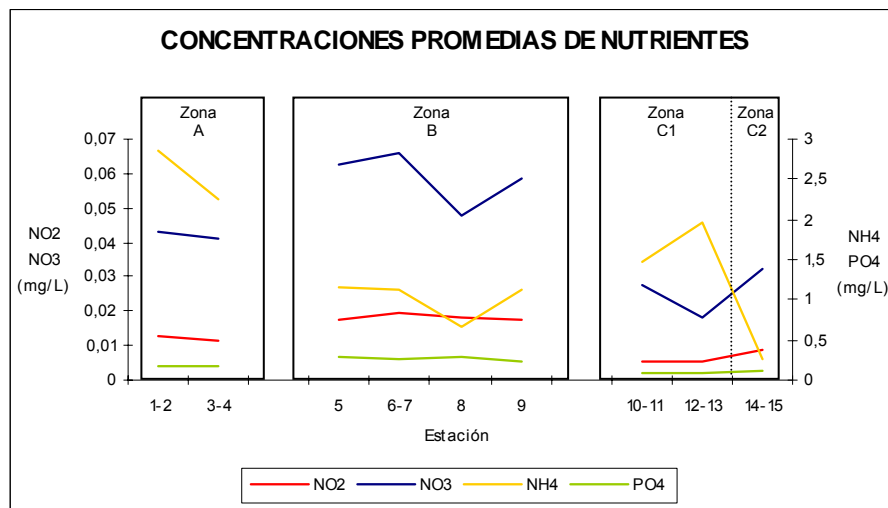
Nuevamente, los valores de la estación 8 muestran un comportamiento diferente al del resto de la ciénaga Soledad, lo cual confirma la marcada influencia de las aguas dulces provenientes de Cantarillo que recorren el distrito de riego La Doctrina, así como por estar relacionados con los caños de recambio de la camaronera Agrosoledad. En contraposición, las zonas A y C1 (Gráfica 28) mantienen conductividades mayores a lo largo del estudio, por presentar una relación más íntima con el mar.



Gráfica 28. Conductividad (mS/l) en las distintas ciénagas para los meses de diciembre 2004, febrero 2005, marzo 2005, abril 2005 y junio 2005. Zona A) estaciones 1-2: ciénaga Espejo y Nisperal; estaciones 3-4: ciénaga Buena Parte. Zona B) estación 5: ciénaga La Loma; estaciones 6-7: ciénaga de Soledad; estación 8: desembocadura de Cantarillo; estación 9: frente a Caño Palermo. Zona C1) estaciones 10 y 11: ciénaga Navío; estaciones 12 y 13: ciénaga El Garzal. Zona C2) estaciones 14 y 15: ciénaga de Ostional.

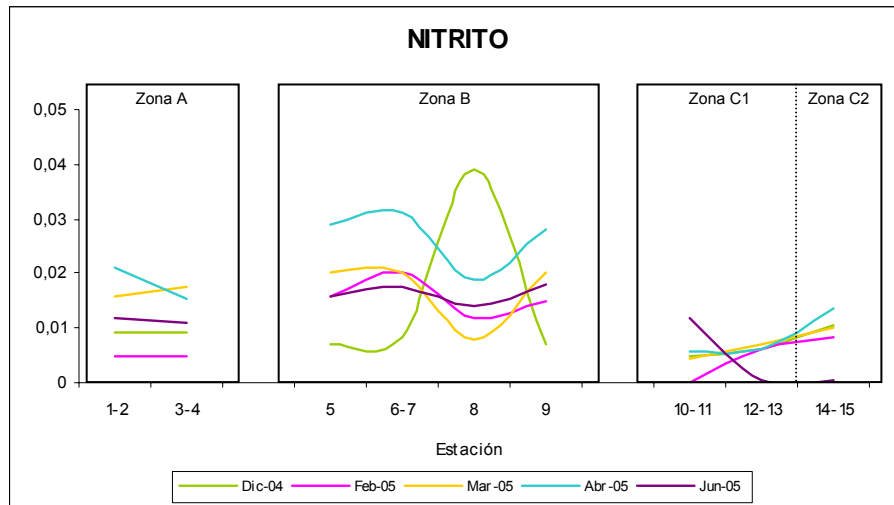
3.1.9 Nutrientes

La dinámica de la comunidad fitoplanctónica depende en gran medida de la disponibilidad de los nutrientes como nitrógeno y fósforo. Estos elementos se encuentran en medios acuáticos en forma de nitrito, nitrato, amonio y ortofosfato. En este estudio se encontró que la concentración promedio de amonio siempre fue mayor a la del nitrato, y este superior al del nitrito. El ortofosfato, por su parte, presentó concentraciones medias de 0,171 mg PO₄/l (Gráfica 29). Adicionalmente, estos compuestos presentaron un coeficiente de variación (CV) superiores al 56%; lo cual hace pensar que el aumento y disminución de los mismos pueden haber alterado la composición del fitoplancton en estos meses.

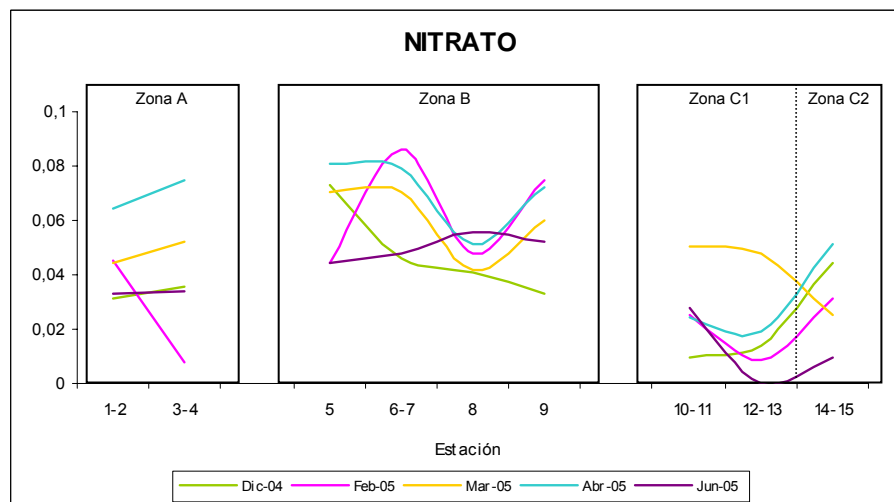


Gráfica 29. Concentraciones promedio de Nitrito ($\text{mg NO}_2/\text{l}$), Nitrato ($\text{mg NO}_3/\text{l}$), Amonio ($\text{mg NH}_4/\text{l}$) y Fosfato ($\text{mg PO}_4/\text{l}$) en las distintas ciénagas para los meses de diciembre 2004, febrero 2005, marzo 2005 abril 2005 y junio 2005. Zona A) estaciones 1-2: ciénaga Espejo y Nisperal; estaciones 3-4: ciénaga Buena Parte. Zona B) estación 5: ciénaga La Loma; estaciones 6-7: ciénaga de Soledad; estación 8: desembocadura de Cantarillo; estación 9: frente a Caño Palermo. Zona C1) estaciones 10 y 11: ciénaga Navío; estaciones 12 y 13: ciénaga El Garzal. Zona C2) estaciones 14 y 15: ciénaga de Ostional.

El incremento de nitrito y nitrato en la zona B (ciénaga Soledad y La Loma), comparado a los otros dos ambientes (zona A y C) sugiere una posible influencia de la industria camaronera y agrícola ubicados en los alrededores de la ciénaga afectada (ciénaga Soledad). De este modo, la concentración de los compuestos nitrogenados posiblemente proceden de las piscinas camaroneras (Agrosoledad) enriquecidas por la actividad del cultivo industrial del camarón, así como por los desechos de los camarones. Adicionalmente, los mayores aportes de nitrito en la estación frente a Cantarillo (zona B: estación 8) pueden provenir del lavado de las tierras fertilizadas, ya que uno de los componentes principales de estos químicos es el nitrógeno. De igual manera, en otros estudios se ha reportado que los aportes fluviales y la escorrentía de tierras cultivadas o con afectación industrial traen consigo nitrógeno inorgánico a los cuerpos de agua, especialmente nitrito y nitrato (Escobar, 1990 En: INVEMAR, 2005; Miller, 1994; Gameiro *et al.*, 2004). Para el caso del nitrito, las concentraciones variaron entre 0 y 0,039 $\text{mg NO}_2/\text{l}$ mientras que el nitrato osciló entre 0 y 0,1 $\text{mg NO}_3/\text{l}$ (Gráfica 30).

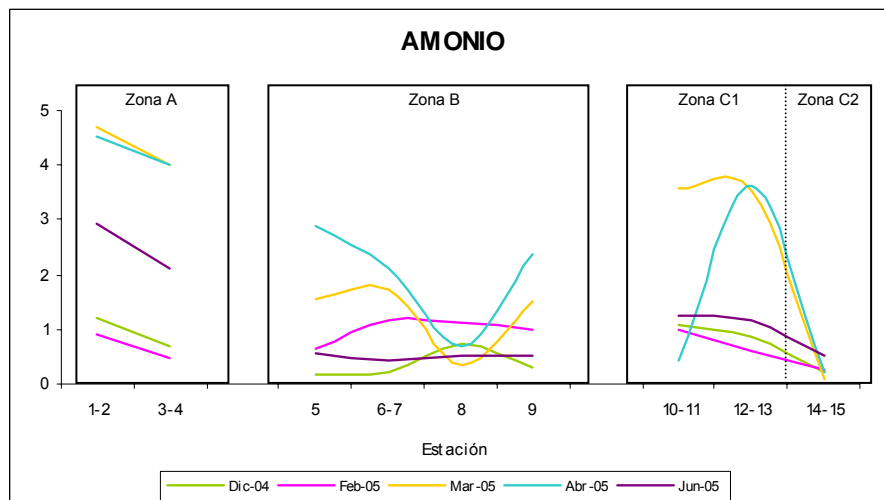


Gráfica 30. Nitrito ($\text{mg NO}_2/\text{l}$) en las distintas ciénagas para los meses de diciembre 2004, febrero 2005, marzo 2005 abril 2005 y junio 2005. Zona A) estaciones 1-2: ciénaga Espejo y Nisperal; estaciones 3-4: ciénaga Buena Parte. Zona B) estación 5: ciénaga La Loma; estaciones 6-7: ciénaga de Soledad; estación 8: desembocadura de Cantarillo; estación 9: frente a Caño Palermo. Zona C1) estaciones 10 y 11: ciénaga Navío; estaciones 12 y 13: ciénaga El Garzal. Zona C2) estaciones 14 y 15: ciénaga de Ostional.



Gráfica 31. Nitrato ($\text{mg NO}_3/\text{l}$) en las distintas ciénagas para los meses de diciembre 2004, febrero 2005, marzo 2005 abril 2005 y junio 2005. Zona A) estaciones 1-2: ciénaga Espejo y Nisperal; estaciones 3-4: ciénaga Buena Parte. Zona B) estación 5: ciénaga La Loma; estaciones 6-7: ciénaga de Soledad; estación 8: desembocadura de Cantarillo; estación 9: frente a Caño Palermo. Zona C1) estaciones 10 y 11: ciénaga Navío; estaciones 12 y 13: ciénaga El Garzal. Zona C2) estaciones 14 y 15: ciénaga de Ostional.

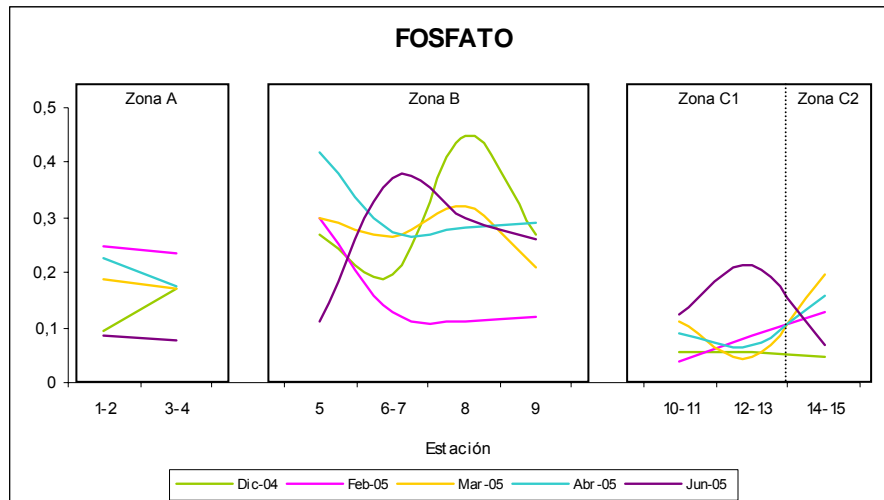
Los procesos de degradación son constantes en sistemas costeros delimitados por mangles los cuales liberan gran porcentaje de amonio al medio (Margalef, 1986). Lo anterior explica porque se presentaron mayores concentraciones de amonio en todas las ciénagas comparadas a los otros compuestos nitrogenados medidos aquí. Conjuntamente, cuando hay una buena concentración de oxígeno el amonio es oxidado a nitrito y luego a nitrato rápidamente (Ruttner, 1953), lo cual inhibe la acumulación de nitritos en el medio. Además, el amonio hace parte de las mayores reservas ambientales de nitrógeno y es el compuesto nitrogenado preferido por el fitoplancton (Balech, 1977) lo cual indica la elevada oferta de nitrógeno en las ciénagas de la bahía de Cispatá, a disposición del fitoplancton. Así mismo, contrario a lo encontrado con el nitrito y el nitrato, el amonio presentó mayor concentración en las áreas con influencia marina, igual a lo hallado por Castaño (2001). En este estudio el amonio varió entre 0,05 y 5,12 mg NH₄/l (Gráfica 32).



Gráfica 32. Amonio (mg NH₄/l) en las distintas ciénagas para los meses de diciembre 2004, febrero 2005, marzo 2005 abril 2005 y junio 2005. Zona A) estaciones 1-2: ciénaga Espejo y Nisperal; estaciones 3-4: ciénaga Buena Parte. Zona B) estación 5: ciénaga La Loma; estaciones 6-7: ciénaga de Soledad; estación 8: desembocadura de Cantarillo; estación 9: frente a Caño Palermo. Zona C1) estaciones 10 y 11: ciénaga Navío; estaciones 12 y 13: ciénaga El Garzal. Zona C2) estaciones 14 y 15: ciénaga de Ostional.

Por su parte, el fósforo se considera por lo general el nutriente limitante en ecosistemas acuáticos, ya que tiende a acumularse en los océanos y no se recicla o libera del suelo fácilmente (Ramírez y Viña, 1998; Ruttner, 1953). En la zona estuarina de la bahía de Cispatá se encontraron valores de ortofosfato, entre 0,01 y 0,48 mg PO₄/l (Gráfica 33)

presentando un comportamiento similar al del nitrito y nitrato. La zona B (estaciones 5-9) presentó las mayores concentraciones en promedio (0,26 mg PO₄/l) posiblemente por la entrada de distintos fertilizantes empleados en los cultivos de las cercanías.



Gráfica 33. Fosfato (mg PO₄/l) en las distintas ciénagas para los meses de diciembre 2004, febrero 2005, marzo 2005, abril 2005 y junio 2005. Zona A) estaciones 1-2: ciénaga Espejo y Nisperal; estaciones 3-4: ciénaga Buena Parte. Zona B) estación 5: ciénaga La Loma; estaciones 6-7: ciénaga de Soledad; estación 8: desembocadura de Cantarillo; estación 9: frente a Caño Palermo. Zona C1) estaciones 10 y 11: ciénaga Navío; estaciones 12 y 13: ciénaga El Garzal. Zona C2) estaciones 14 y 15: ciénaga de Ostional.

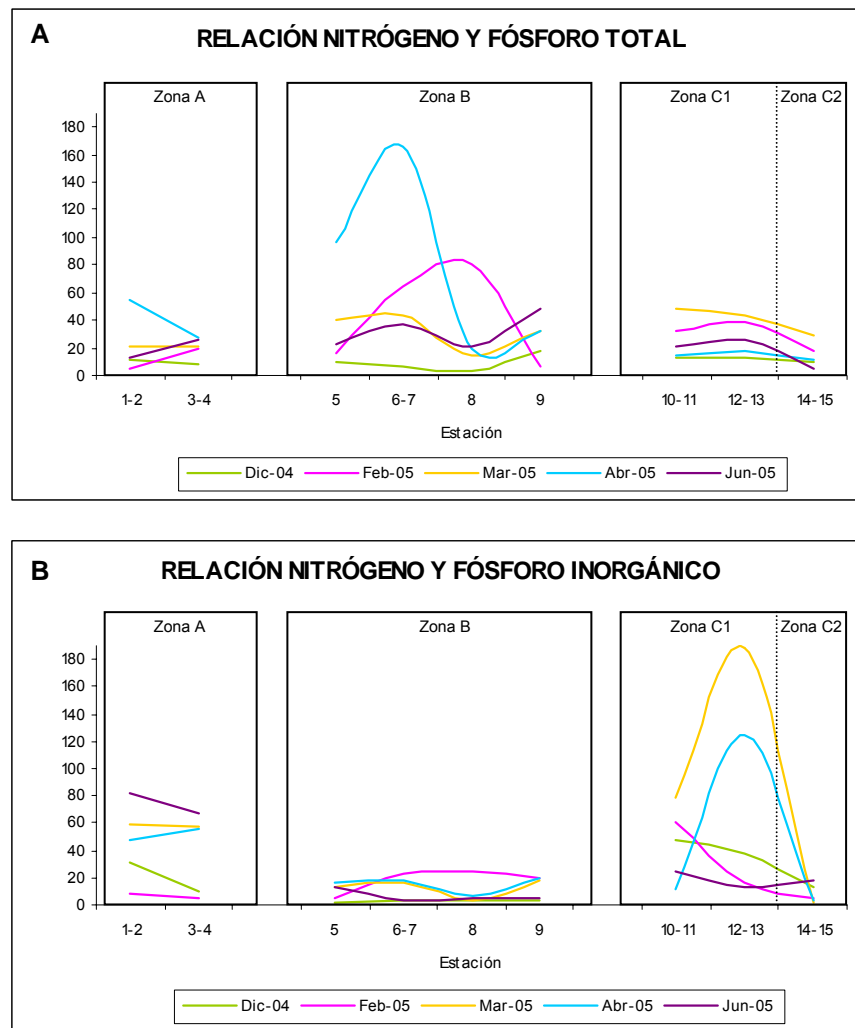
3.1.10 Relación Nitrógeno: Fósforo

En estudios de plancton se ha determinado que la concentración del fósforo (P) y nitrógeno (N) por separado, así como su relación atómica N:P, determinan decisivamente el crecimiento y composición del fitoplancton (Margalef, 1983). En este estudio la relación del nitrógeno total y el fósforo total varió entre 3 y 166 (Gráfica 34A). El promedio de nitrógeno total fue de $1,51 \pm 0,79$ mg/l, mientras que el fósforo total osciló entre 0,017 y 0,47 mg/l. Los valores de N:P fueron mucho mayores a los encontrados por Ramírez y Viña (1998) y Ruiz (1999) en ciertas lagunas y ciénagas de Colombia. Igualmente, Rice y Ferguson (1975) reportan valores inferiores para un estuario somero del sureste de Estados Unidos. Esta diferencia entre los valores puede deberse a mayores valores de nitrógeno total, especialmente en la zona B, debido a la cantidad de procesos de fijación de nitrógeno atmosférico que se llevan a cabo por algunos géneros fitoplanctónicos.

La zona A presentó valores de N:P total entre 5 y 54; el máximo valor se presentó en abril para la ciénaga Espejo (zona A: estación 1). Las ciénagas de la zona B (Soledad y La Loma) presentaron las mínimas (diciembre 2004) y máximas (abril 2005) relaciones de N:P para todo el estudio. Por su parte, en la zona C esta relación osciló entre 5 y 48; los mayores valores se presentaron en marzo 2005 y los menores en diciembre 2004. Sin embargo, para la mayoría de los muestreos los valores fluctuaron de manera semejante en cada ciénaga, excepto en la ciénaga de Soledad (zona B: estaciones 6 y 7) para abril, cuando se observó un aumento pronunciado. La estación frente a Cantarillo (zona B: estación 8) mostró un incremento en febrero (Gráfica 34).

El fitoplancton no aprovecha completamente el aporte de nitrógeno y fósforo total (Gráfica 34A). Por el contrario, sólo emplea el nitrógeno y fósforo inorgánico soluble que se encuentra a manera de nitrito, nitrato, amonio y fosfato (Gráfica 34B). Por esta razón, se calculó el contenido de estos elementos a partir de los compuestos mencionados anteriormente, lo cual facilita el entendimiento de la dinámica del fitoplancton con respecto a los nutrientes disponibles. Consecuentemente, la diferencia entre los datos de las Gráficas 34 A y B señala el contenido de nitrógeno y fósforo que podría hacer parte de la biomasa de la comunidad planctónica.

La relación entre el nitrógeno y el fósforo soluble mostró que las ciénagas de Espejo, Nisperal y Buena Parte (zona A: estaciones 1-4) presentaron relaciones de N:P entre 4,86 para febrero y 82,56 para junio. Lo anterior indica que en el transcurso del estudio el fósforo fue limitante en esta área, excepto en febrero (Gráfica 34 B), ya que según Ramírez y Viña (1998), los valores superiores a 10 señalan al fósforo como nutriente limitante.



Gráfica 34. Relación entre nitrógeno y fósforo en las distintas ciénagas para los meses de diciembre 2004, febrero 2005, marzo 2005 abril 2005 y junio 2005. A) Relación entre nitrógeno y fósforo total. B) Relación entre nitrógeno y fósforo soluble. Zona A) estaciones 1-2: ciénaga Espejo y Nisperal; estaciones 3-4: ciénaga Buena Parte. Zona B) estación 5: ciénaga La Loma; estaciones 6-7: ciénaga de Soledad; estación 8: desembocadura de Cantarillo; estación 9: frente a Caño Palermo. Zona C1) estaciones 10 y 11: ciénaga Navío; estaciones 12 y 13: ciénaga El Garzal. Zona C2) estaciones 14 y 15: ciénaga de Ostional.

En análisis conjunto de las Gráficas 34 A y B permite observar que cuando se toman las formas totales de los nutrientes, la ciénaga de Soledad (zona B: estaciones 5-9) presenta una fuerte limitación por fósforo de febrero a junio. Sin embargo, la relación basada en las formas inorgánicas está más cercana a las condiciones normales ($N:P < 12,5$). Esto hace pensar que en el primer caso el alto contenido relativo de nitrógeno no soluble se encuentra en el cuerpo de los organismos. En el segundo caso, la tendencia es a una

limitación por nitrógeno soluble, lo cual favorece el desarrollo de las cianobacterias en esta zona. En estos meses (febrero y abril) las Cyanophytas contribuyeron entre el 66 y 97% de la densidad fitoplanctónica total. Por lo tanto, si hay poco nitrógeno disuelto inorgánico en el agua, este grupo de algas lo fijará directamente en sus cuerpos (Angelier, 2002; Miller 1994; Kucklick, 1987), lo que provoca el incremento del nitrógeno total en la ciénaga.

Paralelamente, las ciénagas salobres de la zona C (estaciones 10-13) tuvieron una relación N:P inorgánica que osciló entre 13,14 y 188,91; las relaciones más altas se obtuvieron en marzo y abril, especialmente en la ciénaga El Garzal (estaciones 12 y 13), mientras los valores más bajos ocurrieron en junio. Por su parte, la ciénaga Ostional (estaciones 14 y 15) no superó el valor de 18, alcanzando una relación mínima de 1,18, lo cual muestra una tendencia a que el nitrógeno sea el elemento limitante en este sitio durante todo el estudio (Gráfica 34B).

En el caso de la ciénaga El Garzal (zona C1: estaciones 12 y 13) donde se presentó una relación N:P total moderada y una relación N:P soluble elevada para los meses de marzo y abril, se entiende que hay un bajo contenido de fósforo soluble encontrándose este, probablemente, en el interior de las células (Gráfica 34). Ruttner (1953) documenta ciertas especies fitoplanctónicas capaces de almacenar fósforo para utilizarlo cuando las concentraciones de éste en el medio disminuyen. Este puede ser el caso de algunas de las diatomeas centrales y algunos dinoflagelados presentes allí que contribuyeron con el 78 al 88% de la densidad total en estos meses. Adicionalmente, Margalef (1983) señala que las diatomeas presentan membranas muy permeables, por lo cual presentan una concentración interna semejante a la externa. Por el contrario, algunos dinoflagelados poseen concentraciones internas mayores a las del exterior permitiéndoles sobrevivir y prosperar en condiciones de menor concentración externa, como posiblemente sucede en la ciénaga El Garzal (estaciones 12 y 13) quien presenta una alta densidad de *Ceratium furca*.

Conjuntamente, la ciénaga Ostional (zona C2: estaciones 14 y 15) a pesar de presentar una limitación por nitrógeno, no exhibió densidades elevadas de cianófitas como sucedió en la zona B (estaciones 5-9). Esto permite resaltar las condiciones adversas de la

ciénaga Soledad, ya que se considera a las Cyanophytas como indicadoras de alteraciones de los sistemas naturales (Ramírez y Viña, 1998; Margalef, 1983). Estas modificaciones del sistema acuático pueden ser causadas por la afectación de tipo antrópico presente en ésta área gracias a la camaronera Agrosoledad y la industria agrícola. La situación anterior no se muestra en la ciénaga de Ostional, que presenta una comunidad fitoplanctónica dominada por Bacillarioficeas, en especial diatomeas centrales como *Cyclotella* sp., *Aulocoseira granulata* y *Thalassiosira* sp., las cuales están asociadas a aguas transparentes con bajo contenido de nutrientes (Ramírez y Viña, 1998; Margalef, 1995).

De manera general, se encontró que en medios marinos la relación N:P es mayor donde las cianófitas son escasas, mientras que en agua dulce ésta relación oscila como consecuencia de fenómenos de eutrofización y por la presencia de las mismas cianófitas y de otras algas (Margalef, 1983). Los promedios obtenidos entre el nitrógeno y fósforo soluble para cada ciénaga a lo largo del estudio, muestran que las ciénagas salobres o marinas (zona A y C1) presentaron una limitación por parte del fósforo ($N:P > 44$), mientras las estaciones con influencia dulceacuícola (zona B y C2) tendieron a mostrar una deficiencia de nitrógeno ($N:P < 13$).

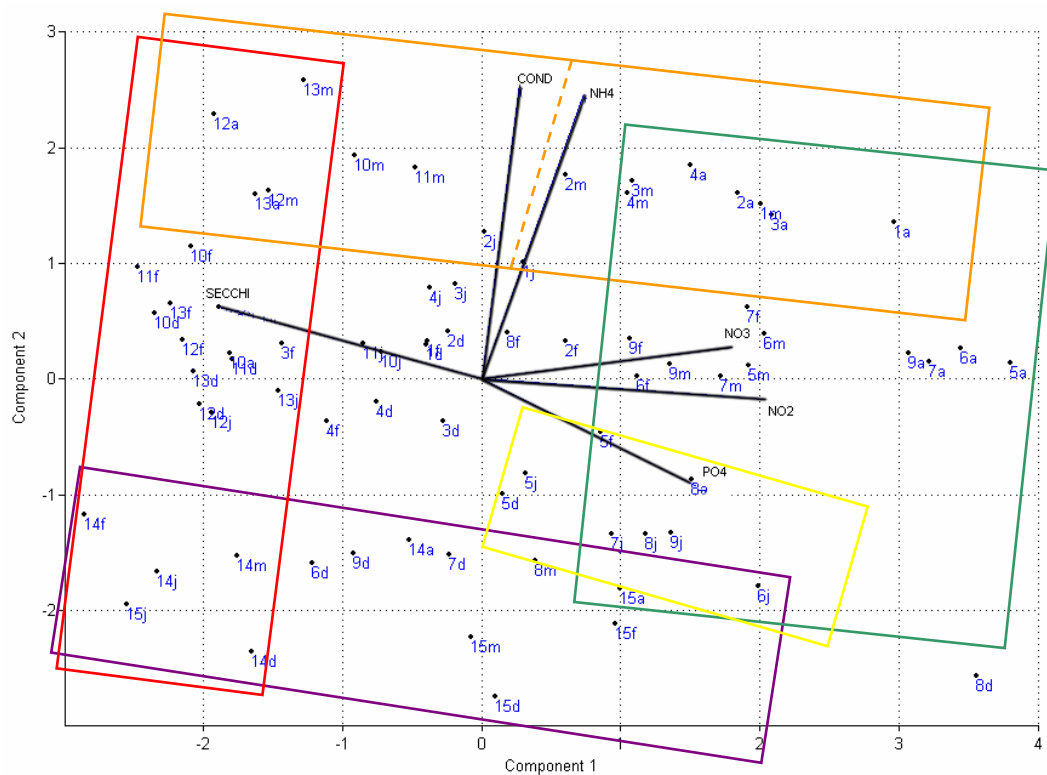
3.1.11 Análisis de Componentes Principales

Luego de calcular el coeficiente de varianza (CV) se eligieron los parámetros con CV mayores al 50%. Estos son: la conductividad, la profundidad del disco secchi, y la concentración de nitrito, nitrato, amonio y fosfato. Lo anterior indica que las fluctuaciones de la transparencia dado por la época del año o por la cantidad de partículas suspendidas en el agua, así como la cantidad de sales disueltas y la disponibilidad de nutrientes en las ciénagas podrían ser determinantes en la dinámica de la comunidad fitoplanctónica de la zona estuarina de la bahía de Cispatá.

El PCA realizado buscó conocer la influencia de las variables seleccionadas por su mayor variabilidad, sobre las ciénagas de la bahía de Cispatá en el transcurso del estudio (Gráfica 35). Entre los componente 1 y 2 de la gráfica 35 se explicó el 74,85% del

comportamiento de las ciénagas en relación a las seis variables físico-químicas mencionadas anteriormente.

En el biplot obtenido a partir del PCA se observó una separación de las ciénagas de la zona C (estaciones 10-15 Navio, Garzal, Ostional) debido a la mayor transparencia medida allí (promedio: 110 cm), hacia la parte izquierda del diagrama (Gráfica 35: recuadro rojo). Estas ciénagas a su vez fueron las que presentaron las mayores profundidades totales (100-219 cm) y el menor contenido de sólidos suspendidos totales (promedio: 46 mg/l).



Gráfica 35. Biplot obtenido a partir del Análisis de Componentes Principales. El biplot muestra seis parámetros físico-químicos: profundidad del disco secchi (secchi), conductividad (cond), amonio (NH₄), nitrato (NO₃), nitrito (NO₂) y fosfato (PO₄). Los recuadros de colores se explican en el texto. Los números representan las estaciones (1-15); las letras los meses (d: diciembre, f: febrero, m: marzo, a: abril, j: junio).

Por el contrario, hacia el lado derecho de la Gráfica 35 se disponen las ciénagas de la zona B (estaciones 5-9) para los meses de febrero, marzo y abril, así como las estaciones de la zona A (estaciones 1-4) de abril debido a la mayor concentración de nutrientes encontrados para estos meses. Estos nutrientes pueden provenir en parte de la

resuspensión ocasionada por los procesos de mezcla, causados a su vez por los vientos, así como por la escorrentía y las lluvias de abril (INVEVAR, 2005). Además, parece muy factible que existan aportes directos de nutrientes por parte de las industrias que se encuentran establecidas entorno a la ciénaga de Soledad. Este aumento de nutrientes a su vez disminuye la transparencia del agua e incrementa la densidad fitoplanctónica, lo que reduce aun más la penetración de la luz. Por ésta razón, éstas estaciones (Gráfica 35: recuadro verde) se contraponen a las de la zona C (estaciones 10-15) mencionadas anteriormente (Gráfica 35: recuadro rojo).

Adicionalmente, hacia la dirección del fosfato (Gráfica 35: recuadro amarillo) se encontró una agrupación de las estaciones (5-9) de la zona B para junio y en general de la estación 8 (frente a Cantarillo). Estas estaciones fueron las que presentaron mayores concentraciones de fósforo inorgánico a lo largo del estudio. Este fenómeno puede ser producto de la influencia de la industria agrícola sobre el caño Cantarillo, ya que este afluente atraviesa toda el área de cultivo. Además, con la llegada de las lluvias (junio) las tierras son lavadas y los residuos de los fertilizantes y otras sustancias empleadas allí ricas en fósforo, son vertidas al caño Cantarillo, el cual desemboca en la ciénaga de Soledad.

Igualmente, la estación 5 (zona B: La Loma) también tiende a estar marcada por la concentración de fosfato. Lo anterior muestra que a pesar de estar ubicada adyacente al biofiltro de la camaronera Agrosoledad, parece existir un aporte elevado de este elemento, seguramente proveniente de la actividad de la camaronera. Además, La Loma es el cuerpo de agua más encerrado, así como el más somero de todos los puntos estudiados, lo cual puede propiciar la acumulación de este nutriente en la zona y su resuspensión del sedimento (Gráfica 35: recuadro amarillo).

En el eje vertical de la Gráfica 35 se observó que las ciénagas salobres (Navío y El Garzal: estaciones 10-13) y las marinas (Espejo, Nisperal y Buena Parte: estaciones 1-4) siguen el eje de la conductividad y el amonio hacia la parte superior de la Gráfica 35 (recuadro naranja), mientras las estaciones con influencia dulceacuícola (ciénaga Soledad, La Loma y Ostional: estaciones 5-9, 14 y 15) se encuentran en posición opuesta (Gráfica 35: recuadro morado). Esta segregación, dada por la conductividad,

indirectamente muestra la influencia de la salinidad en la zona estuarina. Además, corrobora la diferenciación realizada *a priori* entre las distintas zonas estudiadas. Por lo tanto, se encontró que en cuanto al gradiente de salinidad y conductividad, las ciénagas Espejo, Nisperal y Buena Parte (zona A) son comparables a Navío y El Garzal (zona C1), mientras que la zona B que incluye las ciénagas La Loma, Soledad y la desembocadura de Caño Palermo y Cantarillo son semejantes a la ciénaga Ostional (zona C2).

Igualmente, las estaciones 10-13 (zona C1) se agrupan con las estaciones 1-4 (zona A) debido a la mayor concentración de amonio que presentaron estas ciénagas, con un promedio de 2,69 mg NH_4/l (Gráfica 35: recuadro naranja). Lo anterior indica que las zonas salobres y marinas del estudio contienen un mayor aporte de amonio que las zonas dulceacuícola (Castaño, 2001). Consecuentemente, las áreas con mayor concentración de sales y amonio presentaron una mayor presencia de diatomeas, ya que el amonio es la fuente principal de nitrógeno para sus procesos biológicos (Margalef, 1995).

3.1.12 Índice de Estado Trófico

Para determinar el estado trófico de cada ciénaga a lo largo de los meses se calcularon los índices de estado trófica de Carlson (1977) para lo cual se tuvieron en cuenta los valores de profundidad del disco secchi, la concentración de clorofila *a*, fósforo total y ortofosfatos. Al calcular el índice promedio ponderado se obtuvo que la totalidad de las ciénagas presentaron características eutróficas. Este estado trófico es de esperarse para zonas costeras alimentadas por aguas lóxicas (Margalef, 1995) especialmente en área de manglares ya que estos actúan como digestores de gran cantidad de materia que posibilita el grado eutrófico de zonas estuarinas. No obstante, según el IET obtenido a partir de la profundidad secchi, las ciénagas de Navío, El Garzal y Ostional (zona C) fueron mesotróficas, y El Garzal fue oligotrófica para el mes de marzo, y el resto eutróficas. El IET calculado con la concentración de clorofila *a* demostró que las ciénagas del Espejo, Nisperal y Navío fueron mesotróficas, y las demás eutróficas con valores superiores a 54. Por su parte, el IET de fósforo total clasificó las ciénagas entre mesotróficas y eutróficas sólo las ciénagas de Navío en marzo y Soledad en abril obtuvieron valores inferiores a 44 (oligotróficas). Finalmente, el IET de ortofosfatos clasificó la totalidad de las ciénagas como eutróficas (Tabla 3).

Tabla 3. Valores de los índices de estado trófico (IET) de Carlson (1977). IET(PS): índice de profundidad del disco secchi; IET(chl a): índice de la concentración de clorofila a ; IET(FT): índice del contenido de fósforo total; IET(P.PO4): índice de la concentración de fosfato como ortofosfato; IET: índice promedio ponderado de Carlson. Espejo/Nisperal: estaciones 1-2; Buena Parte: estaciones 3-4; La Loma: estación 5; Soledad: estaciones 6-7; desembocadura de Cantarillo: estación 8; frente a Caño Palermo: estación 9; Navío: estaciones 10 y 11; El Garzal: estaciones 12 y 13; Ostional: estaciones 14 y 15.

MES	CIÉNAGA	IET (PS)	IET (chl a)	IET (FT)	IET (P.PO4)	IET
Dic-04	Espejo/Nisperal	61,66	53,93	65,79	81,32	66,25
	BuenaParte	54,26	51,88	70,39	89,72	68,32
	La Loma	51,91	61,05	65,79	96,39	71,20
	Soledad	50,62	58,46	72,42	91,70	70,83
	Cantarillo	70,77	62,60	73,16	103,76	78,54
	CañoPalermo	48,50	60,68	63,16	96,39	69,85
	Navío	49,43	50,35	65,79	73,44	61,23
	El Garzal	48,81	56,79	63,16	73,44	62,23
	Ostional	59,13	64,38	64,54	70,54	65,43
Feb-05	Espejo/Nisperal	58,63	50,77	76,24	95,28	71,89
	BuenaParte	52,21	48,62	60,90	94,39	65,72
	La Loma	57,90	65,67	69,67	97,91	74,92
	Soledad	59,66	65,93	53,73	85,85	67,24
	Cantarillo	60,20	64,44	44,80	83,44	63,65
	CañoPalermo	61,97	67,68	85,49	84,69	76,81
	Navío	47,21	49,86	48,22	68,84	54,44
	El Garzal	45,91	56,36	52,27	79,72	60,37
	Ostional	52,78	59,82	74,37	85,85	70,41
Mar-05	Espejo/Nisperal	63,11	64,24	48,22	91,32	67,24
	BuenaParte	57,21	61,28	51,96	89,72	66,16
	La Loma	59,39	66,30	52,57	97,91	70,42
	Soledad	60,41	67,18	46,95	96,12	68,70
	Cantarillo	60,77	60,51	61,96	98,84	71,91
	CañoPalermo	59,39	69,26	47,60	92,77	68,38
	Navío	49,26	49,38	41,64	83,44	56,88
	El Garzal	41,70	56,83	46,27	70,54	55,57
	Ostional	52,61	58,96	48,22	91,70	64,34
Abr-05	Espejo/Nisperal	66,54	62,65	46,27	93,76	67,41
	BuenaParte	62,78	59,14	59,30	90,14	68,56
	La Loma	66,76	67,12	47,60	102,77	71,68
	Soledad	67,21	67,79	41,32	96,66	68,39
	Cantarillo	63,99	65,16	69,01	96,92	75,17
	CañoPalermo	67,21	65,24	66,95	97,42	75,20
	Navío	46,87	56,70	58,62	80,54	62,66
	El Garzal	44,08	59,66	56,03	76,92	61,33
	Ostional	59,52	62,42	64,21	88,84	70,07
Jun-05	Espejo/Nisperal	62,45	59,84	69,01	79,72	68,51
	BuenaParte	58,88	61,21	51,64	77,91	62,92
	La Loma	62,29	73,11	55,79	83,44	69,57
	Soledad	62,61	68,95	51,64	100,94	72,24
	Cantarillo	62,61	47,57	49,94	97,91	64,78
	CañoPalermo	64,73	74,73	49,94	95,85	72,25
	Navío	51,13	54,48	54,54	85,28	62,82
	El Garzal	52,21	53,95	55,79	93,11	65,42
	Ostional	52,21	61,18	54,54	76,92	62,50

Clave: Oligotrófico Mesotrófico Eutrófico

La característica de aguas eutróficas, obtenida con los distintos índices de estado trófico a lo largo del estudio, indica una respuesta del medio frente a la afectación industrial que se presenta en la zona B. En consecuencia, las industrias agrícolas y camaronera, establecidas en la cercanía de las ciénagas La Loma y Soledad y en las

desembocaduras de Cantarillo y Caño Palermo (zona B) han generado una alteración del ecosistema mediante el vertimiento de materia orgánica y diferentes sustancias en estas áreas. Existen varios documentos donde se reporta que la influencia de las diferentes actividades antrópicas enriquecen las aguas a una tasa mayor a la tasa de asimilación o mineralización mediante el lavado de las tierras por las lluvias y por procesos de escorrentía, así como por vertimiento directo de compuestos a los caños (Castaño, 2001; Ramírez y Viña, 1998; Margalef, 1995; Rice y Ferguson, 1975).

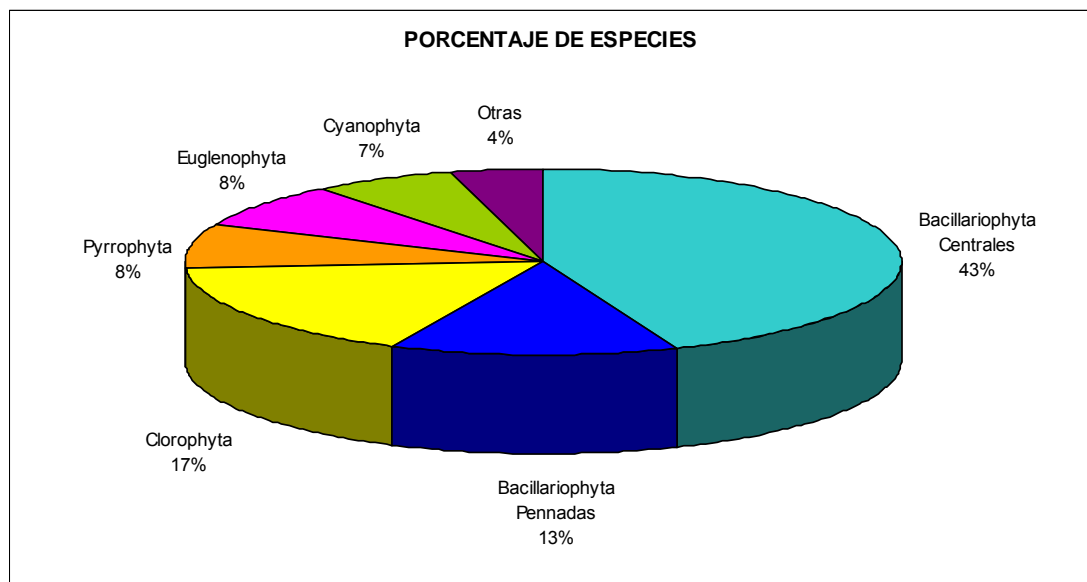
Por el contrario, las ciénagas de Navio, El Garzal y Ostional (zona C) se clasificaron como mesotróficas en cuanto al índice del disco secchi y la clorofila *a*, resaltando nuevamente la posible influencia de la actividad antrópica en las demás ciénagas (Tabla 3). Estas áreas de control (zona C) presentaron menor aporte de nutrientes, partículas suspendidas y biomasa medida como clorofila *a*. Adicionalmente, la ciénaga El Garzal presentó florecimientos algales en marzo de ciertos géneros como la *Rhizosolenia*, *Chaetoceros* y *Pseudonitzschia*, los cuales son organismos coloniales característicos de aguas oligotróficas (Ramírez y Viña, 1998). El estado mesotrófico en esta ciénaga coincide con la disminución de su contenido de fósforo y el aumento de su nitrógeno soluble (Welch, 1952).

El IET que presenta mayor interés para este estudio es el índice que tiene en cuenta la clorofila *a*, ya que ésta refleja el estado de la ciénaga en relación al componente biológico. Es así como, el análisis de éste índice refleja un estado mesotrófico para el mes de diciembre y febrero en las ciénagas marinas de la zona A (Espejo, Nisperal y Buena Parte) y la ciénaga salobre de El Garzal (Tabla 3). Por el contrario, el resto de los casos mostraron procesos de eutrofización, lo cual indica un gran aporte de materia orgánica e inorgánica en las ciénagas. Ésta contribución de materia está relacionada con los procesos de degradación del mangle, así como con los vertimientos de nutrientes y diferentes compuestos a través de los caños de agua dulce y la llegada de las lluvias. Igualmente, la influencia del mar en la época seca parece ser otro factor primordial en la disminución de la eutrofización, posiblemente por realizar un mayor lavado de las zonas con influencia marina.

3.2 COMPONENTE BIÓTICO

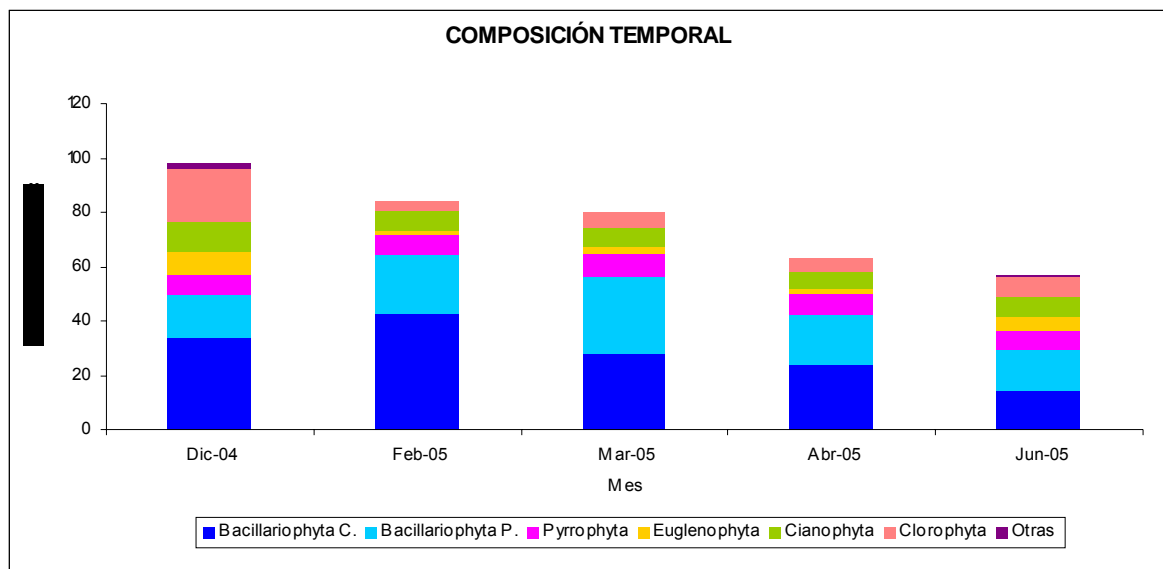
3.2.1 Composición del Fitoplancton

Una vez caracterizadas las 75 muestras recolectadas desde diciembre 2004 hasta junio 2005 se encontraron en total de 620 especies, repartidas entre las divisiones: Bacillariophyta (56%), Clorophyta (17%), Pyrrophyta (8%), Euglenophyta (8%), Cyanophyta (7%), y otras (4%) (Gráfica 36). Para la división Bacillariophyta se hallaron 272 taxones del grupo de las diatomeas Centrales y 81 de las diatomeas Pennales; así mismo, se presentó un total de 18 órdenes, 30 familias y 50 géneros. En el caso de las Clorophyta se diferenciaron 3 órdenes, 10 familias y 27 géneros. En el grupo de las Pyrrophyta se encontraron 4 órdenes, 7 familias y 11 géneros. La división Euglenophyta por su parte tuvo 5 géneros, todos pertenecientes a la misma familia (Euglenaceae). Igualmente, se clasificaron las 41 especies de Cyanophyta en 2 órdenes, 5 familias y 12 géneros (Anexo A).



Gráfica 36. Pastel del porcentaje de especies para cada división fitoplanctónica. La gráfica muestra la contribución acumulada de cada división en la zona estuarina de la bahía de Cispatá entre los meses de diciembre 2004 y junio 2005.

Dentro de los estuarios se encuentran especies marinas, estuarinas y dulceacuícolas pertenecientes a las divisiones encontradas en este estudio (Nybakken y Bertness, 2005). La procedencia de ambientes tan diversos aumenta de manera significativa la riqueza de especies en los estuarios. Sin embargo, al comparar los resultados obtenidos aquí con otros estudios se encuentra que la diferencia en el número de especies puede deberse al uso de distintas metodologías empleadas principalmente. Por ejemplo, el estudio realizado por el INVEMAR (1999), en esta zona registró un total de 172 especies pertenecientes a las divisiones Cyanophyta, Chlorophyta, Bacillariophyta, Pyrrophytas y Euglenophyta, además de ejemplares del grupo de los Tintinados. Igualmente, el informe histórico para la bahía de Cispatá, realizado por el INVEMAR (2005), mostró la presencia de seis divisiones, 34 familias, 80 géneros y sólo 251 especies. Así mismo, De la Hoz Aristizabal (2004) encontró en la CGSM 224 taxones, 93 diatomeas: 44 céntricas, 49 pennadas; 18 dinoflagelados; 29 cianófitas; 56 clorófitas; 25 euglenófitas y tres de otros grupo.



Gráfica 37. Composición temporal del fitoplancton por mes. Número promedio de especies entre diciembre 2004, febrero, marzo, abril y junio 2005 en la bahía de Cispatá, según el aporte por parte de las distintas Divisiones.

Se observó una gran riqueza de especies para diciembre, ya que ese mes se considera como época de transición entre los meses húmedos y secos. En las estaciones 1, 2, 14 y

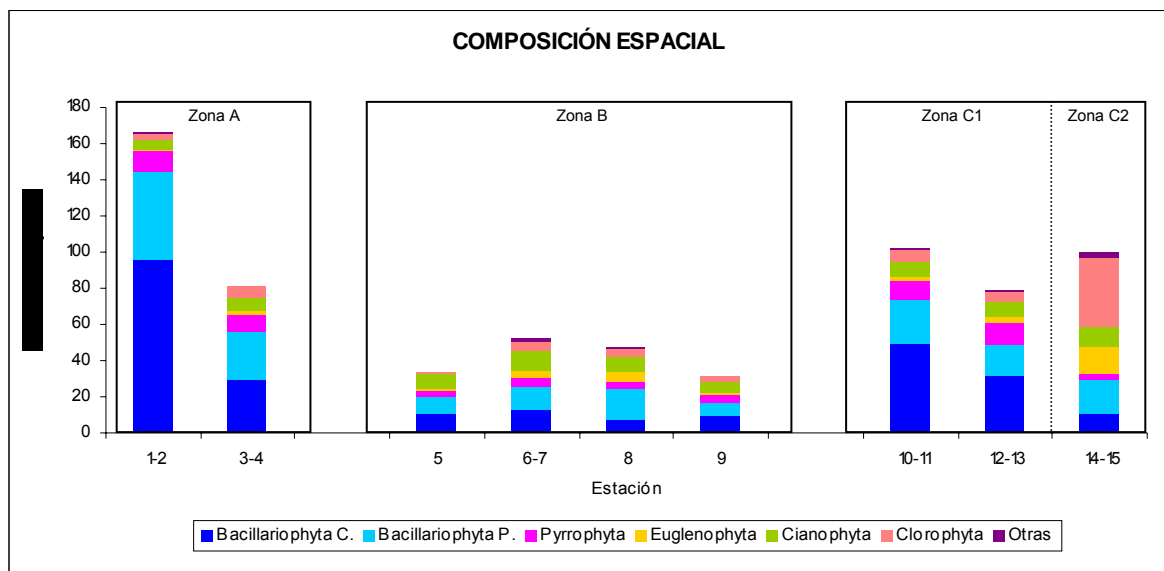
15 se encontró el mayor número de taxones (158, 143, 95 y 101, respectivamente). En las estaciones 1 y 2 (zona A: ciénaga Espejo y Nisperal) se identificaron numerosas formas de *Chaetoceros* spp., mientras que las estaciones 14 y 15 (zona C2: Ciénaga Ostional) presentaron diferentes formas de la división Chlorophyta (ej. *Staurastrum* spp.). Las especies registradas exhibieron formas rápidas de reproducción y mecanismos de flotación para contrarrestar el efecto de sedimentación (Balech, 1988; Ruttner, 1953).

En los meses secos (febrero y marzo) se presentó una mayor proporción de diatomeas, debido posiblemente a que es un grupo cosmopolita, muy diverso, con elevado número de formas marinas (Round *et al.*, 1990; Mc Connaughey, 1974). En estos meses las condiciones de salinidad fueron más elevadas por ser época de aguas bajas con poca influencia de agua dulce. En febrero se presentaron 85 taxones en promedio, con un aporte del 75% por parte de las diatomeas. En marzo se hallaron 80 especies en promedio compuestas en un 70% por diatomeas. Los dinoflagelados también presentaron un mayor número de formas marinas en esta época, es decir, una mayor riqueza de especies, que representaron entre el 8 y el 10% del total para estos meses. Lo anterior indica qué aproximadamente el 85% de la composición del fitoplancton para los meses secos se debió a especies marinas (Gráfica 37).

Por el contrario, la llegada de lluvias a la bahía para abril aumentó el aporte de agua dulce por parte de los afluentes del río Sinú, por lo cual se incrementó el número de formas dulceacuícolas, y se disminuyó la riqueza total de especies debido al efecto de la dilución (INVEMAR, 1999; Welch, 1952). Esto se observó en los meses de abril y junio, en los que se encontró un promedio de 11% de cianófitas y un aumento en el porcentaje de euglenófitas del 3% al 8% para junio. También se incrementaron las clorófitas en junio, pasando del 7% a casi el 13%. En término absolutos, se presentaron 64 y 58 especies en promedio de cianófitas y clorófitas, respectivamente (Gráfica 37).

En cuanto a la composición espacial de la zona estuarina de la bahía de Cispatá, se encontró que las áreas con influencia marina fueron las de mayor variedad, como fue el caso de las estaciones 1 y 2 (ciénaga Espejo y Nisperal) dentro de la zona A. Esto es semejante a lo registrado por varios autores en otras regiones estuarinas (Kalef, 2002; Gómez, 1973; Newell y Newell, 1963). Las estaciones 1 y 2 de la zona A presentaron una

dominancia de taxones de la división Bacillariophyta (86,79%), en especial de las formas centrales (57,74%). Las demás estaciones de la zona A fueron menos ricas en especies (Gráfica 38). Sin embargo, la ciénaga Buena Parte (zona A: estación 3 y 4) presentó un aumento del número de taxones de dinoflagelados a casi el doble (12,08%) a medida que disminuyeron las diatomeas (68,56%) ya que al disminuir el porcentaje de diatomeas posibilita el desarrollo de los dinoflagelados al variar la disponibilidad de nutrientes. Este cambio en la composición es similar a la sucesión intermedia registrada por Margalef (1995) para zonas marinas. En Buena Parte se presentó primero un dominio de diatomeas costeras, seguidas por otras oceánicas adaptadas a condiciones oligotróficas (*Skeletonema*, *Pseudonitzschia* y *Rhizosolenia*), acompañadas de un incremento en la población de dinoflagelados (*Ceratium* y *Peridinium*) (Vidal, 1995).



Gráfica 38. Composición espacial del fitoplancton por ciénaga. Número promedio de especies por División entre los meses de diciembre 2004 y junio 2005, en la bahía de Cispatá. Zona A) estaciones 1-2: ciénaga Espejo y Nisperal; estaciones 3-4: ciénaga Buena Parte. Zona B) estación 5: ciénaga La Loma; estaciones 6-7: ciénaga de Soledad; estación 8: desembocadura de Cantarillo; estación 9: frente a Caño Palermo. Zona C1) estaciones 10 y 11: ciénaga Navío; estaciones 12 y 13: ciénaga El Garzal. Zona C2) estaciones 14 y 15: ciénaga de Ostional.

En sistemas con marcadas alteraciones o condiciones adversas, producidas por contaminantes o entradas de nutrientes, se presenta una comunidad fitoplanctónica compuesta por un menor número de especies capaces de tolerar estas condiciones

(Odum, 1959 En: Rice y Ferguson, 1975). Adicionalmente, algunas especies producen sustancias nocivas para otros organismos del plancton que inhiben el desarrollo de una mayor riqueza de especies. Este es el caso de algunas cianobacterias las cuales se convierten en las especies dominantes, en este tipo de ecosistemas (Rice y Ferguson, 1975; Mc Connaughey, 1974). La zona B (estaciones 5-9) parece presentar esta situación, puesto que exhibió la menor variedad de especies (aproximadamente 40 taxones) y presentó una contribución cercana al 50% de diatomeas, un 19,26% de cianófitas y un 10,63% de pirrófita (Gráfica 38).

Para el caso de la zona C, se observó nuevamente un mayor porcentaje de diatomeas centrales (44%) en las ciénagas salobres de la zona C1 (estaciones 10-13), mientras la ciénaga con influencia del río Sinú en la zona C2 (estaciones 14 y 15) presentó sólo un 30% de diatomeas. Igualmente, se presentó casi cuatro veces más riqueza de dinoflagelados en la zona C1 (13,52%) que en la zona C2 (3,22%). De esta manera, se demostró la mayor variedad de formas marinas de estas dos divisiones en comparación a las dulceacuícolas (Margalef, 1983; Balech, 1977; Bougis, 1976) así como un estado de sucesión similar al encontrado en la zona A. Los grupos Euglenophyta y Chlorophyta son indicadores de sistemas dulceacuícolas lénticos, ricos en materia orgánica (INVEMAR, 2005; Ramírez, 2000; Rondón, 1990). En consecuencia, estas dos divisiones contribuyeron con más del 50% a la composición de especies de la ciénaga Ostional (estaciones 14 y 15) (Gráfica 38).

Paralelamente, se demostró que la dinámica del estuario incluye un gran número de especies raras, pero que se presentan sólo unas cuantas especies constantes espacial y temporalmente. Este tipo de composición fitoplanctónica también fue registrada por Vidal (1988) en la CGSM. En el presente estudio se presentaron sólo siete especies que aparecieron en más del 50% de las muestras; la más frecuente (89%) fue una *Navicula* sp. con una longitud menor a las 20 μm ; le siguió *Ceratium furca* con representación en un 69% de las muestras; luego estuvieron *Cyclotella glomerata* y *Amphiprora alata* (65%); y finalmente *Anabaena* sp. (63%), *Peridinium* sp. (57%) y *Synedra ulna* (55%). No obstante, hubo doce especies con frecuencias entre el 40 y 50% entre las cuales se encuentran dos cianófitas (*Anabaena curva* y *Oscillatoria* sp.) y ocho géneros de Bacillariophyta

(*Rhizosolenia*, *Coscinodiscus*, *Cyclotella*, *Amphora*, *Nitzschia*, *Cylindroteca*, *Pseudonitzschia* y *Pleurosigma*).

3.2.2 Densidad del Fitoplancton

Las densidades totales promedio del fitoplancton por ciénaga oscilaron entre 664 y 5'488517 unidades (organismos celulares y coloniales) por litro. El valor más bajo se dió en las ciénagas del Espejo y Nisperal (zona A: estaciones 1 y 2) en junio de 2005, mientras que la mayor densidad se encontró para la ciénaga de Ostional (zona C2: estaciones 14 y 15) en diciembre de 2004. No obstante, las mayores densidades absolutas se dieron en diciembre con 5'557775 unidades por litro, y la menor fue de 58363 unidades/l para junio. Por lo tanto, se observó una disminución temporal en la bahía de Cispatá como consecuencia del efecto de dilución causado por las lluvias y el aumento de caudales (INVEMAR, 1999). Así mismo, se observó una tendencia a aumentar el número de unidades fitoplanctónicas hacia el área de control (zona C), y a disminuir las densidades en las áreas con influencia de agua dulce e industrial (zona B) (Tabla 4). Lo anterior hace pensar que la actividad antrópica en las zonas A y B podría ser una de las condiciones que limita el desarrollo de la comunidad fitoplanctónica en estos sitios.

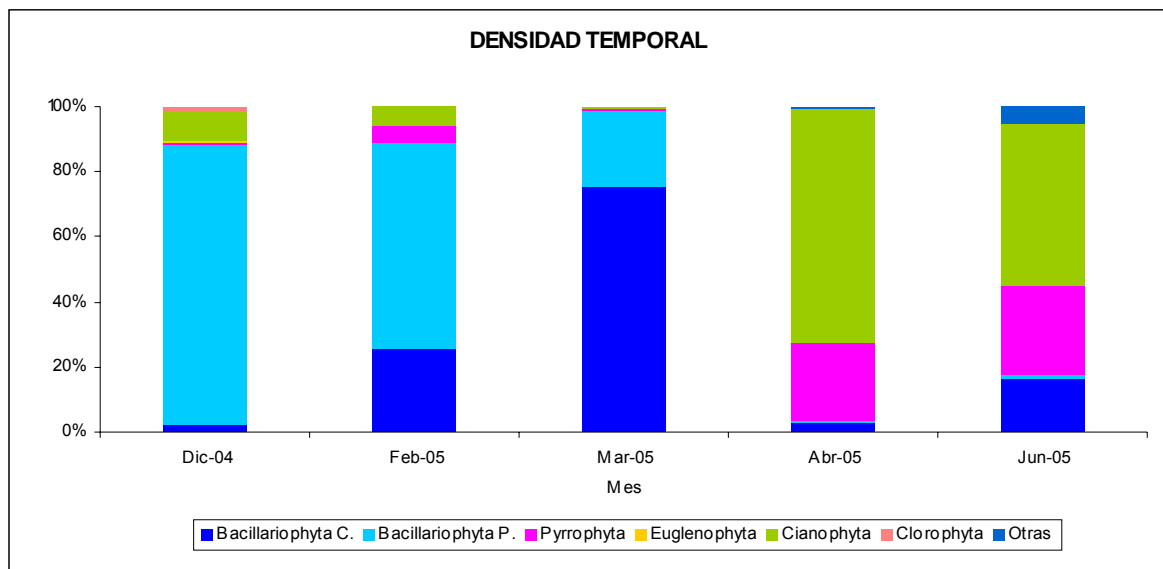
Tabla 4. Densidad acumulada del fitoplancton. Número total de unidades por litro de agua, para cada mes y ciénaga muestreada en la bahía de Cispatá.

Zona	Ciénaga	Dic-04	Feb-05	Mar-05	Abr-05	Jun-05	Total
A	Esp/Nisp	26275	23862	2866	1107	664	54773
	Buena Parte	1432	11376	215430	1074	1909	231221
B	Loma	1724	4145	1208	25096	8006	40179
	Soledad	13047	7980	10996	51770	14295	98087
	Cantarillo	1465	5005	6088	25645	7393	45597
	Caño Palermo	5782	1066	1125	20198	5393	33564
C	Navio	8925	109152	47875	18572	12394	196918
	Garzal	10607	167790	5018051	48191	6732	5251371
	Ostional	5488517	19818	8860	1317	1576	5520088
Total		5557775	350194	5312497	192969	58363	

Estas densidades fueron inferiores a las evidenciadas entre los años 1999 y 2005 (INVEMAR, 2005; 2001) en ésta bahía. Contrario a lo encontrado en este estudio en años anteriores se habían registrado numerosos "blooms" (florecimientos) de cianófitas, con un máximo de 25'843009 células por litro. Igualmente, el estudio realizado por De la Hoz

Aristizabal (2004) registró valores entre 750'000000 y 1'119'000000 individuos/l para la CGSM, debido también a numerosos florecimientos de una cianófito filamentosa. Kuclick (1987) encontró, a su vez, densidades entre 24000 y 500'000000 individuos por litro obtenidos en estuarios de Brasil, India, Puerto Rico y Tailandia.

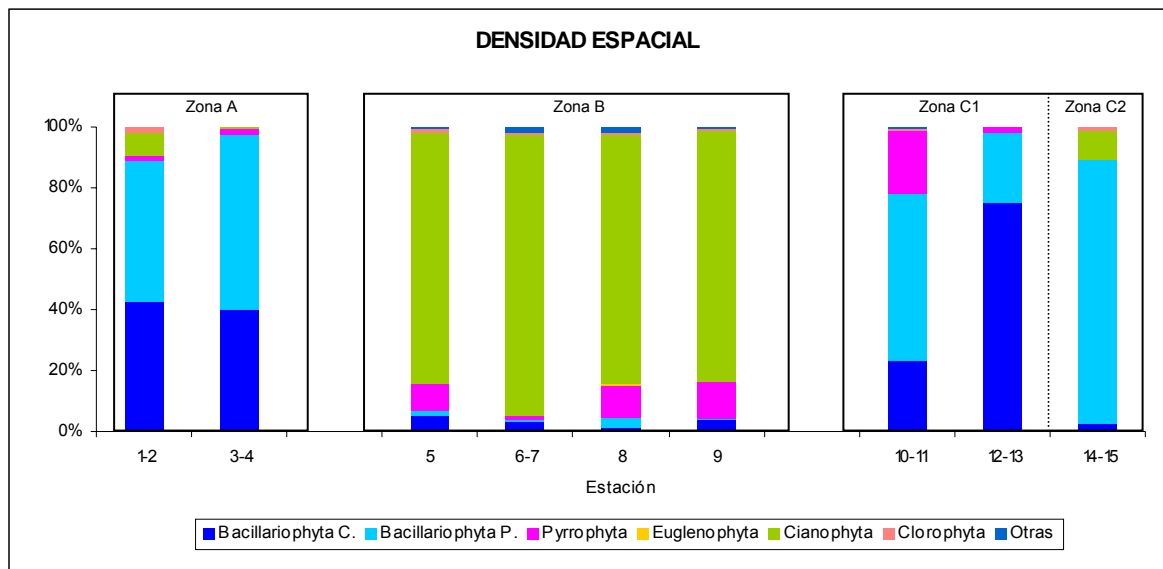
Adicionalmente, se encontró que las diatomeas disminuyeron en densidad con la llegada de la época húmeda y la consecuente disminución de las salinidades, como lo ha registrado Snoeijs (1999) en aguas salobres. En especial las pennadas, fueron las de mayores densidades, comparativamente, en los meses de diciembre (86,08%) y febrero (63,35%), mientras que marzo se presentó una dominancia (75,46%) de las formas centrales (Gráfica 39). Además, se encontró que la densidad de las diatomeas pennales disminuyó proporcionalmente con la época de vientos, que se presenta a lo largo del Caribe entre los meses de diciembre y abril. Esta respuesta del fitoplancton permite deducir una posible relación entre la presencia de los vientos y los procesos de mezcla, que pueden resuspender las formas bentónicas de las Bacillariophytas, en su mayoría diatomeas pennadas (Picard y Lair, 2005; Margalef, 1983).



Gráfica 39. Densidad porcentual temporal del fitoplancton por mes de las distintas Divisiones entre diciembre 2004, febrero, marzo, abril y junio 2005 en la bahía de Cispotá.

Por el contrario, para los meses de abril y junio se vio una disminución notoria de las diatomeas (menor al 20%) y un aumento de unidades por litro pertenecientes a las

divisiones Cyanophyta (72% y 50%) y Pyrrophyta (23,65% y 27,09%) (Gráfica 39). Lo anterior concuerda con lo mencionado por Snoeijs (1999) quien asegura que a menores salinidades la competencia entre el grupo Bacillariophyta y las divisiones Cyanophyta y Pyrrophyta disminuye, dando paso al desarrollo de las algas verde-azules y dinoflagelados. Al examinar las muestras de abril y junio se encontró una dominancia marcada del alga verde-azul *Anabaena* sp. (Cyanophyta), en las estaciones de la zona B. En cambio el incremento en el porcentaje de dinoflagelados se debió a las proliferaciones de *Alexandrium* sp. y *Ceratium furca* (Pyrrophyta) en la zona B (estaciones 5-9) para junio y en la zona C1 en abril, respectivamente.



Gráfica 40. Densidad porcentual espacial del fitoplancton en las distintas ciénagas de la bahía de Cispatá, entre los meses de diciembre 2004 y junio 2005, según el aporte por parte de las distintas Divisiones. Zona A) estaciones 1-2: ciénaga Espejo y Nisperal; estaciones 3-4: ciénaga Buena Parte. Zona B) estación 5: ciénaga La Loma; estaciones 6-7: ciénaga de Soledad; estación 8: desembocadura de Cantarillo; estación 9: frente a Caño Palermo. Zona C1) estaciones 10 y 11: ciénaga Navío; estaciones 12 y 13: ciénaga El Garzal. Zona C2) estaciones 14 y 15: ciénaga de Ostional.

Conjuntamente, la variación espacial de la densidad del fitoplancton mostró que el gran aporte de diatomeas en las ciénagas de Espejo, Nisperal y Buena Parte (zona A: 93%), así como en Navío y El Garzal (zona C1: 88,18%) se dió como resultado de las mayores salinidades y conductividades presentes en estas estaciones que favorecieron el desarrollo de estos organismos (Gráfica 40). No obstante, las comunidades variaron en

cuanto a su composición, ya que se presentó una gran densidad de *Pleurosigma furmosum*, *Cylindroseteca closterium* y *Pseudonitzschia pungens* (zona A: estaciones 1-4), y de *Pseudonitzschia* sp. y *Thalassionema nitzschooides* en febrero en la zona C1 (estaciones 10, 11, 12 y 13).

Además, la dominancia (aprox. 87%) de *Anabaena* sp., *Chroococcus* sp. y *Anabaenopsis* sp. (Cyanophytas) en la zona B (ciénagas La Loma y Soledad) mostró que estos sistemas son cuerpos lénticos de agua dulceacuícola, ya que dichos taxones habitan en este tipo de ambientes (Picard y Lair, 2005) menos salobres. Adicionalmente, el 8% de la densidad que correspondió a los dinoflagelados, en especial a *Alexandrium* sp., deja ver las condiciones desfavorables de estas ciénagas. Tanto la *Anabaena* sp. como *Alexandrium* sp., son conocidos por abundar en aguas contaminadas o alteradas por actividades antrópicas evidenciadas en los cambios en la relación de nitrógeno y fósforo (Margalef, 1983). Además, ambas especies son conocidas por ser productoras de sustancias tóxicas e inhibitorias para otras especies (Sar *et al.*, 2002; Ramírez y Viña, 1998) (Gráfica 40).

En la ciénaga Ostional (zona C2: estaciones 14 y 15) se presentó un 98% de dominancia por parte de dos especies de diatomeas pennales (*Fragilaria crotonensis* y *Synedra ulna*) típicas de ambientes dulceacuícolas con una buena oferta de luz (Angelier, 2002). Además aparecen en abundancia cuando se presenta un cierto grado de mezcla de la columna de agua (Ramírez y Viña, 1998) seguramente causado por la entrada de agua del río Sinú por Caño Grande en ésta área (Gráfica 40). Sin embargo, organismos de las divisiones Euglenophyta y Chlorophyta que presentaron un porcentaje notorio en cuanto al número de especies en estas estaciones, no tuvieron el mismo comportamiento en cuanto a la densidad, posiblemente por estar limitados por el fuerte desarrollo de los taxones del grupo Bacillariophyta (Angelier, 2002).

También se observó que a pesar de presentar densidades comparativamente bajas, la comunidad fitoplanctónica de Cispatá se caracterizó porque sólo 19 de las 620 especies que representaron el 96,73% de la densidad total obtenida a lo largo del estudio. De esta manera, sobresale el hecho de que las ciénagas estudiadas se distinguen por tener altas dominancias sin presentar densidades propias de blooms, pero sí un gran número de

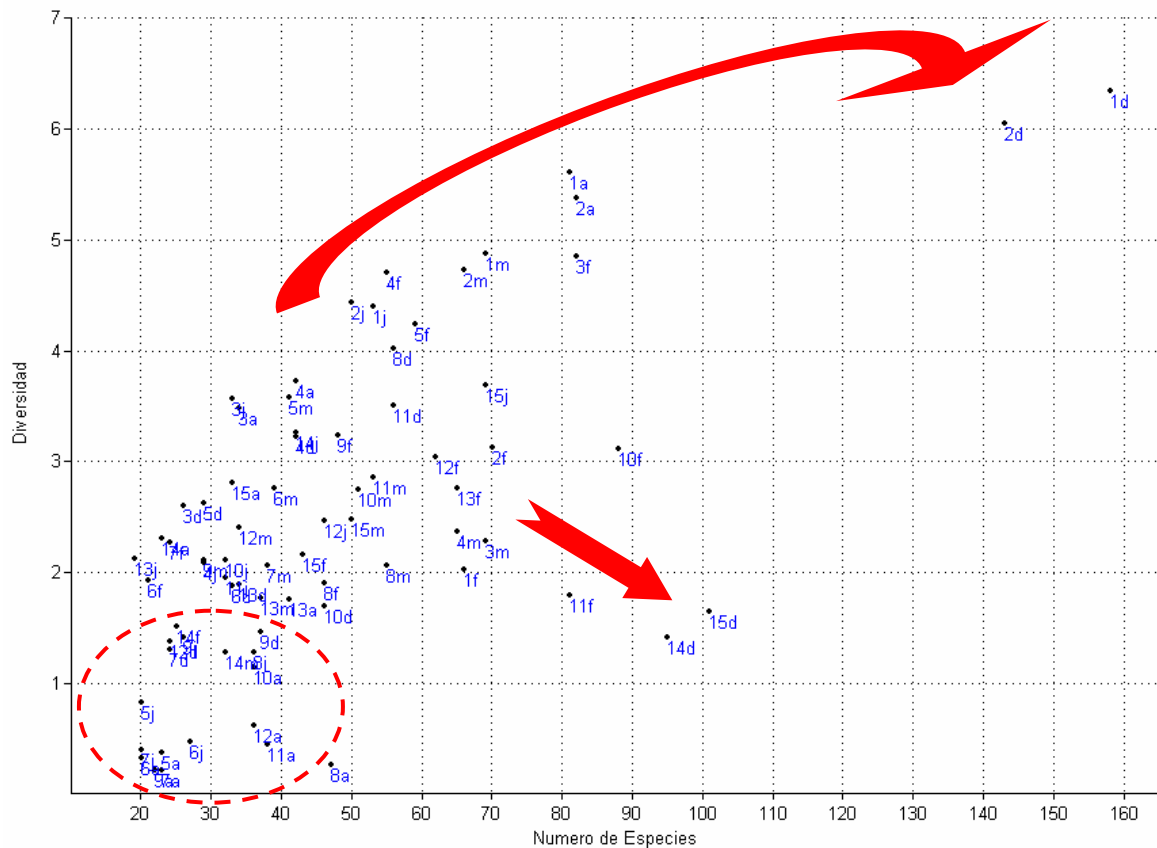
especies poco frecuentes. Entre las especies más abundantes se encontraron ocho diatomeas centrales (*Cyclotella* sp., *Rhizosolenia* sp., *Thalassiosira* sp., *Chaetoceros laevis* y cuatro *Chaetoceros* no identificados hasta especie); seis diatomeas pennadas (*Asterionella japonica*, *Pseudonitzschia pungens*, *Fragilaria crotonensis*, *Synedra ulna*, *Thalassionema nitzschioides* y *Pseudonitzschia*); tres cianófitas (*Chroococcus* sp., *Anabaenopsis tanganykae* y *Anabaena* sp.) y los dinoflagelados *Ceratium furca* y *Protoperidinium* sp.

3.2.3 Índices Ecológicos

Al calcular los índices ecológicos de riqueza (Margalef), equitabilidad (Pielou) y dominancia (Simpson) se encontró que las estaciones 1 y 2 (ciénagas el Espejo y Nisperal) de la zona A exhibieron las máximas riquezas (estación 1: 15,98, estación 2: 15,84) con mínimas dominancias (0,02 -0,03) y una equitabilidad superior al 80% para los meses de transición, diciembre y abril (Anexo B). Esto también fue reportado por Gómez (1973) quien afirma que las zonas marinas presentan mayores diversidades y riquezas, con un gran aporte de diatomeas.

En la zona B las estaciones 5 y 8 (La Loma y Cantarillo) presentaron los mayores valores de riqueza en febrero (6,96 y 5,28), así como elevadas diversidades para La Loma en febrero (4,23 bits) y en la desembocadura de Cantarillo para diciembre (4,01). Además, presentaron mayor dominancia para los meses de abril (0,91-0,95) y junio (0,50-0,90), y una equitabilidad entre el 5% (abril) y el 72% (febrero) para la estación 5 (La Loma). No obstante, la zona A exhibió constantemente mayor riqueza y diversidad, que las demás zonas (Anexo B).

Finalmente, en la zona C (estaciones 10-15) se encontraron valores menores a los de la zona A en cuanto a la riqueza; los valores máximos se obtuvieron en la estación 15 con un registro de 10,22 en junio. La equitabilidad de esta zona varió de manera global entre el 40 y 50%, especialmente para los meses de febrero, marzo y junio. Por su parte, las dominancias máximas se exhibieron para el mes de abril (0,91 y 0,87) en las estaciones 11 y 12 (zona C1) (Anexo B).



Gráfica 41. Número de especies en relación al valor de diversidad de Shannon-Weaver. En la gráfica se encuentran las quince estaciones (numeradas del 1-15) y los cinco meses muestreados (d: diciembre 2004; f: febrero 2005; m: marzo 2005; a: abril 2005; j: junio 2005). Las flechas indican las tendencias a agruparse ciertas estaciones según las zonas y fechas de muestreo. La zona punteada incluye las estaciones de Soledad en los meses de abril y diciembre.

Además, se calculó la diversidad de Shannon-Weaver, para luego graficar los valores en relación al total de especies de cada muestra (Gráfica 41). En esta gráfica se encontró que usualmente las áreas marinas tienden a presentar una alta diversidad con bajas densidades mientras que los sistemas de agua dulce propenden a estar compuestos por un menor número de individuos y por lo general con la presencia de formas dominantes (Gómez, 1973; Newell y Newell, 1963). Consecuentemente, las estaciones 1 y 2 (zona A: ciénaga el Espejo y Nisperal) tendieron a presentar comunidades fitoplanctónicas más diversas espacial y temporalmente (entre 6,34 y 4,40 bits). Además, exhibieron un gran número de morfotipos, en promedio 150 taxones (Gráfica 41: parte superior derecha). Por el contrario, las estaciones 14 y 15, de la ciénaga Ostional (zona C2) mostraron una gran

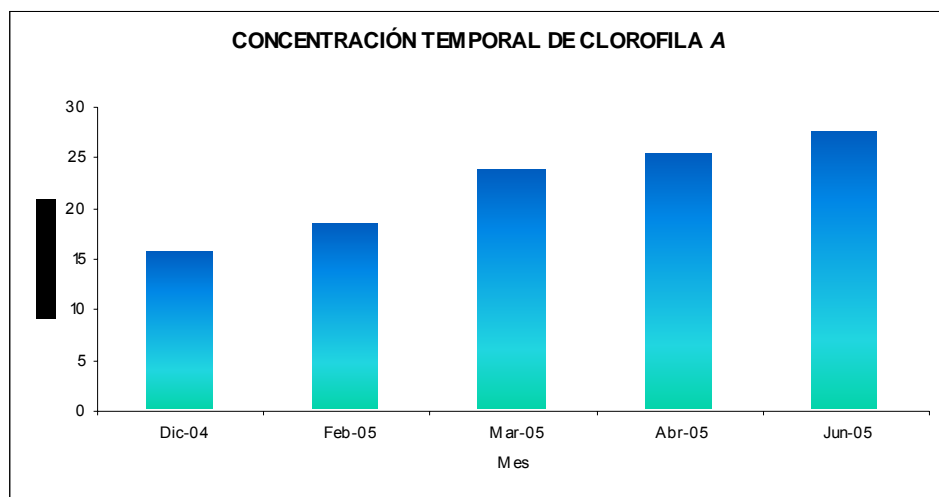
variedad de formas con bajas diversidades. Esto se dio gracias a un mayor número de especies raras con bajas densidades, como las euglenófitas y clorofitas, y a la presencia de unas cuantas diatomeas dominantes, particularmente en diciembre.

En contraste, se ha documentado que en áreas donde se encuentran y mezclan dos masas de aguas puede haber una disminución de la diversidad y un florecimiento algal dado por el intercambio de nutrientes limitantes en los cuerpos de agua hasta obtener un equilibrio de nutrientes (Mc Connaughey, 1974). Esto parece ser lo que sucedió en los meses de transición, al disminuir la cantidad de agua marina que entra al sistema estuarino (diciembre) o aumentar el aporte de agua dulce (abril), en especial en la zona B (ciénaga Soledad). Estas estaciones reciben agua dulce por los caños y aguas salobres por la dinámica fluvial del estuario, lo cual se evidencia en el valor de varianza de la conductividad y la salinidad (alrededor del 50%) durante el estudio. Así mismo, el agua alimentada por los caños puede traer consigo concentraciones de agropesticidas o sustancias de la actividad industrial de las camaroneras. De esta manera, las muestras de los meses de transición y las estaciones de la 5 a la 9 (zona B) presentaron bajas diversidades y pocas especies. Estas comunidades fueron controladas, en parte, por los florecimientos de dinoflagelados y algas azul-verdes, agrupándose en la esquina inferior izquierda de la Gráfica 41.

No obstante, existe una segunda alternativa biológica como respuesta al encuentro de distintas masas de agua. Ésta señala que cuando los cuerpos de agua no se complementan en el contenido de nutrientes, usualmente existe una mezcla de poblaciones planctónicas (Mc Connaughey, 1974). Dentro de esta comunidad mezclada sobreviven aquellas especies tolerantes a las nuevas condiciones que no necesariamente proliferan o compiten con la comunidad ya existente, lo cual contribuye al aumento de la diversidad (Welch, 1952). Este puede ser el caso de los muestreos de febrero, marzo y junio, que presentaron un número de especies moderado (20-60) y una diversidad entre 2 y 4 bits, por lo que el aumento de la diversidad se dio sin que ocurriera una cantidad elevado de especies (Gráfica 41: área central).

3.2.4 Clorofila a

Otra característica de la comunidad fitoplanctónica es la concentración de clorofila a la cual da una medida indirecta de la biomasa. En este estudio se observó que la concentración de clorofila a osciló entre 3,17 y 81,8 $\mu\text{g chl a /l}$; el menor valor se presentó en la ciénaga Buena Parte (estaciones 3 y 4) en febrero, mientras los mayores contenidos del pigmento se dieron en la ciénaga de Soledad (estaciones 5-9) a lo largo del estudio. Así mismo, se encontró que las concentraciones de este fotopigmento estuvieron entre el rango reportado por el INVEMAR (2005) para estas ciénagas.

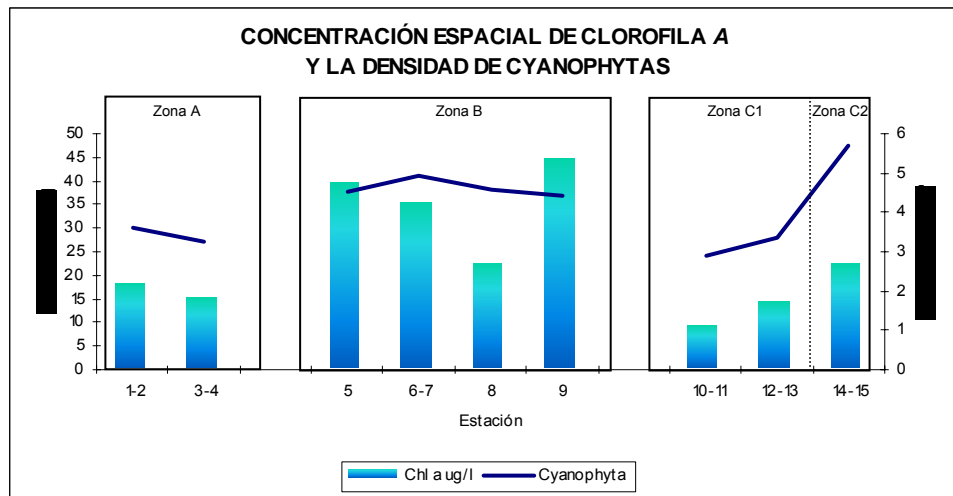


Gráfica 42. Concentración temporal de clorofila a ($\mu\text{g/l}$). Los valores son promedios de las diferentes ciénagas de la bahía de Cispatá para los meses de diciembre 2004 (Dic), febrero 2005 (Feb), marzo 2005 (Mar), abril 2005 (Abr) y junio 2005 (Jun).

La mayor concentración de clorofila a ocurrió en los meses de lluvia o aguas altas, especialmente en la zona B (Gráfica 42). Esto también fue observado por el INVEMAR (2005) en la misma área, y por Ruiz (1999) en la CGSM. Dichos trabajos atribuyen este comportamiento principalmente al incremento de nutrientes, por el lavado de las tierras circundantes, que favorece el desarrollo del fitoplancton. Por otra parte, una elevada intensidad de luz solar puede llegar a inhibir la síntesis de clorofila a (Mc Connaughey, 1974) y en el periodo lluvioso este factor no es un problema debido a la nubosidad. Por ello a pesar de que en este trabajo no se cuantificó la intensidad lumínica, no se puede descartar como un factor que influye parcialmente sobre la disminución de pigmentos para los meses secos (diciembre a marzo).

Así mismo, el contenido de este pigmento en la zona A (estaciones 1-4) fue similar al obtenido en las ciénagas Navio y El Garzal (estaciones 10-13: 6,85-13,72 $\mu\text{g chl } a / \text{l}$) de la zona C1. No obstante, los valores para los meses de marzo y abril superaron los 20 $\mu\text{g chl } a / \text{l}$, seguramente debido al aumento de la densidad fitoplanctónica total para estos meses. La zona B (estaciones 5-9) fue la de mayor contenido de clorofila *a*, aunque las estaciones 8 y 9 exhibieron fuertes variaciones: 5,45 a 31,50 $\mu\text{g chl } a / \text{l}$ y 20,15 a 81,80 $\mu\text{g chl } a / \text{l}$, respectivamente. Estos puntos de muestreo probablemente exhibieron estas características por ser áreas de encuentro entre dos masas de agua provenientes de distintas fuentes. Lo anterior resulta en una amplia variación entre las densidades fitoplanctónicas totales así como del contenido de clorofila *a* (Mc Connaughey, 1974). Paralelamente, la zona C (estaciones 10-15) presentó un aumento en el contenido de clorofila *a* en el agua hacia las estaciones más dulces en la ciénaga Ostional (promedio zona C2: 21,95 $\mu\text{g chl } a / \text{l}$). De esta manera se concluye que las estaciones con influencia dulceacuícola (zonas B y C2) presentaron mayores concentraciones del pigmento (Gráfica 43) seguramente por los aportes de nutrientes de este tipo de aguas.

El contenido de clorofila *a* está directamente relacionado con las abundancias de las microalgas. No obstante, las zonas B (ciénaga Soledad) y C2 (ciénaga Ostional) presentaron mayor concentración del pigmento a lo largo del estudio a pesar de no ser las estaciones con máximas densidades fitoplanctónicas. Esto sugiere que la concentración del pigmento depende en parte de la composición del fitoplancton. De esta manera, se encontró que el incremento de clorofila *a* en las ciénagas de Soledad y Ostional va de la mano con las mayores densidades de la división Cyanophyta, en especial de *Anabaena* sp. y *Anabaenopsis* sp. (Gráfica 43). Ruiz (1999) y Vidal (1995) también resaltaron ésta relación para la CGSM, en particular porque este grupo de microalgas contiene básicamente clorofila *a* además de ficobilinas, contrario a las demás divisiones del fitoplancton (Margalef, 1983).



Gráfica 43. Concentración espacial de clorofila a (ug/l). En la Gráfica se encuentran las densidades totales de la división Cyanophyta, en las diferentes ciénagas de la bahía de Cispatá entre los meses de diciembre 2004 y junio 2005. * Las densidades totales fueron transformadas con logaritmo para efectos de una interpretación más clara. Zona A) estaciones 1-2: ciénaga Espejo y Nisperal; estaciones 3-4: ciénaga Buena Parte. Zona B) estación 5: ciénaga La Loma; estaciones 6-7: ciénaga de Soledad; estación 8: desembocadura de Cantarillo; estación 9: frente a Caño Palermo. Zona C1) estaciones 10 y 11: ciénaga Navío; estaciones 12 y 13: ciénaga El Garzal. Zona C2) estaciones 14 y 15: ciénaga de Ostional.

Las zonas marinas (zona A: ciénagas Espejo, Nisperal y Buena Parte) o salobres (zona C1: ciénaga Navío y El Garzal) dependen de la densidad de otros organismos como los dinoflagelados y diatomeas para aumentar el contenido del pigmento en la ciénaga (Mogollón, 1996; Pearson, 1995). Otra explicación del aumento de la clorofila a en época húmeda puede deberse al incremento en el número de cloroplastos. En periodos donde la intensidad lumínica es más escasa, los organismos del fitoplancton pueden aumentar el número de pigmentos fotosintéticos internos, con el fin de optimizar la obtención de luz (Smayda, 1997). Este puede ser el caso de estas ciénagas ya que es probable que en la temporada de lluvias la intensidad lumínica disminuya.

En términos generales, los valores de clorofila a encontrados en la bahía de Cispatá son bajos, comparados con las concentraciones halladas en la Ciénaga Grande de Santa Marta (Gocke *et al.*, 2003; Ruiz, 1999). Igual sucede con las densidades fitoplanctónicas. Por esta razón, se podría pensar que el fitoplancton no es el principal responsable de la producción primaria global de este estuario. La continua remoción del plancton por el

lavado natural de las ciénagas y la poca profundidad de las mismas, entre otras causas, explicarían por qué el fitoplancton no es el principal productor primario. Este papel lo realizarían principalmente el manglar y las macrófitas (Nybakken y Bertness, 2005). Igualmente, es importante resaltar que el nanoplancton puede influir en la alteración de la concentración del pigmento fotosintético, aunque en este estudio no se tuvo en cuenta este componente de la comunidad fitoplanctónica. Sin embargo, esto no implica que el fitoplancton no sea un buen instrumento para identificar las alteraciones del medio. Por el contrario, con el presente estudio se ha comprobado que las microalgas cambian de composición tanto espacial como temporalmente por las modificaciones de los parámetros físico-químicos de la zona estuarina de la bahía de Cispatá.

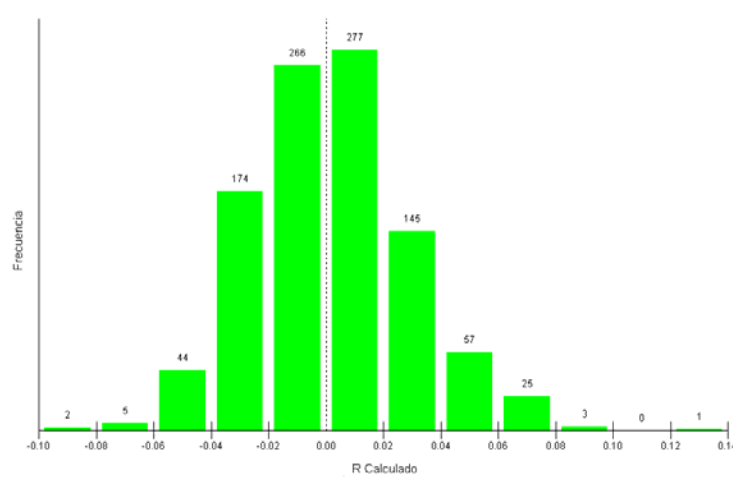
3.2.5 Análisis ANOSIM

Se evaluó la variabilidad espacial de la comunidad fitoplanctónica mediante un análisis de similitud ANOSIM con el fin de ver si tiene relación con las áreas de afectación antrópica previamente establecidas. Para ello se planteó la siguiente hipótesis nula: no hay diferencias significativas, en cuanto a la composición fitoplanctónica, entre las zonas A, B, C1 y C2. Mediante la prueba Global se obtuvo un rechazo de la hipótesis nula con un nivel de significancia del 0,1%, con 999 permutaciones. En la Gráfica 44 se observó que la totalidad de las permutaciones exhibieron valores inferiores al R esperado (0,623) lo cual indicó que existe una fuerte diferencia entre las zonas. La prueba Pareada mostró nuevamente diferencias entre cada par de zonas, con el mismo nivel de significancia y número de permutaciones mencionada anteriormente (Tabla 5).

Tabla 5. Resultados de la prueba estadística ANOSIM. R cal.: R calculado; R est.: R estadístico. Zona A: ciénaga Espejo, Nisperal y Buena Parte (estaciones 1-4); Zona B: ciénagas La Loma y Soledad (estaciones 5-9); Zona C1: ciénagas Navio y El Garzal (estaciones 10-13); Zona C2: ciénaga Ostional (estaciones 14-15).

Prueba	Parejas	R estadístico	# de R cal. \geq R est.
Global	Zonas A/B/C1/C2	0,623	0
	Zonas A / B	0,722	0
Pareada	Zonas A / C1	0,289	0
	Zonas A / C2	0,658	0
	Zonas B / C	0,718	0
	Zonas B / C2	0,791	0
	Zonas C1 / C2	0,563	0

Consecuentemente, se puede decir que las áreas planteadas en el inicio del proyecto reflejan la dinámica espacial de la comunidad fitoplanctónica entre los meses de diciembre 2004 y junio 2005.



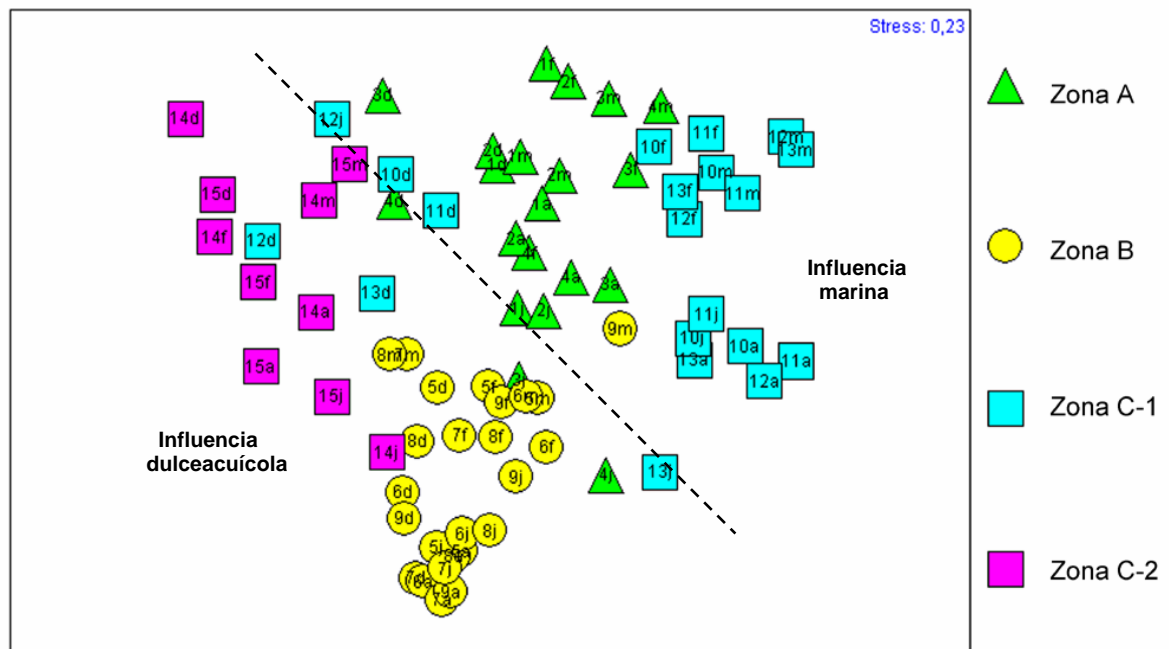
Gráfica 44. Histograma de frecuencias. Estos R calculados se obtuvieron a partir de la prueba estadística ANOSIM.

3.2.6 Análisis de Ordenación y Clasificación

El análisis de ordenación no paramétrico de escalamiento multidimensional (nMDS) de la comunidad fitoplanctónica evidenció una clara disociación entre las estaciones con influencia marina (zona A y C1) y las estaciones con influencia dulceacuícola (zona B y C2) (Gráfica 45). No obstante, la totalidad de las estaciones de la zona C (estaciones 10-15) para diciembre se agruparon en la zona C2 seguramente debido a la transición entre aguas altas y bajas para este mes. Esto refleja una mayor influencia de las descargas del río Sinú para estas ciénagas (Navío y El Garzal).

La dispersión de las estaciones hace pensar que el comportamiento de la composición del fitoplancton está regido principalmente por la salinidad o conductividad, y que la influencia antrópica que se presenta en las zonas A y B constituye un factor secundario. Es necesario resaltar que según Clarke y Warwick (2001) el valor de estrés obtenido en el nMDS de 0,23 indica que los datos presentan un forzamiento para ser ubicados

bidimensionalmente. Aún así, brinda información potencialmente útil que puede ser rectificada empleando un análisis de clasificación. Para subsanar este forzamiento se realizó un análisis nMDS y un prueba de clasificación independientes para cada zona. Estas pruebas estadísticas se realizaron empleando 79 especies elegidas con un percentil del 15%.



Gráfica 45. Gráfica de nMDS. Para esta prueba se emplearon los datos de densidad fitoplanctónica de la bahía de Cispatá. La línea punteada central diferencia las áreas de influencia marina (zona A y C1) de las zonas dulceacuícolas (zona B y C2). Los números indican la estación (1-15) y la letra el mes (d: diciembre; f: febrero; m: marzo; a: abril; j: junio).

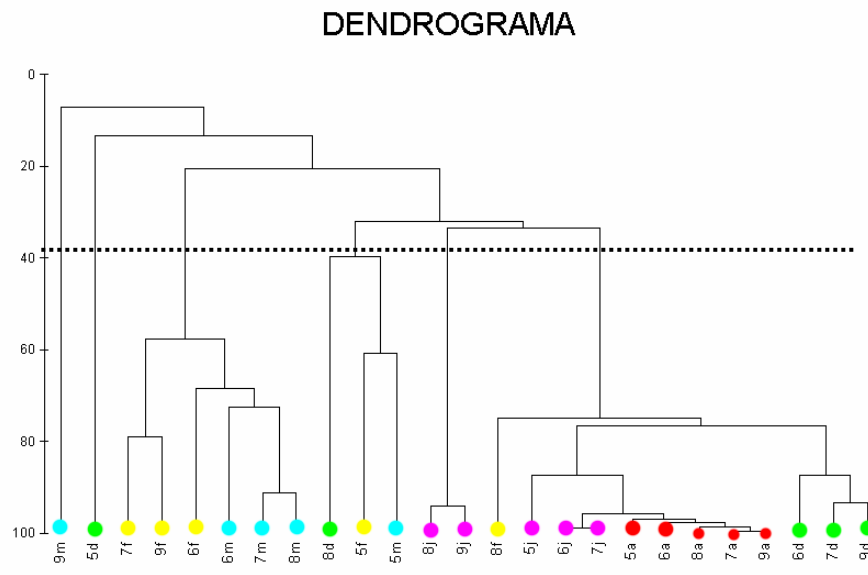
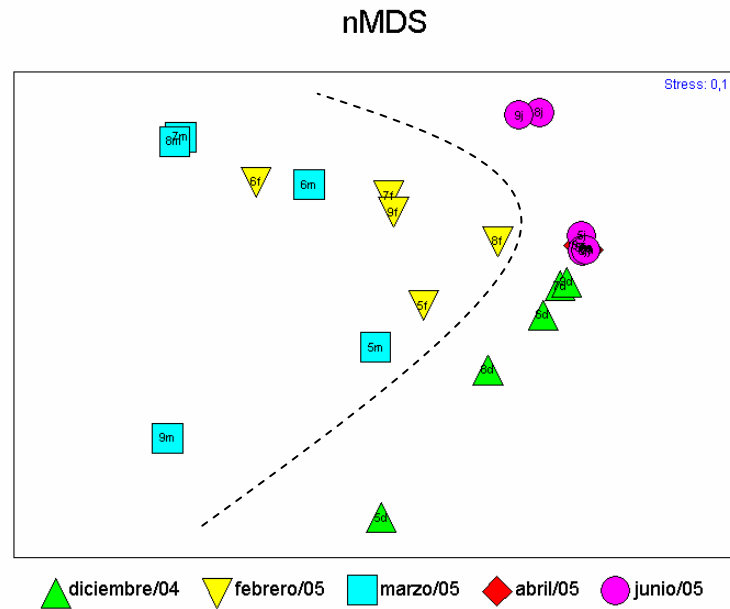
De esta manera, el nMDS de la zona A (estaciones 1-4) mostró una diferenciación entre las ciénagas Espejo/Nisperal (estaciones 1 y 2) y Buena Parte (estaciones 3 y 4) con un valor de estrés del 0,17 lo cual indica una buena ordenación (Clarke y Warwick, 2001) (Gráfica 46). No obstante, al realizar el dendrograma se encontró una separación marcada de las muestras de la ciénaga Buena Parte para el mes de diciembre. Estas muestras presentaron una gran similitud entre si en cuanto a las especies de *Thalassiosira* sp., *Protoperdinium* sp. y *Peridinium* sp. Igualmente, este segundo análisis resaltó la similitud entre las muestras de las estaciones 1 y 2 de marzo, abril y junio con las muestras de las estaciones 3 y 4 para febrero (Gráfica 46). Las estaciones 1 y 2 para marzo, abril y junio presentaron las siguientes diatomeas de tamaños grandes, típicas del

plancton en área con buena remineralización (Kucklick, 1987): *Pleurosigma furmosum*, *Pleurosigma* sp., *Gyrosigma fasciola*, *Nitzschia sigma*, *Amphiprora alata*, *Surirella fastuosa*, *Biddulphia aurita* y *B. mobiliensis*. Estas estaciones se asemejaron a la ciénaga Buena Parte en febrero por compartir especies costeras como *Pseudonitzschia pungens*, *Rhizosolenia* sp., *Chaetoceros* sp. y *Asterionella japonica*, adaptadas a bajas concentraciones de elementos nitrogenados como ocurrió en febrero (Gráfica 46).

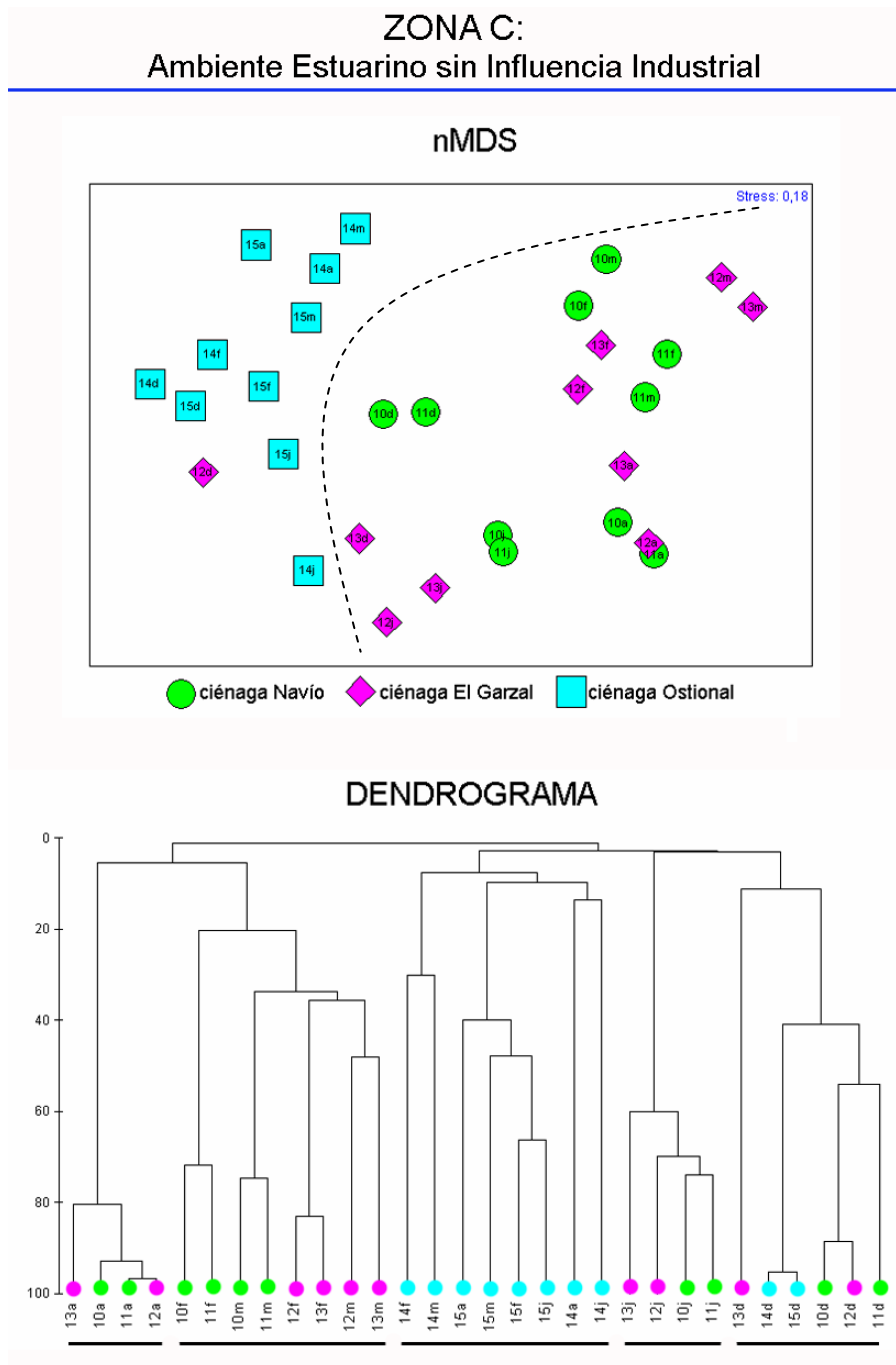
Finalmente, ambas pruebas estadísticas mostraron una agrupación por ciénagas para cada mes, lo cual comprobó la influencia común de la conexión directa que presentan las ciénagas de Espejo y Nisperal (estaciones 1 y 2) con el mar, lo que a su vez les confiere comunidades fitoplanctónicas muy semejantes. Por su parte, la ciénaga Buena Parte (estaciones 3 y 4) presentó una influencia marina indirecta que modificó levemente la composición del fitoplancton comparado con el de las otras dos ciénagas. Sin embargo, las cuatro estaciones se caracterizaron por ser salinas, con el mayor número de diatomeas, las cuales son típicas de aguas salobres o marinas (Balech, 1988). Adicionalmente, no se observó ninguna alteración de la comunidad fitoplanctónica a lo largo del estudio, lo cual señala que la actividad antrópica por parte de las camaroneras Agrotijo y Camarones del Sinú parece estar amortiguada por la influencia directa del mar Caribe en estas ciénagas.

Por el contrario, la zona B (estaciones 5-9) presentó dominancia de cianófitas (en todas las ciénagas de esta zona) y de un dinoflagelado del género *Alexandrium* (estación 5 para diciembre). Esta coexistencia de especies señala condiciones cambiantes (Ramírez, 2000; Sar, 2002) posiblemente propiciadas por la contribución de sustancias y compuestos provenientes de la industria agrícola y de la camaronera Agrosoledad. Adicionalmente, se presentó un alto porcentaje de similitud en el dendrograma entre las estaciones de ésta zona, lo cual permite deducir que el vertimiento de desechos por parte de la camaronera a través del biofiltro en la ciénaga La Loma (estación 5), así como los probables compuestos agrícolas traídos por los caños Cantarillo y Caño Palermo a la ciénaga de Soledad, generan una afectación antrópica acumulada y posiblemente constante (Gráfica 47).

ZONA B:
Ambiente Estuarino con Influencia Dulceacuícola e Industrial



Gráfica 47. nMDS y Dendrograma para la zona B: estaciones con influencia de agua dulce e industrial. La línea curvada en el nMDS separa las muestras de febrero y marzo 2005 de las demás muestras. La línea punteada del dendrograma muestra el corte de similitud (40%). Verde: muestras de diciembre; amarillo: muestras de febrero; azul: muestras de marzo; rojo: muestras de abril; rosado: muestras de junio. Los números indican las estaciones y ciénagas (5: La Loma; 6 y 7: Soledad; 8: desembocadura de Cantarillo; 9: desembocadura de Caño Palermo).



Gráfica 48. nMDS y Dendrograma para la zona C: estaciones sin afectación industrial. La línea curvada del nMDS separa las muestras de la zona C1 (salobres) y zona C2 (dulceacuícolas). Zona C1) Verde: ciénaga Navío (estaciones 10 y 11); rosado: ciénaga El Garzal (estaciones 12 y 13). Zona C2) Azul: ciénaga Ostional (estaciones 14 y 15). Los números indican las estaciones (10-15) y las letras los meses (d: diciembre; f: febrero; m: marzo; a: abril; j: junio).

A la vez, las muestras de diciembre de la zona B se congregaron por ser un mes de transición entre época húmeda y seca. Exhibieron especies típicas de aguas estuarinas con deficiencia de nutrientes como la *Cyclotella* sp. (Ramírez, 2000), la cual aumentó en la ciénaga de Soledad en este mes. Las estaciones agrupadas para los meses de febrero y marzo en el nMDS y en el dendrograma (Gráfica 47), tuvieron en común densidades semejantes de especies coloniales de rápido reproducción como *Rhizosolenia* sp., *Cyclotella glomerata* y una cianofita filamentosa. Todas estas especies son características de ambientes con bajas concentraciones de nutrientes, y en general aparecen en condiciones adversas (Margalef, 1995). Igualmente, se vio una sobreposición de las muestras de abril y junio en el nMDS, debido al aumento de *Anabaena* sp. y *Chroococcus* sp. Esta agrupación evidenció una dispersión de los nutrientes solubles por ser época de transición entre aguas bajas y altas, lo cual permite la aparición de organismos de crecimiento rápido, tolerantes a estas fluctuaciones, como lo son las cianófitas (Ramírez y Viña, 1998; Margalef, 1983).

Por su parte, la zona C se distinguió por presentar una alteración de la composición del fitoplancton dada por las épocas de transición climática, así como por los valores de salinidad, que separan la zona C1 de la C2. Al examinar el nMDS de ésta área se observó la anterior segregación tanto temporal como espacialmente. La zona C1 abarcó las estaciones salobres (estaciones 10-13) y la C2 englobó las estaciones dulceacuícolas (estación 14 y 15) con un 10% de similaridad en el dendrograma. Por otra parte, las muestras de abril y junio para la zona C1 fueron las que exhibieron mayores similaridades (80 y 60%, respectivamente). Además, se encontró una similitud del 20% entre las muestras de la zona C1 para febrero y marzo (Gráfica 48).

Las ciénagas de la zona C1 (ciénaga Navio y El Garzal) mostraron un comunidad más marina para los meses secos (febrero y marzo) con especies como *Pseudonitzschia* sp., *Thalassionema nitzschioides* y *Ceratium furca*, mientras que en junio presentaron dos especies de *Chaetoceros* muy abundantes. La dinámica de la estructura fitoplanctónica descrita anteriormente presenta características de una sucesión fitoplanctónica avanzada. Exhibe especies con menores requerimientos de nutrientes capaces de aprovechar el poco contenido de elementos que han quedado luego de las etapas previas de la sucesión (Margalef, 1995). Biológicamente, las estaciones de la zona C1 de abril

asociadas en el dendrograma se asemejaron por ser el mes con mayor proliferación de *Anabaena* sp., lo que refleja un fuerte cambio en las ciénagas propiciado por la época de transición (Ramírez, 2000).

Conjuntamente, el grupo de las estaciones 14 y 15 (ciénaga Ostional) exhibió una mayor densidad de diatomeas céntricas como la *Cyclotella* sp., *Aulocoseira granulata* y *Coscinodiscus* sp. Todas ellas se consideran especies estuarinas, algunas bentónicas y otras planctónicas, lo cual muestra un cierto grado de mezcla de la columna de agua para este mes (Vidal, 1995). Igualmente, la época de transición se reflejó en las muestras de diciembre para la zona C (estaciones 10-15), en las que se destacó una proliferación de *Synedra ulna* y *Fragilaria crotonensis* (INVEMAR, 2005). Además, en esta asociación se presentó el mayor número de taxones de la división Euglenophyta, los cuales aparecen en medios ricos en materia orgánica (Ramírez, 2000).

3.2.7 Análisis SIMPER

Cada zona de muestreo por mes se caracterizó por una agregación particular de individuos pertenecientes a los distintos grupos taxonómicos del fitoplancton. De esta manera, cada zona en el tiempo presentó ciertos organismos claves que se diferenciaron con la prueba estadística de similaridad SIMPER. Adicionalmente, se registró la importancia ecológica de cada especie en fichas técnicas (Anexo C).

En la zona A (estaciones 1-4), en el mes de diciembre y febrero aparecieron especies típicas de épocas de mezcla con bajo contenido de nutrientes. Entre estas especies se encontraron diatomeas de pequeño tamaño como la *Asterionella japonica*, *Gyrosigma fasciola*, *Thalassiosira* sp. y *Chaetoceros* sp. (Tabla 6; Anexo C). Estos organismos son principalmente formas bentónicas, que habitan aguas marinas y que se han registrado para zonas estuarinas (Round *et al.*, 1990; Calderón, 1986; Cupp, 1943). Esta composición del fitoplancton es típica de áreas marinas y costeras (Odebrecht *et al.*, 2002; Sze, 1998), en las que existe resuspensión del sedimento por efecto del viento, así como concentraciones bajas de fósforo características que exhiben las ciénagas de la zona A.

En marzo la especie dominante y más frecuente fue *Pseudonitzschia pungens* (Tabla 6; Anexo C). Esta diatomea marina es capaz de formar florecimientos de carácter tóxico. *P. pungens* secreta ácido domoico que genera Envenenamiento Amnésico de Moluscos y altera la salud de los organismos que ingieran estos bivalvos o beban el agua directamente (Ferrario *et al.*, 2002). No obstante, las densidades obtenidas para la zona marina (máximo de 63000 unid/l) no parecen indicar signos de envenenamiento, aunque la presencia de este organismo puede ser potencialmente peligroso para el área.

Tabla 6. Resultados de la prueba estadística de similaridad SIMPER. Porcentajes de contribución de similaridad de las distintas especies fitoplanctónicas, dentro de cada zona (A, B, C1 y C2) para los meses de muestreo (diciembre 2004, febrero, marzo, abril y junio 2005) en la bahía de Cispatá. División B: Bacillariophyta; División C: Cyanophyta; División P: Pyrrophyta.

PORCENTAJE DE CONTRIBUCIÓN DE SIMILARIDAD						
CIÉNAGA	DIVISIÓN / ESPECIE	Dic-04	Feb-05	Mar-05	Abr-05	Jun-05
Zona A: ciénagas Espejo, Nisperal y Buena Parte	B <i>Amphiprora alata</i>					9,82
	B <i>Asterionella japonica</i>	9,58	49,79			
	B <i>Chaetocero</i> sp.		7,72			7,04
	B <i>Cyclotella glomerata</i>				13,35	
	B <i>Gyrosigma fasciola</i>	6,98				
	B <i>Nitzschia sigma</i>				18,92	
	B <i>Pleurosigma</i> sp.				5,45	
	B <i>Pseudonitzschia</i> sp.				9,6	
	B <i>Pseudonitzschia pungens</i>			69,07		
	B <i>Thalassiosira</i> sp.	27,02				
	C <i>Anabaena</i> sp.					13,12
	C cianofita filamentosa	8,36				
P <i>Ceratium furca</i>				5,69		
P <i>Peridinium</i> sp.					27,05	
Contribución total %		51,93	57,51	69,07	53,02	57,02
Zona B	C <i>Anabaena</i> sp.	69,41	50,01		99,53	80,52
	C <i>Chroococcus</i> sp.			60,12		
	Contribución total %		69,41	50,01	60,12	99,53
Zona C1: ciénaga Navio y El Garzal	B <i>Chaetocero laevis</i>			22,03		
	B <i>Pseudonitzschia</i> sp.		39,86	42,78		
	B <i>Synedra ulna</i>	61,07				
	B <i>Thalassionema nitzschoides</i>		41,45			
	P <i>Ceratium furca</i>				97,2	
estructura de resistencia						91,09
Contribución total %		61,07	81,31	64,81	97,2	91,09
Zona C2: ciénaga de Ostional	B <i>Amphiprora alata</i>			43,42		
	B <i>Coscinodiscus granii</i>			25,49		34,25
	B <i>Cyclotella</i> sp.				57,17	
	B <i>Fragilaria crotonensis</i>	77,49				
	B <i>Synedra ulna</i>		72,63			
	C <i>Anabaena</i> sp.					45,85
Contribución total %		77,49	72,63	68,91	57,17	80,09

Por su parte, para abril y mayo en la zona marina, se observó un cambio en la comunidad fitoplanctónica; se encontraron formas epibentónicas típicas de aguas con influencia dulceacuícola (Sze, 1998; Pinilla, 1998; Tomas, 1997; Round *et al.*, 1990; Vidal y Carbonell, 1977). Entre estos individuos, se presentaron *Cyclotella glomerata*, *Pseudonitzschia* sp., *Nitzschia sigma*, *Amphiprora alata* y *Pleurosigma* sp. (Tabla 6; Anexo C). Es probable, que estas especies hayan prosperado por la mayor influencia de aguas dulces que caracterizan la época de aguas altas (INVEMAR, 1999). Por otra parte, el lavado de las ciénagas pudo alterar la interfase agua-fondo, lo cual posibilita el desarrollo de formas bentónicas en la columna de agua. Así mismo, formas móviles (*Ceratium furca* y *Peridinium* sp.), o con mecanismos de flotación como setas (*Chaetoceros* sp.) o vacuolas gaseosas (*Anabaena* sp.), aumentaron en estos meses (Anexo C). Estas especies pueden mantenerse en la superficie por un tiempo más prolongado que otras gracias a tales adaptaciones morfológicas. Igualmente, tienden a aparecer con bajas concentraciones de nitrógeno (Ramírez, 2000; Pinilla, 1998; Ruttner, 1953).

Este patrón en la dinámica de la comunidad fitoplanctónica muestra un cambio marcado en la zona A que se inicia en época seca con procesos de mezcla por la incidencia de los vientos Alisios, caracterizado por especies más marinas de rápida reproducción, generalmente de vida colonial. Siguen las diatomeas de reproducción rápida, pero típicas de hábitats estuarinos y aguas dulces, con bajos requerimientos de nutrientes. Luego se presentaron dinoflagelados, de crecimiento lento, capaces de ser heterótrofos cuando hay concentraciones bajas de nutrientes (Margalef, 1995; Vidal, 1995).

Por el contrario, las ciénagas La Loma y Soledad (zona B) no mostraron ningún tipo de patrón en el transcurso de estos meses. Cada mes presentó al menos un 50% de similitud en su composición debida a la dominancia de *Anabaena* sp. y *Chroococcus* sp. (Anexo C). Ambas especies pertenecen al grupo de las cianobacterias, lo cual indica aguas empobrecidas en nitrógeno o ricos en fósforo, o presencia de alguna forma de contaminación (Ramírez, 2000). Además, como lo resalta Margalef (1995), este grupo de microalgas hace parte de las últimas etapas de los procesos de sucesión, en las que los cuerpos de agua presentan bajos contenidos de nitrógeno. Consecuentemente, especies fijadoras de nitrógeno atmosférico como la *Anabaena* sp., usualmente se desarrollan en

estos ambientes con relaciones de nitrógeno:fósforo mayores a 10 (Odebrecht *et al.*, 2002; Ramírez y Viña, 1998; Zhong, 1989; Margalef, 1983; Bougis, 1976). Además, se han reportado blooms de *Anabaena* en condiciones de mezcla y turbulencia (Pinilla, 1998) las cuales parecen presentarse en esta área por los vientos y la llegada de las lluvias. En estas circunstancias las cianófitas aprovechan las condiciones cambiantes e inestables, desarrollándose rápidamente comparativamente, lo cual ejerce una fuerte competencia sobre otros grupos del fitoplancton (Margalef, 1983).

Las ciénagas Navio y El Garzal de la zona C1 (estaciones 10-13) presentaron especies planctónicas y marinas para la época seca con aguas bajas, normalmente muy abundantes (Ferrairo *et al.*, 2002; Ramírez, 2000; Round *et al.*, 1990; Cupp, 1943). Entre estas especies *Synedra ulna* caracterizó el mes de diciembre con un 61%, mientras *Pseudonitzschia* sp. y *Thalassionema nitzschioides* representaron un 80% de la dinámica de las ciénagas para febrero, y un 65% entre la misma *Pseudonitzschia* sp. y *Chaetoceros laevis* para marzo (Tabla 6; Anexo C). Nuevamente, se observó una dominancia de diatomeas con bajas necesidades de nutrientes, característico de una sucesión fitoplanctónica media (Margalef, 1995).

En los meses de aguas altas (abril y junio) se presentó una proliferación de *Ceratium furca* en las ciénagas de Navio y El Garzal (zona C1: estaciones 10-13) (Tabla 6; Anexo C). Este es un dinoflagelado que habita medios estuarinos, aunque prefiere mayores salinidades (Bold y Wynne, 1985; Parra *et al.*, 1985). Al parecer, las condiciones mesotróficas de estas ciénagas para los meses de abril y junio limitaron en cierto grado el crecimiento del grupo Bacillariophyta, situación aprovechada por los dinoflagelados como *C. furca* (Pearson, 1995). Así mismo, es importante resaltar que los blooms de esta especie son tóxicos cuando alcanzan 1-20 millones de células por litro, lo cual resulta en mortandades de peces y otros organismos marinos (Bold y Wynne, 1985). No obstante, en el presente estudio las máximas densidades fueron de 32000 células por litro para abril.

En junio hubo un aumento significativo de una estructura de resistencia, posiblemente de un dinoflagelado (Tabla 6), lo cual demuestra la presencia de condiciones inadecuadas para el desarrollo de ciertos organismos. La formación de este tipo de estructuras en

condiciones adversas ocurre en especial por la división Pyrrophyta, sin embargo no fue posible identificar a qué grupo pertenece este organismo.

Por el contrario, en la zona C2 (estaciones 14 y 15 de la ciénaga Ostional) se observó una dominancia de *Fragilaria crotonensis* y *Synedra ulna* para diciembre y febrero (Tabla 6; Anexo C). Estas especies son típicas de aguas dulces aunque son más comunes en el bentos (Ramírez, 2000; Round *et al.*, 1990; Cupp, 1943). Es así como se puede deducir la existencia de procesos de mezcla en esta época, tal como parece ocurrir en las demás zonas. Igualmente, las especies abundantes del mes de marzo fueron diatomeas de gran tamaño como: *Amphiprora alata* y *Coscinodiscus granii* (Tabla 6; Anexo C). Ambas son especies grandes con altas tasas de sedimentación, lo cual hace pensar que se presenta algún grado de mezcla de la columna de agua que mantiene estas especies a flote. Adicionalmente, las diatomeas de gran tamaño, como éstas, son frecuentes en zonas con buena remineralización (Kucklick, 1987). Lo anterior se puede dar, no sólo por procesos de mezcla, sino por aportes de minerales del Caño Grande provenientes del río Sinú.

En abril se presentó una gran densidad de *Cyclotella* sp. (Anexo C), la cual se encuentra en aguas dulces, oligotróficas y calmadas (Sze, 1998; Tomas, 1997). Esta especie también fue reportada por el INVEMAR (1999) como una de los organismos fitoplanctónicas más abundantes en el transcurso de los años estudiados. Por el contrario, para junio no solo siguió presentándose *Coscinodiscus granii*, sino que aparece *Anabaena* sp. en la ciénaga Ostional (Tabla 6). La presencia de esta cianofita puede indicar una disminución del contenido de nutrientes, así como un aporte significativo de materia orgánica ocasionado probablemente por el aumento del caudal de Caño Grande en época de lluvias (junio).

3.2.8 Índices de Estado Trófico

Al calcular los dos índices de Nygaard (1949) para determinar el estado trófico de las distintas ciénagas, según el número de taxones de las divisiones Cyanophyta, Chlorophyta (Desmidiaceae) y Bacillariophyta, se encontró que cada índice produjo una clasificación distinta en una misma área. Para solucionar este problema sólo se tuvo en cuenta el Índice de Diatomeas (ID) para las ciénagas con influencia marina (Espejo, Nisperal y

Buena Parte) y para las salobres (Navio y El Garzal), mientras que para las ciénagas con influencia de agua dulce (La Loma, Soledad, frente a Cantarillo y en la desembocadura de Caño Palermo) y la ciénaga de Ostional la cual es oligohalina a lo largo del estudio, se empleó únicamente el Índice Cianofíceo (IC) (Tabla 7).

Las ciénagas con influencia marina de la zona A (Espejo, Nisperal y Buena Parte) se clasificaron como eutróficas por ID. Sin embargo, para los meses de abril y junio en la ciénaga Buena Parte (estaciones 3 y 4) se presentaron características oligotróficas, seguramente como respuesta al aumento de la influencia de aguas dulces. Este incremento del aporte de agua causa la dispersión de las partículas suspendidas, incluso el fitoplancton (Welch, 1952). No obstante, este cambio se produce como consecuencia del ciclo unimodal del clima de la Bahía (INVEMAR, 2005). Las ciénagas de Navio y El Garzal, por su parte, también fueron eutróficas en los meses de diciembre, febrero y abril, con una tendencia a ser oligotróficas en marzo y junio, por el leve aumento en el número de diatomeas pennadas (Tabla 7).

Paralelamente, las ciénagas dulceacuícolas fueron más sensibles al Índice Cianofíceo, aunque en ciertas ocasiones no fue posible calcularlo por la ausencia de formas pertenecientes al grupo de las Desmidiaceas (Tabla 7). Por lo tanto, en febrero y marzo se tomó el valor del Índice de Diatomeas, ya que se presentó un mayor aporte de especies de este grupo. Esto resulta, en parte, por el carácter más salino en estos meses debido a una menor influencia de aguas dulces, ya que es época de aguas bajas (INVEMAR, 2005).

En el ambiente estuarino con influencia de agua dulce (zona B) es más probable encontrar cierto grado de eutrofización por el aporte de materia orgánica traída por los ríos o caños (Margalef, 1995). Se deduce entonces que la influencia antrópica posiblemente contribuya a la entrada de partículas y materia orgánica tanto directamente como por medio de los caños Cantarillo y Caño Palermo. Sin embargo, La Loma (zona B: estación 5) mostró una tendencia a la oligotrofia en marzo debido al mayor número de diatomeas pennadas de vida bentónica suspendidas fácilmente en la columna de agua por la poca profundidad de ésta ciénaga. Igualmente, las estaciones 8 y 9 ubicadas en las desembocaduras de Cantarillo y Caño Palermo (zona B), presentaron un estado

oligotrófico por el incremento de diatomeas pennadas en febrero y marzo. Lo anterior, sugiere un aumento en los procesos de mezcla generados en estas áreas por la entrada del agua de los caños, lo que resulta en la posible resuspensión de estas formas bentónicas (Tabla 7).

Tabla 7. Valores los índices de estado trófico de Nygaard. Ciénaga Espejo/Nisperal: estaciones 1-2; C. Buena Parte: estaciones 3-4; C. La Loma: estación 5; C. Soledad: estaciones 6-7; desembocadura de Cantarillo: estación 8; frente a Caño Palermo: estación 9; C. Navío: estaciones 10 y 11; C. El Garzal: estaciones 12 y 13; C. Ostional: estaciones 14 y 15.

MES	CIÉNAGA	IND. CIANOFICEO	IND. DIATOMEA
Dic-04	Espejo/Nisperal		5,12
	BuenaParte		1,20
	La Loma	8,00	
	Soledad	2,40	
	Cantarillo	2,67	
	CañoPalermo	4,00	
	Navío		1,32
	El Garzal		1,67
	Ostional	0,52	
Feb-05	Espejo/Nisperal		1,18
	BuenaParte		3,14
	La Loma	12,00	3,00
	Soledad	-	2,11
	Cantarillo	-	0,50
	CañoPalermo	-	2,78
	Navío		4,39
	El Garzal		2,85
	Ostional	3,50	0,84
Mar-05	Espejo/Nisperal		1,23
	BuenaParte		1,55
	La Loma	-	0,87
	Soledad	11,00	
	Cantarillo	2,33	
	CañoPalermo	-	0,90
	Navío		0,85
	El Garzal		1,00
	Ostional	1,20	
Abr-05	Espejo/Nisperal		1,76
	BuenaParte		0,73
	La Loma	6,00	
	Soledad	3,33	
	Cantarillo	3,00	
	CañoPalermo	5,00	
	Navío		2,28
	El Garzal		2,00
	Ostional	0,86	
Jun-05	Espejo/Nisperal		1,05
	BuenaParte		0,65
	La Loma	3,00	
	Soledad	4,50	
	Cantarillo	8,00	
	CañoPalermo	-	2,00
	Navío		1,25
	El Garzal		1,00
	Ostional	1,13	
Clave: Oligotrófico Mesotrófico Eutrófico			

Finalmente, la ciénaga Ostional (zona C2: estaciones 14 y 15) reflejó un comportamiento de eutrofia para febrero, marzo y junio, mientras los meses de diciembre y abril fueron oligotróficos. Esto demuestra un posible desequilibrio de la comunidad fitoplanctónica, así como de la estabilidad de la columna de agua causado por la transición entre época húmeda/seca (diciembre) y aguas bajas/altas (abril) (Tabla 7). Puede señalarse además que los índices del estado trófico de Nygaard son de difícil aplicación en zonas estuarinas, donde el dominio de las diatomeas centrales y la baja representación de las desmidias no se deben al estado trófico sino a las condiciones salobres.

3.3 DESCRIPCIÓN DE ALGUNAS ESPECIES RARAS

La comunidad fitoplanctónica, del presente estudio, muestra una gran diversidad taxonómica, compuesta en su mayoría por especies raras, es decir de organismos con bajas frecuencias de aparición y reducidas densidades. Dentro de estos individuos se encontraron especies tóxicas, así como posibles nuevos reportes para la zona. Por lo anterior, se quiso resaltar la importancia ecológica y económica de algunas microalgas potencialmente nocivas. Igualmente, los grupos Euglenophyta y Chlorophyta presentaron alta riqueza de especies con bajas densidades, por lo cual se pretende señalar su importancia ecológica en el estuario. Adicionalmente, se proponen primeros registros de algunas especies fitoplanctónicas para el área.

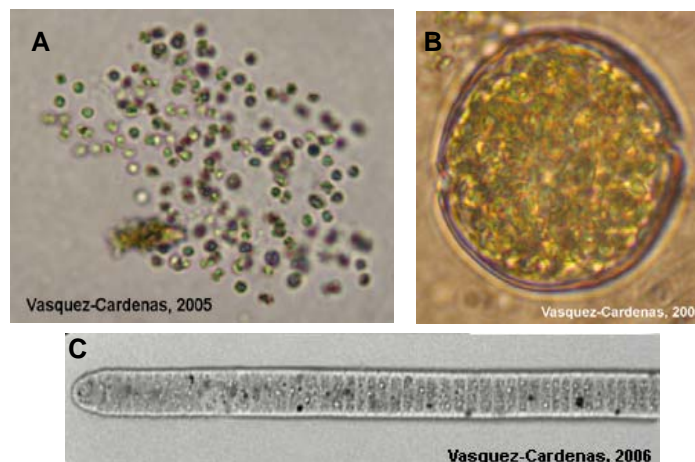
3.3.1 Especies Potencialmente Tóxicas

Ciertos géneros del fitoplancton se han registrados mundialmente como organismos capaces de sintetizar sustancias tóxicas para otros individuos acuáticos, así como para aves y mamíferos (Turner y Tester, 1997). Tanto en altas como en bajas abundancias, estos organismos productores de compuestos nocivos pueden ocasionar elevadas concentraciones de sustancias perjudiciales para el equilibrio del ecosistema (Sar *et al.*, 2002). Así mismo, florecimientos de millones de células de un mismo género que no sintetiza toxinas, puede ser potencialmente dañino para otros organismos (Bold y Wynne, 1985). En este caso, las branquias de los peces pueden quedar obstruidas, se producen estados de anoxia por los procesos de respiración y se presentan aumentos en el

contenido de metabolitos, liberados por la descomposición de las mismas células fitoplanctónicas (Ochoa, 2003; Sar *et al.*, 2002; Horner *et al.*, 1997).

Las causas de los blooms no se pueden atribuir a un sólo evento físico o químico, sino más bien a un efecto sinérgico de varios factores. Estas proliferaciones se encuentran asociadas a condiciones óptimas de luz y temperatura, unidas a procesos de mezcla de la columna de agua, entrada excesiva de nutrientes, alteración de la relación N:P, eutrofización o estratificación del agua, entre otras (Cartensen *et al.*, 2004; Paerl, 1988). A su vez, los florecimientos pueden ser mermados y controlados por la disponibilidad de nutrientes o como respuesta al pastoreo (Turner y Tester, 1997; Paerl, 1988).

Los blooms de dinoflagelados y las cianobacterias fueron los primeros eventos asociados con los cambios de coloración del agua (mareas rojas) (Sar *et al.*, 2002; Paerl, 1988). No obstante, hoy se conoce un mayor número de especies, pertenecientes a distintos grupos taxonómicos, que afectan el desarrollo de la biota circundante (Smayda, 1997). Algunos de los géneros fitoplanctónicos con estas características identificados en el actual estudio fueron: *Anabaena* spp., *Mycrocystis* spp., *Oscillatoria* spp., *Lyngbya* spp., *Phaeocystis* spp., *Alexandrium* spp., *Dinophysis* spp., *Gymnodinium* spp., *Prorocentrum* spp., *Prorocentrum* spp. y *Pseudonitzschia* spp. (Gráfica 49).



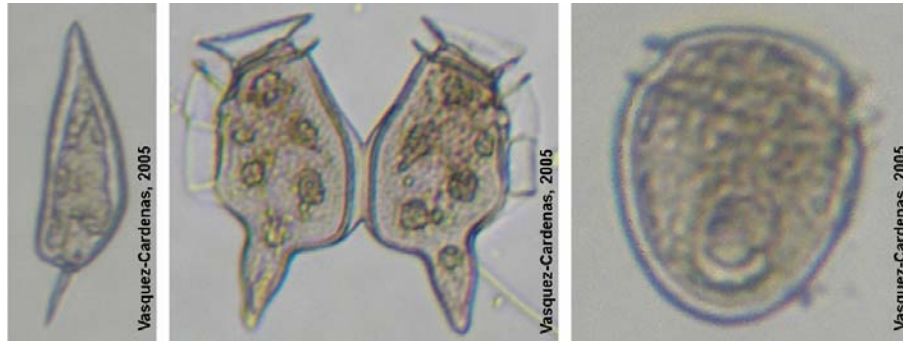
Gráfica 49. Fotografías de especies potencialmente tóxicas encontradas en la bahía de Cispatá entre los meses de diciembre 2004 y junio 2005. A) *Mycrocystis*, B) *Alexandrium*, C) *Oscillatoria*. Fotos tomadas por Vasquez-Cardenas, 2005.

Las toxinas sintetizadas por algunas especies del fitoplancton se clasifican en dos categorías: a) nociva para peces e invertebrados; b) las que causan trastornos y muertes en animales homeotermos (Sar *et al.*, 2002). Estos compuestos se acumulan en individuos filtradores, los cuales los transfieren hacia los niveles tróficos superiores. Entre estos organismos bioacumuladores de toxinas sobresalen los copépodos y los bivalvos (Turner y Tester, 1997). Cuando los humanos ingieren estos individuos pueden experimentar algunos de los siguientes síntomas: Intoxicación Paralizante por Mariscos (PSP), Intoxicación Diarreica por Mariscos (DSP), Intoxicación Amnésica por Mariscos (ASP) e Intoxicación Neurotóxica por Mariscos (NSP) (Sar *et al.*, 2002; Turner y Tester, 1997).

Numerosos estudios reportan que sólo un 2% de las 300 especies conocidas por ocasionar florecimientos como mareas rojas, producen toxinas (Smayda, 1997). Es decir, no todas las especies de un mismo género, ni todas las variedades de la misma especie, producen ficotoxinas (Sar *et al.*, 2002). Ciertas variedades de *Dinophysis caudata* y *Pseudonitzschia pungens* (ambos identificados en este estudio) son ejemplos típicos de organismos potencialmente peligrosos para otras comunidades (Gráfica 50 y Anexo C). Igualmente, algunas *Microcystis aeruginosa* (también encontrada en la bahía de Cispatá, Gráfica 49) producen distintos péptidos, como SDF-FDF, nocivos para la dinámica biológica del ecosistema (Paerl, 1988).

En el ambiente estuarino de la bahía de Cispatá se encontraron numerosas especies pertenecientes a varios de los géneros mencionadas anteriormente (Anexo B). Muchos de estos ejemplares fueron especies raras dentro del presente estudio. Sin embargo, es importante resaltar que la presencia de estas especies en el sistema estuarino, permiten presumir posibles blooms de algas tóxicas, que pueden afectar las poblaciones de bivalvos y peces. Esto a su vez, podría generar problemas económicos y de salubridad en la región, ya que la principal fuente alimenticia y laboral local depende de la pesca y la recolección de bivalvos, así como de su comercialización. Entre las especies ícticas más comunes del sistema se encuentran: sierra, lisa, mojarra, sábalo y róbalo etc.; mientras que el chipi-chipi, ostras, mejillones y almejas, entre otros, hacen parte del grupo de los moluscos explotados en el ambiente estuarino. Además, los pescadores de la zona han reportado coloraciones rojizas del agua seguidas de una mortandad de la ictiofauna en el

área. Luego de examinar las muestras se detectaron proliferaciones de *Anabaena* sp., *Raphidiopsis* sp. y *Chroococcus minutus* las cuales posiblemente causaron condiciones anóxicas perjudiciales para la fauna de las ciénagas (INVEMAR, 2005).



Gráfica 50. Fotografías de algunos dinoflagelados potencialmente tóxicos encontrados en la bahía de Cispatá. Izquierda: *Prorocentrum* sp.; centro: *Dinophysis caudata*; derecha: *Dinophysis* sp. Fotos tomadas por Diana Vasquez-Cardenas, 2005.

En conclusión, la zona estuarina de la bahía de Cispatá presenta especies potencialmente nocivas para las comunidades acuáticas y la salud humana. Por ello, es aconsejable realizar un estudio de toxicidad para cuantificar la verdadera amenaza que estas especies presentan en las ciénagas, así como monitoreos de sus abundancias. De esta manera, se podrán detectar y controlar florecimientos fitoplanctónicos perjudiciales que afectarán negativamente la dinámica del ambiente estuarino y la salud de los humanos de la zona.

3.3.2 Importancia Ecológica de la División Euglenophyta

Este grupo no contribuye en gran medida a la biomasa fitoplanctónica en sistemas estuarinos (Balech, 1988), a pesar de aparecer allí debido a la influencia de agua dulce en estas zonas costeras. En la bahía de Cispatá contribuyen con un 7,58% a la composición fitoplanctónica total y aumentan en los meses de lluvia. Se encontraron, principalmente en las estaciones con influencia de agua dulce, como la desembocadura de Cantarillo (zona B: estación 8) y la ciénaga Ostional la cual recibe aguas provenientes del río Sinú a través de Caño Grande (zona C2: estaciones 14 y 15). En la desembocadura de Cantarillo contribuyen con el 12,31%, y en Ostional representan el 15,68% de la composición fitoplanctónica total. Esta división no presentó densidades significativas a lo largo del estudio, a pesar de exhibir una elevada riqueza de especies.

Esta división está compuesta por 40 géneros y 450 especies, comunes en sistemas dulceacuícolas lénticos, con alto contenido de materia orgánica y poco movimiento, aunque se conocen algunas especies de aguas marinas y ácidas (Tell y Conforti, 1986; Margalef, 1983; Parra *et al.*, 1982). En el presente estudio se identificaron cinco géneros: *Euglena* spp., *Phacus* spp., *Strombomonas* spp., *Leptocinclis* spp. y *Trachelomonas* spp.

- *Euglena* spp. es un género común de medios ricos en materia orgánica, eutróficos (Pinilla, 1998); en abundancia pueden producir un olor y sabor a pescado. Presenta especies típicas de aguas limpias (*E. ehrenbergii* y *E. spirogira*) y otros de aguas contaminadas (*E. gracilis*, *E. oxyuris*, *E. viridis*). Pueden producir una capa rojiza delgada superficial cuando se presentan proliferaciones (Ramírez, 2000).
- *Phacus* spp. habita aguas contaminadas, ricas en materia orgánica; sin embargo, algunas especies como *P. pytum* o *P. longicauda* indican aguas limpias y ocasionalmente turbias (Ramírez, 2000; Pinilla, 1998).
- *Strombomonas* spp. se encuentra con mayor frecuencia en sistemas lóticos (Tell y Conforti, 1986), y en ambientes altamente estratificados (Margalef, 1983).
- *Leptocinclis* spp. habitan aguas ricas en materia orgánica posiblemente contaminadas (Ramírez, 2000; Pinilla, 1998).
- *Trachelomonas* spp. es un género de lagos eutróficos (Pinilla, 1998) raramente abundantes; toleran cambios de pH y altos contenidos de nutrientes. Acumulan hierro y magnesio en su loriga, lo cual les otorga una coloración rojiza a las células. Este género es considerado común en períodos de transición entre mezcla y estratificación (Ramírez, 2000).

De esta manera, se puede deducir que los sistemas dulces del ambiente estuarino de la bahía de Cispatá (zonas B y C2) presentan un mayor aporte de materia orgánica, especialmente en las entradas de Cantarillo y Caño Grande. Adicionalmente, el género *Trachelomonas* spp. sólo se presentó en la ciénaga Ostional, lo cual puede señalar procesos de mezcla.

3.3.3 Importancia Ecológica de la División Chlorophyta

El grupo Chlorophyta habita medios dulceacuícolas, ricos en nutrientes con una alta relación N:P (Margalef, 1983). Presenta 540 géneros y cerca de 8,700 especies, las cuales pueden servir de bioindicadores (Parra *et al.*, 1982). Este grupo fitoplanctónico contribuyó con un 16,93% de la composición fitoplanctónica en la bahía de Cispatá. Presentó un mayor aporte en los meses húmedos y en las ciénagas con influencia de agua dulce como La Loma, Soledad (zona B: estaciones 5-9) y Ostional (zona C2: estaciones 14 y15). Sin embargo, la mayoría de estas especies exhibieron bajas densidades entre diciembre 2004 y junio 2005.

A continuación se relacionan algunos géneros, encontrados en este estudio, conocidos como bioindicadores en medios acuáticos:

- *Pediastrum* spp. produce olor y sabor a pescado cuando se encuentra en abundancia en superficie. *P. simplex* indica una alta concentración de desechos ricos en sales, como los sulfatos y el cloruro de sodio (Ramírez, 2000).
- *Scenedesmus* spp. es un alga colonial superficial que puede vivir en medios con alto contenido mineral, y en aguas contaminadas. Sus especies dominan cuando las concentraciones de fósforo son elevadas, ya que acumulan un gran porcentaje de este elemento en su interior (Ramírez, 2000).
- *Tetraedron* spp. se encuentra en superficie, especialmente en aguas que reciben nutrientes de la mineralización de desechos orgánicos. Tiende a aparecer en medios alcalinos, en aguas someras y poco turbias, ecosistemas lacustres eutróficos e influenciados por actividades humanas (Ramírez, 2000).
- *Staurastrum* spp. es uno de los géneros más comunes en aguas superficiales de cuerpos de agua dulce. Caracterizan aguas duras y algunas especies se presentan en aguas limpias (Ramírez, 2000).

La mayoría de las especies de clorofíceas se encontraron en la ciénaga Ostional por ser el cuerpo de agua más dulce durante todo el estudio. Los géneros mencionados anteriormente confirman la presencia de procesos de mineralización, así como un aporte significativo de materia orgánica proveniente del río Sinú a través de Caño Grande.

3.3.4 Nuevos Reportes para el Caribe Colombiano

Dentro del desarrollo del estudio se logró identificar un número significativo de especies a ser consideradas como nuevos reportes no de tipo puntual, sino para el caribe colombiano; individuos que han sido puestos en confirmación a expertos fitolopantólogos, como el Dr. Luis Alfonso Vidal V. ² (individuos marinos) y el Dr. Gabriel A. Pinilla A. ³ (individuos dulce acuícola). A continuación se encuentra un listado de los nuevos reportes para el área del Caribe colombiano, las imágenes de cada especie se encuentran en el Anexo D.

División: EUGLENOPHYTA

Clase: Euglenophyceae

Orden: Euglenales

Familia: Euglenaceae

Género: Euglena

Euglena granulata

Euglena hemichromata

Euglena sp1

Euglena sp2

Género: Phacus

Phacus lefevrei

Phacus longicauda

Phacus pleuronectes

Phacus tortus

Género: Trachelomonas

Trachelomonas acanthophora

Trachelomonas cf. caudata

² Luis Alfonso Vidal V. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Profesor de Cátedra.

³ Gabriel A. Pinilla A. Universidad Nacional. Profesor de Planta.



División: CLOROPHYTA

Clase: Chlorophyceae

Orden: Chlorococcales

Familia: Hydrodictyaceae

Género: Pediastrum

Pediastrum simplex var. *simplex*

Orden: Zygnematales

Familia: Desmidiaceae

Género: Micrasterias

Micrasterias sp.

Género: Staurastrum

Staurastrum americanum

Staurastrum carronense

Staurastrum cf. *avicula*

Staurastrum chaetoceras

Staurastrum contectum

Staurastrum connatus

Staurastrum cuspidatum

Staurastrum longispinum

Staurastrum manfeldtii

Staurastrum senticosum

Staurastrum sp1.

Staurastrum sp2.

Staurastrum sp3.



División: BACILLARIOPHYTA

Clase: Bacillariophyceae

Orden: Bacillariales

Familia: Bacillariaceae

Género: *Nitzschia*

Nitzschia circumscuta

Orden: Eunotiales

Familia: Eunotiaceae

Género: *Eunotia*

Eunotia sp.

Orden: Thalassiophysales

Familia: Thalassiophysaceae

Género: *Thalassiophysa*

Thalassiophysa hyalina

4 CONCLUSIONES

En las ciénagas de la bahía de Cispatá el pH, la alcalinidad y la temperatura no varían significativamente en el transcurso del estudio, mientras que los sólidos suspendidos y la salinidad variaron producto del aporte de aguas dulces de los distintos caños, controlados a su vez por las épocas climáticas.

La saturación de oxígeno disuelto en las ciénagas muestra tendencias a ser afectado más por la tasa de fotosíntesis y actividad vegetal de tipo ribereña que por el efecto de oxigenación propiciado por la presencia de los vientos Alisios en época seca o de los procesos de mezcla de la columna de agua al aumentar el caudal de los caños en época húmeda.

En la bahía de Cispatá se encontraron 620 especies de origen marino, estuarino y dulceacuícola, pertenecientes a las divisiones Bacillariophyta (56%), Clorophyta (17%), Pyrrophyta (8%), Euglenophyta (8%), Cyanophyta (7%) y otras (4%). Sin embargo, 87,25% de los taxones fueron considerados como especies poco frecuentes, lo cual refleja el alto grado de variabilidad de la zona estuarina entre diciembre 2004 y junio 2005.

La composición fitoplanctónica en época seca (febrero y marzo) tuvo mayor riqueza de especies y presentó un 85% de especies de origen marino por las mayores salinidades de estos meses, mientras que en época húmeda (abril y junio) disminuyó en casi un 40% por el efecto de dilución de los nutrientes y del fitoplancton, aunque aumentó la frecuencia de aparición de las formas de agua dulce, como las Euglenophytas y Clorophytas.

En los meses secos se encontró mayor proporción (más del 85%) de diatomeas bentónicas (*Pseudonitzschia*, *Synedra* y *Fragilaria*), posiblemente resuspendidas por el efecto de mezcla atribuida a la influencia de los vientos Alisios; por el contrario, en los meses húmedos las mayores densidades (aproximadamente 80%) dependen de las algas azul-verdosas y los dinoflagelados por los cambios en las salinidades y aporte de nutrientes.

El ambiente estuarino con influencia marina (zona A: ciénaga Espejo, Nisperal y Buena Parte) presentó una alta diversidad de especies, especialmente de Bacillariophytas, mientras que la ciénaga con influencia de agua dulce (zona B: ciénaga Soledad) exhibió un menor número de individuos debido al intercambio de nutrientes limitantes entre las aguas de la ciénaga de Soledad y el agua dulce traída por Caño Palermo y Cantarillo lo cual posibilitó la proliferación de las Cyanophytas.

La comunidad fitoplanctónica de la zona C1 presentó mayor aporte de formas marinas en los meses secos, mientras que en época húmeda se asemejó a la ciénaga de Ostional (zona C2). Sin embargo, esta última siempre presentó taxones principalmente dulceacuícolas (*Euglena*, *Synedra*, *Anabaena*, entre otras), los cuales responden a las fluctuaciones de Caño Grande (afluente del río Sinú).

En las zonas A y C la concentración de sales disueltas y la intensidad lumínica son las responsables de la dinámica del fitoplancton, mientras que en la zona B el contenido de nutrientes limita el desarrollo de la comunidad fitoplanctónica.

El fósforo fue el nutriente limitante en las zonas salobres (ciénagas Espejo, Nisperal, Buena Parte, Navio y El Garzal) lo cual posibilita una comunidad fitoplanctónica dominada por diatomeas marinas (*Asterionella*, *Chaetoceros*, *Pseudonitzschia* etc.), mientras que en las zonas con influencia de agua dulce (ciénagas La Loma, Soledad y Ostional) el nutriente limitante tiende a ser el nitrógeno, lo cual permitió el desarrollo de diatomeas dulceacuícolas con bajos requerimientos nutritivos (*Coscinodiscus*, *Cyclotella*, *Fragilaria*, *Synedra* etc.) así como microalgas fijadoras de nitrógeno atmosférico (*Anabaena*).

Los índices de estado trófico de Carlson y Nygaard indican una tendencia a la eutroficación en la zona estuarina de la bahía de Cispatá, entre los meses de diciembre 2004 y junio 2005, la cual se ve reflejada en el porcentaje de sobresaturación de oxígeno disuelto y en los valores de clorofila *a* que indican altas productividades.

En la zona A (ciénagas Espejo, Nisperal y Buena Parte) la afectación antrópica (descargas de las industrias Camarones del Sinú y la camaronera Agrotijo) parece estar amortiguada por el mar, ya que presentaron una dinámica estructural fitoplanctónica similar al del ambiente patrón: zona C1 (ciénagas Navio y El Garzal).

Las ciénagas de Soledad y La Loma (zona B), exhiben diferencias marcadas en cuanto a la relación N:P y la composición fitoplanctónica comparado a las características de la zona patrón (zona C2: ciénaga Ostional), atribuido posiblemente al efecto de las descargas de la camaronera Agrosoledad y el aporte de nutrientes del distrito de riego La Doctrina, introducido a la ciénaga de Soledad por Caño Palermo y Cantarillo.

5 RECOMENDACIONES

Continuar con el monitoreo de la dinámica de la comunidad fitoplanctónica en la zona estuarina de la bahía de Cispatá, para poder identificar los factores físicos y químicos que controlan estas poblaciones anualmente.

Cuantificar el movimiento hídrico del estuario en aguas bajas y altas, así como la incidencia de los vientos Alisios, para comprender mejor los procesos de mezcla que se evidencian a través del fitoplancton y su dinámica con los parámetros físico-químicos.

Evaluar de forma independiente las distintas comunidades fitoplanctónicas, así como la comunidad de Bacillariophytas bentónicas, para identificar posibles especies bioindicadoras de alteraciones físicas y químicas del estuario en la bahía de Cispatá.

Determinar la dinámica anual de la comunidad Cyanophyta y Pyrrophyta en la ciénaga de Soledad y La Loma con el fin de poder llegar a emplearlas como indicadores de alteraciones de la zona por parte de la industria camaronera y agrícola que se encuentra establecida allí.

Realizar un estudio de toxicidad del fitoplancton en las ciénagas de la bahía de Cispatá, para determinar el verdadero peligro ecológico que presenta esta comunidad; con el fin de prevenir posibles afectaciones a la comunidad.

Evaluar el componente nanoplanctónico, existente en el sistema ya que debido a la metodología empleada y equipos disponibles para el presente estudio fue difícil determinar su función e importancia ecológica en la zona estuarina de la bahía de Cispatá.

Efectuar un estudio sobre la interacción trófica entre el fitoplancton y zooplancton para cuantificar el efecto que tiene la herbivoría sobre la dinámica del fitoplancton en la Bahía, y así empezar a dilucidar algunos aspectos de las redes tróficas de la zona.

6 BIBLIOGRAFÍA

- ANGELIER, Eugéne. 2002.** Ecología de las aguas continentales. Ed. Acribia, S.A. España.
- APHA. 1995.** Standard methods for the examination of water and wastewater. Edition 19. Washington: American Public Health Association.
- ARAR, Elizabeth J. y COLLINS, Gary B. 1997.** Method 445.0. In vitro determination of chlorophyll *a* and phaeophytin *a* in marine and freshwater algae by fluorescence. Revision 1.2. Ohio: U.S. Environmental Protection Agency.
- ASOPROCIG. 2005.** La industria camaronera en el delta del río Sinú: La industria camaronera amenaza la estabilidad de los sistemas productivos tradicionales de comunidades locales en el delta del río Sinú (Región Caribe). En: Semillas en la economía campesina. No. 16/17 noviembre.
- BALECH, Enrique. 1988.** Los dinoflagelados del Atlántico suroccidental. Madrid: Instituto Español de Oceanografía. No. 1
- _____. **1977.** Introducción al fitoplancton marino. Buenos Aires: Ed. Universitaria de Buenos Aires.
- BERARD-TERRIAULT, Lyse; POULIN, Michel y BOSSÉ, Luci. 1999.** Guide d'identification du phytoplancton marin de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent incluant également certains protozoaires. Ottawa : NRC Research Press.
- BICUDO, Carlos E.M y BICUDO, Rosa Maria T. 1970.** Algas de águas continentais brasileiras: clave ilustrada para indentificação de generos. São Paulo: Fundação Brasileira para o desenvolvimento do Ensino de Ciências.
- BOLD, Harold C. y WYNNE, Michael J. 1985.** Introduction to the algae: Structure and reproduction. New Jersey: Prentice Hall, Inc.
- BOUGIS, Paul. 1976.** Marine plankton ecology. Amsterdam: North- Holland Publishing Company.
- CALDERON, Eduardo. 1986.** Las diatomeas en el plancton de los esteros de la Rada de Tumaco (Pacífico colombiano), con observaciones ecológicas y biogeográficas. Gieben: Universitat Gieben.
- CARSTENSEN, Jacob; CONLEY, Daniel J. y HENRIKSEN, Peter. 2004.** Frequency, composition, and causes of summer phytoplankton blooms in a shallow coastal ecosystem. En: Limnol. Oceanogr., 49(1). P. 190–201

- CASTAÑO, Maria Cristina. 2001.** Evaluación de las descargas continentales sobre las aguas superficiales del Golfo de Morrosquillo, Caribe Colombiano y perspectivas para su manejo y control. Tulúa- Valle. Trabajo de Grado. Unidad Central del Valle del Cauca. Facultad de Ingeniería Ambiental y Recursos Naturales.
- CLARKE, K. R. y WARWICK, R.M. 2001.** Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation. 2° Edición. Reino Unido: PRIMER – E Ltd.
- CLOERN, James E.; COLE, Brian E.; WONG, Raymond L. J. y ALPINE, Andrea E. 1985.** Temporal dynamics of estuarine phytoplankton: A case study of San Francisco Bay En: Hydrobiologia. No. 129; P. 153-176. California, USA.
- COLCIENCIAS. 1999.** Plan Estratégico 1999-2004: Programa nacional de ciencia y tecnología del mar. Bogotá: Colciencias.
- CUPP, Easter E. 1943.** Marine Plankton diatoms of the west coast of North America. Berkeley: University of California Press.
- DARLEY, W. Marshall. 1991.** Biología de las algas enfoque fisiológico. México: Ed. Limusa.
- DE LA HOZ ARISTIBAZAL, Maria Virginia. 2004.** Dinámica del fitoplancton de la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano. En: Bol. Invest. Marinas y Costera. No. 33. P. 159-179. Santa Marta, Colombia.
- DOMINGUEZ, Haydeé Maria. 2002.** Hidromedusas y sifonóforos (Cnidaria: Hydrozoa) de las aguas superficiales de la bahía de Gaira, Caribe colombiano: taxonomía, abundancia y relación con la oferta alimenticia. Santa Marta. Trabajo de Grado (Biólogo Marino). Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina.
- EDMONDSON, W.T. 1959.** Fresh Water Biology. Nueva York: John Wiley y Sons, Inc.
- EL TIEMPO. 2002.** Atlas Millenium. Bogotá: Casa Editorial El Tiempo.
- ETTL, Hanus y GARTNER, Georg. 1988.** Chlorophyta II tetrasporales, chlorococcales, gleodendrales. New York : Gustav Fischer Verlag.
- FERRARIO, Marth E.; SAR, Eugenia A. y SALA, Silvia E. 2002.** Diatomeas potencialmente tóxicas del Cono Sur americano. En: Floraciones algales nocivas en el cono sur americano. España: Instituto Español de Oceanografía. Capítulo 7. P. 167-194.
- FREUND, John E. y SIMON, Gary A. 1994.** Estadística elemental. México: Prentice Hall Hispanoamericana, S.A.
- GALLEGO, C.L; JORDAN, T.E. y CORRELL, D.L. 1992.** Event-scales response of phytoplankton to watershed inputs in a subestuary, timing, magnitude and location of blooms. En: Limnol. Oceanogr. No. 37(4) P. 813-828.

- GAMEIRO, C.; CARTAXANA, P.; CABRITA, M.T. y BROTAS, V. 2004.** Variability in chlorophyll and phytoplankton composition in an estuarine system. En: *Hydrobiologia* 525: 113–124. Portugal: Instituto de Oceanogra. da Faculdade de Ciencias da Universidade de Lisboa.
- GERLOFF, J. y CHOLNOKY, B.J. 1970.** Diatomeceae II. Lehre: Verlag Von J. Cramer.
- GOCKE, Klaus; MANCERA PINEDA, José Ernesto; VIDAL, Luis Alfonso y FONSECA, Diana. 2003.** Planktonic primary production and community respiration in several coastal lagoons of the outer delta of the rio Magdalena, Colombia. En: *Bol. Invest. Marinas y Costera*. No. 32. P. 125-144. Santa Marta, Colombia.
- GÓMEZ, Samuel. 1973.** Comunidades de planctónicas representativas de estuarios y lagunas costeras del noroeste de México (105-110°W y 22-27°N) en los años 1968 a 1973. México D.F., Trabajo doctoral (Doctor en Ciencias). Universidad Nacional Autónoma del México. Facultad de Ciencias.
- GONZALEZ, Aida. 1988.** El plancton de las aguas continentales. En: *Serie Biología. Monografía No. 33.* Washington: Secretaria general de la organización de los Estados Americanos.
- GUITLER, Lotear. 1932.** Kryptogamen flora cyanophyceae. Alemania: Akademische Verlagsgesellschaft.
- HACH. 1991.** DR/2000 Spectrophotometer instrument manual Version 3. Estados Unidos: HACH Company.
- HORNER, Rita A.; GARRISON, David L. y PLUMLEY, F. Gerald. 1997.** Harmful algal blooms and red tide problems on the U.S. west coast. En: *Limnol. Oceanogr.*, 42(5, part 2). P. 1076-1088.
- HSLE, G.R. y FRIXELL, G.A. 1970.** Diatoms: cleaning and monitoring for light and electron microscopy. *Trans. Am. Microsc.Soc.* Vol. 89 No. 4. p. 469-474.
- HUBER-PESTALOZZI, Gottfried. 1950.** Das phytoplankton des subwassers – cyanophyceen, chloromonadinen, peridinen. Zúrci: Verlag.
- _____. **1955.** Das phytoplankton des subwassers – euglenophyceen. Zúrci: Verlag
- INVEMAR. 1999.** Informe final proyecto diagnostico y evaluación ecológico del antiguo delta del Río Sinú con énfasis en la bahía de Cispatá y ciénagas aledañas. Santa Marta: Instituto de investigaciones marinas y costeras, José Benito Vives de Andreis.
- _____. **2001.** Plan de seguimiento y monitoreo de la zona deltáico estuarina del río Sinú. Santa Marta: Instituto de investigaciones marinas y costeras, José Benito Vives de Andreis, Vinculado al Ministerio del Medio Ambiente.

- _____. **2005.** Plan de seguimiento y monitoreo de la zona deltáico estuarino del río Sinú (noviembre de 1999 - abril de 2005). Santa Marta: Instituto de investigaciones marinas y costeras, José Benito Vives de Andreis.
- KALEF, Jacob. 2002.** Limnology: inland water ecosystems. New Jersey: Prentice Hall.
- KRAMER, Hurt y LANGE-BERTALOT, Horst. 1991.** Subwasserflora von Mitteleuropa Bacillariophyceae. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag.
- KUCKLICK, Michaela. 1987.** Biomasa del fitoplancton y contenido del seston en un estuario de manglar (Ciénaga Grande de Santa Marta). Alemania. Tesis de diploma PhD. Universitat Stuttgart Huhenheim Botanisches Institut.
- LEWITUS, Alan; KOEPFLER, Eric T. y MORRIS, James T. 1998.** Seasonal variation in the regulation of phytoplankton by nitrogen and grazing in a salt marsh estuary. En: Limnology and Oceanography. Vol. 43, No. 4 (Junio).
- MARGALEF, Ramón. 1986.** Ecología. Barcelona: Edición Omega.
- _____. **1995.** Ecología. Barcelona: Edición Omega.
- _____. **1983.** Limnología. Barcelona: Ediciones Omega.
- Mc CONNAUGHEY, Bayard. 1974.** Introducción a la Biología Marina. Zaragoza, España: Ed. Acribia.
- Mc GARIGAL, Kevin; CUSHMAN, Sam y STAFFORD, Susan. 2000.** Multivariate statistics for wildlife and ecology research. New York: Springer-Verlag.
- MILLER, Tyler. 1994.** Ecología y Medio Ambiente. México: Grupo Editorial Iberoamerica.
- MOGOLLON, Martha Judith. 1996.** Estructura de la comunidad fitoplanctónica del complejo Pajarales y Salamanca occidental, costa Caribe colombiana. Santa Marta. Trabajo de Grado (Biología Marina). Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad Biología Marina.
- MOLINA, A.; MOLINA, C; GIRALDO, L. y PARRA, C; CHEVILLOT, P. 1994.** Dinámica marina y sus efectos sobre la geomorfología del Golfo de Morrosquillo. En: Boletín Científico C.I.O.H. No 15 (sept.); p 93-113.
- MORENO, J.L; LICEA, S. y SANTOYO, H. 1996.** Diatomeas del golfo de California. México: Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- MORENO, Adriana Maria. 1988.** Estructura poblacional de post-larvas de camarones penaeidae en la bahía de Cispatá, Golfo de Morrosquillo, departamento de Córdoba, Colombia. Bogota. Trabajo de Grado (Biólogo Marino). Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad Biología Marina.
- NEWELL, G.E. y NEWELL, R.C. 1963.** Marine plankton. London: Hutchinson Educational.

- NYBAKKEN, James W. y BERTNESS, Mark D. 2005.** Marine Biology: an ecological approach. San Francisco: Pearson Education.
- OCHOA, José Luis. 2003.** ENSO phenomenon and toxic red tides in Mexico. En: Geofísica Internacional. Vol. 42, Num. 3. P. 505-515.
- ODEBRECHT, Clarisse; AZEVEDO, Sandra M.F.O.; GARCIA, Virginia; HUSZAR, Vera L.M.; MAGALHAES, Valeria F.; MENEZES, Mariangela; PROENCA, Luis A.O.; RÖRIG, Leonardo R.; TENENBAUM, Dense R.; VILLAC, M. Celia y YUNES, Joao S. 2002.** Floraciones de microalgas nocivas en Brasil: estado del arte y proyectos en curso. En: Floraciones algales nocivas en el cono sur americano. España: Instituto Español de Oceanografía. Capítulo 10. P. 217-234.
- PAERL, Hans W. 1988.** Nuisance phytoplankton blooms in coastal, estuarine, and inland waters'. En: Limnol. Oceanogr., 33(4, part 2). P. 823-847
- PARRA, Oscar; GONZALEZ, Mariela; DELLAROSSA, Victor; RIVERA, Patricio y ORELLANA, Maria. 1982.** Manual taxonómico del fitoplancton de aguas continentales. Chile: Universidad de Concepción.
- PATIÑO, Fabio y FLORÉZ, Fabio. 1993.** Estudio ecológico del Golfo de Morrosquillo. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- PEARSON, Lorentz C. 1995.** The diversity and evolution of plants. Florida: CRC Press.
- PESANTES, Flor. 1978.** Dinoflagelados del fitoplancton del Golfo de Guayaquil. Guayaquil: Armada del Ecuador. Vol 2 No. 2.
- PICARD, Virginie y LAIR, Nicole. 2005.** Spatio-temporal investigations on the planktonic organisms of the Middle Loire (France), during the low water period: biodiversity and community dynamics. En: Hydrobiologia No. 551. P. 69-86. Francia.
- PINCKNEY, James; PAERL, Hans y HARRINGTON, Monica. 1999.** Responses of the phytoplankton community growth rate to nutrient Pulses in variable estuarine environments. En: J. Phycol. 35, 1455–1463. Texas: Texas A&M University.
- PINILLA, Gabriel A. 1998.** Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia. Bogotá: Universidad Jorge Tadeo Lozano.
- POPVSKY, Jira y PFIESTER, Lois Ann. 1990.** Subwasswer flora von mitteleuropa: dinophyceae. Germany: Gustav Fisher Verlag.
- PRESCOTT, G.W.; BICUDO, Carlos y VINYARD, W.C. 1982.** A sinopsis of North American Desmids. Londres: University of Nebraska Press.
- RAMÍREZ, John Jairo. 2000.** Fitoplancton de agua dulce: bases ecológicas, taxonómicas y sanitarias. Medellín: Ed. Universidad de Antioquia.

- RAMÍREZ, Alberto y VIÑA, Gerardo. 1998.** Limnología colombiana: aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis. Colombia: Panamericana.
- RICE, T.R y FERGUSON, R.L. 1975.** Response of estuarine phytoplankton to environmental conditions. En: The Belle W. Baruch library in Marine Science No. 3 Papers of a Symposium held april 11-14, 1973. Capítulo: physiological ecology of estuarine organisms. Columbia: University of South Carolina Press.
- RINES, J.E.B. y HARGRAVES, P.E. 1988.** Chaetoceros of Rhode Island. Stuttgart: Gebrüder Borntraeger.
- RONDON, Efraín Humberto. 1991.** Estimación de la productividad fitoplanctónica en ciénagas del Complejo Pajarales, Caribe colombiano. Bogotá. Trabajo de Grado (Biólogo). Pontificie Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias.
- ROUND, F.E.; CRAWFORD, R.M. y MANN, D.G. 1990.** The Diatoms: Biology and morphology of the genera. Gran Bretaña: Cambrigde Universtiy Press.
- RUIZ, Diana Marcela. 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. Santa Marta. Trabajo de grado (Biólogo Marino). Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad Biología Marina.
- RUTTNER, Franz. 1953.** Fundamentals of Limnology. Canada: University of Toronto Press.
- SANCHEZ, Heliodoro; ULLOA, Giovanni; TAVERA, Héctor A. y GIL, Walter O. 2003.** Plan de manejo integral de los manglares de la zona de uso sostenible sector estuarino de la bahía de Cispatá; departamento de Córdoba, Corporación Autónoma Regional de los valles del Sinú y del San Jorge - CVS, Corporación Nacional de investigación y fomento forestal, Conif, proyecto restauración y manejo sostenible de los manglares por comunidades locales del Caribe de Colombiano miniambiente – Conif - Oimt.
- SAR, Eugenia A.; FERRARIO, Martha E. y REGUERA, Beatriz. 2002.** Floraciones algales nocivas en el cono sur americano. Madrid: Instituto Español de Oceanografía.
- SMAYDA, Theodore J. 1997.** Harmful algal blooms: Their ecophysiology and general relevance to phytoplankton blooms in the sea. En: Limnol. Oceanogr., 42(5, part 2). P. 1137-1153.
- SNOEIJIS, Pauli. 1999.** Diatoms and environmental change in brackish waters. En: The Diatoms: applications for the environmental and earth sciences. Capítulo 14. P. 298-333. Reino Unido: Cambridge University Press.
- SZE, Philip. 1998.** A Biology of the Algae. Boston: Mc Graw Hill.

- TELL, Guillermo y CONFORTI, Visitación. 1986.** Euglenophyta pigmentadas de la Argentina. Berlin: J. Cramer.
- TOMAS, Carmelo. 1997.** Identifying marine phytoplankton. San Diego: Academic Press.
- TURNER, Jefferson T. y TESTER, Patricia A. 1997.** Toxic marine phytoplankton, zooplankton grazers, and pelagic food webs. En: Limnol. Oceanogr., 42(5, part 2). P. 1203-1214
- TWOMEY, L. y JOHN, J. 2001.** Effects of rainfall and salt-wedge movement on phytoplankton succession in the Swan–Canning Estuary, Western Australia En: Hydrol. Process. 15, 2655–2669. Australia: Curtin University of Technology.
- VIDAL, Luis Alfonso. 1995.** Dinámica de la estructura de la comunidad del fitoplancton en un sistema laguno-estuarino tropical (Ciénaga Grande de Santa Marta) año 1987. Santa Marta: INVEMAR.
- VIDAL, Luis Alfonso y CARBONELL, Maria Consuelo. 1977.** Diatomeas y Dinoflagelados de la Bahía de Cartagena. Cartagena. Trabajo de Grado (Biólogo Marino). Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina.
- WELCH, Paul S. 1952.** Limnology. Nueva York: Mc Graw Hill.
- WETZEL, Robert G. y LIKENS, Gene E. 1991.** Limnological Analyses. New York: Ed. Springer – Verlag.
- WHITFORD, L.A y SHUMACHER, G.J. 1969.** A manual of the freshwater algae in North Carolina. En: Technological Bulletin No. 188. January. North Carolina, USA: North Carolina Agricultural Experiment Station.
- WORLKBANK. 2000.** web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/COUNTRIES/. Abril, 2006.
- YACUBSON, Sara. 1972.** Catalogo e Iconografía de las Cyanophyta de Venezuela. En: Boletín del centro de investigaciones Biológicas. No. 5 sept. Maracaibo: Universidad de Zulia.
- ZHONG, Zheng. 1989.** Marine Planktology. Beijing: China Ocean Press.

ANEXOS

Anexo A. Clasificación

Division	Clase	Orden	Familias	Genero
Bacillariophyta	Pennales / Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Cylindroteca</i> <i>Nitzschia</i> <i>Pseudonitzschia</i> *
		Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i>
			Rhoicospheniaceae	<i>Rhoicosphenia</i>
		Eunotiales	Eunotiaceae	<i>Eunotia</i>
		Lyrellales	Lyrellaceae	<i>Lyrella</i>
		Naviculales	Amphipleuraceae	<i>Amphipleura</i>
			Diadesmidaceae	<i>Diadesmus</i>
			Diploneidaceae	<i>Diploneis</i>
			Naviculaceae	<i>Navicula</i> <i>Trachyneis</i> <i>Caloneis</i>
			Pinnulariaceae	<i>Pinnularia</i>
		Pleurosigmataceae	<i>Donkinia</i> <i>Gyrosigma</i> <i>Pleurosigma</i>	
			Entomoneidaceae	<i>Amphiprora</i>
			Surirellales	Surirellaceae
		Thalassiosiphysales	Catenuleaceae	<i>Amphora</i> <i>Asterionella</i> <i>Diatoma</i> <i>Fragilaria</i> <i>Podocystis</i> <i>Synedra</i> <i>Licmophora</i> <i>Thalassionema</i>
				Thalassiosiphysaceae

El asterisco (*) señala géneros formadoras de blooms potencialmente nocivos para la dinámica de la red trófica en la zona estuarina de la bahía de Cispatá.

Division	Clase	Orden	Familias	Genero
Bacillariophyta	Centrales / Coscinodiscophyceae	Aulacoseirales	Aulocoseiraceae	<i>Aulocoseira</i>
		Biddulphiales	Biddulphiaceae	<i>Biddulphia</i> <i>Isthmia</i> <i>Terpsinoe</i>
		Chaetocerotales	Chaetocerotaceae	<i>Bacteriastrum</i> <i>Chaetocero</i> *
		Coscinodiscales	Coscinodiscaceae	<i>Coscinodiscus</i>
			Hemidiscaceae	<i>Actinocyclus</i> <i>Hemidiscus</i>
		Hemiaulales	Hemiaulaceae	<i>Hemiaulus</i>
		Lithodesmiales	Lithodesmiaceae	<i>Lithodesmium</i>
		Melosirales	Hyalodiscaceae	<i>Podosira</i>
			Melosiraceae	<i>Melosira</i>
		Paraliales	Paraliaceae	<i>Paralia</i>
		Rhizosoleniales	Rhizosoleniaceae	<i>Guinardia</i> <i>Rhizosolenia</i> *
		Thalassiosirales	Stephanodiscaceae	<i>Cyclotella</i>
			Skeletonemataceae	<i>Skeletonema</i>
			Thalassiosiraceae	<i>Thalassiosira</i>
		Triceratiales	Triceratiaceae	<i>Odontella</i>
<i>Triceratium</i>				
Cyanophyta	Cyanophyceae	Chroococcales	Chroococcaceae	<i>Chroococcus</i> *
			Merismopediaceae	<i>Gomphosphaeria</i> <i>Merismopedia</i>
			Microcystaceae	<i>Anacystis</i> <i>Microcystis</i> *
		Nostocales	Nostocaceae	<i>Anabaena</i> *
				<i>Anabaenopsis</i> <i>Nostoc</i>
			Oscillatoriaceae	<i>Lyngbya</i> * <i>Oscillatoria</i> * <i>Phormidium</i> <i>Spirulina</i>

El asterisco (*) señala géneros formadoras de blooms potencialmente nocivos para la dinámica de la red trófica en la zona estuarina de la bahía de Cispatá.

Division	Clase	Orden	Familias	Genero
Clorophyta	Chlorophyceae	Chlorococcales	Chlorococcaceae	<i>Tetraedron</i> <i>Polyedriopsis</i>
			Dictyosphaeriaceae	<i>Dictyosphaerium</i>
			Gloeocystaceae	<i>Gloeocystis</i>
			Hydrodictyceae	<i>Pediastrum</i>
			Micractiniaceae	<i>Golenkinia</i> <i>Micractinium</i>
			Oocystaceae	<i>Ankistrodesmus</i> <i>Cerasterias</i> <i>Chlorella</i> <i>Monoraphidium</i> <i>Selenastrum</i> <i>Treubaria</i>
			Palmellaceae	<i>Pseudoshaerocystis</i>
			Scenedesmaceae	<i>Actinastrum</i> <i>Coelastrum</i> <i>Crucigeniella</i> <i>Scenedesmus</i> <i>Tetraspora</i>
			Zygnematales	Desmidiaceae
		Volvocales	Volvocaceae	<i>Eudorina</i> <i>Gonium</i> <i>Pleodorina</i>
Pyrrophyta	Dinophyceae	Dinophysiales	Dinophysiaceae	<i>Dinophysis</i> *
		Gonyaulacales	Ceratiaceae	<i>Ceratium</i> *
			Goniodomaceae	<i>Alexandrium</i> * <i>Pyrophacus</i>
		Peridinales	Glenodiniaceae	<i>Scripsiella</i>
			Gonyaulaceae	<i>Gonyaulax</i> *
			Peridiniaceae	<i>Diplopsalis</i> <i>Peridinium</i> * <i>Protoperidinium</i>
		Prorocentrales	Prorocentraceae	<i>Prorocentrum</i> * <i>Protoceratium</i>

El asterisco (*) señala géneros formadoras de blooms potencialmente nocivos para la dinámica de la red trófica en la zona estuarina de la bahía de Cispatá.

Division	Clase	Orden	Familias	Genero
Xanthophyta	Xanthophyceae	Mischococcales	Pleurochloridaceae	<i>Goniochloris</i> <i>Isthmochloron</i> <i>Pseudostaurastrum</i> <i>Tetraediella</i> <i>Tetraplektron</i>
			Centritractaceae	<i>Centritractus</i>
Silicoflagelado	Actino-chrysophyceae	Dictyochales	Dictyochaceae	<i>Dictyocha</i>
Euglenophyta	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	<i>Euglena</i> <i>Phacus</i> <i>Strombomonas</i> <i>Trachelomonas</i> <i>Leptocinclis</i>

Anexo B. Índices Ecológicos por Zonas

ÍNDICES ECOLÓGICOS PARA ZONA A					
Mes	Estación	Riqueza (Margalef)	Diversidad (Shannon)	Equiparabilidad (Pielou)	Dominancia (Simpson)
Dic-04	1	15,98	6,34	0,87	0,02
	2	15,84	6,04	0,84	0,03
	3	3,81	2,60	0,55	0,33
	4	6,22	3,22	0,60	0,19
Feb-05	1	6,56	2,02	0,33	0,55
	2	8,40	3,12	0,51	0,31
	3	8,94	4,84	0,76	0,05
	4	6,82	4,70	0,81	0,05
Mar-05	1	9,45	4,87	0,80	0,05
	2	8,86	4,73	0,78	0,07
	3	5,95	2,27	0,37	0,39
	4	5,46	2,36	0,39	0,34
Abr-05	1	12,20	5,60	0,88	0,02
	2	13,50	5,37	0,84	0,03
	3	5,36	3,47	0,68	0,16
	4	6,40	3,72	0,69	0,13
Jun-05	1	8,64	4,40	0,77	0,07
	2	8,86	4,43	0,78	0,08
	3	5,48	3,56	0,71	0,15
	4	3,81	2,08	0,43	0,33

ÍNDICES ECOLÓGICOS PARA ZONA B					
Mes	Estación	Riqueza (Margalef)	Diversidad (Shannon)	Equiparabilidad (Pielou)	Dominancia (Simpson)
Dic-04	5	3,76	2,61	0,54	0,31
	6	4,16	1,87	0,37	0,48
	7	2,47	1,30	0,28	0,62
	8	7,54	4,01	0,69	0,12
	9	4,16	1,45	0,28	0,60
Feb-05	5	6,96	4,23	0,72	0,10
	6	2,35	1,93	0,44	0,46
	7	2,87	2,27	0,49	0,32
	8	5,28	1,90	0,34	0,54
	9	6,74	3,23	0,58	0,21
Mar-05	5	5,64	3,57	0,67	0,13
	6	4,44	2,76	0,52	0,26
	7	4,27	2,05	0,39	0,35
	8	6,20	2,05	0,35	0,39
	9	3,99	2,10	0,43	0,32
Abr-05	5	2,17	0,36	0,08	0,91
	6	1,90	0,32	0,07	0,92
	7	2,13	0,21	0,05	0,95
	8	4,53	0,26	0,05	0,95
	9	2,12	0,21	0,05	0,95
Jun-05	5	2,11	0,82	0,19	0,75
	6	2,88	0,47	0,10	0,89
	7	2,19	0,39	0,09	0,90
	8	3,93	1,27	0,25	0,50
	9	2,91	1,41	0,30	0,50

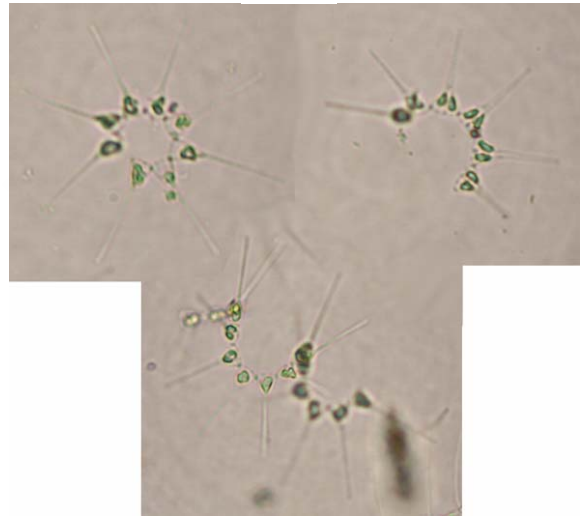
ÍNDICES ECOLÓGICOS PARA ZONA C					
Mes	Estación	Riqueza (Margalef)	Diversidad (Shannon)	Equiparabilidad (Pielou)	Dominancia (Simpson)
Dic-04	10	5,28	1,69	0,31	0,53
	11	6,66	3,50	0,60	0,17
	12	2,64	1,38	0,30	0,60
	13	3,91	1,89	0,37	0,47
	14	6,30	1,41	0,21	0,49
	15	6,80	1,64	0,25	0,50
Feb-05	10	8,13	3,11	0,48	0,30
	11	7,22	1,78	0,28	0,62
	12	5,64	3,03	0,51	0,28
	13	5,48	2,75	0,46	0,34
	14	2,53	1,51	0,32	0,42
	15	4,79	2,15	0,40	0,35
Mar-05	10	4,85	2,75	0,48	0,22
	11	5,32	2,86	0,50	0,20
	12	2,52	2,40	0,47	0,26
	13	2,35	1,76	0,34	0,39
	14	3,61	1,27	0,25	0,67
	15	6,00	2,47	0,44	0,28
Abr-05	10	4,29	1,13	0,22	0,73
	11	3,85	0,45	0,09	0,91
	12	3,34	0,61	0,12	0,87
	13	4,22	1,75	0,33	0,55
	14	3,43	2,30	0,51	0,37
	15	4,88	2,80	0,56	0,24
Jun-05	10	3,48	2,10	0,42	0,28
	11	3,64	1,95	0,39	0,31
	12	5,38	2,46	0,45	0,21
	13	2,31	2,11	0,50	0,33
	14	6,13	3,26	0,60	0,19
	15	10,22	3,68	0,60	0,15

Anexo C. Fichas Técnicas de las Especies Características por Zonas

<i>Asterionella japonica</i>	Cuadro 1
<i>Cyclotella glomerata</i>	Cuadro 2
<i>Gyrosigma fasciola</i>	Cuadro 3
<i>Nitzschia sigma</i>	Cuadro 4
<i>Pleurosigma</i> sp.	Cuadro 5
<i>Pseudonitzschia pungens</i>	Cuadro 6
<i>Thalassiosira</i> sp.	Cuadro 7
<i>Peridinium</i> sp.	Cuadro 8
<i>Anabaena</i> sp.	Cuadro 9
<i>Chroococcus</i> sp.	Cuadro 10
<i>Chaetoceros laevis</i>	Cuadro 11
<i>Pseudonitzschia</i> sp.	Cuadro 12
<i>Thalassionema nitzschiodes</i>	Cuadro 13
<i>Ceratium furca</i>	Cuadro 14
<i>Amphiprora alata</i>	Cuadro 15
<i>Coscinodiscus granii</i>	Cuadro 16
<i>Fragilaria crotonensis</i>	Cuadro 17
<i>Synedra ulna</i>	Cuadro 18
<i>Cyclotella</i> sp.	Cuadro 19

Asterionella japónica

Reino: **PLANTAE**
División: **BACILLARIOPHYTA**
Clase: FRAGILARIOPHYCEAE
Subclase: FRAGILARIOPHYCIDAE
Orden: FRAGILARIALES
Familia: FRAGILARIACEAE
Género: **Asterionella**
Especie: **A. japónica**



Fotografía microscopio lumínico.
Vasquez-Cardenas, 2005

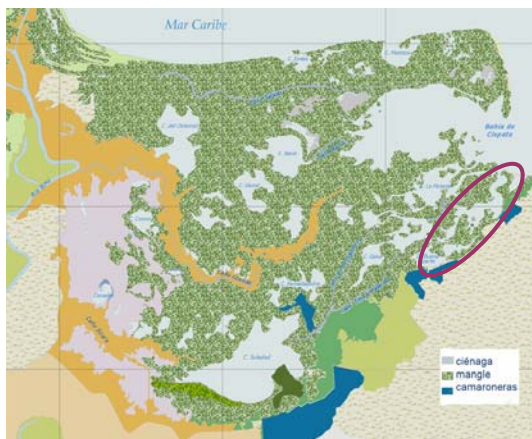
Asterionella Hassall 1855
Colonias de células heteropolares unidas por las valvas de la base polar. Filamentos estrellados y helicoidales. Presentan dos plástidos en la base triangular. Tienen una extensión tres o cuatro veces más largo que la altura de la parte basal (Round *et al.*, 1990).

A. japonica Cleve y Möller 1878
Longitud de las valvas entre 30-150 μm . Las valvas son muy angostas, con una región ensanchada en forma de nudo en la base (10-23 μm x 8-12 μm). Presentan una altura de un cuarto de la longitud total; se observan 28-34 estrías transapicales en 10 μm (Tomás, 1997, Cupp, 1943).

Descripción del Hábitat

Diatomea nerítica, marina y cosmopolita (Tomás, 1997; Cupp, 1943). Tolera bajas concentraciones de fósforo, pero requiere de concentraciones considerables de sílice (Sze, 1998). Aparece con el aumento del oleaje causado por los vientos, lo cual resulta en la resuspensión del sedimento (Odebrecht *et al.*, 2002).

Ambiente Estuarino de la bahía de Cispatá, Córdoba

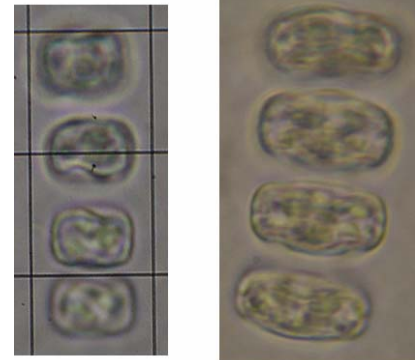


Máximo en las ciénagas Espejo y Nisperal para febrero, pero también aparece en los meses de diciembre y marzo en la misma área (zona A: estaciones 1-4) en presencia de aguas bajas y vientos Alisios.

Foto satelital del ambiente estuarino con influencia marina e industrial (zona A: estaciones 1-4) en la bahía de Cispatá. Tomada y modificada de INVEMAR, 2001.

Cyclotella glomerata

Reino: **PLANTAE**
División: **BACILLARIOPHYTA**
Clase: **COSCINODISCOPHYCEAE**
Subclase: **THALASSIOSIROPHYCIDAE**
Orden: **THALASSIOSIRALES**
Familia: **STEFANODISCACEAE**
Género: ***Cyclotella***
Especie: ***C. glomerata***



10 μm

Fotografía microscopio lumínico.
Vasquez-Cardenas, 2005

Cyclotella Kützing 1838

Células cortas a manera de tambores, libres o formando cadenas unidas por mucílago. Numeroso plástidos discoides. Valvas circulares con una ondulación tangencial o concéntrica. Filas de aureolas radiales, agrupadas en fascículos en la parte externa de la valva; aureolas usualmente ausentes en la parte central (Round *et al.*, 1990).

C. glomerata Bachmann

Formas cadenas, diámetro 5-10 μm , eje perivalvar 5 μm , estrías 18-22 en 10 μm (Vidal, 1995).

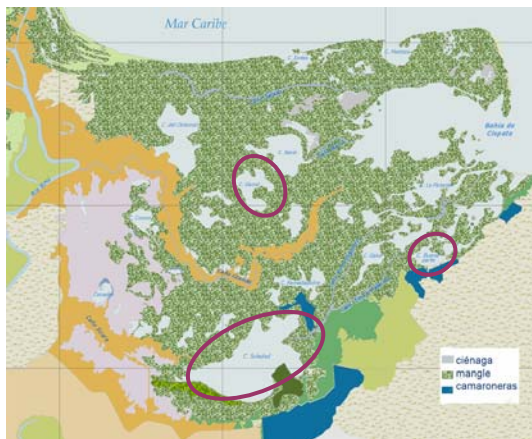
Descripción del Hábitat

Normalmente dulceacuícolas y planctónica, algunas especies aparecen en aguas costeras someras, probablemente como una invasión evolutiva de las zonas estuarinas (Round *et al.*, 1990; Vidal, 1988).

Importancia Ecológica

Algunas especies indican aguas limpias, aunque pueden causar sabor y olor a geranio o a pescado cuando se encuentran en abundancia (Ramírez, 2000).

Ambiente Estuarino de la bahía de Cispatá, Córdoba



Aparece con máximas abundancias en el mes de abril para la ciénaga El Garzal (estaciones 12 y 13). También se encontró en las estaciones 3 y 4 de la ciénaga Buena Parte en marzo, así como en la ciénaga Soledad para febrero y marzo con altas densidades. Sin embargo, caracterizaron la composición del fitoplancton en la zona A por su mayor porcentaje de abundancia entre las estaciones 1-4 en abril.

Foto satelital del ambiente estuarino con influencia marina e industrial (zona A: estaciones 1-4) en la bahía de Cispatá. Tomada y modificada de INVEMAR, 2001.

Gyrosigma fasciola

Reino: **PLANTAE**
División: **BACILLARIOPHYTA**
Clase: BACILLARIOPHYCEAE
Subclase: BACILLARIOPHYCIDAE
Orden: NAVICULALES
Familia: PLEUROSIGMATACEA
Género: **Gyrosigma**
Especie: **G. fasciola**



Fotografía microscopio de contraste de fase.
Vasquez-Cardenas, 2005

Gyrosigma Hassall 1845

Células solitarias o ocasionalmente dentro de tubos mucilaginosos, encontrados en vista valvar. Presenta dos plástidos a manera de placa, cada uno dispuesto a un lado del rafe. Valvas sigmoides, lineares a lanceoladas. Valvas planas, curvadas levemente hacia los mantos poco hondos (Round *et al.*, 1990).

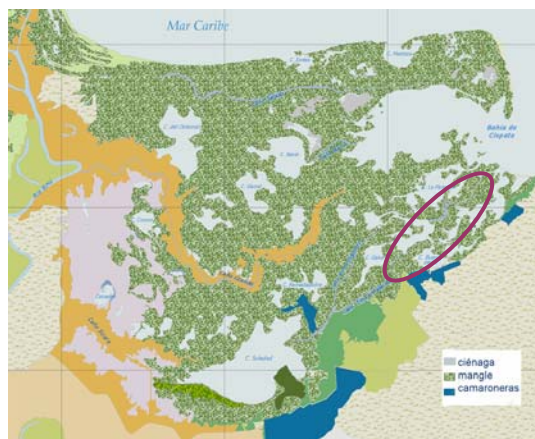
G. fasciola Henfrey 1856

Frústulo solitario. Valva lanceolada a elíptica, ápices alargados, estrechos y sigmoides. Área axial muy estrecha; rafe sigmoide. Superficie valvar finamente estriada; estrías con aureolas, arregladas en hileras transversales y longitudinales. Longitud 75-117 μm , amplitud 14-19 μm , 19-21 estrías en 10 μm (Moreno *et al.*, 1996).

Descripción del Hábitat

Principalmente epibentónicos, habitan desde zonas estuarinas hasta aguas más marinas, incluso algunas especies de agua dulce han sido reportadas (Round *et al.*, 1990).

Ambiente Estuarino de la bahía de Cispatá, Córdoba



Fue muy abundante en las estaciones 1 y 2, ubicadas en las ciénagas Espejo y Nisperal (zona A), para diciembre (mes de transición). Sin embargo, hizo parte de la composición fitoplanctónica de la zona A en los demás meses estudiados.

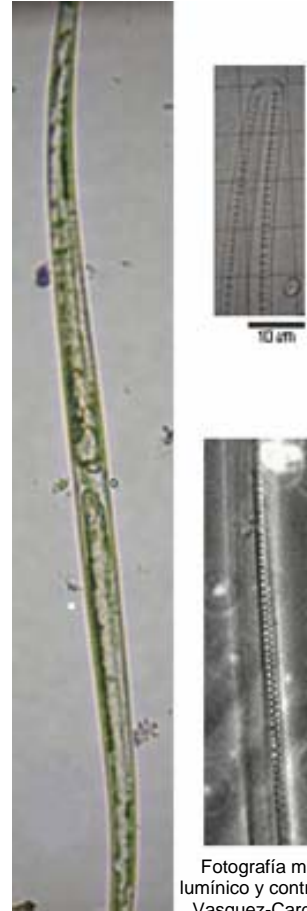
Foto satelital del ambiente estuarino con influencia marina e industrial (zona A: estaciones 1-4) en la bahía de Cispatá. Tomada y modificada de INVEMAR, 2001.

Nitzschia sigma

Reino: **PLANTAE**
División: **BACILLARIOPHYTA**
Clase: BACILLARIOPHYCEAE
Subclase: FRAGILARIOPHYCIDAE
Orden: BACILLARIALES
Familia: BACILLARIACEAE
Género: **Nitzschia**
Especie: **N. sigma**

Nitzschia Hassall 1845
Células solitarias o coloniales. Sin nódulo central. Quilla sobresaliente, localizada en el centro o marginalmente. Puntuaciones de la quilla: ocho en 10 μ m. Los cromatóforos dispuestos en bandas transversales (Vidal, 1977; Cupp, 1943).

N. sigma
Valvas ligeramente sigmoides. Márgenes lineales en la porción central, y adelgazados hacia las terminaciones; ápices ligeramente rostrados o redondos. Rafe marginal, longitud 90-230 μ m, amplitud 9-16 μ m, 21-24 estrías transapicales en 10 μ m, 5-6 fíbulas en 10 μ m (Moreno *et al.*, 1996; Vidal, 1977).

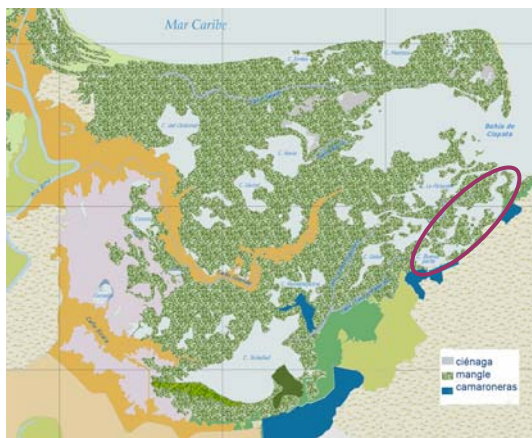


Fotografía microscopio lumínico y contraste de fase. Vázquez-Cardenas, 2005

Descripción del Hábitat

Este género es nerítico, planctónico o bentónico. Se desarrolla en medios marinos, salobres y dulceacuícolas. Se presentan en períodos de turbulencia y mezcla (Pinilla, 1998).

Ambiente Estuarino de la bahía de Cispatá, Córdoba



Caracteriza las estaciones 1, 3 y 4 (zona A: ciénagas Espejo y Buena Parte) para los meses de febrero, marzo y especialmente en abril (mes de transición entre época seca y húmeda).

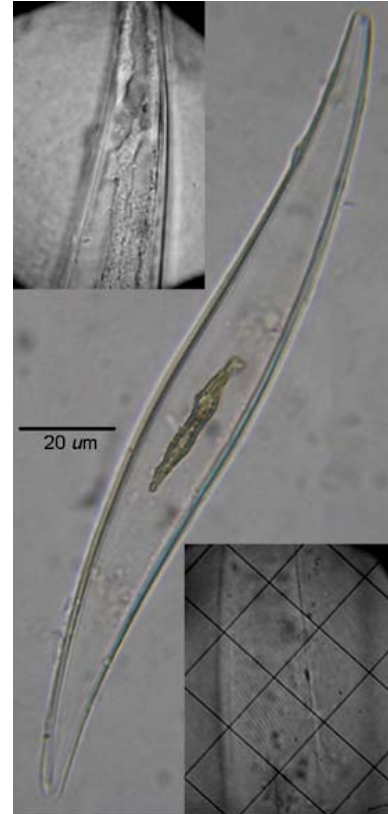
Foto satelital del ambiente estuarino con influencia marina e industrial (zona A: estaciones 1-4) en la bahía de Cispatá. Tomada y modificada de INVEMAR, 2001.

Pleurosigma sp.

Reino: **PLANTAE**
División: **BACILLARIOPHYTA**
Clase: BACILLARIOPHYCEAE
Subclase: BACILLARIOPHYCIDAE
Orden: NAVICULALES
Familia: PLEUROSIGMATACEA
Género: ***Pleurosigma***

Pleurosigma Smith 1852

Células solitarias, se encuentran en vista valvas y presentan una forma sigmoide, lineal o rómbica. Valva plana, curvada o levemente aguda en el rafe; manto escasamente distinguible y valvas usualmente muy someras o planas. Con dos o cuatro plástidos como cintas, distribuidas de polo a polo. Rafe es sigmoide, a veces más notorio que la misma célula (Round *et al.*, 1990).



Fotografía microscopio lumínico.
Vasquez-Cardenas, 2005

Descripción del Hábitat

Es uno de los géneros marinos y estuarinos más grande; usualmente epibentónico sobre arenas o limos y ocasionalmente planctónico. También se ha encontrado en aguas con altas conductividades (Round *et al.*, 1990).

Ambiente Estuarino de la bahía de Cispatá, Córdoba



Máxima abundancia en abril para las ciénagas Espejo y Nisperal (zona C1: estaciones 1 y 2). En diciembre la estación 1 (ciénaga Espejo) presentó la mayor densidad de esta especie, aunque se encontró a lo largo del estudio.

Foto satelital del ambiente estuarino con influencia marina e industrial (zona A: estaciones 1-4) en la bahía de Cispatá. Tomada y modificada de INVEMAR, 2001.

Pseudonitzschia pungens

Reino: **PLANTAE**

División: **BACILLARIOPHYTA**

Clase: BACILLARIOPHYCEAE

Subclase: FRAGILARIOPHYCIDAE

Orden: BACILLARIALES

Familia: BACILLARIACEAE

Género: ***Pseudonitzschia***

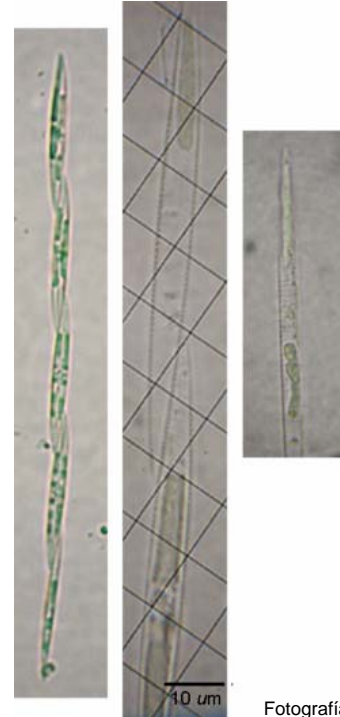
Especie: ***P. pungens***

Pseudonitzschia Perag

Células dispuestas en colonias escamiformes, superpuestas en los extremos de células contiguas. Rafe a nivel de la superficie valvar, células alargadas, fusiformes o lanceoladas con dos cloroplastos centrales (Ferrario *et al.*, 2002).

P. pungens Hasle 1993

Sobreposición de valvas aproximadamente 1/3 de la longitud total, valvas sin espacio central. Estrías con dos hileras de poroides; eje transapical menor a 4,5 μm . Presenta el mismo número de fábulas que de estrías: 12-18 en 10 μm (Ferrario *et al.*, 2002).



Fotografía
microscopio lumínico.
Vasquez-Cardenas, 2005

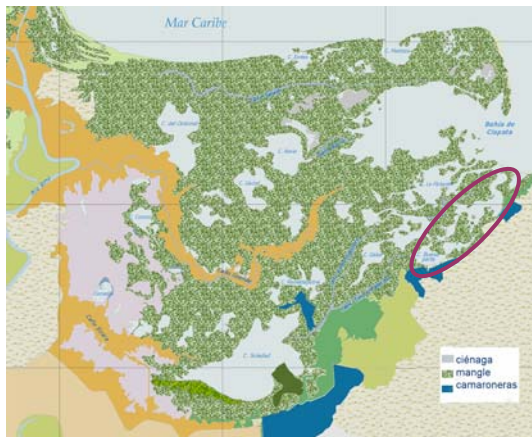
Descripción del Hábitat

Neríticas con amplia distribución en mares tropicales, subtropicales y templados. Toleran temperatura entre 2-28°C y salinidad entre 24-36 UPS (Ferrario *et al.*, 2002; Cupp, 1942).

Importancia Ecológica

Algunas variedades de esta especie sintetizan ácido domoico, el cual excita las neuronas de otros organismos. Lo anterior puede llegar a producir envenenamiento amnésico por moluscos al presentarse afloramientos (Ferrario *et al.*, 2002; Sze, 1998).

Ambiente Estuarino de la bahía de Cispatá, Córdoba

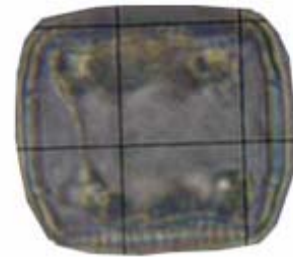
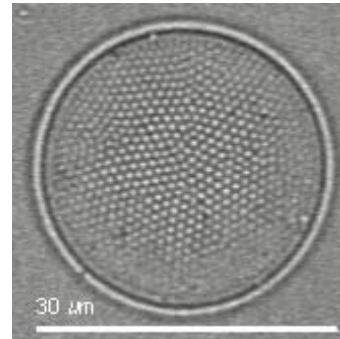


Aparece en la ciénaga Buena Parte (zona A: estaciones 3 y 4), especialmente en marzo, en presencia de aguas bajas y los vientos Alisios. Sin embargo, también se presentó en las estaciones 1 y 2 (zona A: ciénagas Espejo y Nisperal) para febrero y marzo.

Foto satelital del ambiente estuarino con influencia marina e industrial (zona A: estaciones 1-4) en la bahía de Cispatá. Tomada y modificada de INVEMAR, 2001

Thalassiosira sp.

Reino: **PLANTAE**
División: **BACILLARIOPHYTA**
Clase: COSCINODISCOPHYCEAE
Subclase: THALASSIOSIROPHYCIDEA
Orden: THALASSIOSIRALES
Familia: THALASSIOSIRACEAE
Género: ***Thalassiosira***



Fotografía microscopio lumínico y contraste de fase.
Vasquez-Cardenas, 2005

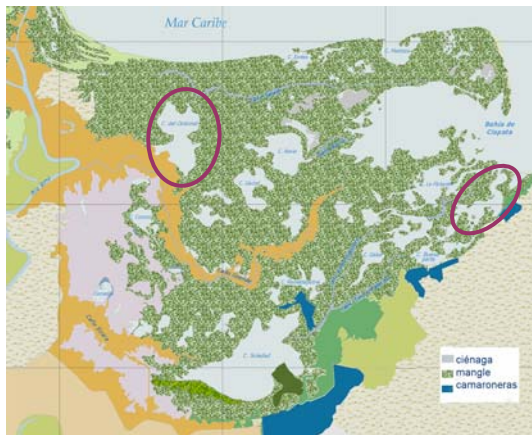
Thalassiosira Cleve 1873

Células cilíndricas, solitarias o coloniales unidas por filamentos o por las valvas. Forman cadenas sueltas, algunas embebidas dentro de mucílago. Numeroso plástidos discoidales. Valvas planas a veces concavas. Aureolas dispuestas en filas radiales, filas tangenciales o a manera de arcos (Round *et al.*, 1990).

Descripción del Hábitat

Principalmente marinas y planctónicas, usualmente neríticas (Round *et al.*, 1990).

Ambiente Estuarino de la bahía de Cispatá, Córdoba

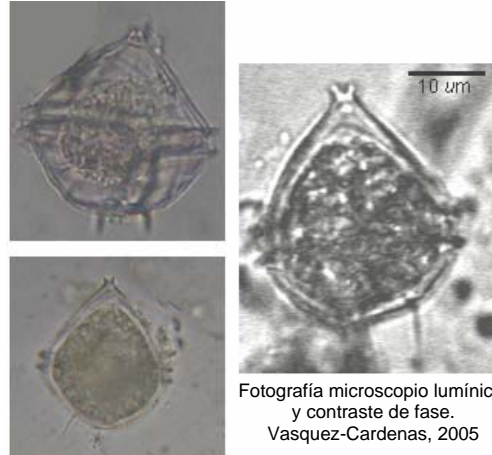


Máxima densidad en la ciénaga Ostional en abril (estación 14). Aparece en menor proporción en las ciénagas Espejo y Nisperal (estaciones 1 y 2). Caracteriza la zona A por presentarse allí de manera abundante en diciembre.

Foto satelital del ambiente estuarino con influencia marina e industrial (zona A: estaciones 1-4) en la bahía de Cispatá. Tomada y modificada de INVEMAR, 2001.

Peridinium sp.

Reino: **PLANTAE**
División: **PYRROPHYTA**
Clase: **DINOPHYCEAE**
Subclase: **DINOPHYCIDAE**
Orden: **PERIDINIALES**
Familia: **PERIDINACEAE**
Género: **Peridinium sp.**



Fotografía microscopio lumínico y contraste de fase.
Vasquez-Cardenas, 2005

Peridinium sp. Ehrenberg 1832

Células ovoides y esféricas con un proceso apical corto. Tiene espinas antapicales largas y finas que se colocan verticalmente en sentido dorsoventral. Sulcus recto, abre hasta el antápex. La epiteca presenta la siguiente fórmula: $4'(2a - 3a) + 7''$. La hipoteca: $5''' + 2''''$; y el cingulo presenta cinco o seis placas en especies dulceacuícolas, con 2 o 3 placas intercalares (Popovsky y Pfiester, 1990; Parra *et al.*, 1982; Vidal, 1977).

Descripción del Hábitat

Es un dinoflagelado muy común, frecuente en aguas dulces. Este género ha sido reportado en medios oligotróficos y eutróficos, en aguas mineralizadas ricas en calcio y minerales alcalinos (Ramírez, 2000; Bold y Wynne, 1985; Parra *et al.*, 1985.)

Importancia Ecológica

Producen olor semejante al pepino cuando están en pequeñas cantidades, y olor a pescado en elevadas densidades, y especialmente en pH bajos. En condiciones de deficiencia de nitrógeno, algunas especies son inducidas a la reproducción sexual; forman cistos en condiciones adversas. Dominan en compañía de cianobacterias, cuando los cuerpos lacustres pasan de aguas turbulentas y ricas a aguas estratificadas y pobres (Ramírez, 2000; Pinilla, 1998).

Ambiente Estuarino de la bahía de Cispatá, Córdoba



Contribuye a la mayor parte de la densidad fitoplanctónica en la ciénaga Buena Parte (estaciones 3 y 4), especialmente en junio 2005 (época húmeda). Sin embargo, las máximas densidades se dieron en la ciénaga La Loma (estación 5) para febrero y abril.

Foto satelital del ambiente estuarino con influencia marina e industrial (zona A: estaciones 1-4) en la bahía de Cispatá. Tomada y modificada de INVEMAR, 2001.

Anabaena sp.

Reino: **PLANTAE**
División: **CYANOPHYTA**
Clase: **CYANOPHYCEAE**
Orden: **NOSTOCALES**
Familia: **NOSTOCACEAE**
Género: **Anabaena sp.**

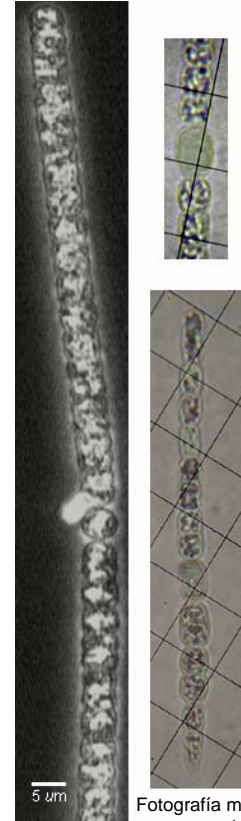
Anabaena Bory de St. Vincent 1822
Son tricomas solitarios o agregados. Las células terminales son delgadas o cónicas. Vainas ausentes, a veces difluentes, agrupan varios tricomas. Heterocistos intercalares, los cuales les sirven para fijar nitrógeno. Aquinetos solitarios o en cadenas (Parra *et al.*, 1982). El diámetro del heterocisto es de 5 μm ; la altura de las células en 5-5,5 μm ; y el ancho de las células es de 3,5-4 μm .

Descripción del Hábitat

Viven en aguas dulces, mesotróficas o ultraoligotróficas. En situaciones de mezcla y turbulencia, o con estratificación térmica o química (Pinilla, 1998).

Importancia Ecológica

Forman blooms en condiciones adversas, en presencia de vientos de intensidad media-baja o calma. Las formas fijadoras de nitrógeno atmosférico abundan cuando los nutrientes son abundantes o la relación N:P es menor a diez (Odebrecht *et al.*, 2002; Atlas, 2002; Sze, 1998; Margalef, 1986). En descomposición produce un olor séptico. Son abundantes en aguas ricas en materia orgánica, forman florecimientos nocivos (Ramírez, 2000).



Fotografía microscopio lumínico y contraste de fase.
Vasquez-Cardenas, 2005

Ambiente Estuarino de la bahía de Cispatá, Córdoba

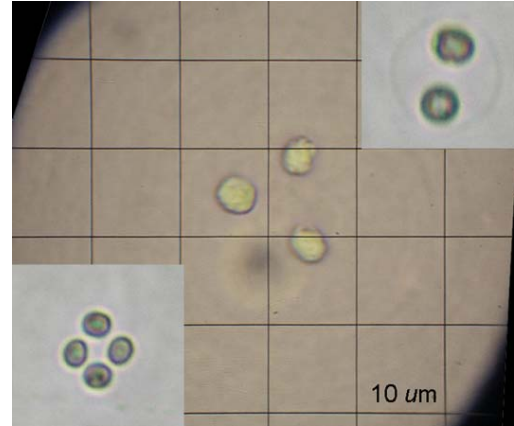


Aparece a lo largo de los meses de muestreo en la ciénaga de Soledad. Presentó picos de densidad en abril 2004 (mes de transición), y otros secundarios en diciembre 2004 y junio 2005.

Foto satelital del ambiente estuarino con influencia dulceacuícola e industrial (zona B: estaciones 5-9) en la bahía de Cispatá. Tomada y modificada de INVEMAR, 2001.

Chroococcus sp.

Reino: **PLANTAE**
División: **CYANOPHYTA**
Clase: CYANOPHYCEAE
Orden: CHROOCOCCALES
Familia: CHROOCOCCACEAE
Género: **Chroococcus**



Fotografía microscopio lumínico.
Vasquez-Cardenas, 2005

Chroococcus Naegeli 1849

Células esféricas agrupadas en pequeños cenobios de 2, 4, y 8 células; raramente en mayor número. Cada célula está rodeada por una vaina gelatinosa homogénea o estriada. Las células son de color verde azulado (Parra *et al.*, 1982).

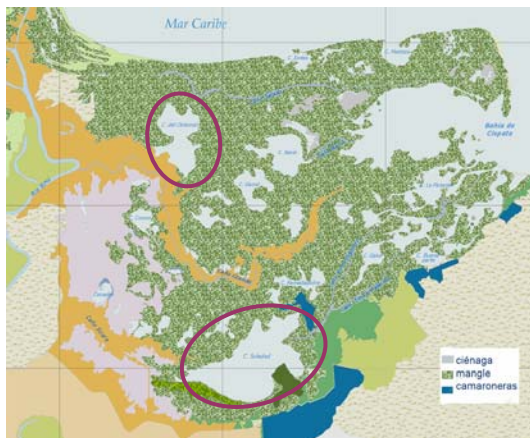
Descripción del Hábitat

Planctónico, puede llegar a ser dominante en aguas blandas. Vive en medios ácidos, se ha encontrado en ciénagas con pH hasta 4. También se conocen de algunas especies que resisten salinidades cinco veces mayores a la del mar (Ramírez, 2000).

Importancia Ecológica

No produce florecimientos. Dada su capacidad de flotación, son indicadoras de aguas estratificadas y etapas avanzadas de la sucesión. Cuando se encuentran en abundancia puede indicar procesos de estratificación o de empobrecimiento del agua, así como de alguna forma de contaminación (Ramírez, 2000).

Ambiente Estuarino de la bahía de Cispatá, Córdoba

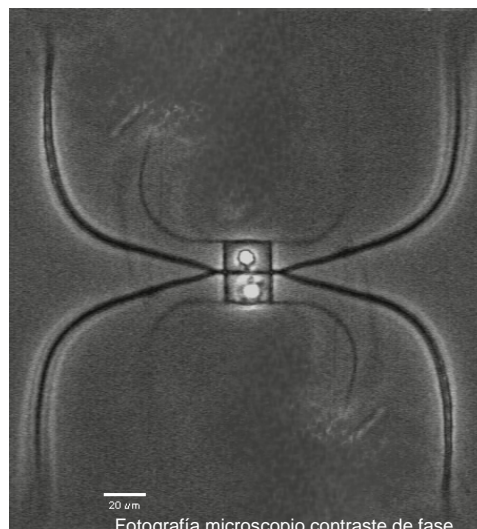


Densidad máxima entre febrero y marzo para la zona B: ciénagas La Loma y Soledad (estaciones 5-7), y desembo-caduras de Cantarillo y Caño Palermo (estaciones 8 y 9). También se observó en menor escala en la ciénaga Ostional (zona C2: estaciones 14 y 15) en diciembre.

Foto satelital del ambiente estuarino con influencia dulceacuícola e industrial (zona B: estaciones 5-9) en la bahía de Cispatá. Tomada y modificada de INVEMAR, 2001.

Chaetocero laevis

Reino: **PLANTAE**
División: **BACILLARIOPHYTA**
Clase: COSCINODISCOPHYCEAE
Subclase:
CHAETOCEROTOPHYCIDAE
Orden: CHAETOCEROTALES
Familia: CHAETOCEROTACEAE
Género: **Chaetocero**
Especie: **C. laevis**



Fotografía microscopio contraste de fase.
Vasquez-Cardenas, 2005

Chaetocero Ehrenberg 1844

Células unidas en filamentos rectos o curvos, rara vez se encuentran solitarios; elípticos en vista valvar, y rectangular en vista cingular. Células unidas por fusión o entrelazamiento de las setas. Uno o más plástidos a manera de platos. Valvas concavas o planas con setas proyectadas de cada polo; las setas pueden contener citoplasma en algunas especies. Valvas terminales presentan morfologías distintas (Round *et al.*, 1990).

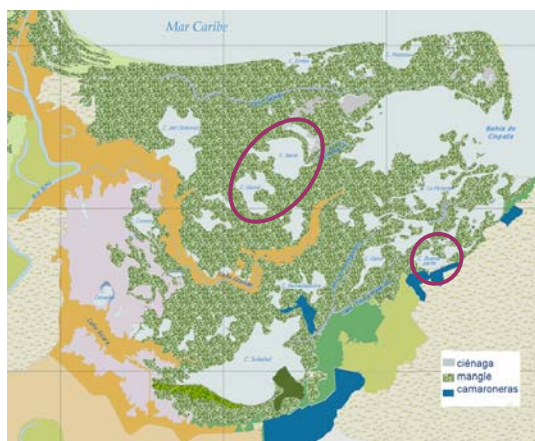
Descripción del Hábitat

Es un importante género marino con numerosas especies, algunas especies se pueden encontrar en aguas dulces (Round *et al.*, 1990). Neríticas, presentes en aguas tropicales (Cupp, 1943).

C. laevis

Cadenas rectas o ligeramente curvadas, integradas por dos a seis células. Valvas planas a ligeramente convexas. Manto valvar alto, con pequeñas muescas en su unión con el cingulo. Las setas terminales son delgadas, emergen de las esquinas de la célula y hacia la porción final convergen. Setas intercalares delgadas ligeramente inclinadas y opuestas al eje apical, o curvas y opuestas al eje de la colonia. Eje apical 5-13 μm, eje perivalvar 6-12 μm (Moreno *et al.*, 1996).

Ambiente Estuarino de la bahía de Cispatá, Córdoba



Abundantes en las ciénagas salobres Navío y El Garzal (zona C1: estaciones 10-13) para marzo (época seca). Aparecen en menor número en el mes de febrero para la misma área y en la ciénaga Buena Parte (zona A: estaciones 3 y 4).

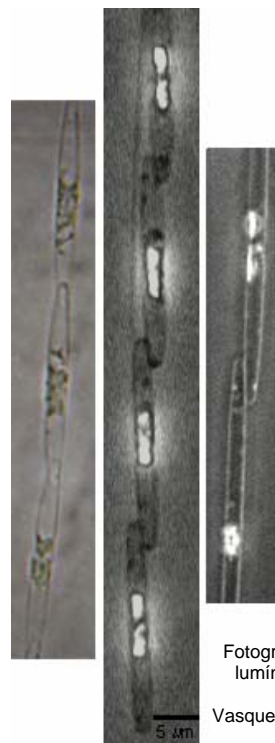
Foto satelital del ambiente estuarino con influencia marina y dulceacuícola (zona C: estaciones 10-15) en la bahía de Cispatá. El círculo resalta las ciénagas Navío y El Garzal (zona C1: estaciones 10-13). Tomada y modificada de INVEMAR, 2001.

Pseudonitzschia sp.

Reino: **PLANTAE**
División: **BACILLARIOPHYTA**
Clase: BACILLARIOPHYCEAE
Subclase: FRAGILARIOPHYCIDAE
Orden: BACILLARIALES
Familia: BACILLARIACEAE
Género: ***Pseudonitzschia***

Pseudonitzschia Perag

Colonia escalonada que resulta de la sobreposición de los extremos de las células adyacentes. El rafe se encuentra a nivel de la superficie valvar, células alargadas, fusiformes a estrechamente lanceoladas con dos cloroplastos centrales (Ferrario *et al.*, 2002). En este estudio las medidas tomadas fueron las siguientes: longitud 20-30 μm ; eje transapical menor a 3 μm ; no fue posible diferenciar el número de estrías.



Fotografía microscopio lumínico y contraste de fase.
Vasquez-Cardenas, 2005

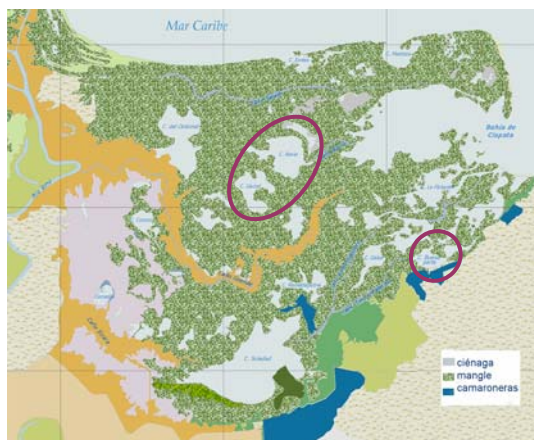
Descripción del Hábitat

Presenta una amplia distribución encontrándose en mares tropicales, subtropicales y templados. En aguas con temperatura entre 2-28 °C y salinidades desde los 24 hasta 36 UPS (Ferrario *et al.*, 2002; Cupp, 1942).

Importancia Ecológica

Algunas especies de este género sintetizan ácido domoico, causa afectaciones a nivel neuronal. Puede causar envenenamiento amnésico por moluscos cuando se presentan altas densidades (Ferrario *et al.*, 2002; Sze, 1998).

Ambiente Estuarino de la bahía de Cispatá, Córdoba



Las mayores densidades se encontraron en los meses de febrero y marzo (época seca) en las estaciones 10, 11, 12, y 13 (zona C1: ciénagas Navio y El Garzal). No obstante, abundancias menores se presentaron en la ciénaga Buena Parte (zona A: estaciones 3 y 4) para abril.

Foto satelital del ambiente estuarino con influencia marina y dulceacuícola (zona C: estaciones 10-15) en la bahía de Cispatá. El círculo resalta las ciénagas Navio y El Garzal (zona C1: estaciones 10-13). Tomada y modificada de INVEMAR, 2001.

Thalassionema nitzschiodes

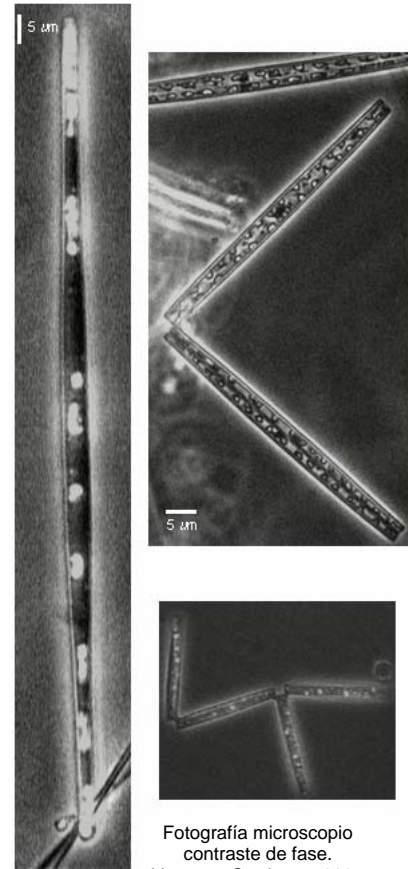
Reino: **PLANTAE**
División: **BACILLARIOPHYTA**
Clase: FRAGILARIOPHYCEAE
Subclase: FRAGILARIOPHYCIDAE
Orden: THALASSIONEMATALES
Familia: THALASSIONEMATACEAE
Género: ***Thalassionema***
Especie: ***T. nitzschiodes***

Thalassionema Grunow 1932

Células lineares, isopolares forman agrupaciones a manera de estrellas, en zigzag o en abanico unidas por cojines mucilaginosos. Plástidos discoides. Valvas alargadas, lineares, con los extremos levemente curvados. Valva plana centralmente; las aureolas parecen estar reducidas en series marginales; sin rafe (Round *et al.*, 1990).

T. nitzschiodes Grunow

Presenta pocas especies (Round *et al.*, 1990). En vista lateral son muy estrechas, ligeramente curvadas. Valvas angostas y lineares, con lados paralelos y extremos redondeados. Longitud: 30-80 μm ; ancho: 2-3,5 μm . Espinas marginales pequeñas, 10-12 en 10 μm (Cupp, 1943).

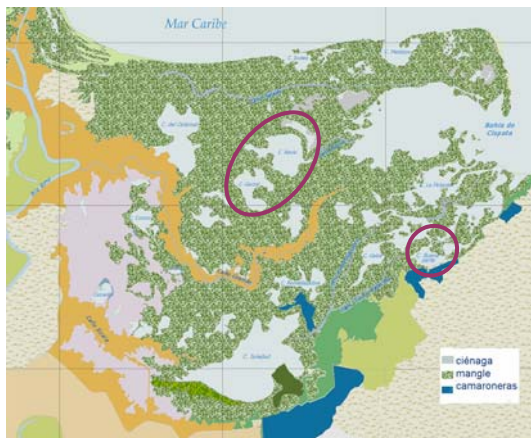


Fotografía microscopio
contraste de fase.
Vasquez-Cardenas, 2005

Descripción del Hábitat

Especie común en medios marinos (Round *et al.*, 1990). Neríticas, cuando presentes son muy abundantes (Cupp, 1943).

Ambiente Estuarino de la bahía de Cispatá, Córdoba



Máxima densidad en la ciénaga Navío (estaciones 10 y 11) en febrero, y un menor porcentaje en El Garzal (estaciones 12 y 13) para el mismo mes. Asimismo, se observó ésta especie en marzo para la zona C1 (estaciones 10-13) y en la ciénaga Buena Parte (zona A: estaciones 3 y 4).

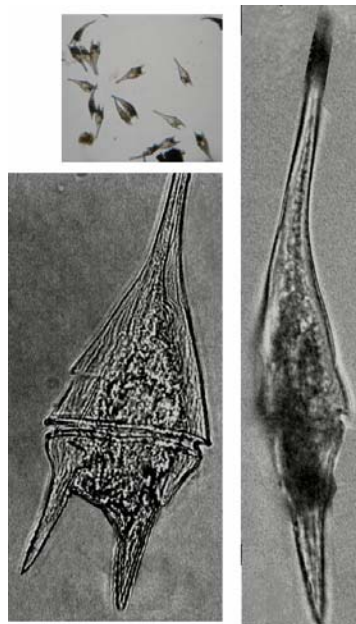
Foto satelital del ambiente estuarino con influencia dulceacuícola y marina (zona C: estaciones 10-15) en la bahía de Cispatá. El círculo resalta las ciénagas Navío y El Garzal (zona C1: estaciones 10-13). Tomada y modificada de INVEMAR, 2001.

Ceratium furca

Reino: **PLANTAE**
División: **PYRROPHYTA**
Clase: **DINOPHYCEAE**
Subclase: **DINOPHYCIDAE**
Orden: **PERIDINIALES**
Familia: **CERATIAEAE**
Género: **Ceratium**
Especie: **C. furca**

Ceratium Schrank 1793

Organismos tecados y reticulados, con un cuerno formado por la placa apical; cuernos antapical o hipotocales formados por las placas postcingulares (derecha) y antapicales (izquierda). Área central del cuerpo está moderadamente comprimido dorsoventralmente, con el cíngulo ligeramente descendente. Formula de las placas: Po, cp, 4', 6'', 5c, 2+s, 6''', 2'''' (Tomás, 1997).



Fotografía microscopio contraste de fase.
Vasquez-Cardenas, 2005

C. furca Claparede y Lachmann 1859

Es de talla mediana; la epiteca es triangular, los lados disminuyen gradualmente para formar el cuerno apical que puede ser largo o corto. Además, presenta dos cuernos antapicales dispares (Vidal, 1977).

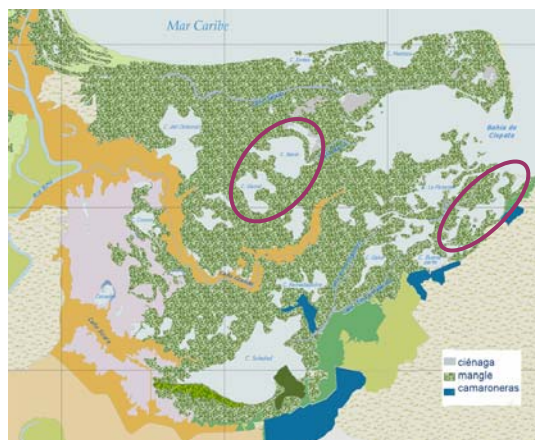
Descripción del Hábitat

Vive en aguas dulces, estuarinas o marinas. Presenta gran variedad de formas marinas, pero sólo cuatro especies propias de aguas dulces (Bold y Wynne, 1985; Parra *et al.*, 1985).

Importancia Ecológica

Es formador de blooms de 1-20 millones de cell asociados a la producción de toxinas que llegan a ser mortales para los peces y otros organismos marinos (Bold y Wynne, 1985).

Ambiente Estuarino de la bahía de Cispatá, Córdoba

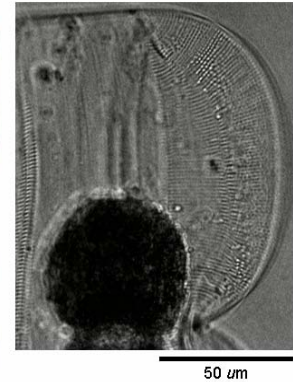


Se observaron las mayores densidades en el mes de abril para la zona C1: ciénaga Espejo y el Garzal (estaciones 10-13). Sin embargo, aparecen durante la totalidad del estudio para ésta área, así como en las estaciones 1 y 2 para abril.

Foto satelital del ambiente estuarino con influencia marina y dulceacuícola (zona C: estaciones 10-15) en la bahía de Cispatá. El círculo resalta las ciénagas Navio y El Garzal (zona C1: estaciones 10-13). Tomada y modificada de INVEMAR, 2001.

Amphiprora alata

Reino: **PLANTAE**
División: **BACILLARIOPHYTA**
Clase: BACILLARIOPHYCEA
Suborden: NAVICULINEAE
Orden: BACILLARIALES
Familia: NAVICULACEAE
Género: **Amphiprora**
Especie: **A. alata**



Fotografía microscopio lumínico y contraste de fase.
Vasquez-Cardenas, 2005

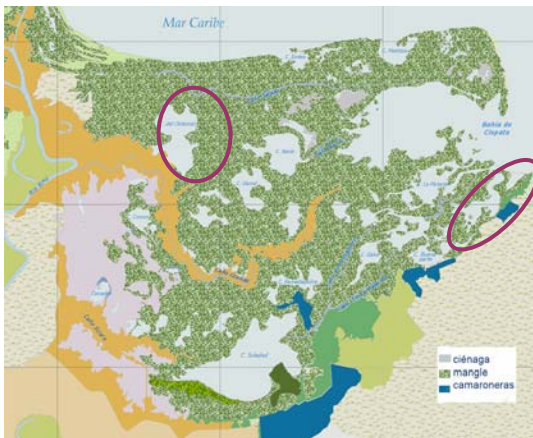
Amphiprora Ehrenberg 1843
Células solitarias, con constricción central. Valvas lanceolate, convexas con rafe, nódulo central y nódulos terminales. Estrías transversales. Zona lateral compleja con numerosas filas longitudinales de las estrías transversales (Cupp, 1943).

A. alata Ehrenberg 1845
Frústulo comprimido en la mitad y torcida. Valvas lineales con ápices redondeados. Área axial sigmoide. Superficie valvar estriada radialmente. Cíngulo integrado por varias bandas estrechas finamente estriadas. Longitud 72-230 µm, eje perivalvar central 20-54 µm, 14-17 estrías en 10 µm (Moreno *et al.*, 1996; Vidal, 1977; 1995).

Descripción del Hábitat

Usualmente de vida bentónica aunque ocasionalmente es planctónica. Se encontró en la Ciénaga Grande de Santa Marta sobre las hojas de *Thalassia* y primordialmente en el sedimentos (Vidal, 1995).

Ambiente Estuarino de la bahía de Cispatá, Córdoba



En la zona A hace parte del mayor porcentaje de densidad relativa en junio para la ciénaga Espejo y Buena Parte (zona A: estaciones 1 y 3). No obstante, las mayores densidades se encontraron en la zona C2 para marzo (ciénaga Ostional: estaciones 14 y 15).

Foto satelital del ambiente estuarino con influencia marina y dulceacuícola (zona C: estaciones 10-15) en la bahía de Cispatá. El círculo resalta la ciénaga Ostional (zona C2: estaciones 14 y 15). Tomada y modificada de INVEMAR, 2001.

Coscinodiscus granii

Reino: **PLANTAE**
División: **BACILLARIOPHYTA**
Clase: **COSCINODISCOPHYCEAE**
Subclase: **COSCINODISCOPHYCIDAE**
Orden: **COSCINODISCALES**
Familia: **COSCINODISCACEAE**
Género: ***Coscinodiscus***
Especie: ***C. granii***

Coscinodiscus Ehrenberg 1838

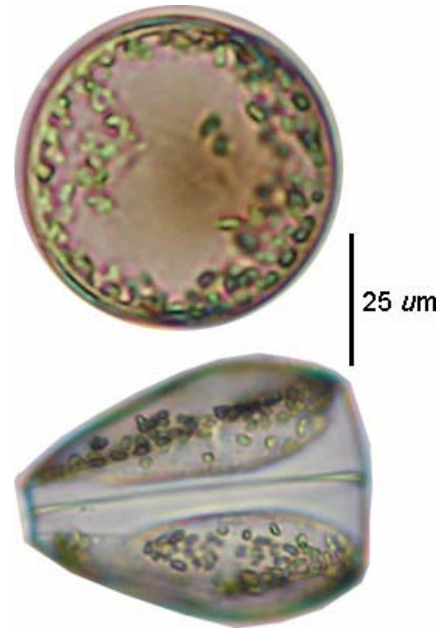
Células discoideas, algunas veces tan planas como una moneda o a manera de barril; ocasionalmente con el manto valvar más profundo en uno de los lados. Numerosos plástidos discoideos. Valvas a manera de platillo o como caja petri; valva plana, algunas veces deprimido centralmente. Aureolas dispuestas radialmente desde el aro central; valvas con poros pequeños centrales y un anillo exterior con poros más grandes (Round *et al.*, 1990).

C. granii Gough 1905

Células con valvas excéntricamente arqueadas; un lado de las células es casi el doble de alta que el otro. Diámetro entre 95-190 μm . Roseta central: aproximadamente 8 aureolas en 10 μm en el centro, 11 cerca del margen, y 13 sobre el borde del manto de la valva en 10 μm . Apertura de las cámaras a manera de puntos pequeñas; aureolas dispuestas en filas y filas secundarias espiraladas. Dos procesos pequeños en el margen con una distancia aproximada de 120° entre ambos (Cupp, 1943).

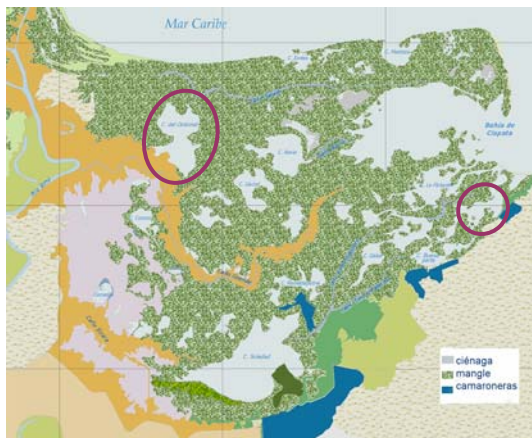
Descripción del Hábitat

Vida libre, marinas, frecuentes en el fitoplancton. Algunas especies han sido reportadas para lagos, pero normalmente se encuentran en aguas con altas conductividades (Round *et al.*, 1990). Nerítica y cosmopolita (Cupp, 1943).



Fotografía microscopio lumínico.
Vasquez-Cardenas, 2005

En el Ambiente Estuarino de la bahía de Cispatá, Córdoba

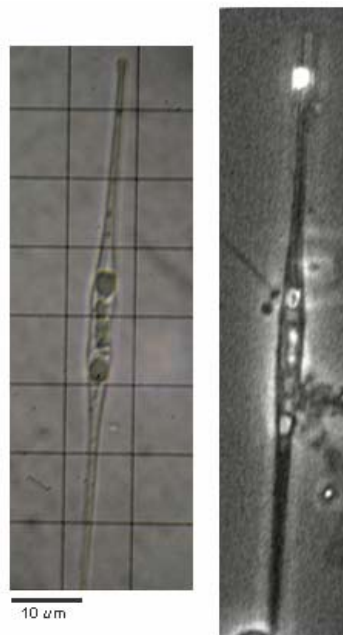


Aparece entre las diez especies más abundantes de la composición fito-planctónica de la ciénaga Ostional para marzo y junio, en especial en la estación 15. No obstante, la máxima densidad de esta especie se observó en la ciénaga Espejo (zona A: estación 1) en diciembre.

Foto satelital del ambiente estuarino con influencia marina y dulceacuícola (zona C: estaciones 10-15) en la bahía de Cispatá. El círculo resalta la ciénaga Ostional (zona C2: estaciones 14 y 15). Tomada y modificada de INVEMAR, 2001.

Fragilaria crotonensis

Reino: **PLANTAE**
División: **BACILLARIOPHYTA**
Clase: **FRAGILARIOPHYCEAE**
Subclase: **FRAGILARIOPHYCIDAE**
Orden: **FRAGILARIALES**
Familia: **FRAGILARIACEAE**
Género: ***Fragilaria***
Especie: ***F. crotonensis***



Fotografía microscopio lumínico y contraste de fase.
Vasquez-Cardenas, 2005

Fragilaria Lynbye 1819

Células unidas formando colonias a manera de lazo, con la parte central oblongada o ensanchada y unidas por esta área. Plástidos pareados en forma de platos. Valvas lineares, lanceoladas o elípticas. Aureolas simples dispuestas en filas uniseriadas transapicales. No presenta rafe (Round *et al.*, 1990).

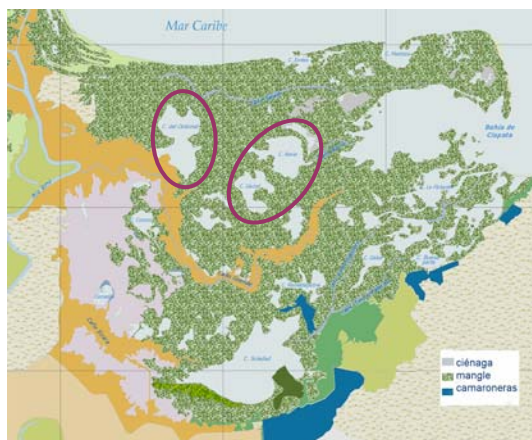
F. crotonensis

Puede ser colonial o solitaria (Round *et al.*, 1990). Parte central ensanchada y a veces también los extremos. Valvas muy pequeñas, lanceoladas. Longitud: 50-75 μm ; ancho: 1,5-3 μm . Estrías transapicales delicadas, 12-16 en 10 μm , en el centro están interrumpidas formando un rectangular central. Pseudorafe linear muy estrecho (Cupp, 1943).

Descripción del Hábitat

Mayoría de las especies son bentónicas con algunos ejemplares planctónicos, por lo general son formas dulceacuícolas (Round *et al.*, 1990). Encontrado en áreas costeras usualmente estuarinas; planctónico y nerítico (Cupp, 1943). Producen olor a geranio en bajas densidades y olor a tierra cuando se encuentran en abundancia (Ramírez, 2000).

Ambiente Estuarino de la bahía de Cispatá, Córdoba



La densidad máxima encontrada fue en la ciénaga de Ostional (zona C2: estaciones 14 y 15) en diciembre (mes de transición). Apareció también, aunque con menores abundancias en las demás estaciones de la zona C en el mismo mes.

Foto satelital del ambiente estuarino con influencia marina y dulceacuícola (zona C: estaciones 10-15) en la bahía de Cispatá. El círculo resalta la ciénaga Ostional (zona C2: estaciones 14 y 15). Tomada y modificada de INVEMAR, 2001.

Synedra ulna

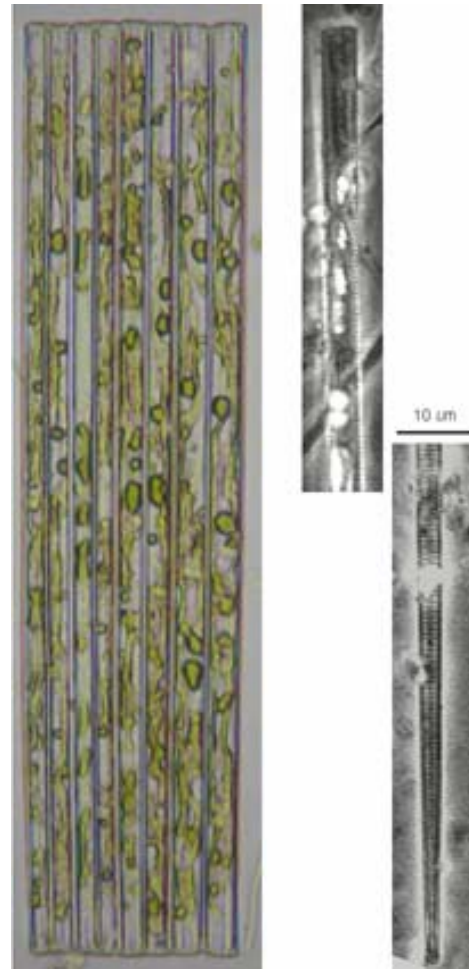
Reino: **PLANTAE**
División: **BACILLARIOPHYTA**
Clase: FRAGILARIOPHYCEAE
Subclase: FRAGILARIOPHYCIDAE
Orden: FRAGILARIALES
Familia: FRAGILARIACEAE
Género: **Synedra**
Especie: **S. ulna**

Synedra Ehrenberg 1830
Diatomea con valvas angostas lineares lanceoladas; extremos más delgados que el cuerpo principal de la valva. Superficie valvar estriada; estrías transversales 9-10 en 10 µm. Pseudo rafe angosto, sin área central hialina en vista singular. Células rectangulares delgadas de longitud 140-300 µm (Vidal 1977; Bicudo y Bicudo, 1970).

S. ulna Ehrenberg 1838
El eje apical mide entre 180 y 254 µm; el eje transapical es de 6-7 µm, exhibe 19 estrías en 10 µm (Parra *et al.*, 1985).

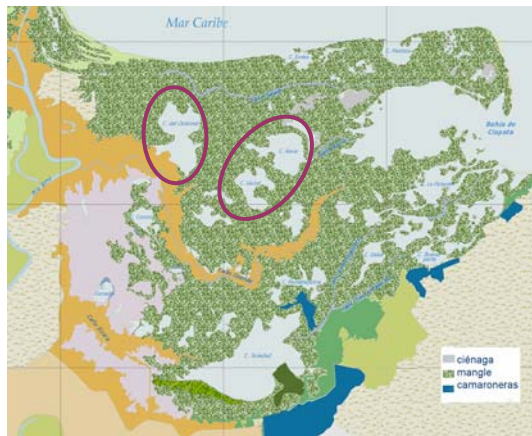
Descripción del Hábitat

Usualmente, prolifera en aguas dulces; vida libre o epifítica (Parra *et al.*, 1985; Round *et al.*, 1990). Pueden producir olor y sabor a tierra o pepino cuando están en mayor concentración. Cuando el agua está clorada producen un olor a jarabe (Ramírez, 2000).



Fotografía microscopio lumínico y contraste de fase. Vasquez-Cardenas, 2005

Ambiente Estuarino de la bahía de Cispatá, Córdoba

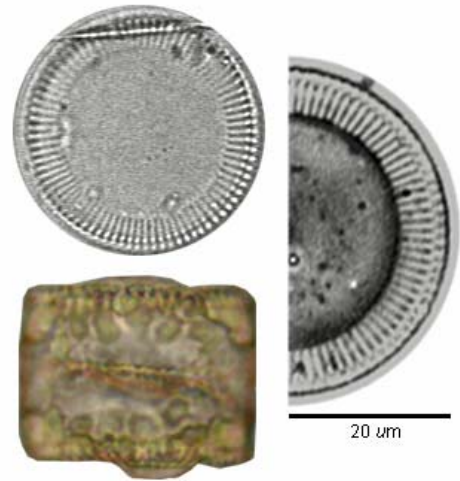


Las máximas abundancias se presentaron en el mes de diciembre para la totalidad de las estaciones comprendidas dentro de la zona C. Asimismo, se observó en todos los meses de estudio en la ciénaga Ostional (estaciones 14 y 15).

Foto satelital del ambiente estuarino con influencia marina y dulceacuícola (zona C: estaciones 10-15) en la bahía de Cispatá. Tomada y modificada de INVEMAR, 2001.

Cyclotella sp.

Reino: **PLANTAE**
División: **BACILLARIOPHYTA**
Clase: **COSCINODISCOPHYCEAE**
Subclase: **THALASSIOSIROPHYCIDAE**
Orden: **THALASSIOSIRALES**
Familia: **STEFANODISCACEAE**
Género: ***Cyclotella***



Fotografía microscopio lumínico y contraste de fase.
Vasquez-Cardenas, 2005

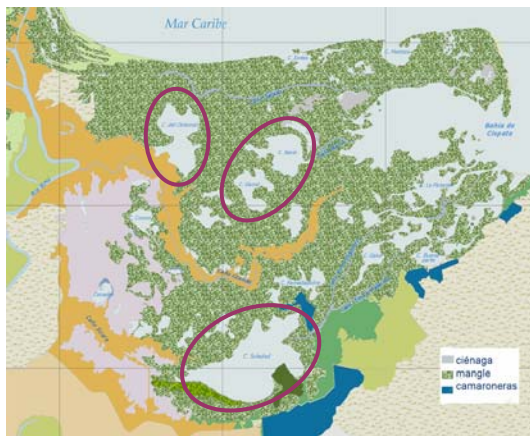
Cyclotella Kützing 1844

Células solitarias, con valvas tangencialmente onduladas, con aureolas valvares. La región central tiene una apariencia distinta con uno o numerosos procesos, además de presentar un proceso labial marginal (Tomás, 1997). En este caso se diferenciaron tres procesos labiales en el área central, un diámetro de 30-40 μm .

Descripción del Hábitat

Es una especie típica de medios dulceacuícolas oligotróficos, habita también estuarios y aguas marinas. Domina en medios con bajas concentraciones de sílice (Sze, 1998; Tomás, 1997).

Ambiente Estuarino de la bahía de Cispatá, Córdoba



Aparece en la ciénaga de Soledad (zona B) para diciembre y en la zona C1 (ciénaga Navio y El Garzal) en febrero y marzo. No obstante, caracterizó la ciénaga Ostional (zona C2: estaciones 14 y 15) para febrero y marzo por ser una especie abundante para estas estaciones en época seca.

Foto satelital del ambiente estuarino con influencia marina y dulceacuícola (zona C) en la bahía de Cispatá. El círculo señala la ciénaga Ostional (zona C2: estaciones 14 y 15). Tomada y modificada de INVEMAR, 2001.

Anexo D. Nuevos Reportes para el Caribe Colombiano

DIVISION: EUGLENOPHYTA

- | | |
|---|-----------|
| 1. <i>Euglena</i> sp1. | Plancha 1 |
| 2. <i>Euglena hemichromata</i> | Plancha 1 |
| 3. <i>Euglena</i> sp2. | Plancha 1 |
| 4. <i>Thachelomonas</i> cf <i>caudata</i> | Plancha 1 |
| 5. <i>Trachelomonas acanthophora</i> | Plancha 1 |
| 6. <i>Euglena granulata</i> | Plancha 1 |
| 7. <i>Phacus tortus</i> | Plancha 1 |
| 8. <i>Phacus longicauda</i> | Plancha 1 |
| 9. <i>Phacus lefevrei</i> | Plancha 1 |
| 10. <i>Phacus pleuronectes</i> | Plancha 1 |

DIVISION: CLOROPHYTA

- | | |
|--|-----------|
| 11. <i>Staurastrum cuspidatum</i> | Plancha 2 |
| 12. <i>Staurastrum connatus</i> | Plancha 2 |
| 13. <i>Staurastrum manfeldtii</i> | Plancha 2 |
| 14. <i>Staurastrum americanum</i> | Plancha 2 |
| 15. <i>Staurastrum caronense</i> | Plancha 2 |
| 16. <i>Staurastrum senticosum</i> | Plancha 2 |
| 17. <i>Staurastrum contectum</i> | Plancha 2 |
| 18. <i>Staurastrum</i> cf <i>avicula</i> | Plancha 2 |
| 19. <i>Staurastrum longispinum</i> | Plancha 2 |
| 20. <i>Staurastrum chaetoceros</i> | Plancha 2 |
| 21. <i>Staurastrum</i> sp1. | Plancha 2 |
| 22. <i>Staurastrum</i> sp2. | Plancha 2 |
| 23. <i>Staurastrum</i> sp3. | Plancha 2 |

24. *Micrasterias* sp.

Plancha 3

25. *Pediastrum simplex* var. *simplex*

Plancha 3

DIVISION: BACILLARIOPHYTA

26. *Eunotia* sp.

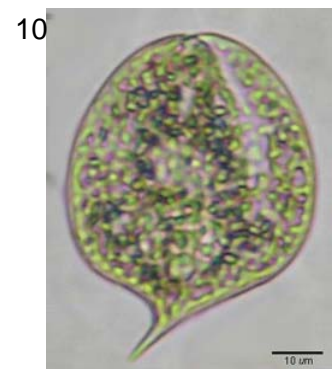
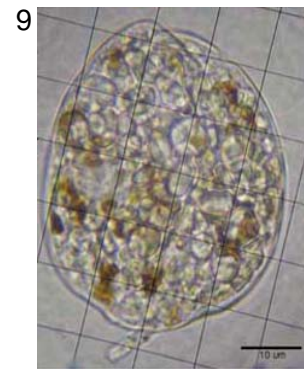
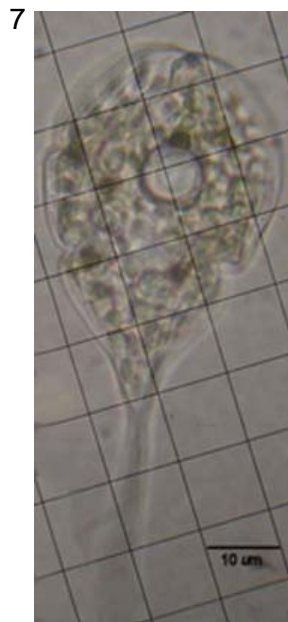
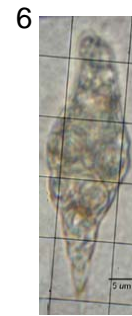
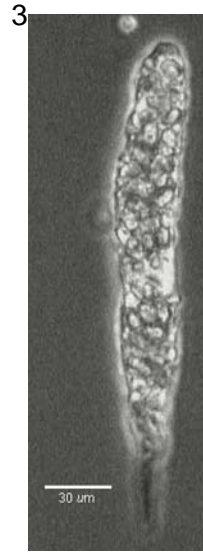
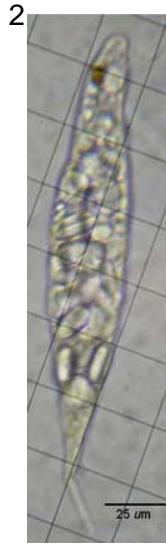
Plancha 3

27. *Nitzschia circumscuta*

Plancha 3

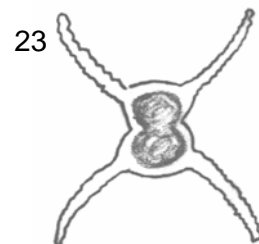
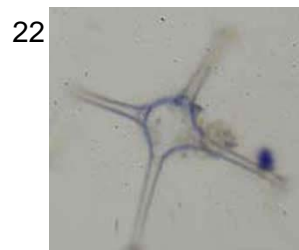
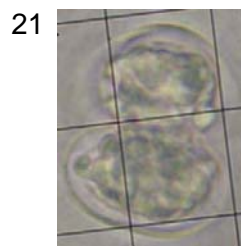
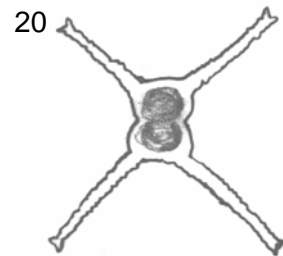
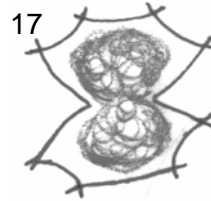
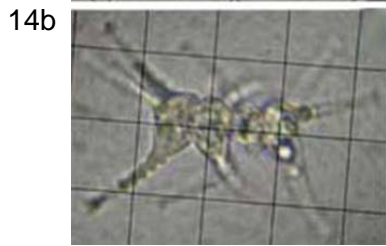
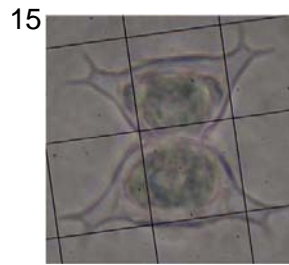
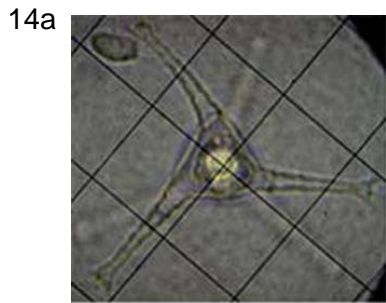
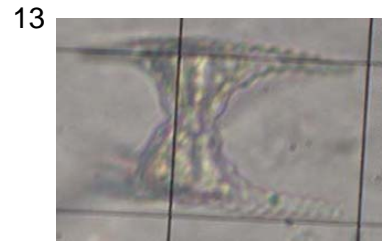
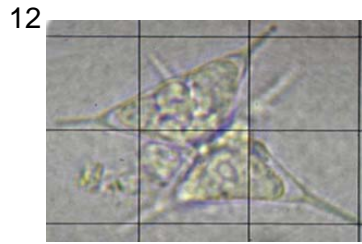
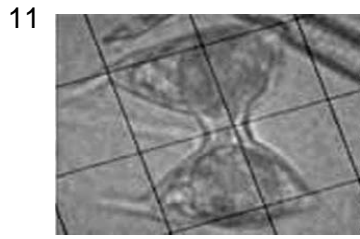
28. *Thalassiophysa hyaline*

Plancha 3



Euglenophyta

Plancha 1



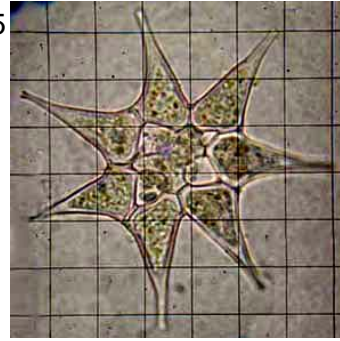
Clorophyta

Plancha 2

24



25



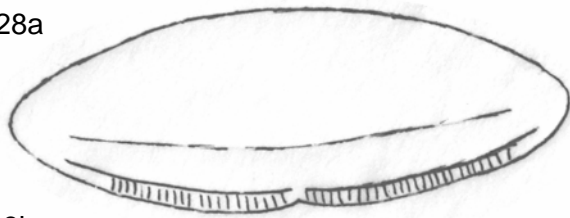
26



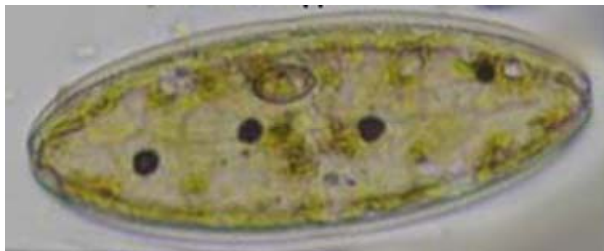
27



28a



28b



Clorophyta y Bacillariophyta

Plancha 3