

**BIODIVERSIDAD Y VALORACIÓN BIOQUÍMICA DEL FITOPLANCTON MARINO EN  
AMBIENTES COSTEROS MESOTRÓFICOS Y OLIGOTRÓFICOS TROPICALES,  
CARIBE COLOMBIANO**

**PAULO CÉSAR TIGREROS BENAVIDES**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ JORGE TADEO LOZANO  
FACULTAD DE BIOLOGÍA MARINA  
SANTA MARTA  
2001**

**BIODIVERSIDAD Y VALORACIÓN BIOQUÍMICA DEL FITOPLANCTON MARINO EN  
AMBIENTES COSTEROS MESOTRÓFICOS Y OLIGOTRÓFICOS TROPICALES,  
CARIBE COLOMBIANO**

**PAULO CÉSAR TIGREROS BENAVIDES**

Trabajo de grado presentado  
como requisito para optar al  
título de Biólogo Marino

**Director**

**Andrés Franco Herrera Cand. Ph. D.**

Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ JORGE TADEO LOZANO**

**FACULTAD DE BIOLOGÍA MARINA**

**SANTA MARTA**

**2001**

Nota de aceptación

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Presidente del Jurado

\_\_\_\_\_

Jurado

\_\_\_\_\_

Jurado

Santa Marta D.T.C.H., Marzo de 2001

A

William Tigreros Peña,  
Maria Filomena Benavides,  
Néstor Mauricio Tigreros Benavides,  
William Tigreros Benavides,  
Mi Familia...

A DIOS...

## AGRADECIMIENTOS

En la culminación de esta carrera agradezco a:

Andrés Franco Herrera por darme la oportunidad de realizar este trabajo de grado bajo su dirección y por sus enseñanzas profesionales y personales.

A la familia Tigreros-Benavides por sus oraciones y bendiciones a la hora de enfrentar las anacondas.

A la familia Vanegas-Jurado por su aceptación, ayuda y parte de ella por gratos 5 años; no los olvido.

A la familia Grijalba-Bendeck por su amistad, sinceridad, cariño, lo vivido y lo que nos falta por vivir.

A Tatiana Vanegas Jurado -Tata- por nuestro tiempo, ese mismo que nos acompaño desde el inicio de la carrera, por tu ayuda, confianza, empuje, perdón y 5 años de tu vida; gracias y mucha suerte.

A Lyda Marcela Grijalba Bendeck por tu sonrisa y el brillo de tus ojos, por el inicio de este camino que recorreremos.

A Adis Ayala por su oportuna ayuda bioquímica.

A la colaboración de Hernando Valencia Abdalá al permitirnos el uso de las instalaciones de esta Universidad.

A la eficiente colaboración de la Biblioteca bajo la dirección de Alexi Torres.

A Gustavo Ramírez jefe del departamento de química del INVEMAR por el préstamo de equipos.

A compañeros y amigos como Daniel Rincón, Paúl Gómez, Pablo Castro y Juan Carlos Rodríguez Linares (Leydi).

A mí por seguir el ejemplo de mi Poto y mi Ma aunque me halla descarriado cientos de veces.

A Son Goku, familiares, amigos y enemigos por formar parte de mi cronograma de actividades; a Mcgyver, Chris Carter y la NBA por sus enseñanzas y orientación profesional.

A Soda Stereo y Gustavo Cerati por sus letras y canciones testigos en este proceso.

Los laboratorios no hubieran sido tan amenos sin:

Mí.

El personal de apoyo logístico presto a cumplir las necesidades instrumentales y de reactivos, me refiero a Charly Charry, Edgar Alzamora y Marcela Grijalba.

El personal de apoyo de muestras en especial al grupo de Temoritas: Daniel Rincón, Paola Martínez, Diana Álvarez y Jhon Ramírez.

El personal del grupo de tesis en especial a Morci -Andrés Morales-.

Las salidas de campo no se hubieran dado sin:

Mí y los 9 Mareoles y/o Dramamines compañeros infaltables de los muestreos y la confianza de nuestro director Andrés Franco.

Los Wincheros Morci, Alexis Medina y Pablo Castro y los Toderos Tata, Tania Yie y Marcela.

**GRACIAS... (TOTALES)**

## CONTENIDO

	pág
RESUMEN	20
ABSTRACT	21
1. INTRODUCCIÓN	22
2. METODOLOGÍA	34
2.1. DISEÑO DEL MUESTREO	34
2.1.1. Ubicación de las estaciones de muestreo	34
2.1.2. Frecuencia del muestreo	37
2.2. COMPONENTE ABIÓTICO	38
2.3. COMPONENTE BIOQUÍMICO	40
2.3.1. Pigmentos fotosintéticos	40
2.3.2. Concentración de carbohidratos y proteínas	41
2.4. COMPONENTE BIÓTICO	43
2.5. MANEJO DE LA INFORMACIÓN	45
2.5.1. Componente abiótico	45
2.5.2. Componente bioquímico	47
2.5.3. Componente biótico	48
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
3.1. COMPONENTE ABIÓTICO	50

3.1.1. Variables fisicoquímicas	50
3.1.1.1. Coeficiente de extinción (K)	50
3.1.1.2. Temperatura	52
3.1.1.3. pH	55
3.1.1.4. Salinidad	58
3.1.1.5. Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto	60
3.1.1.6. Seston total	63
3.1.1.7. Densidad	65
3.1.1.8. Estabilidad de la columna de agua	68
3.1.2. Análisis de clasificación y ordenamiento (MDS)	72
3.1.2.1. Cruceros época lluviosa	72
3.1.2.1.1. Golfo de Salamanca	72
3.1.2.1.2. Parque Tayrona	74
3.1.2.2. Cruceros época seca	75
3.1.2.2.1. Golfo de Salamanca	75
3.1.2.2.2. Parque Tayrona	77
3.2. COMPONENTE BIOQUÍMICO	80
3.2.1. Cruceros época lluviosa	80
3.2.1.1. Golfo de Salamanca	80
3.2.1.2. Parque Tayrona	93
3.2.2. Cruceros época seca	105
3.2.2.1. Golfo de Salamanca	105
3.2.2.2. Parque Tayrona	117
3.3. COMPONENTE BIÓTICO	134
3.3.1. Cruceros época lluviosa	138
3.3.1.1. Golfo de Salamanca	138
3.3.1.2. Parque Tayrona	141
3.3.2. Cruceros época seca	145
3.3.2.1. Golfo de Salamanca	145
3.3.2.2. Parque Tayrona	147

4. CONCLUSIONES	153
5. RECOMENDACIONES	158
BIBLIOGRAFÍA	160
ANEXOS	174

## LISTA DE TABLAS

	pág
Tabla 1. Cronograma y ubicación de los cruceros realizados durante el presente estudio.	37
Tabla 2. Resultados de la medición del coeficiente de extinción ( $m^{-1}$ ) para los cruceros trabajados por épocas climáticas. <b>(a)</b> época lluviosa; <b>(b)</b> época seca.	51
Tabla 3. Resultados de la medición de la temperatura ( $^{\circ}C$ ) para los cruceros trabajados por épocas climáticas. $\bar{x}$ , <b>E. estándar</b> y <b>C.V</b> corresponden respectivamente a la media muestral, el error estándar y el coeficiente de variación de los resultados obtenidos al integrar los estratos de profundidad trabajados. <b>(a)</b> época lluviosa; <b>(b)</b> época seca.	53
Tabla 4. Resultados de la medición del pH para los cruceros trabajados por épocas climáticas. $\bar{x}$ , <b>E. estándar</b> y <b>C.V</b> corresponden respectivamente a la media muestral, el error estándar y el coeficiente de variación de los resultados obtenidos al integrar los estratos de profundidad trabajados. <b>(a)</b> época lluviosa; <b>(b)</b> época seca.	56
Tabla 5. Resultados de la medición de la salinidad (UPS) para los cruceros trabajados por épocas climáticas. $\bar{x}$ , <b>E. estándar</b> y <b>C.V</b> corresponden respectivamente a la media muestral, el error estándar y el coeficiente de variación de los resultados obtenidos al integrar los estratos de profundidad trabajados. <b>(a)</b> época lluviosa; <b>(b)</b> época seca.	59
Tabla 6. Resultados de la medición del porcentaje de saturación de oxígeno disuelto para los cruceros trabajados por épocas climáticas. $\bar{x}$ , <b>E. estándar</b> y <b>C.V</b> corresponden respectivamente a la media muestral, el error estándar y el coeficiente de variación de los resultados obtenidos al integrar los estratos de profundidad trabajados. <b>(a)</b> época lluviosa; <b>(b)</b> época seca.	61
Tabla 7. Resultados de la medición del seston total ( $g/m^3$ ) para los cruceros trabajados por épocas climáticas. $\bar{x}$ , <b>E. estándar</b> y <b>C.V</b> corresponden respectivamente a la media muestral, el error estándar y el coeficiente de variación de los resultados obtenidos al integrar los estratos de profundidad trabajados. <b>(a)</b> época lluviosa; <b>(b)</b> época seca.	64
Tabla 8. Resultados de la medición de la densidad ( $kg/m^3$ ) para los cruceros trabajados por épocas climáticas. $\bar{x}$ , <b>E. estándar</b> y <b>C.V</b> corresponden respectivamente a la media muestral, el error estándar y el coeficiente de variación de los resultados obtenidos al integrar los estratos de profundidad trabajados. <b>(a)</b> época lluviosa; <b>(b)</b> época seca.	66
Tabla 9. Resultados del cálculo de la estabilidad para los cruceros trabajados por épocas climáticas. <b>(a)</b> época lluviosa; <b>(b)</b> época seca.	68

- Tabla 10. Resultados para las variables fisicoquímicas trabajadas en el presente estudio de diversos autores en los ambientes oceanográficos seleccionados. 70
- Tabla 11. **a.** Datos brutos de la concentración de clorofila **a** ( $\mu\text{g Chl a/l}$ ) por profundidad en las clases de talla trabajadas en el ciclo diario de muestreo para el Golfo de Salamanca durante la época lluviosa; **b.** Valor promedio y error estándar ( $E_{s(xp)}$ ) integrando los valores de los tres ciclos diarios en cada clase de talla y profundidad. 82
- Tabla 12. **a.** Datos brutos de la concentración de carbohidratos expresados en glucosa ( $\mu\text{g glucosa/l}$ ) por profundidad en las clases de talla trabajadas en el ciclo diario de muestreo para el Golfo de Salamanca durante la época lluviosa; **b.** Valor promedio y error estándar ( $E_{s(xp)}$ ) integrando los valores de los tres ciclos diarios en cada clase de talla y profundidad. 84
- Tabla 13. **a.** Datos brutos de la concentración de proteínas ( $\mu\text{g proteína/l}$ ) por profundidad en las clases de talla trabajadas en el ciclo diario de muestreo para el Golfo de Salamanca durante la época lluviosa; **b.** Valor promedio y error estándar ( $E_{s(xp)}$ ) integrando los valores de los tres ciclos diarios en cada clase de talla y profundidad. 87
- Tabla 14. Resultados de la correlación momento-producto de Pearson entre los componentes bioquímicos trabajados teniendo en cuenta los valores respectivos de las mismas clases de talla para toda la columna de agua durante los cruceros realizados en el GdS en la época lluviosa. **r** (coeficiente de correlación), **v-p** (valor p), número de pares de datos 12. (\* denota correlación significativa al 95% de confianza). 89
- Tabla 15. Concentración de **a.** clorofila **a** ( $\mu\text{g Chl a/l}$ ), **b.** glucosa ( $\mu\text{g glucosa /l}$ ) y **c.** proteínas ( $\mu\text{g proteína/l}$ ) integrando los valores de las clases de talla en cada profundidad en los ciclos diarios de muestreo realizados en el Golfo de Salamanca durante la época lluviosa. 90
- Tabla 16. Resultados de la correlación momento-producto de Pearson entre los componentes bioquímicos trabajados y los parámetros fisicoquímicos para toda la columna de agua durante los cruceros realizados en el Golfo de Salamanca en la época lluviosa. **r** (coeficiente de correlación), **v-p** (valor p), **N** (número de pares de datos). (\* denota correlación significativa al 95% de confianza). 91
- Tabla 17. **a.** Datos brutos de la concentración de clorofila **a** ( $\mu\text{g Chl a/l}$ ) por profundidad en las clases de talla trabajadas en el ciclo diario de muestreo para el Parque Tayrona durante la época lluviosa; **b.** Valor promedio y error estándar ( $E_{s(xp)}$ ) integrando los valores de los tres ciclos diarios en cada clase de talla y profundidad. 94

- Tabla 18. **a.** Datos brutos de la concentración de carbohidratos expresados en glucosa ( $\mu\text{g}$  glucosa/l) por profundidad en las clases de talla trabajadas en el ciclo diario de muestreo para el Parque Tayrona durante la época lluviosa; **b.** Valor promedio y error estándar ( $Es_{(xp)}$ ) integrando los valores de los tres ciclos diarios en cada clase de talla y profundidad. 97
- Tabla 19. **a.** Datos brutos de la concentración de proteínas ( $\mu\text{g}$  proteína/l) por profundidad en las clases de talla trabajadas en el ciclo diario de muestreo para el Parque Tayrona durante la época lluviosa; **b.** Valor promedio y error estándar ( $Es_{(xp)}$ ) integrando los valores de los tres ciclos diarios en cada clase de talla y profundidad. 98
- Tabla 20. Resultados de la correlación momento-producto de Pearson entre los componentes bioquímicos trabajados teniendo en cuenta los valores respectivos de las mismas clases de talla para toda la columna de agua durante los cruceros realizados en el Parque Tayrona en la época lluviosa. **r** (coeficiente de correlación), **v-p** (valor p), número de pares de datos 12. (\* denota correlación significativa al 95% de confianza). 100
- Tabla 21. Concentración de **a.** clorofila **a** ( $\mu\text{g}$  Chl **a**/l), **b.** glucosa ( $\mu\text{g}$  glucosa /l) y **c.** proteínas ( $\mu\text{g}$  proteína/l) integrando los valores de las clases de talla en cada profundidad en los ciclos diarios de muestreo realizados en el Parque Tayrona durante la época lluviosa. 102
- Tabla 22. Resultados de la correlación momento-producto de Pearson entre los componentes bioquímicos trabajados y los parámetros fisicoquímicos para toda la columna de agua durante los cruceros realizados en el Parque Tayrona en la época lluviosa. **r** (coeficiente de correlación), **v-p** (valor p), **N** (número de pares de datos). (\* denota correlación significativa al 95% de confianza). 103
- Tabla 23. Resultado de la prueba Wilcoxon para muestras pareadas entre los componentes bioquímicos de la comunidad fitoplanctónica para los cruceros efectuados en ambos ambientes oceanográficos durante la época lluviosa. **v-p** (valor p), número de pares de datos 4. (\* denota aquellos pares de cruceros caracterizados por presentar diferencias significativas al 95% de confianza). 105
- Tabla 24. **a.** Datos brutos de la concentración de clorofila **a** ( $\mu\text{g}$  Chl **a**/l) por profundidad en las clases de talla trabajadas en el ciclo diario de muestreo para el Golfo de Salamanca durante la época seca; **b.** Valor promedio y error estándar ( $Es_{(xp)}$ ) integrando los valores de los tres ciclos diarios en cada clase de talla y profundidad. 108
- Tabla 25. **a.** Datos brutos de la concentración de carbohidratos expresados en glucosa ( $\mu\text{g}$  glucosa/l) por profundidad en las clases de talla trabajadas en el ciclo diario de muestreo para el Golfo de Salamanca durante la época seca; **b.** Valor promedio y error estándar ( $Es_{(xp)}$ ) integrando los valores de los tres ciclos diarios en cada clase de talla y profundidad. 111

- Tabla 26. **a.** Datos brutos de la concentración de proteínas ( $\mu\text{g}$  proteína/l) por profundidad en las clases de talla trabajadas en el ciclo diario de muestreo para el Golfo de Salamanca durante la época seca; **b.** Valor promedio y error estándar ( $ES_{(xp)}$ ) integrando los valores de los tres ciclos diarios en cada clase de talla y profundidad. 113
- Tabla 27. Resultados de la correlación momento-producto de Pearson entre los componentes bioquímicos trabajados teniendo en cuenta los valores respectivos de las mismas clases de talla para toda la columna de agua durante los cruceros realizados en el Golfo de Salamanca en la época seca. **r** (coeficiente de correlación), **v-p** (valor p), número de pares de datos 12. (\* denota correlación significativa al 95% de confianza). 114
- Tabla 28. Concentración de **a.** clorofila **a** ( $\mu\text{g}$  Chl **a**/l), **b.** glucosa ( $\mu\text{g}$  glucosa/l) y **c.** proteínas ( $\mu\text{g}$  proteína/l) y error estándar ( $ES_{(xp)}$ ) integrando los valores de las clases de talla en cada profundidad en los ciclos diarios de muestreo realizados en el Golfo de Salamanca durante la época seca. 115
- Tabla 29. Resultados de la correlación momento-producto de Pearson entre los componentes bioquímicos trabajados y los parámetros fisicoquímicos para toda la columna de agua durante los cruceros realizados en el Golfo de Salamanca en la época seca. **r** (coeficiente de correlación), **v-p** (valor p), **N** (número de pares de datos). (\* denota correlación significativa al 95% de confianza). 117
- Tabla 30. **a.** Datos brutos de la concentración de clorofila **a** ( $\mu\text{g}$  Chl **a**/l) por profundidad en las clases de talla trabajadas en el ciclo diario de muestreo para el Parque Tayrona durante la época seca; **b.** Valor promedio y error estándar ( $ES_{(xp)}$ ) integrando los valores de los tres ciclos diarios en cada clase de talla y profundidad. 118
- Tabla 31. **a.** Datos brutos de la concentración de carbohidratos ( $\mu\text{g}$  glucosa/l) por profundidad en las clases de talla trabajadas en el ciclo diario de muestreo para el Parque Tayrona durante la época seca; **b.** Valor promedio y error estándar ( $ES_{(xp)}$ ) integrando los valores de los tres ciclos diarios en cada clase de talla y profundidad. 122
- Tabla 32. **a.** Datos brutos de la concentración de proteínas ( $\mu\text{g}$  proteína/l) por profundidad en las clases de talla trabajadas en el ciclo diario de muestreo para el Parque Tayrona durante la época seca; **b.** Valor promedio y error estándar ( $ES_{(xp)}$ ) integrando los valores de los tres ciclos diarios en cada clase de talla y profundidad. 125
- Tabla 33. Resultados de la correlación momento-producto de Pearson entre los componentes bioquímicos trabajados teniendo en cuenta los valores respectivos de las mismas clases de talla para toda la columna de agua durante los cruceros realizados en el Parque Tayrona en la época seca. **r** (coeficiente de correlación), **v-p** (valor p), número de pares de datos 8. (\* denota correlación significativa al 95% de confianza). 126

- Tabla 34. Concentración de **a.** clorofila **a** ( $\mu\text{g Chl a/l}$ ), **b.** glucosa ( $\mu\text{g glucosa /l}$ ) y **c.** proteínas ( $\mu\text{g proteína/l}$ ) integrando los valores de las clases de talla en cada profundidad en los ciclos diarios de muestreo realizados en el Parque Tayrona durante la época seca. 127
- Tabla 35. Resultados de la correlación momento-producto de Pearson entre los componentes bioquímicos trabajados y los parámetros fisicoquímicos para toda la columna de agua durante los cruceros realizados en el Parque Tayrona en la época seca. **r** (coeficiente de correlación), **v-p** (valor p), número de pares de datos 24. (\* denota correlación significativa al 95% de confianza). 128
- Tabla 36. Resultado de la prueba Wilcoxon para muestras pareadas entre los componentes bioquímicos de la comunidad fitoplanctónica integrada para los cruceros efectuados en ambos ambientes oceanográficos durante la época seca. **v-p** (valor p), número de pares de datos 4. (\* denota aquellos pares de cruceros caracterizados por presentar diferencias significativas al 95% de confianza). 130
- Tabla 37. Reportes a nivel mundial de concentraciones de los componentes bioquímicos trabajados en el presente estudio. Los resultados pertenecientes a este estudio corresponden al mayor y menor valor promedio obtenido para la comunidad fitoplanctónica integrando los ciclos diarios de muestreo de cada crucero. 131
- Tabla 38. Abundancias relativas de las familias encontradas para los cruceros efectuados en el GdS durante la época lluviosa. 139
- Tabla 39. Abundancias relativas de las familias encontradas para los cruceros efectuados en el PNNT durante la época lluviosa. 142
- Tabla 40. Resultados de la correlación momento-producto de pearson entre los componentes bioquímicos y la densidad de individuos microfitoplanctónicos trabajados durante la época lluviosa. **r** (coeficiente de correlación), **v-p** (valor p), número de pares de datos 36. (\* denota correlación al 95% de confianza). 143
- Tabla 41. Abundancias relativas de las familias encontradas durante los cruceros efectuados en el GdS durante la época seca. 146
- Tabla 42. Abundancias relativas de las familias encontradas durante los cruceros efectuados en el PNNT durante la época seca. 147
- Tabla 43. Resultados de la correlación momento-producto de pearson entre los componentes bioquímicos y la densidad de individuos microfitoplanctónicos trabajados durante la época seca. **r** (coeficiente de correlación), **v-p** (valor p), (\* denota correlación significativa al 95% de confianza). 149

## LISTA DE FIGURAS

	pág
Figura 1. Ambientes oceanográficos trabajados en el presente estudio. (Tomado y modificado del proyecto Sistemas de Información Geográfica SIG, INVEMAR, 1998)	25
Figura 2. Ubicación de las estaciones de muestreo dentro del Golfo de Salamanca. (Tomado y modificado de Duarte y Von Schiller 1997).	36
Figura 3. Ubicación de las estaciones de muestreo dentro del Parque Nacional Natural Tayrona. (Tomado y modificado de Díaz 1994).	36
Figura 4. Comportamiento del coeficiente de extinción en las épocas climáticas para los ambientes oceanográficos trabajados durante cada uno de los cruceros teniendo en cuenta los ciclos diarios de muestreo. <b>(a)</b> representa al Golfo de Salamanca; <b>(b)</b> representa al Parque Tayrona.	51
Figura 5. Comportamiento de la temperatura en las épocas climáticas para los ambientes oceanográficos trabajados durante cada uno de los cruceros teniendo en cuenta los ciclos diarios de muestreo. <b>(a)</b> representa al Golfo de Salamanca; <b>(b)</b> representa al Parque Tayrona. (□□, error estándar).	54
Figura 6. Comportamiento del pH en las épocas climáticas para los ambientes oceanográficos trabajados durante cada uno de los cruceros teniendo en cuenta los ciclos diarios de muestreo. <b>(a)</b> representa al Golfo de Salamanca; <b>(b)</b> representa al Parque Tayrona. (□□, error estándar).	57
Figura 7. Comportamiento de la salinidad en las épocas climáticas para los ambientes oceanográficos trabajados durante cada uno de los cruceros teniendo en cuenta los ciclos diarios de muestreo. <b>(a)</b> representa al Golfo de Salamanca; <b>(b)</b> representa al Parque Tayrona. (□□, error estándar).	60
Figura 8. Comportamiento del porcentaje de saturación de oxígeno disuelto en las épocas climáticas para los ambientes oceanográficos trabajados durante cada uno de los cruceros teniendo en cuenta los ciclos diarios de muestreo. <b>(a)</b> representa al Golfo de Salamanca; <b>(b)</b> representa al Parque Tayrona. (□□, error estándar).	62
Figura 9. Comportamiento del seston total en las épocas climáticas para los ambientes oceanográficos trabajados durante cada uno de los cruceros teniendo en cuenta los ciclos diarios de muestreo. <b>(a)</b> representa al Golfo de Salamanca; <b>(b)</b> representa al Parque Tayrona. (□□, error estándar).	65
Figura 10. Comportamiento de la densidad de la columna de agua en las épocas climáticas para los ambientes oceanográficos trabajados durante cada uno de los cruceros teniendo en cuenta los ciclos diarios de muestreo. <b>(a)</b> representa al Golfo de Salamanca; <b>(b)</b> representa al Parque Tayrona. (□□, error estándar).	67

Figura 11. Comportamiento de la densidad en las épocas climáticas para los ambientes oceanográficos trabajados durante cada uno de los cruceros. **(a)** representa al Golfo de Salamanca; **(b)** representa al Parque Tayrona. 67

Figura 12. Comportamiento de la estabilidad en las épocas climáticas para los ambientes oceanográficos trabajados durante cada uno de los cruceros teniendo en cuenta los ciclos diarios de muestreo. **(a)** representa al Golfo de Salamanca; **(b)** representa al Parque Tayrona. (□□, error estándar). 69

Figura 13. Dendograma de distancia euclidiana para los cruceros realizados en el GdS durante la época lluviosa. Los números 1, 2 y 5 representan el orden cronológico de los cruceros. Las letras am, m y at indican en su orden los ciclos diarios de muestreo correspondientes al amanecer, mañana y atardecer. 73

Figura 14. Ordenamiento MDS para los cruceros realizados en el GdS durante la época lluviosa. Los números 1, 2 y 5 representan el orden cronológico de los cruceros. Las letras am, m y at indican en su orden los ciclos diarios de muestreo correspondientes al amanecer, mañana y atardecer. (Valor de estrés: 0,0004773). 73

Figura 15. Dendograma de distancia euclidiana para los cruceros realizados en el PNNT durante la época lluviosa. Los números 3, 4 y 6 representan el orden cronológico de los cruceros. Las letras am, m y at indican en su orden los ciclos diarios de muestreo correspondientes al amanecer, mañana y atardecer. 74

Figura 16. Ordenamiento MDS para los cruceros realizados en el PNNT durante la época lluviosa. Los números 3, 4 y 6 representan el orden cronológico de los cruceros. Las letras am, m y at indican en su orden los ciclos diarios de muestreo correspondientes al amanecer, mañana y atardecer. (Valor de estrés: 0,06434). 75

Figura 17. Dendograma de distancia euclidiana para los cruceros realizados en el GdS durante la época seca. Los números 7, 8 y 11 representan el orden cronológico de los cruceros. Las letras am, m y at indican en su orden los ciclos diarios de muestreo correspondientes al amanecer, mañana y atardecer. 76

Figura 18. Ordenamiento MDS para los cruceros realizados en el PNNT durante la época seca. Los números 7, 8 y 11 representan el orden cronológico de los cruceros. Las letras am, m y at indican en su orden los ciclos diarios de muestreo correspondientes al amanecer, mañana y atardecer. 76

Figura 19. Dendograma de distancia euclidiana para los cruceros realizados en el PNNT durante la época seca. Los números 9 y 10 representan el orden cronológico de los cruceros. Las letras am, m y at indican en su orden los ciclos diarios de muestreo correspondientes al amanecer, mañana y atardecer. 77

Figura 20. Ordenamiento MDS para los cruceros realizados en el PNNT durante la época seca. Los números 9 y 10 representan el orden cronológico de los cruceros. Las letras am, m y at indican en su orden los ciclos diarios de muestreo correspondientes al amanecer, mañana y atardecer. (Valor de estrés: 0,000038). 78

Figura 21. Comportamiento del valor promedio diario de clorofila **a** por profundidad y clase de talla para los cruceros efectuados en el Golfo de Salamanca durante la época lluviosa. **(a)** crucero 1, **(b)** crucero 2, **(c)** crucero 5; **(d)** valor en cada crucero de la concentración promedio diaria de Chl **a** en la comunidad fitoplanctónica teniendo en cuenta la profundidad. (□□, error estándar). 81

Figura 22. Comportamiento del valor promedio diario de glucosa por profundidad y clase de talla para los cruceros efectuados en el Golfo de Salamanca durante la época lluviosa. **(a)** crucero 1, **(b)** crucero 2, **(c)** crucero 5; **(d)** valor en cada crucero de la concentración promedio diaria de glucosa en la comunidad fitoplanctónica teniendo en cuenta la profundidad. (□□, error estándar). 85

Figura 23. Comportamiento del valor promedio diario de proteína por profundidad y clase de talla para los cruceros efectuados en el Golfo de Salamanca durante la época lluviosa. **(a)** crucero 1, **(b)** crucero 2, **(c)** crucero 5; **(d)** valor en cada crucero de la concentración promedio diaria de proteína en la comunidad fitoplanctónica teniendo en cuenta la profundidad. (□□, error estándar). 86

Figura 24. Comportamiento del valor promedio diario de clorofila **a** por profundidad y clase de talla para los cruceros efectuados en el Parque Tayrona durante la época lluviosa. **(a)** crucero 3, **(b)** crucero 4, **(c)** crucero 6; **(d)** valor en cada crucero de la concentración promedio diaria de Chl **a** en la comunidad fitoplanctónica teniendo en cuenta la profundidad. (□□, error estándar). 95

Figura 25 Comportamiento del valor promedio diario de glucosa por profundidad y clase de talla durante los cruceros efectuados en el Parque Tayrona durante la época lluviosa. **(a)** crucero 3, **(b)** crucero 4, **(c)** crucero 6; **(d)** valor en cada crucero de la concentración promedio diaria de glucosa en la comunidad fitoplanctónica teniendo en cuenta la profundidad. (□□, error estándar). 96

Figura 26 Comportamiento del valor promedio diario de proteína por profundidad y clase de talla para los cruceros efectuados en el Parque Tayrona durante la época lluviosa. **(a)** crucero 3, **(b)** crucero 4, **(c)** crucero 6; **(d)** valor de cada crucero de la concentración promedio diaria de proteína en la comunidad fitoplanctónica teniendo en cuenta la profundidad. (□□, error estándar). 99

Figura 27. Comportamiento del valor promedio diario de clorofila **a** por profundidad y clase de talla para los cruceros efectuados en el Golfo de Salamanca durante la época seca. **(a)** crucero 7, **(b)** crucero 8, **(c)** crucero 11; **(d)** valor en cada crucero de la concentración promedio diaria de Chl **a** en la comunidad fitoplanctónica teniendo en cuenta la profundidad. (□□, error estándar). 107

Figura 28. Comportamiento del valor promedio diario de glucosa por profundidad y clase de talla para los cruceros efectuados en el Golfo de Salamanca durante la época seca. **(a)** crucero 7, **(b)** crucero 8, **(c)** crucero 11; **(d)** valor en cada crucero de la concentración promedio diaria de glucosa en la comunidad fitoplanctónica teniendo en cuenta la profundidad. (□□, error estándar). 110

Figura 29. Comportamiento del valor promedio diario de proteína por profundidad y clase de talla para los cruceros efectuados en el Golfo de Salamanca durante la

época seca. **(a)** crucero 7, **(b)** crucero 8, **(c)** crucero 11; **(d)** valor en cada crucero de la concentración promedio diaria de proteína en la comunidad fitoplanctónica teniendo en cuenta la profundidad. (□□, error estándar). 112

Figura 30. Comportamiento del valor promedio diario de clorofila **a** por profundidad y clase de talla para los cruceros efectuados en el Parque Tayrona durante la época seca. **(a)** crucero 9, **(b)** crucero 10; **(c)** valor en cada crucero de la concentración promedio diaria de Chl **a** en la comunidad fitoplanctónica teniendo en cuenta la profundidad. (□□, error estándar). 119

Figura 31. Comportamiento del valor promedio diario de glucosa por profundidad y clase de talla para los cruceros efectuados en el Parque Tayrona durante la época seca. **(a)** crucero 9, **(b)** crucero 10; **(c)** valor en cada crucero de la concentración promedio diaria de glucosa en la comunidad fitoplanctónica teniendo en cuenta la profundidad. (□□, error estándar). 121

Figura 32. Comportamiento del valor promedio diario de proteína por profundidad y clase de talla para los cruceros efectuados en el Parque Tayrona durante la época seca. **(a)** crucero 9, **(b)** crucero 10; **(c)** valor en cada crucero de la concentración promedio diaria de proteína en la comunidad fitoplanctónica teniendo en cuenta la profundidad. (□□, error estándar). 124

Figura 33. Dendograma de similaridad de Jaccard mediante la estrategia UPGMA para los muestreos realizados a lo largo del presente estudio. El primer número indica el orden cronológico del muestreo; las letras am, m y at indican en su orden los ciclos diarios del amanecer, mañana y atardecer. (Índice Cofenético: 0.8787). 150

Figura 34. Dendograma de disimilaridad de Bray-Curtis mediante la estrategia UPGMA para los muestreos realizados a lo largo del presente estudio. El primer número indica el orden cronológico del muestreo; las letras am, m y at indican en su orden los ciclos diarios del amanecer, mañana y atardecer. (Índice Cofenético: 0.8855). 151

## LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Densidades brutas por géneros de los cruceros realizados en el GdS durante la época lluviosa. El primer número indica el orden cronológico de los cruceros, el segundo número el ciclo diario de muestreo (amanecer, mañana, atardecer) y el tercer número representa la profundidad trabajada (2,5 - 12,5 - 17,5 - 35 m).

Anexo B. Densidades brutas por géneros de los cruceros realizados en el PNNT durante la época lluviosa. El primer número indica el orden cronológico de los cruceros, el segundo número el ciclo diario de muestreo (amanecer, mañana, atardecer) y el tercer número representa la profundidad trabajada (2,5 - 12,5 - 17,5 - 35 m).

Anexo C. Densidades brutas por géneros de los cruceros realizados en el GdS durante la época seca. El primer número indica el orden cronológico de los cruceros, el segundo número el ciclo diario de muestreo (amanecer, mañana, atardecer) y el tercer número representa la profundidad trabajada (2,5 - 12,5 - 17,5 - 35 m).

Anexo D. Densidades brutas por géneros de los cruceros realizados en el PNNT durante la época seca. El primer número indica el orden cronológico de los cruceros, el segundo número el ciclo diario de muestreo (amanecer, mañana, atardecer) y el tercer número representa la profundidad trabajada (2,5 - 12,5 - 17,5 - 35 m).

Anexo E. División Heterokontophyta.

Anexo F. División Dinophyta.

Anexo G. División Cyanophyta.

Anexo H. División Chlorophyta.

## RESUMEN

Con el fin de dar una aproximación a las características de los componentes fisicoquímicos, bioquímicos y biológicos de la comunidad fitoplanctónica de dos ambientes oceanográficamente contrastantes ubicados en el Mar Caribe central de Colombia, durante los meses de septiembre-noviembre de 1999 y febrero-marzo de 2000, que correspondieron respectivamente a las épocas climáticas lluviosa y seca de esta región, se recolectaron muestras de agua marina mediante botella Van-Dorn de 6.5 l de capacidad a las profundidades de 2,5 - 12,5 - 17,5 y 35 m en los ciclos diarios de muestreo correspondientes al amanecer, mañana y atardecer en cuatro estaciones ubicando dos en el Golfo de Salamanca y las restantes en el Parque Nacional Natural Tayrona. La caracterización fisicoquímica se realizó a partir de las mediciones del coeficiente de extinción, temperatura, pH, salinidad, oxígeno disuelto, sestón total, densidad y estabilidad de la columna de agua; el aspecto bioquímico involucró las cuantificaciones de clorofila *a*, carbohidratos y proteínas en las clases de talla del microfitoplancton, nanofitoplancton y picofitoplancton; y por su parte en el componente biológico se determinaron la composición y la abundancia de los géneros pertenecientes al microfitoplancton.

De manera general estos tres componentes presentaron variaciones entre los valores obtenidos en cada ambiente comportándose según la época climática. En cuanto a la caracterización fisicoquímica se obtuvo que en el Golfo de Salamanca los valores de coeficiente de extinción, temperatura y sestón total fueron más altos para la época lluviosa mientras que en el Parque Tayrona los valores bajos de temperatura y altos de salinidad en la época seca caracterizaron sus aguas. Para el componente bioquímico, las concentraciones de clorofila *a* fueron más altas durante la época de lluvias ubicando al microfitoplancton como la clase de talla de mayor aporte. Para la glucosa, las concentraciones no parecen haber tenido mayor grado de variación entre épocas climáticas; por el contrario, los niveles de proteínas resultaron más altos para la época seca. En ambos casos, no se pudo definir con claridad una clase de talla dominante. Según los resultados bioquímicos obtenidos se apreció una importante contribución de material detrítico de origen no fotosintético al aporte de estos componentes. Finalmente, la densidad de microfitoplanctones fue mayor para la época lluviosa con un alto grado de homogeneidad de géneros en ambos ambientes y una importante contribución del género *Chaetoceros* a la densidad total promedio de la comunidad microfitoplanctónica. Estos resultados fueron principalmente consecuencia de la entrada de aguas continentales, la cual se ve aumentada durante la época de lluvias, así como del evento de surgencia, aunque este último parece tener un efecto menor sobre el componente biológico.

Palabras claves: Clases de talla, microfitoplancton, nanofitoplancton, picofitoplancton, ambientes oceanográficos, detrito, épocas climáticas, bioquímica, clorofila, glucosa, proteína.

## ABSTRACT

To obtain a physicochemical, biochemical and biological characteristics in two contrasts oceanographic environments located in the Colombian Central Caribbean sea, during September – November 1999 and February – March 2000, referred to rainy and dry climatic period respectively, marine water samples in different depths (2,5, 12,5, 17,5 and 35 m) and daily hours (dawn, morning and dusk), were taken in four stations, two in Salamanca Gulf and the remainder in Tayrona Natural National Park, using a Van-Dorn bottle of 6.5 l. Extinction coefficient, temperature, pH, salinity, dissolved oxygen, total seston, density and stability were measured for the physical and chemical characterization of the water column. Chlorophyll *a*, carbohydrates and proteins in the size classes microphytoplankton, nanophytoplankton and picophytoplankton were considered for the biochemical component; finally, composition and abundance by genera for the microphytoplankton were determined for the biological component.

Globally, these characteristics showed fluctuations for each environment depending of the climatic period. At Salamanca Gulf, extinction coefficient, temperature and total seston were highest at rainy season, while in Tayrona Park, low temperature values and high salinity were typical in dry season. The biochemical component showed high chlorophyll *a* concentrations at rainy season, locating the microphytoplankton like the most important size class. For the glucose concentration, not differences was detected between climatic periods, contrasting with the highest protein concentration for the dry season. At both cases, dominant size class was not defined. According to the biochemical results, important contribution of non-photosynthetic detrital matter was appreciated for these components. Finally, microphytoplankton density was higher at rainy season with high homogeneity degree in the two environments with a important contribution of *Chaetoceros* genera to the total mean density of the microphytoplankton community. Continental water inputs, which increased in the rainy season and the upwelling events were the principal factors that determine this results, even though the upwelling event has a low effect over the biological component.

Key words: size class, microphytoplankton, nanophytoplankton, picophytoplankton, oceanographic environments, detritus, climatic periods, biochemical, chlorophyll, glucose, protein.

## 1. INTRODUCCIÓN

Es conocido que el primer eslabón de la red trófica que se desarrolla en el mar está constituido por los productores primarios agrupados principalmente en la comunidad fitoplanctónica la cual se soporta en parte con la entrada de nutrientes provenientes del continente; por este motivo, los ambientes oligotrófico y mesotrófico mantienen una biodiversidad que puede ser diferente en términos de composición y abundancia de especies. De igual manera esta diferencia se puede ver reflejada en la composición bioquímica del fitoplancton; en este caso se hace referencia a la calidad nutricional, teniendo en cuenta a la concentración de carbohidratos y proteínas, y a la biomasa tomando como indicador a la concentración de clorofila **a**. Sin embargo, esta variabilidad no solamente viene dada por el ambiente. Dentro del fitoplancton, como en la mayoría de comunidades, se hallan organismos de diferente tamaño dependiendo del estado fisiológico intraespecífico e interespecífico, por lo cual se altera la composición bioquímica de la comunidad en cuestión; por esta razón no todos los fitoplanctontes aportan igual cantidad de carbono orgánico a los organismos que los consumen.

Entonces, los ecosistemas pelágicos se basan principalmente en la productividad primaria de la comunidad fitoplanctónica la cual se convierte en el productor primario de carbono orgánico desencadenando un proceso de flujo de materia y energía a lo largo de cada eslabón subsecuente de esta red trófica; sin embargo, la calidad nutricional que aporta el fitoplancton depende de la talla y de la categoría taxonómica a la que se haga referencia.

Por esto valorar bioquímicamente el potencial aporte de carbohidratos, proteínas y clorofila **a** teniendo en cuenta la abundancia y la composición de tallas, presenta una alta importancia en el ámbito de la oceanografía biológica en lo referente a la evaluación y entendimiento de los procesos tróficos de los recursos marinos.

Como anteriormente se anotó, los sistemas pelágicos se diferencian dependiendo de si son fertilizados o no por aguas continentales, pero también pueden influenciar fenómenos oceanográficos como la surgencia, trayendo como consecuencia la heterogeneidad del ambiente marino, así se hallan diversos hábitats los cuales se espera que sean de diferente composición y abundancia de fitoplanctones. La mayor parte del Mar Caribe no es fertilizada (zona oligotrófica) y en esta el fitoplancton es escaso pero muy variado, a diferencia de las fertilizadas (zona mesotrófica y eutrófica) donde el fitoplancton es abundante pero poco variado (Márquez 1996), por lo que al seleccionar dos ambientes oceanográficamente contrastantes se obtuvo un mayor espectro en la biodiversidad determinando si estos difirieron en algún grado.

Este estudio pretendió dar a conocer y comparar en términos de composición y de abundancia a los géneros que habitan a lo largo de ambientes tropicales típicos del Caribe colombiano con características mesotróficas y oligotróficas; además se valoró el aporte potencial de clorofila **a**, carbohidratos y proteínas al nivel espacio-temporal de las diferentes clases de talla del fitoplancton a lo largo de los meses de septiembre-noviembre de 1999 y febrero-mayo del 2000. Desde el punto de vista científico, la información que generó esta investigación es de amplio valor para la comunidad científica nacional e internacional, impulsando un nuevo e importante campo de investigación

marina en Colombia como es la ecología bioquímica del fitoplancton marino, además de complementar el conocimiento de la biodiversidad fitoplanctónica del Caribe colombiano. Social y económicamente, la región de la plataforma continental del departamento del Magdalena refuerza su conocimiento básico del medio marino y tendrá pautas reales sobre el potencial alimenticio de sus aguas oceánicas y costeras.

El presente estudio se desarrolló en el Golfo de Salamanca (GdS) y Parque Nacional Natural Tayrona (PNNT), departamento del Magdalena (Figura 1), Mar Caribe central de Colombia lugares considerados para el país como una zona alterna de sustento derivado de la actividad pesquera y un área de amplia riqueza en formas de vida respectivamente, creando una necesidad de evaluación de los recursos biológicos en estos sectores. El clima de la región de Santa Marta presenta dos tendencias estacionales generadas por la acción recíproca de los vientos Alisios, la presión atmosférica y el desplazamiento de norte a sur de la zona de convergencia intertropical (ZCIT). El periodo de sequía se extiende desde diciembre hasta finales de abril, en él soplan intensamente los vientos Alisios del noreste y no se da precipitación; el periodo de lluvia ocurre entre mayo y noviembre y se caracteriza por vientos Alisios de poca intensidad y de dirección variable, durante esta época se da un periodo corto de sequía, entre julio y agosto, el cual ha sido denominado Veranillo de San Juan (Márquez 1982; Salzwedel y Muller 1983; Díaz 1990; Ramírez 1990).

El GdS es un cuerpo de agua comprendido dentro de una línea imaginaria que une los sitios conocidos como Bocas de Ceniza (departamento del Atlántico) y el Cabo de la Aguja (departamento del Magdalena), siendo su margen continental el litoral entre estos

dos puntos (Blanco 1993). El sector se encuentra delimitado por las coordenadas 11°00' y 11°19' N y los 74°12' y 74°50' W. Su extensión aproximada es de 400 millas náuticas cuadradas (Blanco 1993) de la cual gran parte corresponde a la costa del Parque Nacional Natural Isla de Salamanca que separa a la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM) del mar.

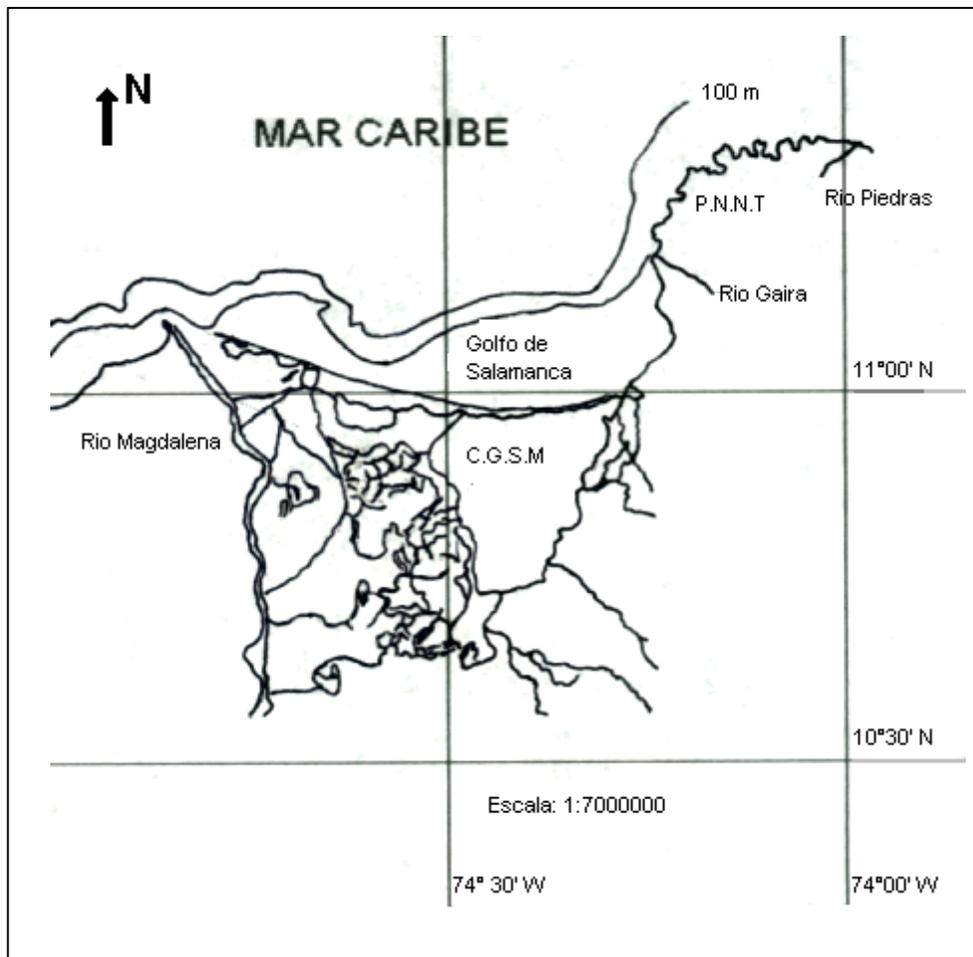


Figura 1. Ambientes oceanográficos trabajados en el presente estudio. (Tomado y modificado del proyecto Sistemas de Información Geográfica SIG, INVEMAR 1998).

La plataforma continental del Golfo de Salamanca, considerada una de las más extensas del Caribe colombiano (Molina 1993), posee características morfológicas muy particulares. Los perfiles batimétricos de cuatro sectores del Golfo de Salamanca realizados por Duarte y von Schiller (1997) muestran que la plataforma continental es más amplia hacia la parte occidental del parque Isla de Salamanca y al frente de la CGSM en donde alcanza 16,5 km, por el contrario frente al parque Isla de Salamanca y en la zona de Punta Gloria la plataforma continental se hace más estrecha.

La precipitación total anual en la zona costera oscila entre 350 mm y 990 mm en un gradiente de dirección suroeste-noreste (Guzmán-Alvis y Díaz 1993). Durante el periodo de sequía la temperatura superficial del agua desciende y la salinidad presenta sus valores más altos. Los valores anuales de la temperatura del agua fluctúan entre 21 y 29°C, y la salinidad varía entre 31 y 38 UPS (Ramírez, En: Blanco 1993).

El régimen de corrientes superficiales se relaciona estrechamente con la acción de los vientos Alisios cuya velocidad oscila entre los 0,3 m/s y 12 m/s con una velocidad media de 6 m/s (Andrade 1993; Cabrera y Donoso 1993). Durante la época seca, cuando estos soplan con mayor intensidad, se genera la corriente Caribe que corre paralela a la línea de costa y en sentido suroeste, y durante la época lluviosa, cuando los vientos se debilitan, el fuerte movimiento de las masas de agua es contrarrestado por la contracorriente de Panamá-Colombia que corre en sentido noreste y hacia mar afuera, desplazándose eventualmente hasta el departamento de la Guajira (Márquez 1982; Molina 1993). En este periodo grandes masas de agua provenientes de la CGSM y del río Magdalena son desplazadas hacia las costas de la Bahía de Santa Marta y el PNNT,

evidenciándose un descenso en la salinidad y un aumento en la temperatura superficial del agua (Bula-Meyer 1977; Díaz 1990; Ramírez 1990). A causa de este régimen de corrientes superficiales, la parte central del Golfo de Salamanca presenta condiciones oceánicas pues la pluma de turbidez (zona de influencia del río en el mar, donde la salinidad es baja y el acarreo de sedimentos y nutrientes causa turbidez) del río Magdalena en la época de mayor intensidad de los Alisios es transportada desde Bocas de Ceniza hacia mar afuera proyectándose perpendicularmente hasta unas 40 millas de la costa (Blanco 1988). Por el contrario, cuando la fuerza de los Alisios disminuye, las aguas del río Magdalena, de la CGSM y de los ríos que descienden de la Sierra Nevada de Santa Marta como el Córdoba y el Toribio afectan directamente la zona costera fertilizando el ambiente pelágico con nutrientes disueltos (Blanco 1988; CORPES 1992; García 1999), promoviendo posiblemente una zona mesotrófica donde la actividad biológica se vea favorecida.

La zona también se ve afectada por un fenómeno de surgencia estacional (Bula-Meyer 1977) durante la época de influencia de los vientos Alisios debido al ascenso de aguas subsuperficiales aportadas por una corriente que viene del este y que afecta hasta la parte oriental del GdS, esta surgencia es comparable a la observada simultáneamente en zonas costeras marinas aledañas al PNNT (Blanco *et al.* 1994); sin embargo ha sido considerada por algunos autores (Ramírez, En: Blanco 1993; Blanco *et al.* 1994) como oligotrófica generando efectos más fisico-químicos (p.ej. enfriamiento de las aguas superficiales, salinidades altas y subsaturaciones de oxígeno) que biológicos. El Golfo de Salamanca se ve influenciado constantemente por el aporte de aguas continentales creando sectores con características fisicoquímicas diferentes, es así como García (1999)

ha definido tres sectores: a) un sector oriental influenciado por la CGSM y por las descargas de ríos como el Córdoba y Toribio, sus aguas son turbias y verdosas; durante la época lluviosa estas aguas son transportadas en sentido norte hasta inmediaciones del PNNT, mientras que durante la época seca permanecen restringidas a la franja costera comprendida entre la CGSM y Punta Gloria, b) un sector central de aguas frías, de altas salinidades y de altas transparencias que penetran permanentemente como una gran cuña oceánica hasta zonas meridionales del Golfo separando las descargas del río Magdalena y de la CGSM, c) un sector occidental de carácter termohalino variable en el cual convergen las aguas de baja salinidad procedentes del río Magdalena y las aguas frías que penetran con la cuña oceánica.

La región del PNNT está comprendida entre Punta de Minas ( $11^{\circ}16' 50''$  N y  $74^{\circ}10'20''$  W) y la desembocadura del río Piedras en el Mar Caribe ( $11^{\circ}14'18''$  N y  $73^{\circ}56'03''$  W) (Werding y Erhardt 1976). Se constituye en el sector del Caribe colombiano que encierra en un área reducida la mayor diversidad de vida en litorales rocosos, formaciones coralinas, fondos arenosos, lagunas costeras, manglares y praderas de fanerógamas marinas (Díaz 1990; Garzón y Cano 1991). El área se encuentra influenciada principalmente por la Sierra Nevada de Santa Marta formando una serie de bahías con apertura hacia el norte, más expuestas en sus costados occidentales a la acción de los vientos Alisios durante los primeros meses del año, mientras que los costados orientales y las partes internas presentan zonas relativamente protegidas (Uribe 1996).

El trabajo en el sector del PNNT se centró en las Bahías de Concha y Chengue. La primera se encuentra ubicada hacia la parte occidental del PNNT, entre las Bahías de

Granate y Chengue a los 11°18' N y 74°10' W, está catalogada como una de las más profundas de la zona con una profundidad media de la plataforma continental que oscila entre los 25 a 30 m, la cual es más evidente hacia la zona occidental. Se caracteriza por presentar pequeñas colonias de *Montastrea* spp, *Colpophyllia natans*, *Meandrina meandrites* y *Millepora complanata*. Al extremo suroccidental se observa una pradera de *Thalassia* y en la parte occidental parches de *Syringodium* y *Halophila decipiens* (Garzón y Cano 1991).

Bahía Chengue se encuentra localizada a los 11°20' N y 74°08' W, presenta una orientación sur-norte, con una superficie aproximada de 2,5 km<sup>2</sup>. En las partes sur y sureste de esta se encuentran formaciones coralinas que crecen delante de fondos someros poblados por *Thalassia testudinum*. Al sur se presenta una laguna costera formada por la acumulación de sedimento y bordeada por *Rhizophora mangle* y esporádicamente por *Avicennia germinans* (Reyes y Campos 1992).

Los estudios sobre la composición, abundancia y diversidad del fitoplancton marino del Golfo de Salamanca empezaron a realizarse en años recientes. Fernández y García (1998) presentaron un estudio morfométrico de los dinoflagelados pertenecientes a los géneros *Ceratium* y *Ornithocercus* de muestras recolectadas en el año de 1996 entre los 15 m a 200 m de profundidad. Describen 30 especies y 3 morfotipos del género *Ceratium* y 3 especies del género *Ornithocercus*. Otro grupo dentro de esta comunidad que ha sido objeto de estudio son las diatomeas (Fernández *et al.* en preparación). No se cuenta con reportes de otros estudios realizados en el GdS, sin embargo, el sector del Mar Caribe colombiano y de áreas estuarinas de alta influencia en este ambiente como la Ciénaga

Grande de Santa Marta han sido objeto de un sin número de trabajos sobre la productividad y la caracterización de esta comunidad. El trabajo más amplio y completo sobre la estructura de la CGSM lo realizó Vidal (1995) quien registró 200 especies de diatomeas, 54 de dinoflagelados, 23 de cianófitas y 23 entre clorófitas, euglenófitas, criptófitas y silicoflagelados.

La composición química del fitoplancton es altamente conveniente como un suplemento alimenticio básico. Sin embargo, los análisis llevados a cabo en poblaciones naturales de fitoplancton se dificultan por la mezcla con zooplancton y con el material orgánico particulado. El interés de la comunidad científica internacional sobre la bioquímica del fitoplancton no es reciente, se encuentran reportes en la literatura que datan desde hace un siglo los cuales ya reflejaban los cambios en las proporciones químicas entre especies y entre los ambientes ya sean marinos o de agua dulce. Entre los estudios más antiguos se encuentra el realizado por Brandt (1898, En: Raymont 1963) quien analizó arrastres de plancton, en los cuales dominaban las diatomeas y los peridinioides, sugiriendo que la proporción de proteínas a materia orgánica total para las diatomeas estaba cerca al 30%.

Otros trabajos al respecto de la composición bioquímica del fitoplancton se encuentran citados en Raymont (1963), en donde aparecen reportados Barker (1935), Burlew (1953) y Fogg (1953). De estas investigaciones se desprende que la composición bioquímica del fitoplancton tanto marino como continental se puede modificar dependiendo de las condiciones bajo las cuales se dé el crecimiento, por ejemplo la carencia de nitrógeno induce a la acumulación de carbohidratos y lípidos mientras que la síntesis de proteínas incrementa con un aporte de nitrógeno.

Camps y Arias (1966) presentaron concentraciones de carbohidratos y proteínas a nivel superficial y a 20 m de profundidad en regiones marinas de España con valores para los carbohidratos en unidades de  $\mu\text{g}$  glucosa/l de 18 y 117 a nivel superficial y 23,8 a 20 m de profundidad; en el caso de las proteínas los valores superficiales son de 86 y 93,7  $\mu\text{g}$  proteína/l mientras que a 20 m de profundidad la concentración fue de 106,8 en iguales unidades. Entre los trabajos basados en la composición bioquímica de especies individuales se encuentra Parsons y Takahashi (1973) quienes presentaron los porcentajes de proteínas, carbohidratos y grasas encontrados en diferentes especies de fitoplancton creciendo bajo condiciones muy similares entre sí a nivel de laboratorio. Michard *et al.* (1995) citando a De Laoura *et al.* (1987) y Pick (1987) estudiaron y encontraron los cambios bioquímicos en la composición del material particulado en el reservorio Villerest localizado en el río Lorre en Francia tomando como indicadores bioquímicos a las proteínas, los lípidos, los carbohidratos, la clorofila **a** y la productividad primaria; sumándose los trabajos de Aleya (1991, 1992) quienes asociaron estos cambios a la composición del mismo material y a la influencia de los ambientes aledaños.

Entre los trabajos más recientes sobre la bioquímica de la comunidad fitoplanctónica se encuentran los realizados por Lechuga *et al.* (1989a, 1989b) quienes concluyeron aspectos como la importancia del material particulado de origen detrítico-bacteriano en la pirámide trófica marina, Montagnes *et al.* (1994) encontraron al picoplancton como una clase de talla importante en la biomasa del primer eslabón de la red trófica, Rich *et al.* (1996) hablaron sobre la importancia de la glucosa como monosacárido neutral dominante y su soporte a la producción bacteriana, Tanoue *et al.* (1996) encontraron la estrecha similitud a través de los océanos del mundo mediante la cual las proteínas específicas de

los organismos marinos son transferidas y acumuladas en los pools de la materia orgánica disuelta y particulada y Gómez *et al.* (1997) propusieron la influencia de procesos advectivos en la degradación de los carbohidratos a lo largo de la escala estacional.

El Mar Caribe de Venezuela se convierte en el área marina más cercana a la del presente estudio en la que se han realizado trabajos sobre la concentración de nitrógeno orgánico particulado (NOP) con la finalidad de entender la dinámica ecológica de diferentes sectores y la influencia de procesos físicos y químicos en la concentración de elementos nutricionales; entre estos estudios aparecen autores como Okuda *et al.* (1968, 1969), Benítez (1972), Bonilla y Benítez (1972) y Benítez y Okuda (1976). En estos trabajos se propone que factores como el aporte de agua fluvial y la actividad fotosintética afectan las concentraciones del nitrógeno orgánico particulado.

El presente trabajo de investigación corresponde a una de las dos tesis de pregrado para optar al título de Biólogo Marino que hacen parte del proyecto del Centro de Investigaciones Científicas y de la facultad de Biología Marina adscrita a la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano que lleva por título “Remoción de carbono fitoplanctónico por zooplancton herbívoro en ambientes tropicales mesotróficos y oligotróficos en el Mar Caribe central de Colombia” dirigido por el Biólogo Marino Andrés Franco Herrera y cuya línea de investigación se encuentra enmarcada dentro del programa Ecosistemas Marinos, específicamente en el área de Oceanografía Biológica. Por tal razón la sección

correspondiente a la caracterización fisicoquímica de los ambientes fue realizada en conjunto quedando igualmente consignado en ambos documentos.

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1. DISEÑO DEL MUESTREO

#### 2.1.1. Ubicación de las estaciones de muestreo

El presente estudio se realizó en dos ambientes oceanográficos contrastantes ubicados en el Golfo de Salamanca y Parque Nacional Natural Tayrona (Figura 1). El primero de estos posee características mesotróficas por corresponder al área de influencia de las aguas provenientes de la Ciénaga Grande de Santa Marta, del río Magdalena, del río Gaira y de otros pequeños tributarios que descienden desde la Sierra Nevada de Santa Marta como son los ríos Córdoba y Toribio. Las profundidades de su plataforma continental fluctúan entre los 10 y 50 m (Molina 1990; Guzmán-Alvis y Díaz 1993). El segundo ambiente oceanográfico mencionado es de características oligotróficas dada por la condición netamente oceánica de sus aguas, aunque presenta un pequeño aporte de aguas dulces, que se incrementa principalmente durante la época de lluvias debido a ríos como el Piedras, Buritaca, Don Diego y Palomino (Santos-Martínez y Arboleda 1993); en este la plataforma continental alcanza profundidades entre los 30 y los 70 m (Camacho y Gálvis 1980; Gil 1998).

En cada uno de estos ambientes se seleccionaron dos estaciones (Figuras 2 y 3), las cuales fueron posicionadas por medio de un GPS Magellan 315 cuya precisión es de  $\pm 1$  segundo. Las coordenadas geográficas de cada estación se dan a continuación:

- a. Estación GdS 1: ubicada hacia la monoboya de ECOPETROL, sector de Pozos Colorados al suroeste de la Bahía de Gaira, a los 11°09' 36" N y 74°15' 47,4" W.
- b. Estación GdS 2: ubicada hacia las boyas de embarque de carbón perteneciente a la multinacional Drummond al suroeste de la Bahía de Gaira a los 11°09' 53,4" N y 74°18' 45" W.
- c. Estación PNNT 1: en el sector de la Bahía de Concha al noreste de la Bahía de Gaira a los 11°18' 33" N y 74°09' 55,2" W.
- d. Estación PNNT 2: dentro de la Bahía de Chengue a los 11°19' 41,4" N y 74°07' 47,4" W.

En estas se trabajaron las siguientes profundidades: 2,5 m, 12,5 m, 17,5 m y 35 m; las cuales se escogieron teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- a. La influencia de afluentes continentales y su aporte implícito de nutrientes ya sea de origen natural o antropogénico.
- b. La poca profundidad del ambiente mesotrófico.
- c. La necesidad de muestrear con mayor intensidad en los primeros metros de la columna de agua ya que es aquí en donde se presenta una más alta dinámica físico-química del ambiente y biológica del plancton marino.

Cada estación se trabajó independientemente en los siguientes ciclos de muestreo: 04:00 a 08:00, 09:00 a 13:00 y 16:00 a 20:00. Estos correspondieron a los periodos diurnos del amanecer, mañana y atardecer, respectivamente.

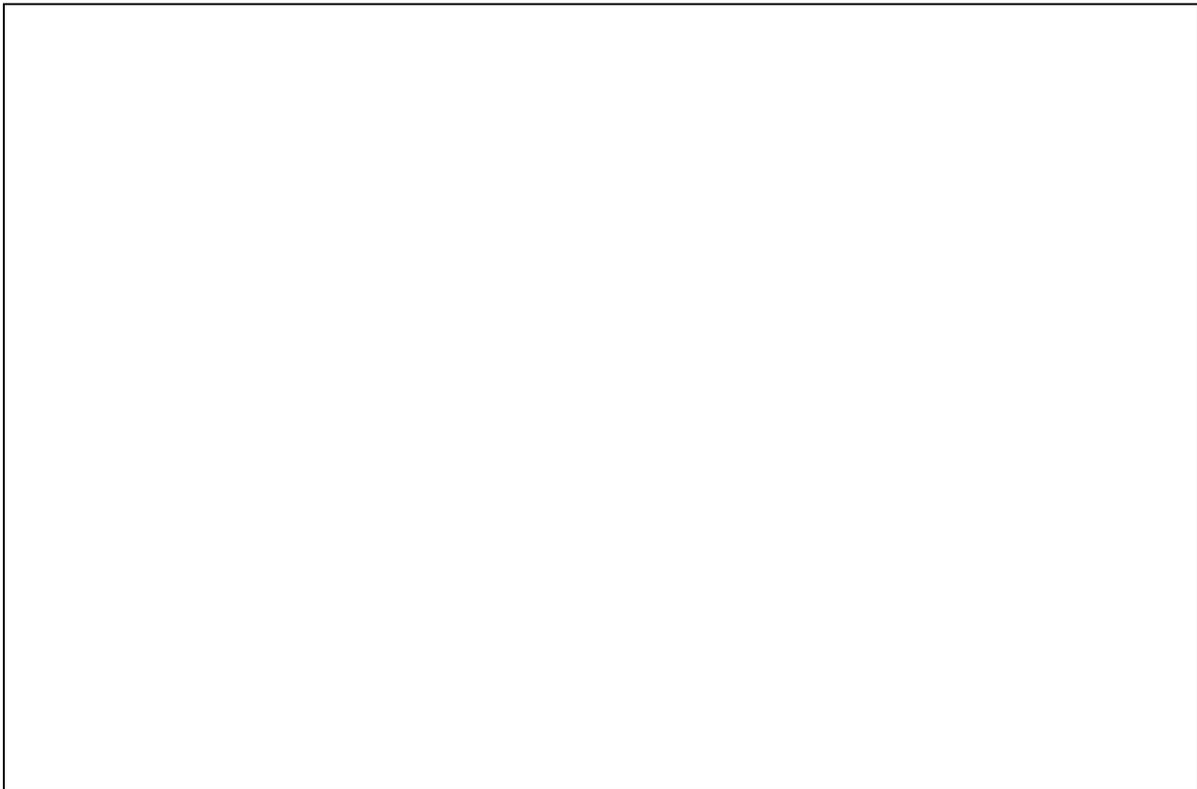


Figura 2. Ubicación de las estaciones de muestreo dentro del Golfo de Salamanca. (Tomado y modificado de Duarte y Von Schiller 1997).

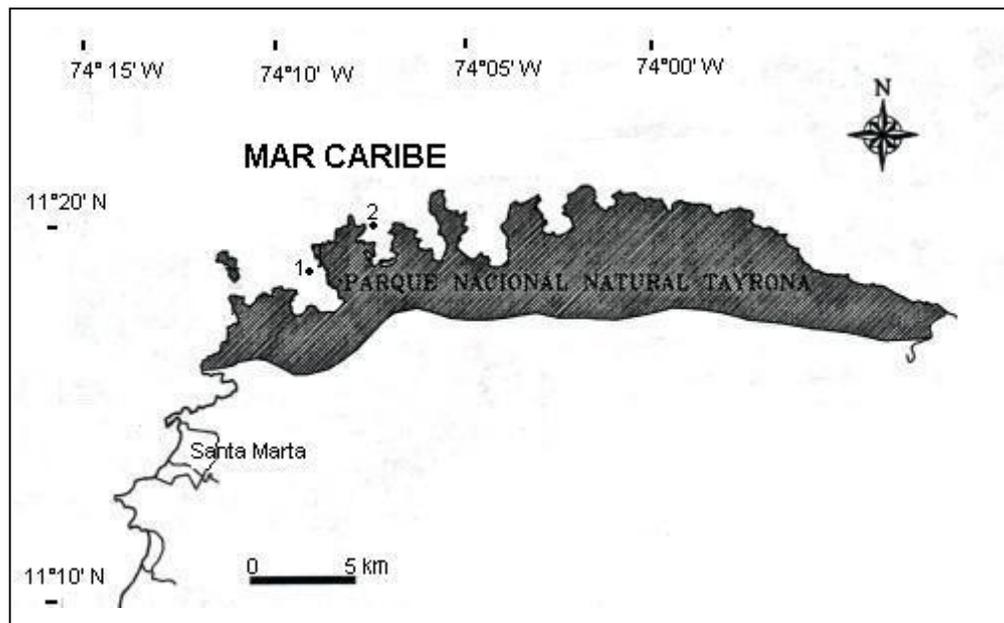


Figura 3. Ubicación de las estaciones de muestreo dentro del Parque Nacional Natural Tayrona. (Tomado y modificado de Díaz 1994).

### 2.1.2. Frecuencia del muestreo

Los muestreos abarcaron los dos periodos climáticos del sector. Para este efecto se escogieron los siguientes intervalos de meses:

- Septiembre - Noviembre: el cual correspondió al periodo climático lluvioso en donde se concentró el mayor porcentaje de precipitación en el área por lo que se constituyó en el periodo de más descarga de la Ciénaga Grande de Santa Marta al mar corroborando lo afirmado por Salzwedel y Muller (1983) y Díaz (1990).
- Febrero - Mayo: que incluyó al periodo climático seco en el cual los vientos Alisios soplaron con mayor intensidad ocasionando un fenómeno de surgencia local y estacional reportado para la zona por autores como Donoso (1990) y Ramírez (1990).

En total se realizaron 11 campañas de muestreo o cruceros, cada una de 24 horas de duración reportadas por periodo climático en la Tabla 1.

Tabla 1. Cronograma y ubicación de los cruceros realizados durante el presente estudio.

<b>Época climática</b>	
<b>Lluviosa</b>	<b>Seca</b>
Septiembre 9 de 1999 <b>Crucero 1 Monoboya</b>	Febrero 25 de 2000 <b>Crucero 7 Monoboya</b>
Septiembre 23 de 1999 <b>Crucero 2 Drummond</b>	Abril 6 de 2000 <b>Crucero 8 Drummond</b>
Octubre 8 de 1999 <b>Crucero 3 Concha</b>	Abril 27 de 2000 <b>Crucero 9 Concha</b>
Noviembre 4 de 1999 <b>Crucero 4 Chengue</b>	Mayo 4 de 2000 <b>Crucero 10 Chengue</b>
Noviembre 11 de 1999 <b>Crucero 5 Monoboya</b>	Mayo 10 de 2000 <b>Crucero 11 Monoboya</b>
Noviembre 25 de 1999 <b>Crucero 6 Concha</b>	

## 2.2. COMPONENTE ABIÓTICO

Una vez posicionadas las estaciones se procedió a medir la transparencia de la columna de agua empleando un disco secchi de 30 cm de diámetro; este valor se empleó para calcular el coeficiente de extinción de la luz mediante la siguiente fórmula empleada por Tait (1987):

$$K = 1,45/Z$$

en donde K es el coeficiente de extinción de la luz en  $m^{-1}$ .

1,45 corresponde a una constante para aguas costeras (Tait 1987).

Z es la profundidad en metros del disco Secchi.

En cada una de las estaciones y estratos de profundidad se tomaron muestras de agua haciendo uso de una botella Van Dorn plástica de 6.5 l de capacidad, a cada una de estas se le determinó inmediatamente la temperatura haciendo uso de un termómetro convencional de mercurio graduado ( $0^{\circ}C$  a  $100^{\circ}C$ ) de  $\pm 0,1^{\circ}C$  de precisión previamente calibrado. El análisis de pH y salinidad se efectuó al nivel de laboratorio previa aclimatación de las muestras hasta una temperatura similar a la obtenida en campo, esta determinación se realizó respectivamente mediante sondas pH330/SET-1 cuya precisión es de  $0,01 \pm 1$  dígito y WTW LF330/SET con una exactitud de  $\pm 0,2$  (a  $25^{\circ}C$  -  $30^{\circ}C$ ).

La cuantificación del oxígeno disuelto se fundamentó en el método clásico de Winkler (Parsons *et al.* 1984), para lo cual se utilizó el kit de Merck para oxígeno cuyo rango de medida se encuentra entre 0,1 a 10 mg de oxígeno/l. Para Roldán (1992) el desconocimiento del efecto de la temperatura, la salinidad y la presión sobre la solubilidad

del oxígeno hace más conveniente presentar los resultados de esta variable en términos de porcentaje de saturación de oxígeno disuelto para lo cual se empleó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Sat. O.D.} = (\text{O.D. real/O.D. teórico}) * 100$$

en donde % Sat. O.D. es el porcentaje de saturación del oxígeno disuelto.

O.D. real es el valor calculado en campo de la concentración de este gas.

O.D. teórico es el valor que se debería obtener para la concentración de este gas a iguales condiciones de temperatura, salinidad y presión.

La determinación del seston total se llevó a cabo mediante el método gravimétrico empleando filtros Whatman GF/F sometidos a un secado en horno a 60°C durante 24 horas. Para tal efecto se filtró un volumen de agua de 500 ml correspondiendo el valor de este parámetro a la diferencia de pesos de estos antes y después del proceso de filtración.

Con los valores correspondientes de temperatura y salinidad obtenidos se procedió al cálculo de la densidad basada en la ecuación internacional de estado dada por la UNESCO (1981). A su vez con los valores de densidad se determinaron los valores de la estabilidad correspondientes con el fin de detectar la ocurrencia de procesos de surgencia de aguas subsuperficiales teniendo la medida directa de los cambios en la densidad del agua a lo largo de la escala temporal (Ramírez 1990); así:

$$E = \frac{\Delta\sigma_t * 10^{-5}}{\Delta\sigma_Z}$$

en donde E es la estabilidad de la columna de agua.

$\Delta\sigma_t$  es la diferencia de densidades en unidades de  $\sigma_t$  (final - superficial).

$\Delta\sigma_Z$  es la diferencia de profundidades (superficial - final).

### 2.3. COMPONENTE BIOQUÍMICO

Para las siguientes determinaciones se fraccionaron volúmenes de agua recolectadas mediante botella Van Dorn haciéndolas pasar consecutivamente por filtros Whatman de 20 a 25  $\mu\text{m}$ , 934-AH de 1,5  $\mu\text{m}$  y finalmente por GF/F de 0,7  $\mu\text{m}$ . Según la nomenclatura empleada por Dussart (1965) estos micrajes abarcaron las clases de talla correspondientes al microfitoplancton (200 a 20  $\mu\text{m}$ ), nanofitoplancton (20 a 2  $\mu\text{m}$ ) y picofitoplancton (2 a 0,2  $\mu\text{m}$ ).

#### 2.3.1. Pigmentos fotosintéticos

La concentración de pigmentos fotosintéticos se determinó en muestras almacenadas en recipientes plásticos de 3 l de capacidad, oscurecidos y rotulados, los cuales se refrigeraron en neveras de icopor conteniendo hielo seco con el fin de no alterar las características físico-químicas y biológicas de la muestra *in situ* lo que podía acarrear una degradación de los pigmentos y por lo tanto una subestimación de la clorofila a (Chl a) o una interferencia por feopigmentos. Para la estimación de la Chl a en las muestras fraccionadas se utilizaron los métodos estándar de extracción con acetona al 90% descritos en Parsons *et al.* (1984). La lectura de dichos extractos se efectuó en un

fluorómetro marca SHIMADZU RF-5301 PC contra un blanco de acetona al 90%, teniendo como parámetros de lectura una longitud de onda de excitación de 436 nm, una longitud de onda de emisión de 660 nm, con un ancho de rendija de 5 nm y empleando celdas de cuarzo no fluorescentes de 1 cm de paso. Este valor se llevó a una curva de calibración previamente obtenida en la cual las unidades de intensidad fluorométrica emitidas por el extracto de Chl a fueron convertidas a valores de concentración dadas en  $\mu\text{g Chl a/l}$ . Así:

$$\mu\text{g Chl a/l} = [ F_d * ((\lambda/(\lambda-1)) * (R_b-R_a) * (v/V) ] / 10$$

$$\mu\text{g Chl a/l} = [ 0.3707421 * 2.8743 * (R_b-R_a) * (v/V) ] / 10$$

en donde  $F_d$  equivale a un factor de amplitud de la rendija propio para el equipo.  
 $R_b$  y  $R_a$  son las unidades de intensidad del extracto antes y después de la acidificación con HCl al 10%.  
 $\lambda$  es una relación encontrada entre  $R_b/R_a$  para este equipo.  
 $v$  es el volumen de la acetona en mililitros empleado en la extracción.  
 $V$  es el volumen de agua de mar filtrado en litros para la determinación.  
10 es un factor de corrección para la metodología y equipo empleado.

### 2.3.2. Concentración de carbohidratos y proteínas

Las muestras se almacenaron en recipientes plásticos de 3 l de capacidad previamente rotulados y se refrigeraron en neveras de icopor con hielo por igual razón a la ya expuesta. Al nivel del laboratorio estas muestras se pasaron por un filtro de malla de 300  $\mu\text{m}$  para eliminar la presencia de zooplancton grande el cual podía interferir con las lecturas correspondientes a las concentraciones de carbohidratos y proteínas del

fitoplancton (Gocke 1984). Para cada determinación se fraccionó un volumen de muestra de 500 ml empleando filtros previamente tratados con una solución de carbonato de magnesio para prevenir que las partículas se adhirieran a la superficie de la membrana (Gocke 1984).

La cuantificación de carbohidratos totales en el fitoplancton se obtuvo siguiendo el método descrito en Parsons *et al.* (1984) el cual hace uso del reactivo antrona. La absorción se determinó en un espectrofotómetro SPECTRONIC 21D MILTON ROY leyendo contra agua destilada y empleando celda de vidrio de 1 cm de paso a 625 nm; este valor se corrigió contra un blanco de filtro y un blanco de reactivos tratados de igual manera que la muestra. Los valores de absorbancia se interpolaron en una curva de calibración, la cual se obtuvo empleando como patrones soluciones de glucosa monohidrato, ajustadas a una línea recta según la metodología descrita por Torrenegra (1990). Se obtuvo la siguiente ecuación cuyo coeficiente de correlación (r) fue de 0.9993:

$$\mu\text{g glucosa} / \text{l} = [(\text{Abs} - b / a) / V] * \text{Fd}$$

$$\mu\text{g glucosa} / \text{l} = [(\text{Abs} - 0.004486321187/2.837213193) / V] * \text{Fd}$$

en donde Abs es el valor de absorbancia de la muestra corregida contra un blanco de filtro y un blanco de reactivos.

b y a son la pendiente y el intersepto obtenidos en la regresión lineal.

V es el volumen de agua de mar filtrada en litros para la determinación.

Fd es el factor de dilución en caso de haber sido empleado.

Para la determinación de proteínas se aplicó la técnica estándar colorimétrica descrita en Gocke (1984) la cual está fundamentada en el método de Lowry. La muestra se leyó en el espectrofotómetro empleando celda de vidrio de 1 cm de paso a 630 nm contra agua destilada, teniendo en cuenta corregir el valor de la absorbancia contra un blanco de filtro y un blanco de reactivos. Los valores así obtenidos se interpolaron en una curva de calibración ya construida empleando como patrones soluciones de albúmina bovina, dichos valores se ajustaron a una línea recta según Torrenegra (1990). De esta manera se obtuvo la siguiente ecuación cuyo r fue igual a 0.9964:

$$\mu\text{g proteína} / \text{l} = [(\text{Abs} - b / a) / V] * Fd$$

$$\mu\text{g proteína} / \text{l} = [(\text{Abs} - 0.02466165/0.009136503775) / V] * Fd$$

en donde Abs es el valor de absorbancia de la muestra corregida contra un blanco de filtro y un blanco de reactivos.

b y a son la pendiente y el intersepto obtenidos en la regresión lineal.

V es el volumen de agua de mar filtrada en litros para la determinación.

Fd es el factor de dilución en caso de haber sido empleado.

## 2.4. COMPONENTE BIÓTICO

Durante las campañas de muestreo llevadas a cabo en cada estación se recolectaron muestras de agua mediante botella Van Dorn de 6.5 l de capacidad y cierre automático por mensajero en las profundidades ya mencionadas. Estas se almacenaron en recipientes plásticos de 8 l de capacidad continuando con un proceso de fijación con formalina de concentración 4,0% v/v, neutralizada con glicerina y bórax. Estas muestras,

así obtenidas, se emplearon en la determinación cualitativa y cuantitativa de la comunidad fitoplanctónica en términos de densidad de individuos por unidad de volumen.

Al nivel de laboratorio cada una de las muestras se concentraron por medio de un tamiz de 55  $\mu\text{m}$  de poro, fracción que únicamente permitió tener en cuenta al microfitoplancton según la denominación empleada por Dussart (1965). Esta decisión se tomó por el hecho de no contar con tamices de menor micraje para dicho proceso sumado al factor de no contar con equipos y técnicas microscópicas que permitieran la identificación de las formas más pequeñas. Sin embargo, estas formas pequeñas han venido siendo estudiadas por la comunidad científica mediante la valoración bioquímica integrando componentes como pigmentos fotosintéticos, carbohidratos y proteínas con lo que no se desatiende la importancia de estos organismos en el aporte de biomasa total. Estos factores en conjunto también influyeron en que la identificación se realizara solo hasta la categoría taxonómica de género sin dejar de cumplir con los objetivos propuestos.

Para la identificación de los organismos se contó con un microscopio óptico marca Nikon modelo SE de cuatro objetivos, empleando el de 40X y en los casos necesarios el de 100X, sobre este se montaron alicuotas de las muestras en portaobjetos de vidrio planos con cubreobjetos rectangulares de 22 x 40 mm lo que permitió observar un mayor volumen por muestra. El número de campos por placa y de alicuotas por muestra se estableció de acuerdo al método de submuestreo aleatorio involucrando las curvas de diversidad acumulada con el que se halla una mejor aproximación a la relación especies-área estableciéndola a su vez con la relación diversidad-área en donde se advierte la evolución de la composición de la muestra, no solo con base al número de especies allí presentes, sino de la proporción en que estas se encuentren (Ramírez 1986, 1999). En

dichas curvas se empleó el índice de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ) (Ludwig y Reynolds 1988):

$$H' = -\sum [(n_i / n) \text{Ln} (n_i / n)]$$

en donde  $H'$  es el índice de diversidad de Shannon-Wiener.

$n_i$  es el número de individuos por género en la muestra.

$n$  es el número total de individuos en la muestra.

$\text{Ln}$  es el logaritmo natural.

## **2.5. MANEJO DE LA INFORMACIÓN**

En general todos los análisis se manejaron mediante los software Statistical 4.5 for Windows, Excel 97 for Windows y Cluster for DOS. Las 11 campañas de muestreo fueron agrupadas teniendo en cuenta tres parámetros: el ambiente oceanográfico (GdS o PNNT), la correspondiente época climática (lluviosa o seca) y el componente trabajado (abiótico, bioquímico o biológico), según este último se agregaron factores adicionales como profundidades, ciclos diarios de muestreo y clases de talla. Así estos datos quedan consignados en la matriz de datos brutos.

### **2.5.1. Componente abiótico**

Los tratamientos que se describen a continuación fueron aplicados a cada grupo ya mencionado. A la matriz de datos brutos de cada parámetro fisicoquímico se le corrió un análisis exploratorio de datos en donde se tomó como medida de tendencia central el promedio de las profundidades trabajadas para cada ciclo de muestreo con su medida de

variabilidad que en este caso fue el error estándar con el cual se obtuvo una estimación por intervalos del correspondiente promedio poblacional (Sokal y Rohlf 1981).

$$ES_{(xp)} = S/(n)^{1/2}$$

en donde  $ES_{(xp)}$  es el error estándar.

S es la desviación estándar de la muestra.

n es el tamaño de la muestra.

Estos valores así obtenidos fueron consignados en matrices que se graficaron para obtener la primera aproximación del comportamiento de cada parámetro fisicoquímico llevando a cabo la descripción de los ambientes por época climática tratando de encontrar relaciones entre estos factores y las condiciones ambientales observadas en cada crucero particular además de las características oceanográficas propias de cada ambiente y cada época climática. A medida que se realizó este proceso se analizó el comportamiento gráfico de los valores obtenidos entre ambientes y épocas climáticas mencionando en cual de estos se obtuvieron los mayores o menores valores.

A partir de esta misma matriz y con el fin de encontrar las posibles relaciones entre los cruceros individuales de cada grupo se empleó la técnica multivariada de análisis de clasificación (CLUSTER) de distancia euclidiana, involucrando la estrategia del promedio no ponderado para pares de grupos (UPGMA), y el análisis de ordenamiento escalamiento métrico dimensional (MDS). Previa utilización de estas técnicas se procedió a estandarizar los datos con el fin de llevarlos a una escala numérica comparable (INPA 1997), para esto se empleó la siguiente fórmula:

$$Z = \frac{X - \bar{X}}{S(n-1)}$$

en donde  $Z$  es la variable normal estandarizada.

$\bar{X}$  es el promedio muestral.

$X$  es el valor de cada parámetro.

$S(n-1)$  es la desviación estándar.

La distancia euclidiana se refiere a la distancia natural entre dos puntos, es simplemente la distancia geométrica en el espacio multidimensional (INPA 1997). Esta técnica tiene por objeto encontrar la posible agrupación natural de las muestras descritas por un cierto número de variables, donde las muestras de un grupo son más similares entre sí que las muestras de otros grupos (Crisci y López 1983). El resultado gráfico de esta técnica fue un dendograma que representó en el eje  $X$  a los cruceros y en el eje  $Y$  el nivel de similaridad en el que los cruceros se ligaron siendo más similares aquellos grupos que tuvieron una distancia de ligamiento menor. Como complemento a esta primera técnica se efectuó un análisis de ordenamiento MDS cuyo resultado gráfico fue una nube de puntos en dos dimensiones que permitió una mejor visualización, y por lo tanto corroboración, de los grupos antes determinados.

### 2.5.2. Componente bioquímico

En este aparte se incluyen los tratamientos seguidos para la concentración de Chl *a*, carbohidratos y proteínas. A partir de la matriz de datos brutos de cada componente se obtuvo una primera aproximación la cual consistió en obtener la concentración promedio diaria por clase de talla en las profundidades muestreadas a partir de los valores

particulares obtenidos en los ciclos de muestreo, este valor se acompañó de su correspondiente error estándar ( $Es_{(xp)}$ ). Estos valores se graficaron con el fin de observar mejor el comportamiento diario a lo largo de las cuatro profundidades muestreadas. Con estos valores se llevó a cabo una prueba momento-producto de Pearson (Galton 1988) para así determinar si existía o no correlación de los componentes bioquímicos entre sí para una misma clase de talla.

Un segundo tratamiento consistió en integrar las concentraciones de las clases de talla para una misma profundidad por muestreo con los cuales se halló el valor promedio diario de la comunidad fitoplanctónica por crucero e igualmente se graficaron para observar mejor dicho comportamiento; con dichos valores se empleó la prueba momento-producto de Pearson (Galton 1988) con el fin de encontrar cuales de los parámetros fisicoquímicos seleccionados en este trabajo influyeron en la valoración bioquímica del fitoplancton. Estos tratamientos se acompañaron del análisis del comportamiento gráfico de los valores obtenidos entre los diferentes ambientes y las épocas climáticas para observar en donde se obtuvieron las mayores o menores concentraciones.

La posible diferencia entre los grupos de cruceros pertenecientes a una misma época climática y ambiente oceanográfico fue evaluada mediante una prueba Wilcoxon para pares de muestras pareadas efectuada a partir del valor promedio diario de la comunidad fitoplanctónica por profundidad.

### **2.3.3. Componente biótico**

Los géneros del microfitoplancton encontrados a lo largo de los 11 muestreos se ubicaron taxonómicamente. Seguido a esto, para cada ambiente en época climática diferente se

calcularon las densidades brutas de sus respectivos cruceros y los datos fueron consignados en matrices por ciclos diarios de muestreo y profundidad; estos valores a su vez se emplearon para determinar si existían o no relaciones entre la densidad de microfitoplanctones contra los componentes fisicoquímicos mediante correlaciones momento-producto de Pearson. Con los datos correspondientes a la densidad diaria de individuos por muestreo se llevó a cabo esta misma técnica para encontrar las relaciones con los parámetros fisicoquímicos.

A partir de cada matriz de datos brutos se determinó un valor de densidad promedio total y se halló la abundancia relativa por familias para encontrar aquellas más dominantes; con este procedimiento se logró una descripción general del componente biológico dentro de cada ambiente y época climática. Para esclarecer si existía o no diferencia entre los cruceros individuales, realizados en todo el estudio, a partir de la matriz de densidades brutas se calculó un valor de densidad promedio integrando las profundidades de un mismo ciclo diario de muestreo para así correrles un análisis de clasificación tanto cualitativo por Jaccard, como cuantitativo por Bray-Curtis (Pielou 1984).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. COMPONENTE ABIÓTICO

##### 3.1.1. Variables fisicoquímicas

En esta parte se entra a describir y analizar cada una de las variables del componente abiótico. A su vez se buscan las relaciones que pudieron presentar estas con las épocas climáticas y entre ellas mismas para así lograr la caracterización oceanográfica de los ambientes trabajados.

##### 3.1.1.1. Coeficiente de extinción (K)

El coeficiente de extinción es una medida de la reducción en la intensidad de los rayos de luz sobre una distancia vertical y depende así de la oblicuidad de los rayos incidentes, la cual a su vez se reduce por efecto de la refracción y de la dispersión y absorción causadas por el seston y constituyentes del agua misma (Sverdrup *et al.* 1942; Gross 1972), esto resulta en que a una mayor penetración de la luz debida a la poca turbidez del agua y a la refracción se obtengan unos menores valores de **K** y viceversa. Como tendencia general de esta variable, tanto para los dos ambientes oceanográficos como para las épocas climáticas, se presentó un incremento hacia el ciclo del atardecer (Tabla 2; Figura 4) correspondiendo a las horas de menor incidencia de la radiación solar y mayor oblicuidad de los rayos incidentes; esta variable fue así la única que presentó un patrón claramente definido en cuanto a los valores observados durante los ciclos diarios de muestreo.

Tabla 2. Resultados de la medición del coeficiente de extinción ( $m^{-1}$ ) para los cruceros trabajados por épocas climáticas. **(a)** época lluviosa; **(b)** época seca.

**a. Época lluviosa\***

Muestreo	(GdS) 09-09/99	(GdS) 23-09/99	(PNNT) 08-10/99	(PNNT) 04-11/99	(GdS) 11-11/99	(PNNT) 25-11/99
<b>Ciclos</b>						
<b>Amanecer</b>					0,16	0,19
<b>Mañana</b>	0,32	0,58	0,36	0,10	0,10	0,16
<b>Atardecer</b>	0,41	1,15	0,48	0,13	0,17	0,22

**b. Época seca\***

Muestreo	(GdS) 25-02/00	(GdS) 06-04/00	(PNNT) 27-04/00	(PNNT) 04-05/00	(GdS) 10-05/00
<b>Ciclos</b>					
<b>Amanecer</b>	0,08	0,19	0,16	0,10	0,19
<b>Mañana</b>	0,10	0,29	0,11	0,08	0,11
<b>Atardecer</b>	0,21	0,19	0,18	0,12	0,17

\* las iniciales **GdS** y **PNNT** corresponden respectivamente a los ambientes del Golfo de Salamanca y Parque Tayrona. Las fechas de los cruceros se dan de manera cronológica.

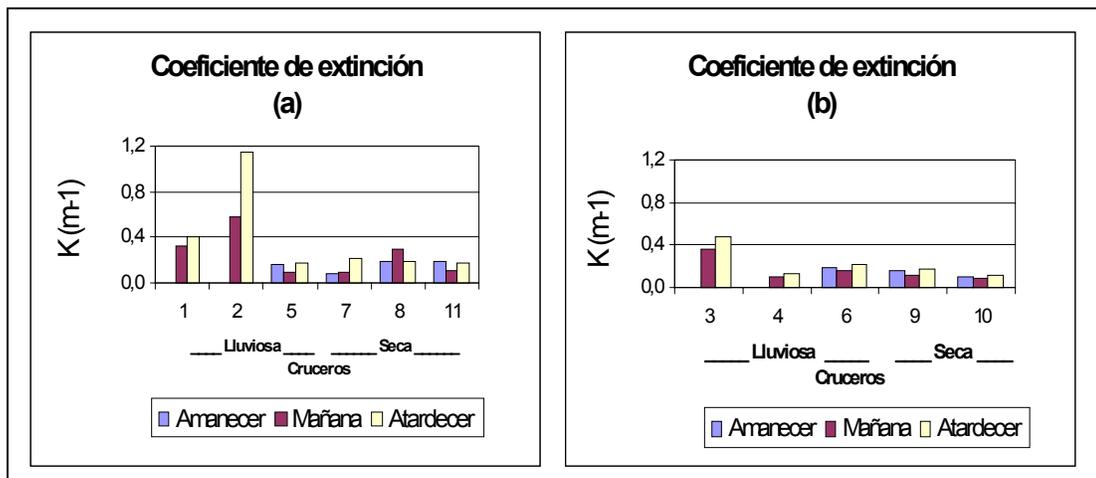


Figura 4. Comportamiento del coeficiente de extinción en las épocas climáticas para los ambientes oceanográficos trabajados durante cada uno de los cruceros teniendo en cuenta los ciclos diarios de muestreo. **(a)** representa al Golfo de Salamanca; **(b)** representa al Parque Tayrona.

Dentro de su comportamiento para las épocas climáticas se observaron los mayores valores de **K** hacia la época lluviosa lo cual es más evidente para el sector del Golfo de Salamanca (GdS) siendo de esperar debido a la turbidez causada por la influencia que tiene este ambiente de las aguas provenientes de la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM), del río Magdalena y de los pequeños ríos que descienden desde la Sierra Nevada de Santa Marta (Blanco 1988; Duarte y von Schiller 1997; García 1999). Por el contrario para la zona del Parque Natural Nacional Tayrona (PNNT) la influencia de aguas continentales es menor y sus aguas de características oceánicas poseen altas transparencias; sin embargo, se presentó un comportamiento especial en el tercer crucero realizado mostrando unos altos valores de **K** que pueden en parte ser explicados por las condiciones de turbidez observadas en ese día en particular las cuales incluían una pluma acompañada de espuma y material vegetal como semillas de *Avicennia* sp sin que se haya determinado su procedencia.

En cuanto a la época seca en ambos ambientes se dilucidaron valores similares de **K** bajos indicando aguas con elevadas transparencias, esto se asoció a la temporada de fuertes vientos los cuales desplazan a las capas superficiales de agua que a su vez están cargadas de un alto contenido de material en suspensión. En la Tabla 10 se presenta un registro de los valores de **K** obtenidos y los reportados por otros autores en estaciones cercanas a las del presente estudio.

### **3.1.1.2. Temperatura**

Durante las épocas climáticas esta variable no exhibió cambios considerables a lo largo de los ciclos diarios en los cruceros, puesto que se obtuvieron valores que diferían en menos de 1°C en cada uno de ellos, patrón ya reportado por Sverdrup *et al.* (1942) para

aguas tropicales, quien afirma que el rango de variación diurna de la temperatura obedece en gran medida a la nubosidad y a la velocidad del viento. Se presentó una marcada diferenciación en cuanto a los valores obtenidos en la época lluviosa y en la época seca siendo menores para esta última (Tabla 3; Figura 5). Este descenso exhibido en el transcurso de esta época se relacionó con la influencia en la zona del Mar Caribe de los vientos Alisios del Noreste que producen un fenómeno de surgencia local y estacional el cual según Ramírez (1990) causa un efecto mayormente físico dado a que favorece la mezcla vertical de las aguas ocasionando el enfriamiento de las mismas.

Tabla 3. Resultados de la medición de la temperatura (°C) para los cruceros trabajados por épocas climáticas.  $\bar{x}$ , E. estándar y C.V corresponden respectivamente a la media muestral, el error estándar y el coeficiente de variación de los resultados obtenidos al integrar los estratos de profundidad trabajados. (a) época lluviosa; (b) época seca.

#### a. Época lluviosa

Muestreo	(GdS) 09-09/99	(GdS) 23-09/99	(PNNT) 08-10/99	(PNNT) 04-11/99	(GdS) 11-11/99	(PNNT) 25-11/99
<b>Ciclos</b>						
<b>Amanecer <math>\bar{x}</math></b>	27,75	29,00	28,75	28,75	29,00	28,50
<b>E. estándar</b>	0,25	0,00	0,14	0,25	0,00	0,20
<b>C.V</b>	1,80	0,00	1,00	1,74	0,00	1,43
<b>Mañana <math>\bar{x}</math></b>	28,75	28,75	28,75	29,00	29,00	28,88
<b>E. estándar</b>	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	0,13
<b>C.V</b>	1,74	1,74	1,74	0,00	0,00	0,87
<b>Atardecer <math>\bar{x}</math></b>	28,75	29,00	28,88	28,75	29,00	28,88
<b>E. estándar</b>	0,25	0,20	0,13	0,25	0,00	0,13
<b>C.V</b>	1,74	1,41	0,87	1,74	0,00	0,87

## b. Época seca

Muestreo	(GdS) 25-02/00	(GdS) 06-04/00	(PNNT) 27-04/00	(PNNT) 04-05/00	(GdS) 10-05/00
<b>Ciclos</b>					
<b>Amanecer</b> $\bar{x}$	24,50	25,13	25,75	25,50	26,50
<b>E. estándar</b>	0,00	0,31	0,14	0,20	0,50
<b>C.V</b>	0,00	2,50	1,12	1,60	3,77
<b>Mañana</b> $\bar{x}$	25,00	25,38	26,00	25,88	26,63
<b>E. estándar</b>	0,20	0,38	0,00	0,13	0,31
<b>C.V</b>	1,63	2,96	0,00	0,97	2,36
<b>Atardecer</b> $\bar{x}$	25,00	25,63	25,88	25,63	26,88
<b>E. estándar</b>	0,00	0,38	0,13	0,24	0,38
<b>C.V</b>	0,00	2,93	0,97	1,87	2,79

\* las iniciales **GdS** y **PNNT** corresponden respectivamente a los ambientes del Golfo de Salamanca y Parque Tayrona. Las fechas de los cruceros se dan de manera cronológica.

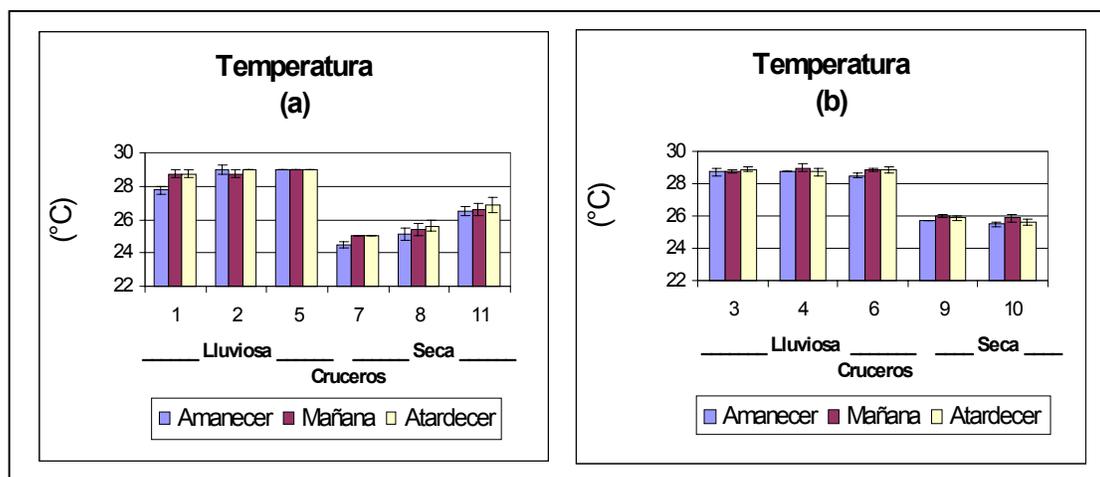


Figura 5. Comportamiento de la temperatura en las épocas climáticas para los ambientes oceanográficos trabajados durante cada uno de los cruceros teniendo en cuenta los ciclos diarios de muestreo. **(a)** representa al Golfo de Salamanca; **(b)** representa al Parque Tayrona. (□□, error estándar).

Durante la época lluviosa las temperaturas del agua no exhibieron mayor diferenciación entre los ambientes, pero en lo que respecta a la época seca esta diferenciación se presentó en la ocurrencia de menores temperaturas en el GdS a excepción del muestreo 11 el cual se efectuó en el mes de abril correspondiendo a un periodo de transición entre

épocas climáticas. Este fenómeno ya había sido propuesto por García (1999) el cual definió en el GdS un sector central caracterizado por presentar aguas frías, altas salinidades y transparencias elevadas que penetra permanentemente como una gran cuña oceánica hasta zonas meridionales del Golfo. En la Tabla 10 se presenta de manera comparativa rangos de temperatura reportados por otros autores en estaciones cercanas a las del presente estudio.

### **3.1.1.3. pH**

En general a lo largo tanto de los ciclos diarios de muestreo como de los cruceros para ambas épocas climáticas los valores obtenidos de pH mostraron poca diferencia (Tabla 4; Figura 6), situación que es de esperarse para las aguas marinas como lo afirmó Samper (1970), esto debido a la alta capacidad tampón que tiene el agua de mar (Tait 1987). Sin embargo, Cole (1988) expuso que en el amanecer podrían esperarse los menores pH del periodo de 24 horas debido a que el  $\text{CO}_2$  de la respiración y de la descomposición se ha acumulado desde el atardecer precedente, por el contrario al darse el sol matinal, iniciándose el proceso de fotosíntesis, el  $\text{CO}_2$  es absorbido por los organismos autótrofos elevando de esta manera los valores de este parámetro.

Tabla 4. Resultados de la medición del pH para los cruceros trabajados por épocas climáticas.  $\bar{x}$ , **E. estándar** y **C.V** corresponden respectivamente a la media muestral, el error estándar y el coeficiente de variación de los resultados obtenidos al integrar los estratos de profundidad trabajados. **(a)** época lluviosa; **(b)** época seca.

### a. Época lluviosa

Muestreo	(GdS) 09-09/99	(GdS) 23-09/99	(PNNT) 08-10/99	(PNNT) 04-11/99	(GdS) 11-11/99	(PNNT) 25-11/99
<b>Ciclos</b>						
<b>Amanecer</b> $\bar{x}$	7,09	8,16	8,22	8,37	8,19	8,38
<b>E. estándar</b>	0,36	0,05	0,02	0,01	0,01	0,01
<b>C.V</b>	10,18	1,18	0,43	0,21	0,16	0,21
<b>Mañana</b> $\bar{x}$	7,48	8,15	8,26	8,34	8,26	8,35
<b>E. estándar</b>	0,35	0,04	0,01	0,02	0,01	0,0025
<b>C.V</b>	9,39	0,96	0,21	0,45	0,15	0,06
<b>Atardecer</b> $\bar{x}$	8,02	8,20	8,12	8,36	8,16	8,37
<b>E. estándar</b>	0,05	0,06	0,02	0,01	0,01	0,00
<b>C.V</b>	1,28	1,41	0,47	0,34	0,26	0,11

### b. Época seca

Muestreo	(GdS) 25-02/00	(GdS) 06-04/00	(PNNT) 27-04/00	(PNNT) 04-05/00	(GdS) 10-05/00
<b>Ciclos</b>					
<b>Amanecer</b> $\bar{x}$	6,95	8,07	8,19	7,85	8,25
<b>E. estándar</b>	0,11	0,0050	0,0048	0,02	0,01
<b>C.V</b>	3,21	0,12	0,12	0,43	0,16
<b>Mañana</b> $\bar{x}$	7,52	8,12	8,20	7,84	8,24
<b>E. estándar</b>	0,19	0,01	0,01	0,03	0,0029
<b>C.V</b>	5,06	0,27	0,34	0,67	0,07
<b>Atardecer</b> $\bar{x}$	7,75	8,09	8,22	7,85	8,23
<b>E. estándar</b>	0,09	0,01	0,01	0,02	0,01
<b>C.V</b>	2,24	0,23	0,16	0,41	0,14

\* las iniciales **GdS** y **PNNT** corresponden respectivamente a los ambientes del Golfo de Salamanca y Parque Tayrona. Las fechas de los cruceros se dan de manera cronológica.

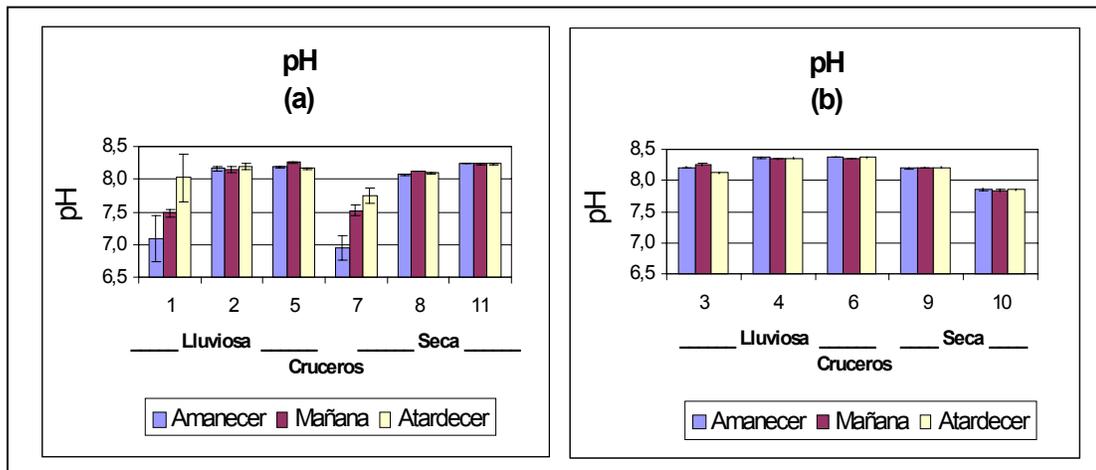


Figura 6. Comportamiento del pH en las épocas climáticas para los ambientes oceanográficos trabajados durante cada uno de los cruceros teniendo en cuenta los ciclos diarios de muestreo. **(a)** representa al Golfo de Salamanca; **(b)** representa al Parque Tayrona. (□□, error estándar).

Se podría pensar que el GdS al presentar una influencia constante de aguas continentales reflejara en esta variable cambios considerables en las unidades de pH a causa de los bajos valores que pueden experimentar estas, acidificándose aún más en proporción al grado de eutroficación de las mismas (Roldán 1992), pero es esta capacidad tampón del agua marina la que permitió que el volumen de agua que entró al sector no causara elevadas alteraciones en el pH. Este comportamiento se alteró en los cruceros uno y siete llevados a cabo en el GdS y como se verá más adelante no se encontró relación con el análisis gráfico de las demás variables fisicoquímicas ni con las condiciones atmosféricas en los muestreos, aunque el crucero uno estuvo acompañado de lluvia; estos muestreos además se caracterizaron por presentar valores anómalos en horas del amanecer demasiado bajos para aguas marinas quizás debido a un posible error en la medición, por lo tanto se descartaron dichos valores de los análisis con el fin de evitar la formación de ruidos estadísticos generados por estos. En la Tabla 10 se observa la poca

variación del pH reportado en esta investigación comparándolo con los encontrados por otros autores en estaciones cercanas.

#### **3.1.1.4. Salinidad**

Este parámetro para el GdS presentó la mayor variación diaria de los valores. Estas fluctuaciones fueron debidas a la mezcla con aguas de origen continental provenientes principalmente de la CGSM cuyo aporte en volumen es cambiante durante el ciclo de 24 horas; sin embargo, esta gran influencia de aguas continentales, que se ve magnificada durante la época de lluvias (Gónima *et al.* 1998), parece no haber repercutido significativamente en el sector ya que este presentó valores más altos en comparación con el PNNT en el transcurso de dicha época (Tabla 5; Figura 7). Este comportamiento algo extraño se observó en especial durante los cruceros tres y seis teniendo en cuenta la poca influencia de aguas continentales del sector que contribuyen en gran medida a este descenso. Bula-Meyer (1985) asoció este fenómeno a la contracorriente de Panamá-Colombia, la cual surge durante la estación lluviosa y que al pasar frente a la desembocadura del río Magdalena transporta hacia el PNNT apreciables cantidades de elementos nutritivos (fenómeno llamado Corriente Salobre Mar Adentro) que provoca ascensos en la temperatura y descensos en la salinidad. Para García (1999) este mismo fenómeno se debe al transporte de aguas salobres que derivan de la CGSM y se mezclan con las descargas de los ríos Córdoba y Toribio transportándose en dicha época en sentido norte hasta vecindades del PNNT.

Tabla 5. Resultados de la medición de la salinidad (UPS) para los cruceros trabajados por épocas climáticas.  $\bar{x}$ , **E. estándar** y **C.V** corresponden respectivamente a la media muestral, el error estándar y el coeficiente de variación de los resultados obtenidos al integrar los estratos de profundidad trabajados. **(a)** época lluviosa; **(b)** época seca.

### a. Época lluviosa

Muestreo	(GdS) 09-09/99	(GdS) 23-09/99	(PNNT) 08-10/99	(PNNT) 04-11/99	(GdS) 11-11/99	(PNNT) 25-11/99
<b>Ciclos</b>						
<b>Amanecer</b> $\bar{x}$	35,05	31,68	30,68	34,88	34,73	33,33
<b>E. estándar</b>	0,50	1,32	1,15	0,13	0,40	1,07
<b>C.V</b>	2,85	8,34	7,49	0,75	2,28	6,45
<b>Mañana</b> $\bar{x}$	35,45	32,40	32,60	34,75	34,35	32,30
<b>E. estándar</b>	0,27	1,34	0,66	0,27	0,41	1,31
<b>C.V</b>	1,54	8,25	4,08	1,53	2,38	8,13
<b>Atardecer</b> $\bar{x}$	34,00	32,10	32,95	34,78	34,70	32,95
<b>E. estándar</b>	1,04	1,73	0,78	0,31	0,31	0,94
<b>C.V</b>	6,11	10,78	4,76	1,78	1,81	5,72

### b. Época seca

Muestreo	(GdS) 25-02/00	(GdS) 06-04/00	(PNNT) 27-04/00	(PNNT) 04-05/00	(GdS) 10-05/00
<b>Ciclos</b>					
<b>Amanecer</b> $\bar{x}$	36,10	35,00	35,28	35,33	35,15
<b>E. estándar</b>	0,62	0,07	0,10	0,02	0,03
<b>C.V</b>	3,45	0,40	0,58	0,14	0,16
<b>Mañana</b> $\bar{x}$	34,30	33,18	35,33	35,38	35,10
<b>E. estándar</b>	0,83	1,18	0,05	0,02	0,00
<b>C.V</b>	4,86	7,13	0,27	0,14	0,00
<b>Atardecer</b> $\bar{x}$	35,28	33,93	35,23	35,38	35,15
<b>E. estándar</b>	0,22	0,77	0,02	0,02	0,03
<b>C.V</b>	1,23	4,56	0,14	0,14	0,16

\* las iniciales **GdS** y **PNNT** corresponden respectivamente a los ambientes del Golfo de Salamanca y Parque Tayrona. Las fechas de los cruceros se dan de manera cronológica.

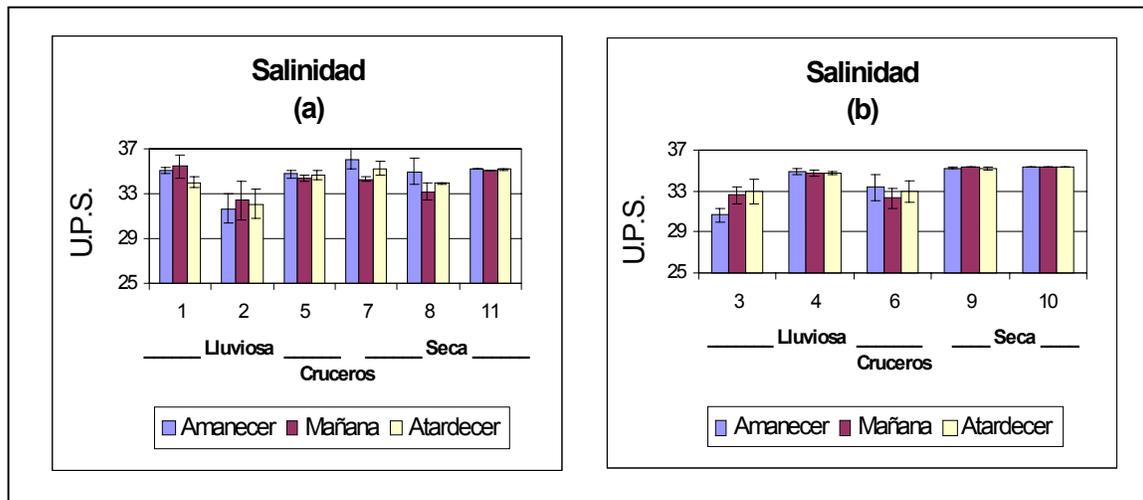


Figura 7. Comportamiento de la salinidad en las épocas climáticas para los ambientes oceanográficos trabajados durante cada uno de los cruceros teniendo en cuenta los ciclos diarios de muestreo. **(a)** representa al Golfo de Salamanca; **(b)** representa al Parque Tayrona. (□□, error estándar).

En la época seca, para ambos sectores, se observó una propensión hacia un ligero aumento en los valores de salinidad con respecto a la época de lluvias explicándose por el fenómeno de surgencia en el cual ascienden aguas subsuperficiales de salinidad elevada (Muller 1979; Ramírez 1990; Blanco *et al.* 1994). Rangos de salinidades presentados por otros autores en estaciones cercanas a las del presente estudio se exponen en la Tabla 10.

### 3.1.1.5. Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto

El oxígeno es por si mismo el gas más variable en el agua de mar, su solubilidad depende principalmente de factores como la salinidad, la temperatura y la presión (Gross 1972). Al comparar con los datos obtenidos de temperatura y salinidad el comportamiento esperado de una proporcionalidad inversa entre el porcentaje de saturación y estas dos variables no se observó. Aunque el fenómeno de surgencia tuvo un efecto notable en las variables

temperatura y salinidad, alterando sus valores en cuanto a épocas climáticas, los cambios parecen no haber sido tan drásticos como para detectar alteraciones en los valores de porcentaje de saturación de oxígeno disuelto los cuales en general indicaron que durante los cruceros este gas se presentó en niveles inferiores al 100% a excepción del ciclo del atardecer de los cruceros uno y siete en donde se presentaron aguas sobresaturadas por este gas (Tabla 6; Figura 8), sin poder compararse con resultados de otros autores debido a la falta de datos para realizar las conversiones respectivas de concentración de oxígeno disuelto a porcentaje de saturación, es por esto que en la Tabla 10 se consignaron reportes anteriores utilizando concentraciones en unidades de mg O<sub>2</sub>/l.

Tabla 6. Resultados de la medición del porcentaje de saturación de oxígeno disuelto para los cruceros trabajados por épocas climáticas.  $\bar{x}$ , **E. estándar** y **C.V** corresponden respectivamente a la media muestral, el error estándar y el coeficiente de variación de los resultados obtenidos al integrar los estratos de profundidad trabajados. **(a)** época lluviosa; **(b)** época seca.

#### a. Época lluviosa

Muestreo	(GdS) 09-09/99	(GdS) 23-09/99	(PNNT) 08-10/99	(PNNT) 04-11/99	(GdS) 11-11/99	(PNNT) 25-11/99
<b>Ciclos</b>						
<b>Amanecer</b> $\bar{x}$	93,15	88,41	91,59	92,39	91,97	91,22
<b>E. estándar</b>	4,78	4,97	11,28	4,60	2,78	1,31
<b>C.V</b>	10,27	11,24	24,63	9,95	6,05	2,87
<b>Mañana</b> $\bar{x}$	95,44	89,59	89,33	87,38	82,87	86,40
<b>E. estándar</b>	3,71	6,56	4,54	0,99	6,32	1,47
<b>C.V</b>	7,77	14,65	10,17	2,28	15,25	3,41
<b>Atardecer</b> $\bar{x}$	106,48	87,82	82,72	96,87	89,66	87,54
<b>E. estándar</b>	7,32	8,79	5,57	1,68	2,78	1,73
<b>C.V</b>	13,75	20,01	13,47	3,48	6,20	3,95

## b. Época seca

Muestreo	(GdS) 25-02/00	(GdS) 06-04/00	(PNNT) 27-04/00	(PNNT) 04-05/00	(GdS) 10-05/00
<b>Ciclos</b>					
<b>Amanecer</b> $\bar{x}$	98,35	83,87	92,97	86,45	89,30
<b>E. estándar</b>	3,05	9,57	2,88	1,64	2,09
<b>C.V</b>	6,21	22,83	6,20	3,80	4,68
<b>Mañana</b> $\bar{x}$	89,96	93,54	83,36	84,99	89,49
<b>E. estándar</b>	3,75	5,57	0,94	4,91	1,83
<b>C.V</b>	8,34	11,91	2,26	11,56	4,08
<b>Atardecer</b> $\bar{x}$	104,35	87,41	90,68	88,17	92,52
<b>E. estándar</b>	5,99	7,15	1,29	1,91	2,97
<b>C.V</b>	11,47	16,37	2,84	4,34	6,42

\* las iniciales **GdS** y **PNNT** corresponden respectivamente a los ambientes del Golfo de Salamanca y Parque Tayrona. Las fechas de los cruceros se dan de manera cronológica.

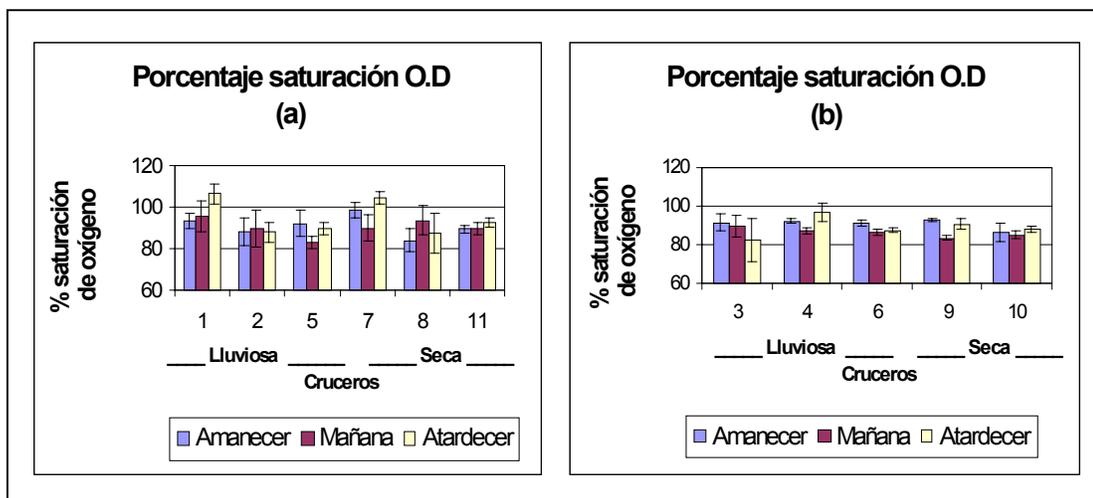


Figura 8. Comportamiento del porcentaje de saturación de oxígeno disuelto en las épocas climáticas para los ambientes oceanográficos trabajados durante cada uno de los cruceros teniendo en cuenta los ciclos diarios de muestreo. **(a)** representa al Golfo de Salamanca; **(b)** representa al Parque Tayrona. (□□, error estándar).

### 3.1.1.6. Seston total

Esta variable exhibió un patrón amplio de variación en lo que se refiere a los ambientes muestreados obteniéndose los menores valores para el PNNT, comportamiento que se mantuvo incluso en las diferentes épocas climáticas (Tabla 7; Figura 9). Garzón-Ferreira

(En: Kjerfve 1998) expuso sobre la turbidez del sector del PNNT, la cual es notablemente alta al sudeste de la Bahía de Chengue incrementándose a causa del drenaje local desde el sudoeste durante la estación lluviosa, la resuspensión del sedimento debido a la acción de las olas inducidas por el viento durante la estación seca y a las corrientes diarias provenientes de la laguna sur. Es de esperar que durante la época lluviosa los valores de seston total aumenten, en especial en el GdS, debido a la cantidad de material en suspensión aportado por las descargas continentales adyacentes como se pudo constatar durante los cruceros uno y cinco los cuales se vieron acompañados de lluvia y corrientes de material vegetal con espuma, explicando así los altos valores de esta variable para dichos cruceros. En el transcurso de la época seca el volumen de aguas continentales disminuye su entrada al mar en los ambientes muestreados, por lo que la turbidez generada por su alto contenido de material particulado se reduce en cierto grado, esto sumado a la acción del viento que desplaza las aguas superficiales generó disminuciones en la concentración de este parámetro.

Siendo la concentración de seston total uno de los factores determinantes de la transparencia y la turbidez del agua es de esperarse que los valores obtenidos de **K** se comporten de una manera similar con los de esta variable, patrón que se exhibió claramente en el PNNT teniendo en cuenta ambas épocas climáticas y en cierto grado para el GdS únicamente durante la época seca. Sin embargo, durante el crucero dos se presentaron valores bajos de seston total, semejantes a los del PNNT, junto con condiciones altas de **K**, por lo tanto las bajas transparencias que indicaron estos valores son el resultado únicamente de factores atmosféricos como por ejemplo una nubosidad elevada y no del contenido de material particulado del agua en el momento de los muestreos. Valores comparativos para esta variable se presentan en la Tabla 10.

Tabla 7. Resultados de la medición del seston total ( $\text{g/m}^3$ ) para los cruceros trabajados por épocas climáticas.  $\bar{x}$ , **E. estándar** y **C.V** corresponden respectivamente a la media muestral, el error estándar y el coeficiente de variación de los resultados obtenidos al integrar los estratos de profundidad trabajados. **(a)** época lluviosa; **(b)** época seca.

### a. Época lluviosa

Muestreo	(GdS) 09-09/99	(GdS) 23-09/99	(PNNT) 08-10/99	(PNNT) 04-11/99	(GdS) 11-11/99	(PNNT) 25-11/99
<b>Ciclos</b>						
<b>Amanecer</b> $\bar{x}$	39,89	14,42	14,88	9,21	27,90	14,90
<b>E. estándar</b>	2,73	0,50	2,58	1,81	0,60	3,49
<b>C.V</b>	13,69	6,97	34,70	39,23	4,28	46,83
<b>Mañana</b> $\bar{x}$	42,03	12,42	10,33	11,26	32,80	15,60
<b>E. estándar</b>	3,82	1,42	1,24	0,84	1,63	1,12
<b>C.V</b>	18,20	22,85	24,00	14,95	9,96	14,35
<b>Atardecer</b> $\bar{x}$	45,46	13,42	14,54	11,35	28,20	14,50
<b>E. estándar</b>	1,44	0,88	2,15	0,37	1,04	1,08
<b>C.V</b>	6,35	13,17	29,60	6,44	7,37	14,83

### b. Época seca

Muestreo	(GdS) 25-02/00	(GdS) 06-04/00	(PNNT) 27-04/00	(PNNT) 04-05/00	(GdS) 10-05/00
<b>Ciclos</b>					
<b>Amanecer</b> $\bar{x}$	14,30	21,10	14,90	14,40	21,80
<b>E. estándar</b>	1,04	2,33	2,23	1,69	2,45
<b>C.V</b>	14,51	22,13	29,92	23,46	22,45
<b>Mañana</b> $\bar{x}$	21,60	20,40	13,71	13,40	18,60
<b>E. estándar</b>	2,30	4,51	3,85	2,32	1,01
<b>C.V</b>	21,28	44,22	56,12	34,68	10,90
<b>Atardecer</b> $\bar{x}$	15,50	20,98	13,90	15,82	21,10
<b>E. estándar</b>	2,72	2,88	1,65	2,87	0,64
<b>C.V</b>	35,09	27,50	23,77	36,27	6,07

\* las iniciales **GdS** y **PNNT** corresponden respectivamente a los ambientes del Golfo de Salamanca y Parque Tayrona. Las fechas de los cruceros se dan de manera cronológica.

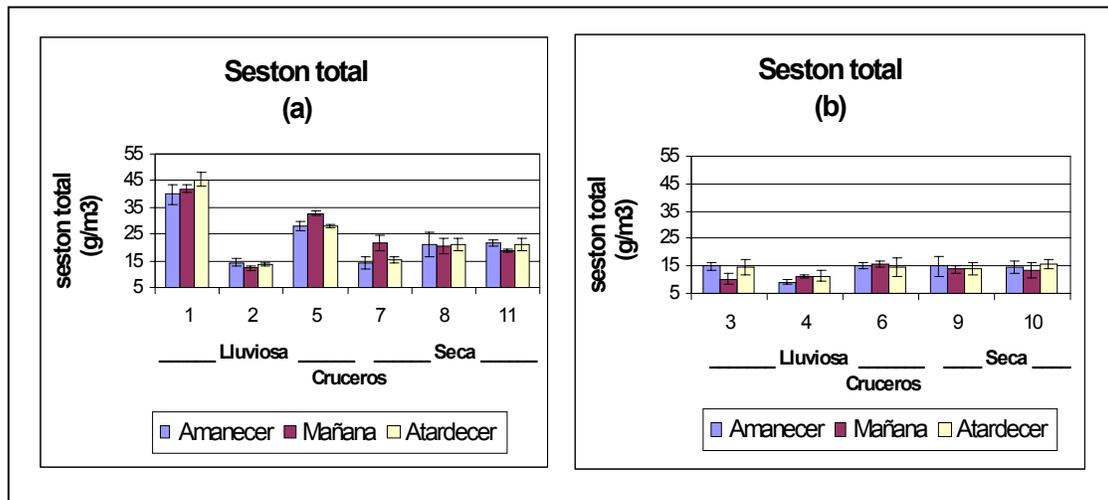


Figura 9. Comportamiento del seston total en las épocas climáticas para los ambientes oceanográficos trabajados durante cada uno de los cruceros teniendo en cuenta los ciclos diarios de muestreo. **(a)** representa al Golfo de Salamanca; **(b)** representa al Parque Tayrona. (□□, error estándar).

### 3.1.1.7. Densidad

Desde el punto de vista de la oceanografía dinámica el aspecto más importante es la manera cuantitativa en la que la densidad cambia con la temperatura, la salinidad y la presión, así la densidad decrece cuando la temperatura asciende e incrementa con un aumento en la salinidad y la presión (Pond y Pickard 1983); este patrón fue observado en este trabajo. En general las menores densidades correspondieron a los cruceros realizados en la época lluviosa (Tabla 8; Figura 10), siendo el GdS el que presentó mayores fluctuaciones diarias en los valores obtenidos a causa de la constante mezcla con aguas continentales y salobres generalmente de menos densidad que se ubican en los primeros metros de la columna de agua.

Esta variable fue la única que exhibió cambios bruscos en sus valores a medida que se descendía en profundidad. De esta manera la conformación de una pycnoclina quedó

evidenciada en alguna profundidad localizada entre los 2,5 a 18,5 m siendo notoria en ambos sectores (Figura 11). Con la influencia de los vientos Alisios se favoreció el proceso de mezcla vertical por lo que la piconclina se rompió y en la columna de agua se observó una tendencia a que se presentaran densidades semejantes, aunque en el GdS durante este periodo de vientos se siguieron presentando estratos de agua con diferentes densidades pero no con cambios tan drásticos en sus valores.

Tabla 8. Resultados de la medición de la densidad ( $\text{kg/m}^3$ ) para los cruceros trabajados por épocas climáticas.  $\bar{x}$ , **E. estándar** y **C.V** corresponden respectivamente a la media muestral, el error estándar y el coeficiente de variación de los resultados obtenidos al integrar los estratos de profundidad trabajados. **(a)** época lluviosa; **(b)** época seca.

#### a. Época lluviosa

Muestreo	(GdS) 09-09/99	(GdS) 23-09/99	(PNNT) 08-10/99	(PNNT) 04-11/99	(GdS) 11-11/99	(PNNT) 25-11/99
<b>Ciclos</b>						
<b>Amanecer</b> $\bar{x}$	1022,59	1019,65	1018,98	1022,13	1021,93	1021,05
<b>E. estándar</b>	0,45	1,01	0,84	0,19	0,32	0,89
<b>C.V</b>	0,09	0,20	0,17	0,04	0,06	0,17
<b>Mañana</b> $\bar{x}$	1022,56	1020,27	1020,42	1021,95	1021,65	1020,16
<b>E. estándar</b>	0,30	1,09	0,59	0,23	0,34	1,04
<b>C.V</b>	0,06	0,21	0,11	0,04	0,07	0,20
<b>Atardecer</b> $\bar{x}$	1021,47	1019,97	1020,64	1022,05	1021,91	1020,64
<b>E. estándar</b>	0,84	1,38	0,55	0,33	0,27	0,77
<b>C.V</b>	0,16	0,27	0,11	0,06	0,05	0,15

#### b. Época seca

Muestreo	(GdS) 25-02/00	(GdS) 06-04/00	(PNNT) 27-04/00	(PNNT) 04-05/00	(GdS) 10-05/00
<b>Ciclos</b>					
<b>Amanecer</b> $\bar{x}$	1024,40	1023,38	1023,39	1023,51	1023,06
<b>E. estándar</b>	0,47	0,17	0,11	0,08	0,17
<b>C.V</b>	0,09	0,03	0,02	0,02	0,03
<b>Mañana</b> $\bar{x}$	1022,89	1021,93	1023,35	1023,43	1022,99
<b>E. estándar</b>	0,69	1,02	0,05	0,05	0,12
<b>C.V</b>	0,14	0,20	0,01	0,01	0,02
<b>Atardecer</b> $\bar{x}$	1023,63	1022,41	1023,32	1023,51	1022,95
<b>E. estándar</b>	0,19	0,49	0,06	0,09	0,13
<b>C.V</b>	0,04	0,10	0,01	0,02	0,03

\* las iniciales **GdS** y **PNNT** corresponden respectivamente a los ambientes del Golfo de Salamanca y Parque Tayrona. Las fechas de los cruceros se dan de manera cronológica.

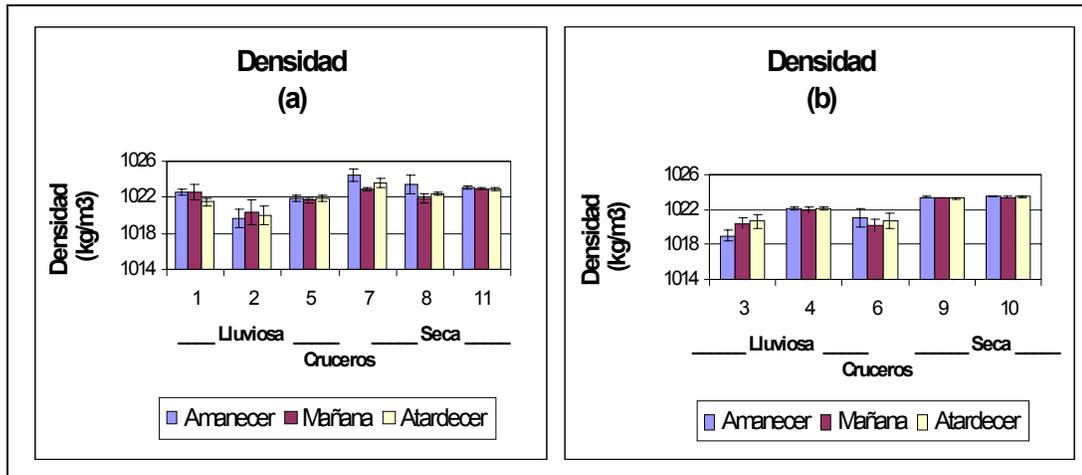


Figura 10. Comportamiento de la densidad de la columna de agua en las épocas climáticas para los ambientes oceanográficos trabajados durante cada uno de los cruceros teniendo en cuenta los ciclos diarios de muestreo. (a) representa al Golfo de Salamanca; (b) representa al Parque Tayrona. (□□, error estándar).

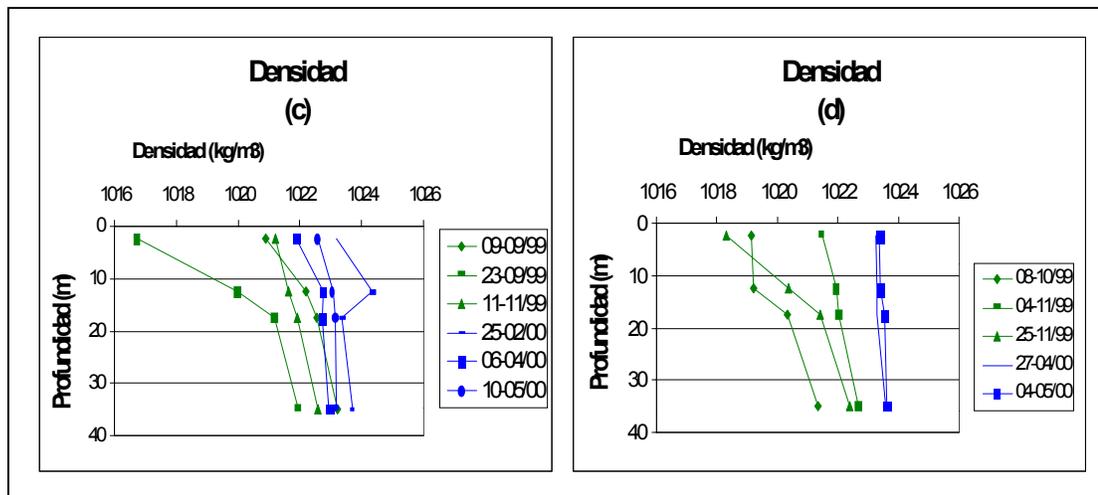


Figura 11. Comportamiento de la densidad en las épocas climáticas para los ambientes oceanográficos trabajados durante cada uno de los cruceros. (c) representa al Golfo de Salamanca; (d) representa al Parque Tayrona.

### 3.1.1.8. Estabilidad de la columna de agua

La estabilidad presenta un aumento cuando existe un incremento de la densidad con la profundidad representando una distribución estable y normal de la densidad y descende cuando hay afloramiento de aguas de fondo más densas indicando un estado anómalo e inestable de la columna de agua (Defant 1961). Este fenómeno resulta del efecto que producen los vientos intensos y permanentes sobre las aguas superficiales alejándolas de la costa haciendo que las capas subsuperficiales asciendan para reemplazarlas (Gross 1972; Mann y Lazier 1996).

Las mayores disminuciones de la estabilidad y por lo tanto altas densidades superficiales se presentaron en la época seca (Tabla 9; Figura 12), esto se entiende si se tiene en cuenta la influencia en la región de la costa Caribe colombiana de los vientos Alisios los cuales generan el efecto ya mencionado para ambos sectores. Por el contrario, durante la época lluviosa las condiciones se invirtieron aunque se observaron pequeñas disminuciones en esta variable fenómeno que Ramírez (1990) ha reportado como surgencias de intensidad moderada. En la Tabla 10 se presentan valores de densidad reportados por otros autores en estaciones cercanas a las del presente estudio.

Tabla 9. Resultados del cálculo de la estabilidad para los cruceros trabajados por épocas climáticas. **(a)** época lluviosa; **(b)** época seca.

#### a. Época Lluviosa

Muestreo	(GdS) 09-09/99	(GdS) 23-09/99	(PNNT) 08-10/99	(PNNT) 04-11/99	(GdS) 11-11/99	(PNNT) 25-11/99
<b>Ciclos</b>						
<b>Amanecer</b>	2,16E-04	5,79E-04	4,79E-04	7,96E-05	2,05E-04	4,37E-04
<b>Mañana</b>	1,33E-04	5,10E-04	1,39E-04	7,90E-05	8,32E-05	6,20E-04
<b>Atardecer</b>	3,60E-04	6,95E-04	2,23E-04	1,37E-04	1,23E-04	3,20E-04

## b. Época seca

Muestreo	(GdS) 25-02/00	(GdS) 06-04/00	(PNNT) 27-04/00	(PNNT) 04-05/00	(GdS) 10-05/00
<b>Ciclos</b>					
<b>Amanecer</b>	1,36E-04	6,94E-05	2,00E-05	2,92E-05	7,22E-05
<b>Mañana</b>	-3,35E-04	2,49E-04	1,71E-05	3,03E-05	6,60E-05
<b>Atardecer</b>	1,82E-05	-4,71E-05	1,42E-05	4,76E-05	4,53E-05

\* las iniciales **GdS** y **PNNT** corresponden respectivamente a los ambientes del Golfo de Salamanca y Parque Tayrona. Las fechas de los cruceros se dan de manera cronológica.

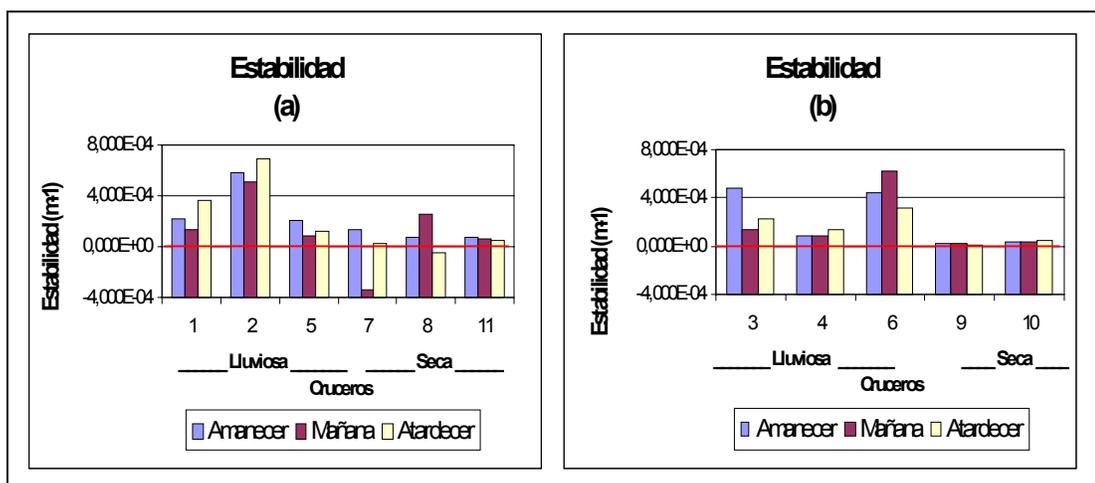


Figura 12. Comportamiento de la estabilidad en las épocas climáticas para los ambientes oceanográficos trabajados durante cada uno de los cruceros teniendo en cuenta los ciclos diarios de muestreo. **(a)** representa al Golfo de Salamanca; **(b)** representa al Parque Tayrona. (□□, error estándar).

De manera general los reportes presentados en la Tabla 10 para los parámetros fisicoquímicos tenidos en cuenta en el presente trabajo, en estos ambientes oceanográficos, indicaron que las condiciones bajo las cuales se efectuaron las campañas de muestreo estuvieron de acorde a las condiciones típicas esperadas para esta región del Caribe no reflejando la influencia de eventos anómalos.

Tabla 10. Resultados para las variables fisicoquímicas trabajadas en el presente estudio de diversos autores en los ambientes oceanográficos seleccionados.

Variable	Época climática	Autor (año)	Golfo de Salamanca	Parque Tayrona	Época climática	Autor (año)	Golfo de Salamanca	Parque Tayrona
<b>K(m<sup>-1</sup>)</b>	<b>Lluviosa</b>	Camacho y Gálvis (1980)		0,13	<b>Seca</b>	Ramírez (1990)	0,11 - 0,28	0,10 - 0,20
		Ramírez (1990)	0,10 - 0,24	0,12 - 0,48		Reyes (En: Díaz 1990)		0,24 - 0,29
		Reyes (En: Díaz 1990)		0,18 - 0,29		Castellanos (1997)		0,08 - 0,20
		Castellanos (1997)		0,08 - 0,20		Presente estudio	0,08 - 0,29	0,08 - 0,18
		Presente estudio	0,10 - 1,15	0,10 - 0,48				
<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Lluviosa</b>	Caicedo (1975)		25,6 - 28	<b>Seca</b>	Caicedo (1975)		25,3 - 28,2
		González (1984)	29,5 - 31,2			González (1984)	29,0 - 31,0	
		Blanco (1988)	25,8 - 27,3			Garzón-Ferreira (En: Kjerfve 1998)		24,8 - 26,4
		Buitrago (1998)	25,5 - 28,5			Gil (1998)		24,0 - 27,0
		Castro (1998)	27,0 - 27,5			Sandoval (1999)	25,0 - 27,5	
		Garzón-Ferreira (En: Kjerfve 1998)		27,4 - 28,6		Presente estudio	24,5 - 26,88	25,5 - 26,0
		Gil (1998)		25,5 - 28,5				
		Presente estudio	27,75 - 29,0	28,5 - 29,0				
<b>pH</b>	<b>Lluviosa</b>	Camacho y Gálvis (1980)		8,2 - 8,7	<b>Seca</b>	Reyes (En: Díaz 1990)		7,6 - 8,0
		Reyes (1990)		8,0 - 8,3		INVEMAR (1997)	8,03 - 8,17	
		INVEMAR (1997)	7,96 - 8,08			Garzón-Ferreira (En: Kjerfve 1998)		8,15 - 8,26
		Garzón-Ferreira (En: Kjerfve 1998)		8,18 - 8,33		Presente estudio	7,52 - 8,25	7,84 - 8,22
		Presente estudio	7,48 - 8,26	8,12 - 8,38				
<b>Salinidad (UPS)</b>	<b>Lluviosa</b>	Camacho y Gálvis (1980)		33,8 - 35,8	<b>Seca</b>	González (1984)	29,8 - 33,2	
		Blanco (1988)	35,5 - 36,1			Garzón-Ferreira (En: Kjerfve 1998)		36,1 - 37,4
		Buitrago (1998)	34,4 - 34,6			Gil (1998)		36,3 - 37,3
		Castro (1998)	34,5			Sandoval (1999)	34,5 - 37,5	
		Garzón-Ferreira (En: Kjerfve 1998)		25,1 - 36,4		Presente estudio	33,18 - 36,10	35,23 - 35,38
		Gil (1998)		36,3 - 37,5				
		Sandoval (1999)	35,0 - 37,0					
		Presente estudio	31,68 - 35,45	30,68 - 34,88				

Continuación Tabla 10.

Variable	Época climática	Autor (año)	Golfo de Salamanca	Parque Tayrona	Época climática	Autor (año)	Golfo de Salamanca	Parque Tayrona
<b>O.D (mg O<sub>2</sub>/l)</b>	<b>Lluviosa</b>	Blanco (1988)	7,7 - 8,6	8,0 - 8,3	<b>Seca</b>	Reyes (En: Díaz 1990)		8,0 - 8,5
		Reyes (En: Díaz 1990)		5,0 - 7,5		INVEMAR (1997)	6,15 - 6,66	
		INVEMAR (1997)	5,02 - 6,46			Garzón-Ferreira (En: Kjerfve 1998)		4,4 - 4,6
		Garzón-Ferreira (En: Kjerfve 1998)		4,4 - 4,8		Presente estudio	5,9 - 7,35	5,75 - 6,45
		Presente estudio	5,4 - 7,0	5,45 - 6,32				
<b>Seston total (g/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Lluviosa</b>	Castellanos (1997)		0,27 - 1,28	<b>Seca</b>	Castro (1998)	1620 - 16100	
		Presente estudio	12,42 - 45,46	9,2 - 15,6		Presente estudio	14,3 - 21,8	13,4 - 15,82
<b>Densidad (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Lluviosa</b>	Blanco (1988)	1023,57-1024,1	1023,4 - 1023,5	<b>Seca</b>	Ramírez (1990)	1022,5 - 1024,5	1023,0 - 1023,5
		Ramírez (1990)	1021,5 - 1023,5	1020,5 - 1023,5		Presente estudio	1021,93-1024,4	1023,32 -1023,51
		Presente estudio	1019,65-1022,6	1018,98-1022,1				



### **3.1.2. Análisis de clasificación (Cluster) y ordenamiento (Escalamiento Métrico Dimensional - MDS)**

#### **3.1.2.1. Cruceros época lluviosa**

##### **3.1.2.1.1. Golfo de Salamanca**

Según la metodología descrita para el método de análisis multivariado de clasificación siguiendo el procedimiento de distancia Euclidiana, se definió el valor de tres como la distancia límite de ligamiento que significa la similitud entre cruceros. De esta manera en el dendograma correspondiente (Figura 13) se evidenció el agrupamiento y diferenciación de los cruceros dos y cinco cuya disposición se mantuvo en el caso de la ordenación correspondiente (Figura 14), explicándose posiblemente por la escasa diferencia exhibida por dichos cruceros entre los valores obtenidos en las variables fisicoquímicas pH, porcentaje de saturación de oxígeno disuelto, seston y en cierto grado la temperatura. Si se tiene en cuenta la influencia de la escala temporal en la similitud entre cruceros se debería esperar que los cruceros uno y dos presentaran cierto grado de asociación debido a que esta escala entre ellos fue corta; aunque en este caso se observó que la influencia de la escala no fue tan marcada ya que finalmente fueron los cruceros ya mencionados los que se agruparon.

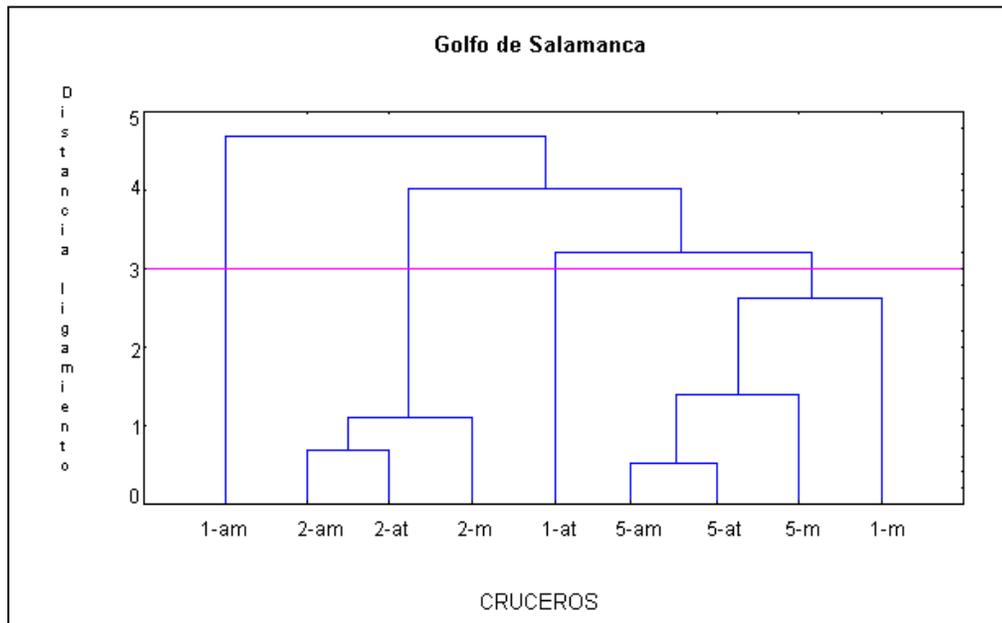


Figura 13. Dendrograma de distancia euclidiana para los cruceros realizados en el GdS durante la época lluviosa. Los números 1, 2 y 5 representan el orden cronológico de los cruceros. Las letras am, m y at indican en su orden los ciclos diarios de muestreo correspondientes al amanecer, mañana y atardecer.

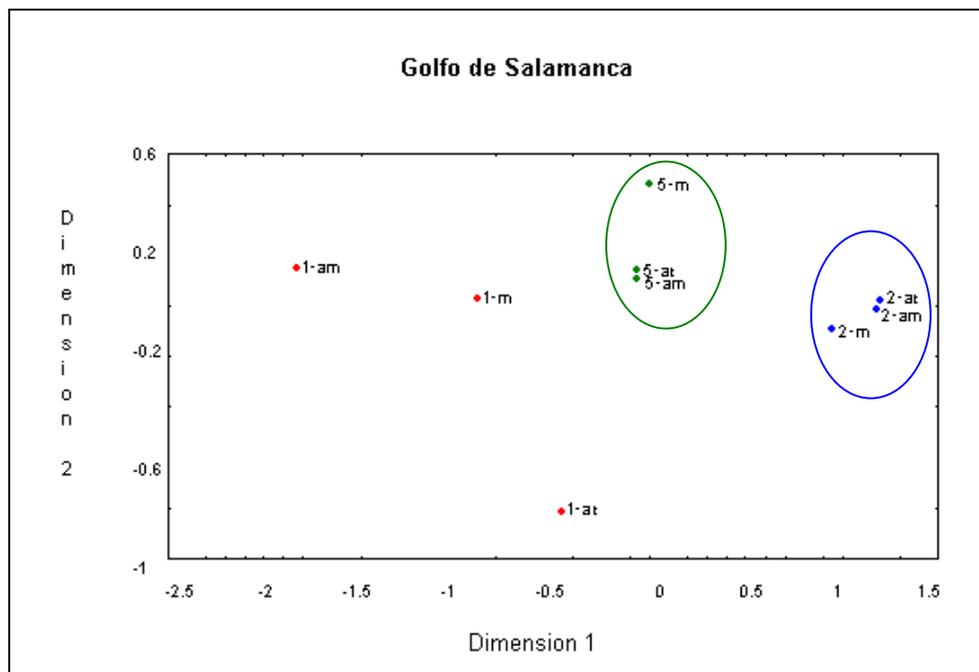


Figura 14. Ordenamiento MDS para los cruceros realizados en el GdS durante la época lluviosa. Los números 1, 2 y 5 representan el orden cronológico de los cruceros. Las letras am, m y at indican en su orden los ciclos diarios de muestreo correspondientes al amanecer, mañana y atardecer. (Valor de estrés: 0,0004773).

### 3.1.2.1.2. Parque Tayrona

Teniendo en cuenta el análisis de clasificación (Figura 15) la conformación de grupos por cruceros individuales se hizo clara en lo que se refiere al crucero cuatro y en parte al crucero seis; sin embargo, este último crucero no es tan evidente en la ordenación correspondiente (Figura 16). Según el análisis individual de las variables fisicoquímicas aquellas que pudieron causar dicha disposición son el **K** y en cierto grado el pH y la salinidad. De manera adicional estos cruceros se vieron influenciados por lluvia y plumas con material vegetal como *Sargassum* sp y semillas de *Avicennia* sp.

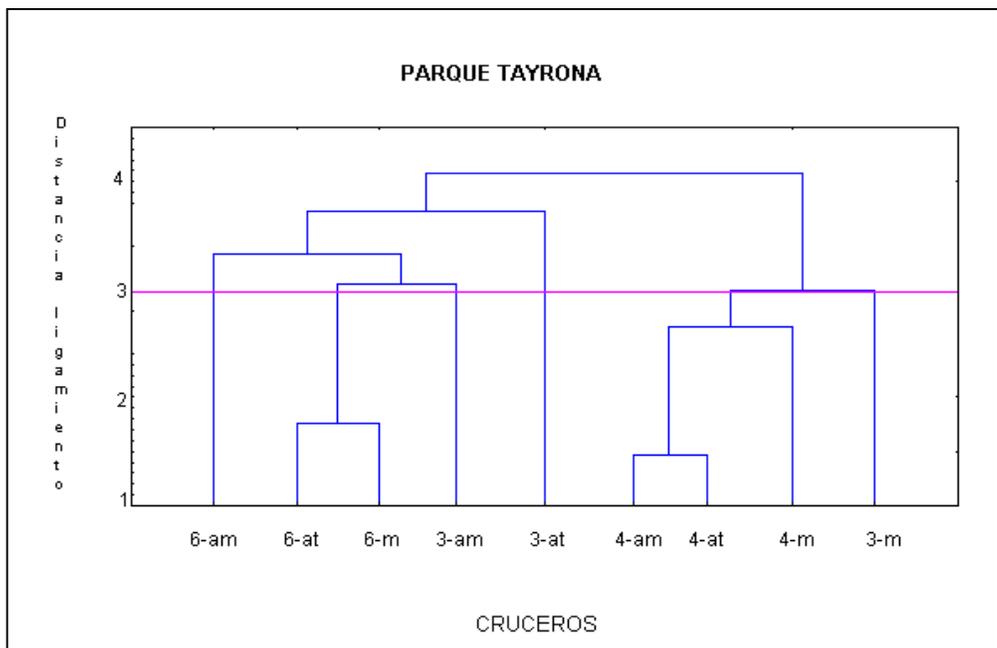


Figura 15. Dendrograma de distancia euclidiana para los cruceros realizados en el PNNT durante la época lluviosa. Los números 3, 4 y 6 representan el orden cronológico de los cruceros. Las letras am, m y at indican en su orden los ciclos diarios de muestreo correspondientes al amanecer, mañana y atardecer.

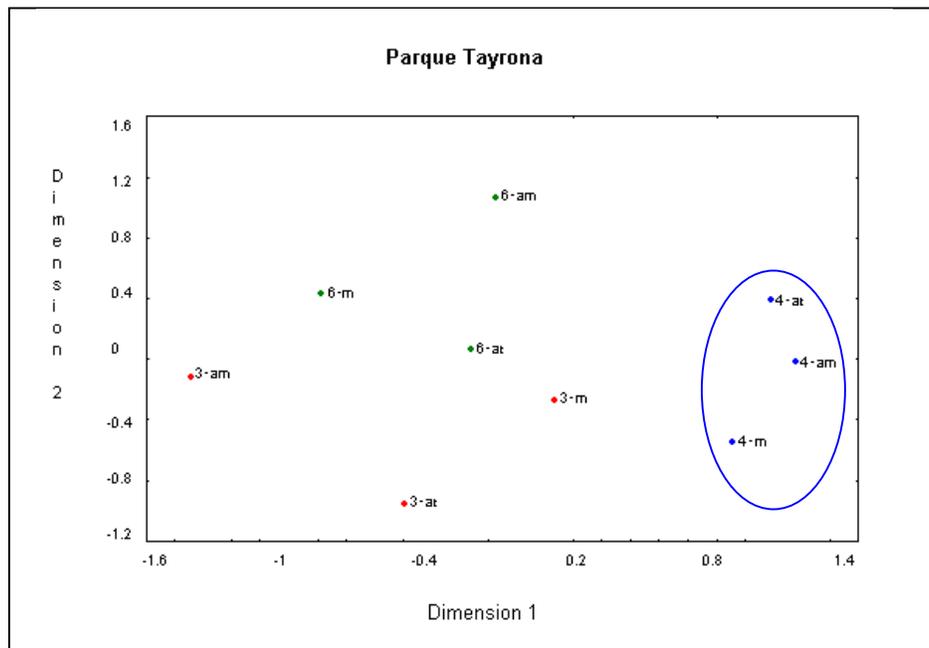


Figura 16. Ordenamiento MDS para los cruceros realizados en el PNNT durante la época lluviosa. Los números 3, 4 y 6 representan el orden cronológico de los cruceros. Las letras am, m y at indican en su orden los ciclos diarios de muestreo correspondientes al amanecer, mañana y atardecer. (Valor de estrés: 0,06434).

### 3.1.2.2. Cruceros época seca

#### 3.1.2.2.1. Golfo de Salamanca

Para el caso del dendograma del análisis de distancia euclidiana (Figura 17) se observó la conformación de dos grupos, donde nuevamente cada uno de ellos correspondió a cruceros individuales (11 y 8) y que en el caso de la ordenación MDS conformaron un mismo grupo (Figura 18) aunque el ciclo diario de la mañana para el último crucero mencionado se desliga de este para ambos análisis empleados. Esta conformación de grupos estuvo determinada posiblemente por las variables fisicoquímicas pH, seston y porcentaje de saturación de oxígeno disuelto cuyos valores son muy similares para los muestreos mencionados.

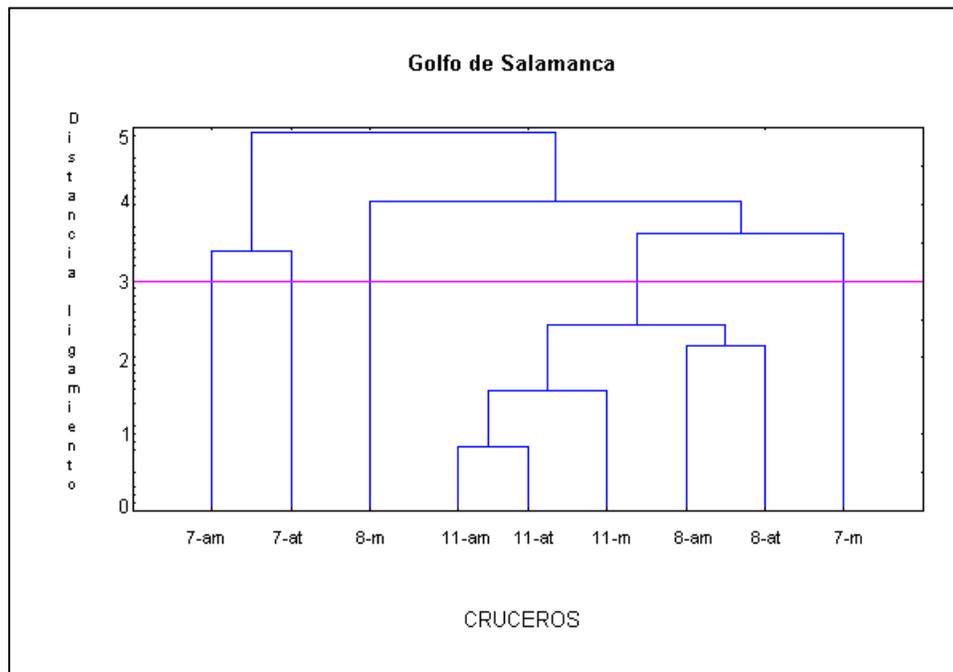


Figura 17. Dendrograma de distancia euclidiana para los cruceros realizados en el GdS durante la época seca. Los números 7, 8 y 11 representan el orden cronológico de los cruceros. Las letras am, m y at indican en su orden los ciclos diarios de muestreo correspondientes al amanecer, mañana y atardecer.

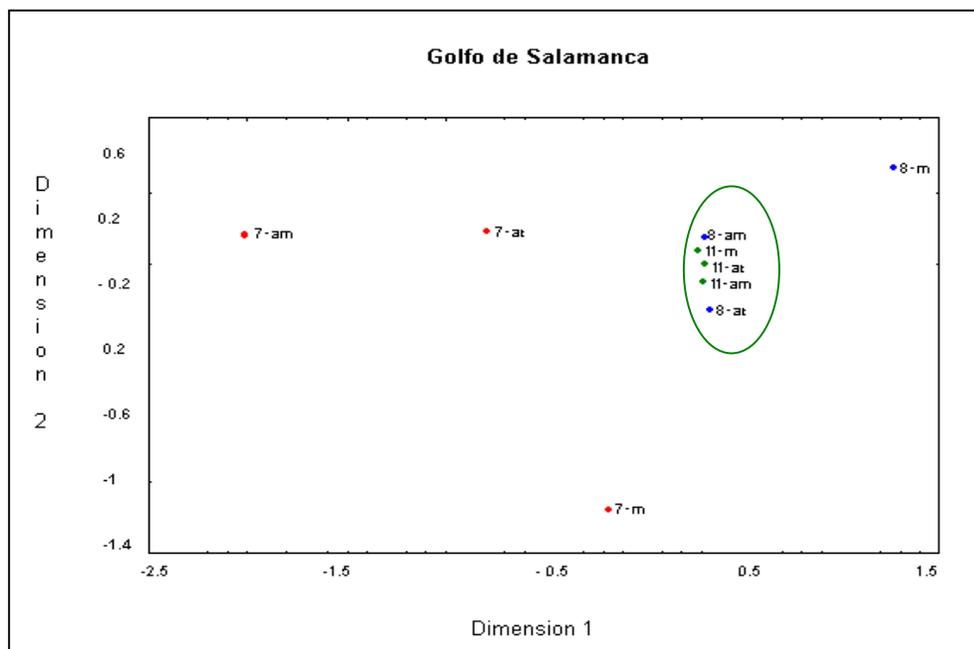


Figura 18. Ordenamiento MDS para los cruceros realizados en el PNNT durante la época seca. Los números 7, 8 y 11 representan el orden cronológico de los cruceros. Las letras am, m y at indican en su orden los ciclos diarios de muestreo correspondientes al amanecer, mañana y atardecer.

### 3.1.2.2. Parque Tayrona

De acuerdo al dendograma para dichos cruceros, se observó la conformación de tres grupos (Figura 19); sin embargo, el ciclo diario que correspondió a horas de la mañana en cada crucero conformó el tercer agrupamiento aunque con una distancia de ligamiento mayor pero en el caso de la ordenación la formación de este último grupo no fue tan evidente (Figura 20). Al analizar cada una de las variables fisicoquímicas, se observó que aquellas que pudieron causar la separación del ciclo de la mañana en un tercer grupo son el pH y en cierto grado el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto.

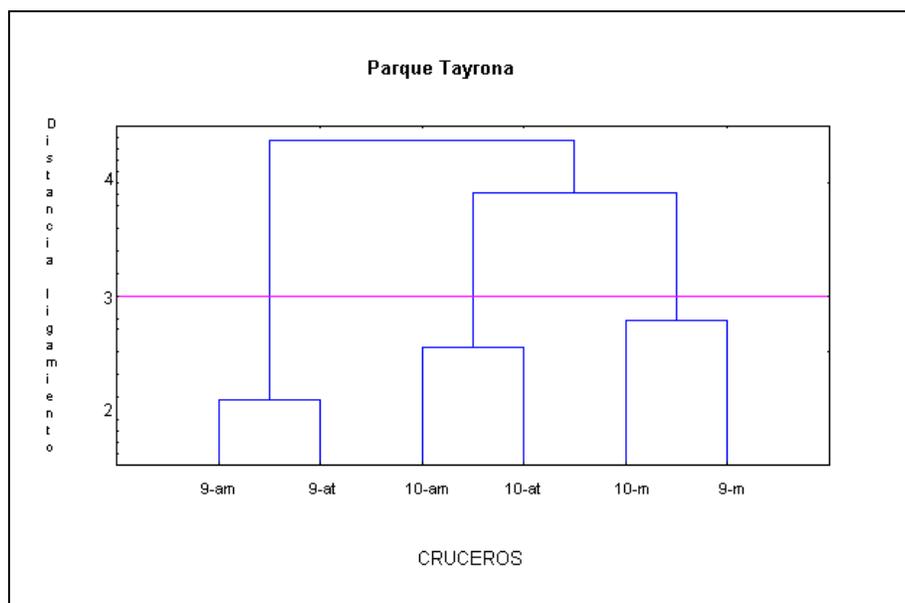


Figura 19. Dendograma de distancia euclidiana para los cruceros realizados en el PNNT durante la época seca. Los números 9 y 10 representan el orden cronológico de los cruceros. Las letras am, m y at indican en su orden los ciclos diarios de muestreo correspondientes al amanecer, mañana y atardecer.

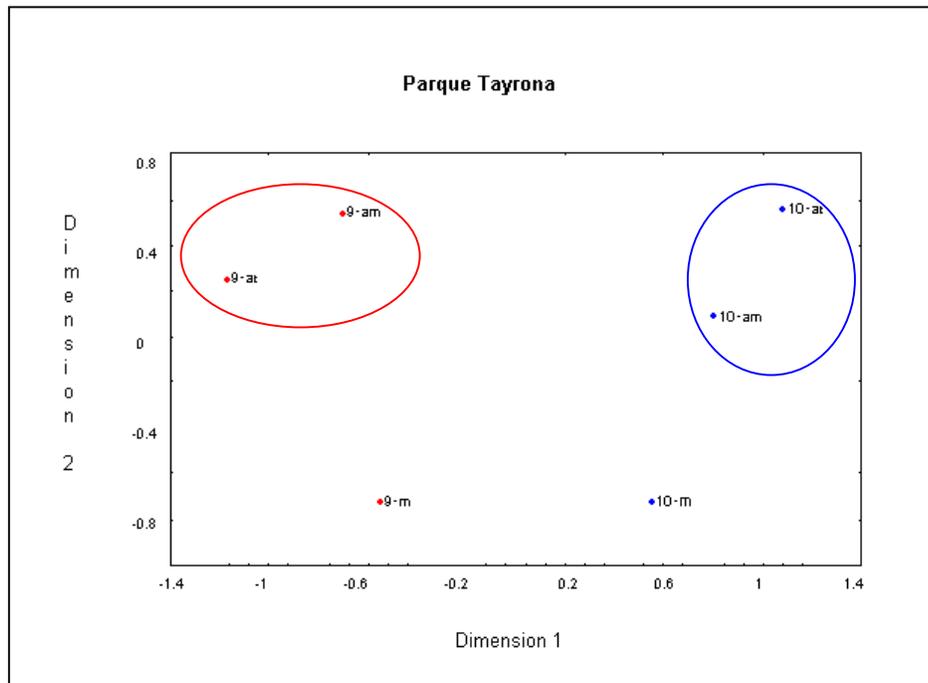


Figura 20. Ordenamiento MDS para los cruceros realizados en el PNNT durante la época seca. Los números 9 y 10 representan el orden cronológico de los cruceros. Las letras am, m y at indican en su orden los ciclos diarios de muestreo correspondientes al amanecer, mañana y atardecer. (Valor de estrés: 0,000038).

De los análisis anteriores se desprende que la densidad y la estabilidad no fueron factores que influyeron ampliamente en la conformación de grupos de cruceros; sin embargo, como ya se ha expuesto, estos dos factores jugaron un papel importante en la separación entre épocas climáticas, determinando los valores que pudieron tomar ciertas variables aumentándolos o disminuyéndolos. En cuanto a la escala temporal se observaron dos tendencias. La primera de estas hace referencia a la conformación de grupos por cruceros individuales, es decir, que se presentó semejanza entre los ciclos diarios correspondientes al amanecer, mañana y atardecer de un mismo crucero y no entre estos indicando así que aunque se pudieron presentar variaciones diarias en los parámetros fisicoquímicos este rango no fue tan amplio como para provocar una separación de estos.

El otro aspecto observado tiene que ver con la diferenciación que se presentó entre los cruceros de un mismo ambiente oceanográfico para una misma época climática lo que significó que las condiciones fisicoquímicas en las que se realizaron dichas campañas de muestreo fueron cambiantes a lo largo del estudio agregando la variabilidad ecológica a esta investigación.

## **3.2. COMPONENTE BIOQUÍMICO**

### **3.2.1. Cruceros época lluviosa**

#### **3.2.1.1. Golfo de Salamanca**

Durante los cruceros realizados en esta época los valores de la concentración de Chl **a** de las clases de talla seleccionadas exhibieron variaciones entre los cruceros, profundidades y ciclos diarios de muestreo por lo que se presentaron picos de máxima concentración o valores altos comparativamente a lo largo de la columna de agua. Al integrar las concentraciones de Chl **a** en un valor promedio diario por profundidad y clase de talla, el comportamiento continuó presentando variaciones entre cruceros ubicando al microfitoplancton como la clase de talla que aportó mayores valores, esto a la profundidad de 2,5 m, posteriormente se alcanzó un descenso considerable en los valores a los 12,5 m y a partir de aquí las fluctuaciones en estos se mantuvieron en un rango estrecho hasta la última profundidad muestreada; continuando en el mismo orden de aporte siguieron las clases de talla del nanofitoplancton y picofitoplancton. De este comportamiento se excluyó al crucero cinco cuyas concentraciones no variaron ampliamente con la profundidad reflejando una distribución homogénea de esta comunidad, aunque las concentraciones aportadas por el microfitoplancton fueron ligeramente superiores.

En cuanto al comportamiento de las campañas de muestreo individuales los cruceros uno y dos exhibieron las mayores concentraciones promedio diarias con un patrón bastante similar, por el contrario en el crucero cinco se presentaron las menores concentraciones (Tabla 11, Figura 21). Cabe recordar que estos mismos, en lo referente a la escala temporal fueron los más cercanos. Este comportamiento observado es propio para aguas neríticas en donde el fitoplancton mayor a 20  $\mu\text{m}$ , conocido como netplancton o microfitoplancton, aportan la mayoría de la Chl **a** con cerca del 54% en bahías abiertas

(Cole *et al.* 1986) y hasta el 80% en áreas estuarinas (Furnas 1983). La mayor contribución del microfitoplancton en la concentración promedio diaria podría indicar que este ambiente sea una zona de altos y variables niveles de nutrientes en donde se alberga una alta biomasa fitoplanctónica (Morris 1980; Varela 1987).

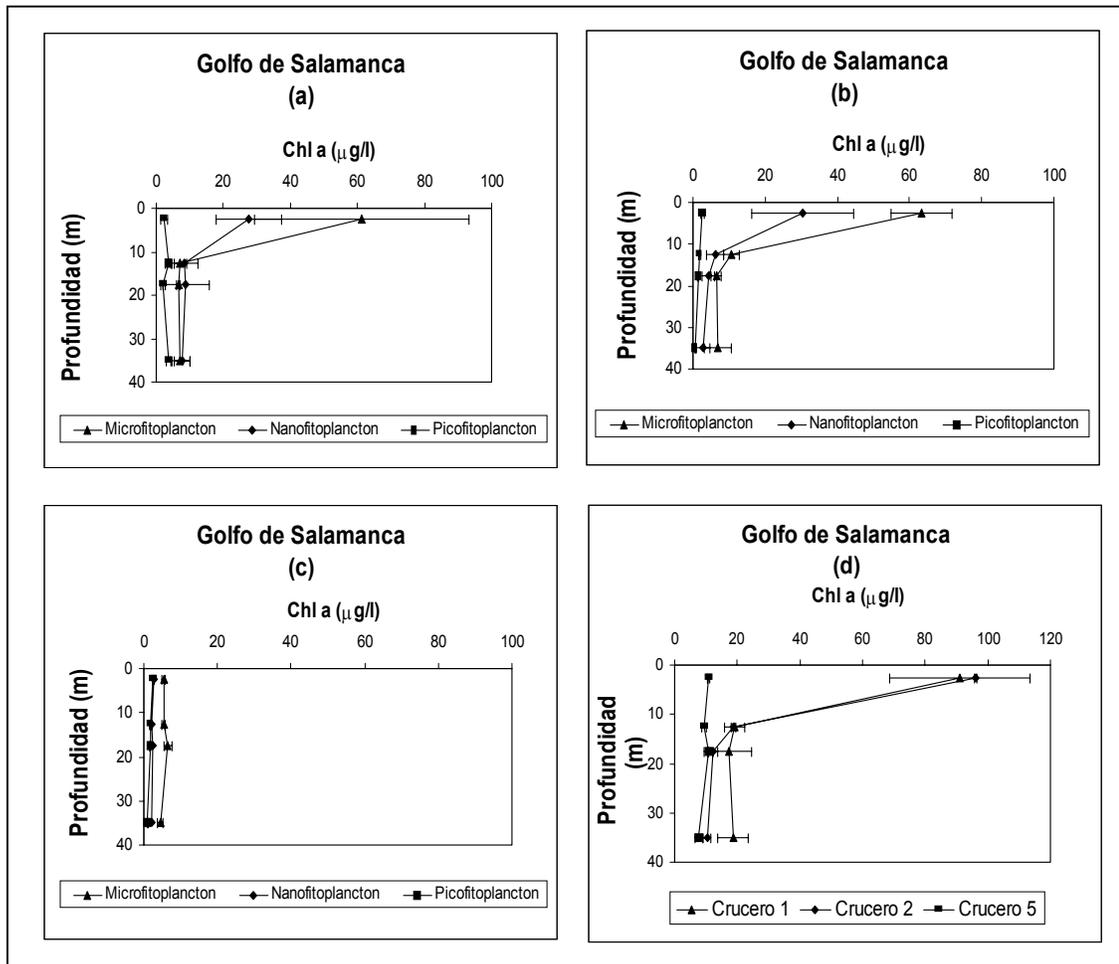


Figura 21. Comportamiento del valor promedio diario de clorofila *a* por profundidad y clase de talla para los cruceros efectuados en el Golfo de Salamanca durante la época lluviosa. (a) crucero 1, (b) crucero 2, (c) crucero 5; (d) valor en cada crucero de la concentración promedio diaria de Chl *a* en la comunidad fitoplanctónica teniendo en cuenta la profundidad. ( $\square$ , error estándar).

Tabla 11. **a.** Datos brutos de la concentración de clorofila **a** ( $\mu\text{g Chl a/l}$ ) por profundidad en las clases de talla trabajadas en el ciclo diario de muestreo para el Golfo de Salamanca durante la época lluviosa; **b.** Valor promedio y error estándar ( $E_{s(xp)}$ ) integrando los valores de los tres ciclos diarios en cada clase de talla y profundidad.

	Crucero 1			Crucero 2			Crucero 5		
	Amanecer	Mañana	Atardecer	Amanecer	Mañana	Atardecer	Amanecer	Mañana	Atardecer
	Chl a ( $\mu\text{g/l}$ )								
<b>Microfitoplancton</b>									
2,5 m	39,07	20,36	124,29	55,36	54,08	80,49	4,71	5,70	5,69
12,5 m	3,78	7,50	10,40	13,60	6,19	12,17	4,76	5,25	6,43
17,5 m	5,57	7,77	6,36	6,35	4,20	9,13	6,07	8,44	5,26
35 m	1,98	7,41	12,03	14,15	2,10	4,27	5,20	3,04	5,10
<b>Nanofitoplancton</b>									
2,5 m	28,04	44,51	10,27	36,07	51,41	3,45	3,15	3,15	2,39
12,5 m	13,55	11,11	0,53	10,82	3,92	3,62	1,64	1,79	2,77
17,5 m	4,24	0,07	22,31	3,19	7,78	1,76	1,71	3,43	2,49
35 m	5,55	5,04	12,52	6,67	0,41	0,94	2,35	1,45	2,79
<b>Picofitoplancton</b>									
2,5 m	1,12	4,26	1,26	2,63	1,76	3,29	2,57	2,64	2,43
12,5 m	5,27	3,85	1,70	1,35	2,21	2,21	2,24	1,65	1,46
17,5 m	0,58	2,92	2,62	1,40	1,24	1,66	1,56	1,93	1,67
35 m	2,75	5,49	3,08	1,06	0,69	0,57	1,40	0,69	0,97
<b>b.</b>	Crucero 1		Crucero 2		Crucero 5				
	Promedio	$E_{s(xp)}$	Promedio	$E_{s(xp)}$	Promedio	$E_{s(xp)}$			
<b>Microfitoplancton</b>									
2,5 m	61,24	31,98	63,31	8,59	5,37	0,33			
12,5 m	7,23	1,91	10,65	2,26	5,48	0,49			
17,5 m	6,57	0,64	6,56	1,42	6,59	0,95			
35 m	7,14	2,90	6,84	3,70	4,44	0,70			
<b>Nanofitoplancton</b>									
2,5 m	27,61	9,88	30,31	14,14	2,90	0,25			
12,5 m	8,40	3,99	6,12	2,35	2,07	0,35			
17,5 m	8,88	6,82	4,24	1,81	2,54	0,49			
35 m	7,70	2,41	2,68	2,00	2,20	0,39			
<b>Picofitoplancton</b>									
2,5 m	2,22	1,02	2,56	0,44	2,55	0,06			
12,5 m	3,61	1,04	1,92	0,28	1,78	0,23			
17,5 m	2,04	0,73	1,43	0,12	1,72	0,11			
35 m	3,77	0,86	0,77	0,14	1,02	0,20			

La concentración de glucosa por cada clase de talla y profundidad estuvo ausente en algunos muestreos, es así como en el caso del crucero uno, para las clases de talla del nano y picofitoplancton y en el crucero cinco, para el micro y nanofitoplancton, no se detectaron valores. Esta no detección de valores, que fue observada a lo largo de todo el estudio, no necesariamente implica la ausencia de estos componentes ya que los resultados pudieron ser debidos al nivel de detección de las técnicas empleadas. En estos cruceros se observó una tendencia a continuos aumentos en la concentración a los 12,5 m y 35 m de profundidad, es así como en el crucero cinco se obtuvieron mayores concentraciones a los 35 m. En el crucero dos se presentaron las tres clases de talla siendo el picofitoplancton la que aportó mayor concentración, siguiendo con el micro y nanofitoplancton en el mismo orden de aporte. El integrado de la concentración promedio diaria de glucosa de la comunidad fitoplanctónica mostró que los cruceros uno y cinco presentaron los valores más bajos y su comportamiento fue similar. Por el contrario el crucero dos exhibió un patrón inverso al anteriormente mencionado (Tabla 12; Figura 22).

Tabla 12. **a.** Datos brutos de la concentración de carbohidratos expresados en glucosa ( $\mu\text{g}$  glucosa/l) por profundidad en las clases de talla trabajadas en el ciclo diario de muestreo para el Golfo de Salamanca durante la época lluviosa; **b.** Valor promedio y error estándar ( $Es_{(xp)}$ ) integrando los valores de los tres ciclos diarios en cada clase de talla y profundidad.

a.	Crucero 1			Crucero 2			Crucero 5		
	Amanecer	Mañana	Atardecer	Amanecer	Mañana	Atardecer	Amanecer	Mañana	Atardecer
	$\mu\text{g}$ glucosa/l								
<b>Microfitoplancton</b>									
2,5 m	456,44	230,87	40,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12,5 m	449,39	227,35	294,31	143,46	517,07	136,41	0,00	0,00	0,00
17,5 m	0,00	75,79	0,00	0,00	136,41	235,10	0,00	0,00	0,00
35 m	72,26	213,25	118,08	48,30	43,36	402,16	0,00	0,00	0,00
<b>Nanofitoplancton</b>									
2,5 m	0,00	0,00	0,00	147,69	92,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12,5 m	0,00	0,00	0,00	7,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
17,5 m	0,00	0,00	0,00	0,00	108,92	0,00	3,89	0,00	0,00
35 m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Picofitoplancton</b>									
2,5 m	0,00	0,00	0,00	200,56	553,72	150,51	17,99	373,97	0,00
12,5 m	0,00	0,00	0,00	272,46	44,07	72,97	0,00	430,36	0,00
17,5 m	0,00	0,00	0,00	629,15	259,07	435,30	162,49	0,00	0,00
35 m	0,00	0,00	0,00	697,53	63,10	560,77	571,34	107,51	0,00
<b>b.</b>	Crucero 1		Crucero 2		Crucero 5				
	Promedio	$Es_{(xp)}$	Promedio	$Es_{(xp)}$	Promedio	$Es_{(xp)}$			
<b>Microfitoplancton</b>									
2,5 m	242,62	120,20	0,00	0,00	0,00	0,00			
12,5 m	323,68	65,76	265,65	125,73	0,00	0,00			
17,5 m	25,26	25,26	123,84	68,16	0,00	0,00			
35 m	134,53	41,52	164,61	118,79	0,00	0,00			
<b>Nanofitoplancton</b>									
2,5 m	0,00	0,00	79,90	43,06	0,00	0,00			
12,5 m	0,00	0,00	2,47	2,47	0,00	0,00			
17,5 m	0,00	0,00	36,31	36,31	1,30	1,30			
35 m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
<b>Picofitoplancton</b>									
2,5 m	0,00	0,00	301,60	126,89	130,65	121,77			
12,5 m	0,00	0,00	129,83	71,80	143,45	143,45			
17,5 m	0,00	0,00	441,17	106,87	54,16	54,16			
35 m	0,00	0,00	440,47	192,77	226,28	175,30			

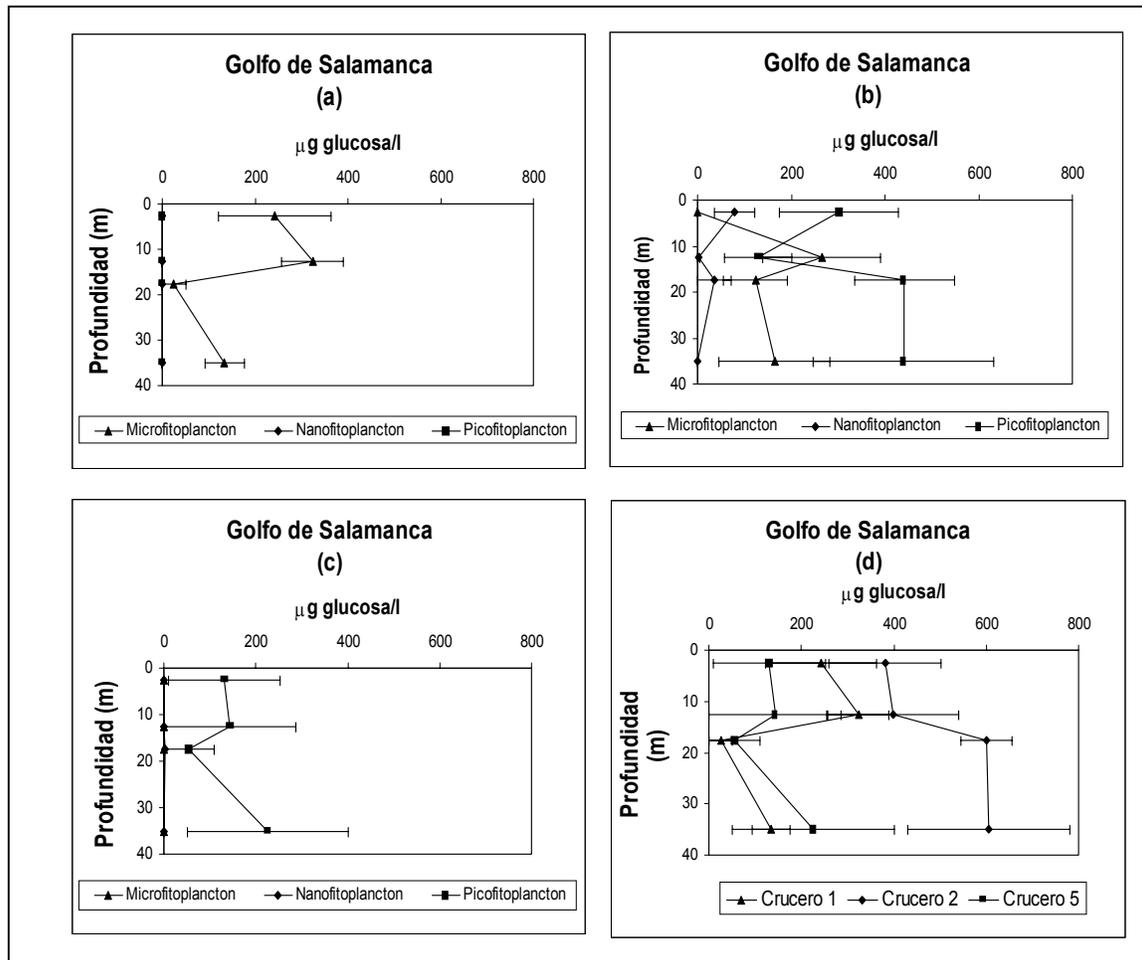


Figura 22. Comportamiento del valor promedio diario de glucosa por profundidad y clase de talla para los cruceros efectuados en el Golfo de Salamanca durante la época lluviosa. (a) crucero 1, (b) crucero 2, (c) crucero 5; (d) valor en cada crucero de la concentración promedio diaria de glucosa en la comunidad fitoplanctónica teniendo en cuenta la profundidad. (□□, error estándar).

Las proteínas se encontraron en las tres clases de talla trabajadas intercalándose como las de mayor aporte las correspondientes al micro y picofitoplancton. El valor promedio diario en cada clase de talla por profundidad ubicaron para el crucero dos al picofitoplancton y en el crucero cinco al microfitoplancton como las de mayor aporte en las concentraciones de este componente. Durante el crucero uno las concentraciones resultaron similares, comparativamente bajas y con poco rango de variación entre ellas. El integrado de la concentración promedio diaria de la comunidad fitoplanctónica dejó al

crucero cinco como el de los mayores valores de este componente, seguido del crucero uno (Tabla 13; Figura 23).

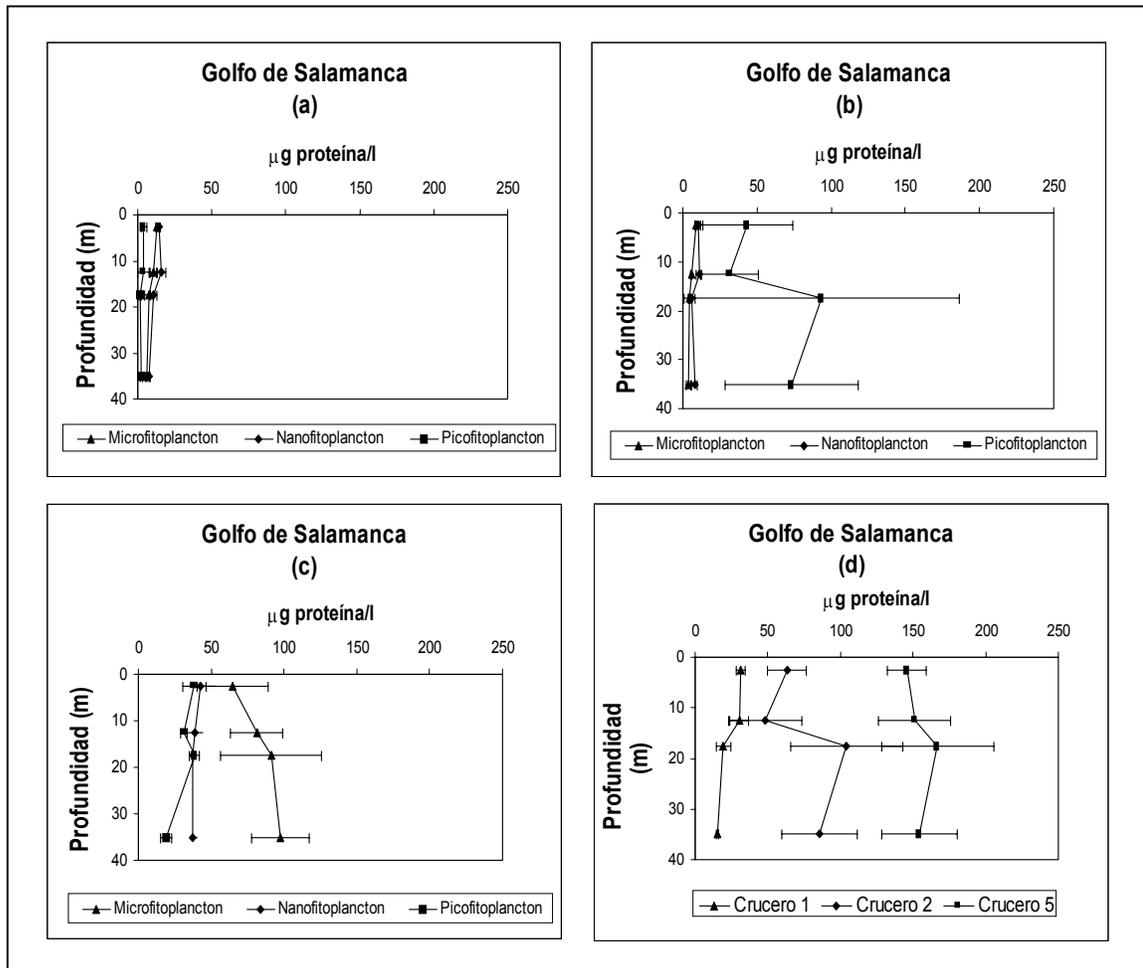


Figura 23. Comportamiento del valor promedio diario de proteína por profundidad y clase de talla para los cruceros efectuados en el Golfo de Salamanca durante la época lluviosa. (a) crucero 1, (b) crucero 2, (c) crucero 5; (d) valor en cada crucero de la concentración promedio diaria de proteína en la comunidad fitoplanctónica teniendo en cuenta la profundidad. (□□, error estándar).

Tabla 13. **a.** Datos brutos de la concentración de proteínas ( $\mu\text{g}$  proteína/l) por profundidad en las clases de talla trabajadas en el ciclo diario de muestreo para el Golfo de Salamanca durante la época lluviosa; **b.** Valor promedio y error estándar ( $Es_{(xp)}$ ) integrando los valores de los tres ciclos diarios en cada clase de talla y profundidad.

a.	Crucero 1			Crucero 2			Crucero 5		
	Amanecer $\mu\text{g}$ proteína/l	Mañana $\mu\text{g}$ proteína/l	Atardecer $\mu\text{g}$ proteína/l	Amanecer $\mu\text{g}$ proteína/l	Mañana $\mu\text{g}$ proteína/l	Atardecer $\mu\text{g}$ proteína/l	Amanecer $\mu\text{g}$ proteína/l	Mañana $\mu\text{g}$ proteína/l	Atardecer $\mu\text{g}$ proteína/l
<b>Microfitoplancton</b>									
2,5 m	11,53	14,81	12,84	8,24	10,87	8,46	83,33	94,49	16,12
12,5 m	7,37	9,56	15,03	6,49	5,18	5,84	79,39	51,37	113,54
17,5 m	3,87	5,18	13,28	3,21	4,52	5,62	31,23	91,65	150,75
35 m	5,40	5,84	5,84	6,93	2,77	1,90	64,28	96,68	132,36
<b>Nanofitoplancton</b>									
2,5 m	13,06	15,25	14,37	16,56	8,90	6,93	42,83	26,41	59,25
12,5 m	10,87	21,60	15,03	13,50	8,03	11,09	32,32	33,64	49,84
17,5 m	7,15	9,34	14,81	1,46	10,43	6,06	36,04	34,29	40,64
35 m	8,68	7,15	7,59	6,71	11,53	5,84	34,51	35,17	43,49
<b>Picofitoplancton</b>									
2,5 m	4,09	6,93	0,80	103,25	26,41	0,00	44,36	22,25	48,52
12,5 m	0,58	0,00	10,87	66,69	27,73	0,00	32,76	26,63	34,07
17,5 m	3,21	0,00	1,24	279,46	1,90	0,00	31,67	43,71	40,64
35 m	1,46	1,24	3,65	154,69	65,82	0,00	13,94	17,00	25,98
<b>b.</b>	Crucero 1		Crucero 2		Crucero 5				
	Promedio	$Es_{(xp)}$	Promedio	$Es_{(xp)}$	Promedio	$Es_{(xp)}$			
<b>Microfitoplancton</b>									
2,5 m	13,06	0,95	9,19	0,84	64,65	24,47			
12,5 m	10,65	2,28	5,84	0,38	81,43	17,98			
17,5 m	7,44	2,94	4,45	0,70	91,21	34,50			
35 m	5,69	0,15	3,87	1,55	97,78	19,66			
<b>Nanofitoplancton</b>									
2,5 m	14,23	0,64	10,80	2,94	42,83	9,48			
12,5 m	15,83	3,12	10,87	1,58	38,60	5,63			
17,5 m	10,43	2,28	5,98	2,59	36,99	1,89			
35 m	7,81	0,46	8,03	1,77	37,72	2,89			
<b>Picofitoplancton</b>									
2,5 m	3,94	1,77	43,22	30,97	38,38	8,15			
12,5 m	3,82	3,53	31,47	19,34	31,16	2,29			
17,5 m	1,48	0,93	93,79	92,84	38,67	3,61			
35 m	2,11	0,77	73,50	44,82	18,97	3,61			

En general la descripción del comportamiento de la glucosa y de las proteínas con la profundidad se dificultó ya que no se encontró una tendencia muy definida. Esto quizás fue respuesta de la alta variabilidad diurna que tienen los carbohidratos y los aminoácidos, principales constituyentes de las proteínas, en función de los procesos biológicos llevados a cabo en la columna de agua la cual puede estar en el orden de 2 a 3 horas (Williams En: Riley and Skirrow 1975; Romankevich 1984; Thurman *et al.* 1985; Jones *et al.* 1990). Gómez *et al.* (1997) concluyeron que la alta dinámica de los monosacáridos, como la glucosa, depende principalmente de los procesos biológicos como son la producción y el consumo y del efecto que la temperatura ejerce en el metabolismo.

Los resultados del análisis de correlación momento-producto de Pearson entre los tres componentes bioquímicos se presentan en la Tabla 14. De esta tabla se desprende para el microfitoplancton la ausencia de correlación entre la Chl **a** y los componentes bioquímicos glucosa y proteínas, lo que puede indicar que el aporte de estos fue debido principalmente a material no fotosintético principalmente microdetritos; estos últimos quizás den respuesta a la correlación negativa que se observó entre la glucosa y las proteínas.

Para el nanofitoplancton la Chl **a** y la glucosa presentaron relación positiva; según Dhople y Bhusle (1987) y Linfeng *et al.* (1988) esta relación es explicada por la liberación del carbohidrato durante la acción de pastoreo que ejerce el zooplancton sobre la comunidad fitoplanctónica y posiblemente indica la dominancia del nanofitoplancton sobre el nanodetritus, aunque debe recordarse que esta clase de talla estuvo ausente en algunos cruceros individuales. Por su parte el picofitoplancton presentó correlación entre estos tres componentes siendo negativa en el caso de la Chl **a**-glucosa y Chl **a**-proteínas

indicando que una alta biomasa picofitoplanctónica aportó escasas concentraciones de glucosa y proteínas, o que la cantidad de material no fotosintético de origen picodetrítico en la columna de agua, en comparación con el material fotosintético, fue relativamente alta y que a la vez este sea la principal fuente de glucosa y proteínas por lo que estos componentes entre sí guardaron una correlación positiva.

Tabla 14. Resultados de la correlación momento-producto de Pearson entre los componentes bioquímicos trabajados teniendo en cuenta los valores respectivos de las mismas clases de talla para toda la columna de agua durante los cruceros realizados en el GdS en la época lluviosa. **r** (coeficiente de correlación), **v-p** (valor p), número de pares de datos 12. (\* denota correlación significativa al 95% de confianza).

<b>Clase de talla</b>	<b>Componentes</b>	<b>r</b>	<b>v-p</b>
<b>Microfitoplancton</b>	<b>Chl a - glucosa</b>	0,931	0,773
<b>Microfitoplancton</b>	<b>Chl a - proteínas</b>	- 0,306	0,331
<b>Microfitoplancton</b>	<b>Glucosa - proteínas</b>	-0,628 *	0,028 *
<b>Nanofitoplancton</b>	<b>Chl a - glucosa</b>	0,589 *	0,043 *
<b>Nanofitoplancton</b>	<b>Chl a - proteínas</b>	- 0,398	0,199
<b>Nanofitoplancton</b>	<b>Glucosa - proteínas</b>	- 0,324	0,303
<b>Picofitoplancton</b>	<b>Chl a - glucosa</b>	-0,633 *	0,027 *
<b>Picofitoplancton</b>	<b>Chl a - proteínas</b>	-0,582 *	0,046 *
<b>Picofitoplancton</b>	<b>Glucosa - proteínas</b>	0,902 *	0,00006 *

Se hizo evidente que cada una de estas clases de talla en las que se dividió el fitoplancton estuvieron constituidas por una combinación de partículas detríticas y plancton vivo o muerto, este último sustrato preferencial de las bacterias, que hacen difícil disociar cada componente en términos de biomasa; a pesar de esto y para efectos de la discusión se continuó llamando a estas con la nomenclatura ya establecida. La integración de las clases de talla en un valor promedio diario por componente teniendo en cuenta la profundidad (Tabla 15) se empleó para realizar correlaciones momento-producto de Pearson entre estos y los parámetros fisicoquímicos para tratar de entender el efecto de estos sobre la composición bioquímica de la materia orgánica particulada (Tabla 16).

Tabla 15. Concentración de **a.** clorofila **a** ( $\mu\text{g Chl a/l}$ ), **b.** glucosa ( $\mu\text{g glucosa/l}$ ) y **c.** proteínas ( $\mu\text{g proteína/l}$ ) integrando los valores de las clases de talla en cada profundidad en los ciclos diarios de muestreo realizados en el Golfo de Salamanca durante la época lluviosa.

a.	Crucero 1			Crucero 2			Crucero 5		
	Amanecer	Mañana	Atardecer	Amanecer	Mañana	Atardecer	Amanecer	Mañana	Atardecer
	Chl a ( $\mu\text{g/l}$ )								
<b>Profundidad</b>									
<b>2,5 m</b>	68,25	69,14	135,83	94,08	107,27	87,23	10,44	11,50	10,52
<b>12,5 m</b>	22,61	22,47	12,64	25,78	12,33	18,00	8,65	8,70	10,67
<b>17,5 m</b>	10,40	10,76	31,30	10,95	13,23	12,56	9,35	13,81	9,43
<b>35 m</b>	10,29	17,95	27,63	21,89	3,21	5,79	8,95	5,20	8,87

b.	Crucero 1			Crucero 2			Crucero 5		
	Amanecer	Mañana	Atardecer	Amanecer	Mañana	Atardecer	Amanecer	Mañana	Atardecer
	$\mu\text{g glucosa/l}$								
<b>Profundidad</b>									
<b>2,5 m</b>	456,44	230,87	40,54	348,25	645,72	150,51	17,99	373,97	0,00
<b>12,5 m</b>	449,39	227,35	294,31	423,33	561,13	209,38	0,00	430,36	0,00
<b>17,5 m</b>	0,00	75,79	0,00	629,15	504,40	670,40	166,38	0,00	0,00
<b>35 m</b>	72,26	213,25	118,08	745,82	106,46	962,94	571,34	107,51	0,00

c.	Crucero 1			Crucero 2			Crucero 5		
	Amanecer	Mañana	Atardecer	Amanecer	Mañana	Atardecer	Amanecer	Mañana	Atardecer
	$\mu\text{g proteína/l}$								
<b>Profundidad</b>									
<b>2,5 m</b>	28,67	36,99	28,02	128,05	46,19	15,39	170,52	143,16	123,90
<b>12,5 m</b>	18,82	31,15	40,93	86,68	40,93	16,93	144,47	111,64	197,45
<b>17,5 m</b>	14,23	14,52	29,33	284,13	16,85	11,67	98,94	169,65	232,03
<b>35 m</b>	15,54	14,23	17,07	168,33	80,11	7,73	112,73	148,85	201,82

Tabla 16. Resultados de la correlación momento-producto de Pearson entre los componentes bioquímicos trabajados y los parámetros fisicoquímicos para toda la columna de agua durante los cruceros realizados en el Golfo de Salamanca en la época lluviosa. **r** (coeficiente de correlación), **v-p** (valor p), **N** (número de pares de datos). (\* denota correlación significativa al 95% de confianza).

<b>Componentes</b>	<b>r</b>	<b>v-p</b>	<b>N</b>
<b>Chl a - temperatura</b>	0,216	0,233	32
<b>Chl a - pH</b>	0,089	0,627	32
<b>Chl a - salinidad</b>	-0,741 *	0,000001 *	32 *
<b>Chl a - % saturación O.D</b>	0,618 *	0,000162 *	32 *
<b>Chl a - seston total</b>	0,010	0,955	32
<b>Chl a - densidad</b>	-0,736 *	0,000002 *	32 *
<b>Glucosa - temperatura</b>	0,015	0,937	30
<b>Glucosa - pH</b>	0,160	0,396	30
<b>Glucosa - salinidad</b>	- 0,143	0,447	30
<b>Glucosa - % saturación O.D</b>	-0,388 *	0,033 *	30 *
<b>Glucosa - seston total</b>	-0,546 *	0,001 *	30 *
<b>Glucosa - densidad</b>	- 0,131	0,490	30
<b>Proteínas - temperatura</b>	0,224	0,216	32
<b>Proteínas - pH</b>	0,324	0,070	32
<b>Proteínas - salinidad</b>	0,125	0,494	32
<b>Proteínas - % saturación O.D</b>	0,220	0,226	32
<b>Proteínas - seston total</b>	0,128	0,482	32
<b>Proteínas - densidad</b>	0,107	0,559	32

Se observó una correlación directa de la Chl a con el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto lo que pudo ser respuesta de la actividad fotosintética del fitoplancton, pero se hace notoria la relación inversa entre la Chl a con la salinidad y la densidad. En este ambiente la mezcla constante de aguas marinas y de origen continental crea condiciones fisicoquímicas propias haciendo que especies fitoplanctónicas que sean acarreadas hacia estas aguas se vean sometidas a condiciones ecológicas extremas debido al permanente cambio osmótico, resultando en que estas no puedan fotosintetizar de una manera óptima (Lara y Alvarez 1975), este puede ser el caso observado para la salinidad y la densidad. Cabe recordar que se obtuvieron valores de salinidad un poco altos comparativamente para dicha época a pesar de la alta influencia de aguas continentales, posiblemente

consecuencia de las aguas frías y de alta salinidad del sector central del Golfo que penetran constantemente a manera de cuña oceánica hasta zonas meridionales del mismo (García 1999), y que los valores de densidad, que definen la estabilidad, reflejaron estratificación en la columna de agua en donde dicha heterogeneidad crea microambientes en estratos accesibles solo a ciertas especies.

En el caso de la glucosa se determinó una relación negativa entre ésta con el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto y el seston. Benner *et al.* (1992) encontraron una relación inversa entre estos mismos factores explicándola por el consumo que sufren estos durante la degradación de la materia orgánica utilizable, la cual puede representar hasta el 50% de los carbohidratos. En cuanto al seston parece evidenciarse que la cantidad de este no influyó considerablemente en el aporte de glucosa, de esta manera debió ser aportada por otras fuentes como el fitoplancton o el zooplancton tomando fuerza la anterior discusión sobre la correlación entre la Chl *a* y la glucosa.

Para el componente bioquímico proteico no fue observado ningún tipo de correlación. Es importante resaltar que el aporte de proteínas y carbohidratos no solamente viene dado por el material detrítico que entra al sistema. Otra fuente de estos proviene del exudado de corales, pastos marinos y algas las cuales pueden aumentar los niveles de estos componentes particulados en el ecosistema. Tratándose de un ambiente en donde por sus características oceanográficas no se establecen ecosistemas de este tipo, el aporte proteico viene dado solamente mediante la entrada de aguas continentales por lo que su presencia es altamente variable y posiblemente determinante en la no correlación observada para este caso.

### 3.2.1.2. Parque Tayrona

Estos cruceros se siguieron caracterizando por presentar sus picos o mayores concentraciones comparativamente a lo largo de las profundidades muestreadas teniendo en cuenta tanto las clases de talla como los ciclos diarios de muestreo. La Chl **a** en general mostró sus más altas concentraciones en las primeras profundidades de la columna de agua; sin embargo, además del microfitoplancton el nanofitoplancton tomó importancia en el aporte de altas concentraciones en especial durante el crucero tres, incluso con altos valores a los 35 m de profundidad. Esta aparente dominancia del nanofitoplancton en el crucero tres es propia de áreas con bajos y estables niveles de nutrientes (Morris 1980; Varela 1987), aunque en este caso particular no se convierte en una afirmación concluyente ya que la ocurrencia en un crucero individual no permite generalizar sobre un comportamiento para todo un ambiente. Según Takahashi y Bienfang (1983) y Glover *et al.* (1985) para aguas de condiciones oceánicas el fitoplancton menor en tamaño a 3  $\mu\text{m}$  y 20  $\mu\text{m}$  comprenden la mayoría de la Chl **a** con un contenido de hasta el 98% del standing-stock de este pigmento fotosintético. En los demás cruceros el microfitoplancton continuó siendo la clase de talla de mayor contribución en la cantidad de Chl **a**, con una tendencia al descenso con la profundidad. En el crucero cuatro se obtuvieron las menores concentraciones con un aporte del microfitoplancton bajo y una distribución de las concentraciones homogénea en la columna de agua. El integrado de la concentración promedio diaria de Chl **a** de la comunidad fitoplanctónica mostró que en el crucero tres se presentaron los mayores valores (Tabla 17, Figura 24).

Tabla 17. **a.** Datos brutos de la concentración de clorofila **a** ( $\mu\text{g Chl a/l}$ ) por profundidad en las clases de talla trabajadas en el ciclo diario de muestreo para el Parque Tayrona durante la época lluviosa; **b.** Valor promedio y error estándar ( $Es_{(xp)}$ ) integrando los valores de los tres ciclos diarios en cada clase de talla y profundidad.

<b>a.</b>	<b>Crucero 3</b>			<b>Crucero 4</b>			<b>Crucero 6</b>		
	<b>Amanecer</b> <b>Chl a (<math>\mu\text{g/l}</math>)</b>	<b>Mañana</b> <b>Chl a (<math>\mu\text{g/l}</math>)</b>	<b>Atardecer</b> <b>Chl a (<math>\mu\text{g/l}</math>)</b>	<b>Amanecer</b> <b>Chl a (<math>\mu\text{g/l}</math>)</b>	<b>Mañana</b> <b>Chl a (<math>\mu\text{g/l}</math>)</b>	<b>Atardecer</b> <b>Chl a (<math>\mu\text{g/l}</math>)</b>	<b>Amanecer</b> <b>Chl a (<math>\mu\text{g/l}</math>)</b>	<b>Mañana</b> <b>Chl a (<math>\mu\text{g/l}</math>)</b>	<b>Atardecer</b> <b>Chl a (<math>\mu\text{g/l}</math>)</b>
<b>Microfitoplancton</b>									
<b>2,5 m</b>	38,03	46,39	18,82	4,87	8,41	6,48	16,58	28,13	13,12
<b>12,5 m</b>	42,45	12,14	3,79	3,21	7,65	8,62	15,09	21,92	12,70
<b>17,5 m</b>	25,98	8,75	5,64	3,36	7,56	7,45	15,28	18,16	23,80
<b>35 m</b>	8,90	3,09	28,41	7,98	5,15	8,94	8,56	4,88	2,97
<b>Nanofitoplancton</b>									
<b>2,5 m</b>	11,76	55,50	43,94	2,26	1,59	2,76	2,30	3,74	2,07
<b>12,5 m</b>	21,83	6,34	3,13	1,53	3,06	2,15	1,84	0,95	2,07
<b>17,5 m</b>	27,65	3,65	2,98	1,85	2,75	2,83	3,89	3,41	3,73
<b>35 m</b>	3,42	1,64	54,46	1,21	2,43	1,46	1,26	1,03	0,65
<b>Picofitoplancton</b>									
<b>2,5 m</b>	2,03	3,79	4,75	3,81	2,21	5,11	2,21	2,04	1,94
<b>12,5 m</b>	2,07	2,90	1,68	2,90	2,98	3,46	2,88	1,80	3,11
<b>17,5 m</b>	3,65	1,60	1,81	3,26	2,76	4,53	3,54	3,28	3,94
<b>35 m</b>	1,66	1,36	4,23	1,74	2,12	1,78	1,05	0,73	0,61
<b>b.</b>	<b>Crucero 3</b>		<b>Crucero 4</b>		<b>Crucero 6</b>				
	<b>Promedio</b>	<b>Es(xp)</b>	<b>Promedio</b>	<b>Es(xp)</b>	<b>Promedio</b>	<b>Es(xp)</b>			
<b>Microfitoplancton</b>									
<b>2,5 m</b>	34,41	8,16	6,58	1,02	19,28	4,54			
<b>12,5 m</b>	19,46	11,74	6,49	1,66	16,57	2,76			
<b>17,5 m</b>	13,46	6,32	6,13	1,38	19,08	2,50			
<b>35 m</b>	13,47	7,65	7,36	1,13	5,47	1,64			
<b>Nanofitoplancton</b>									
<b>2,5 m</b>	37,07	13,08	2,21	0,33	2,71	0,52			
<b>12,5 m</b>	10,43	5,77	2,25	0,44	1,62	0,34			
<b>17,5 m</b>	11,43	8,11	2,47	0,31	3,68	0,14			
<b>35 m</b>	19,84	17,31	1,70	0,37	0,98	0,17			
<b>Picofitoplancton</b>									
<b>2,5 m</b>	3,53	0,79	3,71	0,83	2,06	0,07			
<b>12,5 m</b>	2,21	0,36	3,11	0,17	2,60	0,40			
<b>17,5 m</b>	2,36	0,65	3,52	0,52	3,59	0,19			
<b>35 m</b>	2,41	0,91	1,88	0,12	0,80	0,13			

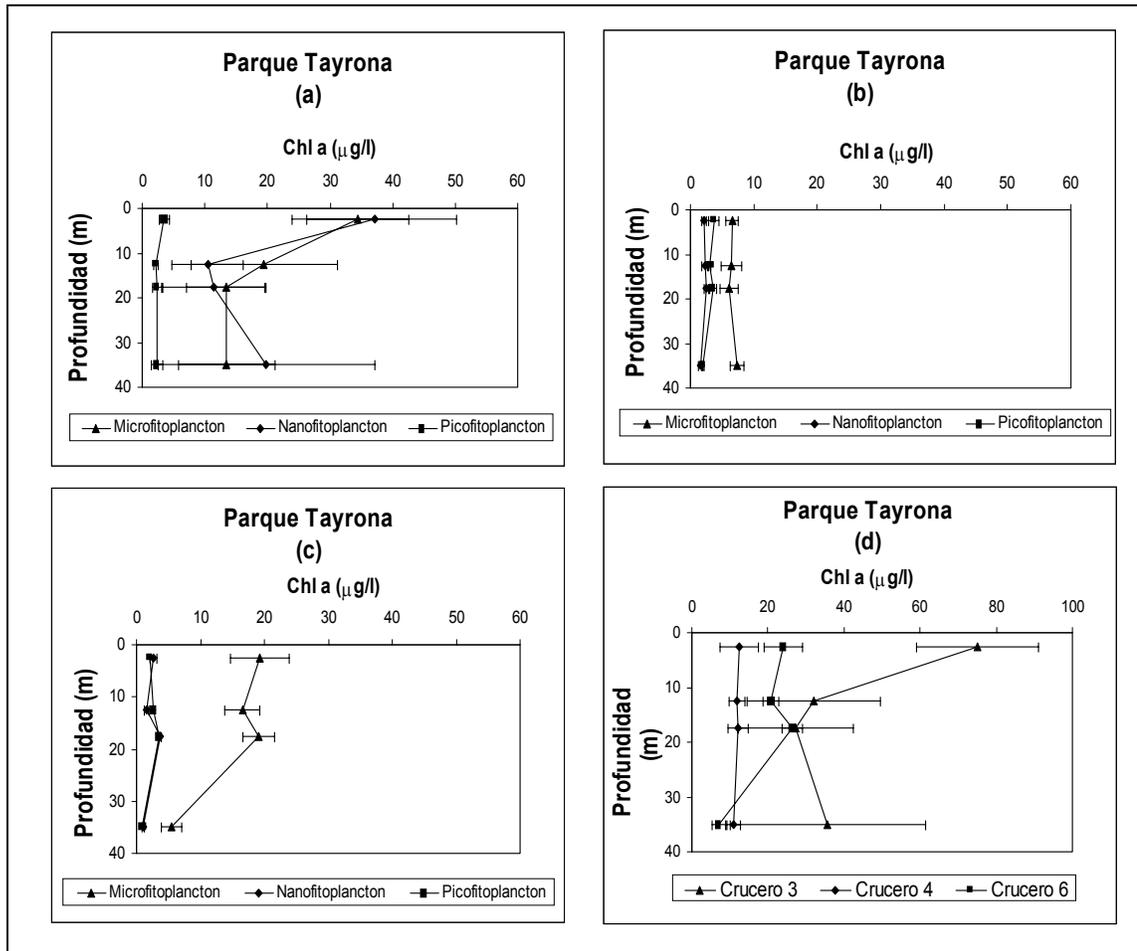


Figura 24. Comportamiento del valor promedio diario de clorofila **a** por profundidad y clase de talla para los cruceros efectuados en el Parque Tayrona durante la época lluviosa. **(a)** crucero 3, **(b)** crucero 4, **(c)** crucero 6; **(d)** valor en cada crucero de la concentración promedio diaria de Chl **a** en la comunidad fitoplanctónica teniendo en cuenta la profundidad. ( $\square$ , error estándar).

Nuevamente no fueron detectados valores de concentración en ciertas clases de talla y/o profundidades para la glucosa, pero también se presentó este comportamiento en el componente proteico. La alta variabilidad diurna de los carbohidratos fue evidente durante los ciclos diarios de cada muestreo. Sus mayores concentraciones se distribuyeron a lo largo de las cuatro profundidades muestreadas siendo el microfitoplancton el de mayor aporte en los cruceros tres y seis y el picofitoplancton en el

crucero cuatro (Tabla 18; Figura 25). Este último caso también ocurrió en el componente proteico, en donde además se evidenció una distribución homogénea en la columna de agua de las concentraciones promedio de proteína sin definir claramente la clase de talla que aportó mayores valores (Tabla 19; Figura 26). Los integrados de la concentración promedio diaria de estos componentes en la comunidad fitoplanctónica indicaron para la glucosa los mayores valores en los cruceros cuatro y seis, mientras que para las proteínas estos valores correspondieron al crucero cuatro.

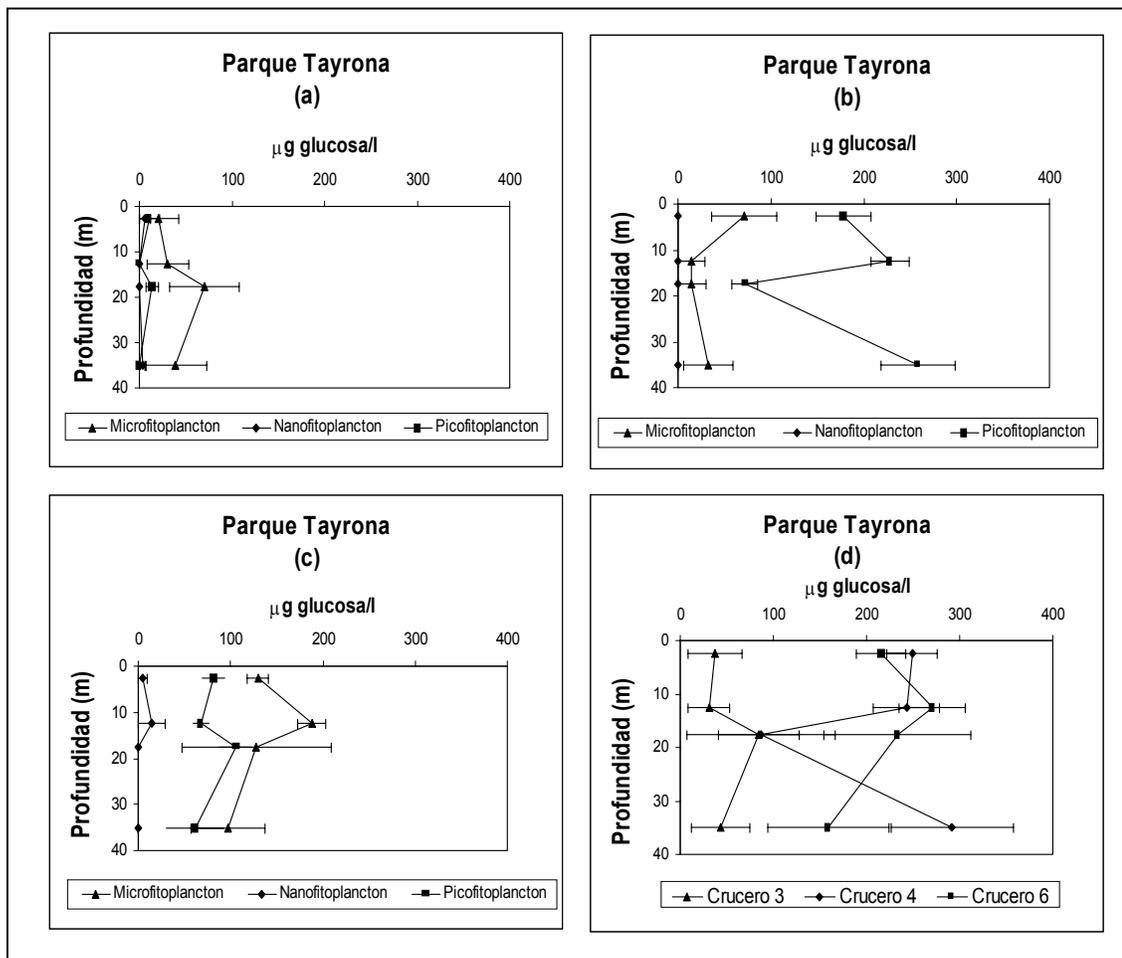


Figura 25 Comportamiento del valor promedio diario de glucosa por profundidad y clase de talla durante los cruceros efectuados en el Parque Tayrona durante la época lluviosa. **(a)** crucero 3, **(b)** crucero 4, **(c)** crucero 6; **(d)** valor en cada crucero de la concentración promedio diario de glucosa en la comunidad fitoplanctónica teniendo en cuenta la profundidad. ( $\square$ , error estándar).

Tabla 18. **a.** Datos brutos de la concentración de carbohidratos expresados en glucosa ( $\mu\text{g}$  glucosa/l) por profundidad en las clases de talla trabajadas en el ciclo diario de muestreo para el Parque Tayrona durante la época lluviosa; **b.** Valor promedio y error estándar ( $E_{s(xp)}$ ) integrando los valores de los tres ciclos diarios en cada clase de talla y profundidad.

a.	Crucero 3			Crucero 4			Crucero 6		
	Amanecer $\mu\text{g}$ glucosa/l	Mañana $\mu\text{g}$ glucosa/l	Atardecer $\mu\text{g}$ glucosa/l	Amanecer $\mu\text{g}$ glucosa/l	Mañana $\mu\text{g}$ glucosa/l	Atardecer $\mu\text{g}$ glucosa/l	Amanecer $\mu\text{g}$ glucosa/l	Mañana $\mu\text{g}$ glucosa/l	Atardecer $\mu\text{g}$ glucosa/l
<b>Microfitoplancton</b>									
2,5 m	63,10	0,00	0,00	47,59	140,64	25,03	106,10	145,58	137,12
12,5 m	75,79	9,53	7,41	0,00	43,36	0,00	193,51	159,67	210,43
17,5 m	127,95	0,00	82,84	44,77	0,00	0,00	107,51	0,00	276,69
35 m	105,39	12,35	0,00	13,76	0,00	85,66	33,49	87,77	170,95
<b>Nanofitoplancton</b>									
2,5 m	0,00	0,00	17,28	0,00	0,00	0,00	0,00	14,46	0,00
12,5 m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,36	0,00	0,00	0,00	43,36
17,5 m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
35 m	0,00	0,00	10,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Picofitoplancton</b>									
2,5 m	32,08	0,00	0,00	183,64	123,72	225,94	68,03	105,39	71,56
12,5 m	0,00	0,00	0,00	268,23	218,89	197,74	71,56	52,53	81,43
17,5 m	17,99	0,00	23,62	74,38	46,18	95,53	139,94	89,89	86,36
35 m	0,00	0,00	0,00	338,72	211,84	225,94	0,00	102,58	82,13
<b>b.</b>	Crucero 3		Crucero 4		Crucero 6				
	Promedio	$E_{s(xp)}$	Promedio	$E_{s(xp)}$	Promedio	$E_{s(xp)}$			
<b>Microfitoplancton</b>									
2,5 m	21,03	21,03	71,09	35,38	129,60	12,00			
12,5 m	30,91	22,45	14,45	14,45	187,87	14,92			
17,5 m	70,26	37,47	14,92	14,92	128,07	80,53			
35 m	39,25	33,27	33,14	26,56	97,41	39,97			
<b>Nanofitoplancton</b>									
2,5 m	5,76	5,76	0,00	0,00	4,82	4,82			
12,5 m	0,00	0,00	0,12	0,12	14,45	14,45			
17,5 m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
35 m	3,65	3,65	0,00	0,00	0,00	0,00			
<b>Picofitoplancton</b>									
2,5 m	10,69	10,69	177,77	29,65	81,66	11,91			
12,5 m	0,00	0,00	228,29	20,88	68,50	8,48			
17,5 m	13,87	7,12	72,03	14,29	105,39	17,30			
35 m	0,00	0,00	258,83	40,15	61,57	31,35			

Tabla 19. **a.** Datos brutos de la concentración de proteínas ( $\mu\text{g}$  proteína/l) por profundidad en las clases de talla trabajadas en el ciclo diario de muestreo para el Parque Tayrona durante la época lluviosa; **b.** Valor promedio y error estándar ( $E_{s(xp)}$ ) integrando los valores de los tres ciclos diarios en cada clase de talla y profundidad.

a.	Crucero 3			Crucero 4			Crucero 6		
	Amanecer $\mu\text{g}$ proteína/l	Mañana $\mu\text{g}$ proteína/l	Atardecer $\mu\text{g}$ proteína/l	Amanecer $\mu\text{g}$ proteína/l	Mañana $\mu\text{g}$ proteína/l	Atardecer $\mu\text{g}$ proteína/l	Amanecer $\mu\text{g}$ proteína/l	Mañana $\mu\text{g}$ proteína/l	Atardecer $\mu\text{g}$ proteína/l
<b>Microfitoplancton</b>									
2,5 m	7,59	12,62	13,06	2,11	2,77	5,40	4,30	5,18	4,09
12,5 m	14,81	6,27	8,03	2,33	1,68	3,87	1,68	1,46	0,00
17,5 m	8,68	6,71	10,21	2,33	1,46	2,55	0,00	0,36	0,58
35 m	6,71	6,06	11,09	2,77	2,55	4,09	2,11	3,43	0,00
<b>Nanofitoplancton</b>									
2,5 m	3,65	12,84	11,97	5,62	2,99	8,46	4,74	0,00	10,43
12,5 m	9,56	4,96	2,11	2,33	3,87	5,18	0,00	1,46	6,49
17,5 m	4,96	5,84	7,15	4,52	2,99	2,77	0,00	1,24	3,43
35 m	3,87	5,18	8,68	2,33	2,77	3,87	0,00	1,02	0,58
<b>Picofitoplancton</b>									
2,5 m	0,00	15,03	0,00	3,43	0,00	130,39	0,00	0,00	0,00
12,5 m	0,00	0,00	0,00	0,00	60,34	40,64	0,00	0,00	0,00
17,5 m	0,00	6,27	0,00	0,00	165,42	86,61	0,00	0,00	0,00
35 m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	47,21	0,00	0,00	50,27
<b>b.</b>	Crucero 3		Crucero 4		Crucero 6				
	Promedio	$E_{s(xp)}$	Promedio	$E_{s(xp)}$	Promedio	$E_{s(xp)}$			
<b>Microfitoplancton</b>									
2,5 m	11,09	1,76	3,43	1,00	4,52	0,33			
12,5 m	9,70	2,60	2,63	0,65	1,05	0,53			
17,5 m	8,54	1,01	2,11	0,33	0,32	0,17			
35 m	7,95	1,58	3,14	0,48	1,85	1,00			
<b>Nanofitoplancton</b>									
2,5 m	9,48	2,93	5,69	1,58	5,06	3,02			
12,5 m	5,54	2,17	3,79	0,82	2,65	1,97			
17,5 m	5,98	0,64	3,43	0,55	1,56	1,00			
35 m	5,91	1,44	2,99	0,46	0,53	0,30			
<b>Picofitoplancton</b>									
2,5 m	5,01	5,01	44,61	42,90	0,00	0,00			
12,5 m	0,00	0,00	33,66	17,77	0,00	0,00			
17,5 m	2,09	2,09	84,01	47,77	0,00	0,00			
35 m	0,00	0,00	15,74	15,74	16,76	16,76			

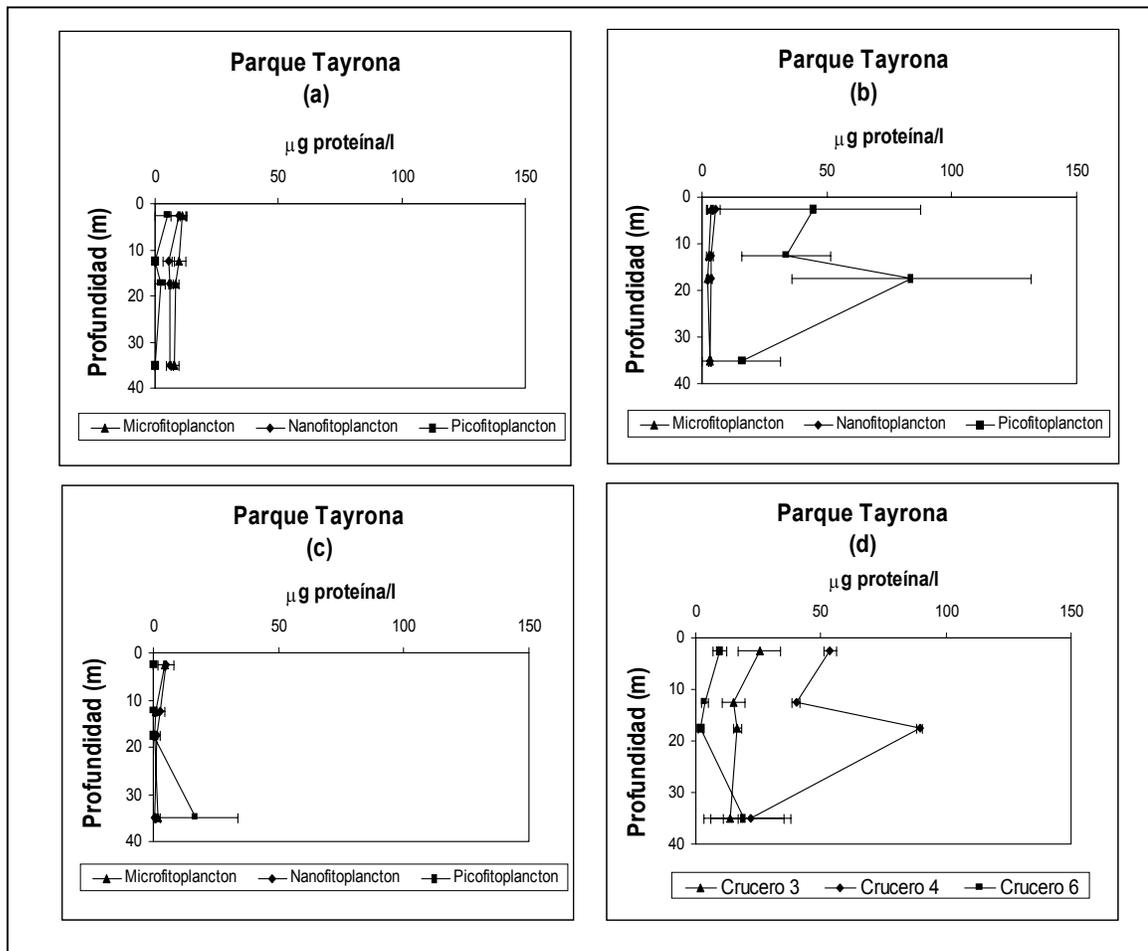


Figura 26 Comportamiento del valor promedio diario de proteína por profundidad y clase de talla para los cruceros efectuados en el Parque Tayrona durante la época lluviosa. (a) crucero 3, (b) crucero 4, (c) crucero 6; (d) valor de cada crucero de la concentración promedio diaria de proteína en la comunidad fitoplanctónica teniendo en cuenta la profundidad. (□□, error estándar).

Los resultados de la correlación momento-producto de Pearson al integrar los valores de los componentes bioquímicos para la misma clase de talla y profundidad de cada crucero en la columna de agua se presentan en la Tabla 20. Resultó evidente una correlación directa entre los componentes Chl a y proteínas para el micro y nanofitoplancton por lo que en este caso el aporte de proteínas fue debido principalmente a material fotosintético,

prevaleciendo sobre el material detrítico y posiblemente sobre el zooplancton. Myers (1962) y Morris (En: Platt 1981) coincidieron en afirmar en que el fitoplancton tiene como actividad principal construir moléculas proteicas y que esta síntesis se lleva a cabo aún a expensas de los carbohidratos celulares de reserva. Por el contrario, Camps y Arias (1966) plantearon que la función específica del fitoplancton es la formación de carbohidratos, esto mediante el proceso de fotosíntesis y que es lógico suponer que su acumulación en la biomasa planctónica total pueda considerarse como un índice más o menos cuantitativo del fitoplancton existente.

Tabla 20. Resultados de la correlación momento-producto de Pearson entre los componentes bioquímicos trabajados teniendo en cuenta los valores respectivos de las mismas clases de talla para toda la columna de agua durante los cruceros realizados en el Parque Tayrona en la época lluviosa. **r** (coeficiente de correlación), **v-p** (valor p), número de pares de datos 12. (\* denota correlación significativa al 95% de confianza).

<b>Clase de talla</b>	<b>Componentes</b>	<b>r</b>	<b>v-p</b>
<b>Microfitoplancton</b>	<b>Chl a – glucosa</b>	0,109	0,734
<b>Microfitoplancton</b>	<b>Chl a – proteínas</b>	0,588 *	0,044 *
<b>Microfitoplancton</b>	<b>Glucosa – proteínas</b>	- 0,478	0,115
<b>Nanofitoplancton</b>	<b>Chl a – glucosa</b>	0,176	0,583
<b>Nanofitoplancton</b>	<b>Chl a – proteínas</b>	0,812 *	0,0013 *
<b>Nanofitoplancton</b>	<b>Glucosa – proteínas</b>	0,113	0,726
<b>Picofitoplancton</b>	<b>Chl a – glucosa</b>	0,115	0,720
<b>Picofitoplancton</b>	<b>Chl a – proteínas</b>	0,388	0,212
<b>Picofitoplancton</b>	<b>Glucosa – proteínas</b>	0,347	0,268

A excepción del caso expuesto lo anterior puso de manifiesto que cada una de las clases de talla estuvieron constituidas por una menor cantidad de material detrítico de origen no fotosintético en comparación con el sector del GdS. En caso de que este material se hallara relacionado principalmente con el seston, es de esperar que este parámetro se haya presentado en bajas cantidades como efectivamente quedó evidenciado por los

bajos valores expresados en los resultados obtenidos en este sector como se pudo observar en la Tabla 7.

El valor promedio diario de la concentración de estos componentes bioquímicos al integrar las clases de talla teniendo en cuenta la profundidad se presentan en la Tabla 21, la cual se empleo para correr la correlación momento-producto de Pearson contra los parámetros fisicoquímicos, los resultados indicaron una relación inversa entre la Chl *a* y los parámetros pH, salinidad y densidad (Tabla 22). Sin embargo, la variación del pH en este sector es casi nula por lo que este parámetro quizás afectó la actividad fotosintética de manera indirecta actuando sobre algún otro parámetro que pudo no haber sido tenido en cuenta en este estudio. Como se ha mencionado con anterioridad, el PNNT es un sector cuyas características oceanográficas corresponden a aguas de tipo oceánico reflejándose en sus aguas con altas transparencias y salinidades, además de bajas temperaturas que deben albergar a especies planctónicas sometidas dentro de un corto rango de variaciones ambientales, pero se debe recordar que el parámetro salinidad presentó un comportamiento especial durante esta época con valores relativamente bajos explicados por el fenómeno de la contracorriente Panamá-Colombia (Bula-Meyer 1985; García 1999), esto quizás sometió a la comunidad fitoplanctónica a condiciones ecológicas anómalas que no le hayan permitido fotosintetizar adecuadamente como lo han propuesto Lara y Alvarez (1975) resultando en la relación inversa entre estos parámetros. Para la densidad se tomó igual consideración a la ya expuesta en el caso del sector del GdS.

Tabla 21. Concentración de **a.** clorofila **a** ( $\mu\text{g Chl a/l}$ ), **b.** glucosa ( $\mu\text{g glucosa/l}$ ) y **c.** proteínas ( $\mu\text{g proteína/l}$ ) integrando los valores de las clases de talla en cada profundidad en los ciclos diarios de muestreo realizados en el Parque Tayrona durante la época lluviosa.

a.	Crucero 3			Crucero 4			Crucero 6		
	Amanecer	Mañana	Atardecer	Amanecer	Mañana	Atardecer	Amanecer	Mañana	Atardecer
	Chl a ( $\mu\text{g/l}$ )								
<b>Profundidad</b>									
<b>2,5 m</b>	51,83	105,70	67,52	10,95	12,22	14,35	21,10	33,93	17,13
<b>12,5 m</b>	66,35	21,38	8,61	7,66	13,69	14,24	19,83	24,68	17,89
<b>17,5 m</b>	57,30	14,00	10,44	8,47	13,08	14,83	22,71	24,87	31,48
<b>35 m</b>	13,99	6,10	87,10	10,94	9,72	12,19	10,88	6,64	4,24

b.	Crucero 3			Crucero 4			Crucero 6		
	Amanecer	Mañana	Atardecer	Amanecer	Mañana	Atardecer	Amanecer	Mañana	Atardecer
	$\mu\text{g glucosa/l}$								
<b>Profundidad</b>									
<b>2,5 m</b>	95,18	0,00	17,28	231,23	264,36	250,97	174,13	265,43	208,67
<b>12,5 m</b>	75,79	9,53	7,41	268,23	262,61	197,74	265,07	212,20	335,22
<b>17,5 m</b>	145,94	0,00	106,46	119,15	46,18	95,53	247,45	89,89	363,05
<b>35 m</b>	105,39	12,35	10,94	352,48	211,84	311,59	33,49	190,35	253,08

c.	Crucero 3			Crucero 4			Crucero 6		
	Amanecer	Mañana	Atardecer	Amanecer	Mañana	Atardecer	Amanecer	Mañana	Atardecer
	$\mu\text{g proteína/l}$								
<b>Profundidad</b>									
<b>2,5 m</b>	11,23	40,49	25,03	11,16	5,76	144,25	9,05	5,18	14,52
<b>12,5 m</b>	24,37	11,23	10,14	4,67	65,89	49,69	1,68	2,92	6,49
<b>17,5 m</b>	13,64	18,82	17,36	6,86	169,86	91,94	0,00	1,60	4,01
<b>35 m</b>	10,58	11,23	19,77	5,11	5,32	55,16	2,11	4,45	50,86

Tabla 22. Resultados de la correlación momento-producto de Pearson entre los componentes bioquímicos trabajados y los parámetros fisicoquímicos para toda la columna de agua durante los cruceros realizados en el Parque Tayrona en la época lluviosa. **r** (coeficiente de correlación), **v-p** (valor p), **N** (número de pares de datos). (\* denota correlación significativa al 95% de confianza).

<b>Componentes</b>	<b>r</b>	<b>v-p</b>	<b>N</b>
<b>Chl a - temperatura</b>	0,180	0,299	35
<b>Chl a - pH</b>	-0,506 *	0,0019 *	35 *
<b>Chl a - salinidad</b>	-0,483 *	0,0032 *	35 *
<b>Chl a - % saturación O.D</b>	0,274	0,109	35
<b>Chl a - seston total</b>	0,239	0,165	35
<b>Chl a - densidad</b>	-0,489 *	0,0028 *	35 *
<b>Glucosa - temperatura</b>	-0,159	0,374	33
<b>Glucosa - pH</b>	0,558 *	0,0007 *	33 *
<b>Glucosa - salinidad</b>	0,199	0,265	33
<b>Glucosa - % saturación O.D</b>	0,075	0,675	33
<b>Glucosa - seston total</b>	-0,077	0,667	33
<b>Glucosa - densidad</b>	0,203	0,254	33
<b>Proteínas - temperatura</b>	0,159	0,361	35
<b>Proteínas - pH</b>	0,180	0,299	35
<b>Proteínas - salinidad</b>	0,239	0,165	35
<b>Proteínas - % saturación O.D</b>	0,119	0,494	35
<b>Proteínas - seston total</b>	-0,206	0,234	35
<b>Proteínas - densidad</b>	0,216	0,212	35

La glucosa se relacionó directamente con el pH, pero al ser esta glucosa de origen no fotosintético, ya que como se recordará no se presentó ninguna correlación entre la Chl a y la glucosa, la relación de estos factores e incluso con la Chl a no quedó del todo clara ya que no se pudo atribuir dichos efectos a actividad fotosintética que pudiera alterar los valores del pH. Como ocurrió en el sector del GdS, las proteínas tampoco presentaron correlación con alguno de los parámetros fisicoquímicos tenidos en cuenta en este estudio.

En general los valores de Chl a, glucosa y proteínas fueron comparativamente inferiores a los encontrados para el GdS en la misma época climática aunque este sector alberga ecosistemas que podrían elevar los niveles de carbohidratos y proteínas particuladas tales

como praderas de fanerógamas marinas, manglares y formaciones coralinas. De esta manera parece hacerse evidente que el aporte de estos materiales se debió a la entrada de aguas continentales y que el volumen de estas logró alterar en cierta medida las condiciones fisicoquímicas pero no aportó mayor cantidad de material bioquímico en el sector.

Se ha observado sin profundizar demasiado las diferencias exhibidas en la concentración de los componentes bioquímicos entre los cruceros de un mismo ambiente para esta época climática (Figuras 21 a 26). Mediante una prueba Wilcoxon para muestras pareadas (Tabla 23) empleando el valor de la concentración promedio diaria de la comunidad fitoplanctónica en cada profundidad se evidenció la gran diferenciación en el comportamiento y la concentración de estos componentes siendo las proteínas las que causaron mayor diferencia entre cruceros. La Chl **a** y la glucosa también ocasionaron diferencias entre los cruceros; este hecho hizo que las campañas de muestreo dentro de un mismo ambiente tuvieran comportamientos particulares que provocaron la diferenciación entre ellas. Debe recordarse el efecto de la escala temporal implícita en la metodología la cual pudo influir en la variabilidad ecológica y bioquímica del sistema.

Tabla 23. Resultado de la prueba Wilcoxon para muestras pareadas entre los componentes bioquímicos de la comunidad fitoplanctónica para los cruceros efectuados en ambos ambientes oceanográficos durante la época lluviosa, **v-p** (valor p), número de pares de datos 4. (\* denota aquellos pares de cruceros caracterizados por presentar diferencias significativas al 95% de confianza).

<b>Pares de cruceros</b>	<b>Chl a</b>	<b>Glucosa</b>	<b>Proteínas</b>
	<b>v-p</b>	<b>v-p</b>	<b>v-p</b>
<b>Golfo de Salamanca</b>			
<b>1 y 2</b>	0,273	0,067*	0,067*
<b>1 y 5</b>	0,067*	0,465	0,067*
<b>2 y 5</b>	0,067*	0,067*	0,067*
<b>Parque Tayrona</b>			
<b>3 y 4</b>	0,067*	0,067*	0,067*
<b>3 y 6</b>	0,067*	0,067*	0,144
<b>4 y 6</b>	0,144	1,000	0,067*

### 3.2.2. Cruceros época seca

#### 3.2.2.1. Golfo de Salamanca

El comportamiento de las clases de talla con la profundidad continuó siendo similar al observado para la época lluviosa, es así como las mayores concentraciones y valores altos se distribuyeron a lo largo de las profundidades trabajadas. Para el caso de la Chl a los mayores valores se ubicaron en las dos primeras profundidades muestreadas siendo el microfitoplancton la clase de talla de mayor contribución; pero en el caso del crucero 11 esta misma fracción aportó mayor biomasa en aguas más profundas aparentemente con valores inferiores en comparación con los demás cruceros. El nano y picofitoplancton presentaron poca variación y solo durante el crucero ocho presentaron valores relativamente altos a los 2,5 m de profundidad (Tabla 24; Figura 27).

Esta época climática se caracterizó por un evento de surgencia el cual según Avert (sin año) es un factor importante en la distribución de tallas del fitoplancton ya que aporta nutrientes, suspende al fitoplancton grande en la zona eufótica y promueve el crecimiento de la población. Comparativamente, los valores encontrados para esta época difirieron de manera amplia siendo inferiores a los encontrados para la época lluviosa por lo que se podría pensar en que la afirmación anterior no es del todo cierta, pero debe recordarse que el fenómeno de surgencia del sector se caracteriza por ser causante de efectos mayormente físicos debido a que favorece la mezcla vertical de las aguas más los aportes en los niveles de nutrientes inorgánicos no son significativamente importantes (Ramírez 1990). Sin embargo, estudios en la costa de México efectuados por Gonzales-Morales y Gaxiola-Castro (1991) mostraron que en áreas de surgencia del océano abierto se presentan fluctuaciones en la distribución de tallas del fitoplancton, dominando el pico y el nanofitoplancton sobre el microfitoplancton, excepto durante surgencias muy intensas. Otros estudios como los realizados por Morris (1980) y Varela (1987) mostraron que el microfitoplancton domina sobre las demás tallas cuando la biomasa del fitoplancton es alta y el área presenta una estacionalidad en los niveles de nutrientes; por el contrario, cuando el fitoplancton pequeño se hace dominante la biomasa total decrece y los nutrientes permanecen en condiciones estables. De esta manera cuando el picofitoplancton y el nanofitoplancton se mantienen relativamente constantes en abundancia, el microfitoplancton varía ampliamente incrementando en la población hasta cuatro veces al día cuando el agua es rica en nutrientes (Malone *et al.* 1973). Estos factores en conjunto pueden explicar la baja productividad de esta área en la cual la biomasa de fitoplancton posiblemente es soportada por los aportes de nutrientes provenientes de aguas continentales ricas en estos y no tanto de la surgencia como quedó evidenciado por los mayores valores de Chl *a* obtenidos para este ambiente en la

época lluviosa. Las mayores concentraciones promedio diarias a lo largo de la columna de agua se presentaron en el crucero ocho.

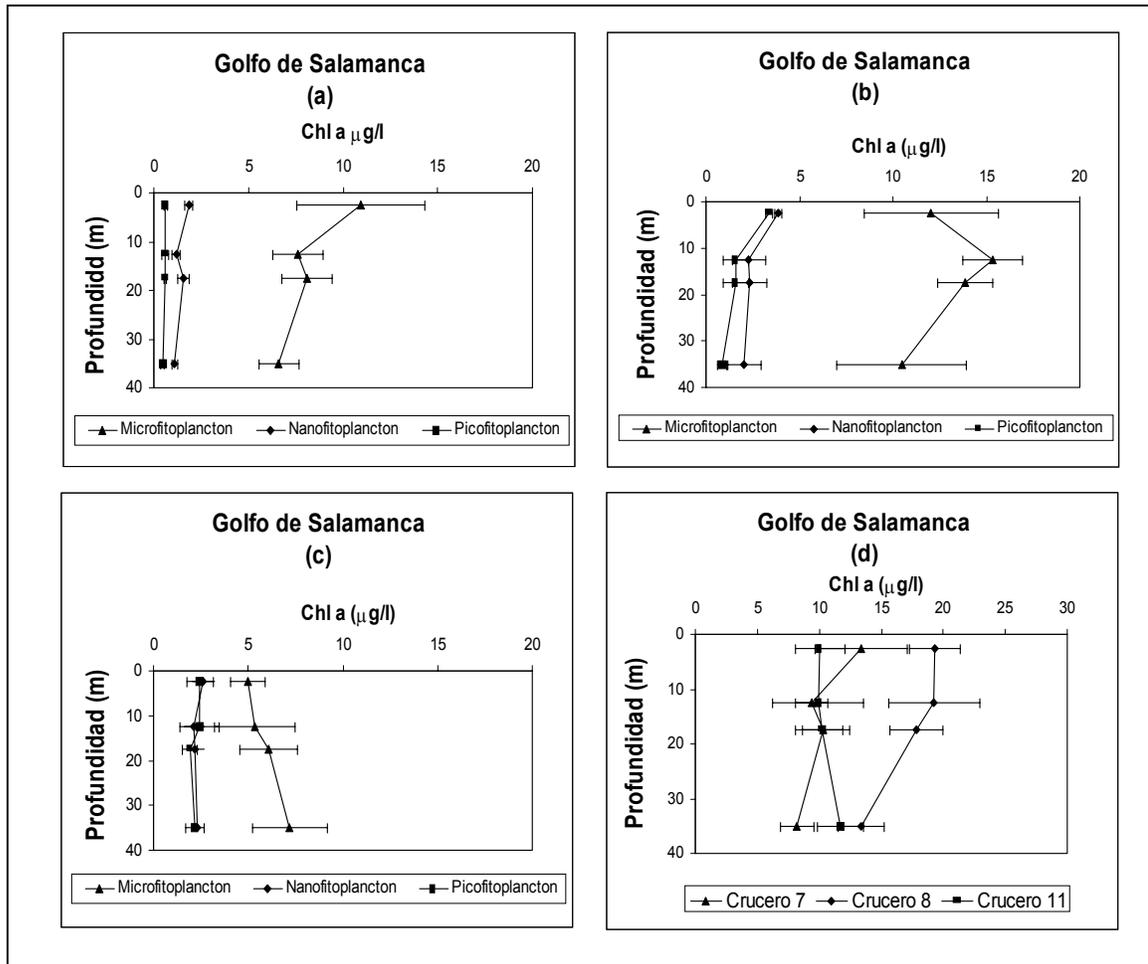


Figura 27. Comportamiento del valor promedio diario de clorofila **a** por profundidad y clase de talla para los cruceros efectuados en el Golfo de Salamanca durante la época seca. **(a)** crucero 7, **(b)** crucero 8, **(c)** crucero 11; **(d)** valor en cada crucero de la concentración promedio diaria de Chl **a** en la comunidad fitoplanctónica teniendo en cuenta la profundidad. (□□, error estándar).

Tabla 24. a. Datos brutos de la concentración de clorofila a ( $\mu\text{g Chl a/l}$ ) por profundidad en las clases de talla trabajadas en el ciclo diario de muestreo para el Golfo de Salamanca durante la época seca; b. Valor promedio y error estándar ( $\text{Es}_{(xp)}$ ) integrando los valores de los tres ciclos diarios en cada clase de talla y profundidad.

a.	Crucero 7			Crucero 8			Crucero 11		
	Amanecer Chl a ( $\mu\text{g/l}$ )	Mañana Chl a ( $\mu\text{g/l}$ )	Atardecer Chl a ( $\mu\text{g/l}$ )	Amanecer Chl a ( $\mu\text{g/l}$ )	Mañana Chl a ( $\mu\text{g/l}$ )	Atardecer Chl a ( $\mu\text{g/l}$ )	Amanecer Chl a ( $\mu\text{g/l}$ )	Mañana Chl a ( $\mu\text{g/l}$ )	Atardecer Chl a ( $\mu\text{g/l}$ )
<b>Microfitoplancton</b>									
2,5 m	5,96	9,40	17,38	11,23	18,67	6,24	6,76	4,11	4,07
12,5 m	5,17	9,78	7,85	18,02	12,54	15,49	9,59	2,92	3,54
17,5 m	5,51	9,90	8,93	15,79	10,98	14,88	8,62	3,33	6,30
35 m	5,12	6,02	8,68	5,76	8,38	17,25	10,87	4,13	6,59
<b>Nanofitoplancton</b>									
2,5 m	1,51	1,76	2,28	3,79	3,61	4,16	3,42	1,56	2,92
12,5 m	1,07	0,90	1,60	1,40	1,41	4,03	3,14	1,29	2,02
17,5 m	0,97	2,01	1,64	1,64	1,14	4,19	2,58	1,35	2,72
35 m	0,90	0,98	1,46	1,08	1,20	3,85	2,27	2,28	2,39
<b>Picofitoplancton</b>									
2,5 m	0,55	0,50	0,83	3,77	3,25	3,08	3,78	1,40	2,17
12,5 m	0,61	0,26	0,90	0,93	0,93	2,92	4,44	1,14	1,63
17,5 m	0,57	0,53	0,74	1,32	0,59	2,87	1,85	1,29	2,65
35 m	0,38	0,33	0,65	0,51	0,68	1,35	1,52	1,83	3,17

b.	Crucero 7		Crucero 8		Crucero 11	
	Promedio	$\text{Es}_{(xp)}$	Promedio	$\text{Es}_{(xp)}$	Promedio	$\text{Es}_{(xp)}$
<b>Microfitoplancton</b>						
2,5 m	10,91	3,38	12,05	3,61	4,98	0,89
12,5 m	7,60	1,33	15,35	1,58	5,35	2,12
17,5 m	8,11	1,33	13,89	1,47	6,08	1,53
35 m	6,61	1,06	10,46	3,47	7,20	1,96
<b>Nanofitoplancton</b>						
2,5 m	1,85	0,22	3,85	0,16	2,63	0,55
12,5 m	1,19	0,21	2,28	0,87	2,15	0,53
17,5 m	1,54	0,30	2,33	0,94	2,21	0,43
35 m	1,11	0,17	2,04	0,90	2,31	0,03
<b>Picofitoplancton</b>						
2,5 m	0,63	0,10	3,37	0,20	2,45	0,70
12,5 m	0,59	0,18	1,60	0,66	2,41	1,02
17,5 m	0,61	0,06	1,60	0,67	1,93	0,39
35 m	0,45	0,09	0,85	0,25	2,18	0,50

La concentración promedio diaria de glucosa tuvo en general al microfitoplancton como el de mayor aporte en la columna de agua (Tabla 25; Figura 28) con valores más bajos a los encontrados para el mismo ambiente durante la época lluviosa. En el caso de las proteínas fue el picofitoplancton el que aportó sus mayores valores y estos resultaron un poco más altos a los reportados para este ambiente en la época lluviosa; también es de destacar que hacia los 35 m de profundidad las concentraciones de estos dos componentes presentaron tendencia a ser bastante altas (Tabla 26; Figura 29). Teniendo en cuenta el comportamiento gráfico de los integrados de la concentración promedio diaria de glucosa y proteínas en la comunidad fitoplanctónica no se pudo determinar claramente para que crucero se presentaron los mayores valores.

Aleya (1991, 1992) propusieron que la síntesis de proteínas del fitoplancton aumenta con un incremento en el aporte de nitrógeno. No se puede pensar que el aumento observado sea debido al fenómeno de surgencia ya que solamente fueron las proteínas las que presentaron este incremento; esto quiere decir que si las proteínas hubieran respondido a este fenómeno se debería haber presentado algún tipo de correlación con los componentes bioquímicos Chl *a* y glucosa pero solamente si esta fuera debida al fitoplancton, sin embargo, ya se han propuesto fuentes alternas de estos materiales.

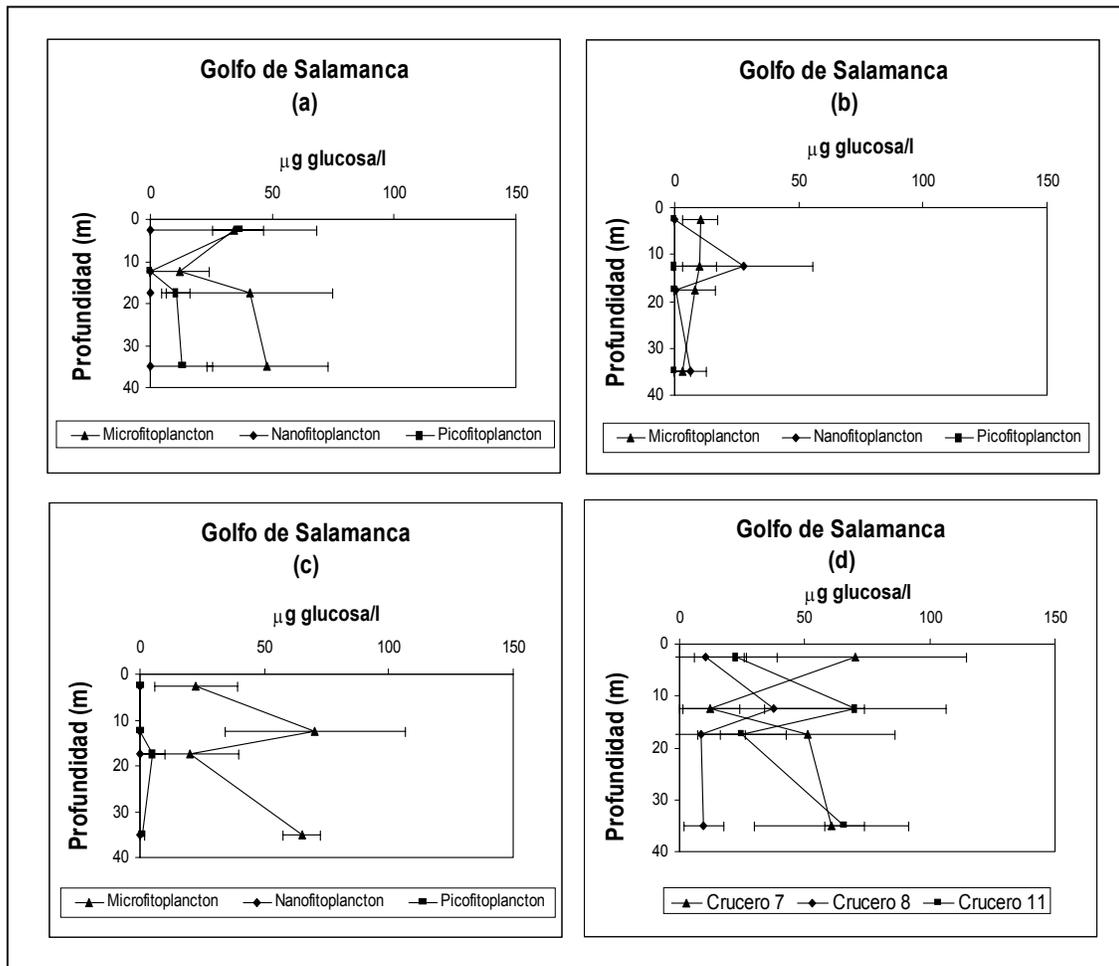


Figura 28. Comportamiento del valor promedio diario de glucosa por profundidad y clase de talla para los cruceros efectuados en el Golfo de Salamanca durante la época seca. (a) crucero 7, (b) crucero 8, (c) crucero 11; (d) valor en cada crucero de la concentración promedio diaria de glucosa en la comunidad fitoplanctónica teniendo en cuenta la profundidad. (□□, error estándar).

Tabla 25. **a.** Datos brutos de la concentración de carbohidratos expresados en glucosa ( $\mu\text{g}$  glucosa/l) por profundidad en las clases de talla trabajadas en el ciclo diario de muestreo para el Golfo de Salamanca durante la época seca; **b.** Valor promedio y error estándar ( $E_{s(xp)}$ ) integrando los valores de los tres ciclos diarios en cada clase de talla y profundidad.

a.	Crucero 7			Crucero 8			Crucero 11		
	Amanecer $\mu\text{g}$ glucosa/l	Mañana $\mu\text{g}$ glucosa/l	Atardecer $\mu\text{g}$ glucosa/l	Amanecer $\mu\text{g}$ glucosa/l	Mañana $\mu\text{g}$ glucosa/l	Atardecer $\mu\text{g}$ glucosa/l	Amanecer $\mu\text{g}$ glucosa/l	Mañana $\mu\text{g}$ glucosa/l	Atardecer $\mu\text{g}$ glucosa/l
<b>Microfitoplancton</b>									
2,5 m	102,58	0,00	0,00	0,00	23,62	7,41	0,00	13,05	54,64
12,5 m	0,00	36,31	0,00	0,00	22,92	6,71	0,00	89,89	120,90
17,5 m	108,92	13,05	0,00	0,00	24,33	0,00	59,58	0,00	0,00
35 m	60,28	83,54	0,00	0,00	9,53	0,00	70,85	73,67	50,41
<b>Nanofitoplancton</b>									
2,5 m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12,5 m	0,00	0,00	0,00	0,00	83,54	0,00	0,00	0,00	0,00
17,5 m	0,00	0,00	0,00	0,00	1,07	0,00	0,00	0,00	0,00
35 m	0,00	0,00	0,00	0,00	19,39	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Picofitoplancton</b>									
2,5 m	56,05	32,08	20,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12,5 m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
17,5 m	11,64	0,00	20,10	0,00	0,00	0,00	0,00	15,17	0,00
35 m	38,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,48	0,00
<b>b.</b>	Crucero 7		Crucero 8		Crucero 11				
	Promedio	$E_{s(xp)}$	Promedio	$E_{s(xp)}$	Promedio	$E_{s(xp)}$			
<b>Microfitoplancton</b>									
2,5 m	34,19	34,19	10,35	6,98	22,56	16,48			
12,5 m	12,10	12,10	9,88	6,80	70,26	36,25			
17,5 m	40,66	34,34	8,11	8,11	19,86	19,86			
35 m	47,94	24,89	3,18	3,18	64,98	7,33			
<b>Nanofitoplancton</b>									
2,5 m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
12,5 m	0,00	0,00	27,85	27,85	0,00	0,00			
17,5 m	0,00	0,00	0,36	0,36	0,00	0,00			
35 m	0,00	0,00	6,46	6,46	0,00	0,00			
<b>Picofitoplancton</b>									
2,5 m	36,08	10,57	0,00	0,00	0,00	0,00			
12,5 m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
17,5 m	10,58	5,83	0,00	0,00	5,06	5,06			
35 m	12,81	12,81	0,00	0,00	0,83	0,83			

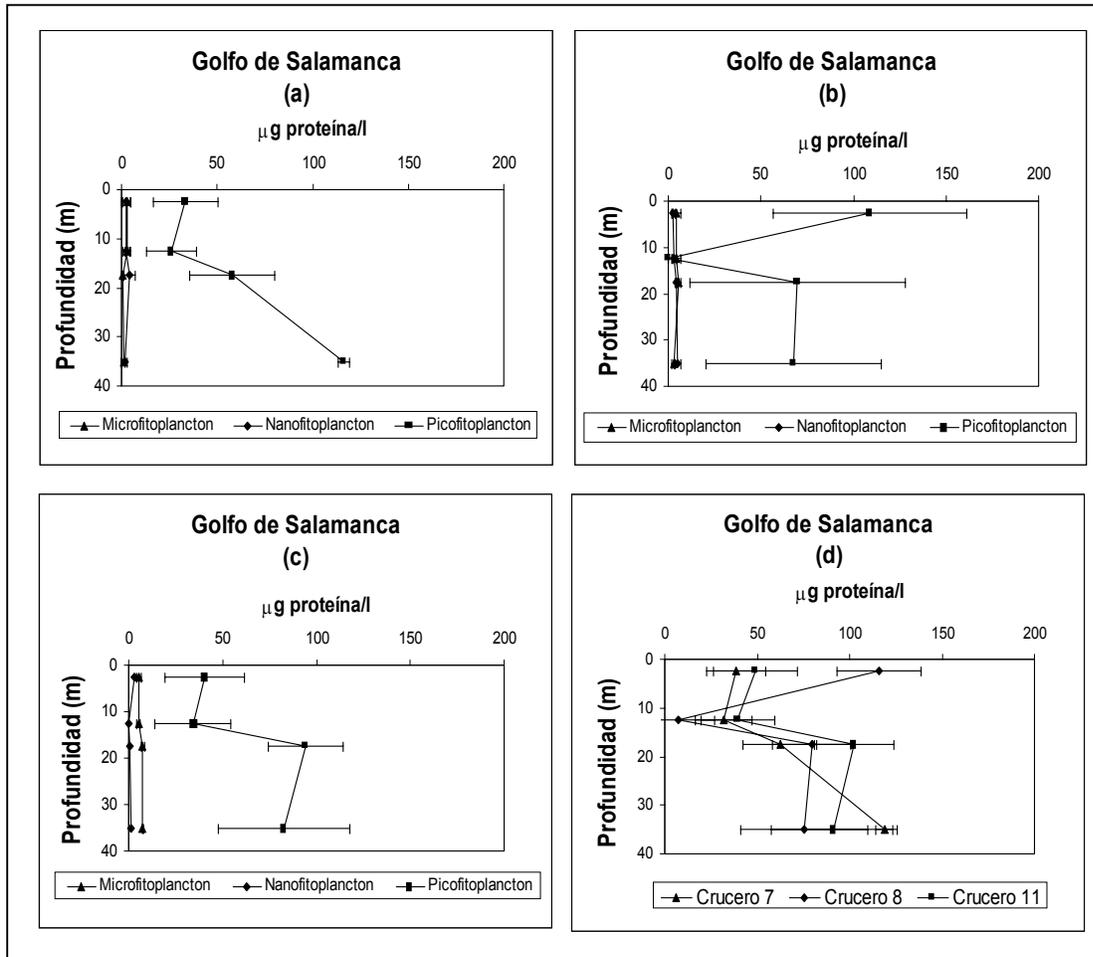


Figura 29. Comportamiento del valor promedio diario de proteína por profundidad y clase de talla para los cruces efectuados en el Golfo de Salamanca durante la época seca. (a) cruce 7, (b) cruce 8, (c) cruce 11; (d) valor en cada cruce de la concentración promedio diaria de proteína en la comunidad fitoplanctónica teniendo en cuenta la profundidad. (□□, error estándar).

Tabla 26. **a.** Datos brutos de la concentración de proteínas ( $\mu\text{g}$  proteína/l) por profundidad en las clases de talla trabajadas en el ciclo diario de muestreo para el Golfo de Salamanca durante la época seca; **b.** Valor promedio y error estándar ( $\text{Es}_{(xp)}$ ) integrando los valores de los tres ciclos diarios en cada clase de talla y profundidad.

a.	Crucero 7			Crucero 8			Crucero 11		
	Amanecer $\mu\text{g}$ proteína/l	Mañana $\mu\text{g}$ proteína/l	Atardecer $\mu\text{g}$ proteína/l	Amanecer $\mu\text{g}$ proteína/l	Mañana $\mu\text{g}$ proteína/l	Atardecer $\mu\text{g}$ proteína/l	Amanecer $\mu\text{g}$ proteína/l	Mañana $\mu\text{g}$ proteína/l	Atardecer $\mu\text{g}$ proteína/l
<b>Microfitoplancton</b>									
2,5 m	0,00	1,24	7,15	1,68	8,24	3,65	7,81	3,65	5,62
12,5 m	1,02	5,40	2,55	8,90	2,33	1,02	4,74	3,65	7,15
17,5 m	0,58	0,36	0,00	7,15	3,65	6,27	9,56	5,84	7,15
35 m	0,00	2,99	0,00	1,46	2,55	4,30	7,59	7,81	7,15
<b>Nanofitoplancton</b>									
2,5 m	0,00	6,93	0,00	2,99	1,02	4,09	2,11	6,06	0,00
12,5 m	0,00	6,71	1,02	4,30	1,24	4,09	0,00	0,00	0,00
17,5 m	0,00	2,55	9,56	3,43	4,52	4,30	2,11	0,00	0,00
35 m	0,00	4,52	0,00	8,24	1,90	4,96	0,00	2,55	1,24
<b>Picofitoplancton</b>									
2,5 m	53,56	46,99	0,00	167,60	4,30	154,47	72,16	49,62	0,00
12,5 m	0,00	36,04	42,61	0,00	0,00	0,00	0,00	69,97	32,54
17,5 m	101,72	42,61	29,48	0,00	185,12	24,22	120,32	55,31	107,19
35 m	110,47	119,23	119,23	43,93	158,85	0,00	143,31	22,04	83,11
<b>b.</b>	Crucero 7		Crucero 8		Crucero 11				
	Promedio	$\text{Es}_{(xp)}$	Promedio	$\text{Es}_{(xp)}$	Promedio	$\text{Es}_{(xp)}$			
<b>Microfitoplancton</b>									
2,5 m	2,80	2,21	4,52	1,95	5,69	1,20			
12,5 m	2,99	1,28	4,09	2,44	5,18	1,03			
17,5 m	0,32	0,17	5,69	1,05	7,51	1,09			
35 m	1,00	1,00	2,77	0,83	7,51	0,19			
<b>Nanofitoplancton</b>									
2,5 m	2,31	2,31	2,70	0,90	2,72	1,77			
12,5 m	2,58	2,09	3,21	0,99	0,00	0,00			
17,5 m	4,04	2,86	4,09	0,33	0,70	0,70			
35 m	1,51	1,51	5,03	1,83	1,26	0,74			
<b>Picofitoplancton</b>									
2,5 m	33,52	16,86	108,79	52,38	40,59	21,31			
12,5 m	26,22	13,25	0,00	0,00	34,17	20,22			
17,5 m	57,93	22,22	69,78	58,09	94,27	19,85			
35 m	116,31	2,92	67,59	47,36	82,82	35,01			

Los resultados de la correlación momento-producto de Pearson para determinar posibles relaciones entre los componentes bioquímicos se presentan en la Tabla 27. Según esta, se presentó correlación inversa entre la Chl **a** y la glucosa del microfitoplancton indicando que existió una mayor biomasa fitoplanctónica cuya actividad no estuvo reflejada en la producción de glucosa ni proteínas o bien que esta glucosa fuese debida a material no fotosintético tipo microdetritos.

Tabla 27. Resultados de la correlación momento-producto de Pearson entre los componentes bioquímicos trabajados teniendo en cuenta los valores respectivos de las mismas clases de talla para toda la columna de agua durante los cruceros realizados en el Golfo de Salamanca en la época seca. **r** (coeficiente de correlación), **v-p** (valor p), número de pares de datos 12. (\* denota correlación significativa al 95% de confianza).

<b>Clase de talla</b>	<b>Componentes</b>	<b>r</b>	<b>v-p</b>
<b>Microfitoplancton</b>	<b>Chl a - glucosa</b>	-0,584 *	0,046 *
<b>Microfitoplancton</b>	<b>Chl a - proteínas</b>	-0.111	0,731
<b>Microfitoplancton</b>	<b>Glucosa - proteínas</b>	0,049	0,877
<b>Nanofitoplancton</b>	<b>Chl a - glucosa</b>	0,060	0,852
<b>Nanofitoplancton</b>	<b>Chl a - proteínas</b>	0,025	0,936
<b>Nanofitoplancton</b>	<b>Glucosa - proteínas</b>	0,276	0,383
<b>Picofitoplancton</b>	<b>Chl a - glucosa</b>	-0,499	0,098
<b>Picofitoplancton</b>	<b>Chl a - proteínas</b>	0,179	0,577
<b>Picofitoplancton</b>	<b>Glucosa - proteínas</b>	-0,031	0,923

El valor promedio diario de las clases de talla integradas, teniendo en cuenta la profundidad (Tabla 28) se empleó para efectuar las correlaciones momento-producto de Pearson entre estos valores y los parámetros fisicoquímicos (Tabla 29). Se evidenció relación inversa de la Chl **a** con la densidad y la salinidad, como sucedió para la época lluviosa; ya se mencionó el efecto físico de la surgencia en la cual la mezcla vertical promueve un ascenso de aguas subsuperficiales de alta salinidad que aumentan los valores a lo largo de la columna de agua, esta condición ecológica pudo ser la causante

Tabla 28. Concentración de **a.** clorofila **a** ( $\mu\text{g Chl a/l}$ ), **b.** glucosa ( $\mu\text{g glucosa/l}$ ) y **c.** proteínas ( $\mu\text{g proteína/l}$ ) integrando los valores de las clases de talla en cada profundidad en los ciclos diarios de muestreo realizados en el Golfo de Salamanca durante la época seca.

a.	Crucero 7			Crucero 8			Crucero 11		
	Amanecer	Mañana	Atardecer	Amanecer	Mañana	Atardecer	Amanecer	Mañana	Atardecer
	Chl a ( $\mu\text{g/l}$ )								
<b>Profundidad</b>									
<b>2,5 m</b>	8,02	11,67	20,50	18,80	25,53	13,49	13,97	7,08	9,17
<b>12,5 m</b>	6,86	10,94	10,36	20,36	14,89	22,46	17,19	5,36	7,21
<b>17,5 m</b>	7,05	12,45	11,32	18,77	12,73	21,96	13,06	5,98	11,67
<b>35 m</b>	6,41	7,34	10,80	7,36	10,27	22,46	14,67	8,25	12,16

b.	Crucero 7			Crucero 8			Crucero 11		
	Amanecer	Mañana	Atardecer	Amanecer	Mañana	Atardecer	Amanecer	Mañana	Atardecer
	$\mu\text{g glucosa/l}$								
<b>Profundidad</b>									
<b>2,5 m</b>	158,63	32,08	20,10	0,00	23,62	7,41	0,00	13,05	54,64
<b>12,5 m</b>	0,00	36,31	0,00	0,00	106,46	6,71	0,00	89,89	120,90
<b>17,5 m</b>	120,56	13,05	20,10	0,00	25,40	0,00	59,58	15,17	0,00
<b>35 m</b>	98,71	83,54	0,00	0,00	28,92	0,00	70,85	76,15	50,41

c.	Crucero 7			Crucero 8			Crucero 11		
	Amanecer	Mañana	Atardecer	Amanecer	Mañana	Atardecer	Amanecer	Mañana	Atardecer
	$\mu\text{g proteína/l}$								
<b>Profundidad</b>									
<b>2,5 m</b>	53,56	55,16	7,15	172,27	13,57	162,20	82,08	59,32	5,62
<b>12,5 m</b>	1,02	48,16	46,19	13,20	3,57	5,11	4,74	73,62	39,69
<b>17,5 m</b>	102,30	45,53	39,04	10,58	193,29	34,80	131,99	61,14	114,34
<b>35 m</b>	110,47	126,74	119,23	53,63	163,30	9,26	150,89	32,39	91,50

de la relación inversa entre estos dos componentes ya que el aumento en las salinidades pareció no haber beneficiado la actividad fitoplanctónica. Este mismo efecto hace que se rompa la estratificación de la columna de agua por la constante mezcla vertical, lo que aparentemente no favoreció el crecimiento fitoplanctónico. Chl **a** y seston se correlacionaron de manera directa indicando que gran parte de la materia orgánica particulada fue debida al fitoplancton y no a material detrítico. La ausencia de correlación de la Chl **a** con glucosa y proteínas, a excepción del caso ya mencionado, parece indicar que el fitoplancton presente no está realizando satisfactoriamente sus actividades fisiológicas; entonces la poca cantidad de estos últimos componentes debe provenir principalmente de fuentes distintas al seston por lo anteriormente explicado.

La glucosa no se relacionó con ninguno de los parámetros fisicoquímicos tenidos en cuenta en este estudio. Por su parte las proteínas solamente se relacionaron y de manera negativa con el seston, atribuyendo el origen de este a material diferente al fitoplancton que como se recordará en este caso fue el principal constituyente del seston.

Tabla 29. Resultados de la correlación momento-producto de Pearson entre los componentes bioquímicos trabajados y los parámetros fisicoquímicos para toda la columna de agua durante los cruceros realizados en el Golfo de Salamanca en la época seca. **r** (coeficiente de correlación), **v-p** (valor p), **N** (número de pares de datos). (\* denota correlación significativa al 95% de confianza).

<b>Componentes</b>	<b>r</b>	<b>v-p</b>	<b>N</b>
<b>Chl a - temperatura</b>	-0,146	0,423	32
<b>Chl a - pH</b>	0,051	0,780	32
<b>Chl a - salinidad</b>	-0,516 *	0,0024 *	32 *
<b>Chl a - % saturación O.D</b>	-0,171	0,348	32
<b>Chl a - seston total</b>	0,432 *	0,013 *	32 *
<b>Chl a - densidad</b>	-0,461 *	0,007 *	32 *
<b>Glucosa - temperatura</b>	0,163	0,388	30
<b>Glucosa - pH</b>	0,181	0,336	30
<b>Glucosa - salinidad</b>	0,132	0,485	30
<b>Glucosa - % saturación O.D</b>	0,180	0,340	30
<b>Glucosa - seston total</b>	-0,111	0,556	30
<b>Glucosa - densidad</b>	0,085	0,652	30
<b>Proteínas - temperatura</b>	-0,006	0,970	32
<b>Proteínas - pH</b>	0,063	0,730	32
<b>Proteínas - salinidad</b>	0,207	0,255	32
<b>Proteínas - % saturación O.D</b>	0,134	0,463	32
<b>Proteínas - seston total</b>	-0,357 *	0,044 *	32 *
<b>Proteínas - densidad</b>	0,213	0,241	32

### 3.2.2.2. Parque Tayrona

La integración de la concentración de Chl a en un valor promedio diario por profundidad y ciclos diarios mostraron nuevamente al microfitoplancton como el de mayor aporte, con la tendencia a presentar sus mayores valores a los 35 m (Tabla 30; Figura 30). Sin embargo, estas concentraciones fueron comparativamente las más bajas de las que se obtuvieron en todo el estudio.

La sedimentación del microfitoplancton ha sido planteada por Smayda (1970), para este autor la capacidad de esta clase de talla de utilizar vacuolas para el almacenamiento de nutrientes, los cuales emplean bajo condiciones de nutrientes no estables, provoca el aumento en el volumen celular colaborando en la tasa de sedimentación de este. Esta

Tabla 30. **a.** Datos brutos de la concentración de clorofila **a** ( $\mu\text{g Chl a/l}$ ) por profundidad en las clases de talla trabajadas en el ciclo diario de muestreo para el Parque Tayrona durante la época seca; **b.** Valor promedio y error estándar ( $Es_{(xp)}$ ) integrando los valores de los tres ciclos diarios en cada clase de talla y profundidad.

<b>a.</b>	<b>Crucero 9</b>			<b>Crucero 10</b>		
	<b>Amanecer</b> <b>Chl a (<math>\mu\text{g/l}</math>)</b>	<b>Mañana</b> <b>Chl a (<math>\mu\text{g/l}</math>)</b>	<b>Atardecer</b> <b>Chl a (<math>\mu\text{g/l}</math>)</b>	<b>Amanecer</b> <b>Chl a (<math>\mu\text{g/l}</math>)</b>	<b>Mañana</b> <b>Chl a (<math>\mu\text{g/l}</math>)</b>	<b>Atardecer</b> <b>Chl a (<math>\mu\text{g/l}</math>)</b>
<b>Microfitoplancton</b>						
<b>2,5 m</b>	6,63	6,00	6,91	4,62	4,84	4,34
<b>12,5 m</b>	6,25	7,71	6,19	4,79	5,66	3,17
<b>17,5 m</b>	6,84	8,78	6,48	5,71	7,52	5,05
<b>35 m</b>	7,96	7,68	10,12	5,48	8,11	7,48
<b>Nanofitoplancton</b>						
<b>2,5 m</b>	2,55	4,03	3,40	1,37	1,60	2,04
<b>12,5 m</b>	3,02	2,89	3,11	1,50	3,53	1,16
<b>17,5 m</b>	2,29	3,40	6,44	1,50	3,10	1,51
<b>35 m</b>	2,88	2,13	3,25	1,33	3,08	0,77
<b>Picofitoplancton</b>						
<b>2,5 m</b>	3,01	1,63	3,08	3,44	1,13	4,59
<b>12,5 m</b>	2,81	1,54	3,76	2,96	1,93	3,24
<b>17,5 m</b>	2,12	2,01	0,38	3,00	1,80	3,45
<b>35 m</b>	2,48	1,62	2,57	1,40	2,32	1,32

<b>b.</b>	<b>Crucero 9</b>		<b>Crucero 10</b>	
	<b>Promedio</b>	<b><math>Es_{(xp)}</math></b>	<b>Promedio</b>	<b><math>Es_{(xp)}</math></b>
<b>Microfitoplancton</b>				
<b>2,5 m</b>	6,51	0,26	4,60	0,14
<b>12,5 m</b>	6,72	0,49	4,54	0,72
<b>17,5 m</b>	7,37	0,71	6,10	0,73
<b>35 m</b>	8,59	0,77	7,02	0,79
<b>Nanofitoplancton</b>				
<b>2,5 m</b>	3,32	0,42	1,67	0,19
<b>12,5 m</b>	3,01	0,06	2,06	0,73
<b>17,5 m</b>	4,04	1,23	2,04	0,53
<b>35 m</b>	2,75	0,33	1,73	0,69
<b>Picofitoplancton</b>				
<b>2,5 m</b>	2,57	0,47	3,05	1,01
<b>12,5 m</b>	2,70	0,64	2,71	0,39
<b>17,5 m</b>	1,50	0,56	2,75	0,49
<b>35 m</b>	2,22	0,30	1,68	0,31

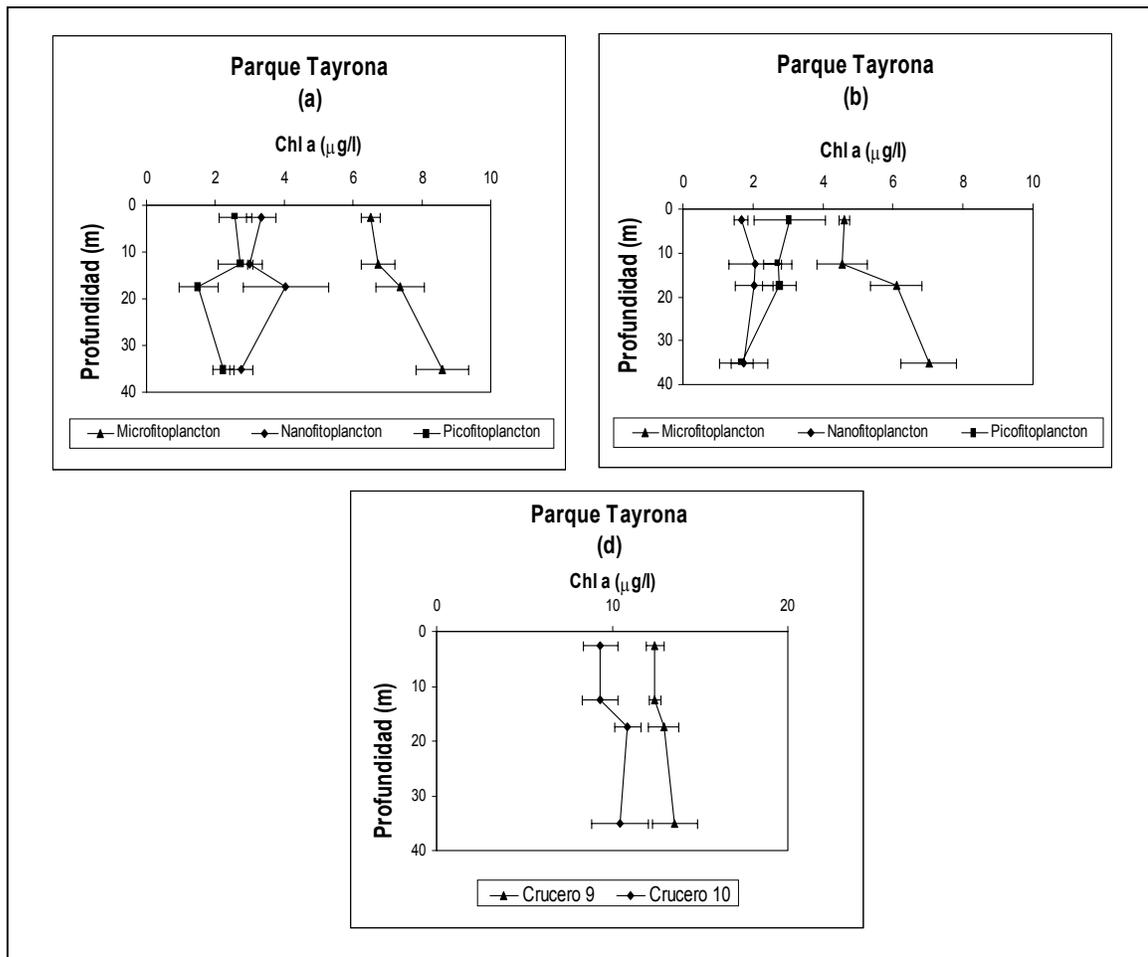


Figura 30. Comportamiento del valor promedio diario de clorofila **a** por profundidad y clase de talla para los cruceros efectuados en el Parque Tayrona durante la época seca. **(a)** crucero 9, **(b)** crucero 10; **(c)** valor en cada crucero de la concentración promedio diaria de Chl **a** en la comunidad fitoplanctónica teniendo en cuenta la profundidad. ( $\square\square$ , error estándar).

tasa de sedimentación es más alta que la presentada por el nanofitoplancton y picofitoplancton, lo que da al microfitoplancton una oportunidad de alcanzar niveles más profundos en la columna de agua y concentraciones más altas de nutrientes cuando la surgencia está ausente; así la biomasa microfitoplanctónica es baja en capas superficiales

donde las clases de talla más pequeñas con su habilidad de permanecer suspendidas en la zona eufótica e inhabilidad para almacenar grandes cantidades de nutrientes, se encuentran comprendiendo el mayor volumen de fitoplancton en las aguas superficiales. Cuando la mezcla vertical o la surgencia ocurren en costas, estuarios o áreas de bahías, se favorece el incremento de biomasa del nano y el picofitoplancton en la población, mientras que el microfitoplancton que se encuentra suspendido regresa a la superficie y a la zona fótica donde son capaces de poblar rápidamente y dominar la población fitoplanctónica. Por esta razón, aunque hubiera ocurrido surgencia en este sector, la presencia de una mayor biomasa fitoplanctónica a los 35 m hace suponer que fueron las capas subsuperficiales las que ascienden, como de hecho se ha propuesto, y que existen capas más profundas con su contenido de nutrientes disponible para los organismos que sean capaces de acceder a ellos. Si dichas capas existen también pudo ser posible que estas células no experimentaran migración desde capas superficiales hacia aguas profundas, sino por el contrario de aguas profundas a un nivel superior que les permitió alcanzar la zona fótica para llevar a cabo sus procesos fotosintéticos.

Continuó la no detección de datos para la glucosa durante algunos de los ciclos diarios de muestreo, clases de talla y/o profundidad. El valor promedio diario de glucosa mostró al picofitoplancton como el de mayor aporte, aunque durante el crucero 10 las concentraciones entre clases de talla fueron comparativamente bajas y equitativas (Tabla 31; Figura 31). Estos valores resultaron superiores a los obtenidos para el sector del GdS durante la misma época climática.

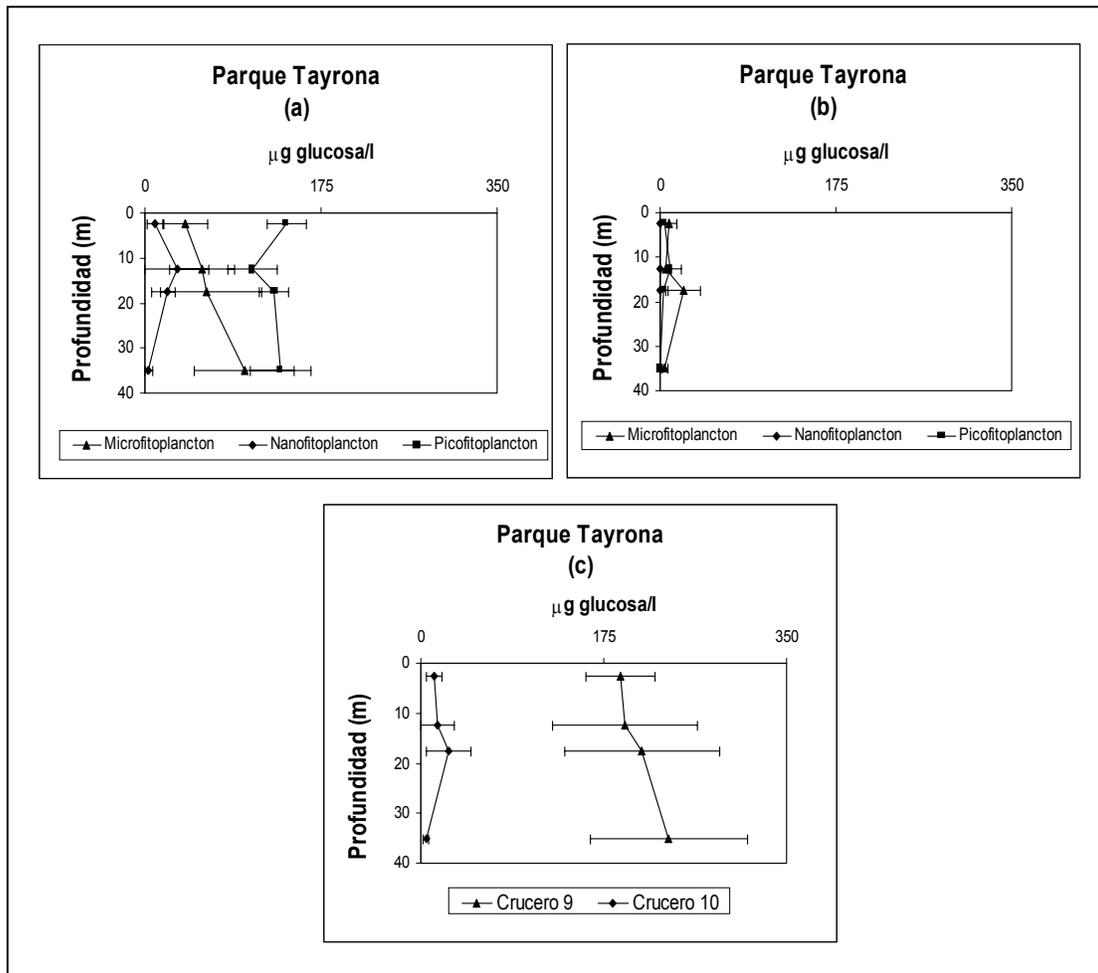


Figura 31. Comportamiento del valor promedio diario de glucosa por profundidad y clase de talla para los cruceros efectuados en el Parque Tayrona durante la época seca. (a) crucero 9, (b) crucero 10; (c) valor en cada crucero de la concentración promedio diaria de glucosa en la comunidad fitoplanctónica teniendo en cuenta la profundidad. (□□, error estándar).

Tabla 31. **a.** Datos brutos de la concentración de carbohidratos ( $\mu\text{g}$  glucosa/l) por profundidad en las clases de talla trabajadas en el ciclo diario de muestreo para el Parque Tayrona durante la época seca; **b.** Valor promedio y error estándar ( $Es_{(xp)}$ ) integrando los valores de los tres ciclos diarios en cada clase de talla y profundidad.

<b>a.</b>	<b>Crucero 9</b>			<b>Crucero 10</b>		
	<b>Amanecer</b> $\mu\text{g}$ glucosa/l	<b>Mañana</b> $\mu\text{g}$ glucosa/l	<b>Atardecer</b> $\mu\text{g}$ glucosa/l	<b>Amanecer</b> $\mu\text{g}$ glucosa/l	<b>Mañana</b> $\mu\text{g}$ glucosa/l	<b>Atardecer</b> $\mu\text{g}$ glucosa/l
<b>Microfitoplancton</b>						
<b>2,5 m</b>	77,90	42,66	0,00	25,74	0,00	0,00
<b>12,5 m</b>	113,15	0,00	56,76	0,00	17,28	0,00
<b>17,5 m</b>	169,54	0,00	14,46	11,64	0,00	57,46
<b>35 m</b>	155,44	0,00	141,35	10,23	4,59	0,00
<b>Nanofitoplancton</b>						
<b>2,5 m</b>	0,00	3,89	27,85	0,00	0,00	0,00
<b>12,5 m</b>	0,00	0,00	95,53	0,00	0,00	0,00
<b>17,5 m</b>	36,31	19,40	12,35	0,00	0,00	0,00
<b>35 m</b>	10,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Picofitoplancton</b>						
<b>2,5 m</b>	165,31	154,74	101,87	0,00	13,05	0,00
<b>12,5 m</b>	101,87	66,62	151,21	0,00	31,38	0,00
<b>17,5 m</b>	154,74	123,02	105,40	0,00	0,00	11,64
<b>35 m</b>	126,54	87,77	189,99	0,00	0,00	0,00

<b>b.</b>	<b>Crucero 9</b>		<b>Crucero 10</b>	
	<b>Promedio</b>	<b><math>Es_{(xp)}</math></b>	<b>Promedio</b>	<b><math>Es_{(xp)}</math></b>
<b>Microfitoplancton</b>				
<b>2,5 m</b>	40,19	22,52	8,58	8,58
<b>12,5 m</b>	56,64	32,66	5,76	5,76
<b>17,5 m</b>	61,33	54,27	23,03	17,54
<b>35 m</b>	98,93	49,63	4,94	2,96
<b>Nanofitoplancton</b>				
<b>2,5 m</b>	10,58	8,71	0,00	0,00
<b>12,5 m</b>	31,84	31,84	0,00	0,00
<b>17,5 m</b>	22,68	7,11	0,00	0,00
<b>35 m</b>	3,65	3,65	0,00	0,00
<b>Picofitoplancton</b>				
<b>2,5 m</b>	140,64	19,62	4,35	4,35
<b>12,5 m</b>	106,57	24,53	10,46	10,46
<b>17,5 m</b>	127,72	14,44	3,88	3,88
<b>35 m</b>	134,77	29,79	0,00	0,00

Para las proteínas se observó al picofitoplancton como el más importante en el aporte de este componente (Tabla 32; Figura 32), y de manera general las concentraciones fueron bastante mayores comparándolas a las reportadas en los cruceros llevados a cabo en todo el estudio. Al no encontrar correlación entre este componente con la Chl **a** o con la glucosa es factible pensar en el aporte de proteínas por ecosistemas adyacentes tales como formaciones coralinas, manglares y praderas de fanerógamas marinas entre otros.

El integrado de la concentración promedio diaria de estos tres componentes bioquímicos en la comunidad fitoplanctónica dejó ver en todos los casos al crucero nueve como el de los mayores valores; sin embargo, se debe tener presente que en este ambiente y época climática solo se efectuaron dos campañas de muestreo. También es de notar la poca variación de estos integrados con la profundidad indicando así una homogeneidad en la columna de agua.

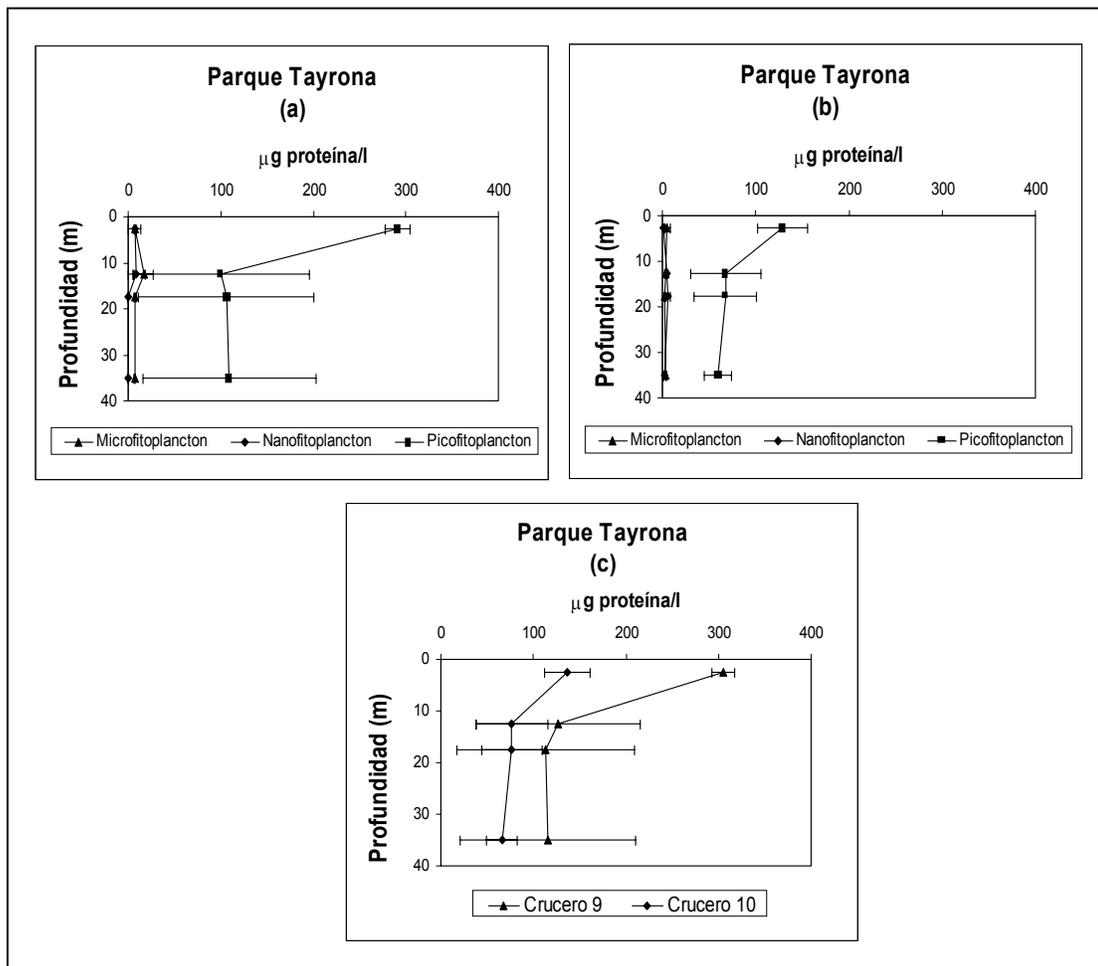


Figura 32. Comportamiento del valor promedio diario de proteína por profundidad y clase de talla para los cruceros efectuados en el Parque Tayrona durante la época seca. **(a)** crucero 9, **(b)** crucero 10; **(c)** valor en cada crucero de la concentración promedio diaria de proteína en la comunidad fitoplanctónica teniendo en cuenta la profundidad. (□□, error estándar).

Tabla 32. **a.** Datos brutos de la concentración de proteínas ( $\mu\text{g}$  proteína/l) por profundidad en las clases de talla trabajadas en el ciclo diario de muestreo para el Parque Tayrona durante la época seca; **b.** Valor promedio y error estándar ( $Es_{(xp)}$ ) integrando los valores de los tres ciclos diarios en cada clase de talla y profundidad.

<b>a.</b>	<b>Crucero 9</b>			<b>Crucero 10</b>		
	<b>Amanecer</b> $\mu\text{g}$ proteína/l	<b>Mañana</b> $\mu\text{g}$ proteína/l	<b>Atardecer</b> $\mu\text{g}$ proteína/l	<b>Amanecer</b> $\mu\text{g}$ proteína/l	<b>Mañana</b> $\mu\text{g}$ proteína/l	<b>Atardecer</b> $\mu\text{g}$ proteína/l
<b>Microfitoplancton</b>						
<b>2,5 m</b>	6,27	5,18	10,00	1,90	11,75	2,12
<b>12,5 m</b>	5,40	37,14	7,59	1,90	2,12	6,27
<b>17,5 m</b>	5,84	6,49	9,78	2,99	2,99	2,55
<b>35 m</b>	5,40	6,27	8,90	0,00	5,62	4,30
<b>Nanofitoplancton</b>						
<b>2,5 m</b>	0,15	20,94	0,00	2,12	1,90	1,24
<b>12,5 m</b>	0,00	27,29	0,00	6,93	2,99	4,09
<b>17,5 m</b>	0,00	0,00	0,00	7,15	9,12	1,68
<b>35 m</b>	0,15	0,00	0,00	0,58	3,87	3,65
<b>Picofitoplancton</b>						
<b>2,5 m</b>	317,33	282,31	273,55	180,96	93,40	113,10
<b>12,5 m</b>	0,00	10,87	291,07	130,61	0,00	74,79
<b>17,5 m</b>	19,63	2,55	295,44	117,48	3,21	82,45
<b>35 m</b>	32,11	0,00	295,44	33,86	61,66	84,64

<b>b.</b>	<b>Crucero 9</b>		<b>Crucero 10</b>	
	<b>Promedio</b>	<b><math>Es_{(xp)}</math></b>	<b>Promedio</b>	<b><math>Es_{(xp)}</math></b>
<b>Microfitoplancton</b>				
<b>2,5 m</b>	7,15	1,46	5,25	3,25
<b>12,5 m</b>	16,71	10,24	3,43	1,42
<b>17,5 m</b>	7,37	1,22	2,85	0,15
<b>35 m</b>	6,86	1,05	3,31	1,70
<b>Nanofitoplancton</b>				
<b>2,5 m</b>	7,03	6,96	1,75	0,26
<b>12,5 m</b>	9,10	9,10	4,67	1,17
<b>17,5 m</b>	0,00	0,00	5,98	2,23
<b>35 m</b>	0,05	0,05	2,70	1,06
<b>Picofitoplancton</b>				
<b>2,5 m</b>	291,07	13,38	129,15	26,52
<b>12,5 m</b>	100,65	95,26	68,47	37,84
<b>17,5 m</b>	105,88	94,91	67,71	33,80
<b>35 m</b>	109,18	93,59	60,05	14,68

La correlación momento-producto de Pearson entre los tres componentes bioquímicos de la misma clase de talla y profundidad en cada crucero se presentan en la Tabla 33. Para este caso la Chl a y la glucosa presentaron relación directa en el micro y nanofitoplancton, con lo que se deduce que estas clases de talla estuvieron constituidas principalmente por biomasa fitoplanctónica y no por material detrítico no fotosintético, cumpliendo así con la principal función propuesta por Camps y Arias (1966), es decir, producción de glucosa. Para los otros pares de componentes no se observó correlación alguna por lo que se pudo deducir que las proteínas se debieron principalmente a material detrítico no fotosintético; es por esta misma razón que la glucosa no se relacionó con las proteínas.

Tabla 33. Resultados de la correlación momento-producto de Pearson entre los componentes bioquímicos trabajados teniendo en cuenta los valores respectivos de las mismas clases de talla para toda la columna de agua durante los cruceros realizados en el Parque Tayrona en la época seca. **r** (coeficiente de correlación), **v-p** (valor p), número de pares de datos 8. (\* denota correlación significativa al 95% de confianza).

Clase de talla	Componentes	r	v-p
Microfitoplancton	Chl a - glucosa	0,811 *	0,014 *
Microfitoplancton	Chl a - proteínas	0,281	0,499
Microfitoplancton	Glucosa - proteínas	0,506	0,200
Nanofitoplancton	Chl a - glucosa	0,758 *	0,029 *
Nanofitoplancton	Chl a - proteínas	-0,018	0,964
Nanofitoplancton	Glucosa - proteínas	0,331	0,422
Picofitoplancton	Chl a - glucosa	-0,288	0,487
Picofitoplancton	Chl a - proteínas	0,185	0,660
Picofitoplancton	Glucosa - proteínas	0,573	0,137

El valor promedio diario de las clases de talla integradas, teniendo en cuenta la profundidad, se presentan en la Tabla 34. La correlación momento-producto de Pearson entre los parámetros fisicoquímicos y el valor promedio diario de las clases de talla integradas teniendo en cuenta la profundidad (Tabla 35), indicaron una relación directa

Tabla 34. Concentración de **a.** clorofila **a** ( $\mu\text{g Chl a/l}$ ), **b.** glucosa ( $\mu\text{g glucosa/l}$ ) y **c.** proteínas ( $\mu\text{g proteína/l}$ ) integrando los valores de las clases de talla en cada profundidad en los ciclos diarios de muestreo realizados en el Parque Tayrona durante la época seca.

a.	Crucero 9			Crucero 10		
	Amanecer	Mañana	Atardecer	Amanecer	Mañana	Atardecer
	Chl a ( $\mu\text{g/l}$ )					
<b>Profundidad</b>						
<b>2,5 m</b>	12,20	11,67	13,40	9,44	7,58	10,97
<b>12,5 m</b>	12,09	12,15	13,07	9,26	11,13	7,58
<b>17,5 m</b>	11,25	14,21	13,30	10,21	12,43	10,03
<b>35 m</b>	13,32	11,44	15,95	8,22	13,52	9,58

b.	Crucero 9			Crucero 10		
	Amanecer	Mañana	Atardecer	Amanecer	Mañana	Atardecer
	$\mu\text{g glucosa/l}$					
<b>Profundidad</b>						
<b>2,5 m</b>	243,22	201,28	129,72	25,74	13,05	0,00
<b>12,5 m</b>	215,02	66,62	303,50	0,00	48,66	0,00
<b>17,5 m</b>	360,59	142,41	132,20	11,64	0,00	69,10
<b>35 m</b>	292,92	87,77	331,33	10,23	4,59	0,00

c.	Crucero 9			Crucero 10		
	Amanecer	Mañana	Atardecer	Amanecer	Mañana	Atardecer
	$\mu\text{g proteína/l}$					
<b>Profundidad</b>						
<b>2,5 m</b>	323,75	308,43	283,55	184,97	107,04	116,45
<b>12,5 m</b>	5,40	75,30	298,65	139,44	5,11	85,15
<b>17,5 m</b>	25,46	9,05	305,22	127,62	15,32	86,68
<b>35 m</b>	37,65	6,27	304,35	34,44	71,14	92,59

entre la Chl a-pH y glucosa-pH, proponiendo nuevamente al pH como un factor importante de manera directa o indirecta en la cantidad de glucosa, así como ocurrió para la época lluviosa. Es factible que la correlación entre la Chl a y el pH sea debida a los procesos de fotosíntesis y respiración en los cuales respectivamente se libera o absorbe CO<sub>2</sub> aumentando o disminuyendo ligeramente el pH. Sin embargo, como ya se mencionó, la biomasa fitoplanctónica para esta época fue la más baja de todo el estudio, esto se ve reflejado por las bajas concentraciones de Chl a; por tal razón el efecto que pudo causar la actividad fitoplanctónica no debió alterar sustancialmente los valores de pH.

Tabla 35. Resultados de la correlación momento-producto de Pearson entre los componentes bioquímicos trabajados y los parámetros fisicoquímicos para toda la columna de agua durante los cruceros realizados en el Parque Tayrona en la época seca. **r** (coeficiente de correlación), **v-p** (valor p), número de pares de datos 24. (\* denota correlación significativa al 95% de confianza).

<b>Componentes</b>	<b>r</b>	<b>v-p</b>
<b>Chl a - temperatura</b>	0,233	0,272
<b>Chl a - pH</b>	0,710 *	0,00009 *
<b>Chl a - salinidad</b>	-0,297	0,157
<b>Chl a - % saturación O.D</b>	-0,118	0,580
<b>Chl a - seston total</b>	-0,255	0,228
<b>Chl a - densidad</b>	-0,233	0,273
<b>Glucosa - temperatura</b>	0,080	0,710
<b>Glucosa - pH</b>	0,797 *	0,000003 *
<b>Glucosa - salinidad</b>	-0,396	0,055
<b>Glucosa - % saturación O.D</b>	0,470 *	0,020 *
<b>Glucosa - seston total</b>	-0,074	0,728
<b>Glucosa - densidad</b>	-0,235	0,267
<b>Proteínas - temperatura</b>	0,235	0,268
<b>Proteínas - pH</b>	0,317	0,131
<b>Proteínas - salinidad</b>	-0,203	0,339
<b>Proteínas - % saturación O.D</b>	0,074	0,728
<b>Proteínas - seston total</b>	-0,125	0,560
<b>Proteínas - densidad</b>	-0,385	0,630

La glucosa también presentó relación directa con el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto. Benner *et al.* (1992), encontraron relación inversa entre estos factores debida al consumo que sufren los carbohidratos durante la degradación de la materia orgánica, por lo que en este caso se puede pensar en que el contenido de glucosa no está siendo degradado eficazmente o que esta glucosa se haya originado de material estructural del fitoplancton como puede deducirse de la correlación directa que se observó entre Chl *a* y glucosa en las clases de talla correspondientes al micro y nanofitoplancton.

De las Figuras 27 a 32 se observaron algunas diferencias exhibidas en el comportamiento gráfico de la concentración de los componentes bioquímicos entre los cruceros de un mismo ambiente para esta época climática; mediante una prueba Wilcoxon para muestras pareadas empleando el valor de la concentración promedio diaria en cada profundidad para la comunidad fitoplanctónica se observó que la diferencia entre estos continuó pero el componente bioquímico proteico causó la menor variación de los cruceros al contrario de lo sucedido en la época lluviosa, en especial para el sector del GdS (Tabla 36). La realización de solo dos campañas de muestreo en el PNNT hace difícil definir comportamientos por pares de cruceros, sin embargo, para estos dos se presentaron diferencias entre todos los componentes bioquímicos trabajados en el estudio.

Tabla 36. Resultado de la prueba Wilcoxon para muestras pareadas entre los componentes bioquímicos de la comunidad fitoplanctónica para los cruceros efectuados en ambos ambientes oceanográficos durante la época Seca. **v-p** (valor p), número de pares de datos 4. (\* denota aquellos pares de cruceros caracterizados por presentar diferencias significativas al 95% de confianza).

Pares de cruceros	Chl a	Glucosa	Proteínas
	v-p	v-p	v-p
<b>Golfo de Salamanca</b>			
<b>7 y 8</b>	0,067*	0,144	1,000
<b>7 y 11</b>	0,715	1,000	0,465
<b>8 y 11</b>	0,067*	0,067*	0,715
<b>Parque Tayrona</b>			
<b>9 y 10</b>	0,067*	0,067*	0,067*

El desconocimiento, falta de interés o lo nuevo de la rama en estudios sobre ecología bioquímica en el país lleva a una carencia de datos con los que se puedan establecer comparaciones. Valoraciones de la comunidad fitoplanctónica en términos de biomasa por Chl **a** se han desarrollado en algunas pocas áreas marinas de la región Caribe colombiana, sin embargo, para estaciones cercanas a las seleccionadas en este estudio solo se cuenta con datos reportados por Castro (1998). En cuanto a valoraciones en términos de glucosa y proteínas son nulos los trabajos para esta región y mucho más para los tres componentes en conjunto. Por lo tanto, en la Tabla 37 se presentan reportes de diversos autores que involucran dos o los tres componentes bioquímicos trabajados para regiones oceanográficamente distintas a la región Caribe colombiana pero que por el momento son las únicas herramientas que se poseen para poder inferir sobre el comportamiento de los valores obtenidos en este estudio. Sin embargo, se deben tener en cuenta dos aspectos y manejarlos cuidadosamente al tratar de establecer comparaciones, el primero hace referencia al método de valoración empleado el cual se

Tabla 37. Reportes a nivel mundial de concentraciones de los componentes bioquímicos trabajados en el presente estudio. Los resultados pertenecientes a este estudio corresponden al mayor y menor valor promedio obtenido para la comunidad fitoplanctónica integrando los ciclos diarios de muestreo de cada crucero.

Autor (año)	Localidad y año del estudio	$\mu\text{g Chl a/l}$	$\mu\text{g glucosa/l}$	$\mu\text{g proteína/l}$
<b>Camps y Arias (1966)</b>	Puerto de Barcelona-España en 1964		18,0	86,0
	Atmella de Mar-España en 1964		117,0	93,7
<b>Okuda <i>et al.</i> (1968)</b>	Laguna Grande del Obispo-Venezuela			46 $\mu\text{g/l}$ de NOP
	Bahía de Mochima-Venezuela			48 $\mu\text{g/l}$ de NOP
<b>Okuda <i>et al.</i> (1969)</b>	Fosa de Cariaco-Venezuela			42 $\mu\text{g/l}$ de NOP
<b>Benítez (1972)</b>	Golfo de Cariaco-Venezuela			68 $\mu\text{g/l}$ de NOP
<b>Bonilla y Benítez (1972)</b>	Laguna Las Maritas-Venezuela			70 $\mu\text{g/l}$ de NOP
<b>Benítez y Okuda (1976)</b>	Golfo de Paria-Venezuela en 1973-74			26 $\mu\text{g/l}$ de NOP
<b>Arias y Durán (1984)</b>	Bahía de Cartagena-Colombia (75°W, 12°N)	0,20 - 19,25		
<b>Rodríguez y Varela (1987)</b>	Plataforma continental de Venezuela (70°W, 12°N)	0,1 - 5,2		
<b>Lechuga <i>et al.</i> (1989a)</b>	Costa oeste de Portugal en 1981	0,5	120,1	57,5
	Golfo de California en 1984	1,0	77,2	67,1
	Costa occidental de Baja California en 1985	0,2	120,0	53,3
<b>Lechuga <i>et al.</i> (1989b)</b>	Costa occidental de Baja California en 1987	0,92	148,15	155,9
<b>Gualteros <i>et al.</i> (1992)</b>	Parque Islas del Rosario-Colombia (75°W, 10°N)	0,1 - 0,8		
<b>Pakulski y Benner (1994)</b>	Pacífico ecuatorial (20°S, 140°W)		1,1 - 7,8 $\mu\text{M C}$	
	Pacífico Norte (22,5°N, 158°W)		0,8 - 6,1 $\mu\text{M C}$	
	Golfo de México (27,9°N, 95,4°W)		2,3 - 9,3 $\mu\text{M C}$	
	Atlántico Norte (31,7°N, 64,2°W)		2,4 - 6,1 $\mu\text{M C}$	
	Península Antártica (64,2°S, 61,3°W)		1,0 - 5,6 $\mu\text{M C}$	
<b>Blanchi <i>et al.</i> (1995)</b>	Golfo de México (90°W, 28°N)	0,15 - 2,85		
<b>Duarte (1996)</b>	Plataforma continental de la Guajira-Colombia (71°W, 13°N)	0,76 - 1,52		



relaciona estrechamente con los valores obtenidos además de las unidades en las que se reportan finalmente los datos y el segundo implica el hecho que los resultados en su mayoría no vienen dados en rangos sino en un único valor.

De esta manera se observó que las concentraciones de Chl **a** en general estuvieron por encima de los valores reportados por otros autores, aunque el mayor rango dado por Arias y Duran (1984) en la Bahía de Cartagena se asemeja bastante al mayor rango obtenido para el GdS durante la época seca; de igual manera valores altos dados por Philips y Badylak (1996) en la Bahía de Florida resultan por encima de los reportados en este estudio para ambos ambientes durante la época seca. En el caso de la glucosa y las proteínas los valores se hacen más comparables, si se toman las menores concentraciones encontradas en este estudio la tendencia es a obtener valores más bajos a los reportados en esta tabla; por el contrario si se toman las mayores concentraciones los valores en general resultan superiores a los encontrados en otros estudios.

### 3.3. COMPONENTE BIÓTICO

A continuación se presenta la ubicación taxonómica hasta el nivel de género de los individuos microfitoplanctónicos encontrados a lo largo del presente estudio, esta se obtuvo siguiendo los trabajos de Chrétiennot-Dinet *et al.* (1993) y Ruíz (1999). En total se encontraron 41 géneros distribuidos en 26 familias, el registro gráfico de estos se encuentra en la sección de anexos.

#### División HETEROKONTOPHYTA

Clase DIATOMOPHYCEAE Rabenhorst 1864

Orden Centrales Schütt 1896

Familia Coscinodiscaceae Kützing 1844

Género *Coscinodiscus* Ehrenberg emend. Rattray 1890

Familia Thalassiosiraceae Lebour emend. Hasle 1973

Género *Skeletonema* Greville 1865

Familia Eupodiscaceae Kützing 1849

Género *Odontella* C. Agardh 1832

Familia Biddulphiaceae Kützing 1844

Género *Hemiaulus* Ehrenberg

Familia Lithodesmiaceae H. Peragallo et M. Peragallo 1897-1908

Género *Lithodesmium* Ehrenberg 1840

Familia Chaetoceraceae

Género *Chaetoceros* Ehrenberg 1844

*Bacteriastrum* Shadbolt 1854

Familia Leptocylindraceae Lebour 1930

Género *Corethron* Castracane 1886

*Leptocylindrus* Cleve 1889

Familia Rhizosoleniaceae Petit 1888

Género *Rhizosolenia* Ehrenberg emend. Brightwell 1858

*Guinardia* H. Peragallo 1892

*Calyptrella*

Orden Pennales Schütt 1896

Familia Fragilariaceae Dumortier 1823

Género *Dimerogramma* Ralfs in Pritchard 1861

*Asterionella* Hassall 1855

*Synedra* Ehrenberg 1830

*Thalassiotrix* Cleve et Grunow 1880

*Thalassionema* Grunow in van Heurck 1881

*Licmophora* C. Agardh 1827

*Grammatophora* Ehrenberg 1840

*Neodelphineis* Takano 1982

Familia Eunotiaceae

Género *Eunotia* Ehrenberg 1837

Familia Naviculaceae Kützing 1844

Género *Navicula* J. B. M. Bory emend. Cox 1979

*Trachyneis* Cleve 1894

Familia Cymbellaceae Kützing 1844

Género *Amphora* Ehrenberg 1840

Familia Nitzschiaceae Grunow 1860

Género *Nitzschia* Hassall 1845

*Cylindrotheca* Rabenhorst 1964

*Pseudonitzschia*

Clase DICTYOCOPHYCEAE Silva 1980

Orden Dictyochales Haeckel 1894

Familia Dictyochaceae Lemmermann 1901

Género *Dictyocha* Ehrenberg 1837

### **División DINOPHYTA**

Clase DINOPHYCEAE G. S. West et Fritsch 1927

Orden Peridinales Haeckel 1894

Familia Ceratiaceae Kofoid 1907

Género *Ceratium* Schrank 1793

Familia Gonyaulacaceae Lindemann 1928

Género *Gonyaulax* Diesing 1866

Familia Peridiniaceae Ehrenberg 1828

Género *Protoperdinium* Bergh 1881

Familia Pyrophacaceae Lindemann 1928

Género *Pyrophacus* Stein 1883

Familia Oxytoxaceae Lindemann 1928

Género *Oxytoxum* Stein 1883

Orden Prorocentrales Lemmermann 1910

Familia Prorocentraceae Stein 1883

Género *Prorocentrum* Ehrenberg 1834

Orden Dinophysales Lindemann 1928

Familia Dinophysaceae Stein 1883

Género *Amphisolenia* Stein 1883

### **División CIANOPHYTA**

Orden Chroococcales Wettstein 1924

Familia Microcystaceae Elenk 1933

Género *Merismopedia* Meyen 1839

Orden Nostococales Borzi 1914

Familia Nostocaceae Dumort 1829

Género *Anabaena* Bory ex Born & Flah 1886

*Nostoc*

Orden Oscillatoriales Elenk 1934

Familia Oscillatoriaceae (S. F. Gray) Harv. y Kirchn 1892

Género *Oscillatoria* Vaucher ex Gomont 1893

### **División CHLOROPHYTA**

Clase CHLOROPHYCEAE Wille sensu Silva 1982

Orden Zygnematales

Familia Desmidiaceae

Género *Staurastrum* Meyen 1829

## Orden Chlorococcales

### Familia Scenedesmaceae

#### Género *Scenedesmus* Meyen 1829

#### **3.3.1. Cruceros época lluviosa**

Las densidades brutas de los cruceros individuales agrupados en épocas climáticas y ambientes oceanográficos se consignaron en la sección de anexos.

##### **3.3.1.1. Golfo de Salamanca**

Estos cruceros se caracterizaron por presentar comparativamente la mayor densidad total promedio de individuos con un valor de 1030 cél/l con un error estándar de 439 cél/l. En total durante estos cruceros se contabilizaron 30 géneros distribuidos en 23 familias: 8 de diatomeas centrales, 5 de diatomeas pennadas, 1 de dictiocales, 4 de dinoflagelados, 4 de cianófitas y 1 de clorófitas (Tabla 38); en su mayoría pertenecientes a ambientes marinos, aunque dada la alta influencia de aguas continentales de este sector no fue extraño encontrar géneros de agua dulce o estuarina como *Scenedesmus*, *Anabaena*, *Nostoc*, *Merismopedia* y *Neodelphineis* pero con abundancias relativamente bajas.

El mayor número de géneros fue aportado por la familia Fragilariaceae, seis en total, este grupo solo alcanzó el 2,06% en abundancia relativa. El género de mayor abundancia fue *Chaetoceros* el cual alcanzó una abundancia relativa del 71,19%, este género pertenece a la familia Chaetoceraceae que a su vez se convirtió en el grupo más abundante con el

76,28%. Le siguieron en abundancia los géneros *Skeletonema* y *Bacteriastrium* (Anexo A).

Tabla 38. Abundancias relativas de las familias encontradas para los cruceros efectuados en el GdS durante la época lluviosa.

<b>Grupo</b>	<b>Familia</b>	<b>Abundancia relativa</b>
<b>Diatomeas centrales</b>	Coscinodiscaceae	0,04
	Thalassiosiraceae	12,91
	Eupodiscaceae	0,03
	Biddulphiaceae	0,48
	Chaetoceraceae	76,28
	Leptocylindraceae	0,04
	Rhizosoleniaceae	3,19
<b>Diatomeas pennadas</b>	Fragilariaceae	2,06
	Naviculaceae	0,44
	Cymbellaceae	0,01
	Nitzschiaceae	3,70
	Dictyochaceae	0,02
<b>Dinoflagelados</b>	Ceratiaceae	0,02
	Gonyaulacaceae	0,05
	Peridiniaceae	0,02
	Pyrophacaceae	0,05
<b>Cianófitas</b>	Mycrocystaceae	0,04
	Nostocaceae	0,37
	Oscillatoriaceae	0,02
<b>Clorófitas</b>	Scenedesmaceae	0,06

En Calderón (1979) se pone de manifiesto la preferencia del género *Chaetoceros* por las aguas más saladas. Los valores de salinidad reportados en el presente estudio para este sector resultaron un poco elevados teniendo en cuenta el aporte de aguas continentales incrementado en la época en cuestión y aunque en esta área se reportaron las mayores abundancias para este género, en comparación con el PNNT, no se pudo constatar que este sea el caso propuesto por dicho autor; sin embargo, Peña (1997) afirma que

*Chaetoceros* tiene preferencia por aguas salobres, además el estar ornamentados con largas setas le favorecen en la formación de colonias no siendo raro encontrarlo en toda la columna de agua (Waite 1996). Es importante resaltar que este género también fue observado en fase de esporulación principalmente en las profundidades de 12,5 y 17,5 m. Para Bougis (1976) y Pitcher (1986) esta observación puede deberse a la relativamente alta tasa de sedimentación de las esporas que las tiende a acumular en el fondo del mar siendo resuspendidas solo durante surgencias fuertes, aunque este último hecho no fue observado en el presente estudio ya que estas fases no se reportaron en el transcurso de la época seca. La aparición de estas endosporas o estados de latencia se asocian generalmente a condiciones medio ambientales adversas (Bougis 1976; Balech 1977) que en este caso debieron estar relacionadas con el constante cambio osmótico al que se vio sometida la comunidad planctónica del sector resultado de la permanente mezcla de aguas marinas y continentales.

Las mayores abundancias se encontraron en los ciclos del amanecer y atardecer, horas en que la intensidad lumínica es menor y hacia las profundidades de 2,5 y 12,5 m, estas mismas profundidades correspondieron en general a las de mayor aporte de Chl **a**. La cantidad máxima de fitoplancton raramente se encuentra cerca de la superficie ubicándose normalmente entre los 5 y 25 m de profundidad esto debido a que la fotosíntesis es directamente proporcional a la intensidad lumínica pero solo hasta un límite en el que las plantas comienzan a saturarse de luz y un aumento ulterior no produce un incremento paralelo en la fotosíntesis (Koblents-Mishke 1973, En: Vinogradov 1993; Tait 1987).

### 3.3.1.2. Parque Tayrona

La densidad total promedio de individuos para estos cruceros fue de 670 cél/l con un error estándar de 229 cél/l. En comparación con las demás campañas de muestreo efectuadas estas se caracterizaron por presentar el mayor número de géneros, 34 en total, distribuidos en 22 familias: 7 de diatomeas centrales, 5 de diatomeas pennadas, 1 de dictiocales, 6 de dinoflagelados, 2 de cianófitas y 1 de clorófitas (Tabla 39). Corchuelo y Moreno (1983) y Castillo (1984) proponen que las diatomeas parecen estar mejor adaptadas a los ambientes costeros que a los oceánicos; pero en este caso se observó que esta afirmación fue cierta solo en términos del número de individuos obtenidos y no de la cantidad de géneros. Aunque esta zona presenta aguas de características oceánicas también se observaron géneros de aguas dulces o estuarinas como *Staurastrum*, *Nostoc* y *Neodelphineis* provenientes ya sea de los pequeños ríos que desembocan en el sector o por efecto del acarreo desde aguas provenientes de la CGSM o del río Magdalena a consecuencia de la contracorriente Panamá-Colombia que actúa en esta época climática. La relativa alta contribución de los dinoflagelados a la densidad total promedio de individuos puede ser indicio de las características oceánicas de estas aguas ya que estos se encuentran mejor adaptados a ese tipo de agua como lo propone Peña (1997). Margalef (1986) argumenta que entre las características de las diatomeas es ser dominantes en aguas turbulentas y ricas en elementos nutritivos, como es el caso del GdS, mientras que organismos cuyas características los acerquen a los dinoflagelados formarán la mayor parte de las poblaciones en aguas estratificadas y pobres en nutrientes, como en el PNNT; además aunque no se presenten corrientes de ascenso o surgencias fuertes los dinoflagelados son capaces de mantenerse en la columna de agua gracias al movimiento de sus flagelos evitando su precipitación al fondo del mar (Mogollón 1996).

Tabla 39. Abundancias relativas de las familias encontradas para los cruceros efectuados en el PNNT durante la época lluviosa.

Grupo	Familia	Abundancia relativa
<b>Diatomeas centrales</b>	Coscinodiscaceae	0,33
	Thalassiosiraceae	29,01
	Eupodiscaceae	0,41
	Chaetoceraceae	55,53
	Leptocylindraceae	0,17
	Rhizosoleniaceae	1,64
<b>Diatomeas pennadas</b>	Fragilariaceae	6,64
	Eunotiaceae	0,05
	Naviculaceae	0,47
	Cymbellaceae	0,05
	Nitzschiaceae	5,12
	Dictyochaceae	0,03
<b>Dinoflagelados</b>	Ceratiaceae	0,12
	Gonyaulacaceae	0,05
	Peridiniaceae	0,20
	Pyrophacaceae	0,03
	Oxytoxaceae	0,02
	Prorocentraceae	0,02
<b>Cianófitas</b>	Nostocaceae	0,02
	Oscillatoriaceae	0,06
<b>Clorófitas</b>	Desmidiaceae	0,02

La familia Fragilariaceae continuó aportando el mayor número de géneros, siete en total, alcanzando un mayor aporte en términos de porcentaje con respecto al GdS. El género *Chaetoceros* apareció nuevamente como el más predominante con una abundancia relativa del 49,46%, seguido en su orden por los géneros *Skeletonema*, *Bacteriastrium* y *Pseudonitzschia* (Anexo B).

Para Peña (1997) los silicoflagelados, representados en este estudio por un bajo porcentaje del género *Dictyocha*, son propios de ambientes oceánicos, el aumento en su densidad puede verse favorecido por variables fisicoquímicas como salinidad, oxígeno disuelto, corrientes de marea y temperatura ya que estas especies prefieren aguas cálidas

(Avaria 1965). En general permanecieron los ciclos de muestreo del amanecer y atardecer como los de mayores abundancias, de igual manera en las profundidades de 2,5 y 12,5 m.

Se determinó si existían o no correlaciones entre la densidad de individuos del microfitoplancton contra los componentes bioquímicos mediante una correlación momento-producto de Pearson (Tabla 40). Se debe tener en cuenta que, según la metodología empleada, el tamaño del fitoplancton en el componente biológico fue mayor a 55  $\mu\text{m}$  mientras que el empleado en el componente bioquímico fue mayor a 20  $\mu\text{m}$  por lo que este pequeño margen de tallas pudo causar interferencia subestimando la densidad microfitoplanctónica.

Tabla 40. Resultados de la correlación momento-producto de Pearson entre los componentes bioquímicos y la densidad de individuos microfitoplanctónicos trabajados durante la época lluviosa. **r** (coeficiente de correlación), **v-p** (valor p), número de pares de datos 36. (\* denota correlación significativa al 95% de confianza).

<b>Ambiente oceanográfico</b>	<b>Componentes</b>	<b>r</b>	<b>v-p</b>
<b>Golfo de Salamanca</b>	<b>Densidad - Chl a</b>	0,431 *	0,008 *
	<b>Densidad - glucosa</b>	- 0,037	0,826
	<b>Densidad - proteínas</b>	-0,191	0,262
<b>Parque Tayrona</b>	<b>Densidad - Chl a</b>	0,328	0,050
	<b>Densidad - glucosa</b>	0,388 *	0,019 *
	<b>Densidad - proteínas</b>	0,048	0,780

Se observó que en esta época climática la densidad de individuos del microfitoplancton estuvo correlacionada de manera directa con la concentración de Chl a encontrada para dicha clase de talla en el GdS; mientras que en el PNNT la correlación encontrada fue entre la densidad de individuos y la glucosa aunque al traer a mención la parte del

componente bioquímico, se recordará que en este último sector no se obtuvo correlación alguna entre la Chl a y la glucosa (Tabla 20). Este hecho pudo en parte ser explicado por el margen de tallas antes explicado.

Parece ser que en el GdS el microfitoplancton es la clase de talla de mayor contribución en términos de biomasa y quizás nutricionales. Numerosos estudios han establecido la importancia de microorganismos menores o iguales a 2  $\mu\text{m}$  en tamaño en el flujo de energía y reciclamiento de nutrientes en los ecosistemas planctónicos marinos. El nanoplancton y el picoplancton fotosintético contribuyen significativamente a la biomasa y producción del fitoplancton, mientras que el no fotosintético es un instrumento en la transformación y remineralización del carbono y de los nutrientes (Caron *et al.* 1999). Los valores en las concentraciones de Chl a encontrados para el nanofitoplancton y el picofitoplancton por lo general fueron bastante inferiores a los del microfitoplancton en las capas superiores; sin embargo, en las capas inferiores (17,5 y 35 m) las concentraciones se hacen relativamente similares y es aquí donde dichas clases de talla agrupadas puedan ser el principal sustento trófico en la columna de agua. Kiorboe (1993) estudió la relación entre el tamaño y la tasa de fotosíntesis, este autor propone que a altas intensidades de luz la tasa fotosintética puede ser inhibida pero esto no se convierte en una razón *a priori* del porque las células grandes pueden estar mejor adaptadas a una fluctuación de luz que las células pequeñas, aunque estas puedan tener un amplio rango de intensidades de luz a las cuales su tasa fotosintética sea alta; sin embargo, estas diferencias aparentemente independientes del tamaño difieren entre los grupos taxonómicos y las diatomeas parecen estar particularmente bien adaptadas a las fluctuaciones de la luz siendo presumiblemente una adaptación secundaria a las características turbulentas del medio ambiente de las diatomeas y no es *per se* una

explicación a la dominancia de estas en dichos ambientes. Las consideraciones de este mismo autor demuestran que el tamaño pequeño en el fitoplancton es siempre superior al grande en términos de toma de nutrientes y captación de luz, pero el tamaño grande se ve compensado por un riesgo menor de ser consumido a causa del considerable intervalo en la respuesta numérica de sus predadores principalmente del mesozooplancton.

### **3.3.2. Cruceros época seca**

#### **3.3.2.1. Golfo de Salamanca**

Las unidades básicas de una comunidad están representadas por las especies cuyas interrelaciones le otorgan una cierta estructura la cual se ve afectada por diversos factores que alteran las relaciones cualitativas y cuantitativas del conjunto. Una comunidad fitoplanctónica es susceptible de experimentar cambios en su microambiente surgiendo numerosas fluctuaciones cuyo resultado es la respuesta integral a las alteraciones del medio así como a diversos factores intrínsecos propios de las mismas especies u organismos (Santoyo y Signoret 1977).

Esta variabilidad del fitoplancton se evidenció en la disminución bastante considerable en el número de géneros y sus abundancias para ambos ambientes oceanográficos presentándose para este caso 20 géneros distribuidos en 16 familias: 6 de diatomeas centrales, 4 de diatomeas pennadas, 1 de dictiocales, 4 de dinoflagelados y 1 de cianófitas (Tabla 41). La densidad total promedio de individuos fue de 40 cél/l con un error estándar de 8 cél/l. Otro aspecto importante fue la disminución de géneros de aguas dulces o estuarinas.

La familia Nitzschiaceae se convirtió en la de mayor aporte en el número de géneros, tres en total. Continuó el género *Chaetoceros* como el más predominante con una abundancia relativa del 48,34%, seguido por *Pseunonitzschia* y *Guinardia* (Anexo C). Como anteriormente se había anotado, para esta época climática los individuos en esporulación del género *Chaetoceros* no fueron observados.

Tabla 41. Abundancias relativas de las familias encontradas para los cruceros efectuados en el GdS durante la época seca.

<b>Grupo</b>	<b>Familia</b>	<b>Abundancia relativa</b>
<b>Diatomeas centrales</b>	Coscinodiscaceae	0,50
	Eupodiscaceae	0,60
	Biddulphiaceae	0,92
	Chaetoceraceae	48,60
	Leptocylindraceae	2,11
	Rhizosoleniaceae	12,57
<b>Diatomeas pennadas</b>	Fragilariaceae	3,38
	Naviculaceae	1,82
	Nitzschiaceae	27,42
	Dictyochaceae	0,29
<b>Dinoflagelados</b>	Gonyaulacaceae	0,54
	Peridiniaceae	0,35
	Prorocentraceae	0,29
	Amphisoleniaceae	0,25
<b>Cianófitas</b>	Oscillatoriaceae	0,35

A diferencia de la época climática lluviosa no fue claro durante que ciclo diario de muestreo se presentaron las mayores abundancias ya que para cada crucero individual estas se ubicaron en diferentes ciclos e incluso se dio la ausencia de individuos en algunas de las alícuotas observadas sin concluir que su densidad fuera cero, ya que como se indicó en la metodología, la totalidad de la muestra no fue observada. En general, en las profundidades de 12,5 y 17,5 m se presentó la tendencia de ubicarse las mayores abundancias.

### 3.3.2.2. Parque Tayrona

Un total de 9 géneros distribuidos en 5 familias: 2 de diatomeas centrales y 3 de diatomeas pennadas (Tabla 43), hacen de este ambiente y época climática el de menor diversidad teniendo en cuenta a esta categoría taxonómica. La densidad total promedio para el sector fue de 8 cél/l con un error estándar de 3 cél/l. Caicedo (1977) afirma que para la zona del PNNT, refiriéndose a la Bahía de Nenguange, el fitoplancton suele ser pobre la mayor parte del año pero en época de lluvias se presenta una gran abundancia tanto cualitativa como cuantitativa; así la época seca se caracteriza por la presencia de tricomas de cianófitas de los géneros *Oscillatoria* y *Porphyrosiphon*, además de diatomeas de gran tamaño generalmente de hábitos epifíticos. La familia Nitzschiaceae aportó el mayor número de géneros, tres en total.

Tabla 42. Abundancias relativas de las familias encontradas para los cruceros efectuados en el PNNT durante la época seca.

Grupo	Familia	Abundancia relativa
Diatomeas centrales	Leptocylindraceae	24,56
	Rhizosoleniaceae	17,30
Diatomeas pennadas	Fragilariaceae	10,35
	Naviculaceae	4,47
	Nitzschiaceae	43,32

Durante estos cruceros el género *Chaetoceros* estuvo ausente y el género *Pseudonitzschia* pasó a ser el más predominante con el 36,82%, seguido por *Leptocylindrus*, *Guinardia*, *Thalassionema* y *Navicula* (Anexo D). Las mayores abundancias se presentaron durante el ciclo de muestreo del amanecer sin determinar las profundidades, consecuencia quizás del proceso de mezcla vertical de las aguas causado por el fenómeno de surgencia.

Las bajas concentraciones de los componentes bioquímicos Chl *a* y glucosa y la baja densidad de individuos para esta época climática revelan un descenso en la biomasa de la comunidad fitoplanctónica. Anteriormente se ha discutido que el fenómeno de surgencia que caracteriza a dicha época produce efectos más físicos, como son el descenso en la temperatura y el aumento en la salinidad de las aguas, que biológicos ya que su aporte en nutrientes no es relevante. Sin embargo, también cabe la posibilidad de que este último hecho no sea del todo cierto y que evidentemente el aporte nutricional de estas aguas se vea aumentado en esta época climática generando blooms de fitoplancton que no fueron detectados debido a la rápida acción de pastoreo ejercida por el zooplancton; el único soporte para esta anotación lo constituye los altos valores de biomásas del mesozooplancton encontradas en un estudio paralelo a este realizado por Vanegas-Jurado (en preparación). Al respecto Agustí *et al.* (1992) proponen que la dominancia de heterótrofos en el océano oligotrófico puede ser consistente con una regulación por consumo de biomasa autótrofa comparada a la regulación del recurso de los autótrofos en áreas eutróficas.

Los resultados de la correlación momento-producto de Pearson entre la densidad de individuos microfitoplanctónicos y los componentes bioquímicos se presenta en la Tabla 43. A diferencia de la época climática lluviosa esta época se caracterizó por la ausencia de correlación entre la densidad de individuos del microfitoplancton y la cantidad de Chl *a* de la misma fracción. Esto querría decir que la fuente de Chl *a* sería diferente al microfitoplancton, siendo posiblemente nano o picofitoplancton; sin embargo, las bajas e incluso ausentes densidades de individuos detectadas según la metodología empleada pueden ser el factor que este ocasionando este comportamiento enmascarando una posible correlación entre dichos parámetros.

Tabla 43. Resultados de la correlación momento-producto de Pearson entre los componentes bioquímicos y la densidad de individuos microfitoplanctónicos trabajados durante la época seca. **r** (coeficiente de correlación), **v-p** (valor p). (\* denota correlación significativa al 95% de confianza).

<b>Ambiente oceanográfico</b>	<b>Componentes</b>	<b>N</b>	<b>r</b>	<b>v-p</b>
<b>Golfo de Salamanca</b>	<b>Densidad - Chl a</b>	36	0,121	0,479
	<b>Densidad - Glucosa</b>	36	0,150	0,382
	<b>Densidad - proteínas</b>	36	0,255	0,133
<b>Parque Tayrona</b>	<b>Densidad - Chl a</b>	24	- 0,339	0,105
	<b>Densidad - Glucosa</b>	24	0,050	0,814
	<b>Densidad - proteínas</b>	24	- 0,249	0,239

El comportamiento del componente bioquímico de las clases de talla y la densidad de individuos del microfitoplancton, altamente cambiante entre épocas climáticas, parece indicar la importancia del fitoplancton grande en esta región del Caribe. Las implicaciones de la dominancia del fitoplancton grande en la distribución de tallas toma importancia en las redes tróficas. Ha sido visto por Kiorboe *et al.* (1990) que cuando la población está dominada por fitoplancton pequeño, como flagelados fotosintéticos y cianobacterias, una larga y compleja cadena alimenticia está presente con flagelados heterótrofos y protozooplancton como consumidores secundarios además de unos más altos niveles tróficos siendo el zooplancton de mayor tamaño, como los copépodos. En contraste, una corta y más clásica red fitoplancton-zooplancton-peces está presente cuando el plancton grande (microfitoplancton o netplancton) domina la población fitoplanctónica; los niveles tróficos medios están ausentes, así que el netplancton, que incluye a las grandes diatomeas, es consumido directamente por los copépodos.

Se ha comentado a cerca de la diferenciación entre las abundancias de géneros que se obtuvieron para los cruceros realizados durante la época lluviosa y la seca las cuales fueron más bajas hacia esta última. Esta se observa claramente en las Figuras 33 y 34 realizadas a partir de los valores de densidad promedio integrando las profundidades de un mismo ciclo diario de muestreo.

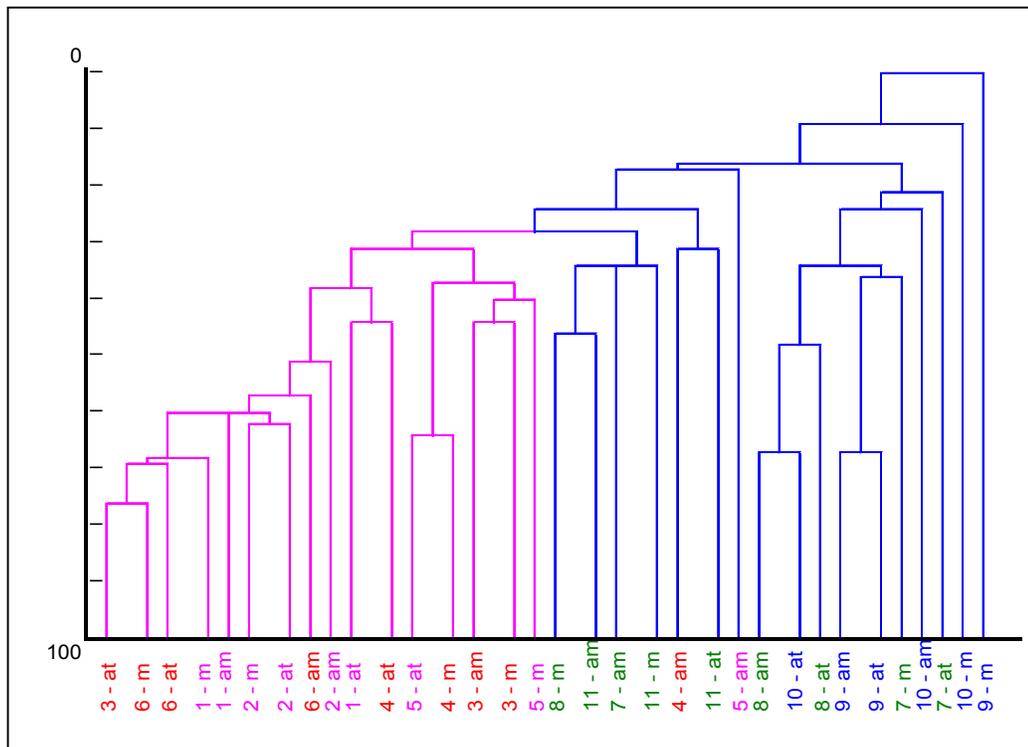


Figura 33. Dendrograma de similaridad de Jaccard mediante la estrategia UPGMA para los muestreos realizados a lo largo del presente estudio. El primer número indica el orden cronológico del muestreo; las letras am, m y at indican en su orden los ciclos diarios del amanecer, mañana y atardecer. (Índice Cofenético: 0.8787).

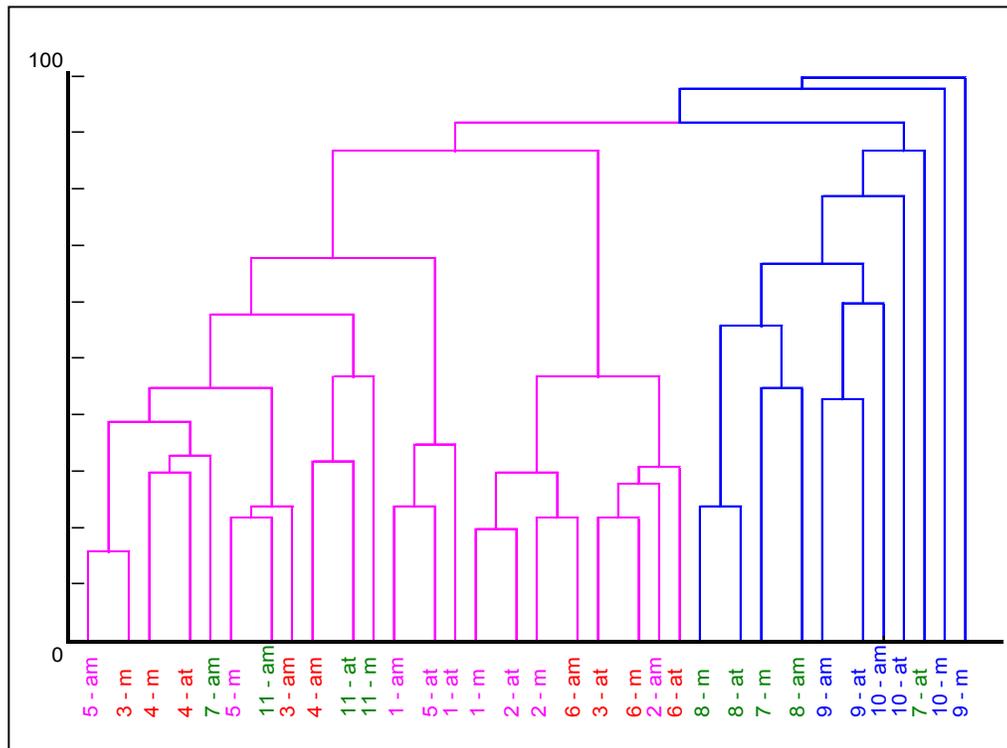


Figura 34. Dendrograma de disimilaridad de Bray-Curtis mediante la estrategia UPGMA para los muestreos realizados a lo largo del presente estudio. El primer número indica el orden cronológico del muestreo; las letras am, m y at indican en su orden los ciclos diarios del amanecer, mañana y atardecer. (Índice Cofenético: 0.8855).

Entonces, la conformación de grupos reflejó una separación debida a las épocas climáticas además de poca diferencia entre las estaciones de los ambientes oceanográficos trabajados; este hecho podría indicar un alto grado de homogeneidad biótica de géneros para este estudio. Del porque de esta observación se plantean dos hipótesis, la primera hace referencia al efecto que ejercen las mismas épocas climáticas sobre la comunidad fitoplanctónica ya que la carga de nutrientes acarreados en las aguas continentales la cual se aumenta hacia la época lluviosa pudo soportar dicha comunidad reflejándose en unas altas densidades y en valores altos de Chl *a*; con la llegada de la época seca la cantidad de agua continental disminuye su entrada al mar con lo que se

presenta una caída en los niveles de nutrientes y de esta manera tanto la densidad como la concentración de Chl a descienden.

Una segunda hipótesis tiene que ver con lo referente al fenómeno de surgencia propio de la época seca; según este evento los niveles de nutrientes tienden a aumentar hacia esta época y si esto es así posiblemente se reflejaría en un bloom fitoplanctónico. Resulta curioso que la comunidad zooplanctónica haya tenido un comportamiento inverso a la fitoplanctónica, en cuanto a su densidad, según los valores reportados por Vanegas-Jurado (en preparación) y es aquí en donde se puede plantear la posibilidad que el microfitoplancton fue rápidamente asimilado por un consumo heterótrofo de tal manera que no se pudo determinar.

#### 4. CONCLUSIONES

El comportamiento de las variables fisicoquímicas estuvo en relación con las épocas climáticas propias de la región del Caribe colombiano, es así como se observó una clara diferenciación entre los valores obtenidos para el mismo ambiente oceanográfico en diferente época, obteniendo que, para el sector de Golfo de Salamanca esta fue determinada por los valores de **K**, temperatura y seston total los cuales fueron más altos hacia la época lluviosa. Por el contrario, para el sector del Parque Tayrona las variables fisicoquímicas que marcaron esta diferencia fueron los valores bajos de temperatura y altos de salinidad durante la época seca.

De igual manera, las condiciones ecológicas propias de los ambientes oceanográficos seleccionados actuaron en la diferenciación fisicoquímica de estos, en especial la que hace referencia a la entrada de aguas continentales. Para el Golfo de Salamanca la influencia de la CGSM fue evidente; en el Parque Tayrona parece existir la posibilidad de una influencia de plumas provenientes de la CGSM y del río Magdalena que alteraron las condiciones fisicoquímicas de las aguas en este sector y acarrearon géneros pertenecientes al microfitoplancton en especial para la época lluviosa.

Además de la diferenciación fisicoquímica, antes mencionada, se presentó una diferencia entre los cruceros efectuados para un mismo ambiente oceanográfico en la misma época climática a causa de estos parámetros. Así, las variables que más vieron afectados sus

valores y por lo tanto influyeron en la separación de cruceros particulares fueron la salinidad, el **K** y la temperatura y en menor grado el pH, el seston y el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto. De estos análisis también se observó que la densidad y la estabilidad no fueron factores que influyeron ampliamente en la conformación de grupos de cruceros; sin embargo, estos dos factores jugaron un papel indirecto pero muy importante en la separación entre épocas climáticas, determinando los valores que pudieron tomar ciertas variables aumentándolos o disminuyéndolos.

De igual manera en el componente bioquímico, Chl **a** y glucosa, particularmente en el Parque Tayrona para ambas épocas climáticas, el pH se relacionó con estos proponiendo un efecto directo o indirecto de la comunidad fitoplanctónica en este parámetro, aunque dada las bajas densidades de fitoplancton la relación no queda del todo clara.

La biomasa de fitoplanctontes determinada por la concentración de la Chl **a** fue mayor para la época climática lluviosa, esto se pudo explicar por el aporte de nutrientes provenientes de las aguas continentales a los ambientes oceanográficos, incluso para el Parque Tayrona. En contraposición parece ser que el fenómeno de surgencia no produce un nivel alto de nutrientes ya que la biomasa de fitoplanctontes y densidad de microfitoplanctontes fue relativamente baja durante la época seca. No se descarta que se este dando una rápida asimilación de estos nutrientes por los fitoplanctontes y que a su vez se presente una alta tasa de consumo heterótrofo en una red trófica tan rápida que en la intensidad de los muestreos no se detecta. Esto se propone ya que aunque la densidad de fitoplanctontes es baja para esta época la densidad de zooplanctontes fue bastante alta en comparación con la que se presentó durante la época lluviosa.

Si bien es cierto que para la densidad de fitoplanctones se tomó en cuenta únicamente al microfitoplancton no es factible pensar que para la época seca, en donde esta fue relativamente baja, no se estén presentando individuos de clases de talla inferiores ya que el componente bioquímico Chl **a** de estas tallas estuvo presente aunque siguió siendo tan bajo como el observado en la época lluviosa. Esto podría dar indicios acerca del importante papel del microfitoplancton como soporte nutricional de estos ambientes oceanográficos dando fuerza a la hipótesis sobre una posible red trófica rápida planteada anteriormente.

En el mismo orden de ideas la profundidad fue un factor importante en la cantidad de biomasa o calidad nutricional; así, en los primeros metros de la columna de agua el microfitoplancton, en general, se convirtió en la clase de talla de mayor biomasa en términos de Chl **a** pero en cuanto a su calidad nutricional se observó que la glucosa y las proteínas fueron debidas en la mayoría de los casos a material detrítico de origen no fotosintético deduciendo esto de los casos en que no se observó correlación alguna entre la Chl **a** y estos componentes.

Como se planteó anteriormente, el microfitoplancton descende su biomasa en las últimas profundidades muestreadas (17,5 y 35 m) igualando a las del nano y el picofitoplancton y es en estas donde posiblemente estas dos clases de talla se constituyan en el principal soporte nutricional de la columna de agua.

El comportamiento de la glucosa y las proteínas con la profundidad no fue tan claro como el observado para la Chl **a**; así mismo no se evidenció una dominancia clara de alguna de las clases de talla en el mayor aporte en la concentración de los dos primeros

componentes. Estos componentes presentaron un amplio rango de variación entre los ciclos diarios de muestreo reflejando la alta tasa de variabilidad diaria de estos.

A pesar que el Parque Tayrona alberga ecosistemas que podrían elevar las concentraciones de carbohidratos y proteínas particuladas, se observó que para la época climática lluviosa, los valores de Chl *a*, glucosa y proteína fueron inferiores en comparación con los obtenidos para el Golfo de Salamanca. Entonces, parece evidenciarse que el aporte de estos materiales se debieron principalmente a la entrada de aguas continentales y que a este sector la cantidad de estos que llegó no aportó mayor cantidad de material bioquímico aunque halla alterado en cierta medida las condiciones fisicoquímicas de estas agua.

Para la época lluviosa las concentraciones de glucosa resultan más altas hacia el GdS, por el contrario durante la época seca los valores parecen no haber tenido mayor variación entre los ambientes oceanográficos. Por su parte las concentraciones de proteínas resultaron más altas para la época de lluvias y hacia el sector del PNNT.

Para la época lluviosa el género *Chaetoceros* se convirtió en el de mayor abundancia en ambos ambientes y en general los ciclos de muestreo del amanecer y atardecer, a las profundidades de 2,5 y 12,5 m, fueron los de mayores densidades. Para la época seca este género no fue detectado en el Parque Tayrona y tampoco se hizo claro durante que ciclo de muestreo se obtuvieron las mayores densidades.

La comunidad microfitoplanctónica diferenció cruceros de acuerdo a las épocas climáticas además se presentó poca diferencia entre las estaciones de un mismo ambiente oceanográfico.

## 5. RECOMENDACIONES

Para futuras determinaciones de clorofila se aconseja el uso de técnicas fluorométricas debido al alto nivel de detección de estas lo que permite una mejor valoración del potencial productivo primario de una zona. De igual manera, podría intentarse estas metodologías con los componentes bioquímicos con lo que tal vez se lograrían detectar las concentraciones que no se lograron con técnicas espectrofotométricas.

Este trabajo se constituye en una primera aproximación al entendimiento de la ecología trófica de estos ecosistemas pero para su comprensión y clarificación se debe continuar con la ejecución de técnicas para valoraciones bioquímicas.

Estudios como este requieren bastante trabajo de laboratorio por el volumen de muestra analizado; sin embargo se debe buscar la manera de acompañar estos con la medición de nutrientes para así tratar de encontrar explicaciones a los eventos que se estén presentando. Entre estas soluciones se puede incluir a un compañero que se encargue del tratamiento de las muestras en laboratorio mientras se realiza su recolección en campo con lo que se evita el represamiento de muestras. También es factible tomar solamente dos clases de talla correspondientes al microfitoplancton y una que integre al nano y al picofitoplancton.

Si bien es cierto que la identificación hasta el nivel taxonómico de especie es algo complicada sería conveniente realizar estudios en los cuales se tomen estos niveles pero de los grupos de mayor abundancia como serían diatomeas céntricas, diatomeas pennadas y/o dinoflagelados con lo que se lograría una ampliación del aporte nutricional de esta comunidad.

## BIBLIOGRAFÍA

AGUSTÍ, S., C. M. DUART and D. E. CANFIELD. Self-regulation, bottom-up, and top-down control of phytoplankton communities: A relay to the comment by Kamenir. *Limnol. Oceanogr.*, 1992. 37: 683-687.

ALEYA, L. Ecophysiological significance of the diel biochemical changes of particulates coupled with metabolic and environmental parameters in two trophically different lakes. *Arch. Hydrobiol.*, 1991. 120: 403-432.

\_\_\_\_\_. The seasonal sucesion of phytoplankton in an eutrophic lake through the coupling of biochemical composition of particulates, metabolic indicators and environmental conditions. *Arch. Hydrobiol.*, 1992. 124: 69-88.

ANDRADE, C. A. Análisis de la velocidad del viento en el Mar Caribe. *Bol. Cient. C.I.O.H. Cartagena*, 1993. 13: 33-43.

ARIAS, F. A. y J. C. DURÁN. Variación anual del fitoplancton en la Bahía de Cartagena. *Bol. Cient. CIOH.*, 1984. 5: 61-116.

AVARIA, S. Diatomeas y silicoflagelados de la Bahía de Valparaíso. *Rev. Biol. Mar. Valparaíso*, 1965. 12 (1-2-3): 61-120.

AVENT, S. R. Puget Sound phytoplankton size distributions: As part of an undergraduate oceanography research course. University of Washington, school of oceanography. (sin año).

BALECH, E. Introducción al fitoplancton marino. Editorial Universitaria de Buenos Aires. Argentina, 1977. 211 p.

BARKER, H. A. Photosynthesis in diatoms. En: RAYMONT, J. E. 1963. Plankton and productivity in the oceans. Pergamon Press. International Series of Monographs on Pure and Applied Biology, 1935. 18: 660 p.

BENÍTEZ-ALVAREZ, J. Variación mensual de las condiciones hidroquímicas en el Golfo de Cariaco. Trabajo presentado en la XXII Convención Anual de la ASOVAC en Maracaibo. 1972.

\_\_\_\_\_ y T. OKUDA. Distribución del nitrógeno orgánico particulado en el Golfo de Paria. Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente, 1976. 15(1): 3-14.

BENNER, R., J. D. PAKULSKI, M. McCARTHY, J. I. HEDGES and P. G. HATCHER. Bulk chemical characteristics of dissolved organic matter in the ocean. Science, 1992. 255: 1561-1564.

BLANCHI, T. S., C. LAMBERT and D.C. BIGGS. Distribution of Chlorophyll *a* and phaeopigments in the northwestern Gulf of Mexico. A comparison between fluorometric and high performance liquid chromatography measurements. Bull. Mar. Sc., 1995. 56(1): 25-32.

BLANCO, J. A. Las variaciones ambientales estacionales en las aguas costeras y su importancia para la pesca en la región de Santa Marta. Caribe colombiano. Tesis M.Sc. Universidad Nacional de Colombia. Santa Marta, 1988. 50 p.

BLANCO, J. A. Reconocimiento piloto de fondos, ambiente, fauna asociada y recursos pesqueros, en aguas costeras del departamento del Magdalena. Informe final, INVEMAR. Santa Marta, 1993. 102 p + 2 anexos.

\_\_\_\_\_, J. M. DÍAZ, G. RAMÍREZ y L. CORTÉS. El Banco de las Animas: Una amplia formación arrecifal desarrollada sobre un antiguo delta del río Magdalena. Bol. Ecotropica, 1994. 27: 10-18.

BONILLA, R. J y J. BENÍTEZ-ALVAREZ. Variación mensual del nitrógeno y fosfato en la Laguna Las Maritas. Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente, 1972. 7(2): 7-37.

BOUGIS, P. Marine plankton ecology. North-Holland publishing company. Netherlands, 1976. 355 p.

BRANDT, K. Beiträge zur Kenntnis der chemischen Zusammensetzung des Planktons wiss. En: RAYMONT, J. E. 1963. Plankton and productivity in the oceans. Pergamon Press. International Series of Monographs on Pure and Applied Biology, 18: 660 p.

BITRAGO, A. P. Primera aproximación a la composición, abundancia y distribución del ictioplancton en el Golfo de Salamanca, Caribe colombiano. Tesis Pontificia Universidad Javeriana. facultas de Biología. Santafé de Bogotá, 1998. 82p + 2 anexos.

BULA-MEYER, G. Algas marinas bénticas indicadoras de un área afectada por aguas de surgencia frente a la costa Caribe de Colombia. An. Inst. Invest. Mar. Punta de Betín, 1977. 18: 17-23.

\_\_\_\_\_. Un núcleo nuevo de surgencia en el Caribe colombiano detectado en correlación con las distribuciones de las macroalgas. Boletín Ecotrópica, 1985. 12: 3-25. Bogotá.

BURLEW, J. S. Algal culture from laboratory to pilot plant. 1953. En: RAYMONT, J. E. Plankton and productivity in the oceans. Pergamon Press. International Series of Monographs on Pure and Applied Biology, 1963. 18: 660 p.

CABRERA, E. y M. C. DONOSO. Estudio de las características oceanográficas del Caribe colombiano. Región III, zona 1, PDCTM. Bol. Cient. C.I.O.H. Cartagena, 1993. 13: 19-32.

CAICEDO, I. E. Productividad primaria y fitoplancton en la Bahía de Nenguange Parque Nacional Tayrona. Tesis Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina. Santa Marta, 1975. 49 p.

\_\_\_\_\_. Fitoplancton de la Bahía de Nenguange (Parque Nacional Tayrona), Mar Caribe colombiano. Ans. Inst. Inv. Mar. Punta Betín, 1977. 9: 17-44.

CALDERÓN, E. Contribución al conocimiento del fitoplancton nerítico de Tumaco y alrededores. Tesis Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina. Santa Marta, 1979. 87 p.

CAMACHO, L. M. y O. D. GALVIS. Bahía Concha, aportes ecológicos. Parque Nacional Tayrona, Magdalena, Colombia. Tesis Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina. Santa Marta, 1980. 81 p + anexos.

CAMPS, J. M. y E. ARIAS. Microdeterminación de proteínas y carbohidratos del plancton. Inv. Pesq. Tomo 30. Barcelona, 1966. 631-638 p.

CARON, D. A., E. R. PEELE, E. L. LIM and M. R. DENNETT. Picoplankton and nanoplankton and their trophic coupling in surface waters of the Sargasso sea south of Bermuda. *Limnol. Oceanogr.*, 1999. 44(2): 259-272.

CASTELLANOS, C. M. Fijación de postlarvas (semilla) de moluscos bivalvos sobre colectores artificiales en el Parque Nacional Natural Tayrona, Caribe colombiano (segunda parte). Tesis Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina. Santa Marta, 1997. 139 p.

CASTILLO, F. Fitoplancton del Pacífico colombiano como indicador de masas de agua (ERFEN IV). *Biol. Pesq.*, 1984. (13): 67-70.

CASTRO, P. P. Contribución al conocimiento de las larvas de crustáceos decápodos del Golfo de Salamanca, Caribe colombiano. Tesis Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina. Santa Marta, 1998. 45 p + 2 anexos.

CHRÉTIENNOT-DINET, M. J., A. SOURNIA, M. RICARD and C. BILLARD. A classification of the marine phytoplankton of the world from class to genus. *Phycologia*, 1993. 32(3): 159-179.

COLE, B., J. CLOERN and A. ALPINE. Biomass and productivity of three phytoplankton size classes in San Francisco Bay. *Estuaries*, 1986. 9: 117-128.

COLE, G. Manual de Limnología. Editorial Hemisferio Sur S.A. Uruguay, 1988. 405 p.

CORCHUELO, M. C. y G. C. MORENO. Contribución al conocimiento del fitoplancton y algunos tintínidos del Pacífico colombiano. Tesis Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina. Bogotá, 1983. 186 p.

CORPES. El Caribe colombiano, realidad ambiental y desarrollo. De ISBN. Santafé de Bogotá D.C., 1992. 286 p.

CRISCI, J. y M. LÓPEZ. Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica. Monografía N° 26, serie de Biología. Secretaría General de la OEA. Washington, 1983. 132p.

DEFANT, A. Physical oceanography. Pergamon press. Oxford, 1961. Vol I, cap. 5. 185 - 198 p.

DE LAOURA, I. C., J. P. DUBACQ and J. C. THOMAS. The effects of nitrogen deficiency on pigments and lipids of cyanobacteria. 1987. En: MICHARD, M., L. ALEYA and DEVAUX, J. Diel changes in the biochemical composition of the particulate matter coupled with several parameters in the hypereutrophic Villerest reservoir (Roanne, France). *Hydrobiologia*, 1995. 300/301: 85-91.

DHOPLE, V. M. and BHUSLE N. B. Dissolved carbohydrates in the Central Arabian sea. *Indian J. Mar. Sci.*, 1987. 6 (1): 43-45.

DÍAZ, J. M. Estudio ecológico integrado de la zona costera de Santa Marta y Parque Nacional Tayrona. Informe final. Programa de Ecosistemas Marinos-INVEMAR. Santa Marta, 1990. 439 p.

\_\_\_\_\_. La malacofauna de la zona costera de Santa Marta y Parque Nacional Natural Tayrona, Caribe colombiano. *An. Inst. Invest. Mar. Punta Betín.*, 1994. 23: 15-43.

DONOSO, M. C. Circulación de las aguas en el Mar Caribe. Memorias del VII Seminario Nacional de las ciencias y tecnologías del mar. Comisión colombiana de oceanografía. Bogotá, 1990. 345-356 p.

DUARTE, G. Estructura del fitoplancton al noroeste de la Guajira, durante el crucero caribe 1-93. Tesis Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina. Bogotá, 1996. 68 p.

DUARTE, L. O. y D. von SCHILLER. Comunidad de peces demersales del Golfo de Salamanca (Caribe colombiano): Estructura espacio-temporal y caracterización trófica con énfasis en los hábitos alimentarios de *Lutjanus analis* (Cuvier, 1828), *Lutjanus synagris* (Linnaeus, 1758), *Balistes caprisicus* (Gmelin, 1788) y *Balistes vetula* (Linnaeus, 1758). Tesis Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina. Santa Marta D.T.C.H., 1997. 185 p.

DUSSART, B. M. Les différentes catégories de plaction. *Hydrobiologia*; 1965. 26: 72-74.

FERNÁNDEZ, C. E. and C. B. GARCÍA. Morphological observations of the dinoflagellates from the genera *Ceratium* and *Ornithocercus* collected in the Gulf of Salamanca, colombian Caribbean sea. *Rev. Acad. Col. Cienc. Fis. Nat.*, 1998. 22(85): 539-559.

\_\_\_\_\_, L. A. VIDAL and C. B. GARCÍA. Guide for the identification of diatoms found in the Gulf of Salamanca, central colombian Caribbean sea. (en preparación).

FOGG, G. E. The metabolism of algae. Methuen. 1953. En: RAYMONT, J. E. Plankton and productivity in the oceans. Pergamon Press. International Series of Monographs on Pure and Applied Biology, 1963. 18: 660 p.

FURNAS, M. J. Nitrogen dynamics in lower Narragansett Bay, Rhode Island: Uptake by size-fractionated phytoplankton populations. Plankton Res., 1983. 5: 657-676.

GALTON, F. Co-relations and their measurement. Proceedings of the Royal Society of London, 1988. 45: 135-145.

GARCÍA, C. B. Estudio ecológico pesquero de los recursos demersales del Golfo de Salamanca, Caribe colombiano. Estimación de la variabilidad de los componentes biológicos del sistema, código 2105-09-176-94. INVEMAR. Santa Marta, 1999.

GARZÓN, F. J. y M. CANO. Tipos, distribución, extensión y estado de conservación de los ecosistemas marinos costeros del Parque Nacional Tayrona. Manusc. VIII Concurso Nal. Ecol. FEN, Colombia. Bogotá, 1991. 82 p.

GARZÓN-FERREIRA, J. Bahía de Chengue, Parque Natural Tayrona. En: KJERFVE, B. Caricomp-caribbean coral reef, seagrass and mangrove sites. UNESCO, Paris, 1998. 347 p.

GIL, D. L. Características, incidencia y distribución de la enfermedad de los lunares oscuros en corales pétreos del Parque Nacional Natural Tayrona, Caribe colombiano. Tesis Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina. Santa Marta, 1998. 114 p.

GLOVER, H., A. SMITH and L. SHAPIRO. Diurnal variations in photosynthetic rates: Comparisons of ultraphytoplankton with a larger phytoplankton size fraction. Plankton Res., 1985. 7: 519-535.

GOCKE, K. Manual para la determinación de procesos de producción y de degradación en biotopos marinos especialmente en lagunas costeras y manglares, 1984. 38 p.

GÓMEZ-MORENO, L. E., R. CAJAL-MEDRANO y S. R. CANINO-HERRERA. Variación temporal de carbohidratos totales, polisacáridos, monosacáridos y actividad metabólica microbiana en el Estero de Punta Banda, México. Ciencias Marinas, 1997. 23(3): 341-359.

GÓNIMA, L., J. E. MANCERA y L. BOTERO. Aplicación de imágenes de satélite al diagnóstico ambiental de un complejo lagunar estuarino tropical: Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano. Serie de publicaciones especiales N° 4. INVEMAR. Santa Marta, 1998. 56 p.

GONZÁLEZ, E. Los hábitats costeros de los juveniles de peces en la región de Punta Gloria a la Isla de Salamanca, Caribe colombiano. An. Inst. Inv. Mar. Punta de Betín., Santa Marta. 1984. 14: 133-156 p.

GONZALES-MORALES, A. and G. GAXIOLA-CASTRO. Daily variation of physico-chemical characteristics, biomass and phytoplankton primary production in an upwelling coastal zone of Baja California. Science, 1991. 17: 21-37.

GROSS, M. G. Oceanography a view of the earth. Prentice-Hall, INC. U.S.A., 1972. 58 p.

GUALTEROS, W., C. HERNÁNDEZ, A. CASTILLO y A. FRESNEDA. Clorofila y seston total en la laguna costera de Cocoliso, Isla Grande, Parque Nacional Natural Corales del Rosario. Memorias del VIII Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar y Congreso Centroamericano y del Caribe de Ciencias del Mar. Santa Marta, Colombia, 1992. Tomo 1: 515-521.

GUZMÁN-ALVIS, A. y J. M. DÍAZ. Distribución espacial de la taxocenosis Annelida-Mollusca en la plataforma continental del Golfo de Salamanca, Caribe colombiano. An. Inst. Invest. Mar. Punta Betín., 1993. 22: 45-59.

INPA (Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura). Métodos estadísticos aplicados a la investigación biológica – Manual del curso de capacitación. Santa Marta, Colombia, 1997. 57 p.

INVEMAR. Monitoreo de parámetros fisicoquímicos y comunidades macrozoobénticas en el área de influencia de la monoboya y línea submarina terminal Pozos Colorados (Santa Marta). Informe final INVEMAR-ECOPETROL regional Caribe. Santa Marta, 1997. 54 p + 4 anexos.

JONES, W. T., T. C. MALONE and S. PIKE. Seasonal contrast in diurnal carbon incorporation by phytoplankton size classes of the coastal plume of Chesapeake Bay. Mar. Ecol. Prog. Ser., 1990. 68: 129-136.

KIORBOE, T., H. KAAS, B. KRUSE, F. MOHLENBERG, P. TISELIUS and G. AERTEBLERG. The structure of the pelagic food web in relation to water column structure in the Skagerrak. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 1990. 59: 223-227.

\_\_\_\_\_. Turbulence, Phytoplankton cell size, and the structure of pelagic food webs. *Advances in Marine Biology*, 1993. Vol. 29. 61 p.

KJERFVE, B. Caricomp-caribbean coral reef, seagrass and mangrove sites. UNESCO, Paris, 1998. 347 p.

KOBLENTS-MISHKE, O. I. Some ecological and physiological properties of phytoplankton. 1973. En: VINOGRADOV, M.E. Life activity of pelagic communities in the ocean tropics: Based on data of the 44<sup>th</sup> cruise of the R/V Vityaz. Jerusalem: Israel Program for Scientific Translations, 1993. 298 p.

LARA, J. R. y S. ALVAREZ. Ciclo anual de clorofilas y producción orgánica primaria en Bahía San Quintín, B. C. *Ciencia Marinas*, 1975. 2 (1): 77-97.

LECHUGA-DEVEZE, C. H., B. AYALA e I. GÁRATE.. Proteínas, Carbohidratos y clorofila a de la materia orgánica particulada, en tres diferentes ambientes oceánicos: Mar de Portugal, Golfo de California y NW de Baja California Sur. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México*, 1989a. 16(1): 147-156.

\_\_\_\_\_, J. BUSTILLOS-GUZMÁN y D. LOPEZ-CORTÉS. Proteínas y carbohidratos de la materia orgánica particulada fotosintética y no fotosintética en la costa occidental de Baja California Sur, México. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México*, 1989b. 16(2): 353-360.

LINGFENG, S., R. SUMEI and T. SIQI. The distribution of carbohydrates in sea waters near the estuary of the Chang Jiang River and Zhoushan Archipelagoes. *Oceanol. Limnol.*, 1988. 19 (4): 359-367.

LUDWING, J. A. y J. F. REYNOLDS. 1988. *Statistical ecology: a primer on methods and computing*. John Wiley and Sons. New York, 1988. 337 p.

MALONE, T., C. GARSIDE, R. ANDERSON and O. ROELS. The possible occurrence of photosynthetic microorganisms in deep sea sediments of North Atlantic. *J. Phycol.*, 1973. 9: 482-488.

MANN, K. H. and J. R. N. LAZIER. Dynamics of marine ecosystems: Biological-physical interactions in the oceans. Second edition. Blackwell Science, Inc, 1996. 394 p.

MARGALEF, R. Ecología. Editorial Omega. Barcelona. España, 1986. 951 p.

MÁRQUEZ, G. Los sistemas ecológicos marinos del sector adyacente a Santa Marta. Caribe colombiano I : Generalidades. Ecología tropical, 1982. 2(1): 5-18.

\_\_\_\_\_. Ecosistemas estratégicos y otros estudios de ecología ambiental. Fondo FEN Colombia. Santafé de Bogotá, 1996. 67-100p.

MICHARD, M., L. ALEYA and DEVAUX, J. Diel changes in the biochemical composition of the particulate matter coupled with several parameters in the hypereutrophic Villerest reservoir (Roanne, France). Hydrobiologia, 1995. 300/301: 85-91.

MOGOLLON, M. J. Estructura de la comunidad fitoplanctónica del complejo Pajarales y Salamanca occidental, costa Caribe colombiana. Tesis Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina. Santa Marta, 1996. 68 p + anexos.

MOLINA, A. Estudio geológico de la plataforma continental Caribe (Santa Marta-Punta Morro Hermoso). Memorias del VII Seminario Memorias Nacional de las Ciencias y Tecnologías del Mar. Comisión Colombiana de Oceanografía. Colombia, 1990. 120-131 p.

\_\_\_\_\_. Estudio sedimentológico y morfológico de la plataforma continental Caribe entre el sector de Santa Marta y Punta Morro Hermoso. Bol. Cient. C.I.O.H., 1993. 14: 67-77.

MONTAGNES D. J. S., J. A. BERGES, P. J. HARRISON and F. J. R. TAYLOR. Estimating carbon, nitrogen, protein, and chlorophyll a from volume in marine phytoplankton. Limnol. Oceanogr., 1994. 39 (5): 1044-1060.

MORRIS, I. The Physiological ecology of phytoplankton. Boston, Mass, 1980. 625 p.

\_\_\_\_\_. Photosynthetic products, physiological satate and phytoplankton growth. En: PLATT. T. Physiological bases of phytoplankton ecology. Can. Bull. Fish. Aquat. Sci., 1981. 210: 83-102.

MULLER, K. Interrelaciones entre salinidad y temperatura en la Bahía de Santa Marta. An. Inst. Inv. Mar. Punta Betin., Santa Marta, 1979. 11: 219-226.

MYERS, J. Variability of metabolism in algae. Dtsch. Bot. Ges. Nene. Folge, 1962. 1: 13-19.

OKUDA, T., J. BENÍTEZ, A. J. GARCÍA y E. FERNÁNDEZ. Condiciones hidrográficas y químicas en la bahía de Mochima y La Laguna Grande del Obispo desde 1964 a 1966. Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente, 1968. 7(2): 7-37.

\_\_\_\_\_, J. BENÍTEZ and E. FERNÁNDEZ. Vertical distributions of inorganic and organic nitrogen in the Cariaco Trench. Ibid., 1969. 8(1 y 2): 20-34.

PAKULSKI, J. D. and R. BENNER. Abundance and distribution of carbohydrates in the ocean. Limnol. Oceanogr., 1994. 39(4): 930-940.

PARSONS, T. R., and M. TAKAHASHI. Biological oceanographic process. Pergamon press. Gran Bretaña, 1973. 186 p.

\_\_\_\_\_, Y. MAITA and C. M. LALLI. A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Pergamon Press, 1984. Oxford. 172 p.

PEÑA, V. Distribución y variación anual de la comunidad fitoplanctónica en la Ensenada de Utría-Pacífico colombiano. Tesis Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina. Bogotá, 1997. 123 p + anexos.

PHILIPS, E. J. y S. BADYLAK. Spatial variability in phytoplankton standing crop and composition in a shallow inner-shelf lagoon, Florida Bay. Bull. Mar. Sc., 1996. 58 (1): 203-216.

PICK, D. Carbohydrate and protein content of lake seston in relation to plankton nutrient deficiency. 1987. En: MICHAUD, M., L. ALEYA and DEVAUX, J. Diel changes in the biochemical composition of the particulate matter coupled with several parameters in the hypereutrophic Villerest reservoir (Roanne, France). Hydrobiologia, 1993. 300/301: 85-91.

PIELOU, E. C. The interpretation of ecological data. Wiley, New York, 1984. 230 p.

PITCHER, G. C. Sedimentary flux and the formation of resting spores of selected *Chaetoceros* species at two sites in the southern Benguela system. S. Afr. J. mar. sci., 1986. 4: 231-244.

PLATT, T. Physiological bases of phytoplankton ecology. Can. Bull. Fish. Aquat. Sci., 1981. 210: 83-102.

POND, S and G. L. PICKARD. Introductory dynamical oceanography. Second edition. Butterworth-Heinemann Ltd. U.K., 1983. 328 p.

RAMÍREZ, A. Introducción a la ecología matemática aplicada. Facultad de Biología Marina. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Bogotá, 1986. 301 p.

\_\_\_\_\_. Ecología aplicada: Diseño y análisis estadístico. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Santafé de Bogotá, 1999. 325 p.

RAMÍREZ, G. Distribución de nutrientes inorgánicos en las aguas costeras de la región de Santa Marta, Caribe Colombiano. Memorias VII Seminario Nacional de las Ciencias y Tecnologías del Mar. Comisión Colombiana de Oceanografía. Colombia, 1990. 244 - 254 p.

\_\_\_\_\_. Condiciones oceanográficas en el área del Golfo de Salamanca. En: BLANCO, J. A. Reconocimiento piloto de fondos, ambiente, fauna asociada y recursos pesqueros, en aguas costeras del departamento del Magdalena. Informe final, INVEMAR. Santa Marta, 1993. 102 p + 2 anexos.

RAYMONT, J. E. Plankton and productivity in the oceans. Pergamon Press. International Series of Monographs on Pure and Applied Biology, 1963. 18: 660 p.

REYES, R. Macroinvertebrados asociados a las raíces de Rhizophora mangle Linnaeus, 1753 (Mangle rojo), en la Ciénaga Grande de Santa Marta y en las bahías de Chengue y Nenguange, Caribe colombiano. En: DÍAZ, J. M. Estudio ecológico integrado de la zona costera de Santa Marta y Parque Nacional Natural Tayrona. Informe final. Programa de Ecosistemas Marinos-INVEMAR. Santa Marta, 1990. 439 p

\_\_\_\_\_. y N. CAMPOS. Macroinvertebrados colonizadores de raíces de *Rhizophora mangle* en la Bahía de Chengue, Caribe colombiano. An. Inst. Invest. Mar. Punta Betín, 1992. 21: 101-116.

RICH, J., H. DUCKLOW and D. KIRCHMAN. Concentrations and uptake of neutral monosaccharides along 140° W in the equatorial Pacific: contribution of glucose to heterotrophic bacterial activity and the DOM flux. *Limnol. Oceanogr.*, 1996. 41(4): 595-604.

RILEY, J. P. and G. SKIRROW. *Chemical Oceanography*, Vol. 2. Academic Press, 1975. 645 p.

RODRÍGUEZ, C. y R. VARELA. Pigmentos clorofílicos en la región noroccidental de Venezuela con énfasis en el Golfo de Venezuela. *Ana. Inst. Inv. Mar.*, 1987. 17: 3-14.

ROLDÁN, G. *Fundamentos de limnología neotropical*. Universidad de Antioquia. Colombia, 1992. 529 p.

ROMANKEVICH, A. E. *Geochemistry of organic matter in the ocean*. Springer Verlag, Berlin, 1984. 344 p.

RUÍZ, D. M. Variación cualitativa y cuantitativa del fitoplancton en ciénagas del delta exterior oriental del Río Magdalena y su relación con la reapertura del canal El Clarín. Tesis Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina. Santa Marta, 1999. 360 p.

SALZWEDEL, H. and K. MULLER. A summary of meteorological and hydrological data from Bay of Santa Marta, Colombian Caribbean. *An. Inst. Invest. Mar. Punta de Betín.*, 1983. 13: 67-83.

SAMPER, A. Contribución al conocimiento del zooplancton del Mar Caribe colombiano de las estaciones 87 a 118, según la operación Oceano I, (aparte N° 2). Tesis Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina. Santa Marta, 1970. 41 p + anexos.

SANDOVAL, N. Análisis reproductivo y de fecundidad de dos especies demersales *Lutjanus synagris* y *Lutjanus analis* en el Golfo de Salamanca Caribe colombiano. Tesis Universidad del Magdalena. Facultad de Ingeniería Pesquera. Santa Marta, 1999. 89 p.

SANTOS-MARTÍNEZ, A. y S. ARBOLEDA. Aspectos biológicos y ecológicos del Macabí *Elops saurus* Linnaeus (Pisces: Elopidae) en la Ciénaga Grande de Santa Marta y costa adyacente, Caribe colombiano. *An. Inst. Invest. Mar. Punta Betín.*, 1993. 22: 77-96.

SANTOYO, H. y M. SIGNORET. Diversidad y afinidad del fitoplancton en un ciclo nocturnal. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 1977. 4(1): 233-242.

SIG-INVEMAR. Programa Sistema de Información Nacional Ambiental Marina (SINAM). INVEMAR. Colombia, 1998.

SMAYDA, T. The suspension and sinking of phytoplankton in the sea. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev., 1970. 8: 353-414.

SOKAL, R. and F. ROHLF. Biometry. The principles and practice of statistics. McGraw Hill, New York, 1981. 859 p.

SVERDRUP, H. U., M. W. JOHNSON and R. H. FLEMING. The Oceans their physics, chemistry and general biology. Prentice-Hall, INC. U.S.A., 1942. 1087 p.

TAIT, R. V. Elementos de ecología marina. Segunda edición. Editorial Acribia S.A. España, 1987. 446p.

TAKAHASHI, M. and P. BIENFANG. Size structure of phytoplankton biomass and photosynthesis in subtropical hawaiian waters. Mar. Biol., 1983. 76: 203-211.

TANOUE, E., M. ISHII and T. MIDORIKAWA. Discrete dissolved and particulate proteins in oceanic waters. Limnol. Oceanogr., 1996. 41(6): 1334-1343.

THURMAN, E. M., M. NIJHUFF and W. JUNK. Organic geochemistry of natural waters. Publisher, Lancaster, 1985. 181-213 p.

TORRENEGRA, R. D. Introducción al análisis químico moderno: teoría para bacteriólogos y afines. Publicaciones Universidad Javeriana. Bogotá, 1990. 122 p.

UNESCO. Tenth report of the joint panel on oceanographic tables and standards. UNESCO technical papers in marine science, 1981. N° 36, 24 p.

URIBE, A. M. Captación de postlarvas de moluscos bivalvos sobre colectores artificiales en la región de Santa Marta. Tesis Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina. Santa Marta, 1996. 146 p.

VANEGAS-JURADO, T. Biodiversidad y dinámica de las clases de talla del mesozooplancton marino en ambientes costeros mesotróficos y oligotróficos tropicales, Caribe colombiano. Tesis Universidad Jorge Tadeo Lozano. (en preparación).

VARELA, M. Phytoplankton size classes distribution in an upwelling area. Invest. Pesq. Barc., 1987. 51: 97-105.

VIDAL. L. A. y M. C. CARBONELL. Diatomeas y dinoflagelados de la Bahía de Cartagena. Tesis Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina. Santa Marta, 1977. 360 p.

\_\_\_\_\_. Estudio del fitoplancton en el sistema lagunar estuarino tropical Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia, durante el año 1987. Tesis de grado M. Sc. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, 1995. 208 p + 62 láminas.

\_\_\_\_\_. Atlas de fitoplancton de la Bahía de El Rodadero. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina. Santa Marta, 1998.

VINOGRADOV, M.E. Life activity of pelagic communities in the ocean tropics: Based on data of the 44<sup>th</sup> cruise of the R/V Vityaz. Jerusalem: Israel Program for Scientific Translations, 1993. 298 p.

WAITE, A. M. Phytoplankton Biodiversity: boxes, spheres, spirals, and sunbursts. Oceanus reports on research from the woods hole oceanographic institution, 1996. 39: 2-5.

WERDING, B. y H. ERHARDT. Los corales (Anthozoa e Hydrozoa) de la Bahía de Chengue en el Parque Nacional Tayrona (Colombia). An. Inst. Invest. Mar. Punta Betín., 1976. 8: 45-57.

WILLIAMS, P. J. LeB. Biological and chemical aspects of dissolved organic material in sea water. En: RILEY, J. P. and G. SKIRROW. Chemical Oceanography, Vol. 2. Academic Press, 1975. 645 p.

## ANEXOS

Anexo A. Densidades brutas de los cruceros realizados en el GdS durante la época lluviosa.

Anexo B. Densidades brutas de los cruceros realizados en el PNNT durante la época lluviosa.

Anexo C. Densidades brutas de los cruceros realizados en el GdS durante la época seca.

Anexo D. Densidades brutas de los cruceros realizados en el PNNT durante la época seca.

Anexo E. División Heterokontophyta.

Anexo F. División Dinophyta.

Anexo G. División Cyanophyta.

Anexo H. División Chlorophyta.

Anexo A. Densidades brutas por géneros de los cruceros realizados en el GdS durante la época lluviosa. El primer número indica el orden cronológico de los cruceros, el segundo número el ciclo diario de muestreo (amanecer, mañana, atardecer) y el tercer número representa la profundidad trabajada (2,5 - 12,5 - 17,5 - 35 m).

Muestra	Muestreo 1 - Mesotrófica 1 Sept 9/99												Muestreo 2 - Mesotrófica 2 Sept 23/99											
	111	112	113	114	121	122	123	124	131	132	133	134	211	212	213	214	221	222	223	224	231	232	233	234
	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l
Géneros																								
<i>Coscinodiscus</i>	7					4															6			
<i>Skeletonema</i>	14		53	9	1875	8	12	111	378	15			295	12			938	18		7	975			
<i>Odontella</i>	3																5				6			
<i>Hemiaulus</i>	3				35					4			23		4		41				69			
<i>Lithodesmiun</i>					6						3						15							
<i>Chaetoceros</i>	414	138	36	18	6485	185	271	148	798	35	15		1948	425	42	46	4513	166	76	33	9156	382	144	44
<i>Bacteriastrium</i>	44	28	4	4	288				60	12	9		277	48	4		436	15	16		490	63	24	11
<i>Corethron</i>																	5				12			
<i>Rhizosolenia</i>					17	4			5					4			10	4	8		17			
<i>Guinardia</i>	21		7		208	17	6						125	12	4		390	4	4	22	260	13	8	
<i>Asterionella</i>					87			18													35			
<i>Synedra</i>				4	17				5	4							67	4			29			
<i>Thalassiotrix</i>					58			9					14				10				29			
<i>Thalassionema</i>	24	18	7	4	12				5				23			3	82							
<i>Grammatophora</i>									5						4									
<i>Neodelphineis</i>	3				12	17											133						8	
<i>Navicula</i>	3	9			12	13	3								8	3	10				63		4	
<i>Amphora</i>										4														
<i>Nitzschia</i>	7				35	8	6				3		32				10				63			
<i>Pseudonitzschia</i>	24	120			317	8	18		115	12	12		129	4			215			4	231			
<i>Dictyocha</i>						4			5															
<i>Ceratium</i>																	5							
<i>Gonyaulax</i>					17		3																	
<i>Protoperdinium</i>							3						5											
<i>Pyrophacus</i>																	15							
<i>Merismopedia</i>													18											
<i>Anabaena</i>													37				5				81		4	4
<i>Nostoc</i>																							4	
<i>Oscillatoria</i>																					6			
<i>Scenedesmus</i>						4	12									3					6			
N° géneros	12	5	5	5	16	11	9	4	9	7	5	0	12	6	6	4	19	6	4	4	18	3	7	3
<b>TOTAL</b>	568	314	107	40	9479	273	335	286	1375	85	43	0	2926	506	67	56	6908	210	104	66	11533	457	197	59

continua ...

...Continuación Anexo A.

Muestra	Muestreo 5 - Mesotrónica 1 Nov 11/99												Abundancia relativa por género
	511	512	513	514	521	522	523	524	531	532	533	534	
	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l
Géneros													
<i>Coscinodiscus</i>													0,05
<i>Skeletonema</i>									32	11	25		12,92
<i>Odontella</i>													0,04
<i>Hemiaulus</i>													0,48
<i>Lithodesmiun</i>													0,07
<i>Chaetoceros</i>	17	34	50	4	105	49	71	25	280	103	143		71,19
<i>Bacteriastrum</i>	4	4	4		8		4		14	4	13		5,10
<i>orethron</i>													0,04
<i>Rhizosolenia</i>						7			11				0,23
<i>Guinardia</i>													2,96
<i>Asterionella</i>													0,38
<i>Synedra</i>					4								0,36
<i>Thalassiotrix</i>											4		0,33
<i>Thalassionema</i>										7			0,50
<i>Grammatophora</i>													0,02
<i>Neodelphineis</i>													0,47
<i>Navicula</i>							17		18				0,44
<i>Amphora</i>													0,01
<i>Nitzschia</i>													0,45
<i>Pseudonitzschia</i>													3,26
<i>Dictyocha</i>													0,02
<i>Ceratium</i>						3							0,02
<i>Gonyaulax</i>													0,05
<i>Protoperdinium</i>													0,02
<i>Pyrophacus</i>		4											0,05
<i>Merismopedia</i>													0,05
<i>Anabaena</i>													0,35
<i>Nostoc</i>									4				0,02
<i>Oscillatoria</i>												4	0,03
<i>Scenedesmus</i>													0,07
N° géneros	2	3	2	1	3	3	3	1	6	4	4	1	
<b>TOTAL</b>	21	42	55	4	117	59	92	25	359	124	185	4	

Anexo B. Densidades brutas por géneros de los cruceros realizados en el PNNT durante la época lluviosa. El primer número indica el orden cronológico de los cruceros, el segundo número el ciclo diario de muestreo (amanecer, mañana, atardecer) y el tercer número representa la profundidad trabajada (2,5 - 12,5 - 17,5 - 35 m).

Muestra	Muestreo 3 - Oligotrófica 1 Oct 9/99												Muestreo 4 - Oligotrófica 2 Nov 4/99											
	311	312	313	314	321	322	323	324	331	332	333	334	411	412	413	414	421	422	423	424	431	432	433	434
	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l
<i>Coscinodiscus</i>									23		7		4											
<i>Skeletonema</i>	3		10		16				542	767		7												38
<i>Odontella</i>																								
<i>Hemiaulus</i>								12	35														7	
<i>Chaetoceros</i>	102	101	72	31	48		63		700	1142	6	43	51	21		5	125	8	14	9	63	66	18	25
<i>Bacteriastrum</i>	36	22	14	5	8		17		115	421		14	28				18	8	7		4		32	
<i>Corethron</i>																								
<i>Leptocylindrus</i>																								
<i>Rhizosolenia</i>			3							12			14	8		5			4					
<i>Guinardia</i>									46	29		7												
<i>Calyptrella</i>									4															
<i>Dimerogramma</i>													5											
<i>Asterionella</i>																								
<i>Synedra</i>										6														
<i>Thalassiotrix</i>									15	46			9	13				8					11	34
<i>Thalassionema</i>									50	17								4	4				7	
<i>Licmophora</i>																								
<i>Neodelphineis</i>				10					62	144														
<i>Eunotia</i>																		13						
<i>Navicula</i>				21	4				4	17		7						4						
<i>Trachyneis</i>														4										
<i>Amphora</i>														4										
<i>Nitzschia</i>	3								8	35		7		4									4	
<i>Pseudonitzschia</i>	7								246	294			9	4					14	18				
<i>Dictyocha</i>																							4	
<i>Ceratium</i>										6														
<i>Gonyaulax</i>																							4	
<i>Protoperdinium</i>									8	6														
<i>Pyrophacus</i>			3																				4	
<i>Oxytoxum</i>																								
<i>Prorocentrum</i>										6														
<i>Nostoc</i>																								
<i>Oscillatoria</i>																			4					
<i>Staurastrum</i>									4															
N° géneros	5	2	5	4	4	0	2	0	14	17	1	7	6	8	0	2	2	6	6	2	2	1	9	3
<b>TOTAL</b>	152	123	103	67	76	0	81	0	1815	3006	6	92	115	63	0	9	143	46	46	26	67	66	89	97

...Continuación Anexo B.

Muestra	Muestreo 6 - Oligotrófica 1 Nov 26/99												Abundancia relativa por género	
	611	612	613	614	621	622	623	624	631	632	633	634		
	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	
<i>Coscinodiscus</i>	7	8			11				18					0,33
<i>Skeletonema</i>	2588	558	17		1093	229	177	8	539	352	55			29,02
<i>Odontella</i>												4		0,02
<i>Hemiaulus</i>	22				7	4				8				0,39
<i>Chaetoceros</i>	3382	1712	92	13	1566	702	380	21	502	701	151			49,46
<i>Bacteriastrium</i>	210	134	4		122	22	26	4	48	113	21	8		6,07
<i>Corethron</i>	18	4							4	4				0,13
<i>Leptocylindrus</i>									11					0,05
<i>Rhizosolenia</i>		8	4			15			7	13				0,38
<i>Guinardia</i>	33	25	8		18	55			26	50				1,24
<i>Calyptrella</i>														0,02
<i>Dimerogramma</i>														0,02
<i>Asterionella</i>				13										0,05
<i>Synedra</i>	22				18				4		13			0,26
<i>Thalassiotrix</i>	70		8	4		7			11	13	8			1,07
<i>Thalassionema</i>	148	21			107	96	30	4	92	46				2,59
<i>Licmophora</i>		4					4							0,03
<i>Neodelphineis</i>	85	168			96	55			11					2,62
<i>Eunotia</i>														0,05
<i>Navicula</i>			4		4	4	11	4	15	8	4			0,46
<i>Trachyneis</i>														0,02
<i>Amphora</i>	4		4											0,05
<i>Nitzschia</i>						4	4			4				0,30
<i>Pseudonitzschia</i>	251	67	46		103	48			55					4,82
<i>Dictyocha</i>											4			0,03
<i>Ceratium</i>	11				4				7					0,12
<i>Gonyaulax</i>						4				4				0,05
<i>Protoperdinium</i>	7				15				7	4				0,20
<i>Pyrophacus</i>														0,03
<i>Oxytoxum</i>	4													0,02
<i>Prorocentrum</i>														0,02
<i>Nostoc</i>	4													0,02
<i>Oscillatoria</i>		4							7					0,06
<i>Staurastrum</i>														0,02
N° géneros	17	12	9	3	13	13	7	5	17	13	7	2		
<b>TOTAL</b>	<b>6868</b>	<b>2715</b>	<b>189</b>	<b>29</b>	<b>3164</b>	<b>1244</b>	<b>631</b>	<b>42</b>	<b>1366</b>	<b>1322</b>	<b>256</b>	<b>13</b>		

Anexo C. Densidades brutas por géneros de los cruceros realizados en el GdS durante la época seca. El primer número indica el orden cronológico de los cruceros, el segundo número el ciclo diario de muestreo (amanecer, mañana, atardecer) y el tercer número representa la profundidad trabajada (2,5 - 12,5 - 17,5 y 35 m).

Muestra	Muestreo 7 - Mesotrófica 1 Feb 25/00												Muestreo 8 - Mesotrófica 2 Abril 13/00											
	711	712	713	714	721	722	723	724	731	732	733	734	811	812	813	814	821	822	823	824	831	832	833	834
	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l
Géneros																								
<i>Coscinodiscus</i>																								
<i>Odontella</i>																								
<i>Hemiaulus</i>	4										9													
<i>Chaetoceros</i>	80	34	59	4	38		5						14						14		18		14	
<i>Bacteriastrium</i>																								
<i>Leptocylindrus</i>																								
<i>Rhizosolenia</i>						5																		
<i>Guinardia</i>	21	4	8		21	14							5	23				8					37	
<i>Synedra</i>																		4						
<i>Thalassionema</i>			4																		9		5	
<i>Navicula</i>		8																		5				
<i>Nitzschia</i>		4									5				5									
<i>Cylindrotheca</i>														4							5			
<i>Pseudonitzschia</i>					13						5			35		5		109	14		5	77	55	
<i>Dictyocha</i>																								
<i>Gonyaulax</i>																		4						
<i>Protoperdinium</i>																								
<i>Prorocentrum</i>					4																			
<i>Amphisolenia</i>																								
<i>Oscillatoria</i>																								5
N° géneros	3	4	3	1	4	2	1	0	0	0	2	1	2	3	1	1	0	4	2	1	4	1	4	1
<b>TOTAL</b>	105	50	71	4	76	18	5	0	0	0	14	5	18	62	5	5	0	126	28	5	37	77	111	5

continua ...

..Continuación Anexo C.

Muestra	Muestreo 11 - Mesotrónica 1 Mayo 11/00												Abundancia relativa por géneros
	1111	1112	1113	1114	1121	1122	1123	1124	1131	1132	1133	1134	
	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	
Géneros													
<i>Coscinodiscus</i>						3						4	0,50
<i>Odontella</i>										4	5		0,60
<i>Hemiaulus</i>													0,92
<i>Chaetoceros</i>		185	92	21		55				13	9	50	48,35
<i>Bacteriastrum</i>		4											0,25
<i>Leptocylindrus</i>		18				12							2,11
<i>Rhizosolenia</i>		4	8	4						13	5		2,61
<i>Guinardia</i>		4											9,96
<i>Synedra</i>	5							5					0,99
<i>Thalassionema</i>				17									2,39
<i>Navicula</i>		4		4			5						1,82
<i>Nitzschia</i>			4			3							1,46
<i>Cylindrotheca</i>			13										1,44
<i>Pseudonitzschia</i>		15		8								17	24,52
<i>Dictyocha</i>										4			0,29
<i>Gonyaulax</i>		4											0,54
<i>Protoberidinium</i>									5				0,35
<i>Prorocentrum</i>													0,29
<i>Amphisolenia</i>		4											0,25
<i>Oscillatoria</i>													0,35
N° géneros	1	9	4	5	0	4	1	1	1	4	3	3	
<b>TOTAL</b>	5	240	117	55	0	74	5	5	5	34	18	71	

Anexo D. Densidades brutas por géneros de los cruceros realizados en el PNNT durante la época seca. El primer número indica el orden cronológico de los cruceros, el segundo número el ciclo diario de muestreo (amanecer, mañana, atardecer) y el tercer número representa la profundidad trabajada (2,5 - 12,5 - 17,5 - 35 m).

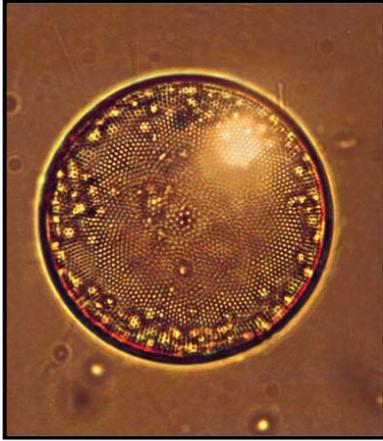
Muestra	Muestreo 9 - Oligotrófica 1 Abril 27/00												Muestreo 10 - Oligotrófica 2 Mayo 4/00											
	911	912	913	914	921	922	923	924	931	932	933	934	1011	1012	1013	1014	1021	1022	1023	1024	1031	1032	1033	1034
	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l	Ind/l
Géneros																								
<i>Leptocylindrus</i>																							51	
<i>Rhizosolenia</i>																		5						
<i>Guinardia</i>		5									17												9	
<i>Thalassionema</i>													13					5						
<i>Licmophora</i>													4											
<i>Navicula</i>											5				5									
<i>Nitzschia</i>																							5	
<i>Cilindrotheca</i>													4									5		
<i>Pseudonitzschia</i>	10										13	9	21		14							9		
N° géneros	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	4	0	2	0	0	2	0	0	0	3	2	0
<b>TOTAL</b>	10	5	0	0	0	0	0	0	0	0	29	14	42	0	18	0	0	9	0	0	0	65	14	0

Muestra	Abundancia relativa por géneros
Géneros	
<i>Leptocylindrus</i>	24,56
<i>Rhizosolenia</i>	2,23
<i>Guinardia</i>	15,07
<i>Thalassionema</i>	8,32
<i>Licmophora</i>	2,03
<i>Navicula</i>	4,47
<i>Nitzschia</i>	2,23
<i>Cilindrotheca</i>	4,26
<i>Pseudonitzschia</i>	36,83

E. División HETEROKONTOPHYTA

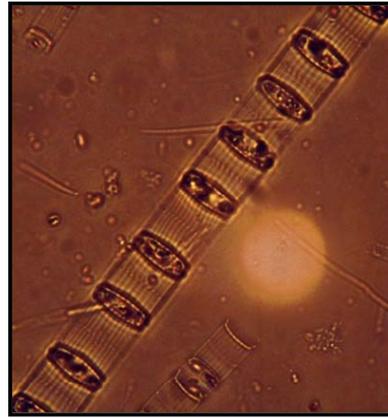
Clase DIATOMOPHYCEAE  
Orden Centrales

Familia Coscinodiscaceae



*Coscinodiscus*  
x 40X Diámetro valvar 150  $\mu\text{m}$

Familia Thalassiosiraceae



*Skeletonema*  
x 40X Diámetro valvar 26  $\mu\text{m}$

Familia Eupodiscaceae



*Odontella*  
x 40X Largo 90  $\mu\text{m}$

Familia Biddulphiaceae

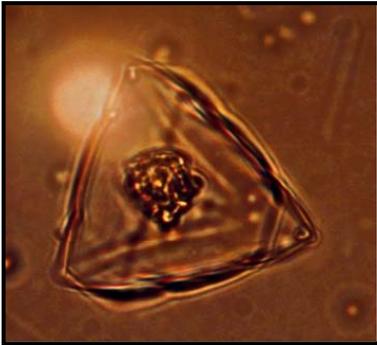


*Hemiaulus* (colonia)  
x 40X Largo 16  $\mu\text{m}$  (célula individual)

Continúa...

...Continuación Anexo E.

Familia Lithodesmiaceae

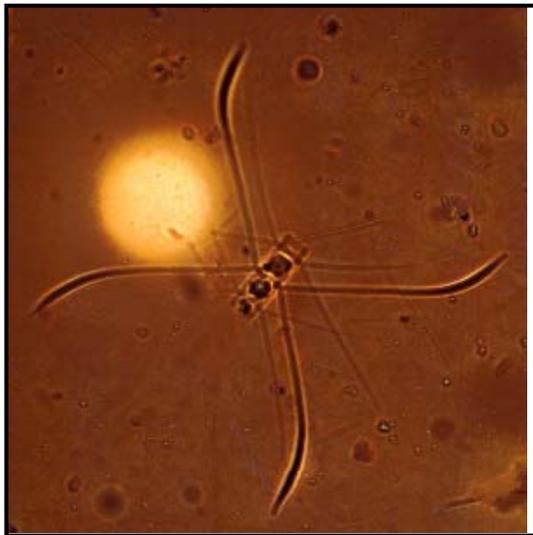


*Lithodesmium* (vista valvar)  
x 40X Lateral 42  $\mu$ m



*Lithodesmium* (vista cingular)

Familia Chaetoceraceae



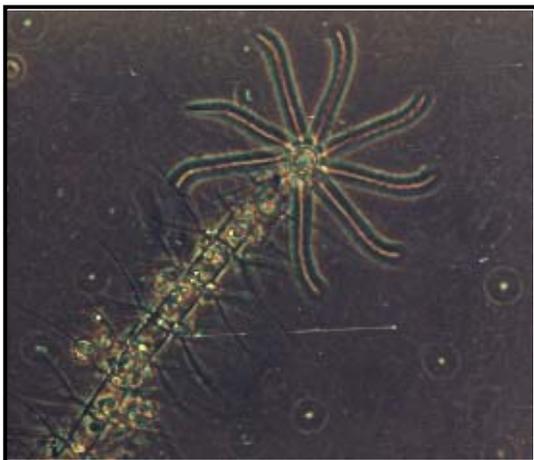
*Chaetoceros* sp 1  
x 40X Diámetro valvar 17  $\mu$ m



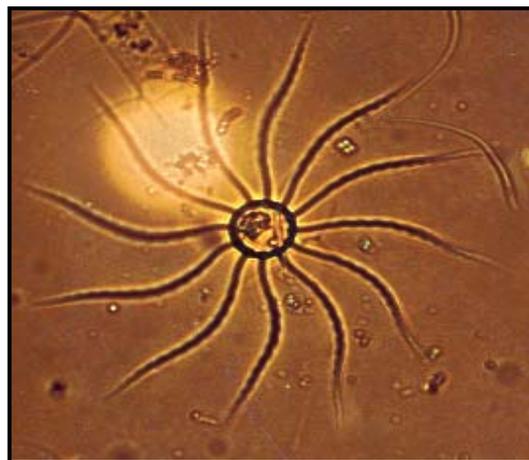
*Chaetoceros* sp 2  
x 40X Diámetro valvar 25  $\mu$ m

Continúa...

...Continuación Anexo E.

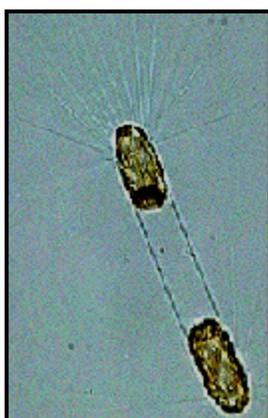


*Bacteriastrum*  
x 40X Diámetro 14  $\mu\text{m}$  (\*)



*Bacteriastrum* (vista valvar)  
x 40X Diámetro 17  $\mu\text{m}$

Familia Leptocylindraceae



*Corethron*  
x 40X Diámetro 25  $\mu\text{m}$



*Leptocylindrus*  
x 40X Diámetro 15  $\mu\text{m}$

(\* Tomado de Vidal 1998)

Continúa...

...Continuación Anexo E.

Familia Rhizosoleniaceae



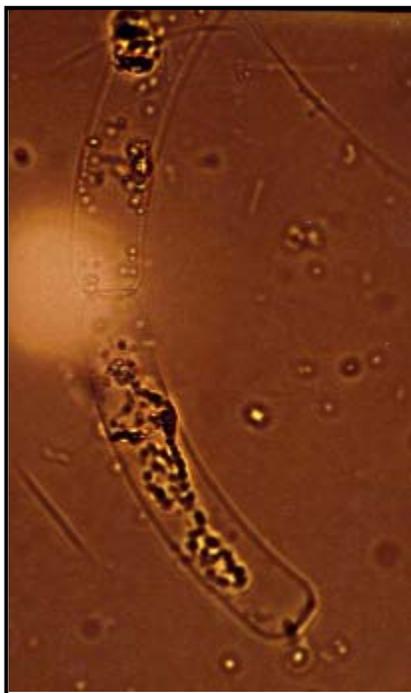
*Rhizosolenia* sp 1  
x 40X Diámetro 20  $\mu$ m



*Rhizosolenia* sp 3  
x 40X Diámetro 25  $\mu$ m



*Rhizosolenia* sp 2  
x 40X Diámetro 22  $\mu$ m



*Guinardia*  
x 40X Diámetro 35  $\mu$ m



*Guinardia*  
x 40X



*Calyptrella*

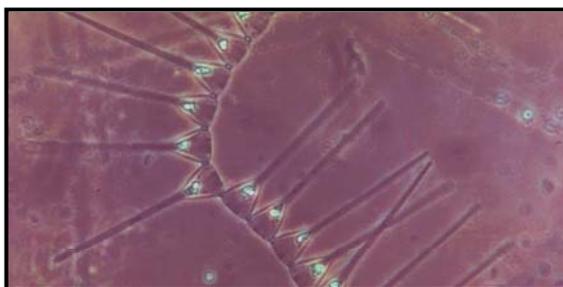
x 40X Diámetro 65 µm

Continúa...

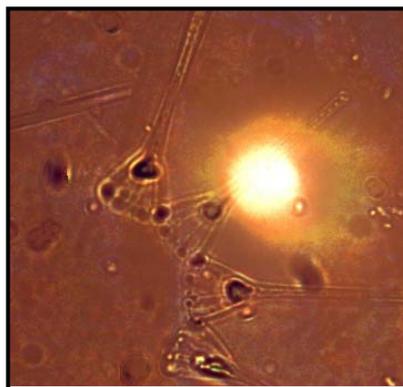
..Continuación Anexo E.

### Orden Pennales

#### Familia Fragilariaceae



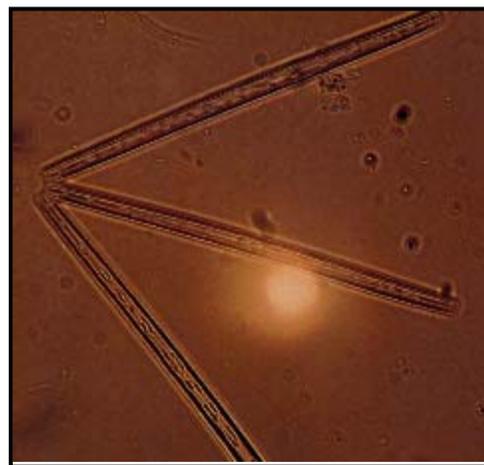
*Asterionella* (colonia)  
x 40X Longitud 64 µm (célula individual)



*Asterionella* (colonia)  
x 40X Longitud 73 µm (célula individual)

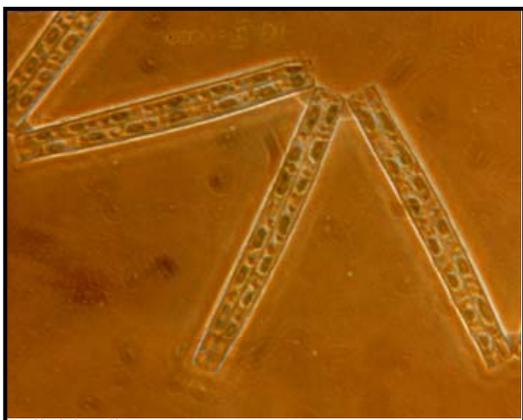


*Synedra*  
x 25X Longitud 120 µm



*Thalassiotrix* (colonia)  
x 40X Longitud 50 µm (célula individual)

...Continuación Anexo E.

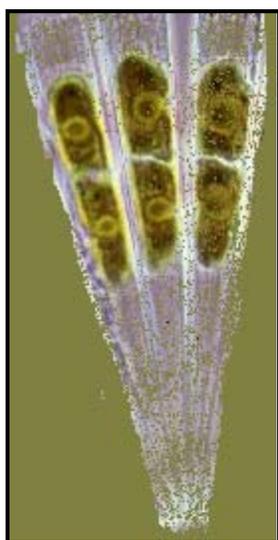


individual)

*Thalassionema* (colonia)  
x 40 X Longitud 65  $\mu\text{m}$  (célula individual)



*Neodelphineis* (colonia)  
x 40X Longitud 30  $\mu\text{m}$  (célula



*Grammatophora* (colonia)

individual)

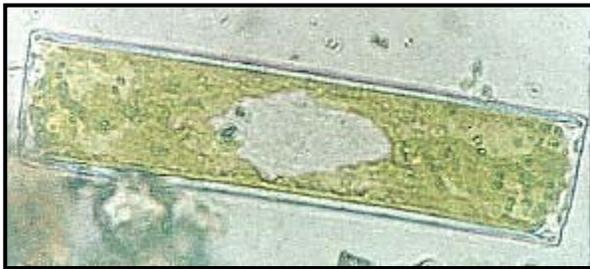
x 40X Longitud 46 μm (célula

*Licmophora* (colonia)  
x 40X Longitud 50 μm (célula individual)

Cont  
inúa...

...Continuación Anexo E.

Familia Eunotiaceae



*Eunotia*  
x 40X Longitud 45 μm

Familia Cymbellaceae

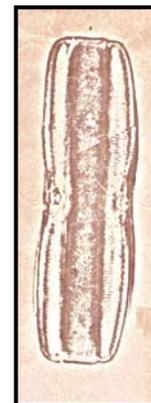


*Amphora*  
x 40X Longitud 210 μm (\*\*\*)

Familia Naviculaceae

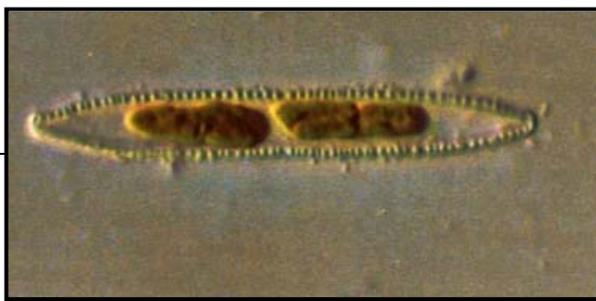


*Navicula*  
x 40X Longitud 40 μm



*Trachyneis* (\*\*)

Familia Nitzschiaceae



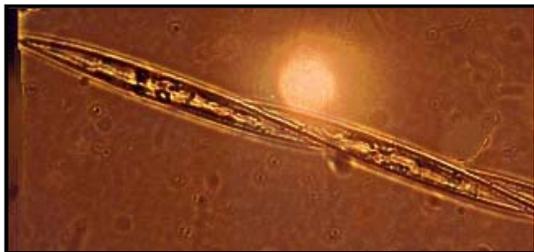
*Nitzschia*  
x 40X Longitud 180  $\mu$ m

*Cylindrotheca*  
x 40X Longitud 60  $\mu$ m

---

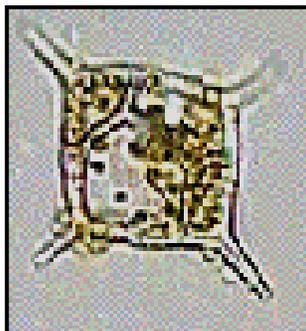
(\*\* Tomado de Vidal y Carbonell 1977)  
(\*\*\* Tomado de Ruíz 1999)  
continúa...

...Continuación Anexo E.



*Pseunonitzschia* (colonia)  
x 40 X Longitud 60  $\mu$ m (célula individual)

Clase DICTYOCHOPHYCEAE  
Orden Dictyochales  
Familia Dictyochaceae



*Dictyocha*  
x 40X Longitud 35  $\mu$ m

Anexo F. División DINOPHYTA

Clase DINOPHYCEAE  
Orden Peridinales

Familia Ceratiaceae

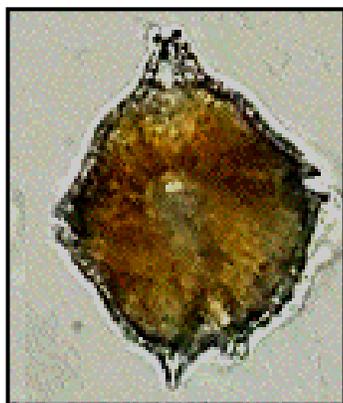


*Ceratium* sp 1  
x 25X Longitud 320  $\mu\text{m}$



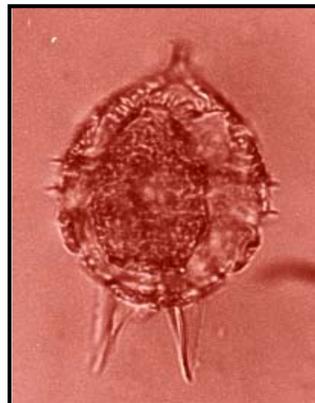
*Ceratium* sp 2  
x 25X Longitud 367  $\mu\text{m}$

Familia Gonyaulacaceae



*Gonyaulax*  
x 40X Longitud 60  $\mu\text{m}$

Familia Peridiniaceae



*Protoperidinium*  
x 40X Longitud 68  $\mu\text{m}$  (\*)

(\* Tomado de Vidal 1998)

Continúa...

...Continuación Anexo F.

Familia Pyrophacaceae



*Pyrophacus*  
x 40X Diámetro 140  $\mu$ m

Familia Oxytoxaceae



*Oxytoxum*  
x 40X Longitud 75  $\mu$ m (\*)

Orden Prorocentrales  
Familia Prorocentraceae



*Prorocentrum*  
x 40X Longitud 55  $\mu$ m

Orden Dinophysales  
Familia Dinophysaceae

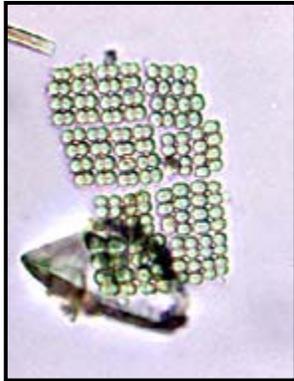


*Amphisolenia*  
x 25X Longitud 400  $\mu$ m (\*)

(\* Tomado de Vidal 1998)  
Anexo G. División CIANOPHYTA

Orden Chroococcales

Familia Microcystaceae



*Merismopedia*  
x 100X

Orden Oscillatoriales

Familia Oscillatoriaceae



*Oscillatoria*  
x 100X

Orden Nostococales

Familia Nostocaceae



*Anabaena*  
x 100X



*Nostoc*  
x 100X

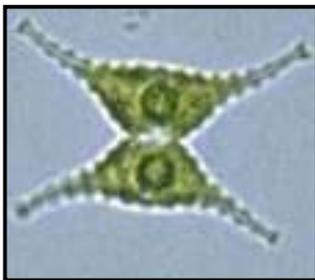
Anexo H. División CHLOROPHYTA

Clase CLOROPHYCEAE  
Orden Zygnematales

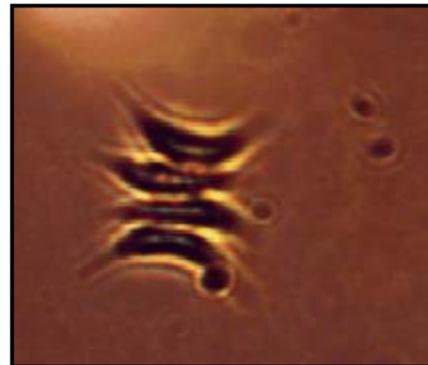
Orden Chlorococcales

Familia Desmidiaceae

Familia Scenedesmaceae



*Staurastrum*  
x 40X Longitud 25  $\mu$ m



*Scenedesmus*  
x 40X Longitud 20  $\mu$ m