



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO

División de Ciencias e Ingeniería

EVALUACIÓN DE MOLUSCOS (BIVALVOS) COMO
BIOINDICADORES DE CONTAMINACIÓN POR MATERIA
ORGÁNICA EN LA BAHÍA DE CHETUMAL, QUINTANA ROO

TESIS

Como requisito para la obtención
del título de:

INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTA

Gerardo Antonio España Álvarez

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Víctor Hugo Delgado Blas

ASESORES PROPIETARIOS

M.C. José Martín Rivero Rodríguez

Q.F.B. José Luis González Bucio

ASESORES SUPLENTES

Dr. José Manuel Carrión Jiménez

Biol. Laura Patricia Flores Castillo

Chetumal Quintana Roo, México, Marzo 2007



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO

Esta tesis fue realizada bajo la asesoría de:

Director de tesis:

Dr. Víctor Hugo Delgado Blas

Asesores Propietarios:

M. C. José Martín Rivero Rodríguez

Q. F. B. José Luis González Bucio

Asesores Suplentes:

Dr. José Manuel Carrión Jiménez

Biol. Laura Patricia Flores Castillo

Chetumal, Quintana Roo, Marzo 2007

Evaluación de moluscos (Bivalvos) como bioindicadores de contaminación por materia orgánica en la Bahía de Chetumal, Quintana Roo.

Gerardo Antonio España Álvarez
Universidad de Quintana Roo
División de Ciencias e Ingeniería

CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
LISTA DE FIGURAS	iv
LISTA DE TABLAS.....	viii
RESUMEN.....	1
I. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1 Justificación.....	4
1.2 Objetivo General.....	4
1.3 Objetivos Particulares.....	4
1.4 Antecedentes.....	5
1.5 Área de Estudio.....	6
II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
2.1 Muestreo.....	9
2.2 Análisis fisicoquímico de las muestras de sedimento.....	10
2.3 Procesamiento de las muestras.....	11
2.4 Análisis de los datos faunísticos.....	11
III. RESULTADOS.....	14
3.1 Comportamiento general de los parámetros ambientales.....	14
3.2 Comportamiento general de la composición faunística.....	15
3.3 Época de secas.....	19
3.3.1 Condiciones ambientales de la columna de agua y sedimento.....	19
3.3.2 Composición de la comunidad de bivalvos para la época de secas.....	26
3.3.3 Descripción de la estructura de la comunidad.....	29
3.3.4 Relación con las variables biológicas con los parámetros fisicoquímicos.....	32
3.3.5 Análisis de componentes principales.....	37
3.3.6 Análisis de similitud de las estaciones.....	39
3.3.7 Relación entre la materia orgánica y la composición faunística.....	43
3.3.8 Curvas de abundancia-biomasa (ABC).....	45

3.4 Época de lluvias	47
3.4.1 Condiciones ambientales de la columna de agua y sedimento.....	47
3.4.2 Composición de la comunidad de bivalvos para la época de lluvias.....	54
3.4.3 Descripción de la estructura de la comunidad.....	57
3.4.4 Relación con las variables biológicas con los parámetros fisicoquímicos.....	60
3.4.5 Análisis de componentes principales.....	65
3.4.6 Análisis de similitud de las estaciones.....	67
3.4.7 Relación entre la materia orgánica y la composición faunística.....	71
3.4.8 Curvas de abundancia-biomasa (ABC).....	73
3.5 Época de nortes	75
3.5.1 Condiciones ambientales de la columna de agua y sedimento.....	75
3.5.2 Composición de la comunidad de bivalvos para la época de nortes.....	82
3.5.3 Descripción de la estructura de la comunidad.....	85
3.5.4 Relación con las variables biológicas con los parámetros fisicoquímicos.....	88
3.5.5 Análisis de componentes principales.....	92
3.5.6 Análisis de similitud de las estaciones.....	94
3.5.7 Relación entre la materia orgánica y la composición faunística.....	98
3.5.8 Curvas de abundancia-biomasa (ABC).....	100
IV. DISCUSIONES	102
V. CONCLUSIONES	110
VI. RECOMENDACIONES	112
LITERATURA CITADA	113
ANEXOS	120

DEDICATORIA

A Dios

Por darme el regalo mas maravilloso que es la vida, y por nunca dejarme solo en los momentos mas difíciles.

A mis padres

Gerardo Antonio España Solís y Neyfi Álvarez Puc por apoyarme de todas las maneras posibles para lograr cumplir mis metas, por enseñarme a luchar por lo que uno quiere, por confiar plenamente en mi, por su amor sincero, el cual me han demostrado cada día de mi vida, por todo eso y mas; mil gracias, por que este es un logro de todos nosotros.

A mis hermanos

Julieta, Aldo y Bryant por que siempre conté con ustedes para todo. Por su cariño, amistad y comprensión en momentos difíciles. Los quiero mucho nunca lo duden.

A la familia Neveu Reyes

Sra. Violeta Maria y Belem por tratarme siempre como su familia y darme su apoyo en todo momento, por que siempre me alentaron a seguir adelante. Al pequeño Alejandro, "Chontis" te quiero mucho; es una bendición tenerte.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer especialmente al Dr. Víctor Hugo Delgado Blas, por brindarme la oportunidad de realizar mi tesis durante la realización de su proyecto. Por haberme brindado confianza, amistad, apoyo y sabiduría.

Este trabajo fue financiado por la convocatoria 2006 “Apoyo a Proyectos Internos de Investigación”, de la División de Ciencias e Ingeniería bajo el proyecto UQROO/DCI/PI/01/06 “Estudio ecológico del bentos para evaluar y monitorear la contaminación por materia orgánica en la bahía de Chetumal, Quintana Roo”; y por el Programa al mejoramiento del Profesorado (PROMEP) “Análisis de las comunidades de poliquetos bénticos como biomonitores de enriquecimiento orgánico en la bahía de Chetumal, Quintana Roo”.

A mis compañeros y amigos Addy Natalia Sansores Ibarra, Paulina Aguilar Martínez, José Gabriel Kuk Dzul y Jorge Luis Tejero Gómez, por que su ayuda en la toma y procesamiento de las muestras fue muy valiosa. Al compañero Adrián por su paciencia y disponibilidad en los muestreos. Y por que con cada uno de ellos compartí momentos agradables durante el proyecto.

A mis profesores de la Universidad de Quintana Roo, por que cada uno de ellos aportó su granito para que yo logre ser una mejor persona, y por compartirme sus conocimientos.

A la Universidad de Quintana Roo, por darme la oportunidad de formarme como profesionalista, y brindarme un espacio en el cual poder realizarme.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio. Ubicación de las estaciones de muestreo en la Bahía de Chetumal, Quintana Roo.....	8
Figura 2. Comparación del porcentaje de materia orgánica que se presentó en las tres épocas climáticas.....	15
Figura 3. Abundancia total de bivalvos durante las épocas climáticas.....	15
Figura 4. Abundancia total de bivalvos por familia durante las tres temporadas climáticas.....	16
Figura 5. Abundancia de bivalvos por familia para cada época climática.....	16
Figura 6. Abundancia para cada una de las especies en las tres épocas climáticas.....	17
Figura 7. Valores y porcentajes de la biomasa en las tres épocas climáticas.....	17
Figura 8. Valores de biomasa por especie en cada época climática.....	18
Figura 9. Porcentaje de materia orgánica por distancia de los transectos en la época de secas.....	20
Figura 10. Valores de temperatura por distancia de cada transecto en la época de secas.....	21
Figura 11. Valores de salinidad por distancias para cada transecto en la época de secas.....	22
Figura 12. Valores de conductividad por distancia para cada transecto en la época de secas.....	23
Figura 13. Valores de sólidos disueltos por distancia para cada transecto en la época de secas.....	24
Figura 14. Valores de pH por distancia para cada transecto en la época de secas.....	25
Figura 15. Concentración de Oxígeno disuelto por distancia para cada transecto en la época de secas.....	26
Figura 16. Porcentajes de abundancia por familia para la época de secas.....	26
Figura 17. Abundancia total de organismos por distancia en la época de secas.....	27
Figura 18. Abundancia de organismos por distancia para cada transecto en la época de secas.....	28
Figura 19. Porcentajes de la abundancia de bivalvos por especie en la época de secas.....	28
Figura 20. Abundancia de las especies identificadas en la época de secas a 50 m de la línea de costa.....	29
Figura 21. Abundancia de las especies identificadas en la época de secas a 150 m de la línea de costa.....	30
Figura 22. Abundancia de las especies identificadas en la época de secas a 300 m de distancia con la línea de costa.....	30
Figura 23. Valores de biomasa por distancia en la época de secas.....	31

Figura 24. Valores de biomasa por distancia para cada transecto en la época de secas.....	32
Figura 25. Matriz de diagramas de dispersión de las variables ambientales y la abundancia, en la época de secas.....	36
Figura 26. Matriz de diagramas de dispersión de las variables ambientales y la biomasa, en la época de secas.....	35
Figura 27. Diagrama de ordenación en dos dimensiones del análisis de componentes principales en la época de secas.....	37
Figura 28. Dendrograma del análisis de agrupación con los datos de abundancia de la época de secas.....	39
Figura 29. Dendrograma del análisis de agrupación con los datos de biomasa.....	40
Figura 30. Dendrograma del análisis de agrupación con los datos de Materia orgánica.....	41
Figura 31. Dendrograma del análisis de agrupación con los datos de tamaño de grano del sedimento.....	42
Figura 32. Gráfico del análisis de regresión entre el porcentaje de materia orgánica y la abundancia de los organismos en la época de secas.....	43
Figura 33. Gráfico del análisis de regresión entre el porcentaje de materia orgánica y la biomasa de los organismos en la época de secas.....	44
Figura 34. Curva ABC de la estación 6C en la época de secas.....	45
Figura 35. Curva ABC de la estación 10C en la época de secas.....	45
Figura 36. Curva ABC del análisis general de la zona de estudio en la época de secas.....	46
Figura 37. Porcentaje de materia orgánica por distancia de los transectos en la época de lluvias.....	48
Figura 38. Valores de temperatura por distancia de cada transecto en la época de lluvias.....	49
Figura 39. Valores de salinidad por distancias para cada transecto en la época de lluvias.....	50
Figura 40. Valores de conductividad por distancia para cada transecto en la época de lluvias.....	51
Figura 41. Valores de sólidos disueltos por distancia para cada transecto en la época de lluvias.....	52
Figura 42. Valores de pH por distancia para cada transecto en la época de lluvias.....	53
Figura 43. Concentración de Oxígeno disuelto por distancia para cada transecto en la época de lluvias.....	54
Figura 44. Porcentajes de abundancia por familia para la época de lluvias.....	54
Figura 45. Abundancia total de organismos por distancia en la época de lluvias.....	55
Figura 46. Abundancia de organismos por distancia para cada transecto en la época de lluvias.....	56
Figura 47. Porcentajes de la abundancia de bivalvos por especie en la época de lluvias.....	56

Figura 48. Abundancia de las especies identificadas en la época de lluvias a 50 m de la línea de costa.....	57
Figura 49. Abundancia de las especies identificadas en la época de lluvias a 150 m de la línea de costa.....	58
Figura 50. Abundancia de las especies identificadas en la época de lluvias a 300 m de distancia con la línea de costa.....	58
Figura 51. Valores de biomasa por distancia en la época de lluvias.....	59
Figura 52. Valores de biomasa por distancia para cada transecto en la época de lluvias.....	59
Figura 53. Matriz de diagramas de dispersión de las variables ambientales y la abundancia, en la época de lluvias.....	63
Figura 54. Matriz de diagramas de dispersión de las variables ambientales y la biomasa, en la época de lluvias.....	64
Figura 55. Diagrama de ordenación en dos dimensiones del análisis de componentes principales en la época de lluvias.....	65
Figura 56. Dendrograma del análisis de agrupación con los datos de abundancia de la época de lluvias.....	67
Figura 57. Dendrograma del análisis de agrupación con los datos de biomasa.....	68
Figura 58. Dendrograma del análisis de agrupación con los datos de Materia orgánica.....	69
Figura 59. Dendrograma del análisis de agrupación con los datos de tamaño de grano del sedimento.....	70
Figura 60. Gráfico del análisis de regresión entre el porcentaje de materia orgánica y la abundancia de los organismos en la época de lluvias.....	71
Figura 61. Gráfico del análisis de regresión entre el porcentaje de materia orgánica y la biomasa de los organismos en la época de lluvias.....	72
Figura 62. Curvas ABC de las estaciones no contaminadas, en la época de lluvias.....	73
Figura 63. Curvas ABC de las estaciones altamente contaminadas, en la época de lluvias.....	74
Figura 64. Curva ABC del análisis general de la zona de estudio en la época de lluvias.....	74
Figura 65. Porcentaje de materia orgánica por distancia de los transectos en la época de nortes.....	76
Figura 66. Valores de temperatura por distancia de cada transecto en la época de nortes.....	77
Figura 67. Valores de salinidad por distancias para cada transecto en la época de nortes.....	78
Figura 68. Valores de conductividad por distancia para cada transecto en la época de nortes.....	79
Figura 69. Valores de sólidos disueltos por distancia para cada transecto en la época de nortes.....	80
Figura 70. Valores de pH por distancia para cada transecto en la época de nortes.....	81
Figura 71. Concentración de Oxígeno disuelto por distancia para cada transecto en la época de nortes.....	82

Figura 72. Porcentajes de abundancia por familia para la época de nortes.....	82
Figura 73. Abundancia total de organismos por distancia en la época de nortes.....	83
Figura 74. Abundancia de organismos por distancia para cada transecto en la época de nortes.....	84
Figura 75. Porcentajes de la abundancia de bivalvos por especie en la época de nortes.....	84
Figura 76. Abundancia de las especies identificadas en la época de nortes a 50 m de la línea de costa.....	85
Figura 77. Abundancia de las especies identificadas en la época de nortes a 150 m de la línea de costa.....	86
Figura 78. Abundancia de las especies identificadas en la época de nortes a 300 m de distancia con la línea de costa.....	86
Figura 79. Valores de biomasa por distancia en la época de nortes.....	87
Figura 80. Valores de biomasa por distancia para cada transecto en la época de nortes.....	87
Figura 81. Matriz de diagramas de dispersión de las variables ambientales y la abundancia, en la época de nortes.....	90
Figura 82. Matriz de diagramas de dispersión de las variables ambientales y la biomasa, en la época de nortes.....	91
Figura 83. Diagrama de ordenación en dos dimensiones del análisis de componentes principales en la época de nortes.....	92
Figura 84. Dendrograma del análisis de agrupación con los datos de abundancia de la época de nortes.....	94
Figura 85. Dendrograma del análisis de agrupación con los datos de biomasa.....	95
Figura 86. Dendrograma del análisis de agrupación con los datos de Materia orgánica.....	96
Figura 87. Dendrograma del análisis de agrupación con los datos de tamaño de grano del sedimento.....	97
Figura 88. Gráfico del análisis de regresión entre el porcentaje de materia orgánica y la abundancia de los organismos en la época de nortes.....	98
Figura 89. Gráfico del análisis de regresión entre el porcentaje de materia orgánica y la biomasa de los organismos en la época de nortes.....	99
Figura 90. Curva ABC de la estación 7C en la época de nortes.....	100
Figura 91. Curvas ABC de las estaciones con moderada contaminación en la época de nortes.....	100
Figura 92. Curva ABC de la estación 11C en la época de nortes.....	101
Figura 93. Curva ABC del análisis general de la zona de estudio en la época de nortes.....	101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores mínimos (Min), valores máximos (Max) y promedios de los parámetros fisicoquímicos de la columna de agua en las tres épocas climáticas	14
Tabla 2. Coeficientes de correlación de las variables ambientales con la abundancia total, en la época de secas.....	32
Tabla 3. Coeficientes de correlación de las variables ambientales con la abundancia de cada especie, en la época de secas.....	33
Tabla 4. Coeficientes de correlación de las variables ambientales con la biomasa total, en la época de secas.....	33
Tabla 5. Coeficientes de correlación de las variables ambientales con la biomasa de cada especie en la época de secas.....	34
Tabla 6. Porcentaje de variación explicado por los dos primeros componentes y los coeficientes de correlación de las variables ambientales en la época de secas.....	38
Tabla 7. Coeficientes de correlación de las variables ambientales con la abundancia total en la época de lluvias.....	60
Tabla 8. Coeficientes de correlación de las variables ambientales con la abundancia de cada especie, en la época de lluvias.....	60
Tabla 9. Coeficientes de correlación de las variables ambientales con la biomasa total en la época de lluvias.....	61
Tabla 10. Coeficientes de correlación de las variables ambientales con la biomasa de cada especie en la época de lluvias.....	61
Tabla 11. Porcentaje de variación explicado por los dos primeros componentes y los coeficientes de correlación de las variables ambientales en la época de lluvias.....	66
Tabla 12. Coeficientes de correlación de las variables ambientales con la abundancia total de la época de nortes.....	88
Tabla 13. Coeficientes de correlación de las variables ambientales con la abundancia por especie en la época de nortes.....	88
Tabla 14. Coeficientes de correlación de las variables ambientales con la biomasa total de la época de nortes.....	89
Tabla 15. Coeficientes de correlación de las variables ambientales con la biomasa por especie en la época de nortes.....	89
Tabla 16. Porcentaje de variación explicado por los dos primeros componentes y los coeficientes de correlación de las variables ambientales en la época de nortes.....	93

Evaluación de moluscos (Bivalvos) como bioindicadores de contaminación por materia orgánica en la Bahía de Chetumal, Quintana Roo

Gerardo Antonio España Álvarez
Universidad de Quintana Roo
División Ciencias e Ingeniería

RESUMEN

Se realizaron tres muestreos en la zona urbana de la ciudad de Chetumal, con el objetivo de determinar el grado de perturbación que presenta este cuerpo de agua, debido a los aportes de materia orgánica provenientes de las descargas de aguas. La época de secas fue la que presentó mayor variación en los parámetros fisicoquímicos con respecto a las épocas: lluvias y nortes. En promedio, el porcentaje de materia orgánica presente en el sedimento estuvo dentro del intervalo 1 – 2 %C, durante las tres temporadas climáticas, lo cual indica que los sedimentos se encuentran moderadamente perturbados. Fueron identificadas 3 especies de organismos de la clase Bivalvia: *Cumingia tellinoides*, *Brachiodontes exustus* e *Ischadium recurvum*. La especie predominante fue *C. tellinoides*, ya que fue la única que se presentó de manera constante en toda la zona de estudio y durante las tres temporadas climáticas. Los resultados del análisis de regresión, indicaron que la abundancia y la biomasa de los bivalvos identificados, no se encuentran relacionadas con la materia orgánica. La escasa abundancia y diversidad, no permitieron determinar especies indicadoras de contaminación por materia orgánica.

I. INTRODUCCIÓN

La ciudad de Chetumal carece de un sistema eficiente de alcantarillado para canalizar sus aguas residuales. La práctica común son fosas sépticas con deficiencias en su construcción que permiten la infiltración al manto freático. Otra práctica común es la canalización a través de la red pluvial que se distribuye a todo lo largo de la zona urbana y que desembocan en la bahía. La presencia de agroquímicos que la corriente del río Hondo lleva hasta la bahía también constituye un problema, ya que en los márgenes se lleva a cabo una intensa actividad agrícola que en temporada de lluvias deposita todos estos contaminantes al río (Ortíz-Hernández y Sáenz-Morales, 1999).

El enriquecimiento orgánico en algunos cuerpos de agua puede ser mayor en las zonas urbanas y en particular en sitios sujetos al aporte por drenaje (doméstico y pluvial) o en aquellos donde las corrientes son tan limitadas que promueven la acumulación y depósito del material suspendido. La importancia de la materia orgánica en la distribución de los organismos bentónicos, especialmente moluscos, ha sido muy enfatizado. En condiciones estuarinas o lagunares el contenido de materia orgánica de los sedimentos es muy elevado. Estos juegan un papel importante en la ecología del bentos y en los procesos inherentes a la contaminación. Además de brindar superficies para la absorción de la materia orgánica, proveen un sustrato adecuado sobre el que pueden crecer muchos microorganismos como bacterias y hongos. Así uno supondría que su impacto sería positivo ya que brindarían alimento al bentos, pero tiene también efectos negativos. Al estar en suspensión interrumpen el paso libre de la luz e inciden negativamente sobre la fotosíntesis, y pueden colmar las estructuras de alimentación o de respiración, o ambas, en muchos invertebrados. Al mismo tiempo, dada la gran cantidad de materia orgánica que llevan absorbida, promueven la proliferación masiva de bacterias, la que eventualmente abate el oxígeno disponible y conduce a la anoxia con todas sus consecuencias. (Salazar-Vallejo, 1991). Por ende, es importante conocer cuál es el patrón natural de sedimentación como una referencia para entender la posible extensión del impacto por aporte de sedimentos.

Existen mas de 100, 000 especies de moluscos, la mayoría habita en el mar desde la zona entre mareas hasta profundidades de 7,000 m (Purchon, 1977). Los moluscos son animales con cuerpo blando generalmente protegido por conchas calcáreas duras. México presenta una gran biodiversidad de moluscos ya que su línea costera es muy extensa, con aproximadamente 10, 000 Km.

En el medio acuático, los moluscos viven en condiciones cambiantes, por lo que en general son afectados por los cambios físicos y químicos a los que se suman los efectos por contaminantes naturales y antropogénicos. Así, los bivalvos, por sus características de filtradores, fáciles de recolectar, cosmopolitas y longevos, son utilizados como especies indicadoras de perturbaciones, particularmente de metales pesados (Golberg *et al.*, 1983, Golberg, 1984, Phillips y Muttarasin, 1985). Las características deseables de un bioindicador son: a) solidez taxonómica y fácil reconocimiento, b) amplia distribución, c) abundante, d) poca variabilidad genética o ecológica, e) tallas grandes, f) movilidad limitada y longevidad y h) apropiado para usarse en bioensayos (Resh, 1979, Johnson *et al.*, 1993).

Los contaminantes pueden producir una gran variedad de efectos en los organismos. Los métodos empleados, a pesar de tener ventajas y desventajas para detectar, predecir e interpretar las consecuencias potenciales de la contaminación son importantes para determinar la calidad ambiental y el estado del ecosistema.

La mayoría de la evaluaciones sobre el efecto de la contaminación en la comunidad de macroinvertebrados bentónicos se basan en cambios espaciales o temporales en su estructura comunitaria, lo cual se fundamenta en el supuesto siguiente: si las comunidades se componen de varias especies y cada una de estas se distribuye de acuerdo a sus características genéticas, fisiológicas y ecológicas, entonces, la comunidad tendrá patrones definidos en la abundancia y dominancia de especies (Salazar, 1998). Cuando las comunidades se ven afectadas por la contaminación, algunas de sus características cambian de acuerdo a la sensibilidad de cada especie. En un gradiente de contaminación se espera que la composición,

abundancia y dominancia de especies refleje ese patrón de acuerdo a la respuesta que cada una manifieste ante el nivel de contaminación.

Estudios realizados en la Bahía de Chetumal de la calidad del agua por instituciones oficiales, han demostrado que este ecosistema presenta una creciente contaminación por materia orgánica, detergentes, y coliformes principalmente en las inmediaciones de la ciudad de Chetumal (Ortiz y Saénz, 1995).

1.1 JUSTIFICACION:

Debido a que la ciudad de Chetumal carece de un sistema eficiente de alcantarillado para canalizar sus aguas residuales, es común la descarga de éstas a través de la red pluvial que se distribuye a lo largo de la zona urbana y desemboca en la bahía. Por lo que es necesario determinar la importancia de las descargas sobre los moluscos presentes en la bahía de Chetumal y analizar si existe una correlación con un gradiente de materia orgánica y proponerlos como bioindicadores de la calidad ambiental de dicho sitio.

1.2 OBJETIVO GENERAL

- Determinar si los Bivalvos presentes en la Bahía de Chetumal Quintana Roo, están correlacionados con un gradiente de materia orgánica

1.3 OBJETIVOS PARTICULARES

- Determinar la composición, abundancia, biomasa, y distribución espacial y temporal de los bivalvos.

-
-
- Determinar el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos (pH, temperatura, sólidos disueltos, salinidad, oxígeno disuelto y conductividad) de la columna de agua y del sedimento (materia orgánica y granulometría).
 - Correlacionar la estructura espacio-temporal de los bivalvos con los parámetros ambientales, analizando estadísticamente la existencia de diferencias entre los transectos y la distribución de las especies (y comunidades) en el área.

HIPÓTESIS

Las comunidades de moluscos de la zona urbana de la ciudad de Chetumal, están siendo modificadas por los aportes de materia orgánica procedentes principalmente, de las descargas de aguas residuales, que se están vertiendo por la población

1.4 ANTECEDENTES

Para la bahía de Chetumal se tienen pocos trabajos publicados. Entre los que destacan el de Pusey (1964) sobre sedimentos, Navarrete (2000) sobre la distribución de sedimentos; Wantland (1969) sobre foraminíferos, el de Gasca y Castellanos (1993) sobre la composición, abundancia y distribución del zooplancton en la bahía

Se han elaborado trabajos en conjunto con instituciones oficiales sobre la afectación de las descargas de aguas residuales directamente en la bahía de Chetumal. Entre los que destacan el de Ortiz y Saenz (1996) sobre detergentes domésticos que llegan a través de descargas, Ortiz y Saenz (1997), determinaron altas concentraciones de coliformes fecales, mismos que sobrepasaban la norma oficial vigente, contrario a lo publicado por Chavira *et al.* (1992) donde los parámetros no rebasaron los límites máximos permisibles de concentración de coliformes fecales, Ortiz *et al.* (1995) sobre la presencia de plaguicidas organoclorados presentes en sedimentos del río Hondo que se distribuyen en algunas zonas de la bahía.

Respecto a fauna béntica se puede citar el trabajo descriptivo de Salazar-Vallejo *et al.*, (1991) y el llevado a cabo por Carrera-Parra *et al.*, (1997) empleando el bentos como un posible indicador del impacto crónico originado en la ciudad de Chetumal y zonas agrícolas adyacentes, Kuk-Dzul (2007) estudio los poliquetos del sustrato arenoso como posibles bioindicadores de enriquecimiento por materia orgánica.

En lo que respecta a la comunidad de macrobentos, existen diversos estudios que demuestran que los cambios en la estructura de la comunidad pueden ser utilizados como un indicador de perturbación por causa de contaminación (Bayne *et al.*, 1988), Salazar-Silva (1998) estudio los cambios en la comunidad del macrobentos y su relación con contaminantes orgánicos.

En cuanto a la utilización de moluscos (Bivalvos) como bioindicadores de contaminación por materia orgánica, solamente se tiene conocimiento sobre el trabajo de Llanes-Baeza (2002) donde determinó que las especies *Mytilopsis sallei* y *Brachiodontes exustus*, pueden fungir como especies indicadoras de contaminación por materia orgánica

1.5 ÁREA DE ESTUDIO

La bahía de Chetumal es una zona fronteriza que comparten México y el vecino país de Belice. Se ubica en la parte sur del estado de Quintana Roo, al sureste de la Península de Yucatán. Esta limitada por los paralelos 18°21' y 18°52'N y los meridianos 87°54' y 88°23'W. Tiene una superficie de 1098km², anchura máxima de 20 km, longitud aproximada de 67 km y una sección orientada al SE que se abre hacia el mar Caribe.

Se sitúa en la unidad morfotectónica IV de Carranza-Edwards *et al.* (1975) formada de sedimentos carbonatados y topografía cárstica. Lankford (1977) la ubica en el tipo IV-A por ser un sistema de tipo lagunar con barrera rígida de carbonatos (cayo Ambergris) con escurrimientos y aportes de agua dulce. Los principales aportes de

agua provienen de los ríos Hondo, Kik y Nuevo, de lagunas como Guerrero y Shipstern, de ríos subterráneos (Wantland, 1996) y de agua marina del Mar Caribe.

Se considera a la bahía de Chetumal como un sistema lagunar estuarino semicerrado con influencia marina limitada a la zona sureste; hiposalino por presentar salinidad promedio no mayor a 14 ppm; somero, con profundidad media de 3.2 m y máxima de 7 m y con temperaturas de 25 a 32°C (Gasca y Castellanos, 1993).

La presencia de los cayos Cabezo, Negro y Cangrejo a la entrada de la Bahía (259 km²) y la poca profundidad de los canales de la entrada y salida de agua proporcionan la acumulación de sedimento, principalmente donde se localizan los cayos y afectan la comunicación con el mar, restado fuerza a las corrientes de entrada provenientes del mar Caribe.

Las corrientes que se manifiestan son originadas por la acción de los vientos alisios del este sureste, con dirección dominante nornoreste, velocidad promedio de 3 m·s⁻¹ durante todo el año, por lo que la renovación y circulación de aguas y sus nutrientes se consideran lentas (Chavira *et al.*, 1992).

El clima de la zona es calido subhúmedo con la temperatura media anual entre 25 y 27°C y una temperatura media del mes mas frío de 18°C con una variación térmica menor a 5°C. Régimen de lluvias en verano y parte del invierno, cuya precipitación media anual es entre 1200 y 1300 mm. Bajo la clasificación de Köpen modificada por García (1973), este clima corresponde al tipo Aw° (W)i.

Los usos actuales de la Bahía son principalmente la recreación y explotación de pesquerías de escama a pequeña escala para autoconsumo y abasto local. Forma parte de la región mas importante en el Caribe en la distribución del manatí (*Trichecus manatus*) principalmente la costa noreste (Morales y Olivera, 1994).

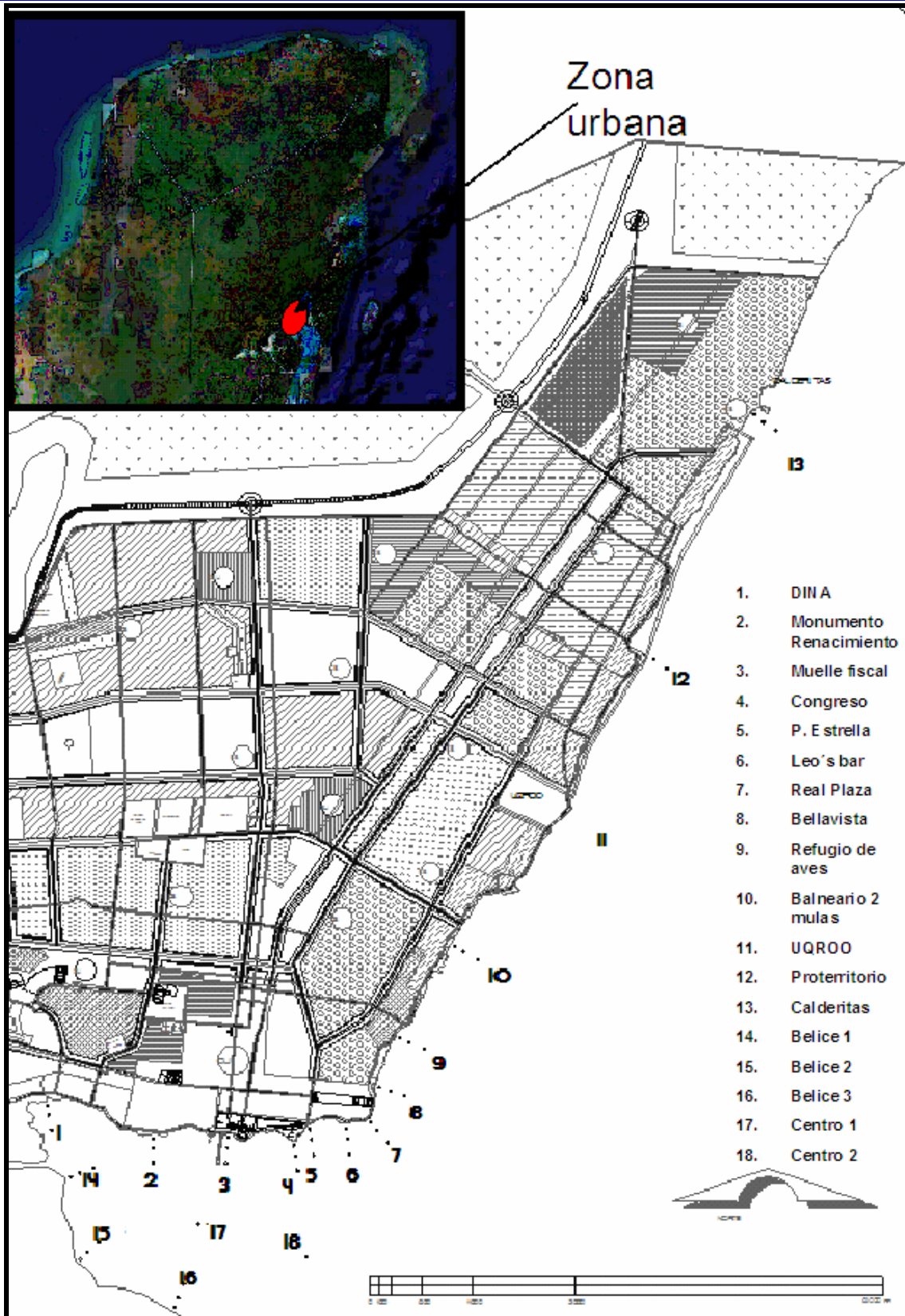


Figura 1. Área de estudio. Ubicación de las estaciones de muestreo en la Bahía de Chetumal, Quintana Roo.

II.- MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Muestreo

La recolecta de muestras se realizó durante el período de un año comprendido de junio de 2005 a febrero de 2006 en las tres diferentes épocas climáticas: secas (de marzo a junio), nortes (de noviembre a febrero), y lluvias (de julio a octubre) para poder determinar los bivalvos presentes en las comunidades bénticas y las variables físico-químicas del área de estudio en el tiempo específico.

Para la recolección de las muestras se tomaron en cuenta 18 transectos para el muestreo, que fueron divididos en 3 zonas (Figura 1); la primera zona es la impactada, se tomo paralelamente a la línea de costa de la bahía de Chetumal, la cual abarca un supuesto gradiente espacial de materia orgánica, esto por la presencia de salidas de drenaje que desembocan directamente en la Bahía; desde la desembocadura del río Hondo hasta la población de Calderitas, con un total de 13 transectos; 1) drenaje de la colonia Dina, 2) parque Renacimiento, 3) muelle Fiscal, 4) Congreso del Estado, 5) Balneario "Punta Estrella", 6) Restaurante "Leo's Bar", 7) Real plaza, 8) Centro social "Bellavista", 9) Refugio de aves, 10) Playa "2 Mulas", 11) Universidad de Quintana Roo, 12) Canal de Proterritorio y 13) Balneario de Calderitas. La segunda zona ubica a los transectos testigo, están paralelamente a la orilla del lado del país de Belice: 14) Belice 1, 15) Belice 2 y 16) Belice 3 con un total de 3 estaciones. Para cada una de los transectos se tomaron 3 estaciones a una distancia de 50 m, 150 m y 300 m, representadas por las letras A, B, y C respectivamente; esto con el fin de observar los cambios en la diversidad de los moluscos a mayor distancia de la línea de costa.

Por último la tercera zona contó con 2 estaciones testigo los cuales se localizaron paralelamente a las estaciones 4 y 5 aproximadamente a una distancia de 1 Km con la línea de costa: 17) Centro 1 y 18) Centro 2, desde la bocana del río Hondo hacia el centro de la bocana del mar Caribe (figura 1), y solo se tomaron muestras puntuales. En la figura 1 se muestra el área de estudio y cada uno de los transectos.

La posición de los transectos se tomó mediante un GPS (Sistema de posicionamiento global), GARMIN (Anexo 1).

En cada punto se tomaron cuatro núcleos (réplicas) para organismos y cuatro núcleos para materia orgánica y granulometría. Esto por medio de una draga tipo Ekman de 0.01 m² y 5 Kg de peso y núcleos de PVC, de 24 cm de largo y 11 cm de diámetro; y de 15 cm de largo y 5 cm de diámetro.

En cada estación de muestreo las muestras se tamizaron a través de mallas de 1.0 mm y 0.5 mm, para retener los organismos. Se conservaron en frascos de vidrio con tapa de rosca y se fijaron con formaldehído al 10%.

Los análisis fisicoquímicos de la columna de agua se realizaron in situ por medio de una sonda multiparamétrica YSI modelo 6600 Sonde, con sensores para medir turbidez, temperatura, pH, salinidad, sólidos disueltos, conductividad y oxígeno disuelto de columna de agua (de superficie a fondo).

2.2 Análisis fisicoquímico de las muestras de sedimento.

El análisis fisicoquímico de las muestras de sedimento fue realizado en el laboratorio. El contenido de materia orgánica en sedimentos, se determinó por la técnica de oxidación con dicromato de potasio en medio ácido (Holme y McIntyre, 1984); para el análisis granulométrico se utilizó el método de tamizado a través de un mezclador marca RO-TAB modelo RX-29, con la ayuda de mallas con diferentes aberturas de luz (1 mm, 710 µm, 355 µm, 150 µm, 106 µm, 75 µm), colocándolas en el mezclador por 15 min. La cantidad de sedimento contenida en cada uno de los tamices se pesó y cada registro fue analizado utilizando el programa computarizado de Análisis Granulométrico de Sedimentos Versión 1.0 (Vargas-Hernández, 1991), el cual nos determinó el tipo de sedimento.

2.3 Procesamiento de las muestras.

Las muestras se lavaron con agua corriente para quitar del exceso de formol, posteriormente se preservaron en alcohol etílico al 70% y se separaron a grandes grupos, con la ayuda de un estereoscopio marca ZEISS, modelo Stemi SV6. Los organismos se identificaron a nivel específico utilizando las claves de Keen (1971), Díaz Merlano (1994) y Abbot (1998).

Los organismos de las especies analizadas se cuantificaron y se pesaron (peso húmedo) en una balanza analítica marca OHAUS para la determinación de biomasa.

2.4 Análisis de los datos faunísticos

Curvas ABC

Se emplearon curvas de abundancia-biomasa (ABC), para los datos de abundancia numérica y peso húmedo. Al igual también las curvas parciales de dominancia según las técnicas de Warwick (1986) y Clarke (1990). Estas curvas son métodos gráficos que comparan la distribución de la abundancia (numero de individuos) entre grupos taxonómicos y la distribución de la biomasa (peso húmedo) entre esos grupos y pueden proporcionar indicios de estrés inducido por la contaminación. Se basan en el hecho que durante la sucesión o respuesta a un disturbio la distribución de la abundancia y la biomasa de los taxa exhiben una respuesta diferencial al disturbio por contaminación o por otra causa y por ello pueden dar idea de estrés dentro de la comunidad (Salazar, 1998).

Las curvas ABC reconstruyen trazando las curvas de K-dominancia, las cuales consisten de un eje "X" logarítmico con las especies en rangos de importancia decreciente en cuanto a su biomasa o abundancia y en el eje "Y" el porcentaje acumulativo (escala normal) de la abundancia y biomasa por especie.

Se grafica simultáneamente, la abundancia y la biomasa y permiten establecer 3 niveles de contaminación: no contaminado, moderadamente contaminado e intensamente contaminado.

Análisis de agrupación

El análisis de agrupación permite comparar simultáneamente la afinidad entre las muestras en cuanto a composición faunística. Forma grupos de muestras, de manera que las muestras de un grupo son más semejantes en composición de especies que las de un grupo separado (Salazar-Silva, 1998). Este análisis de agrupación se empleó para identificar grupos de muestras con composición y abundancia similar.

El análisis se le aplicó a las matrices de similitud. El método de agrupación fue el jerárquico aglomerativo, el cual toma todos los datos de la matriz de similitud y fusiona progresivamente las muestras en pequeños grupos y estos en grupos mayores.

Los resultados del análisis de agrupación se representaron en dendrogramas que muestran la afinidad entre cada una de las estaciones de muestreo de cada uno de los transectos. En el eje de las abscisas están representadas cada una de las estaciones de muestreo y en el eje de las ordenadas, el porcentaje en el cual dos muestras o estaciones se consideran similares.

Análisis de ordenación

A cada uno de los grupos de variables se les realizó por separado un análisis de componentes principales (PCA) para determinar que estaciones se relacionan (se parecen o diferencian) en cuanto a esas variables ambientales, que variables las agrupan y determinar el gradiente que describe cada uno de estos grupos.

El análisis de componentes principales es una técnica estadística que transforma linealmente un grupo de variables en un grupo más pequeño de variables no correlacionadas y que representan la mayor parte de la información del grupo original. De esta manera el análisis reduce la dimensionalidad de los datos originales a un conjunto de dimensiones o ejes de ordenación y pondera la importancia de cada dimensión. En el PCA, cada muestra puede considerarse como un punto en el espacio multidimensional, de manera que muestras similares son representadas por puntos localizados cerca uno del otro.

III.- RESULTADOS

3.1 Comportamiento general de los parámetros ambientales

La profundidad promedio en los tres muestreos fue de 1.3 m, registrándose una profundidad mínima de 0.4 m que se encontró en las estaciones del transecto Belice 1; esto debido a su cercanía con la desembocadura del río Hondo. La profundidad máxima fue de 3 m y se registró en el transecto 12 en la distancia C.

Se muestran los promedios y la variación que pueden presentar (desviación estándar), valores mínimos y máximos de los parámetros físico-químicos para cada una de los muestreos realizados en las diferentes épocas climáticas (Tabla 1). Se puede observar que se obtuvieron los valores más altos en la época de secas para todos los diferentes parámetros y los valores más bajos en la época de nortes.

Tabla 1. Valores mínimos (Min), valores máximos (Max) y Promedio de los parámetros fisicoquímicos de la columna de agua en las tres épocas climáticas.

	Secas			Lluvias			Nortes		
	Promedio	Min	Max	Promedio	Min	Max	Promedio	Min	Max
Temp (°C)	30.99 ± 0.84	29.58	34.69	30.45 ± 0.55	29.02	31.74	30.46 ± 0.56	29.03	31.79
Salinidad (ppm)	18.37 ± 5.58	4.81	23.33	13.63 ± 5.4	1.04	19.2	13.63 ± 5.4	1.05	19.2
pH	8.04 ± 0.22	7	8.26	7.93 ± 0.48	6.6	8.35	7.93 ± 0.48	6.61	8.35
SD (g/l)	19.31 ± 5.56	5.6	23.16	14.64 ± 5.62	1.34	20.2	14.64 ± 5.61	1.34	20.2
Cond (mS/cm)	33.11 ± 9.38	9.18	40.12	24.45 ± 9.6	2	34.41	22.76 ± 8.78	2.07	31.08
OD (mg/l)	5.05 ± 2.3	0.47	9.34	2.34 ± 0.92	1.2	4.9	2.35 ± 0.96	0.3	4.9

El porcentaje de materia orgánica no presentó mucha variación en cada una de las épocas climáticas los valores mas altos se presentaron en la época de nortes, mientras que los valores más bajos en la época de secas (Figura 2).

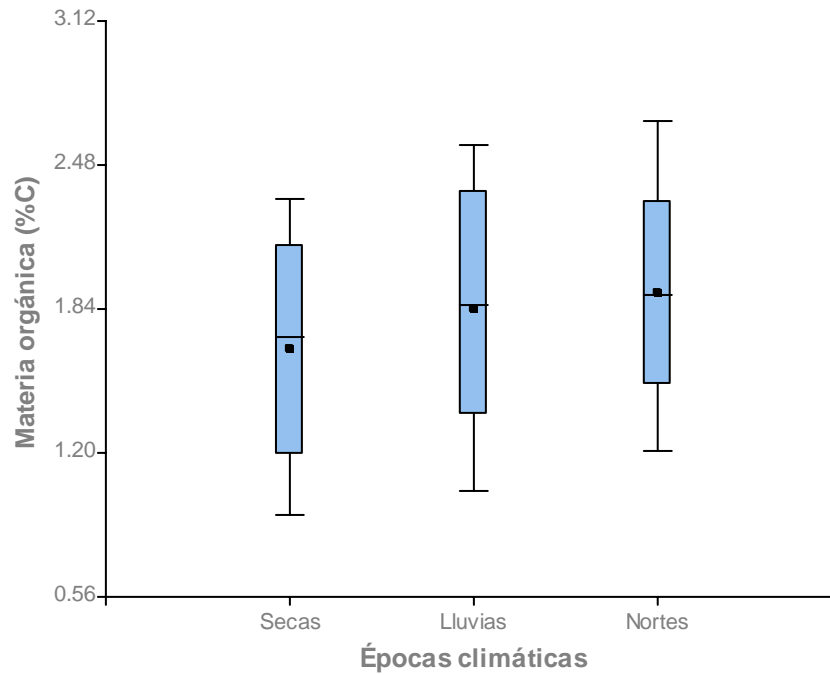


Figura 2. Comparación del porcentaje de materia orgánica que se presentó en las tres épocas climáticas

3.2 Comportamiento general de la composición faunística.

Se recolectaron 1023 organismos de bivalvos durante el año de muestreo. La época climática de lluvias fue la que presentó la mayor cantidad de organismos recolectados con 431, seguida de la época de nortes con 390, la época de secas fue la de menor abundancia con 202 organismos (Figura 3).

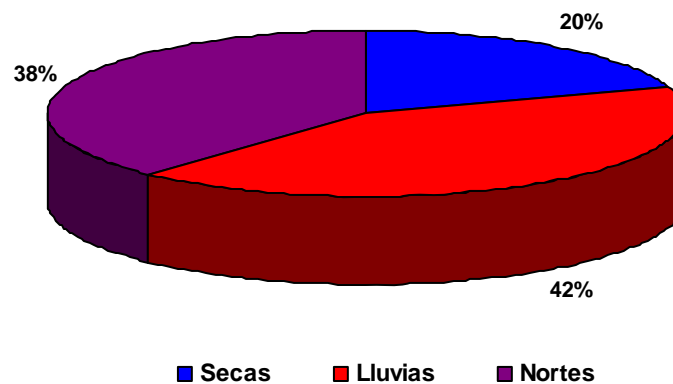


Figura 3. Abundancia total de bivalvos durante las épocas climáticas

Se identificaron 2 familias durante los tres muestreos; la familia dominante fue Semelidae con 895 organismos (87%) y la familia Mytilidae con 128 organismos (13%) (Figura 4).

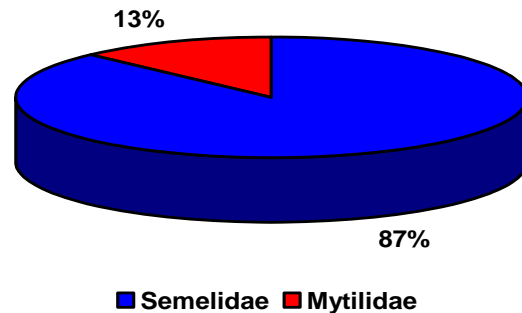


Figura 4. Abundancia total de bivalvos por familia durante las tres temporadas climáticas

Semelidae y Mytilidae tuvieron el mismo comportamiento, ambas familias presentaron su mayor abundancia durante la época de lluvias, y su menor abundancia se presentó en la época de secas (Figura 5).

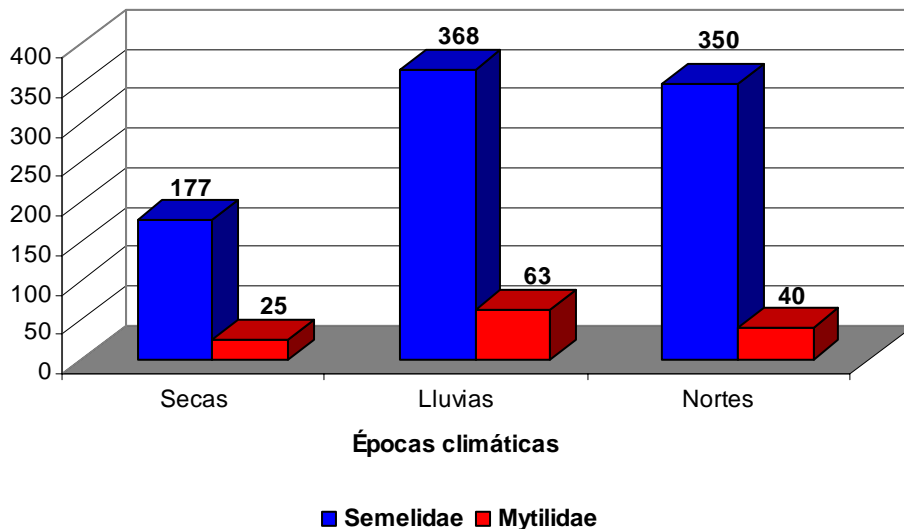


Figura 5. Abundancia de bivalvos por familia para cada época climática

Se identificó una sola especie de la familia Semelidae, *Cumingia tellinoides*, y dos especies de la familia Mytilidae, *Brachidontes modiolus* e *Ischadium recurvum*. La especie *Cumingia tellinoides* fue la que presentó mayor abundancia durante las tres temporadas climáticas (Figura 6). Su mayor abundancia se obtuvo en la época climática

de lluvias con 368 organismos y en secas se presentó su menor abundancia con 177 organismos. *Brachidontes modiolus* presentó el mismo comportamiento, mientras que *Ischadium recurvum* presentó su mayor abundancia durante secas con 8 organismos, seguida de nortes con 5 organismos y su menor abundancia se presentó en lluvias con 3 organismos (Figura 6).

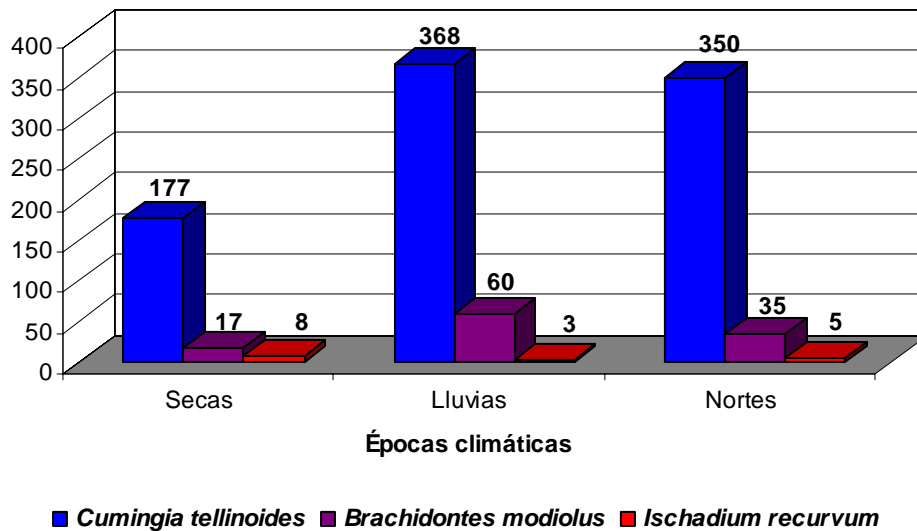


Figura 6. Abundancia para cada una de las especies en las tres épocas climáticas

La mayor biomasa se presentó durante la época de secas (35 %), seguida de la época de nortes (33 %), y la menor biomasa se presentó en lluvias (32 %). La biomasa presentó un comportamiento inverso al de la abundancia (Figura 7).

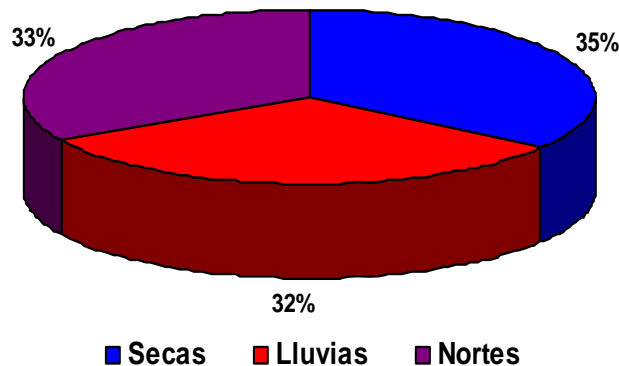


Figura 7. Valores y porcentajes de la biomasa en las tres épocas climáticas

Cumingia tellinoides presentó su mayor biomasa durante la época de secas, y la menor en lluvias. *Brachidontes modiolus* presentó su mayor biomasa en nortes y la menor en secas. *Ischadium recurvum* presentó su mayor biomasa en secas, y la menor en lluvias (Figura 8).

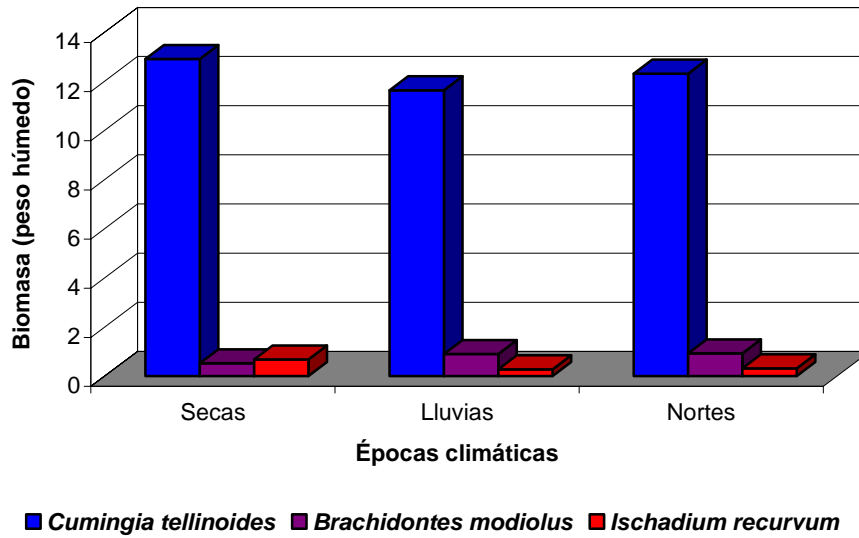


Figura 8. Valores de biomasa por especie en cada época climática

3.3 Época de secas (23 al 24 de junio de 2005)

3.3.1 Condiciones ambientales de la columna de agua y sedimento

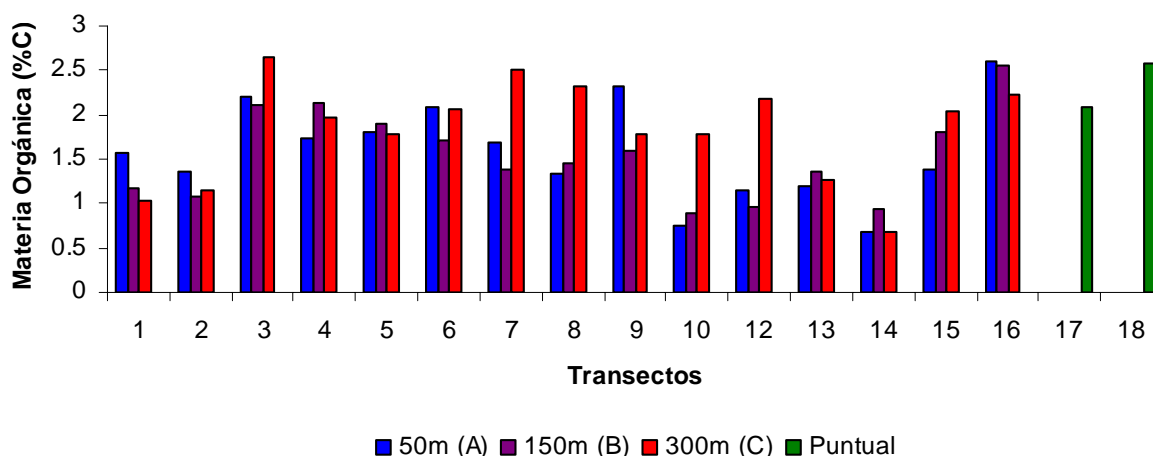
En el anexo 2 se muestran los valores de los parámetros ambientales para cada uno de los transectos y sus estaciones para este muestreo

Materia Orgánica (MO)

La materia orgánica presentó una variabilidad muy marcada, principalmente en los transectos cercanos a la desembocadura del río Hondo (1, 2, 14), en los cuales se presentaron los porcentajes más bajos de materia orgánica.

El promedio de materia orgánica a 50 m de la línea de costa fue de 1.59 %C con una desviación estándar de 0.55. En la estación 16A, se presentó el porcentaje más alto de materia orgánica (2.59 %C); en la estación 14A se presentó el porcentaje más bajo de materia orgánica (0.68 %C). El promedio de materia orgánica a 150 m de la línea de costa fue de 1.54 %C con una desviación estándar de 0.5. En la estación 16B se presentó el porcentaje más alto (2.56 %C); en la estación 10B se registró el porcentaje más bajo (0.9 %C). El promedio de materia orgánica a 300 m de la línea de costa fue de 1.83 %C con una desviación estándar de 0.57. En la estación 3C se presentó el porcentaje más alto (2.66 %C); en la estación 14C se presentó el porcentaje más bajo (0.69 %C) (Figura 9).

Las estaciones que se encontraron en la distancia más alejada de la línea de costa (300 m) presentaron los porcentajes más bajos de materia orgánica y las estaciones que se encontraron en la distancia más cercana, (50 m) se presentaron los porcentajes más altos (Figura 9)



Fi

Figura 9. Porcentaje de materia orgánica por distancia de los transectos en la época de secas

Temperatura.

Durante la época de secas la temperatura promedio fue de 30.99°C con una desviación estándar de 0.84, un poco por arriba del promedio reportado por la Secretaria de marina para aguas tropicales (24-30°C).

El promedio de temperatura a 50 m de la línea de costa fue de 31.33°C con una desviación estándar de 1.17. En la estación 12A, se presentó el valor más alto (34.69°C); en la estación 5A se presentó el valor más bajo (29.9°C). El promedio de temperatura a 150 m de la línea de costa fue de 31.01°C con una desviación estándar de 0.64. En la estación 12B, se presentó el valor más alto (32.4°C); en la estación 5B se presentó el valor más bajo (29.93°C). El promedio de temperatura a 300 m de la línea de costa fue de 30.57 con una desviación estándar de 0.48. En la estación 12C se presentó el valor más alto (31.47°C); en la estación 4C el valor más bajo (29.58°C) (Figura 10).

En general, los valores más altos de temperatura, se presentaron en el transecto 12 y los valores más bajos en el transecto 5 (Figura 10).

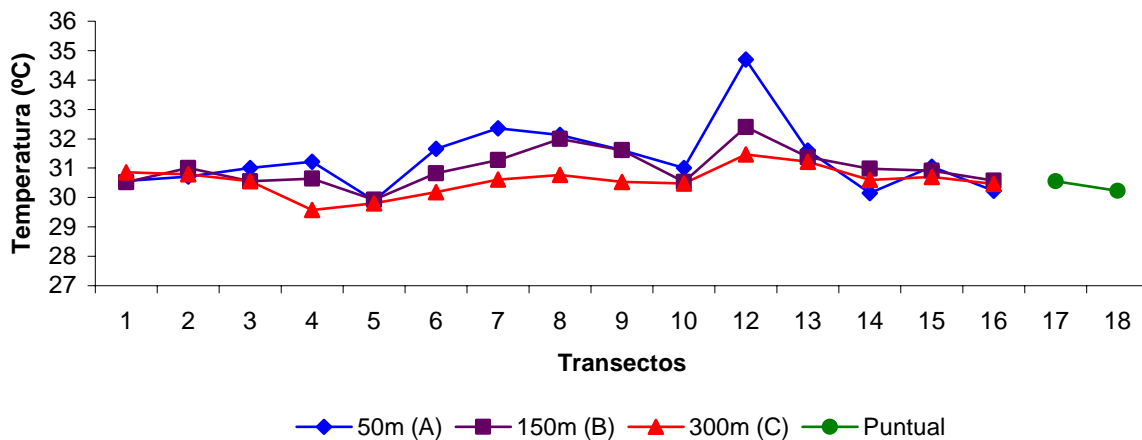


Figura 10. Valores de temperatura por distancia de cada transecto en la época de secas

Salinidad.

El valor promedio de salinidad para la época de secas fue de 18.37 ppm con una desviación estándar de 5.58.

El promedio de salinidad a 50 m de la línea de costa fue de 17.45 ppm con una desviación estándar de 5.98. En la estación 9A, se presentó el valor más alto (21.89 ppm); en la estación 14A se presentó el valor más bajo (4.81 ppm). El promedio de salinidad a 150 m de la línea de costa fue de 18.81 ppm con una desviación estándar de 4.92. En la estación 9B se presentó el valor más alto (21.89 ppm); en la estación 1B se presentó el valor más bajo (5.35 ppm). El promedio de salinidad a 300 m de la línea de costa fue de 18.32 ppm con una desviación estándar de 6.24. En la estación 6C se presentó el valor más alto (22.33 ppm); en la estación 14C; el valor más bajo (5.29 ppm) (Figura 11).

Se puede observar que en la bahía de Chetumal, existen dos gradientes de salinidad, ya que en los valores más bajos de salinidad (5 – 10 ppm), se encuentran en los transectos cercanos a la bocana del río, y las estaciones que se encuentran más en el centro de la bahía presentan los valores más altos (15 – 25 ppm).

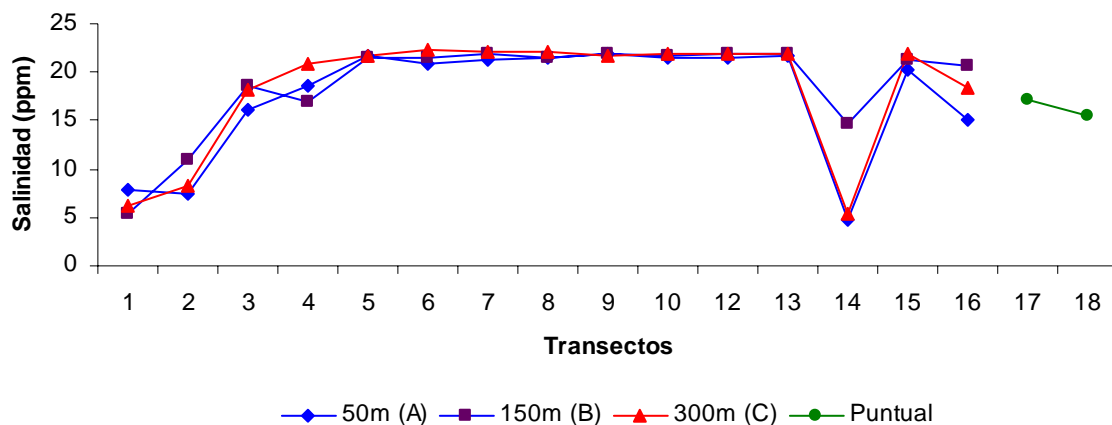


Figura 11. Valores de salinidad por distancias para cada transecto en la época de secas

Conductividad

El valor promedio de conductividad en la época de secas fue de 33.11 mS/cm con una desviación estándar de 9.38.

El promedio de conductividad a 50 m de la línea de costa fue de 31.93 mS/cm con una desviación estándar de 10.51. En la estación 12A se presentó el valor más alto (40.12 mS/cm); en la estación 14A, se presentó el valor más bajo (9.18 mS/cm). El promedio de conductividad a 150m de la línea de costa fue de 33.43 mS/cm con una desviación estándar de 8.6. En la estación 12B se presentó el valor más alto (39.93 mS/cm); en la estación 1B, se presentó el valor más bajo (10.65 mS/cm). El promedio de conductividad a 300 m de la línea de costa fue de 33.13 mS/cm con una desviación estándar de 9.85. En la estación 9C se presentó el valor más alto (39.46 mS/cm); en la estación 1C se presentó el valor más bajo (12.03 mS/cm) (Figura 12).

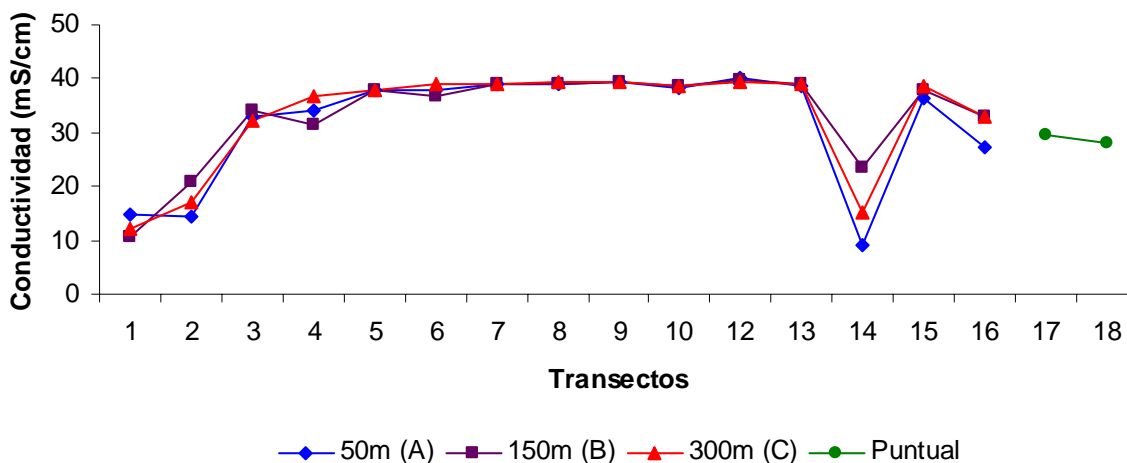


Figura 12. Valores de conductividad por distancia para cada transecto en la época de secas

Sólidos disueltos

El valor promedio de sólidos disueltos registrado en la época de secas, fue de 19.31 g/l con una desviación estándar de 5.56.

A 50 m de la línea de costa, el valor promedio de sólidos disueltos fue de 18.5 g/l con una desviación estándar de 5.96. En la estación 9A se presentó el valor más alto (22.98 g/l); en la estación 14A, se presentó el valor más bajo (5.6 g/l). A 150 m de la línea de costa, el valor promedio de sólidos disueltos fue de 19.7 g/l con una desviación estándar de 5. En la estación 9B, se presentó el valor más alto (22.77 g/l); en la estación 1B, se presentó el valor más bajo (6.23 g/l). A 300m de distancia el valor promedio de sólidos disueltos fue de 19.25 g/l con una desviación estándar de 6.19. En la estación 6C se presentó el valor más alto (23.16 g/l); en la estación 14C, se presentó el valor más bajo (5.79 g/l) (Figura 13).

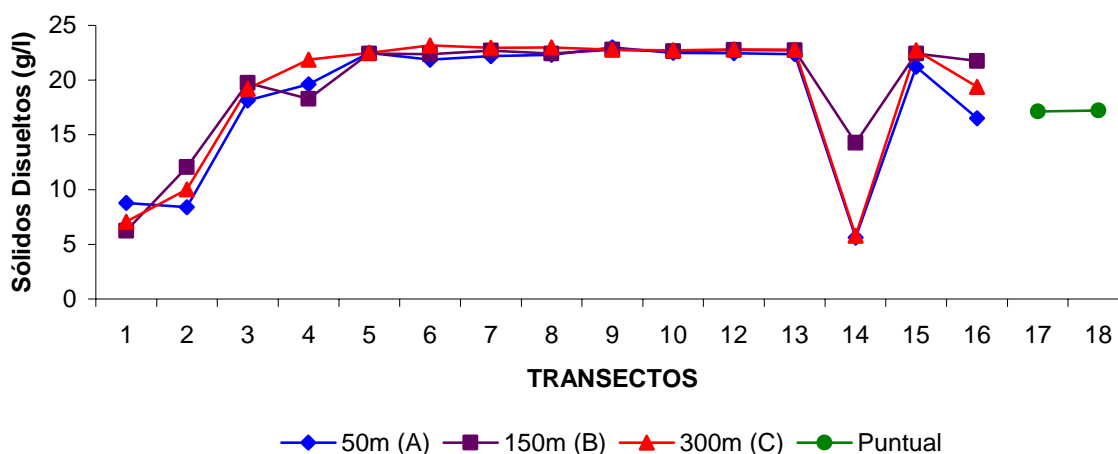


Figura 13. Valores de sólidos disueltos por distancia para cada transecto en la época de secas

pH

El pH no tuvo mucha variabilidad del transecto 3 al 13 donde el valor se mantuvo arriba de 8. Nuevamente las estaciones cercanas a la desembocadura del río Hondo presentaron los valores más bajos de pH.

El valor promedio de pH, en la época de secas fue de 8.04 con una desviación estándar de 0.22. A 50 m de la línea de costa, el valor promedio de pH fue de 7.96 con una desviación estándar de 0.31. En la estación 13A se presentó el valor más alto (8.19); en la estación 1A, se presentó el valor más bajo (7). A 150 m de la línea de costa, el valor promedio de pH fue de 8.06 con una desviación estándar de 0.14. En la estación 13B, se presentó el valor más alto (8.21); en la estación 1B, se presentó el valor más bajo (7.78). A 300 m de la línea de costa el valor promedio de pH fue de 8.07 con una desviación estándar de 0.18. En la estación 6C, se presentó el valor más alto (8.26); en la estación 1C, se presentó el valor más bajo de pH (7.73) (Figura 14).

En general, los valores más bajos de pH se encontraron en el transecto 1, y los valores más altos se encontraron en el transecto 13.

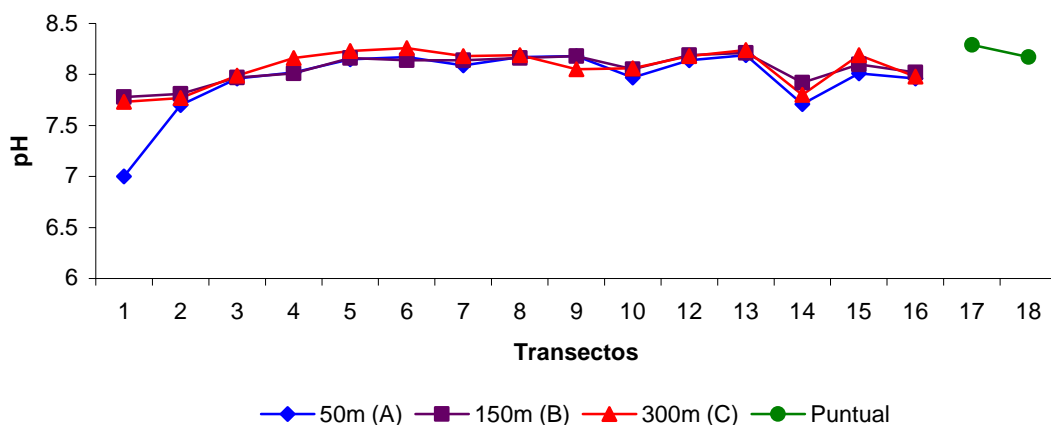


Figura 14. Valores de pH por distancia para cada transecto en la época de secas

Oxígeno disuelto

Este fue uno de los parámetros que presentó mayor variación en la época de secas, valor promedio fue de 5.05 mg/l con una desviación estándar de 2.3.

A 50 m de la línea de costa, el valor promedio de oxígeno disuelto fue de 4.63 mg/l con una desviación estándar de 2.31. En la estación 13A, se presentó el valor más alto (8.4 mg/l); en la estación 1A, se presentó el valor más bajo (0.47 mg/l). A 150 m de la línea de costa, el valor promedio de oxígeno disuelto fue de 4.78 mg/l con una desviación estándar de 2.07. En la estación 13B, se presentó el valor más alto (7.82 mg/l); en la estación 1B, se presentó el valor más bajo (0.71 mg/l). A 300 m de la línea de costa, el valor promedio de oxígeno disuelto fue de 5.16 mg/l con una desviación estándar de 2.2. En la estación 12C se presentó el valor más alto (8.35 mg/l); en la estación 1C, se presentó el valor más bajo (1.17 mg/l) (Figura 15).

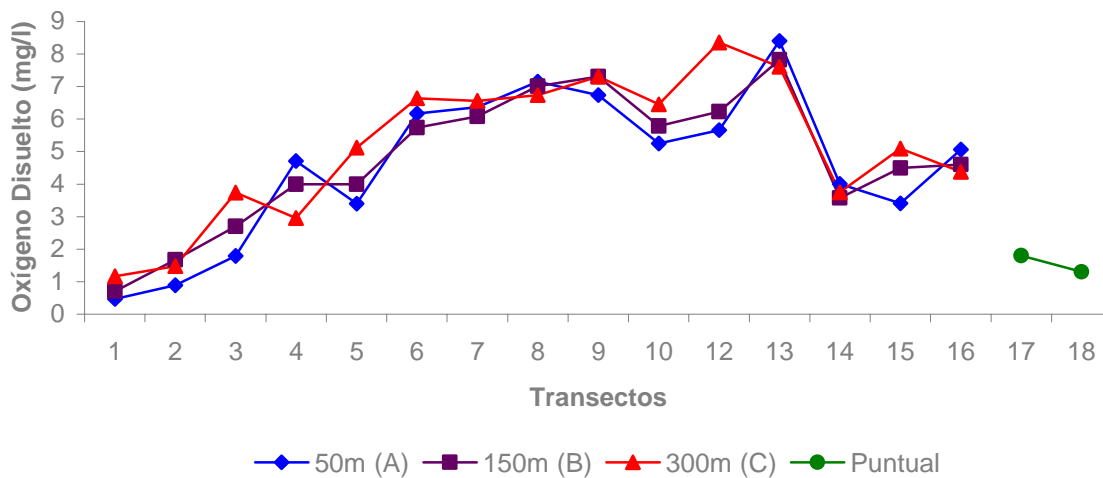


Figura 15. Concentración de Oxígeno disuelto por distancia para cada transecto en la época de secas

3.3.2 Composición de la comunidad de bivalvos para la época de secas

Durante el muestreo realizado, se recolectaron 202 bivalvos, representados en 2 familias: Semelidae y Mytilidae. Semelidae, fue la más abundante con 177 organismos y Mytilidae con 25 organismos (Figura 16).

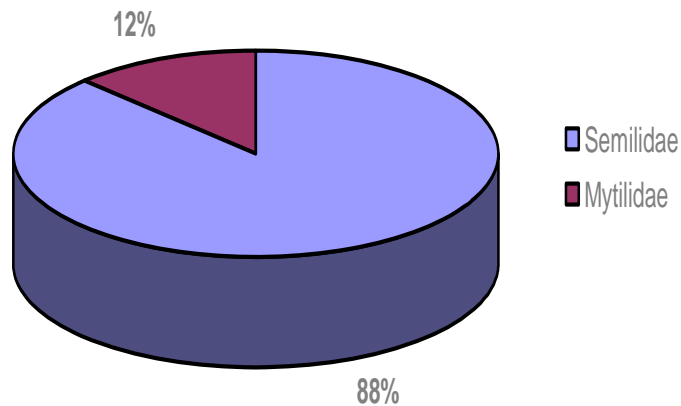


Figura 16. Porcentajes de abundancia por familia para la época de secas

Análisis de la abundancia por distancia de la comunidad de bivalvos

Las estaciones que se encontraban a 300 m de la línea de costa, fueron las que presentaron la mayor abundancia de organismos para este muestreo, siguiéndole la distancia 150 m y por último la distancia 50 m (Figura 17).

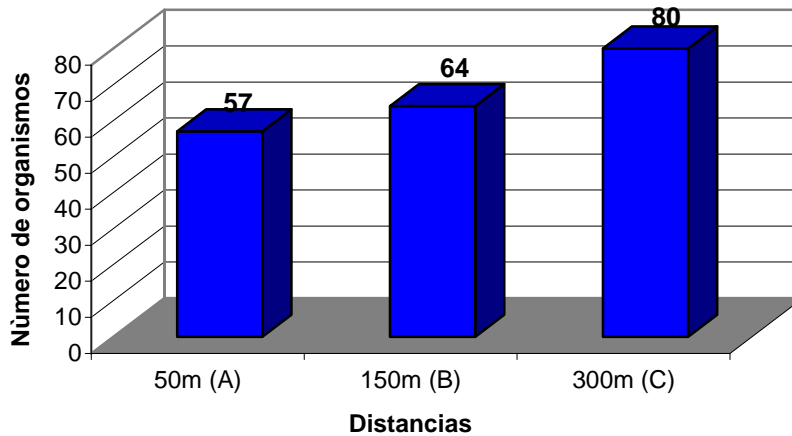


Figura 17. Abundancia total de organismos por distancia en la época de secas

El transecto 16 presentó la mayor abundancia con 64 organismos, encontrándose en la distancia 300 m su mayor abundancia con 31 organismos. Los transectos 5, 8, 14 y 17 no presentaron organismos.

Los transectos con menor cantidad de organismos recolectados fue el 18 (puntual) con solo 1 organismo y los transectos 7 y 9 con solo 2 organismos en cada uno de ellos (Figura 18)

Para la mayoría de los transectos la distancia 300 m fue la que mayor abundancia presentó, exceptuando los transectos 2, 3, 4 y 13 donde la mayor abundancia estuvo presente en la distancia 150 m; únicamente en los transectos 15 y 12 la mayor abundancia estuvo en la distancia 50 m. Los transectos 7 y 9 presentaron el mismo número de organismos en las distancias 150 y 300 m (Figura 18).

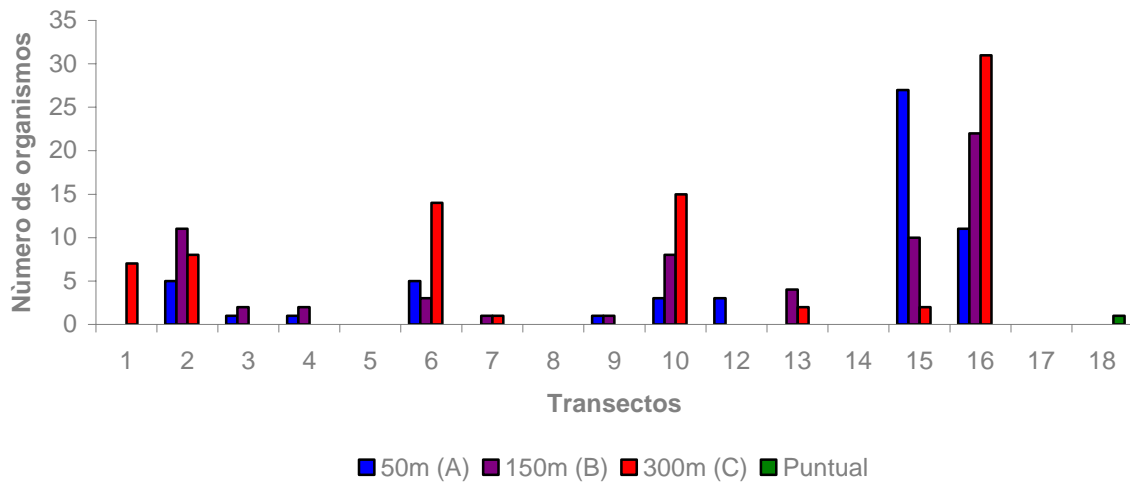


Figura 18. Abundancia de organismos por distancia para cada transecto en la época de secas

Especies de bivalvos identificados en la época de secas

Se identificó una especie en la familia Semelidae (*Cumingia tellinoides*), y 2 especies en Mytillidae: *Brachidontes modiolus* e *Ischadium recurvum* (Figura 19).

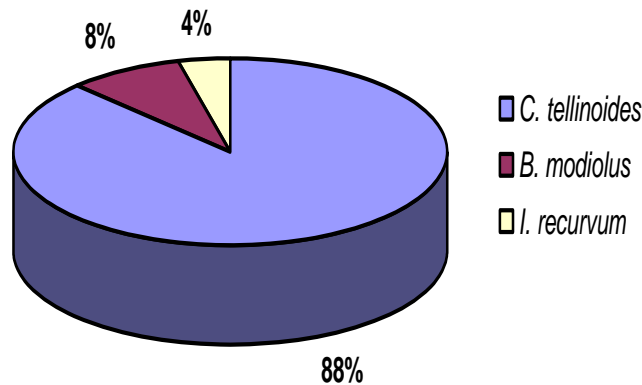


Figura 19. Porcentajes de la abundancia de bivalvos por especie en la época de secas

La especie más abundante fue *Cumingia tellinoides* con un total de 177 organismos; seguido de *Brachidontes modiolus* cuantificándose 17 organismos y en *Ischadium recurvum* se cuantificaron 8 organismos.

3.3.3 Descripción de la estructura de la comunidad

Distribución y análisis de las especies de bivalvos por distancia

Se evaluó la abundancia de las especies por distancia, con la finalidad de conocer el comportamiento de variación con respecto a las distancias con la línea de costa.

A 50 m de la línea de costa, la especie que presentó la mayor abundancia fue *Cumingia tellinoides* con 52 organismos. El transecto 15 presentó la mayor abundancia con 22 organismos. Las especies *Ischadium recurvum* y *Brachiodontes modiolus* solamente se encontraron en el transecto 15 con 3 y 2 organismos respectivamente (Figura 20).

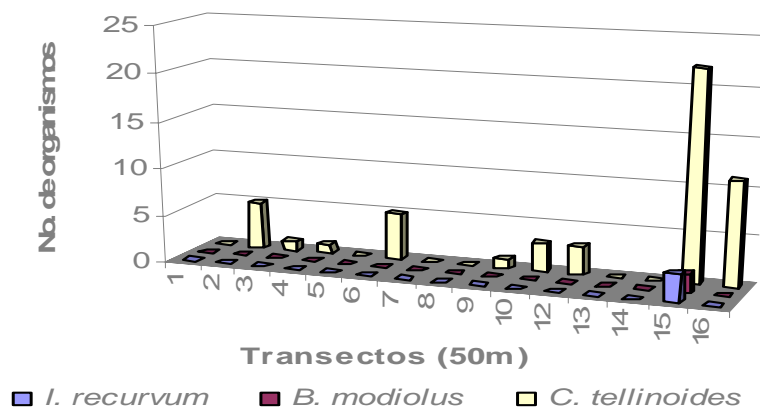


Figura 20. Abundancia de las especies identificadas en la época de secas a 50 m de la línea de costa

En la distancia 150 m la especie *Cumingia tellinoides*, fue la única que se presentó en todos los transectos, con una abundancia de 64 organismos. El transecto 16 presentó la mayor abundancia con 22 organismos (Figura 21).

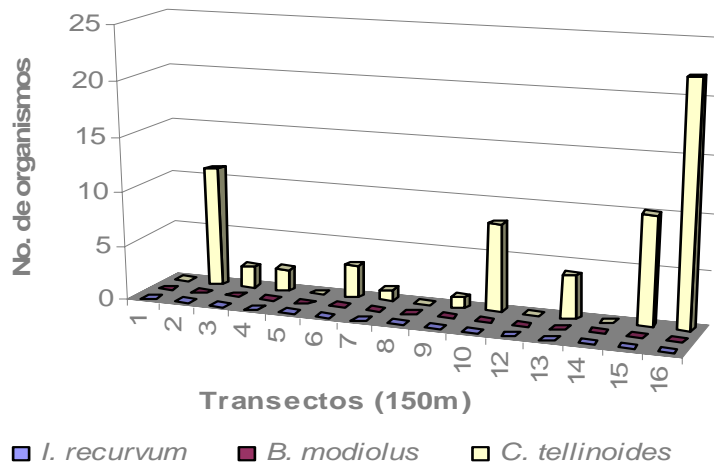


Figura 21. Abundancia de las especies identificadas en la época de secas a 150 m de la línea de costa

En la distancia 300 m, la especie que presentó la mayor abundancia fue *Cumingia tellinoides* con 60 organismo. Su mayor abundancia se presentó en el transecto 16 con 31 organismos. *Brachiodontes modiolus* presentó su mayor abundancia en el transecto 6 con 11 organismos. La especie *Ischadium recurvum* solamente se presentó en el transecto 10 con 5 organismos (Figura 22)

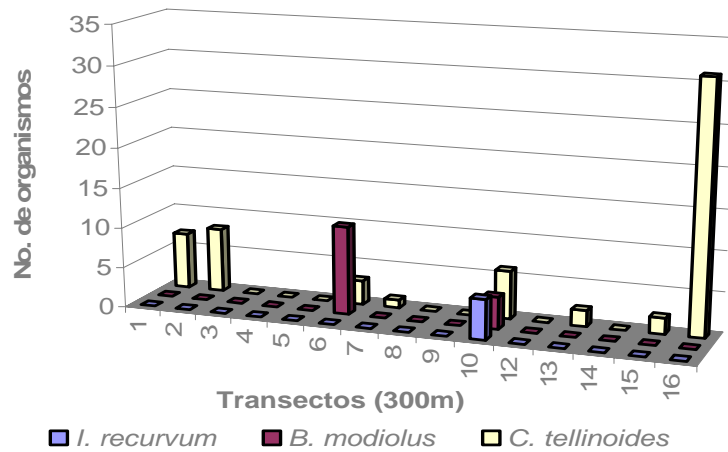


Figura 22. Abundancia de las especies identificadas en la época de secas a 300 m de distancia con la línea de costa

Biomasa de la comunidad de bivalvos por distancia

La mayor biomasa se presentó a 300 m de la línea de costa, con 5.92 g. En la distancia 150 m se presentó un valor de biomasa de 4.34 g. El valor más bajo de biomasa se presentó a la distancia 50 m con 3.81 g (Figura 23).

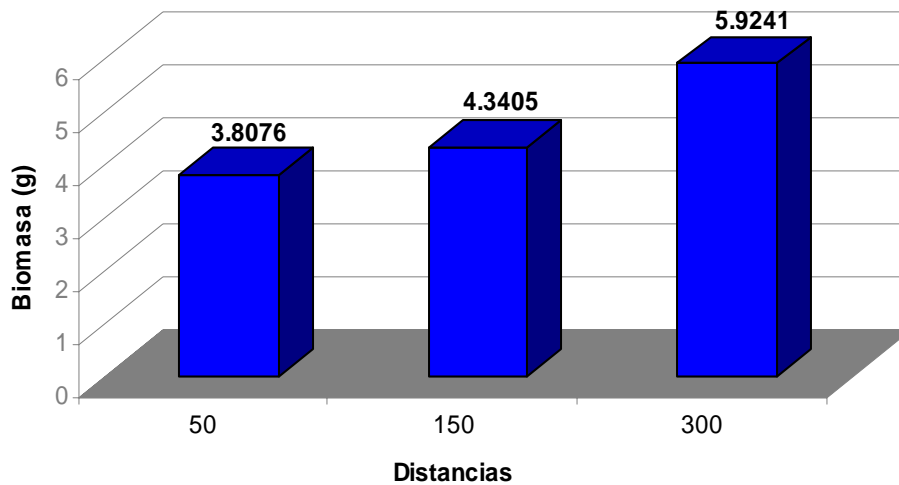


Figura 23. Valores de biomasa por distancia en la época de secas

F

A 50 m de la línea de costa el transecto 15 fue el que presentó la mayor biomasa con 2.19 g, y la menor biomasa se presentó en el transecto 4 con 0.06 g. A 150 m de la línea de costa el transecto 16 fue el que presentó la mayor biomasa con 1.99 g, y la menor biomasa se presentó en el transecto 9 con 0.012 g. A 300 m de la línea de costa el transecto 16 fue el que presentó la mayor biomasa con 2.69 g, y la menor biomasa se presentó en el transecto 7 con 0.1 g (Figura 24).

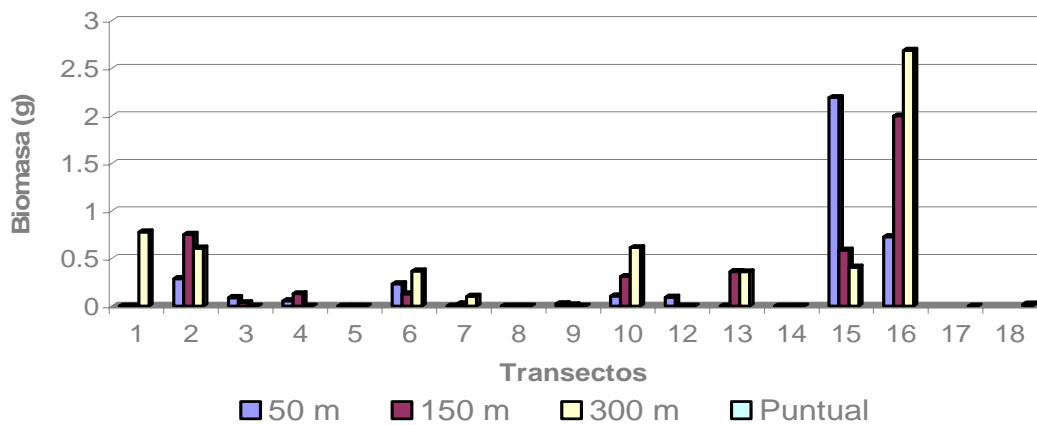


Figura 24. Valores de biomasa por distancia para cada transecto en la época de secas

3.3.4 Relación de las variables biológicas con los parámetros fisicoquímicos

La abundancia no presentó relaciones significativas con ninguna de las variables ambientales (Tabla 2). El coeficiente de correlación más alto, se presentó con el tamaño de grano (0.47).

Tabla 2. Coeficientes de correlación de las variables ambientales con la abundancia total, en la época de secas

Parámetros	Abundancia
Materia orgánica (%)	0.15
Tamaño de grano (mm)	0.47
Temperatura (°C)	-0.21
Oxígeno Disuelto (mg/l)	-0.16
Salinidad (ppm)	0.33
Sólidos disueltos (g/l)	-0.36
Conductividad (mS)	-0.4
pH	0.4

La abundancia de *Cumingia tellinoides*, presentó una asociación significativa con la variable tamaño de grano (0.51), esto indica que la abundancia de *C. tellinoides* esta asociada con un 51% con el tamaño del grano del sedimento (Tabla 3).

Tabla 3. Coeficientes de correlación de las variables ambientales con la abundancia de cada especie, en la época de secas

Parámetros	ABUNDANCIA		
	<i>Cumingia tellinoides</i>	<i>Brachiodontes modiolus</i>	<i>Ischadium recurvum</i>
Materia orgánica (%)	0.14	0.1	-0.01
Tamaño de grano (mm)	0.51	-0.03	0.11
Temperatura (°C)	-0.24	0.06	0.01
Oxígeno Disuelto (mg/l)	-0.2	0.11	0.02
Salinidad (ppm)	0.32	0.06	0.14
Sólidos disueltos (g/l)	-0.43	0.14	0.01
Conductividad (mS)	-0.47	0.11	-0.02
pH	0.45	-0.05	0.07

Las otras dos especies, no presentaron ninguna asociación significativa con las variables ambientales.

La biomasa de los organismos encontrados, presentó una asociación significativa con la variable tamaño de grano (0.53). Este coeficiente de correlación indica que el 53% de los cambios en la biomasa de los organismos, están asociados a las variaciones en el tamaño de grano del sedimento (Tabla 4).

Tabla 4. Coeficientes de correlación de las variables ambientales con la biomasa total, en la época de secas

Parámetros	Biomasa
Materia orgánica (%)	0.15
Tamaño de grano (mm)	0.53
Temperatura (°C)	-0.26
Oxígeno Disuelto (mg/l)	-0.19
Salinidad (ppm)	0.34
Sólidos disueltos (g/l)	-0.44
Conductividad (mS)	-0.48
pH	0.46

La biomasa de *Cumingia tellinoides*, presentó una asociación significativa con la variable tamaño de grano (0.53). Esta relación indica que el 53% de los cambios en la biomasa de esta especie, están asociados al tamaño de grano del sedimento (Tabla 5).

Tabla 5. Coeficientes de correlación de las variables ambientales con la biomasa de cada especie en la época de secas

Parámetros	BIOMASA		
	<i>Cumingia tellinoidea</i>	<i>Brachiodontes modiolus</i>	<i>Ischadium recurvum</i>
Materia orgánica (%)	0.18	-0.02	-0.05
Tamaño de grano (mm)	0.53	0.21	0.25
Temperatura (°C)	-0.27	-0.07	-0.1
Oxígeno Disuelto (mg/l)	-0.2	-0.02	-0.06
Salinidad (ppm)	0.32	0.23	0.25
Sólidos disueltos (g/l)	-0.46	-0.07	-0.13
Conductividad (mS)	-0.49	-0.11	-0.16
pH	0.46	0.17	0.21

Las otras dos especies no presentaron asociaciones significativas con ninguna de las variables ambientales.

La matriz de dispersión muestra gráficamente la relación entre las variables ambientales, la abundancia y la biomasa de bivalvos.

En la matriz de dispersión se puede observar que la abundancia (Figura 25) y la biomasa (Figura 26) solamente presentaron una relación significativa con el tamaño de grano del sedimento, puesto que los puntos no presentaron gran dispersión. Las variables salinidad, conductividad y sólidos disueltos presentaron una relación muy fuerte entre ellas ya que los puntos formaron una línea recta.

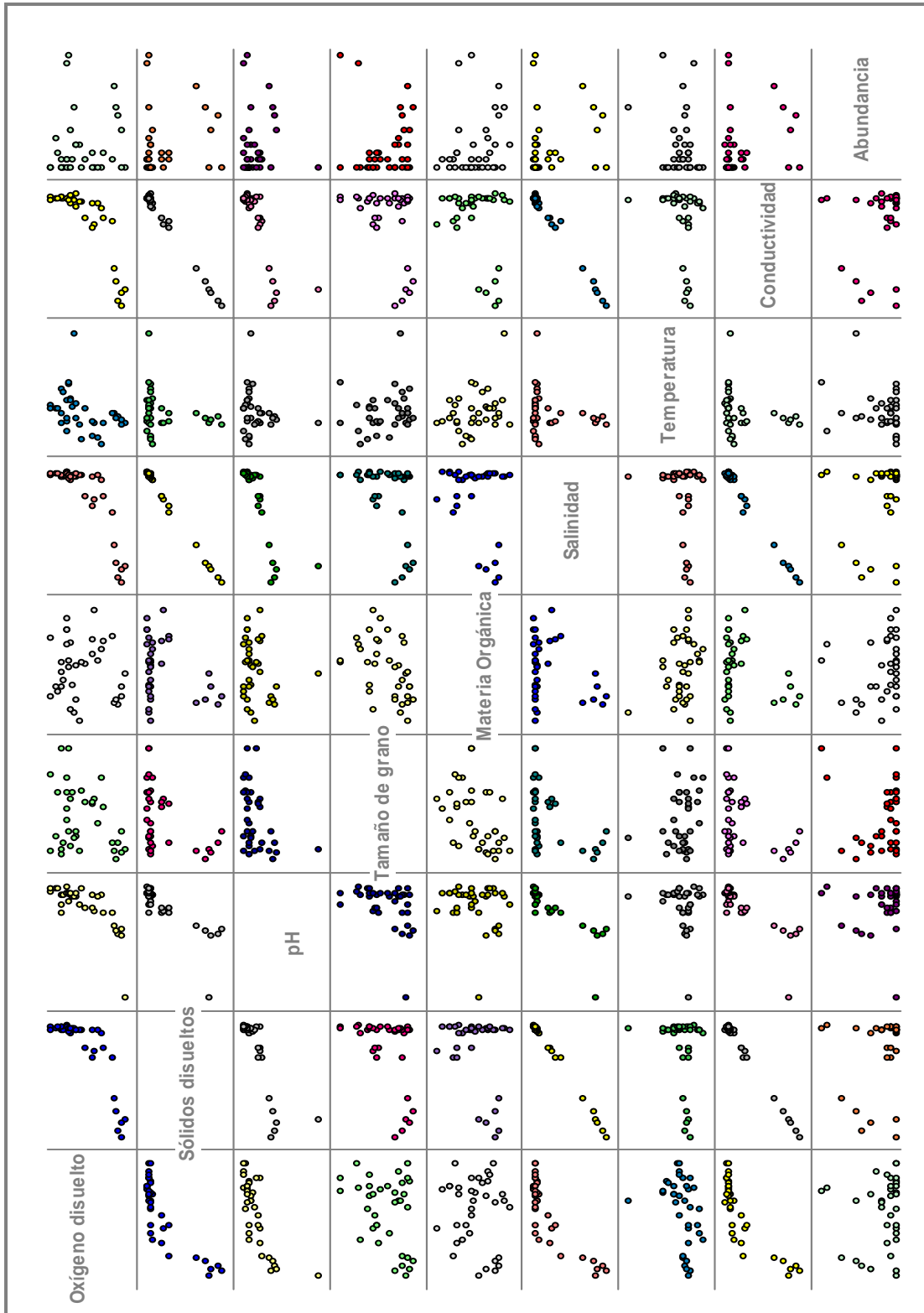


Figura 25. Matriz de diagramas de dispersión de las variables ambientales y la abundancia, en la época de secas

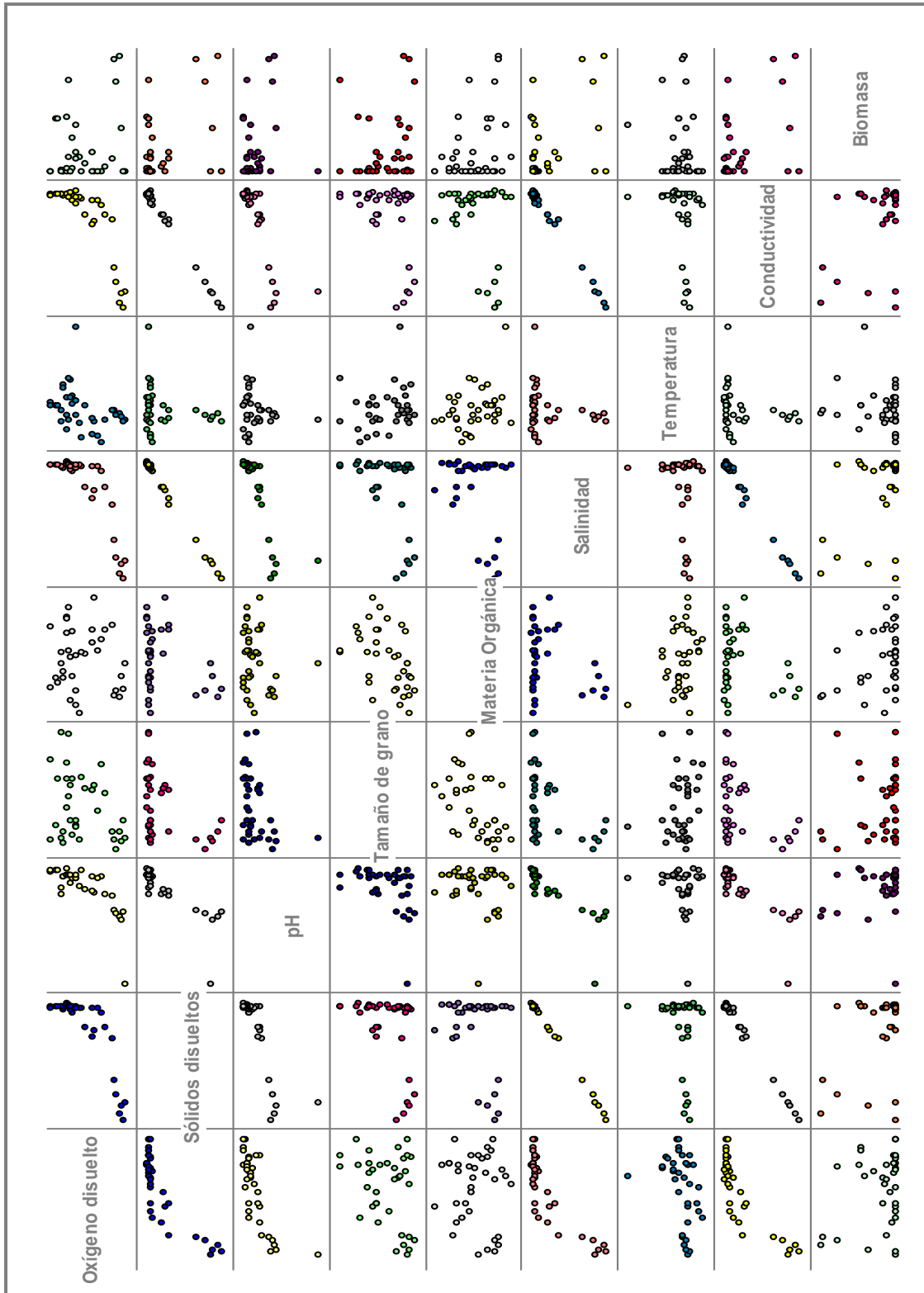


Figura 26. Matriz de diagramas de dispersión de las variables ambientales y la biomasa, en la época de secas

3.3.5 Análisis de componentes principales

El análisis de componentes principales se utiliza para identificar las diferencias y afinidades entre los parámetros fisicoquímicos de la columna de agua y el porcentaje de materia orgánica y tamaño de grano del sedimento (Figura 27).

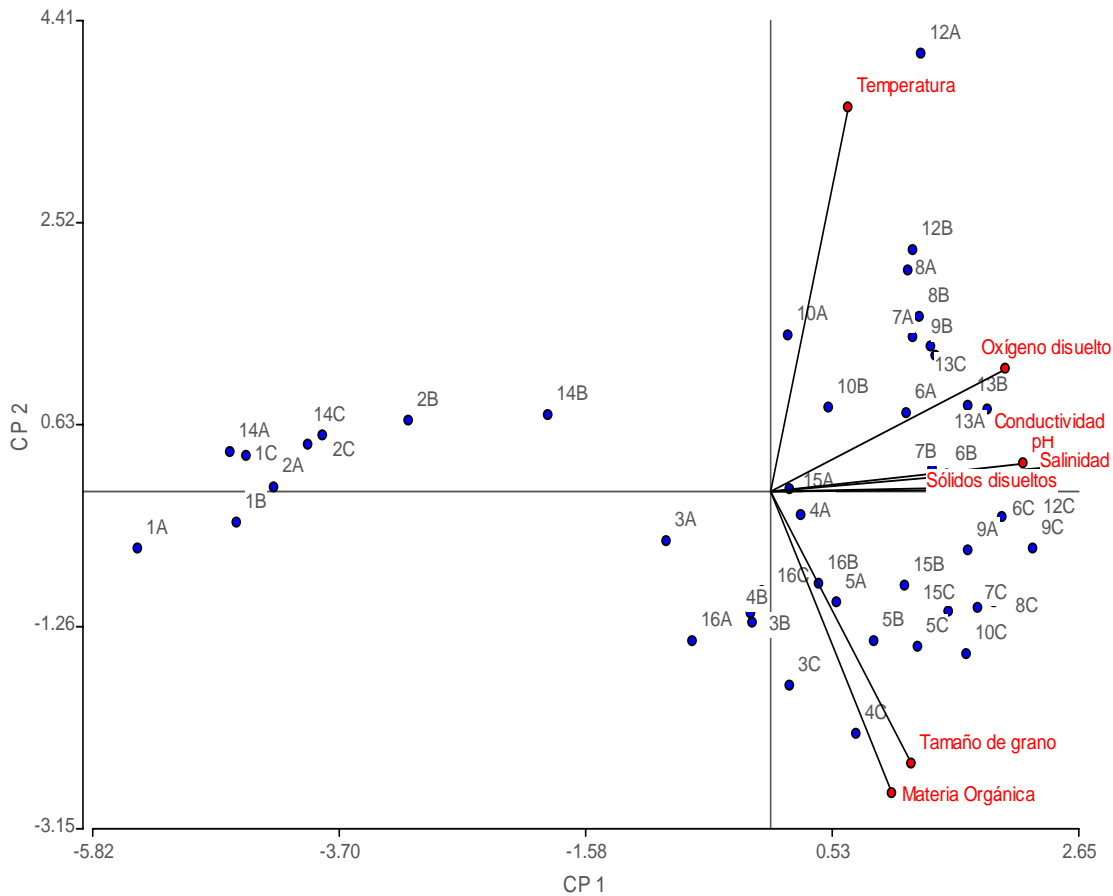


Figura 27. Diagrama de ordenación en dos dimensiones del análisis de componentes principales en la época de secas

Los parámetros conductividad, salinidad, sólidos disueltos y pH, se encuentran altamente relacionadas. El oxígeno disuelto se encuentra relacionado con el anterior conjunto de parámetros (en menor magnitud). La materia orgánica y el tamaño de grano se encuentran altamente correlacionadas entre sí. La materia orgánica también se presenta altamente correlacionada con la temperatura, pero de una manera negativa.

La varianza explicada entre el primer y segundo componente es del 80%. El primer componente es el que explica la mayor cantidad de varianza (61%); el segundo componente contribuye con el 19%.

Los parámetros que se relacionaron altamente con el primer componente fueron la salinidad (0.44), sólidos disueltos (0.44) y la conductividad (0.44). En el segundo componente el parámetro que se relacionó en mayor magnitud fue la temperatura (0.67). De manera negativa se relacionaron la materia orgánica (- 0.52), y el tamaño de grano (- 0.47) (Tabla 6).

El análisis de componentes principales, identificó que las estaciones: 3A, 3B, 3C, 4B, 4C, 16C y 16A, se encuentran relacionadas con el porcentaje de materia orgánica; las estaciones 4A, 5A, 5B, 5C, 7C, 8C, 10C, 15B, 15C y 16B, se encuentran relacionadas con el tamaño de grano del sedimento; las estaciones 6B, 6C, 7B, 9A, 9C, 12C y 15A, se encuentran relacionadas con la conductividad, salinidad, la concentración de sólidos disueltos, y el pH; las estaciones 6A, 7A, 8B, 9B, 13A, 13B, y 13C, se encuentran relacionadas con la concentración de oxígeno disuelto; las estaciones 8A, 10A, 12A y 12B, se encuentran relacionadas con la temperatura. Las estaciones 1A, 1B, 1C, 2A, 2B, 2C, 3A, 14A, 14B, 14C y 16A, no se relacionaron con ninguna de las variables ambientales (Figura 27).

Tabla 6. Porcentaje de variación explicado por los dos primeros componentes y los coeficientes de correlación de las variables ambientales en la época de secas

	CP 1	CP 2
% Varianza explicado	61%	19%
Variable		
Temperatura	0.13	0.67
Conductividad	0.44	0.04
Sólidos disueltos	0.44	0.003
Salinidad	0.44	0.009
Oxígeno disuelto	0.38	0.21
pH	0.41	0.05
Materia orgánica	0.20	- 0.52
Tamaño de grano Φ	0.23	- 0.47

3.3.6 Análisis de similitud de las estaciones

Abundancia

El dendrograma obtenido del análisis de agrupación (Figura 28) con los datos de abundancia numérica transformados a raíz cuarta e índice de similitud de Bray-Curtis por estaciones, determinó con aproximadamente un 85 % de similitud, 8 grupos de estaciones: **I)** 15A, 16C; **II)** 2C, 10B; **III)** 6C, 10C; **IV)** 2B, 16A; **V)** 18, 3A, 4A, 7B, 7C, 9A, 9B; **VI)** 2A, 6A; **VII)** 12A, 6B, 16A; y **VIII)** 3B, 4B, 13C, 15C. Las estaciones 16B, 1C, 15B, y 13B, presentaron la misma similitud, pero estas estaciones no fueron incluidas dentro de alguno de los grupos formados.

Con un 78% de similitud, se formaron 5 agrupaciones: **I)** 16B, 15A, 16C; **II)** 1C, 2C, 10B, 6C, 10C, 15B, 2B, 16A; **III)** 18, 3A, 4A, 7B, 7C, 9A, 9B; **IV)** 13B, 2A, 6A; **V)** 12A, 6B, 10A, 3B, 4B, 13C, 15C (Figura 28).

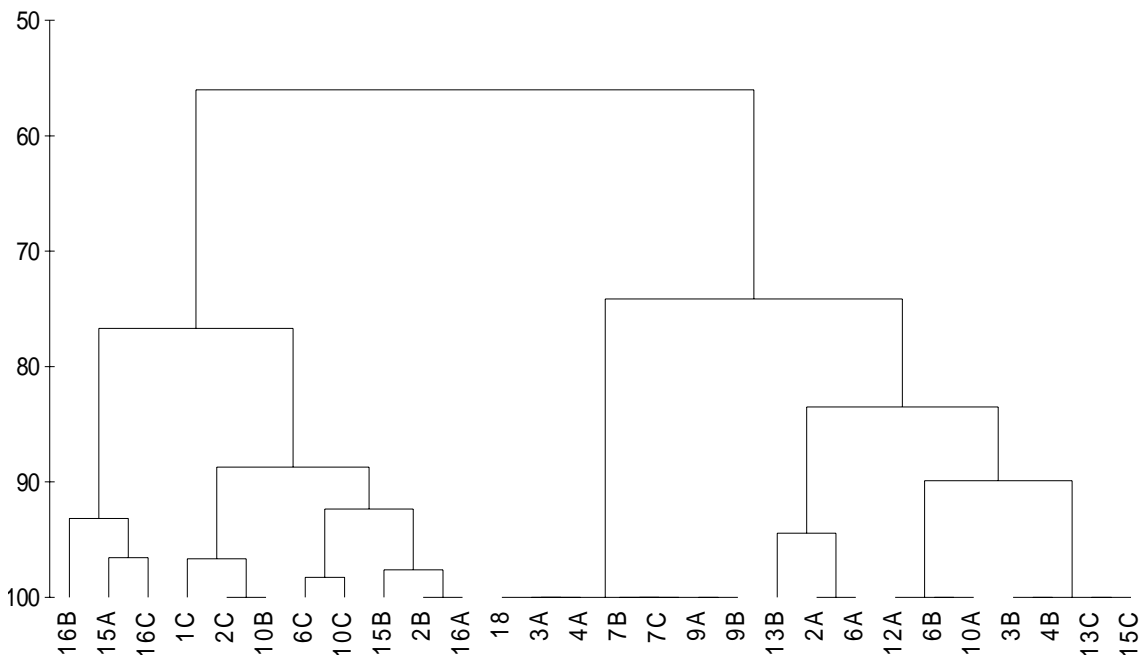


Figura 28. Dendrograma del análisis de agrupación con los datos de abundancia de la época de secas.

Biomasa

El dendrograma obtenido del análisis de agrupación (Figura 29) con los datos de biomasa numérica transformados a raíz cuarta e índice de similitud de Bray-Curtis por estaciones, determinó con aproximadamente un 90 % de similitud, 6 grupos de estaciones: **I)** 4B, 6B, 7C, 10A, 3A, 12A; **II)** 18, 7B, 9A; **III)** 3B, 4A; **IV)** 16B, 16C, 15A; **V)** 15B, 2C, 10C, 16A, 1C, 2B; **VI)** 2A, 10B, 15C, 6C, 13B, 13C. Las estaciones 9B y 6A, no se incluyeron dentro de ninguno de los grupos, pero presentaron un 90 % de similitud con las agrupaciones formadas.

Con un 60% de similaridad, se formaron 5 grupos: **I)** 4B, 6B, 7C, 10A, 3A, 12A; **II)** 9B, 18, 7B, 9A, 3B, 4A; **III)** 16C, 15A, 16B; **IV)** 15B, 2C, 10C, 16A, 1C, 2B; **V)** 6A, 2A, 10B, 15C, 6C, 13B, 13C.

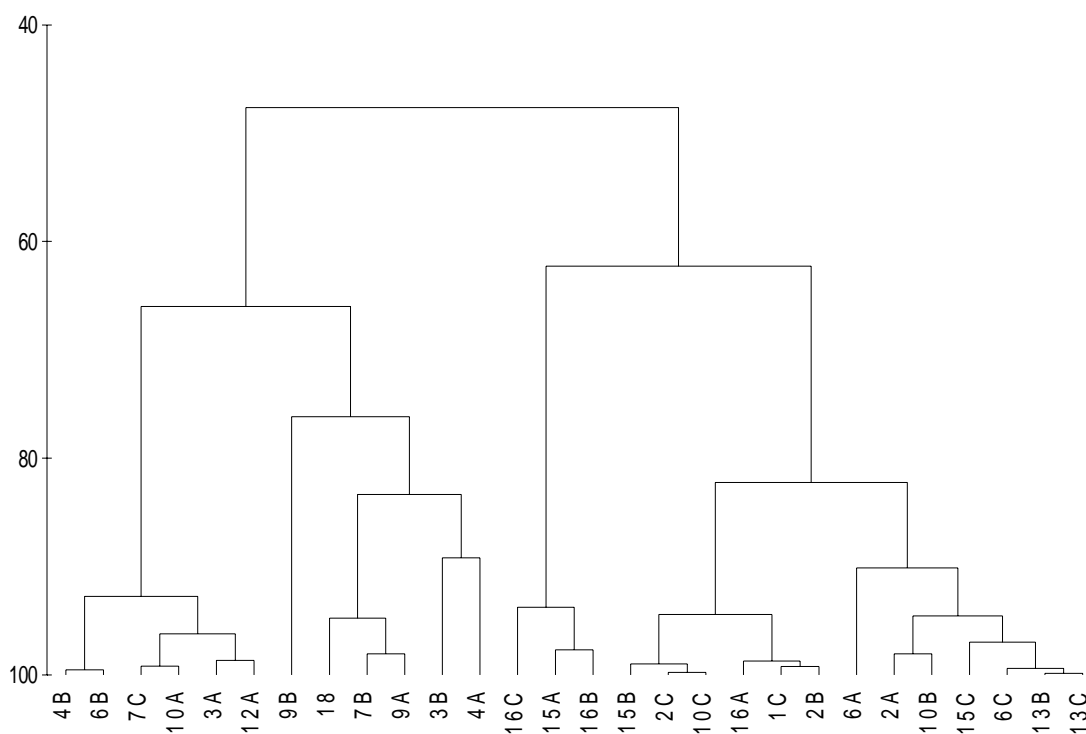


Figura 29. Dendrograma del análisis de agrupación con los datos de biomasa

Materia Orgánica

El dendrograma obtenido del análisis de agrupación (Figura 30) con los datos de porcentaje de materia orgánica del sedimento, analizados con el índice de similitud de Bray-Curtis por estaciones, determinó con aproximadamente un 95 % de similitud, 12 grupos de estaciones: **I)** 9B, 18; **II)** 10C, 15B; **III)** 4A, 6B; **IV)** 16B, 16A; **V)** 3B, 4B; **VI)** 15C, 6C, 6A; **VII)** 3A, 16C; y **VIII)** 10A, 10B; **IX)** 7B, 15A; **X)** 2A, 13B; **XI)** 2C, 12A; **XII)** 1C, 2B. Las estaciones 7C, 9A y 13C presentaron la misma similitud pero no fueron incluidas dentro de alguno de los grupos formados.

Con un 90% de similaridad, se formaron 3 grupos: **I)** 9B, 18, 10C, 15B, 4A, 6B, 7C, 16A, 16B, 3B, 4B, 15C, 6A, 6C, 9A, 3A, 16C; **II)** 10A, 10B; **III)** 13C, 7B, 15A, 2A, 13B, 2C, 12A, 1C, 2B.

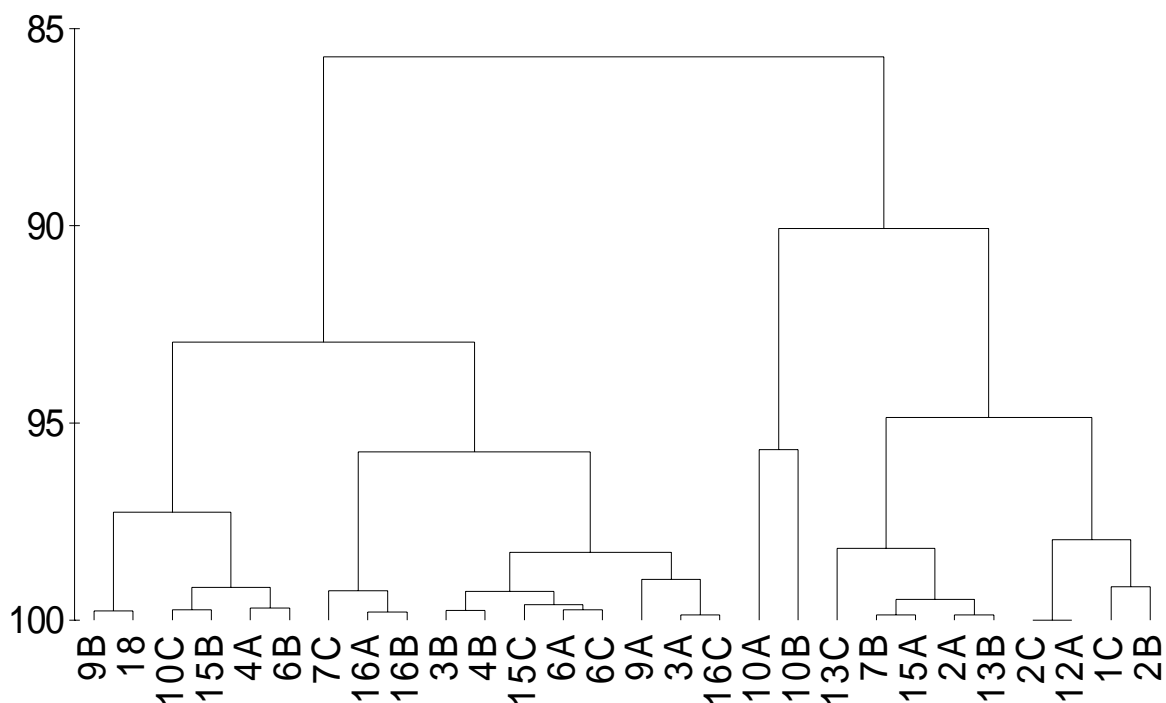


Figura 30. Dendrograma del análisis de agrupación con los datos de Materia orgánica

Tamaño de grano del sedimento

El dendrograma obtenido del análisis de agrupación (Figura 31) con los datos de tamaño de grano del sedimento, analizados con el índice de similitud de Bray-Curtis por estaciones, determinó con aproximadamente un 95 % de similitud, 7 grupos de estaciones: **I)** 9B, 2A, 12A, 2B, 10A; **II)** 6B, 10B; **III)** 1C, 13C, 3A, 16B; **IV)** 16C, 18; **V)** 4A, 4B; **VI)** 3B, 7C, 13B, 15A; **VII)** 6C, 15B. Las estaciones 6A, 9A, 16A, 7B y 15C, presentaron la misma similitud pero no fueron incluidos dentro de alguno de los grupos formados. Las estaciones 2C y 10C no se incluyeron en las agrupaciones anteriores ya que solo presentan aproximadamente un 85 % de similitud.

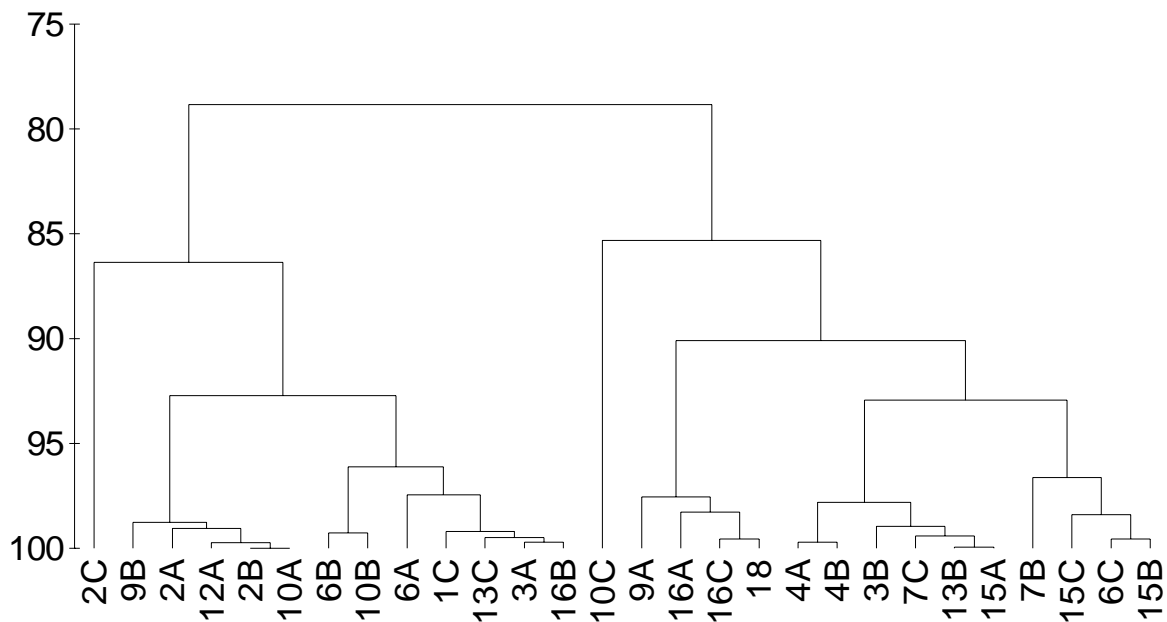


Figura 31. Dendrograma del análisis de agrupación con los datos de tamaño de grano del sedimento

3.3.7 Relación entre la materia orgánica y la composición fáunística

Mediante el análisis de regresión, se pueden identificar como los cambios en el porcentaje de materia orgánica, afectan la abundancia y la biomasa de los organismos en las estaciones de muestreo (Figuras 32 y 33).

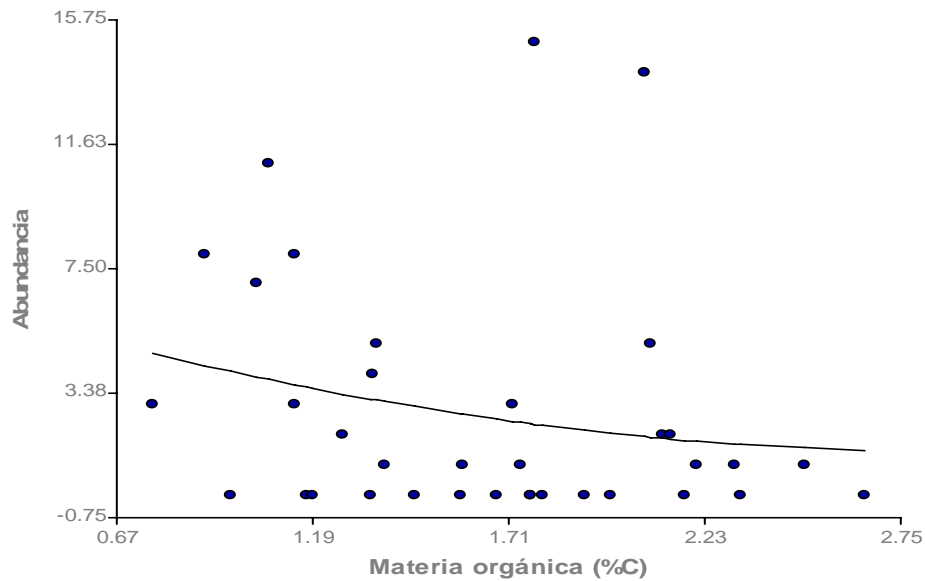


Figura 32. Gráfico del análisis de regresión entre el porcentaje de materia orgánica y la abundancia de los organismos en la época de secas

El coeficiente de determinación que se obtuvo mediante el análisis de regresión fue de 0.05, esto indica que la relación entre el porcentaje de materia orgánica y la abundancia de organismos es muy baja; no hay relación significativa entre estas dos variables.

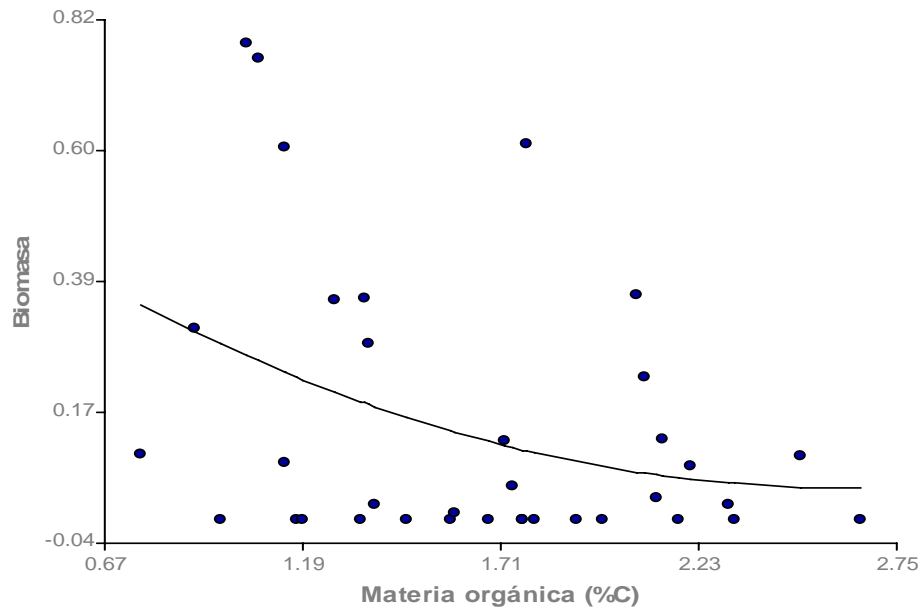


Figura 33. Gráfico del análisis de regresión entre el porcentaje de materia orgánica y la biomasa de los organismos en la época de secas

El coeficiente de determinación fue de 0.13, lo cual indica que la relación entre el porcentaje de materia orgánica y la biomasa de los organismos, no es significativa.

3.3.8 Curvas abundancia-biomasa (ABC)

Debido a la poca diversidad encontrada en las estaciones de muestreo, solamente se pudo realizar el análisis de las curvas ABC en dos estaciones (6C y 10C). La estación 6C, presentó un estado de no contaminación (Figura 34); la curva de la biomasa se encuentra por arriba de la curva de la abundancia. La estación 10C, presentó un estado de moderada contaminación (Figura 35); la curva de la abundancia se interseca con la curva de la biomasa.

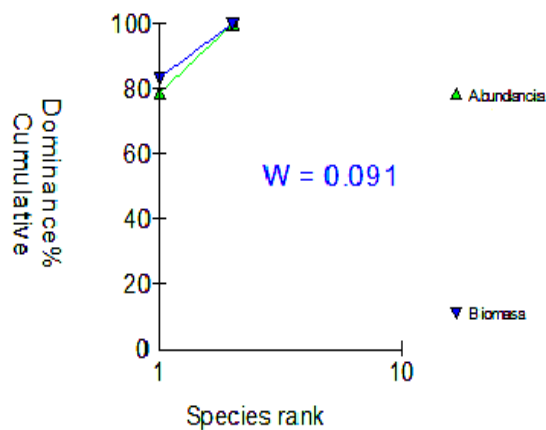


Figura 34. Curva ABC de la estación 6C en la época de secas

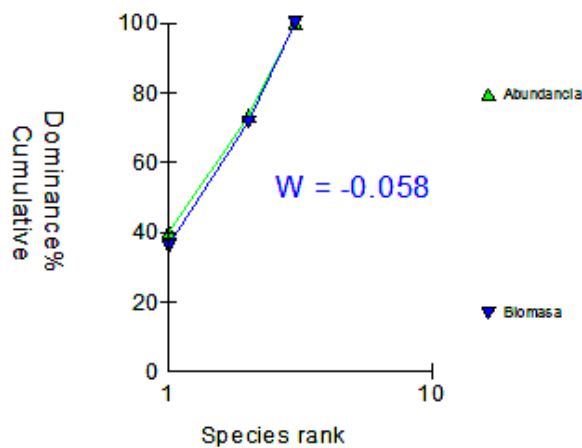


Figura 35. Curva ABC de la estación 10C en la época de secas

Realizando un análisis general de todas las estaciones de la zona de estudio, utilizando las curvas ABC, se determinó que es un ambiente que se encuentra moderadamente contaminado (Figura 36); la curva de la abundancia, se interfecta con la curva de la biomasa.

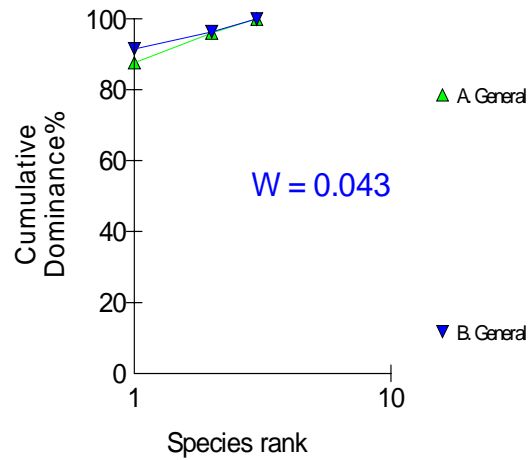


Figura 36. Curva ABC del análisis general de la zona de estudio en la época de secas

3.4 Época de lluvias (muestreo del 13 al 15 de octubre de 2005)

3.4.1 Condiciones ambientales de la columna del agua y del sedimento

En el anexo 3 se muestran los valores de los parámetros ambientales para cada uno de los transectos en cada una de sus distancias para este muestreo.

Materia Orgánica (MO)

Los valores mínimos se presentaron principalmente en los transectos cercanos a la bocana del río Hondo. Del transecto 1 al transecto 4 la distribución de materia orgánica aumenta conforme se aumenta la distancia a la línea de costa.

El promedio de materia orgánica a 50 m de la línea de costa fue de 1.7 %C con una desviación estándar de 0.52. En la estación 3A, se presentó el porcentaje más alto de materia orgánica (2.61 %C); en la estación 10A se presentó el porcentaje más bajo de materia orgánica (0.92 %C). El promedio de materia orgánica a 150 m de la línea de costa fue de 1.75 %C con una desviación estándar de 0.58. En la estación 16B se presentó el porcentaje más alto (2.66 %C); en la estación 14B se registró el porcentaje más bajo (1.02 %C). El promedio de materia orgánica a 300 m de la línea de costa fue de 2.02 %C con una desviación estándar de 0.58. En la estación 3C se presentó el porcentaje más alto (2.71 %C); en la estación 2C se presentó el porcentaje más bajo (0.97 %C)(Figura 37).

En los transectos puntuales, el porcentaje de materia orgánica fue alto, teniendo 2.08 %C para el transecto 17 y 2.58 %C para el transecto 18.

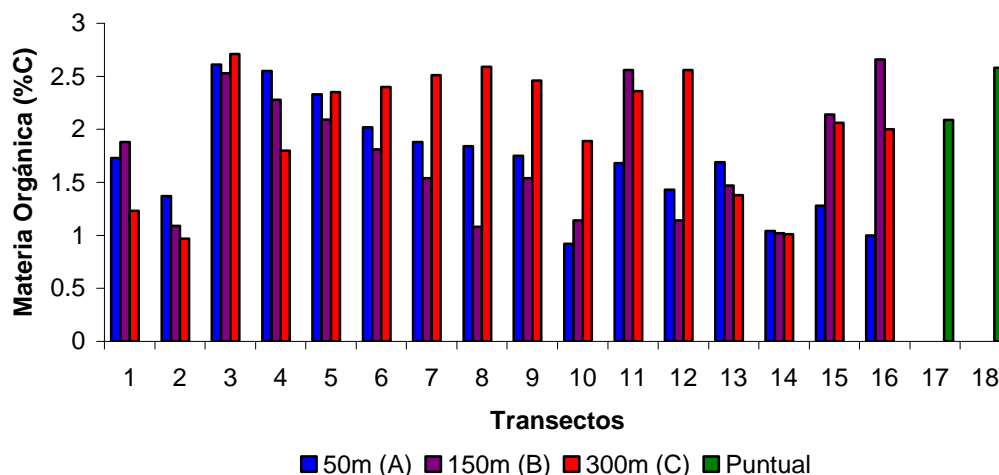


Figura 37. Porcentajes de materia orgánica por distancia en cada transecto, en la época de lluvias

Temperatura.

Durante la época de lluvias la temperatura promedio fue de 30.45°C, con una desviación estándar de 0.55.

El promedio de temperatura a 50 m de la línea de costa fue de 30.55 °C con una desviación estándar de 0.76. En la estación 9A, se presentó el valor más alto (31.74 °C); en la estación 9A se presentó el valor más bajo (29.02°C). El promedio de temperatura a 150 m de la línea de costa fue de 30.4 °C con una desviación estándar de 0.46. En la estación 3B, se presentó el valor más alto (31.28°C); en la estación 16B se presentó el valor más bajo (29.52°C). El promedio de temperatura a 300 m de la línea de costa fue de 30.42 con una desviación estándar de 0.44. En la estación 16C se presentó el valor más alto (31.38°C); en la estación 1C el valor más bajo (29.79°C) (Figura 38).

Para los transectos del centro la temperatura no tuvo mucha variación fue de 30.5 para el 17 y 30.23 para el transecto 18.

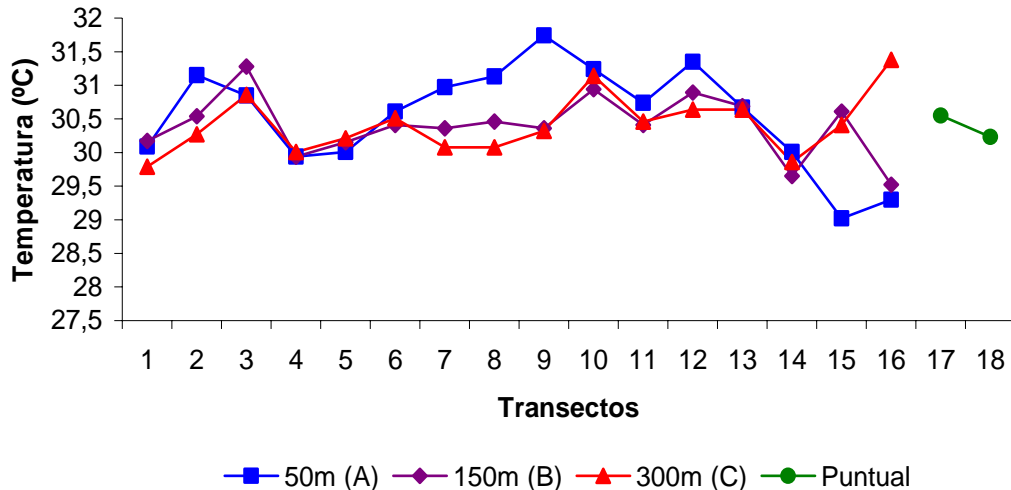


Figura 38. Valores de temperatura por distancia de cada transecto en la época de lluvias

Salinidad.

El valor promedio de salinidad, en la época de lluvias, fue de 13.63 ppm con una desviación estándar de 5.4.

El promedio de salinidad a 50 m de la línea de costa fue de 12.66 ppm con una desviación estándar de 5.72. En la estación 5A, se presentó el valor más alto (17.51 ppm); en la estación 14A se presentó el valor más bajo (1.24 ppm). El promedio de salinidad a 150 m de la línea de costa fue de 14.01 ppm con una desviación estándar de 5.22. En la estación 6B se presentó el valor más alto (21.89 ppm); en la estación 1B se presentó el valor más bajo (1.18 ppm). El promedio de salinidad a 300 m de la línea de costa fue de 13.89 ppm con una desviación estándar de 5.75. En la estación 12C se presentó el valor más alto (19.2 ppm); en la estación 1C; el valor más bajo (1.04 ppm) (Figura 39).

Se pueden observar 2 gradientes muy marcados con la salinidad. Los valores mas bajos de salinidad se presentaron en los transectos cercanos a la bocana del río Hondo; transectos 1, 2 y 14 en sus tres distancias correspondientes, al igual que la estación 15A y en el transecto 17; mientras que los valores mas altos se encontraron

en los transectos mas alejados de la desembocadura del río Hondo, transectos 12 y 13.

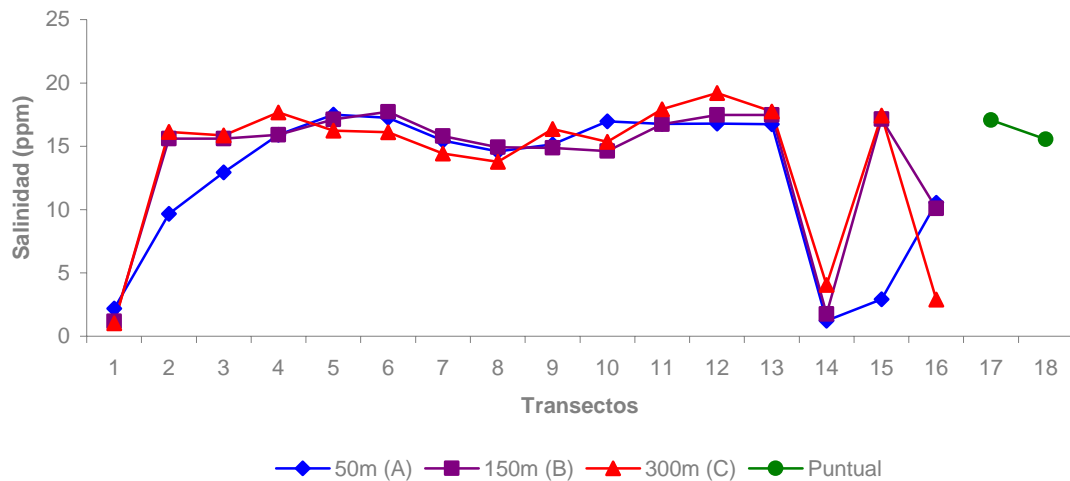


Figura 39. Valores de salinidad por distancia para cada transecto en la época de lluvias

Conductividad

La conductividad presento un valor promedio en la época de lluvias de 24.45 mS/cm con una desviación estándar de 9.6.

El promedio de conductividad a 50 m de la línea de costa fue de 22.71 mS/cm con una desviación estándar de 10.3. En la estación 12A se presentó el valor más alto (31.31 mS/cm); en la estación 14A, se presentó el valor más bajo (3.24 mS/cm). El promedio de conductividad a 150m de la línea de costa fue de 24.93 mS/cm con una desviación estándar de 9.04. En la estación 6B se presentó el valor más alto (31.94 mS/cm); en la estación 14B, se presentó el valor más bajo (2.98 mS/cm). El promedio de conductividad a 300 m de la línea de costa fue de 25.17 mS/cm con una desviación estándar de 10.32. En la estación 12C se presentó el valor más alto (34.41 mS/cm); en la estación 12C se presentó el valor más bajo (2 mS/cm) (Figura 40).

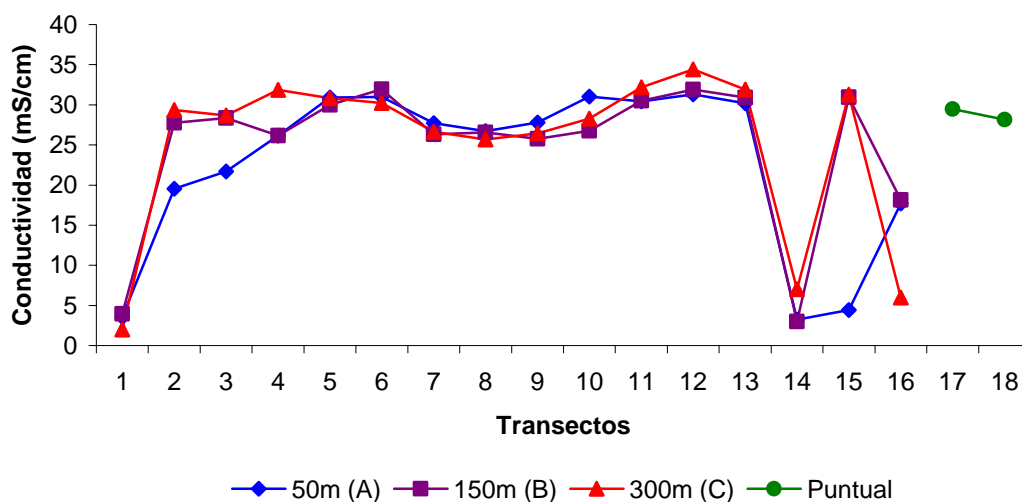


Figura 40. Valores de conductividad por distancia para cada transecto en la época de lluvias

Sólidos disueltos

Las concentraciones de sólidos disueltos presentaron un comportamiento similar al de la salinidad y la conductividad, presentando las concentraciones más bajas en los transectos cercanos a la desembocadura del Río Hondo y los mas altos en la zona urbanizada del estudio (transectos intermedios del 3-13) (Figura 41).

En toda la zona de estudio se presentó un valor promedio de 14.64 g/l con una desviación estándar de 5.62.

A 50 m de la línea de costa, el valor promedio de sólidos disueltos fue de 13.66 g/l con una desviación estándar de 5.94. En la estación 5A se presentó el valor más alto (18.58 g/l); en la estación 14A, se presentó el valor más bajo (1.58 g/l). A 150 m de la línea de costa, el valor promedio de sólidos disueltos fue de 15.18 g/l con una desviación estándar de 5.51. En la estación 6B, se presentó el valor más alto (18.79 g/l); en la estación 1B, se presentó el valor más bajo (1.5 g/l). A 300m de distancia el valor promedio de sólidos disueltos fue de 14.75 g/l con una desviación estándar de 5.93. En la estación 12C se presentó el valor más alto (20.2 g/l); en la estación 12C, se presentó el valor más bajo (1.34 g/l) (Figura 41).

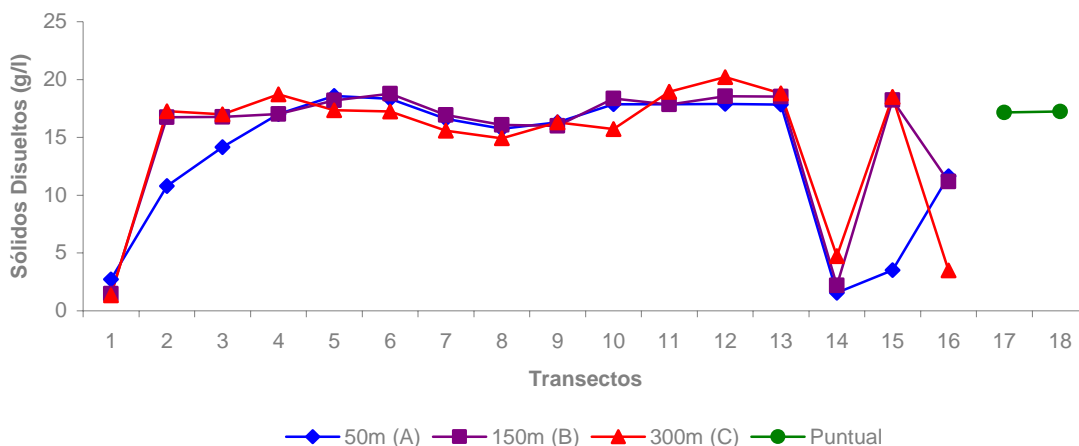


Figura 41. Valores de sólidos disueltos por distancia para cada transecto en la época de lluvias.

pH

Se puede observar que el pH también presenta 2 gradientes muy marcados, uno conformado por los transectos cercanos a la bocana del río Hondo y los que se encuentran alejados de este.

En esta época, el pH presentó un valor promedio de 7.93 con una desviación estándar de 0.48.

A 50 m de la línea de costa, el valor promedio de pH fue de 7.86 con una desviación estándar de 0.53. En la estación 10A se presentó el valor más alto (8.3); en la estación 15A, se presentó el valor más bajo (6.61). A 150 m de la línea de costa, el valor promedio de pH fue de 7.93 con una desviación estándar de 0.46. En la estación 12B, se presentó el valor más alto (8.29); en la estación 14B, se presentó el valor más bajo (6.88). A 300 m de la línea de costa el valor promedio de pH fue de 7.96 con una desviación estándar de 0.49. En la estación 11C, se presentó el valor más alto (8.35); en la estación 16C, se presentó el valor más bajo de pH (6.69) (Figura 42). En las estaciones 17 y 18 se presentaron valores de 8.29 y 8.17 respectivamente.

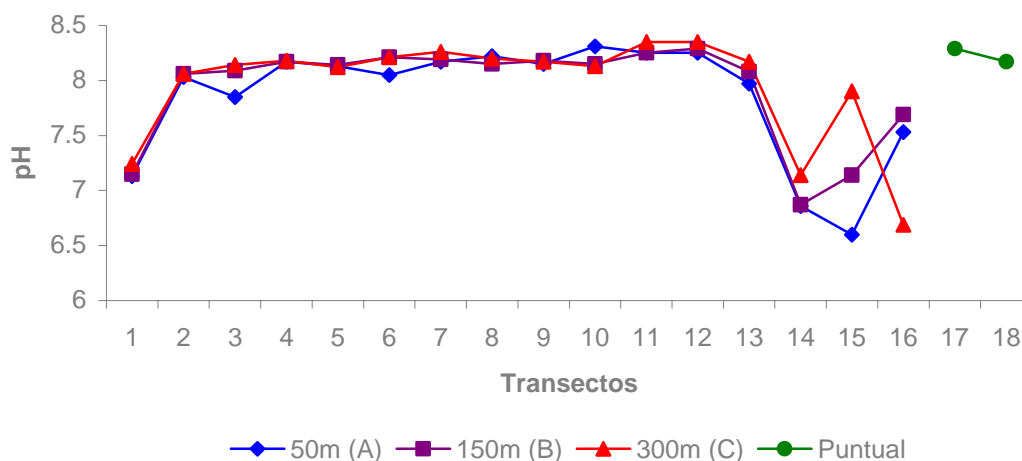


Figura 42. Valores de pH por distancia para cada transecto en la época de lluvias

Oxígeno disuelto

Este fue el parámetro que presentó mayor variabilidad. El valor promedio de oxígeno disuelto es de 2.34 mg/l con una desviación estándar de 0.92.

A 50 m de la línea de costa, el valor promedio de oxígeno disuelto fue de 2.3 mg/l con una desviación estándar de 0.94. En la estación 12A, se presentó el valor más alto (4.7 mg/l); en la estación 14A, se presentó el valor más bajo (1.3 mg/l). A 150 m de la línea de costa, el valor promedio de oxígeno disuelto fue de 2.44 mg/l con una desviación estándar de 0.93. En la estación 12B, se presentó el valor más alto (4.6 mg/l); en la estación 14B, se presentó el valor más bajo (1.2 mg/l). A 300 m de la línea de costa, el valor promedio de oxígeno disuelto fue de 2.38 mg/l con una desviación estándar de 0.97. En la estación 12C se presentó el valor más alto (4.9 mg/l); en la estación 1C, se presentó el valor más bajo (1.4 mg/l) (Figura 43).

En el transecto 17 se registró 1.8 mg/l de oxígeno disuelto y para el 18, 1.3mg/l.

Los valores mas altos se presentan en los transectos más alejados de la zona urbana (12 y 13).

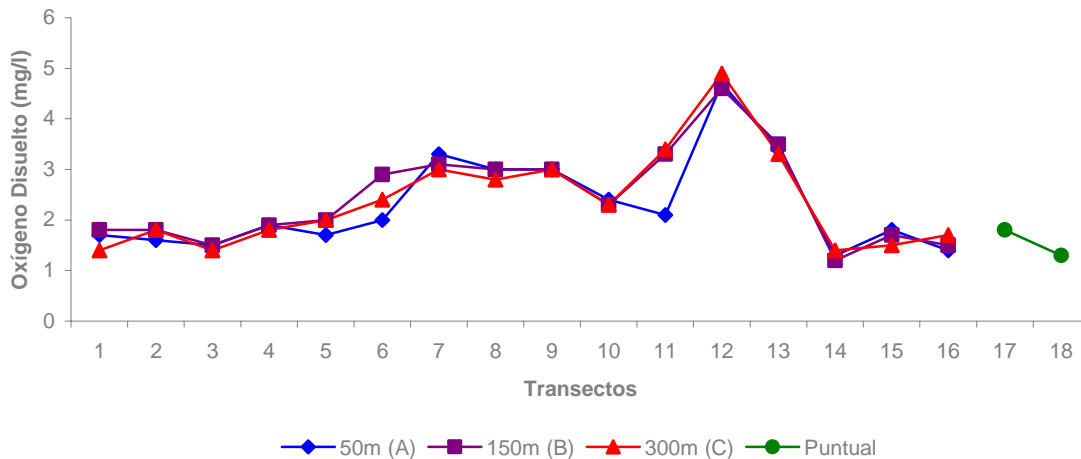


Figura 43. Concentración de Oxígeno disuelto por distancia para cada transecto en la época de lluvias

3.4.2 Composición de la comunidad de bivalvos para la época de lluvias

El aumento de los organismos para esta época fue considerable, se recolectaron 431 bivalvos, representados en 2 familias: Semelidae y Mytilidae. Semelidae, presentó la mayor abundancia con 368 organismos y Mytilidae presentó 63 organismos (Figura 44).

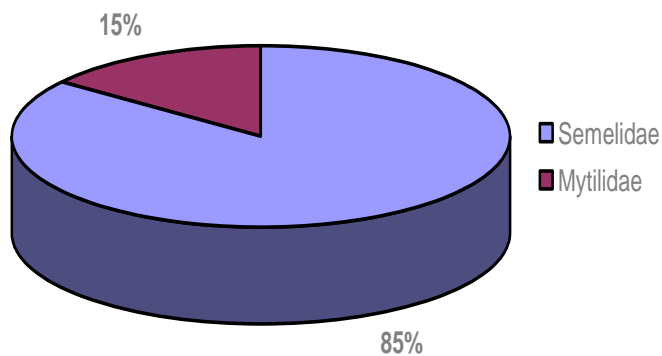


Figura 44. Porcentajes de la abundancia de bivalvos por familia para la época de lluvias

En la época de lluvias la distancia 50 m fue la que presentó la mayor abundancia con 230 organismos, siguiéndole la distancia 150 m con 143 organismos y por ultimo la distancia 300 m con 58 organismos (Figura 45).

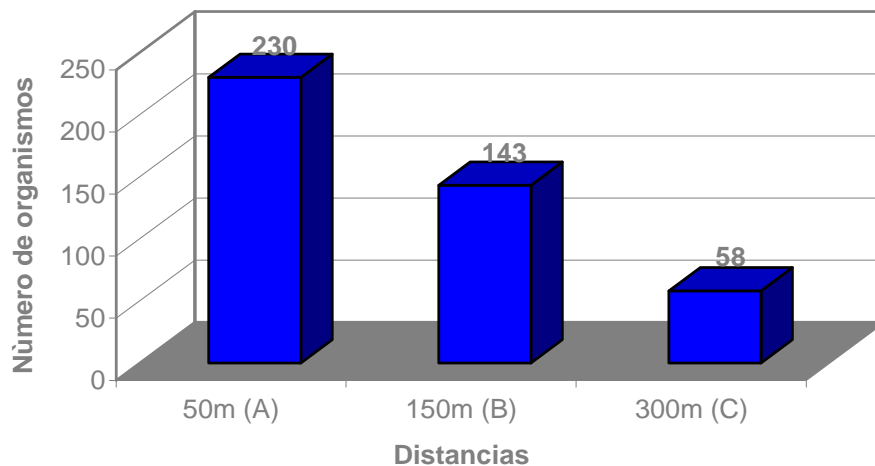


Figura 45. Abundancia total de organismos por distancia en la época de lluvias

En los transectos 3, 14 y en las estaciones 17 y 18, no fueron encontrados organismos.

La mayor abundancia se encontró en el transecto 5 con 111 organismos, presentándose en la distancia 50 m, el mayor número de organismos recolectados (91), para este transecto. El transecto 8 también presentó una abundancia alta a 50 m de la línea de costa con 86 organismos (Figura 46).

Los transectos donde hubo una menor abundancia de organismos fueron: 1 con 3 organismos y el 16 con solo 1 organismo.

La mayor abundancia de los transectos 4, 5, 6, 7, 8, 11 y 13 se presentó en la distancia 50 m. Los transectos 9, 10, 15 y 16 presentaron su mayor abundancia en la distancia 150 m. Solamente los transectos 1, 2 y 12 presentaron su mayor abundancia en la distancia 300 m (Figura 46).

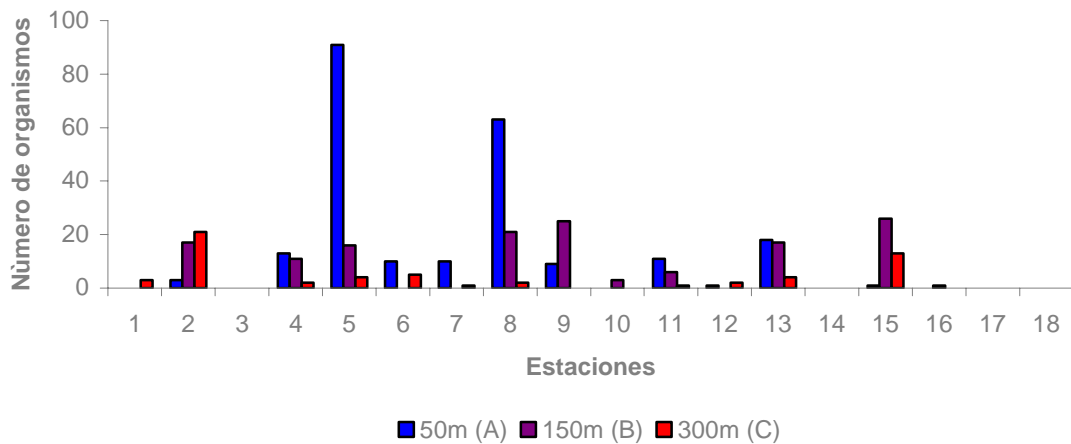


Figura 46. Abundancia de organismos por distancia para cada transecto en la época de lluvias

Especies de bivalvos identificadas para la época de lluvias

Se identificó una especie en la familia Semelidae (*Cumingia tellinoides*), y 2 especies en Mytillidae: *Brachidontes modiolus* e *Ischadium recurvum* (Figura 47). Se presentaron las mismas especies que en la época de secas.

La especie más abundante siguió siendo *Cumingia tellinoides*, con un total de 368 organismos; seguida de *Brachidontes modiolus* con 60 organismos e *Ischadium recurvum* con solamente 3 organismos (Figura 47).

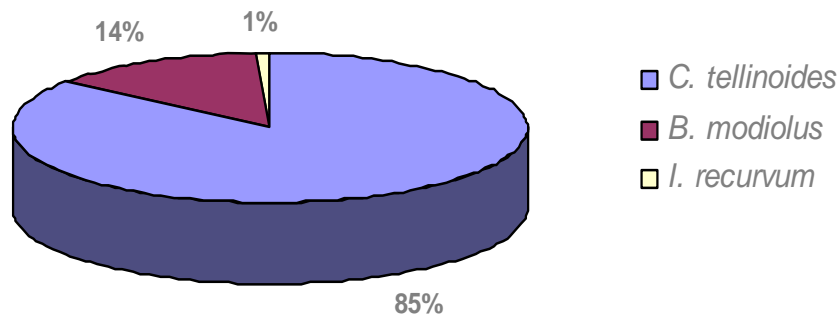


Figura 47. Porcentaje de la abundancia de bivalvos por especies en la época de lluvias

3.4.3. Descripción de la estructura de la comunidad

Distribución y análisis de las especies de bivalvos por distancias.

Se evaluó la abundancia de especies por distancia, con la finalidad de conocer como varían con respecto a la distancia de la línea de costa.

A 50 m de la línea de costa la especie más abundante fue *Cumingia tellinoides* con 198 organismos. El transecto 5 presentó la mayor abundancia con 91 organismos. La especie *Brachiodontes modiolus* presentó su mayor abundancia en el transecto 13 con 18 organismos. La especie *Ischadium recurvum*, no presentó ningún organismo, en esta distancia (Figura 48).

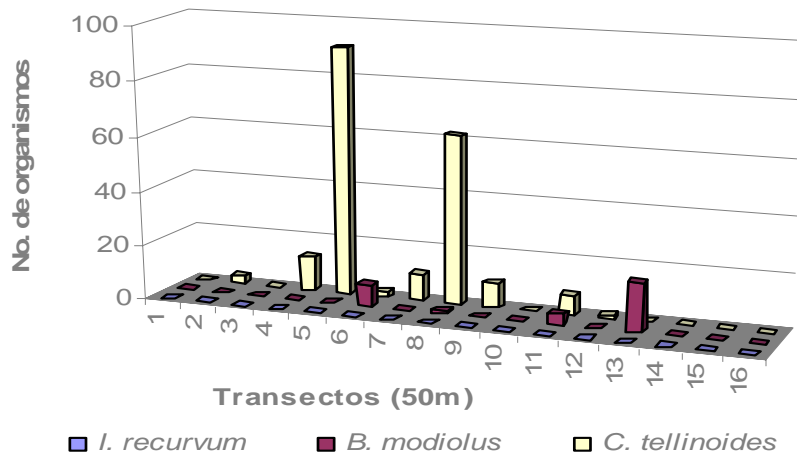


Figura 48. Abundancia de las especies identificadas en la época de lluvias a 50m de distancia con la línea de costa

A 150 m de la línea de costa, la especie que presentó mayor abundancia, fue *Cumingia tellinoides* con 112 organismos. La mayor abundancia de esta especie, se presentó en el transecto 15 con 24 organismos. La especie *Brachiodontes modiolus* presentó su mayor abundancia en el transecto 9 con 21 organismos. La especie *Ischadium recurvum* solamente se presentó en el transecto 9 con 3 organismos (Figura 49).

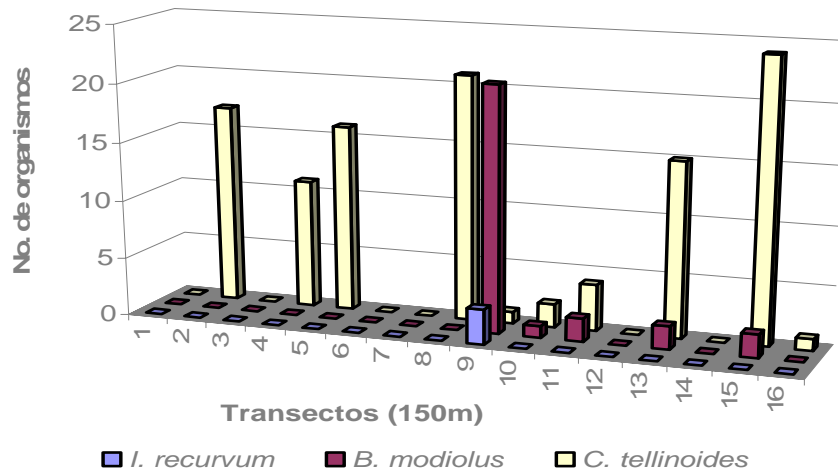


Figura 49. Abundancia de las especies identificadas en la época de lluvias a 150m de distancia con la línea de costa

A 300 m de la línea de costa solamente se identificaron 57 organismos. La especie *Cumingia tellinoides* presentó su mayor abundancia en el transecto 2 con 21 organismos. Solamente fue identificado un organismo de la especie *Brachiodontes modiolus* en el transecto 11. La especie *Ischadium recurvum* no se presentó en esta distancia (Figura 50).

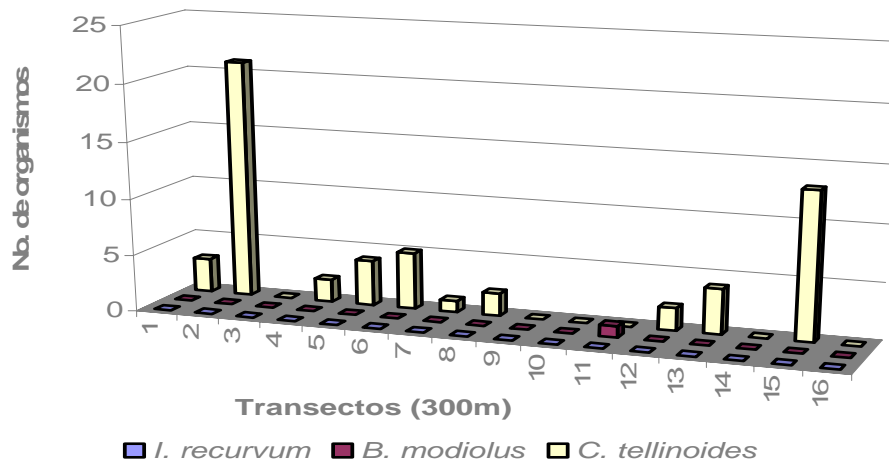


Figura 50. Abundancia de las especies identificadas en la época de lluvias a 300m de distancia con la línea de costa

Biomasa de la comunidad de bivalvos por distancia

A 50 m de la línea de costa se presentó la mayor biomasa durante la época de lluvias con 6.51 g, seguida de la distancia 150 m con 4.32 g. La menor biomasa se presentó a 300 m de la línea de costa con 1.95 g (Figura 51).

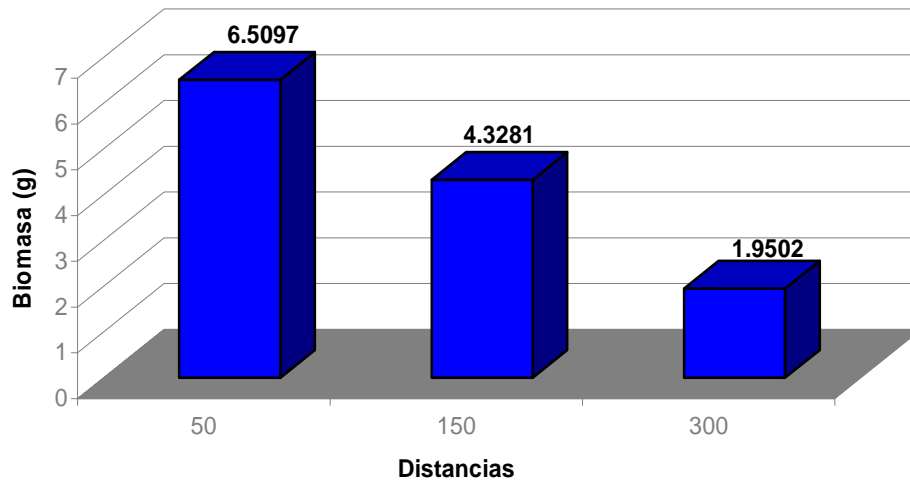


Figura 51. Valores de biomasa por distancia en la época de lluvias

A 50 m de la línea de costa, el transecto 5 presentó la mayor biomasa con 2.71 g, y la menor biomasa se presentó en el transecto 2 con 0.02 g. A 150 m de la línea de costa el transecto 5 presentó la mayor biomasa con 1.21 g, y la menor biomasa se presentó en el transecto 16 con 0.01 g. A 300 m de la línea de costa el transecto 2 presentó la mayor biomasa con 0.43 g, y la menor biomasa se presentó en el transecto 11 con 0.1 g (Figura 52).

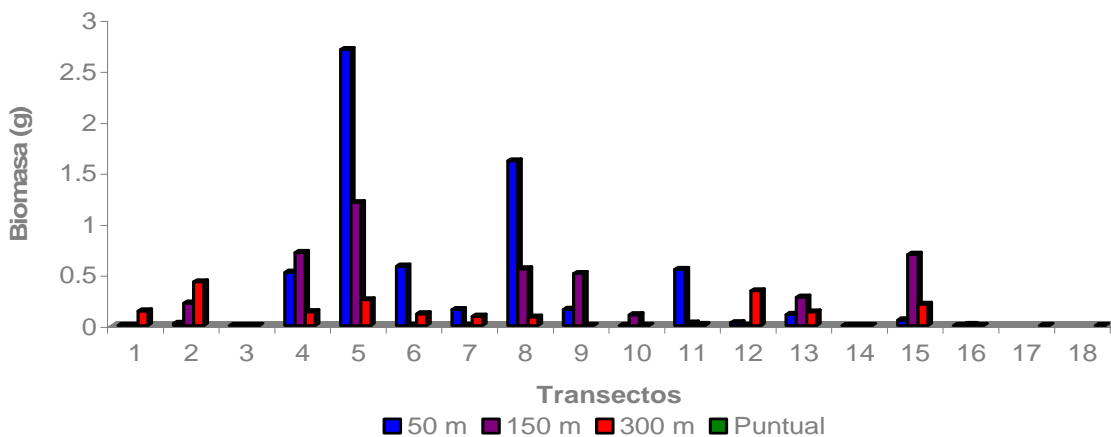


Figura 52. Valores de biomasa por distancia para cada transecto en la época de lluvias

3.4.4. Relación de las variables biológicas con los parámetros fisicoquímicos

La abundancia de los organismos encontrados, no presentó ninguna asociación significativa con alguna de las variables ambientales (Tabla 7).

Tabla 7. Coeficientes de correlación de las variables ambientales con la abundancia total en la época de lluvias.

Parámetros	Abundancia
Materia orgánica (%)	0.03
Tamaño de grano (mm)	-0.13
Temperatura (°C)	0.03
Oxígeno Disuelto (mg/l)	0.01
Salinidad (ppm)	0.25
Sólidos disueltos (g/l)	0.25
Conductividad (mS)	0.24
pH	0.16

La abundancia de ninguna de las tres especies presentó una asociación significativa con alguna de las variables ambientales (Tabla 8).

Tabla 8. Coeficientes de correlación de las variables ambientales con la abundancia de cada especie, en la época de lluvias

Parámetros	ABUNDANCIA		
	<i>Cumingia tellinoidea</i>	<i>Brachiodontes modiolus</i>	<i>Ischadium recurvum</i>
Materia orgánica (%)	0.05	-0.06	-0.08
Tamaño de grano (mm)	-0.12	-0.04	-0.16
Temperatura (°C)	0.02	0.06	-0.02
Oxígeno Disuelto (mg/l)	-0.04	0.19	0.1
Salinidad (ppm)	0.22	0.14	0.03
Sólidos disueltos (g/l)	0.22	0.14	0.04
Conductividad (mS)	0.21	0.14	0.02
pH	0.14	0.09	0.08

La biomasa de los organismos encontrados no presentó una asociación significativa con ninguna de las variables ambientales (Tabla 9).

Tabla 9. Coeficientes de correlación de las variables ambientales con la biomasa total en la época de lluvias

Parámetros	Biomasa
Materia orgánica (%)	0.12
Tamaño de grano (mm)	-0.08
Temperatura (°C)	-0.05
Oxígeno Disuelto (mg/l)	-0.03
Salinidad (ppm)	0.26
Sólidos disueltos (g/l)	0.26
Conductividad (mS)	0.24
pH	0.18

La biomasa de ninguna de las tres especies presentó una asociación significativa con alguna de las variables ambientales (Tabla 10).

Tabla 10. Coeficientes de correlación de las variables ambientales con la biomasa de cada especie en la época de lluvias

Parámetros	BIOMASA		
	<i>Cumingia tellinoidea</i>	<i>Brachiodontes modiolus</i>	<i>Ischadium recurvum</i>
Materia orgánica (%)	0.13	0.0039	-0.08
Tamaño de grano (mm)	-0.05	-0.16	-0.16
Temperatura (°C)	-0.06	0.05	-0.02
Oxígeno Disuelto (mg/l)	-0.04	0.03	0.1
Salinidad (ppm)	0.24	0.13	0.03
Sólidos disueltos (g/l)	0.24	0.13	0.04
Conductividad (mS)	0.22	0.13	0.02
pH	0.16	0.08	0.08

En la matriz de dispersión se puede observar que la abundancia (Figura 53) y la biomasa (Figura 54), no presentaron una relación significativa con ninguna de las variables ambientales, ya que los puntos presentaron dispersión. Las variables salinidad, conductividad y sólidos disueltos presentaron una relación muy fuerte entre ellas ya que los puntos formaron una línea recta.

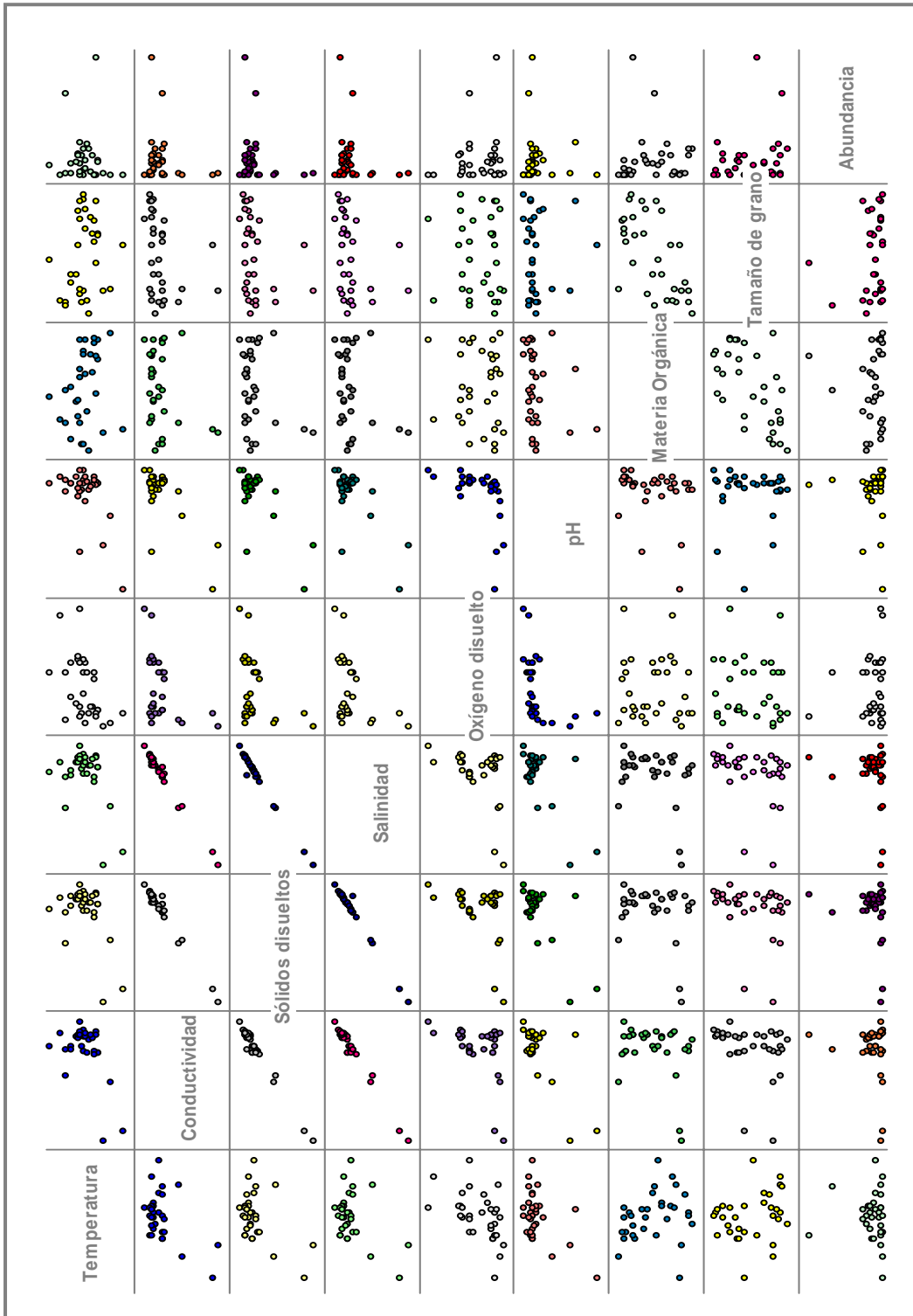


Figura 53. Matriz de diagramas de dispersión de las variables ambientales y la abundancia, en la época de lluvias

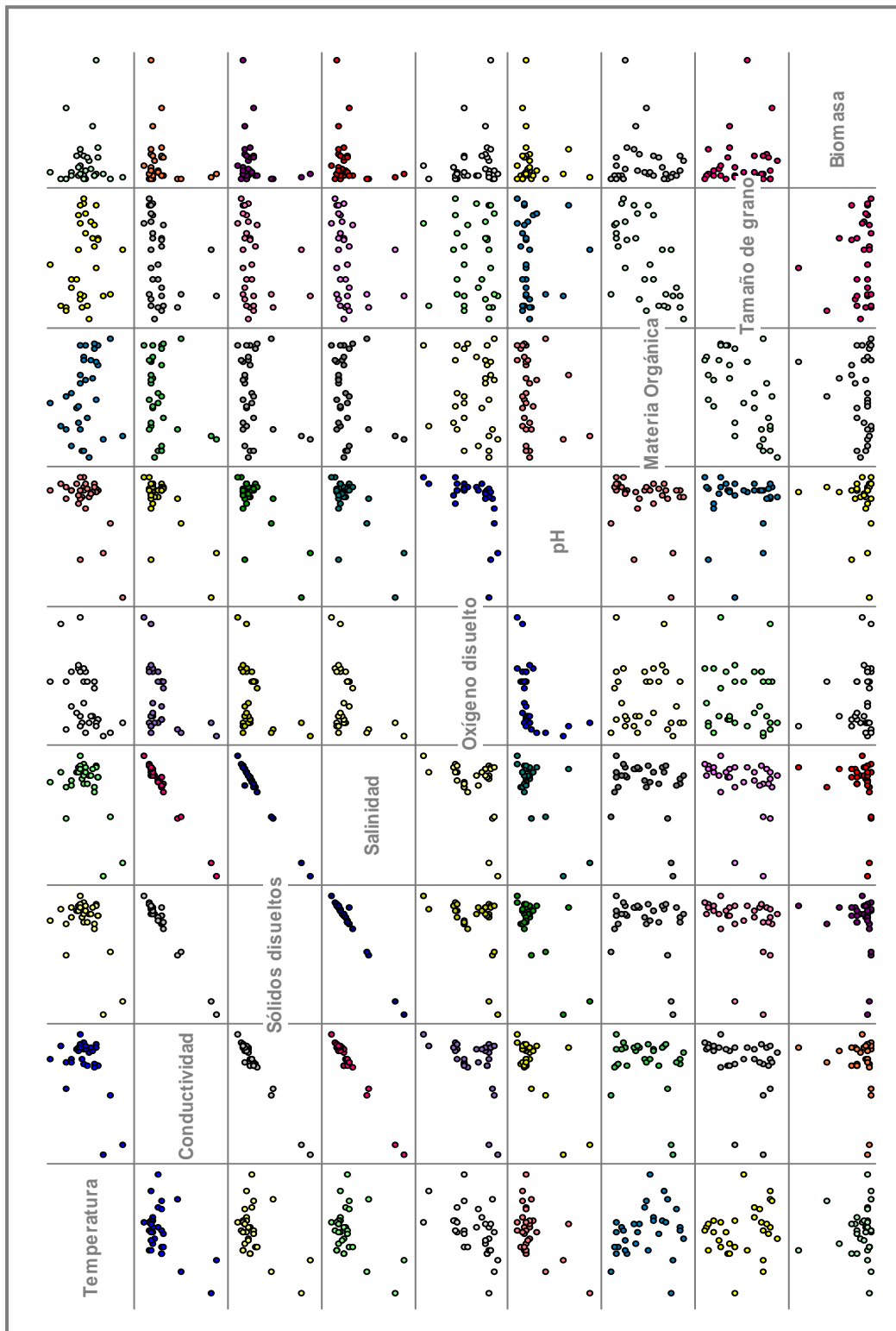


Figura 54. Matriz de diagramas de dispersión de las variables ambientales y la biomasa, en la época de lluvias

3.4.5 Análisis de componentes principales

El análisis de componentes principales se utilizó con la finalidad de encontrar diferencias y afinidades entre los parámetros fisicoquímicos de la columna de agua y el porcentaje de materia orgánica y el tamaño de grano del sedimento (Figura 55).

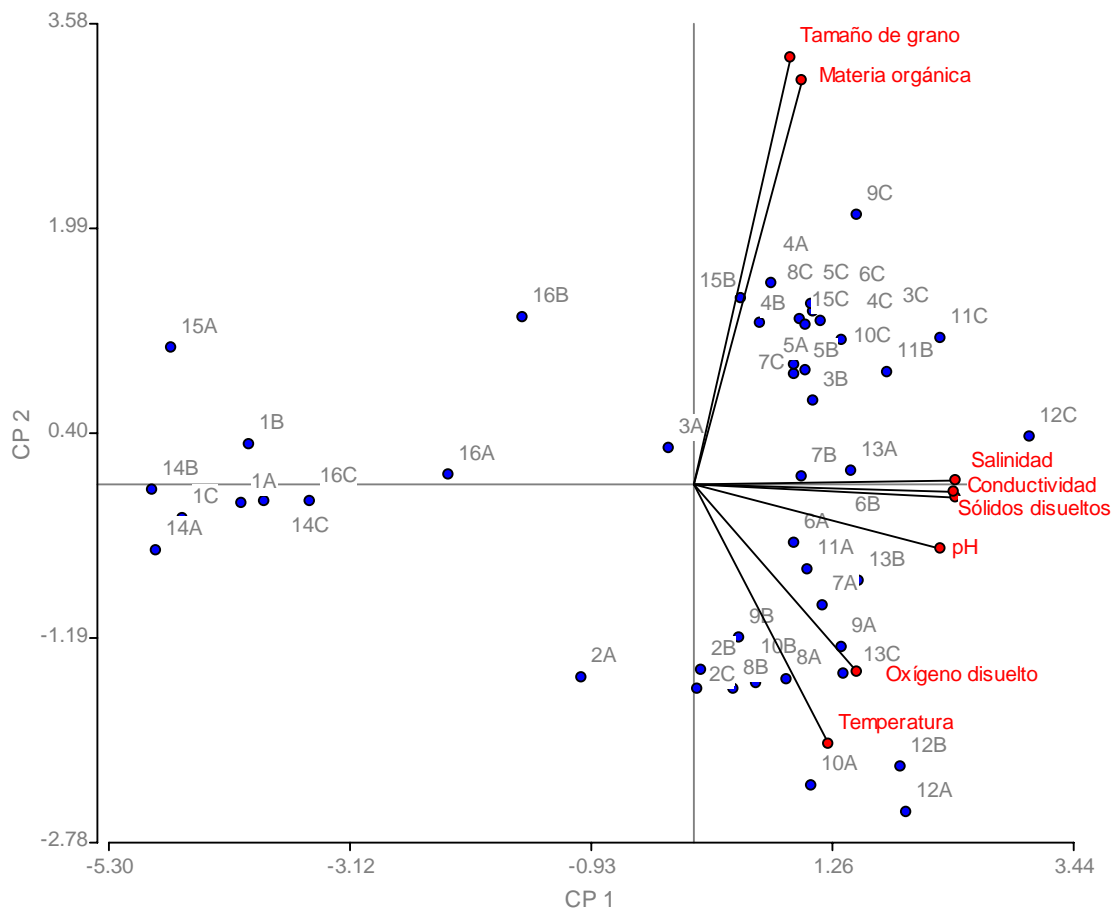


Figura 55. Diagrama de ordenación en dos dimensiones del análisis de componentes principales.

Los parámetros salinidad, conductividad, sólidos disueltos y pH, se encuentran fuertemente relacionadas. La materia orgánica y el tamaño de grano también se encuentran fuertemente relacionadas entre ellas. La temperatura y el oxígeno disuelto también presentan una relación, pero no tan estrecha como las de las demás variables.

La cantidad de varianza que es explicada por el primer y segundo componentes es del 76%. El primer componentes es el que explica la mayor cantidad de varianza (57%); el segundo componente, contribuye explicando el 18% de la varianza total.

Los parámetros que se encuentran más relacionados con el primer componente son la conductividad (0.46), la salinidad (0.45), y los sólidos disueltos (0.45). En el segundo componente los parámetros que se relacionan en una mayor magnitud, son el porcentaje de materia orgánica (0.60), y el tamaño de grano (0.63). La temperatura también se relaciona con el segundo componente pero de una manera negativa (- 0.39) (Tabla 11).

El análisis de componentes principales, identificó que las estaciones: 3A, 3B, 3C, 4A, 4B, 4C, 5A, 5B, 5C, 6C, 7C, 8C, 9C, 10C, 11B, 11C, 15B y 15C están relacionadas con las variables materia orgánica y tamaño de grano del sedimento; las estaciones 6B, 7B, 12C y 13A, están relacionadas con la salinidad, conductividad, y la concentración de sólidos disueltos; las estaciones 6A y 13B, están relacionadas con el pH; las estaciones 7A, 9A, 11A y 13C, se encuentran relacionadas con la concentración de oxígeno disuelto; las estaciones 2B, 2C, 8A, 8B, 9B, 10A, 10B, 12A y 12B, se encuentran relacionadas con la temperatura. Las estaciones 1A, 1B, 1C, 2A, 14A, 14B, 14C, 15A, 16A, 16B y 16C, no se relacionaron con ninguna de las variables ambientales.

Tabla 11. Porcentaje de variación explicado por los dos primeros componentes y los coeficientes de correlación de las variables ambientales en la época de lluvias

	CP 1	CP 2
% Varianza explicado	57%	18%
Variable		
Temperatura	0.23	- 0.39
Conductividad	0.46	- 0.02
Sólidos disueltos	0.45	- 0.01
Salinidad	0.45	0.01
Oxígeno disuelto	0.28	- 0.28
pH	0.43	- 0.09
Materia orgánica	0.19	0.60
Tamaño de grano Φ	0.17	0.63

3.4.6 Análisis de similitud de las estaciones

El dendrograma obtenido del análisis de agrupación con los datos de abundancia numérica (Figura 56) analizados con el índice de similitud de Bray-Curtis por estaciones, determinó con aproximadamente un 95 % de similitud, 11 grupos de estaciones: **I)** 12A, 15A, 16B, 7C, 11C; **II)** 12C, 4C, 8C; **III)** 6C, 11B; **IV)** 5C, 13C; **V)** 10B, 1C, 2A; **VI)** 4A, 15C; **VII)** 6A, 7A; y **VIII)** 4B, 11A; **IX)** 2B, 13B; **1X)** 2C, 8B; **XI)** 9B, 15B. Las estaciones 9A, 5B y 13A no se agruparon dentro de ningún grupo, pero presentaron un 95 % de similitud con las agrupaciones formadas.

Con un 60% de similitud, se formaron 3 agrupaciones: **I)** 12A, 15A, 16B, 7C, 11C, 12C, 4C, 8C, 6C, 11B, 5C, 13C, 10B, 1C; **II)** 5A, 8A; **III)** 4A, 15C, 9A, 6A, 7A.

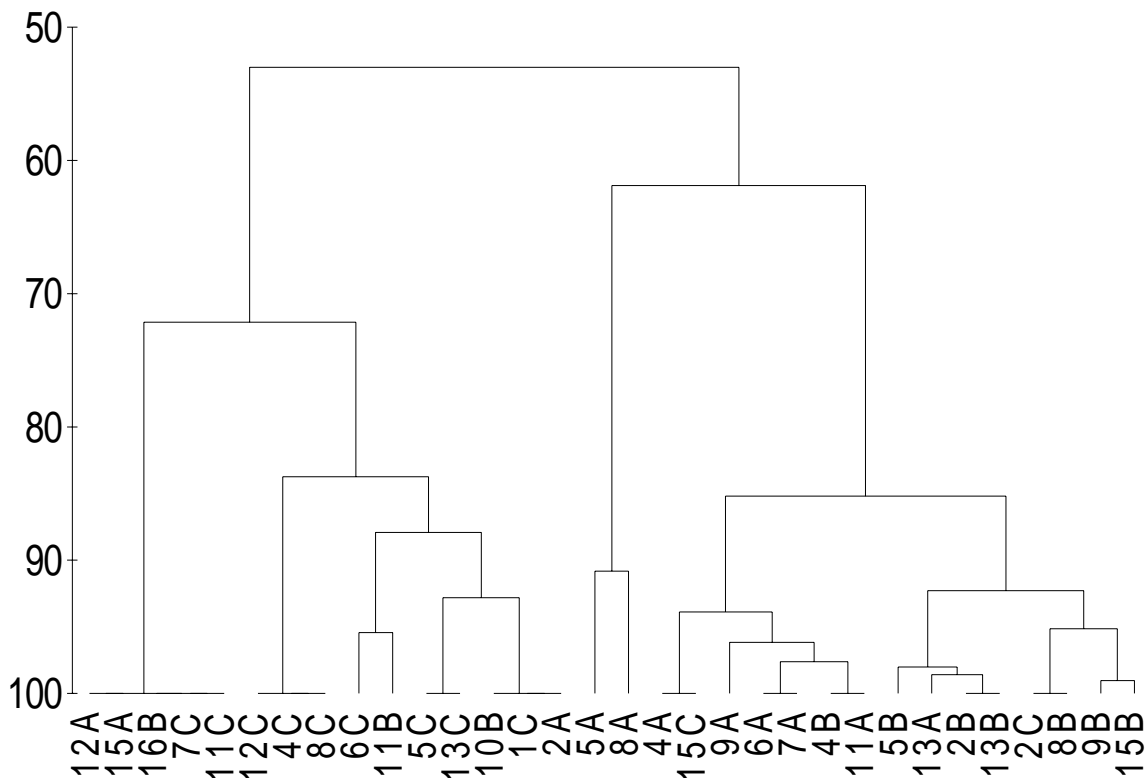


Figura 56. Dendrograma del análisis de agrupación con los datos de abundancia en la época de lluvias

Biomasa

El dendrograma obtenido del análisis de agrupación con los datos de biomasa numérica (Figura 57) analizados con el índice de similitud de Bray-Curtis por estaciones, determinó con aproximadamente un 90 % de similitud, 13 grupos de estaciones: **I)** 11C, 16B; **II)** 2A, 11B; **III)** 2B, 15C; **IV)** 5C, 13B; **V)** 7A, 9A; **VI)** 1C, 4C, 13C; **VII)** 6C, 10B 13A; y **VIII)** 7C, 8C; **IX)** 2C, 12C; **X)** 4B, 15B; **XI)** 4B, 9B; **XII)** 6A, 8B, 11A; **XIII)** 5B, 8A. Las estaciones 15A, 12A y 5A presentaron la misma similitud pero no fueron incluidas dentro de alguno de los grupos formados.

Con un 70 % de similitud, se formaron 4 agrupaciones: **I)** 11C y 16B; **II)** 15A, 12A, 2A, 11B; **III)** 2B, 15C, 5C, 13B, 7A, 9A, 1C, 4C, 13C, 7C, 8C; **IV)** 2C, 12C, 4B, 15B, 4A, 9B, 6A, 8B, 11A, 5A, 5B, 8A.

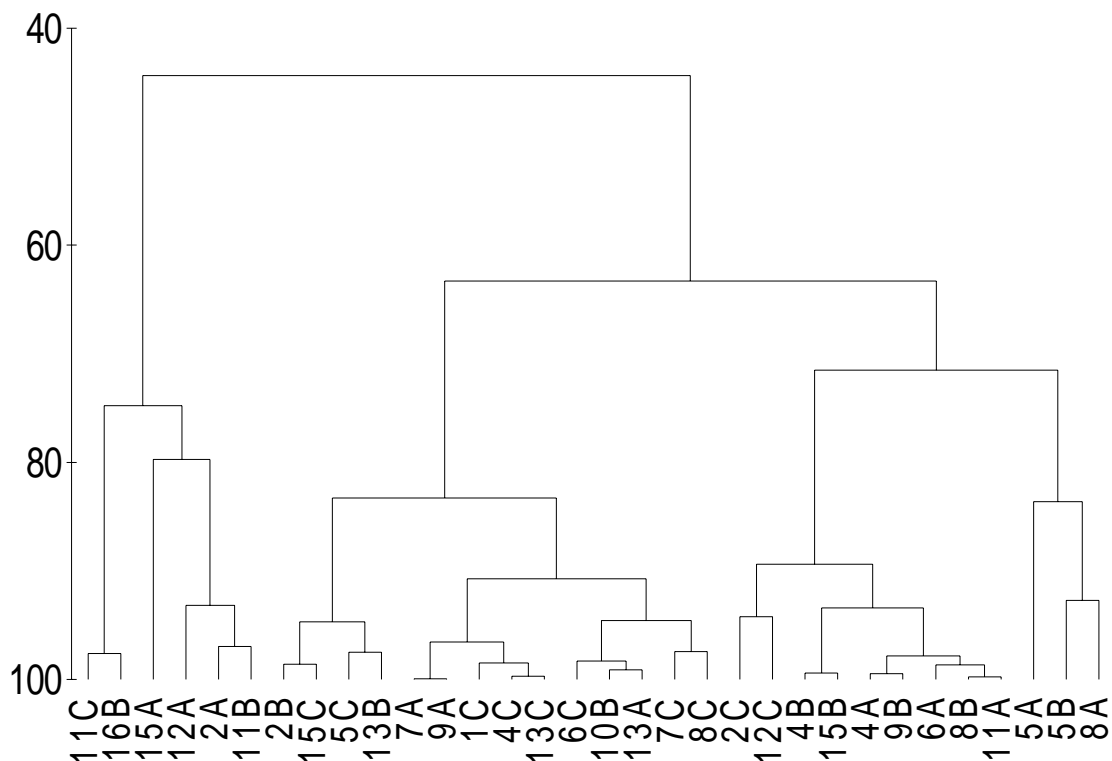


Figura 57. Dendrograma del análisis de agrupación con los datos de biomasa en la época de lluvias

Materia orgánica

El dendrograma obtenido del análisis de agrupación con los datos de porcentaje de materia orgánica del sedimento (Figura 58), analizados con el índice de similitud de Bray-Curtis por estaciones, determinó con aproximadamente un 97 % de similitud, 10 grupos de estaciones: **I)** 2B, 8B; **II)** 1C, 15A; **III)** 2A, 13C; **IV)** 12A, 13B; **V)** 4B, 6C, 5A, 5C, 11C; **VI)** 7C, 8C, 12C, 4A, 11B; **VII)** 6A, 5B 15C; y **VIII)** 11A, 13A; **IX)** 7A, 8A; **X)** 4C, 9A. Las estaciones 2C, 9B, 16B y 15B presentaron la misma similitud pero no fueron incluidas dentro de alguno de los grupos formados.

Con un 93 % de similitud se formaron 3 grupos: **I)** 2C, 10B, 2B, 8B, 1C, 15A, 9B, 2A, 13C, 12A, 13B; **II)** 4B, 6C, 5A, 5C, 11C, 16B, 7C, 8C, 12C, 4A, 11B; **III)** 15B, 6A, 5B, 15C, 11A, 13A, 7A, 8A, 4C, 9A.

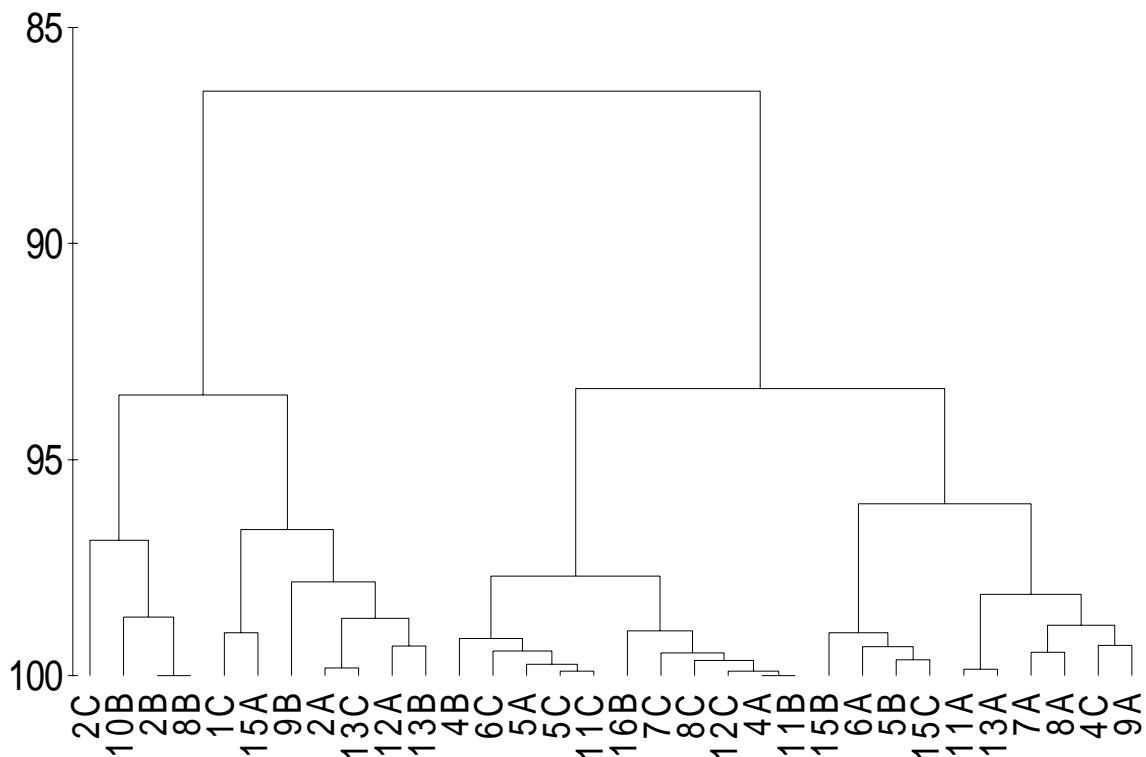


Figura 58. Dendrograma del análisis de agrupación con los datos de porcentaje de materia orgánica en el sedimento en la época de lluvias

Tamaño de grano

El dendrograma obtenido del análisis de agrupación (Figura 59) con los datos de tamaño de grano del sedimento, analizados con el índice de similitud de Bray-Curtis por estaciones, determinó con aproximadamente un 95 % de similitud, 9 grupos de estaciones: **I)** 6C, 4C, 15B; **II)** 13A, 15C; **III)** 5C, 7B; **IV)** 13B, 15A; **V)** 4A, 4B; **VI)** 5A, 16C; **VII)** 1C, 13B, 16B; **VIII)** 10B, 6B, 12B; **IX)** 12A, 2B, 10A. Las estaciones 11C, 1B y 2C, presentaron la misma similitud pero no fueron incluidos dentro de alguno de los grupos formados.

Con un 90% de similitud, se formaron 3 grupos de estaciones: **I)** 11C, 6C, 4C, 15B, 13A, 15C, 5C, 7B, 7C, 13B, 15A, 3C, 4A, 4B; **II)** 16A, 5A, 16C, 6A, 1C, 13C, 16B, 1B, 10B, 6B, 12B; **III)** 2C, 12A, 2B, 10A.

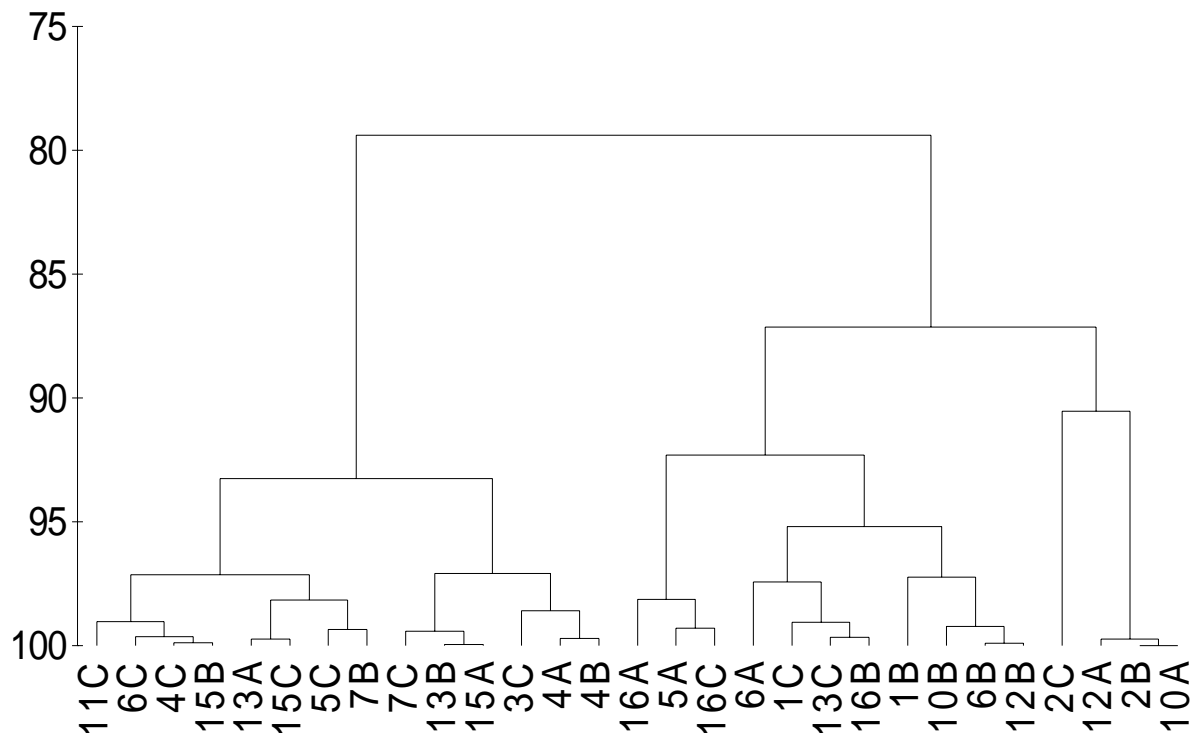


Figura 59. Dendrograma del análisis de agrupación con los datos de tamaño de grano del sedimento en la época de lluvias

3.4.7 Relación entre la materia orgánica y la composición faunística

Mediante el análisis de regresión, se pueden identificar como los cambios en el porcentaje de materia orgánica, afectan la abundancia de organismos en las estaciones de muestreo (Figuras 60 y 61).

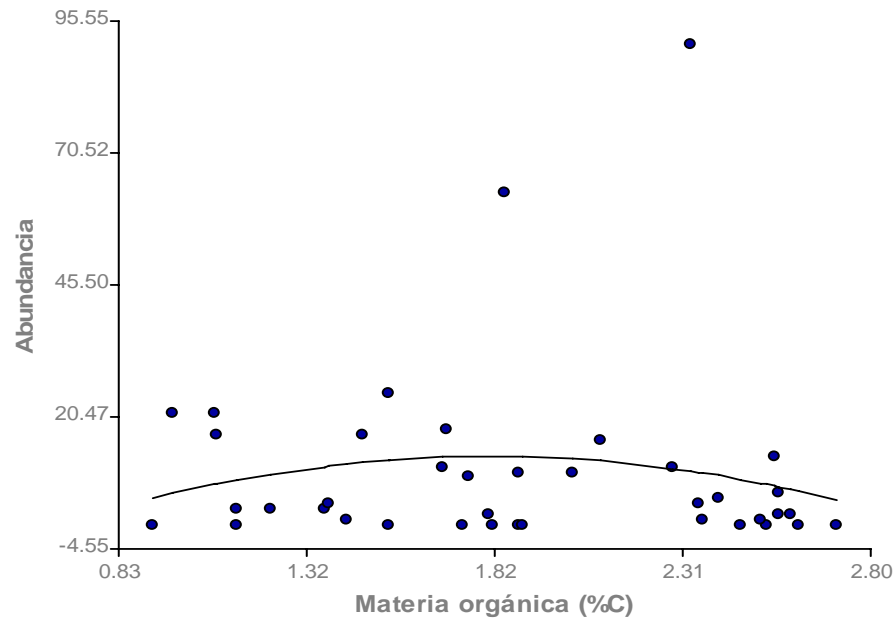


Figura 60. Gráfico del análisis de regresión entre el porcentaje de materia orgánica y la abundancia de los organismos en la época de lluvias

El coeficiente de determinación que se obtuvo mediante el análisis de regresión fue de 0.03, esto indica que la relación entre el porcentaje de materia orgánica y la abundancia de organismos es muy baja. El porcentaje de materia orgánica no determina los cambios en la abundancia de los organismos.

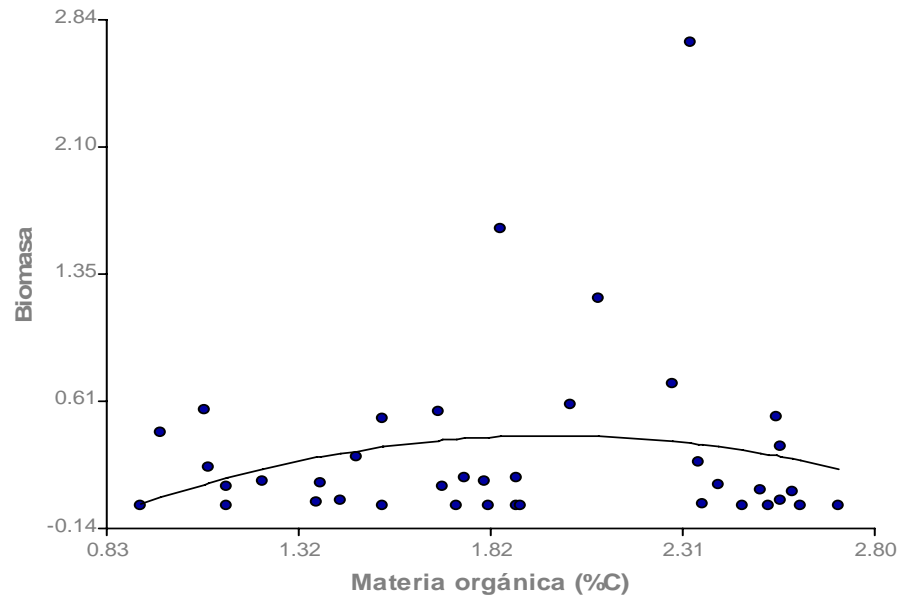


Figura 61. Gráfico del análisis de regresión entre el porcentaje de materia orgánica y la biomasa de los organismos en la época de lluvias

El coeficiente de determinación fue de 0.04, lo cual indica que la relación entre el porcentaje de materia orgánica y la biomasa de los organismos no es significativa.

3.4.8 Curvas abundancia-biomasa (ABC)

Al realizar el análisis de las curvas ABC, se determinó que las estaciones 10B, 11A y 13B, son sitios no contaminados (Figuras 62 a, b, c); la curva de la biomasa se encuentra por arriba de la curva de la abundancia.

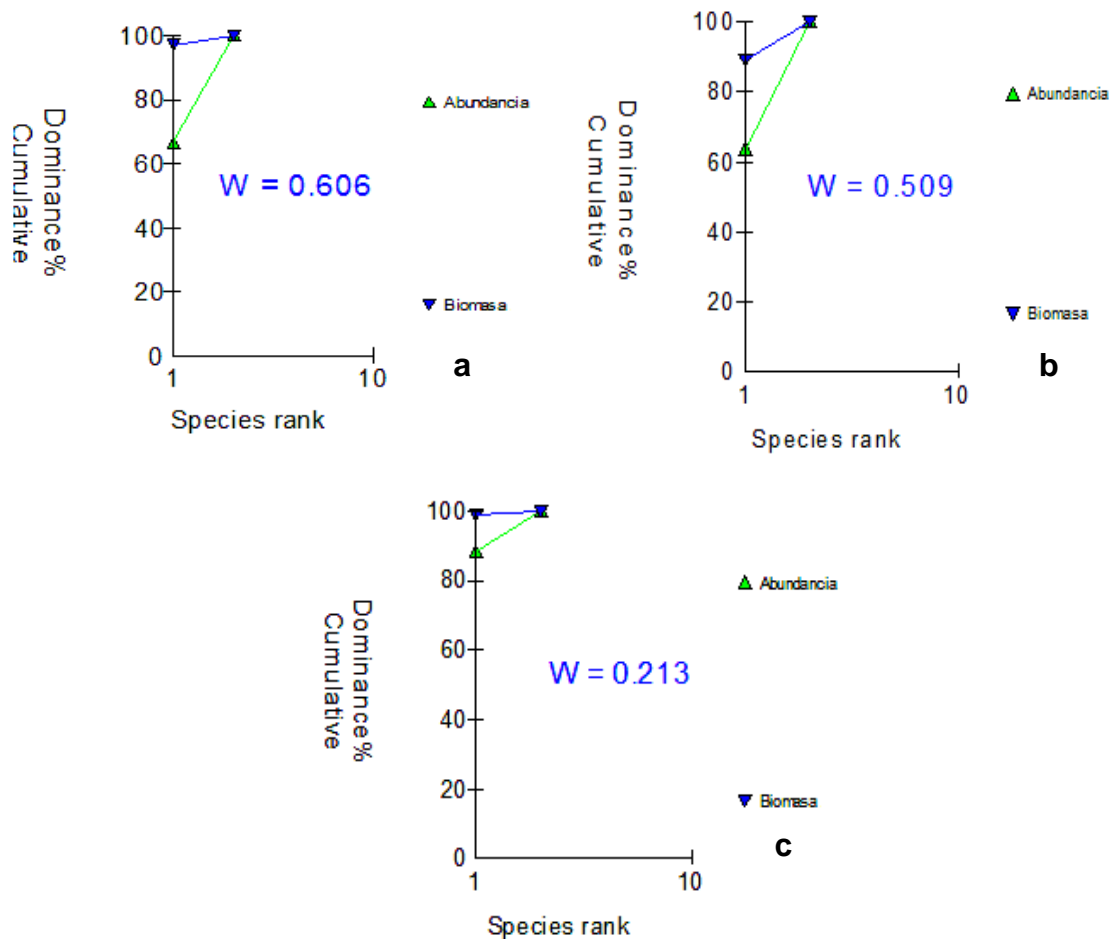


Figura 62. Curvas ABC de las estaciones no contaminadas, en la época de lluvias

Las estaciones 9B y 11B, se clasificaron como sitios altamente contaminados (Figuras 63 a, b); la curva de la abundancia, se encuentra por encima de la curva de la biomasa.

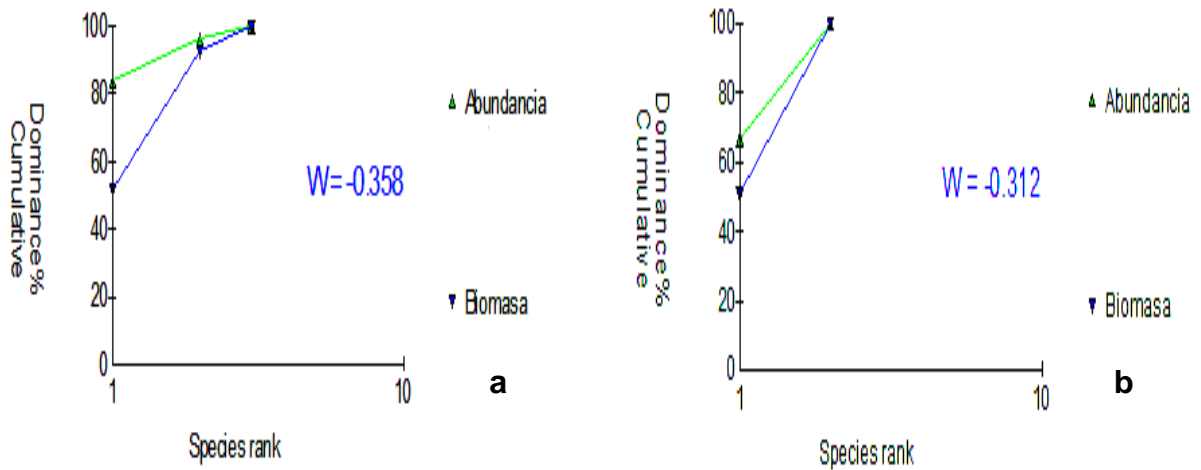


Figura 63. Curvas ABC de las estaciones altamente contaminadas, en la época de llluvias

Se realizó un análisis general con todas las estaciones de la zona de estudio, utilizando las curvas ABC, se determinó que es un ambiente que se encuentra moderadamente contaminado (Figura 64); la curva de la abundancia, se intersecta con la curva de la biomasa.

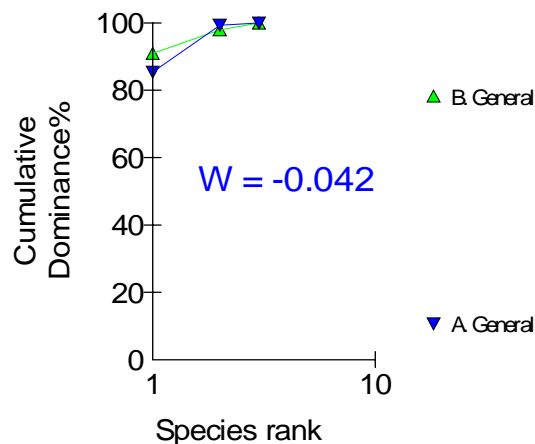


Figura 64. Curva ABC del análisis general de la zona de estudio en la época de llluvias

3.5 Época de nortes (25 al 27 de febrero de 2006)

3.5.1 Condiciones ambientales de la columna del agua y del sedimento

En el anexo 4 se muestran los valores de los parámetros ambientales para cada uno de los transectos en cada una de sus distancias para este muestreo.

Materia Orgánica

El promedio de materia orgánica a 50 m de la línea de costa fue de 1.77 %C con una desviación estándar de 0.53. En la estación 16A, se presentó el porcentaje más alto de materia orgánica (2.99 %C); en la estación 14A se presentó el porcentaje más bajo de materia orgánica (0.87 %C). El promedio de materia orgánica a 150 m de la línea de costa fue de 1.88 %C con una desviación estándar de 0.56. En la estación 3B se presentó el porcentaje más alto (2.97 %C); en la estación 10B se registró el porcentaje más bajo (0.9 %C). El promedio de materia orgánica a 300 m de la línea de costa fue de 2.03 %C con una desviación estándar de 0.55. En la estación 3C se presentó el porcentaje más alto (3 %C); en la estación 14C se presentó el porcentaje más bajo (1 %C)(Figura 65).

En las estaciones 17 y 18 se presentaron porcentajes altos de materia orgánica 2.78 y 1.87 %C respectivamente.

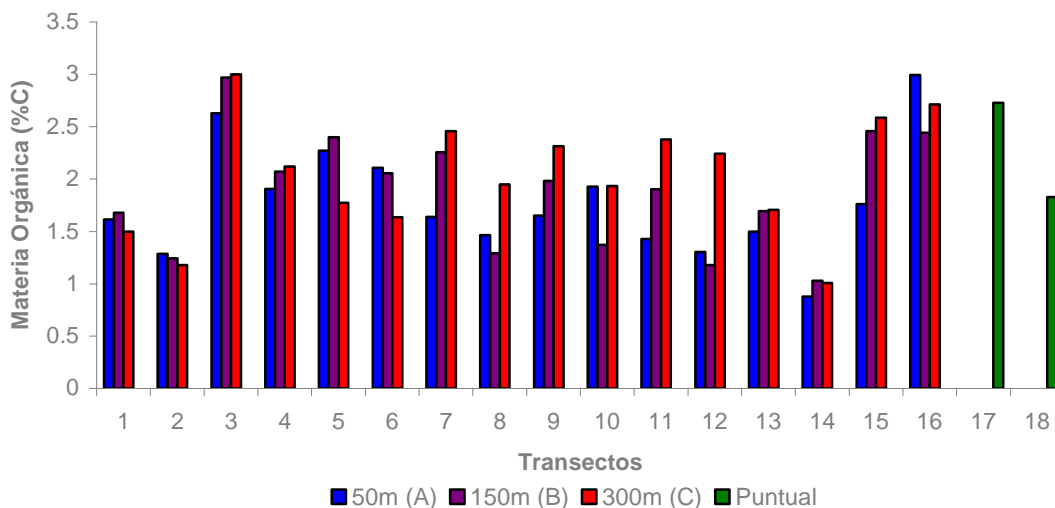


Figura 65. Porcentaje de materia orgánica por distancia de los transectos en la época de nortes

Temperatura.

El promedio de temperatura a 50 m de la línea de costa fue de 30.55°C con una desviación estándar de 0.76. En la estación 9A, se presentó el valor más alto (31.79°C); en la estación 15A se presentó el valor más bajo (29.02°C). El promedio de temperatura a 150 m de la línea de costa fue de 30.4°C con una desviación estándar de 0.46. En la estación 3B, se presentó el valor más alto (31.3°C); en la estación 16B se presentó el valor más bajo (29.52°C). El promedio de temperatura a 300 m de la línea de costa fue de 30.42 con una desviación estándar de 0.44. En la estación 16C se presentó el valor más alto (31.4°C); en la estación 16C el valor más bajo (29.8°C) (Figura 66).

En las estaciones 17 y 18 se presentaron valores de temperatura de 30.6°C y 30.24°C respectivamente.

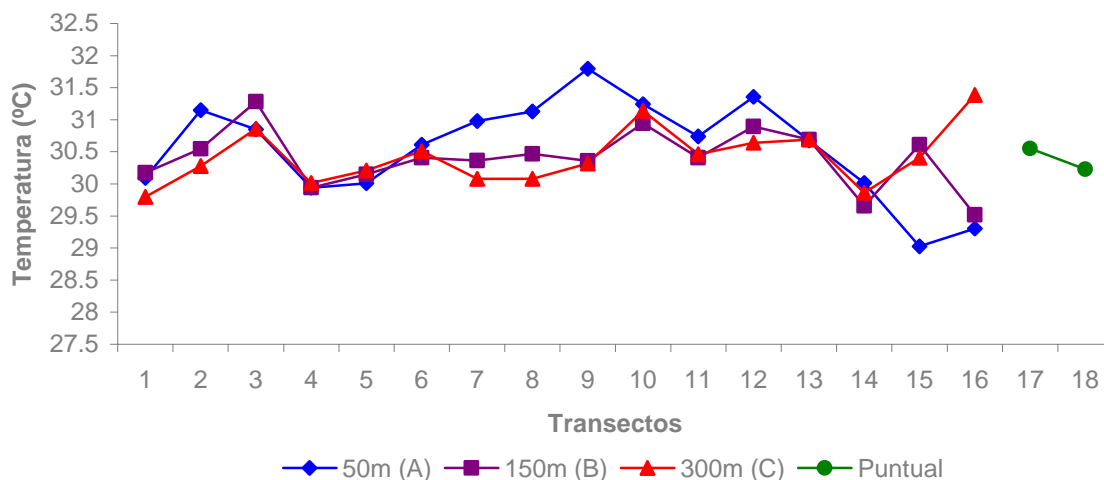


Figura 66. Valores de temperatura por distancia de cada transecto en la época de nortes

Salinidad.

En las tres épocas climáticas la salinidad presentó el mismo comportamiento; dos marcados gradientes (cercano y lejano a la bocana del río Hondo). Los valores más bajos de salinidad se presentaron en los transectos 1, 2 y 14, y los valores más altos en las estaciones 12 y 13.

El promedio de salinidad a 50 m de la línea de costa fue de 12.67 ppm con una desviación estándar de 5.72. En la estación 5A, se presentó el valor más alto (17.52 ppm); en la estación 14A se presentó el valor más bajo (1.24 ppm). El promedio de salinidad a 150 m de la línea de costa fue de 14.01 ppm con una desviación estándar de 5.22. En la estación 6B, se presentó el valor más alto (17.73 ppm); en la estación 1B se presentó el valor más bajo (1.99 ppm). El promedio de salinidad a 300 m de la línea de costa fue de 13.87 ppm con una desviación estándar de 5.74. En la estación 12C se presentó el valor más alto (19.2 ppm); en la estación 1C; el valor más bajo (1.05 ppm) (Figura 67).

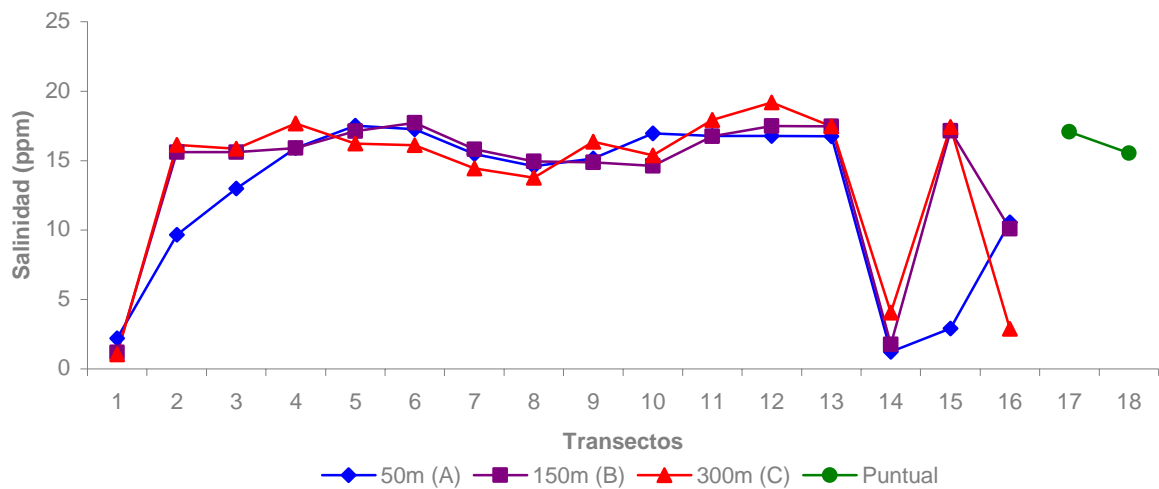


Figura 67. Valores de salinidad por distancias para cada transecto en la época de nortes

Conductividad

El promedio de conductividad a 50 m de la línea de costa fue de 21.24 mS/cm con una desviación estándar de 9.34. En la estación 10A se presentó el valor más alto (31.05 mS/cm); en la estación 14A, se presentó el valor más bajo (2.44 mS/cm). El promedio de conductividad a 150m de la línea de costa fue de 23.27 mS/cm con una desviación estándar de 8.43. En la estación 6B se presentó el valor más alto (28.92 mS/cm); en la estación 1B, se presentó el valor más bajo (2.32 mS/cm). El promedio de conductividad a 300 m de la línea de costa fue de 23.02 mS/cm con una desviación estándar de 9.24. En la estación 12C se presentó el valor más alto (31.08 mS/cm); en la estación 1C se presentó el valor más bajo (2.07 mS/cm) (Figura 68).

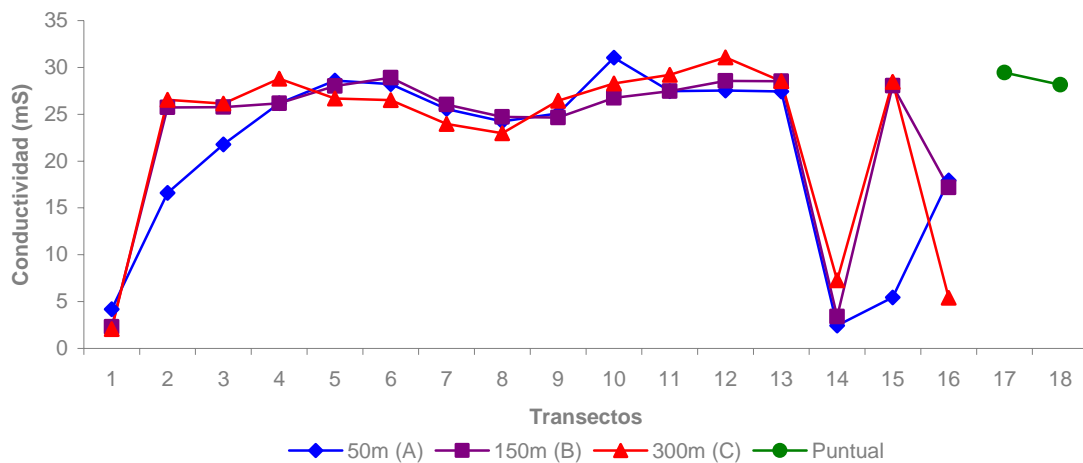


Figura 68. Valores de conductividad por distancia para cada transecto en la época de nortes

Sólidos disueltos

A 50 m de la línea de costa, el valor promedio de sólidos disueltos fue de 13.66 g/l con una desviación estándar de 5.94. En la estación 5A se presentó el valor más alto (18.58 g/l); en la estación 14A, se presentó el valor más bajo (1.58 g/l). A 150 m de la línea de costa, el valor promedio de sólidos disueltos fue de 15.19 g/l con una desviación estándar de 5.51. En la estación 6B, se presentó el valor más alto (18.8 g/l); en la estación 1B, se presentó el valor más bajo (1.51 g/l). A 300m de distancia el valor promedio de sólidos disueltos fue de 14.74 g/l con una desviación estándar de 5.92. En la estación 12C se presentó el valor más alto (20.2 g/l); en la estación 1C, se presentó el valor más bajo (1.34 g/l) (Figura 69).

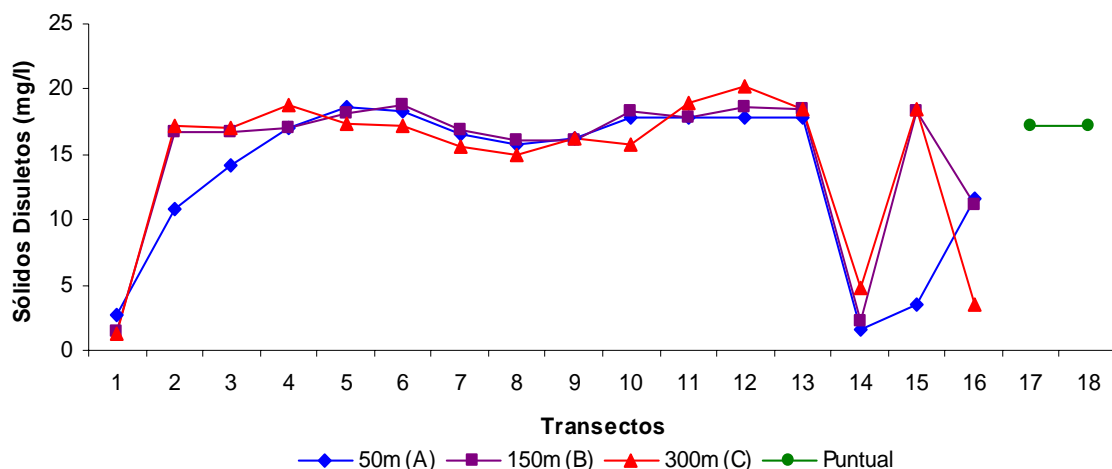


Figura 69. Valores de sólidos disueltos por distancia para cada transecto en la época de nortes

pH

A 50 m de la línea de costa, el valor promedio de pH fue de 7.86 con una desviación estándar de 0.53. En la estación 10A se presentó el valor más alto (8.31); en la estación 15A, se presentó el valor más bajo (6.61). A 150 m de la línea de costa, el valor promedio de pH fue de 7.93 con una desviación estándar de 0.46. En la estación 12B, se presentó el valor más alto (8.29); en la estación 14B, se presentó el valor más bajo (6.88). A 300 m de la línea de costa el valor promedio de pH fue de 7.95 con una desviación estándar de 0.49. En la estación 11C, se presentó el valor más alto (8.35); en la estación 16C, se presentó el valor más bajo de pH (6.65) (Figura 70).

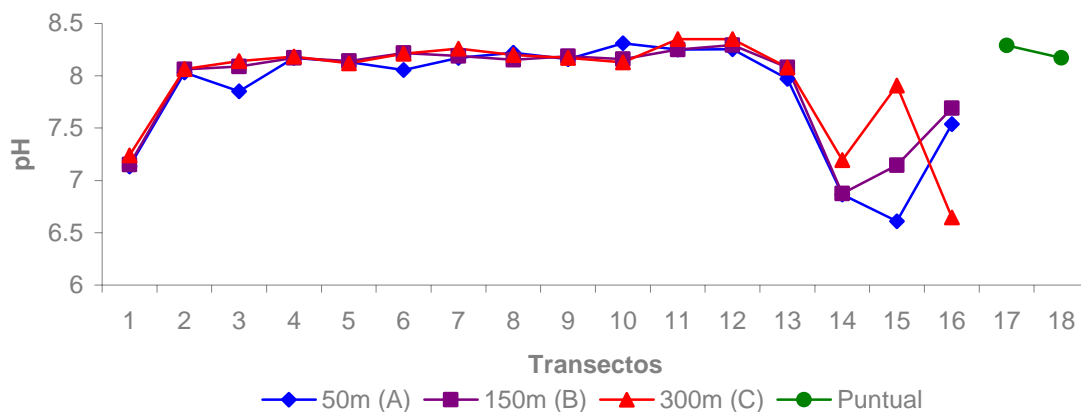


Figura 70. Valores de pH por distancia para cada transecto en la época de nortes

Oxígeno disuelto

El más variable de todos los parámetros fue la concentración de oxígeno disuelto. El promedio de oxígeno disuelto presente en la columna de agua fue de 2.35 mg/l con una desviación estándar de 0.96.

A 50 m de la línea de costa, el valor promedio de oxígeno disuelto fue de 2.23 mg/l con una desviación estándar de 1.05. En la estación 12A, se presentó el valor más alto (4.7 mg/l); en la estación 16A, se presentó el valor más bajo (0.3 mg/l). A 150 m de la línea de costa, el valor promedio de oxígeno disuelto fue de 2.51 mg/l con una desviación estándar de 0.9. En la estación 12B, se presentó el valor más alto (4.6 mg/l); en la estación 3B, se presentó el valor más bajo (1.5 mg/l). A 300 m de la línea de costa, el valor promedio de oxígeno disuelto fue de 2.43 mg/l con una desviación estándar de 0.98. En la estación 12C se presentó el valor más alto (4.9 mg/l); en la estación 3C, se presentó el valor más bajo (1.4 mg/l) (Figura 71).

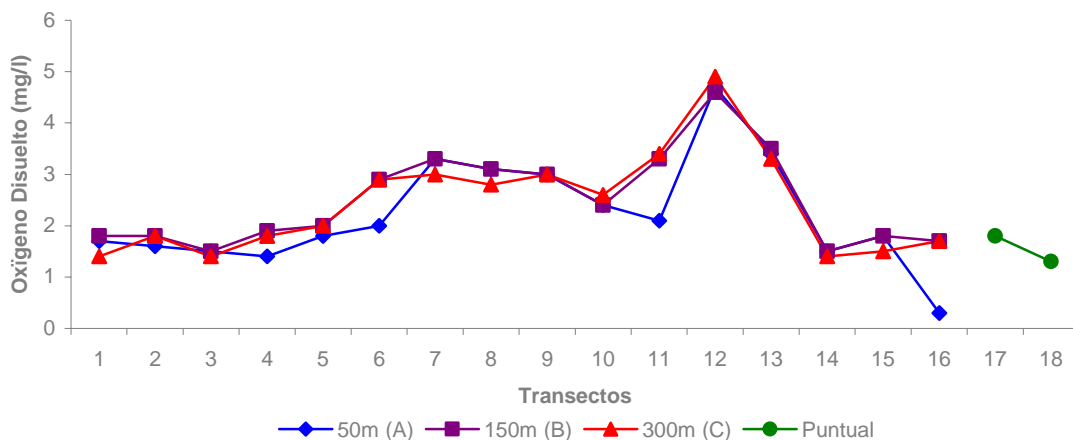


Figura 71. Concentración de Oxígeno disuelto por distancia para cada transecto en la época de nortes

3.5.2. Composición de la comunidad de bivalvos para la época de nortes

Durante el muestreo realizado del 25 al 27 de febrero de 2006, se recolectaron 390 bivalvos, de los cuales fueron identificados 2 familias: Semelidae y Mytilidae. Semelidae, fue la más abundante con 350 organismos y Mytilidae con 40 organismos (Figura 72).

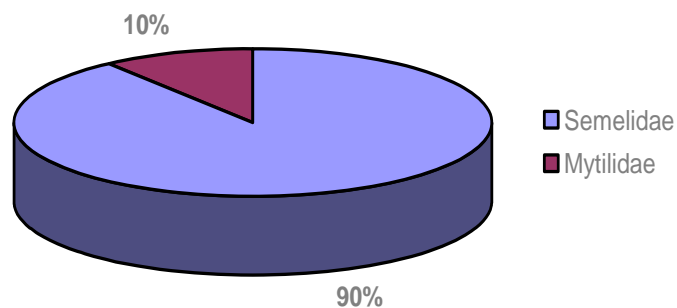


Figura 72. Porcentajes de abundancia por familia para la época de nortes

Análisis de la abundancia por distancia de la comunidad de bivalvos

Las estaciones que se encontraban a 50 m de la línea de costa, fueron las que presentaron la mayor abundancia con 165 organismos, siguiéndole la distancia 150

m con 143 organismos y por último la distancia 300 m con 82 organismos (Figura 73).

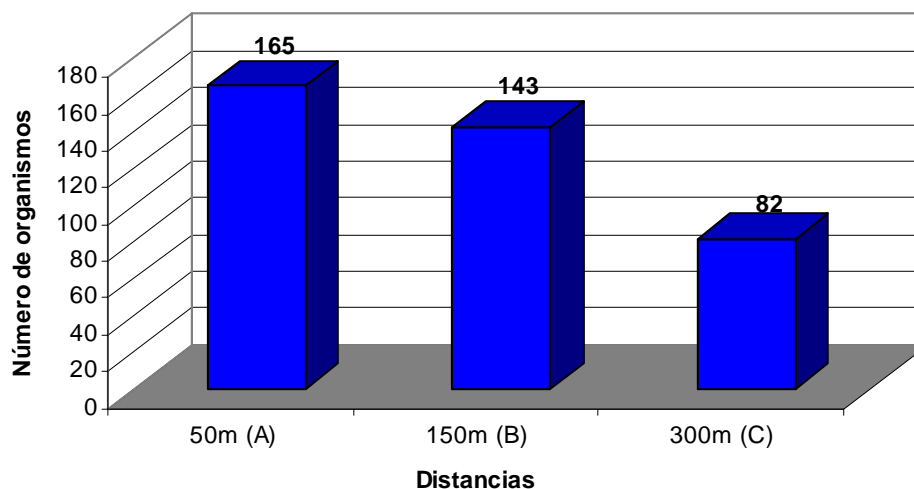


Figura 73. Abundancia total de organismos por distancia en la época de nortes

Los transectos 8, 9, 14 y las estaciones 17 y 18 no presentaron organismos.

El transecto 12 presentó la mayor abundancia con 99 organismos, el mayor número de organismos recolectados en este transecto, fue a 50 m de la línea de costa (97 organismos) (Figura 74).

Los transectos donde se presentó la menor abundancia fueron: 3 y 7 con solamente 3 organismos en cada uno.

Para los transectos 4, 12 y 16, a 50 m de la línea de costa se registró su mayor abundancia, mientras que los transectos 1, 2, y 15 presentaron su mayor abundancia a 150 m de la línea de costa. A 300 m de la línea de costa se presentó la mayor abundancia de los transectos: 3, 5, 7, 11 y 13. Los transectos 6 y 10 presentaron la misma abundancia a 50 y a 150 m de la línea de costa (Figura 74).

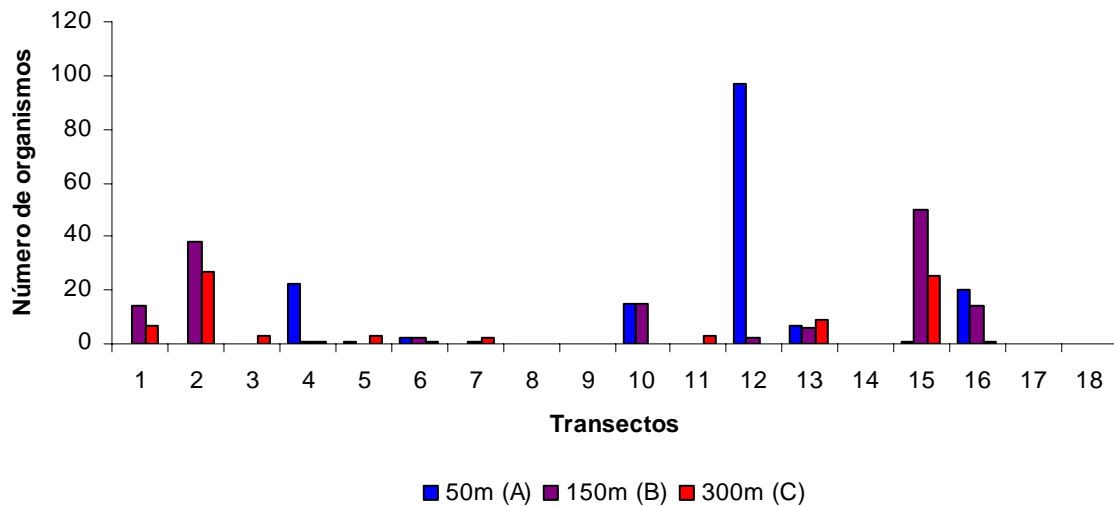


Figura 74. Abundancia de organismos por distancia para cada transecto en la época de nortes

Especies de bivalvos identificados en la época de nortes

Al igual que en los muestreos anteriores, se identificaron 3 especies en las dos familias: *Cumingia tellinoides*, pertenece a Semilidae y 2 especies Mytillidae: *Brachidontes modiolus* e *Ischadium recurvum* (Figura 75).

La especie mas abundante fue *Cumingia tellinoides*, con un total de 350 organismos; seguida de *Brachidontes modiolus* con 35 organismos e *Ischadium recurvum* con únicamente 5 organismos (Figura 75).

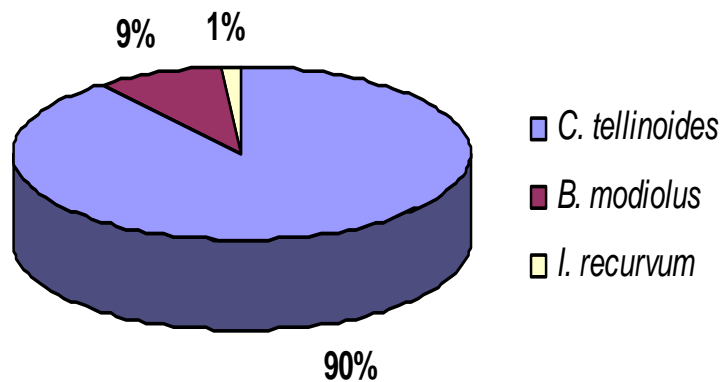


Figura 75. Porcentajes de la abundancia de bivalvos por especie en la época de nortes

3.5.3.- Descripción de la estructura de la comunidad

Distribución y análisis de las especies de bivalvos por distancia

A 50 m de la línea de costa, la especie *Cumingia tellinoides* presentó la mayor abundancia con 139 organismos. Su mayor abundancia, se presentó en el transecto 12 con 93 organismos. Las especies *Brachiodontes modiolus* e *Ischadium recurvum* solamente se presentaron en 2 transectos: el 4 y el 12 (Figura 76).

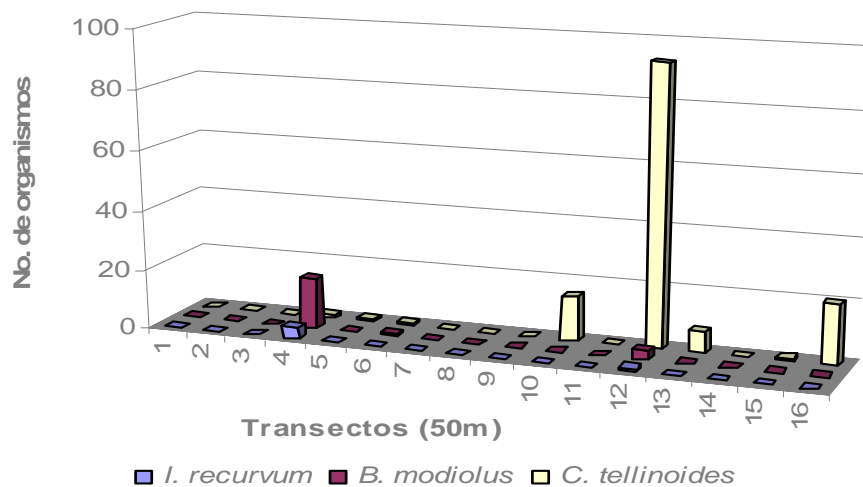


Figura 76. Abundancia de las especies identificadas en la temporada de nortes a 50m de la línea de costa

A 150 m de la línea de costa, la especie con mayor abundancia fue *Cumingia tellinoides* con 141 organismos. La mayor abundancia de esta especie se presentó en el transecto 15 con 50 organismos. Solamente se identificaron 2 organismos de la especie *Brachiodontes modiolus*, uno en el transecto 4 y otro en el 7. La especie *Ischadium recurvum* no se presentó en esta distancia (Figura 77).

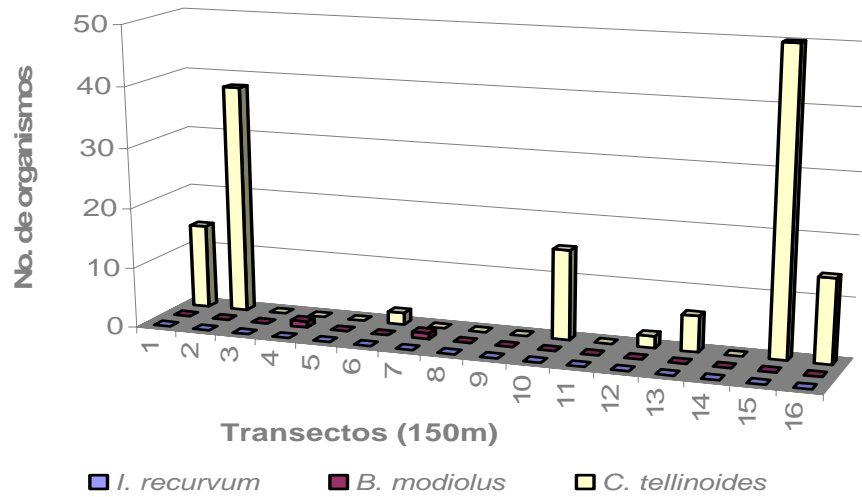


Figura 77. Abundancia de las especies identificadas en la temporada de nortes a 150m de la línea de costa

A 300 m de la línea de costa, la especie más abundante fue *Cumingia tellinoides* con 70 organismos. Su mayor abundancia se presentó en el transecto 2 con 27 organismos. La especie *Brachiodontes modiolus* presentó su mayor abundancia en el transecto 15 con 9 organismos. La especie *Ischadium recurvum* no se presentó en esta distancia (Figura 78).

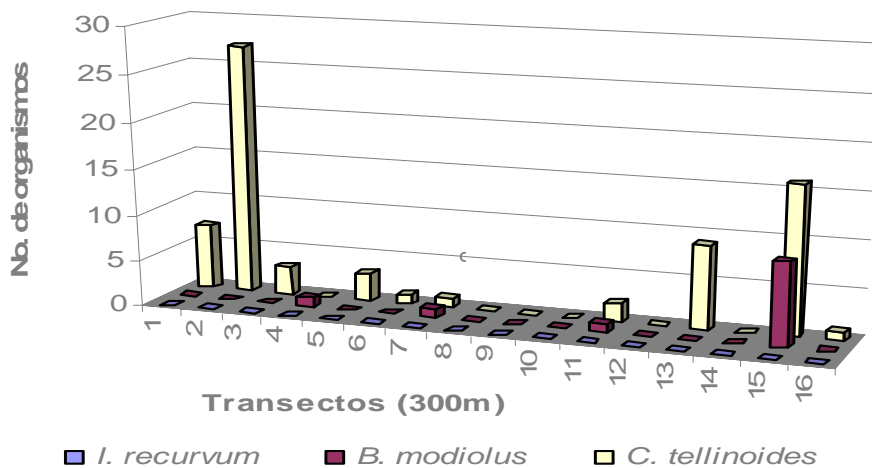


Figura 78. Abundancia de las especies identificadas en la temporada de nortes a 300m de la línea de costa

Como ha ocurrido en los 2 muestreos anteriores, la especie *Cumingia tellinoides* siguió siendo la especie predominante.

Biomasa de la comunidad de bivalvos por distancia

La mayor biomasa se presentó a 150 m de la línea de costa, con 7.02 g. En la distancia 300 m se presentó un valor de biomasa de 3.93 g. El valor más bajo de biomasa se presentó a la distancia 50 m con 2.57 g (Figura 79).

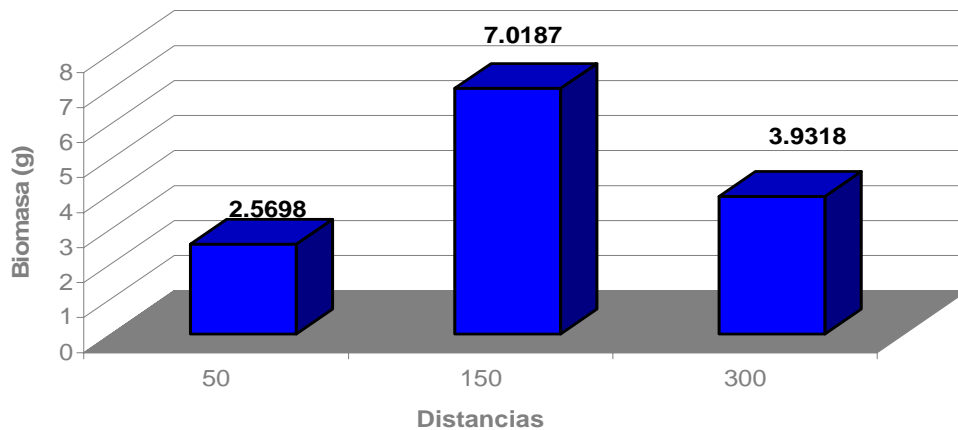


Figura 79. Valores de biomasa por distancia en la época de nortes

A 50 m de la línea de costa el transecto 4 fue el que presentó la mayor biomasa con 0.8 g, y la menor biomasa se presentó en el transecto 15 con 0.004 g. A 150 m de la línea de costa el transecto 15 fue el que presentó la mayor biomasa con 2.66 g, y la menor biomasa se presentó en el transecto 12 con 0.001 g. A 300 m de la línea de costa el transecto 2 fue el que presentó la mayor biomasa con 1.79 g, y la menor biomasa se presentó en el transecto 3 con 0.02 g (Figura 80).

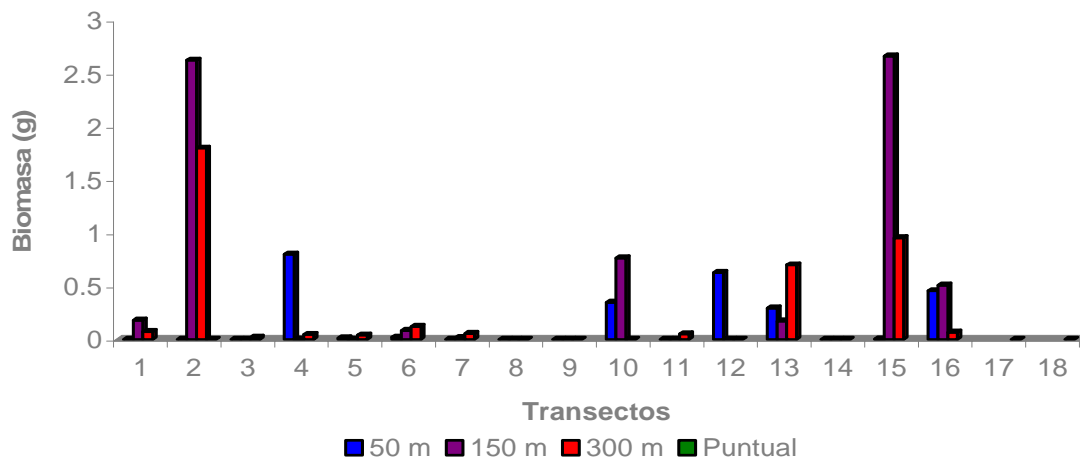


Figura 80. Valores de biomasa por distancia para cada transecto en la época de nortes

3.5.4. Relación de las variables biológicas con los parámetros fisicoquímicos

La abundancia de los organismos encontrados no presentó ninguna asociación significativa con alguna de las variables ambientales (Tabla 12).

Tabla 12. Coeficientes de correlación de las variables ambientales con la abundancia total de la época de nortes

Parámetros	Abundancia
Materia orgánica (%)	-0.1
Tamaño de grano (mm)	-0.16
Temperatura (°C)	0.13
Oxígeno Disuelto (mg/l)	0.11
Salinidad (ppm)	0.13
Sólidos disueltos (g/l)	0.14
Conductividad (mS)	0.13
pH	-0.01

La abundancia de ninguna de las especies, presentó alguna asociación significativa con alguna de las variables ambientales (Tabla 13).

Tabla 13. Coeficientes de correlación de las variables ambientales con la abundancia por especie en la época de nortes

Parámetros	ABUNDANCIA		
	<i>Cumingia tellinoides</i>	<i>Brachiodontes modiolus</i>	<i>Ischadium recurvum</i>
Materia orgánica (%)	-0.12	0.09	-0.04
Tamaño de grano (mm)	-0.19	0.16	0.04
Temperatura (°C)	0.16	-0.11	-0.07
Oxígeno Disuelto (mg/l)	0.13	-0.12	-0.05
Salinidad (ppm)	0.11	0.14	0.08
Sólidos disueltos (g/l)	0.12	0.14	0.08
Conductividad (mS)	0.11	0.13	0.07
pH	-0.03	0.1	0.1

La biomasa de los organismos encontrados no presentó alguna asociación significativa con las variables ambientales (Tabla 14).

Tabla 14. Coeficientes de correlación de las variables ambientales con la biomasa total de la época de nortes

Parámetros	Biomasa
Materia orgánica (%)	-0.08
Tamaño de grano (mm)	-0.09
Temperatura (°C)	0.02
Oxígeno Disuelto (mg/l)	-0.15
Salinidad (ppm)	0.17
Sólidos disueltos (g/l)	0.18
Conductividad (mS)	0.17
pH	-0.08

La biomasa de ninguna de las especies, presentó alguna asociación significativa con las variables ambientales. Tabla 15

Tabla 15. Coeficientes de correlación de las variables ambientales con la biomasa por especie en la época de nortes

Parámetros	BIOMASA		
	<i>Cumingia tellinoidea</i>	<i>Brachiodontes modiolus</i>	<i>Ischadium recurvum</i>
Materia orgánica (%)	-0.09	0.08	-0.003
Tamaño de grano (mm)	-0.12	0.16	0.08
Temperatura (°C)	0.04	-0.1	-0.13
Oxígeno Disuelto (mg/l)	-0.12	-0.13	-0.14
Salinidad (ppm)	0.15	0.13	0.06
Sólidos disueltos (g/l)	0.16	0.13	0.06
Conductividad (mS)	0.15	0.12	0.06
pH	-0.1	0.09	0.08

En la matriz de dispersión se puede observar que la abundancia (Figura 81) y la biomasa (Figura 82), no presentaron una relación significativa con ninguna de las variables ambientales, ya que los puntos presentaron dispersión. Las variables salinidad, conductividad y sólidos disueltos presentaron una relación muy fuerte entre ellas ya que los puntos formaron una línea recta.

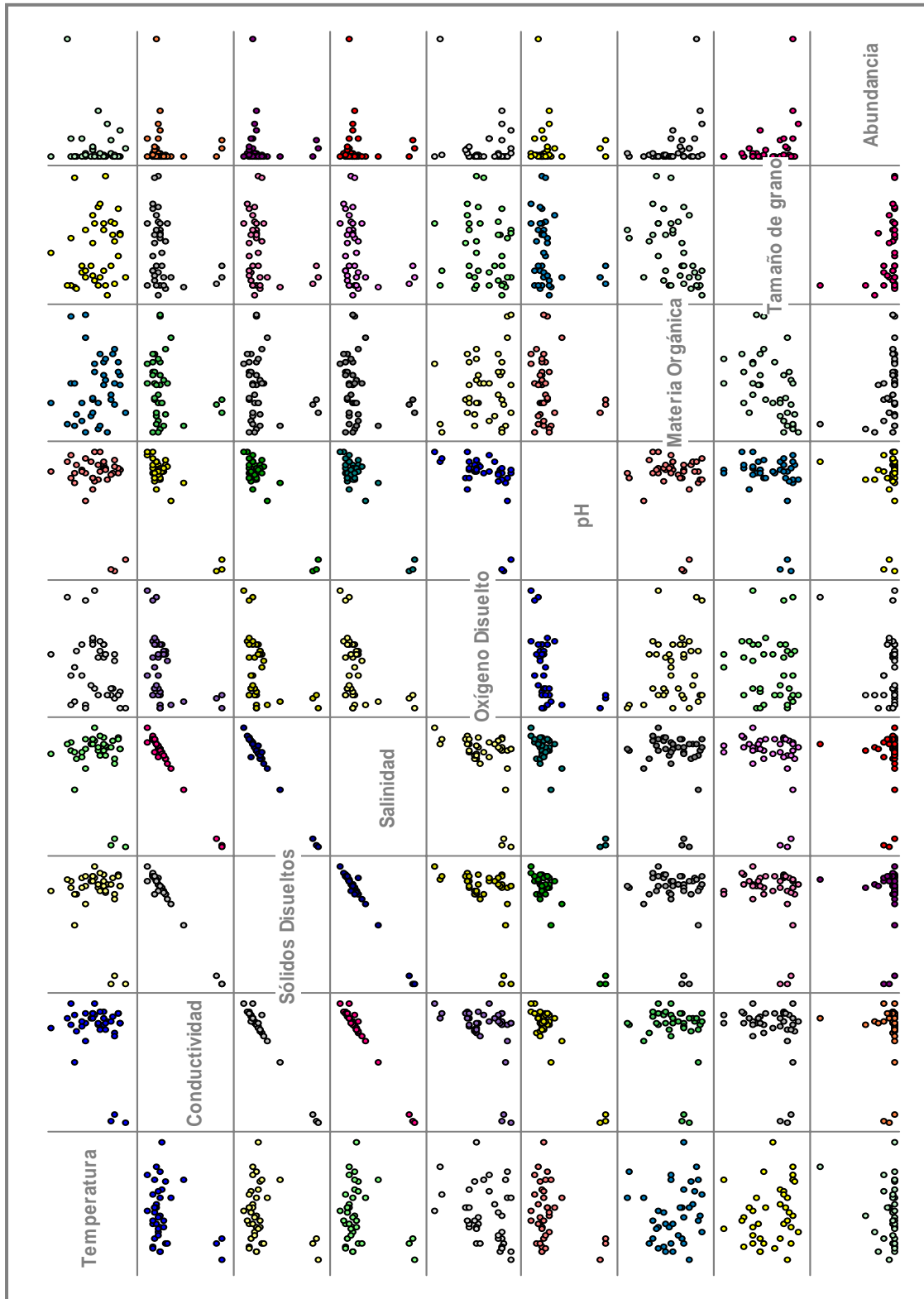


Figura 81. Matriz de diagramas de dispersión de las variables ambientales y la abundancia, en la época de nortes

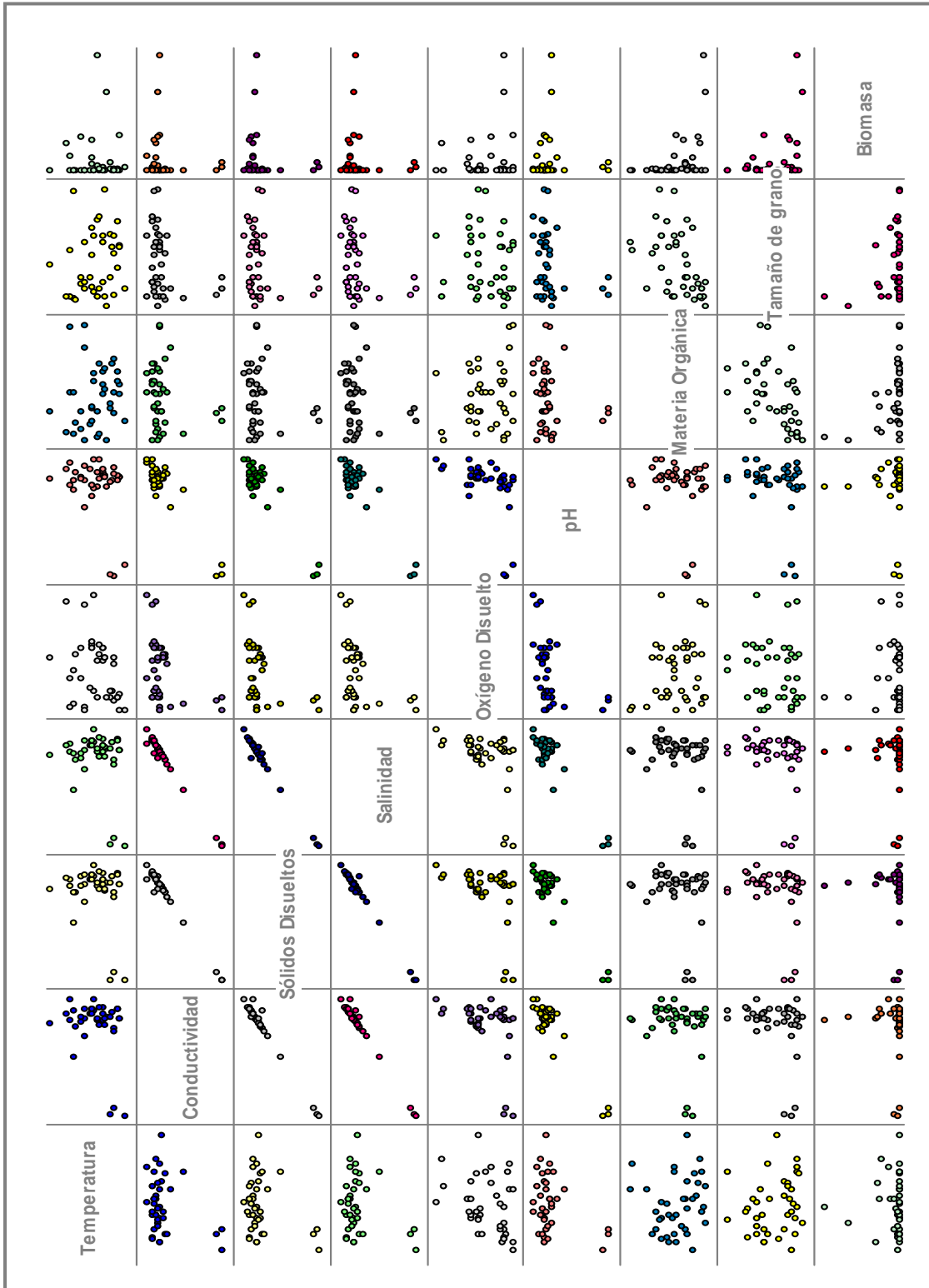


Figura 82. Matriz de diagramas de dispersión de las variables ambientales y la biomasa, en la época de nortes

3.5.5 Análisis de componentes principales

El análisis de componentes principales se utilizó con la finalidad de encontrar diferencias y afinidades entre los parámetros fisicoquímicos de la columna de agua, el porcentaje de materia orgánica y el tamaño de grano del sedimento (Figura 83)

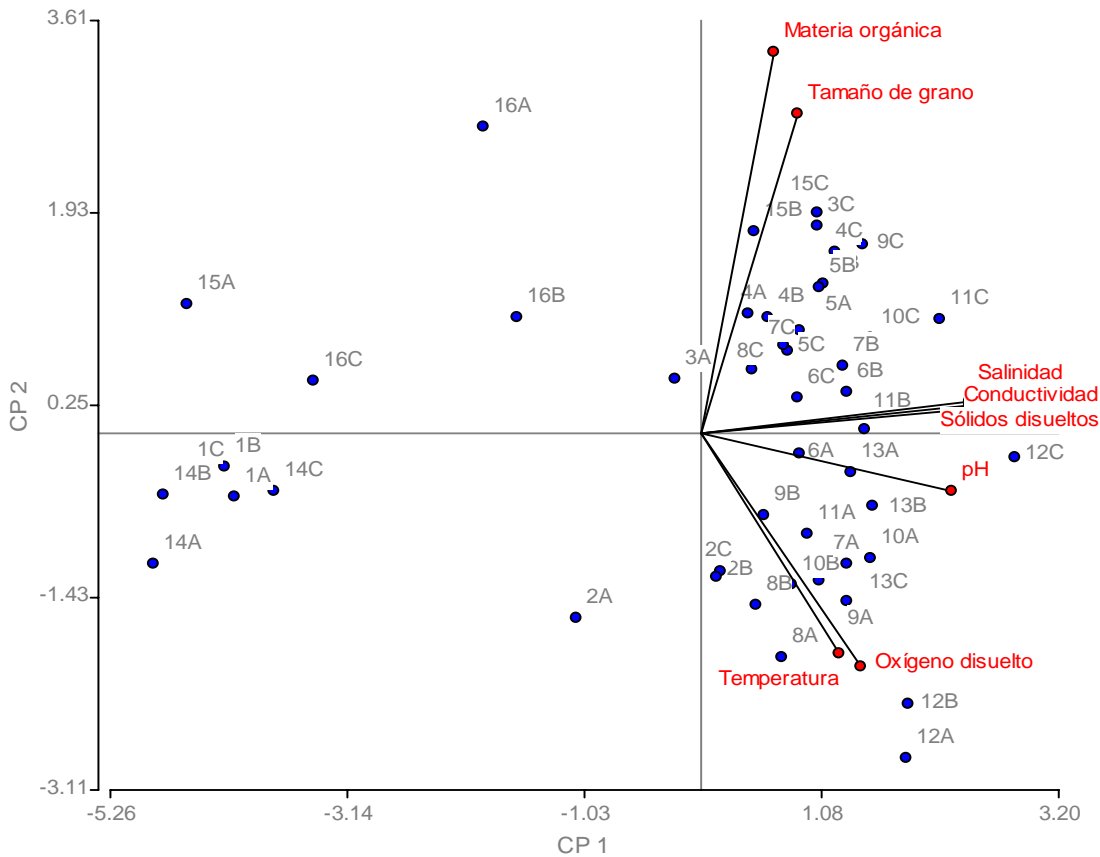


Figura 83. Diagrama de ordenación en dos dimensiones del análisis de componentes principales de la época de nortes

Los parámetros salinidad, conductividad, sólidos disueltos se encuentran fuertemente relacionados. Los parámetros materia orgánica y tamaño de grano, también se encuentran altamente relacionadas entre ellas. La temperatura y el oxígeno disuelto también presentan una relación.

La cantidad de varianza que es explicada por el primer y segundo componentes es del 75%. El primer componente es el que explica la mayor cantidad de varianza (56%); el segundo componente, contribuye explicando el 19% de la varianza total.

Los parámetros que se encuentran más relacionados con el primer componente son la conductividad (0.46), la salinidad (0.46), y los sólidos disueltos (0.46). Los parámetros que presentan una fuerte relación con el segundo componente son: materia orgánica (0.64), y tamaño de grano (0.54). La temperatura también se encuentra relacionada con el segundo componente pero de forma negativa (- 0.37) (Tabla 16).

El análisis de componentes principales, identificó que las estaciones: 3A, 3C, 4A, 4B, 4C, 5A, 5B, 5C, 7C, 8C, 9C, 15B, 15C, están relacionadas con el porcentaje de materia orgánica y el tamaño de grano del sedimento; las estaciones 6B, 6C, 7B, 10C, 11B, 11C y 12C, se encuentran relacionadas con la salinidad, conductividad y la concentración de sólidos disueltos.; las estaciones: 6A, 13A y 13B, se encuentran relacionadas con el pH; las estaciones 2B, 2C, 7A, 8A, 8B, 9A, 9B, 10A, 10B, 11A, 12A, 12B y 13C, se encuentran relacionadas con la temperatura y la concentración de oxígeno disuelto. Las estaciones 1A, 1B, 1C, 2A, 14A, 14B, 14C, 16A, 16B y 16C, no se relacionaron con ninguna de las variables ambientales.

Tabla 16. Porcentaje de variación explicado por los dos primeros componentes y los coeficientes de correlación de las variables ambientales en la época de nortes

	CP 1	CP 2
% Varianza explicado	56%	19%
Variable		
Temperatura	0.24	- 0.37
Conductividad	0.46	0.05
Sólidos disueltos	0.46	0.04
Salinidad	0.46	0.05
Oxígeno disuelto	0.27	- 0.39
pH	0.43	- 0.10
Materia orgánica	0.13	0.64
Tamaño de grano Φ	0.17	0.54

3.5.6 Análisis de similitud de las estaciones

Abundancia

El dendrograma obtenido del análisis de agrupación con los datos de abundancia numérico (Figura 84), analizados con el índice de similitud de Bray-Curtis, determinó con aproximadamente un 90 % de similitud, 9 grupos de estaciones: **I)** 16C, 4B, 4C, 5A, 6C, 7B, 15A; **II)** 11C, 3C, 5C; **III)** 6A, 6B, 7C, 12B; **IV)** 2B, 15B; **V)** 1C, 13A; **VI)** 10A, 10B; **VII)** 1B, 16B; **VIII)** 2C, 15C; **IX)** 4A, 16A. Las estaciones 12A, 13B y 13C, no se agruparon dentro de ningún grupo, pero presentaron un 90 % de similitud con las agrupaciones formadas.

Con un 70% de similitud se formaron 3 grupos: **I)** 16C, 4B, 4C, 5A, 6C, 7B, 15A, 11C, 3C, 5C, 6A, 6B, 7C, 12B; **II)** 12A, 2B, 15B; **III)** 13C, 13B, 1C, 13A, 10A, 10B, 1B, 16B, 2C, 15C, 4A, 16A.

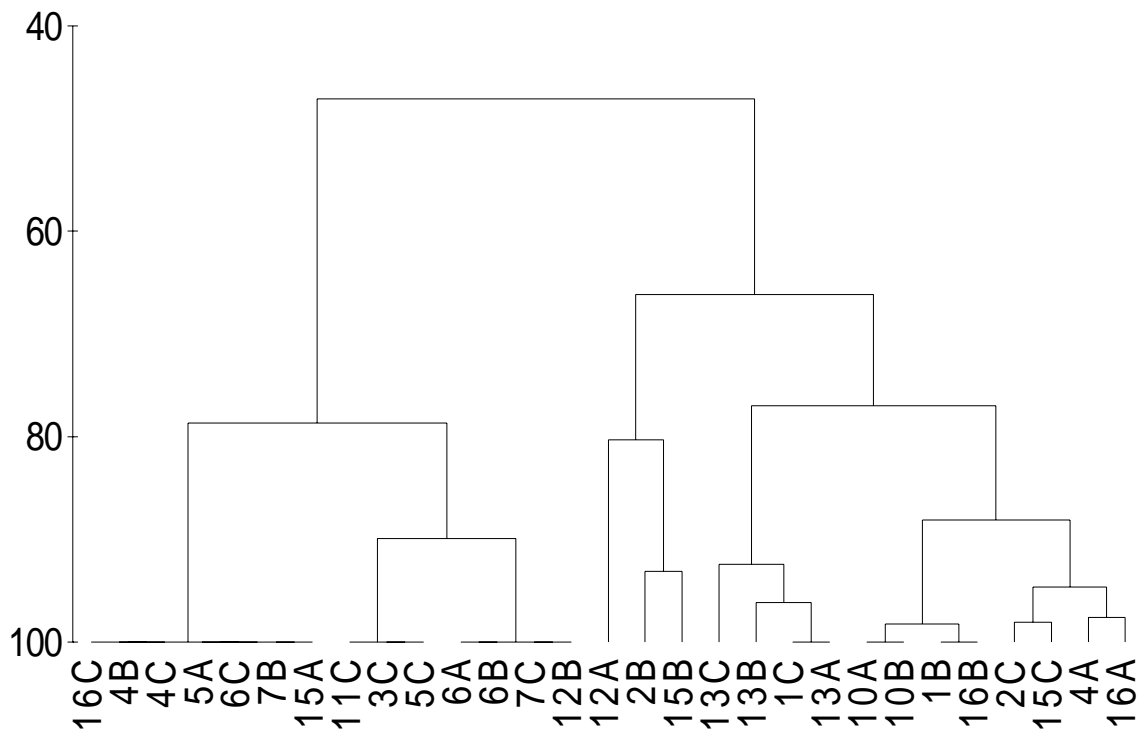


Figura 84. Dendrograma del análisis de agrupación con los datos de abundancia en la época de nortes

Biomasa

El dendrograma obtenido del análisis de agrupación, con los datos de biomasa (Figura 85), analizado con el índice de similitud de Bray-Curtis identificó dos grupos de estaciones, determinó con aproximadamente un 80 % de similitud, 9 grupos de estaciones: **I)** 2B, 15B; **II)** 4A, 10B; **III)** 12A, 13C; **IV)** 16A, 16B; **V)** 10A, 13A; **VI)** 3C, 6A; **VII)** 1B, 13B; **VIII)** 1C, 16C; **IX)** 4C, 7C, 11C. Las estaciones 15A, 2C, 15C, 5A, 7B, 6C, 6B y 5C, presentaron la misma similitud pero no fueron incluidos dentro de alguno de los grupos formados.

Las estaciones 15A, 4B, y 12B, solamente presentaron un 30% de similitud con las agrupaciones antes mencionadas.

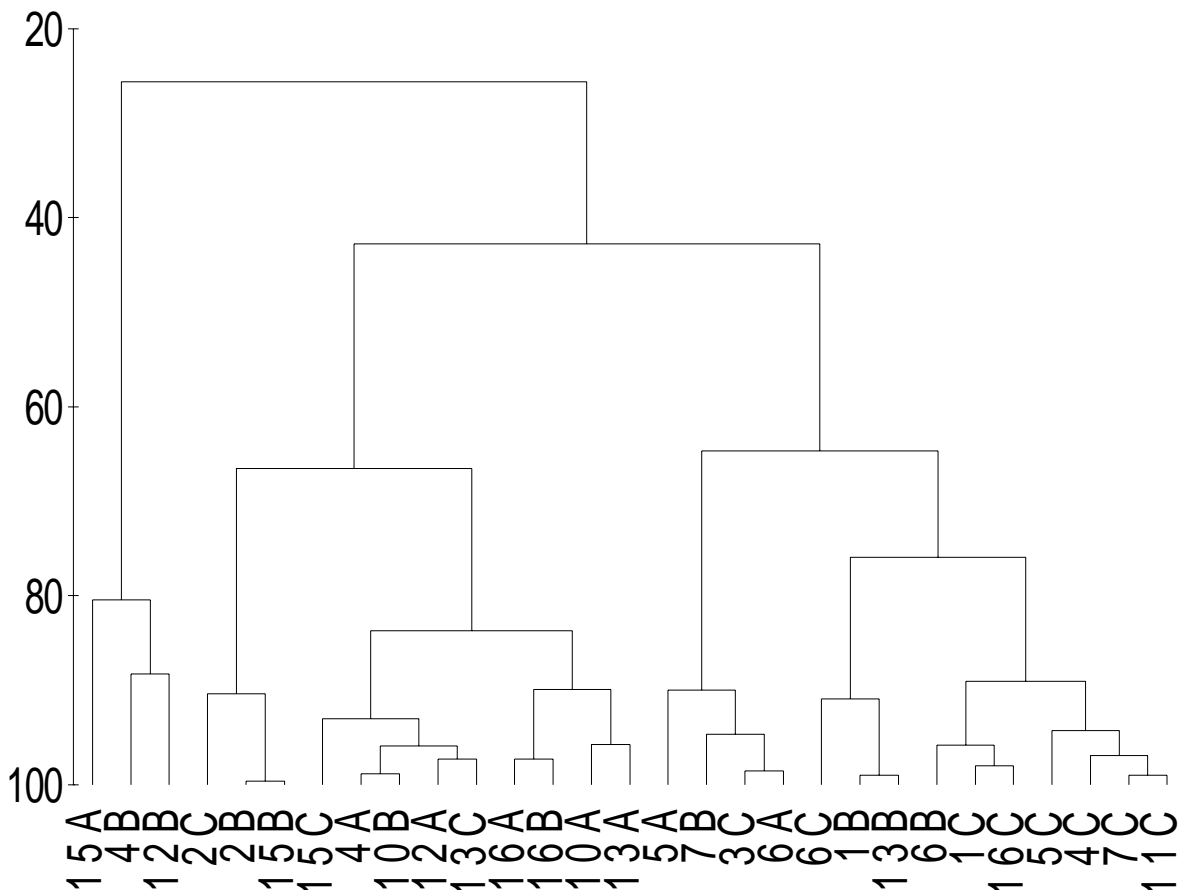


Figura 85. Dendrograma del análisis de agrupación con los datos de biomasa en la época de nortes

Materia Orgánica

El dendrograma obtenido del análisis de agrupación, con los datos de porcentaje de materia orgánica presente en el sedimento (Figura 86), analizado con el índice de similitud de Bray-Curtis, determinó con aproximadamente un 98 % de similitud, 12 grupos de estaciones: **I)** 2C, 12B; **II)** 2B, 12A; **III)** 1C, 13A; **IV)** 5C, 15A; **V)** 1B, 13B, 13C; **VI)** 3C, 16A; **VII)** 4A, 10A; **VIII)** 4C, 6A; **IX)** 4B, 6B; **X)** 15C, 16C; **XI)** 5A, 7B; **XII)** 16B, 7C, 15B. Las estaciones 10B, 6C y 11C, presentaron la misma similitud pero no fueron incluidos dentro de alguno de los grupos formados.

Con un 88% de similitud, se formaron 2 agrupaciones: **I)** 2C, 12B, 10B, 2B, 12A, 1C, 13A, 5C, 15A, 6C, 1B, 13B, 13C; **II)** 3C, 16A, 4A, 10A, 4C, 6A, 4B, 6B, 15C, 16C, 5A, 7B, 11C, 16B, 7C, 15B.

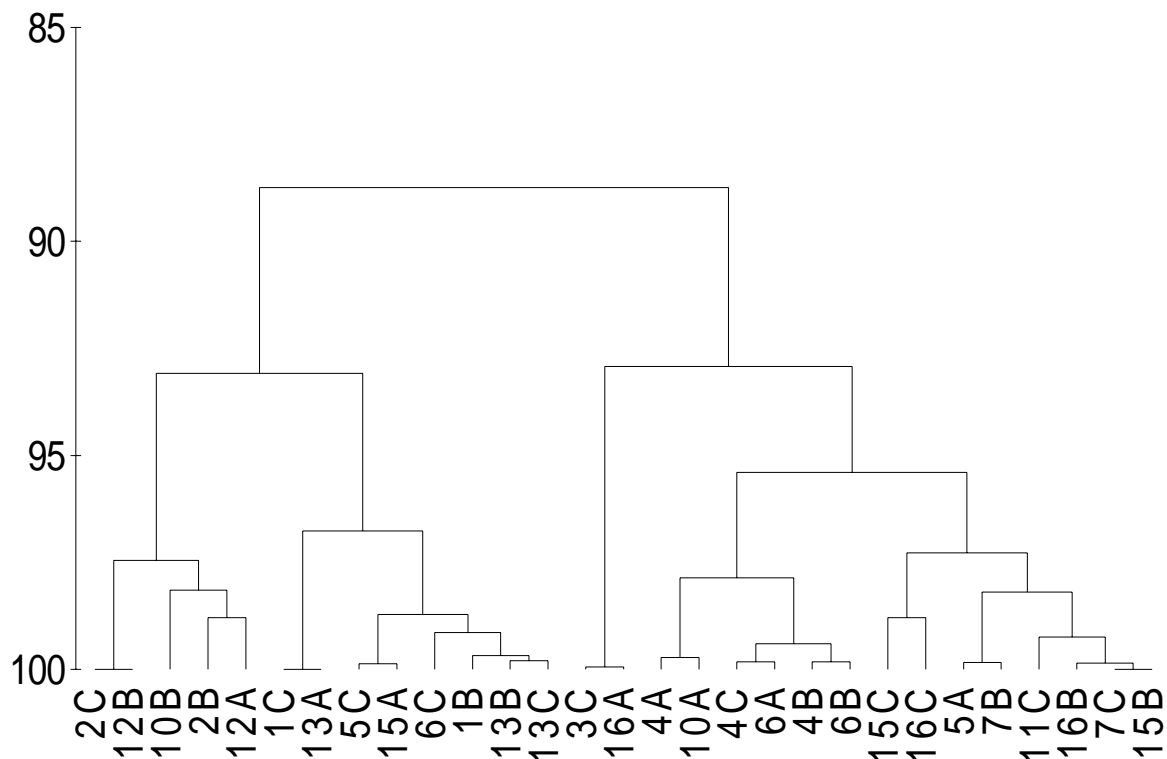


Figura 86. Dendrograma del análisis de agrupación con los porcentajes de materia orgánica en la época de nortes

Tamaño de grano

El dendrograma obtenido del análisis de agrupación (Figura 87) con las datos de tamaño de grano del sedimento, analizados con el índice de similitud de Bray-Curtis por estaciones, determinó con aproximadamente un 90 % de similitud, 9 grupos de estaciones: **I)** 6C, 4C, 15B; **II)** 13A, 15C; **III)** 5C, 7B; **IV)** 13B, 15A; **V)** 4A, 4B; **VI)** 5A, 16C; **VII)** 1C, 13B, 16B; **VIII)** 10B, 6B, 12B; **IX)** 12A, 2B, 10A. Las estaciones 11C, 1B y 2C, presentaron la misma similitud pero no fueron incluidos dentro de alguno de los grupos formados.

Con un 88% de similitud, se formaron 3 agrupaciones: **I)** 11C, 6C, 4C, 15B, 13A, 15C, 5C, 7B, 7C, 13B, 15A, 3C, 4A, 4B; **II)** 16A, 5A, 16C, 6A, 1C, 13C, 16B, 1B, 10B, 6B, 12B; **III)** 2C, 12A, 2B, 10A.

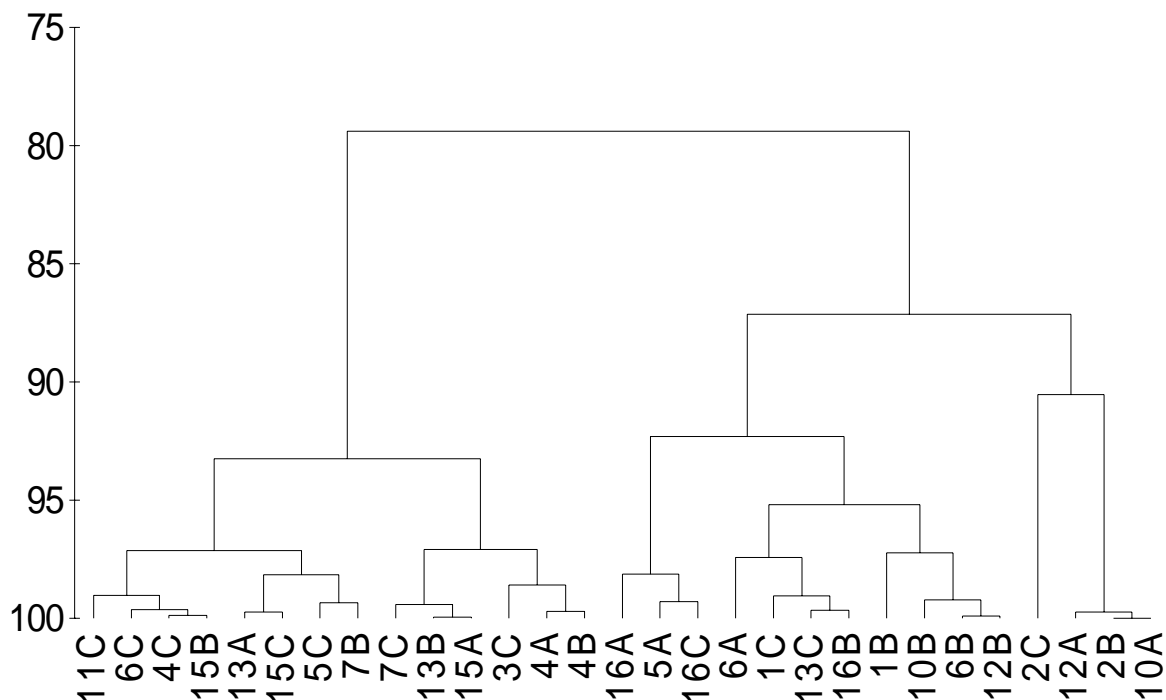


Figura 87. Dendrograma del análisis de agrupación con los datos de tamaño de grano del sedimento en la época de nortes

3.5.7 Relación entre la materia orgánica y la composición faunística

Mediante el análisis de regresión, se pueden identificar como los cambios en el porcentaje de materia orgánica, afectan la abundancia de organismos en las estaciones de muestreo (Figuras 88 y 89).

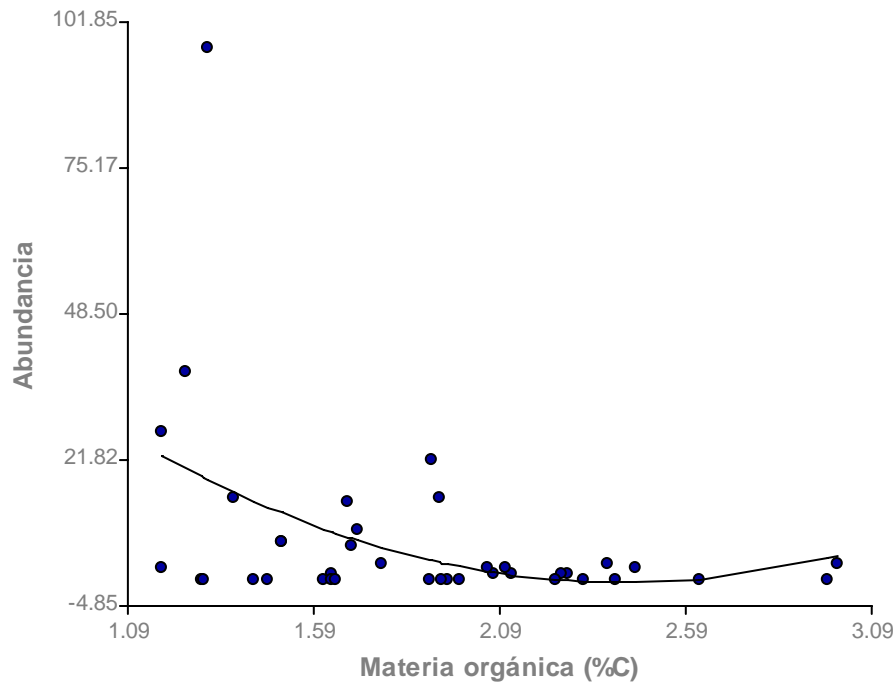


Figura 88. Gráfico del análisis de regresión entre el porcentaje de materia orgánica y la abundancia de los organismos en la época de nortes

El coeficiente de determinación que se obtuvo mediante el análisis de regresión fue de 0.18, esto indica que la relación entre el porcentaje de materia orgánica y la abundancia de organismos es muy baja. La relación resultante entre estas dos variables no es significativa.

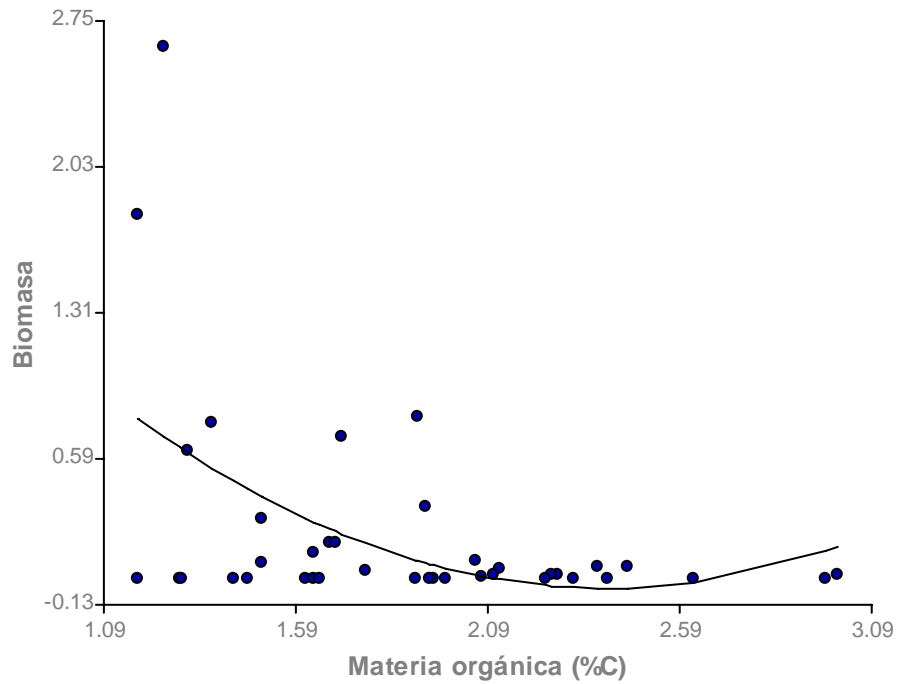


Figura 89. Gráfico del análisis de regresión entre el porcentaje de materia orgánica y la biomasa de los organismos en la época de nortes

El coeficiente de determinación que se obtuvo fue de 0.24, lo cual indica que la relación entre el porcentaje de materia orgánica y la biomasa de los organismos, no es significativa.

3.5.8 Curvas abundancia-biomasa (ABC)

El análisis realizado con las curvas ABC, determinó que la estación 7C es un sitio que no se encuentra contaminado (Figura 90); la curva de la biomasa, se encuentra por arriba de la curva de la abundancia.

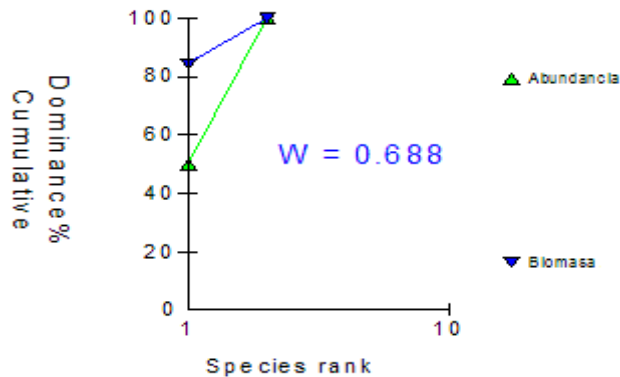


Figura 90. Curva ABC de la estación 7C en la época de nortes

Las estaciones 4A, 6A y 12A, se clasificaron como sitios con moderada contaminación (Figuras 91 a, b, c); debido a que la curva de la abundancia se intersecta con la curva de la biomasa.

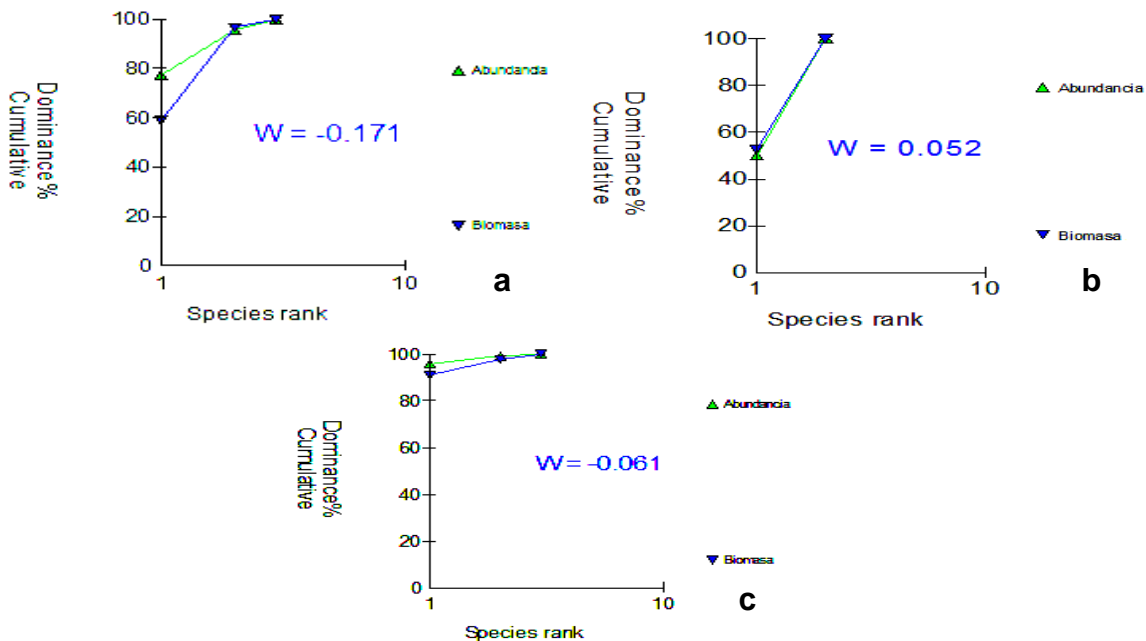


Figura 91. Curvas ABC de las estaciones con moderada contaminación, en la época de nortes

La estación 11C se clasificó como un sitio de altamente contaminado (Figura 92); debido a que la curva de la abundancia se encuentra por arriba de la curva de la biomasa.

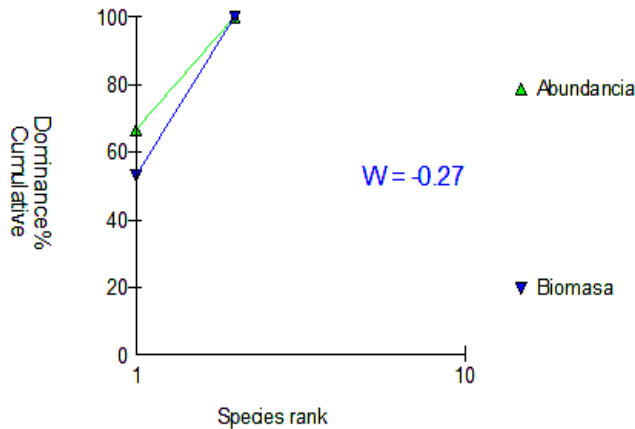


Figura 92. Curva ABC de la estación 11C en la época de nortes

Al realizar un análisis general de todas las estaciones de la zona de estudio, con las curvas ABC, se determinó que es un ambiente que se encuentra moderadamente contaminado (Figura 93); la curva de la abundancia se interfecta con la curva de la biomasa.

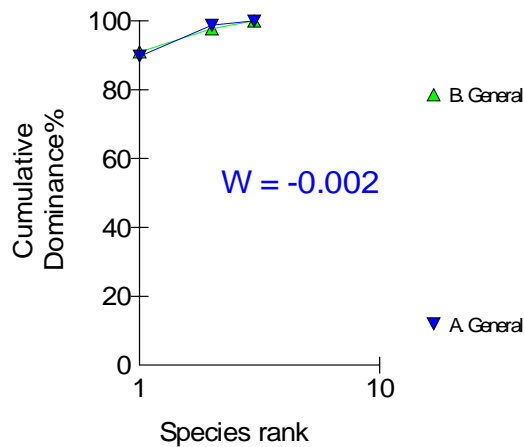


Figura 93. Curva ABC del análisis general de la zona de estudio, en la época de nortes

VI. DISCUSIÓN

Porcentajes de materia orgánica en el sedimento

El enriquecimiento orgánico en algunos cuerpos de agua pueden ser mayor en las zonas urbanas, y en particular en sitios sujetos al aporte por drenaje (doméstico y pluviales), o en aquellos donde las corrientes son tan limitadas, que promueven la acumulación y depósito del material suspendido (Llanes, 2002). La Bahía de Chetumal, presenta estas dos características, al ser un sistema lagunar estuarino semicerrado, sus escasas corrientes son originadas por la acción de los vientos alisios del este sureste, y se ha detectado que aún existen aportes por drenajes pluviales.

En las tres temporadas climáticas, los promedios de materia orgánica se encontraron en un rango de 1 – 2 %C, lo cual indica que los sedimentos se encuentran moderadamente contaminados (Mora *et al*, 1989). Se esperaba que los transectos testigo, presentaran porcentajes de materia orgánica bajos, sin embargo los resultados demostraron lo contrario. Aunque estos altos porcentajes de materia orgánica en los transectos 15 y 16, son debido al contenido del sedimento; ya que el sedimento del transecto 15, estaba conformado principalmente por raíces y corteza de árboles, y el del transecto 16 presentaba una gran cantidad de fragmentos de conchas. Debido a éstas características que presentaron los sedimentos de los transectos 15 y 16, se determinó que la perturbación es de índole natural. Solamente el transecto 14 el cual se encuentra frente a la desembocadura del río, presentó porcentajes bajos de materia orgánica (menores a 1 %C), esto es debido principalmente, a las fuertes corrientes del río (Herrera-Silveira *et al*, 2002) que arrastran los sedimentos hacia el centro de la bahía. Por el contrario, los sedimentos de las estaciones testigo (17 y 18), también presentaron porcentajes altos de materia orgánica, pero estos sedimentos se encuentran perturbados principalmente por las descargas de los drenajes.

Durante la época de nortes, se presentó el promedio más alto de materia orgánica, aunque el promedio en lluvias, fue muy similar al de nortes, esto confirma el efecto de las lluvias en los porcentajes de materia orgánica, ya que por arrastre o por suspensión depositan los sedimentos en la bahía (Llanes, 2002).

Se presentaron los porcentajes más altos de materia orgánica (cercaos al 3 %C), en el transecto muelle fiscal. Estos porcentajes altos, se explican debido a que se encuentra activo un drenaje, el cual aporta diariamente cantidades considerables de aguas pluviales.

Variación de los parámetros fisicoquímicos de la columna de agua

En las tres épocas climáticas la variación de los promedios de temperatura, salinidad, pH, conductividad y sólidos disueltos, no fue significativa, ya que los promedios encontrados fueron muy similares

Durante las tres épocas climáticas, la concentración de oxígeno disuelto presentó variaciones considerables. Durante secas el promedio de oxígeno disuelto (5.05 mg/l) se encontró por arriba de 5 mg/l, lo cual es el nivel mínimo para considerar a un cuerpo de agua como saludable (EPA, 1986). Durante la épocas de lluvias y nortes, el promedio de oxígeno disuelto bajo hasta 2.3 mg/l, esto es ocasionado por las concentraciones altas de materia orgánica que se presentaron durante estas dos épocas, ya que el oxígeno disuelto es utilizado para oxidar el exceso de materia orgánica que se encuentra presente en el sedimento (Pearson, 1978).

Los parámetros salinidad, conductividad sólidos disueltos, pH y oxígeno disuelto, presentaron sus concentraciones más bajas en los transectos 1, 2 y 14, los cuales se encuentran cercanos a la bocana del río hondo. Este comportamiento es debido a las corrientes y a los aportes de agua dulce que provienen del río (Alongi, 1990).

La temperatura fue el único parámetro que no presentó fluctuaciones considerables en la zona de estudio.

Abundancia y biomasa de los organismos

La mayor abundancia de organismos, se presentó durante la época lluvias con el 42 % del total de organismos encontrados durante el año de muestreo. La época de nortes presentó un 38 % de la abundancia total, contradictoriamente, en la época de lluvias y en la de nortes, fue donde se presentaron los promedios más altos de materia orgánica. Salazar-Vallejo, (1991) determinó que el enriquecimiento por materia orgánica tiene efectos negativos sobre los organismos. Sin embargo, cuando los niveles de materia orgánica son moderados (entre 1 – 2 %C), se pueden presentar efectos positivos sobre las especies. Este comportamiento es el que se observó con la abundancia de organismos.

La biomasa no presentó el mismo comportamiento que la abundancia de organismos, ya que la mayor biomasa se presentó en secas, aunque en esta época fue donde se presentó la menor abundancia, lo cual indica que los organismos eran de mayor tamaño. A pesar de que en lluvias fue donde se presentó la mayor abundancia, fue la época con menor biomasa. Espina y Vanegas (1996), determinaron que la biomasa de los organismos puede reflejar los procesos que suceden en el medio, y podría ser indicadora de la resistencia del organismo al ambiente, ya que si el organismo crece, las condiciones del medio son favorables pero si se encuentra sujeto a variables estresantes del medio, el crecimiento puede disminuir o detenerse. Los valores bajos de biomasa durante lluvias, indican que los porcentajes altos de materia orgánica, afectan a la comunidad de organismos, ya que no les permite un crecimiento adecuado. Odum, (1985) mencionó que en áreas perturbadas decrece el tamaño de los organismos.

Durante secas se presentaron los porcentajes más bajos de materia orgánica, y los valores más altos de biomasa, pero el número de organismos encontrados fue reducido. Por el contrario en las épocas: lluvias y nortes, donde los porcentajes de materia orgánica fueron más elevados, los valores de biomasa bajaron y se encontró una mayor abundancia de organismos. Se ha comprobado en algunos organismos para subsistir en sitios con perturbación, modifican sus estrategias reproductivas. La energía que anteriormente utilizaban para su crecimiento, ahora es utilizada para incrementar su reproducción y de esta manera incrementar la abundancia de organismos (Fox, 2001).

Riqueza de especies

Durante el año de muestreo, solamente fueron identificadas 3 especies de bivalvos: *Cumingia tellinoides* de la familia Semelidae, *Brachiodontes modiolus* e *Ischadium recurvum* de la familia Mytilidae. *Cumingia tellinoides* fue la especie predominante, puesto que presentó la mayor abundancia durante las tres épocas climáticas.

Ischadium recurvum y *Brachiodontes modiolus* son organismos epifaunales, por lo tanto su distribución se encuentra determinada por el tipo de sedimento. Estas dos especies presentan una fijación de tipo bisógeno, es decir, se adhieren al sustrato a través de una glándula de fijación, por ello se les encuentra en mayor cantidad en sitios con sustratos de arena gruesa o muy gruesa (Chanley, 1957). Los sedimentos presentes en la zona urbana de la bahía de Chetumal fueron arenas (fina, mediana, gruesa y muy gruesa); el tipo de arena que predominó en la zona de estudio, fue la mediana, debido a esta circunstancia, se puede entender las bajas abundancias de *Ischadium recurvum* y *Brachiodontes modiolus*, puesto que no es un tipo de sedimento al cual puedan fijarse fácilmente.

Correlación de la abundancia y la biomasa con los parámetros fisicoquímicos

En lluvias y nortes, la abundancia y la biomasa general de los organismos no presentó asociaciones significativas con ninguno de los parámetros fisicoquímicos de la columna de agua, ni con las características del sedimento (tamaño de grano, porcentaje de materia orgánica).

Al realizar el análisis de la abundancia y la biomasa por especies, tampoco se encontraron asociaciones significativas durante la época de lluvias y la de nortes. Una causa de la falta de asociación con los parámetros fisicoquímicos y las características del sedimento, son las lluvias y vientos, ya que éstas afectan a las comunidades de organismos bénticos, puesto que se presenta un mayor aporte de agua dulce, y un incremento en las escorrentías provenientes del río hondo, lo cual ocasiona que los organismos presenten cambios constantes (Hernández-Arana, 2003).

Durante la época de secas se presentó una asociación significativa entre la abundancia y la biomasa general con el tamaño de grano del sedimento.

Al realizar el análisis por especies, se determinó que la abundancia y la biomasa de *Cumingia tellinoides*, presentó asociaciones significativas con el tamaño de grano del sedimento. La granulometría del sustrato es uno de los factores más influyentes en la composición y estructura de las comunidades del macrobentos (Pearson y Rosenberg, 1978; Gray, 1981).

Al presentarse condiciones más estables en el medio durante la época de secas, se pueden determinar asociaciones de los organismos con las variables ambientales.

Similitud entre las estaciones de muestreo

La abundancia de organismos no presentó gran variación entre las estaciones de muestreo, puesto los porcentajes de similitud fueron altos. Este comportamiento se observó durante las tres épocas climáticas. En promedio la similitud que presentaron las estaciones durante el año de muestreo fue de 85 %.

La biomasa de los organismos al igual que la abundancia, presentó porcentajes de similitud altos durante las tres épocas climáticas. La similitud que se presentó entre las estaciones de muestreo fue de 80 %. El mismo porcentaje de similitud se presentó durante todo el año de muestreo.

El porcentaje de materia orgánica en general no presentó grandes fluctuaciones en la zona de estudio. Durante las tres temporadas climáticas, presentó porcentajes de similitud arriba del 95 %.

La granulometría no presentó gran variación en toda la zona de estudio. Se determinó que los sedimentos de todas las estaciones de muestreo, presentaron un 95 % de similitud. Este porcentaje de similitud se encontró durante todo el año de muestreo.

Los altos porcentajes de similitud que se presentaron en todas las variables analizadas, indican que no hay variaciones significativas entre temporadas climáticas ni entre las estaciones de la zona de estudio.

Análisis de componentes principales

Los resultados obtenidos en los análisis de componentes principales indicaron que las estaciones muestran diferencias en cuanto a las variables fisicoquímicas medidas en la columna de agua y en el sedimento.

Los transectos 1, 2, 14 y 16, presentaron un comportamiento diferente al resto de los transectos, ya que no se relacionaron con ninguna de las variables ambientales. Esta diferencia se debe a la cercanía que presentan estos transectos a la bocana del río hondo, el cual tiene una gran influencia sobre las características fisicoquímicas de la columna de agua y del sedimento (Herrera-Silveira *et al*, 2002)

Mediante el análisis de componentes principales, se determinó que la salinidad, la conductividad y los sólidos disueltos presentaron el mismo patrón de comportamiento. Para las tres épocas climáticas, estas variables fueron las que explicaron la mayor cantidad de varianza. Koelmans (2000), determinó que la salinidad es un factor determinante en las comunidades estuarinas.

Relación de la abundancia y la biomasa con el porcentaje de materia orgánica

Se realizaron análisis de regresión para determinar la relación entre la abundancia y la biomasa de las especies identificadas y el porcentaje de materia orgánica en el sedimento. Los resultados de este análisis demostraron que en las tres épocas climáticas no se presentaron relaciones significativas con el porcentaje de materia orgánica. Los valores del coeficiente de determinación que se obtuvieron con este análisis fueron muy bajos, como para poder determinar la existencia de una relación con esta variable.

En los estuarios, los gradientes de salinidad, pueden estresar a la comunidad y dificultar el establecimiento de relaciones con las perturbaciones antropogénicas (Ferraro *et al*. 1991).

Curvas ABC

Debido a la baja abundancia, diversidad y a la predominancia de la especie *Cumingia tellinoides* durante el año de muestreo, no se pudieron realizar las curvas ABC en todas las estaciones de muestreo, puesto que no fueron encontrados

organismos en todas las estaciones de muestreo, y en algunas de ellas, solo fue identificada una especie, lo cual imposibilitó este tipo de análisis.

Al realizar un análisis general de cada temporada climática, se determinó que la zona urbana de la bahía de Chetumal es un sitio que se encuentra moderadamente contaminado, debido a que la curva de la abundancia se traslapo con la curva de la biomasa. Estos resultados concuerdan con los resultados del porcentaje de materia orgánica en el sedimento, ya que se determinó que la mayoría de los sedimentos se encuentran moderadamente perturbados, puesto que presentan entre 1 – 2 %C (Mora *et. al*, 1989).

V. CONCLUSIONES

Se presentó el porcentaje promedio más bajo de materia orgánica en la temporada de secas, y en lluvias y nortes el porcentaje de materia orgánica fue más elevado comparado con el que se presentó durante la época de secas, esto debido principalmente a los escurrimientos ocasionados por las lluvias y al aumento del afluente del Río Hondo, que aumenta la materia orgánica a la Bahía de Chetumal.

Se determinó que la mayor parte de los sedimentos de la zona urbana de la Bahía de Chetumal se encuentran entre 1 – 2 %C, lo cual indica que se encuentran moderadamente perturbados. Con excepción del transecto 3 (Muelle Fiscal), que presentó porcentajes de materia orgánica muy cercanos al 3 %C, presentando sedimentos altamente perturbados. Este transecto en particular, se ve afectado directamente por la descarga de un drenaje, el cual aporta diariamente grandes cantidades de materia orgánica, propiciando de esta manera la perturbación de los sedimentos de este sitio.

La presencia de los bivalvos se ve determinada por la granulometría del sedimento, por esta razón la especie que presentó una mayor abundancia y biomasa durante el año de estudio, presentó una asociación significativa con el tamaño de grano del sedimento. Esta asociación solamente se presentó durante la época de secas. La falta de esta asociación en las otras dos épocas climáticas se le atribuye a las condiciones cambiantes del medio, debido a las constantes lluvias y vientos que se presentan en ambas épocas.

Con base en los resultados obtenidos no se puede inferir que la abundancia o la biomasa de los bivalvos, se encuentra relacionada con los cambios en los porcentajes de materia orgánica presente en el sedimento.

Debido a la baja diversidad de especies, no se pudieron realizar los análisis de las curvas ABC, en todas las estaciones de muestreo.

Con base en los resultados de las curvas ABC, para la época de secas, se determinó que el transecto 6 (Leo's bar), es un sitio sin perturbación. El transecto 10 (Balneario 2 Mulas) se determinó como un sitio con moderada perturbación.

En la época de lluvias los transectos 10 (Balneario 2 Mulas) y 13 (Balneario Calderitas), se determinaron como sitios no perturbados. El transecto 11 (Muelle UQROO), se determinó como un sitio con moderada perturbación. El transecto 9 (Refugio de aves), se determinó como un sitio altamente contaminado

Durante la época de nortes el transecto 7 (Gran Plaza), se determinó como un sitio no perturbado. Los transectos 4 (Congreso), 6 (Leo's bar), y 12 (Drenaje Pro-territorio), se determinaron como sitios moderadamente perturbados. El transecto 11 (Muelle UQROO), se determinó como un sitio altamente perturbado.

En general durante las tres épocas climáticas, la zona urbana de la Bahía de Chetumal se determinó como un ambiente moderadamente perturbado.

Debido al reducido número de especies que se presentaron durante las tres temporadas climáticas, y a las bajas relaciones entre los porcentajes de materia orgánica la abundancia y la biomasa de los bivalvos, no se pudieron determinar especies indicadoras de contaminación por materia orgánica.

VI. RECOMENDACIONES

Este tipo de estudios son importantes, puesto que dan una perspectiva del grado de perturbación que presenta la zona urbana de la Bahía de Chetumal, pero sería recomendable seguir con un monitoreo, para poder observar como evoluciona esta zona; si continua degradándose o presenta una recuperación.

La abundancia y el número de especies de Bivalvos fue baja en este estudio, esto dificultó en gran manera algunos de los análisis, por ello para futuros trabajos, se debería de considerar a los Bivalvos que se encuentran en el substrato rocoso, de esta manera se obtendrían mayores abundancias y posiblemente un mayor número de especies.

Determinar de donde proviene el exceso de materia orgánica (natural o antropogénica), y de esta manera poder tomar acciones para detener el deterioramiento que se ha venido presentando en la Bahía de Chetumal.

LITERATURA CITADA

Agard, J. B., Gobin, R. y Warwick R. M. 1993. Análisis of marine macrobenthic community structure in relation to pollution, natural oil seepage and seasonal disturbance in a tropical environment (Trinidad, West Indies). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 92:233-234.

Alongi, M. 1990. The ecology of tropical soft-bottom benthic ecosystems. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.* 28: 381-496.

Bayne, B. L., Clarke K. R. Y Gray J. S. 1988. Background and rationale to a practical workshop on biological effects of pollutants. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 46:1-5.

Camarena-Lurs, T. y Salazar Vallejo S. (eds) 1991. Estudios ecológicos preliminares de la zona sur de Quintana Roo, Chetumal. 230 pp.

Carranza-Edward, Gutiérrez M. Y Rodríguez, T. 1975, Unidades morfotectónicas continentales de las costas mexicanas. *An. Inst. Cienc. Del mar y Limnol.* UNAM 2(1): 81-88.

Carrera-Parra, L. F., Gonzáles, N. E. y Salazar-Vallejo, S. I., 1997. Bentos del litoral de la Bahía de Chetumal, Q. R. in: Ortiz H. (coord) Estudio Emergente sobre la mortalidad de bagres en la Bahía de Chetumal, El Colegio de la Frontera Sur, Chetumal. 72 p.

Chanley, P. E. Proc. Nat. Shelf. Assoc. Survival of some juvenils bivalves in water of low salinity. 1957. 52-65.48:

Chavira, M., Briceño, J., Negroe A., Pérez, J., Sanchez T. y Hoil R. 1992. Diagnostico de la calidad del agua en la Bahía de Chetumal, Q. Roo. *Avacient.* 3: 16-31.

Clarke, K.R. 1990. Comparison of dominance curves. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 138: 143 – 157.

Cruz-Abrego, F. M., 1991, Distribución de moluscos y caracterización ambiental en zonas de descarga de aguas continentales del Golfo de México. Universidad Autónoma de México. *An. Inst. Cienc. Del mar y Limnol.* 18: 247-259

Díaz- Merlano, J. M., 1994, Moluscos del Caribe Colombiano, un Catalogo Ilustrado. Editorial Conciencias y Fundación Natura. Colombia.

Di Rienzo, J. A., 1998. Infostat/Profesional, Programa computarizado. Versión 1.1. Universidad Nacional de Córdoba, Estadística y diseño.

EPA. 1986. Quality criteria for water 1986. Washington. D C.

Espina S y Vanegas C., 1996. Ecofisiología y contaminación. En Botello AV, Rojas-Galaviz JL, Benítez JA, Zárate Lomelí D (Eds.) *Golfo de México, Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias*. EPOMEX. Serie Científica N°5. Universidad Autónoma de Campeche. México. pp. 45-68.

Ferraro, S. P., R. C. Swartz, F. A. Cole y D. W. Schults. 1991. Temporal changes in benthos along a pollution gradient: discriminating the effects of natural phenomena from sewage-industrial wastewater effects. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 33: 383-407.

Gasca, R. y Castellanos, I. 1993. Zooplancton de la bahía de Chetumal, Mar Caribe, México. *Rev. Biol. Trop.* 41 (3): 619-625

García. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen Instituto de Geografía, UNAM 1ª ed. México, México, D. F. 246 p.

Golberg, E.D. 1984. The mussel watch concept, p. 5. In Sirena Noticias del programa del PNUMA para los mares regionales. Núm 23

Golberg, E.D., Koide, Hodge, M. V., Flegal, A. R. and Martin, T., 1983. U.S. Mussel Watch: 1977-1978. Results on trace metals and radionuclides. *Est. Shelf Sci.* 16: 69-93

González, N. E., 1998, Taxonomía de moluscos, ECOSUR

Gray, J. S (1981). The ecology of marine sediments. An introduction to the structure and function of benthic communities. Cambridge Univ. Press, Cambridge. 185p.

Hernández-Arana H. 2003. Influence of natural and antropogenic disturbance on the sofá bottom macrobenthic community of the Campeche bank, México. Tesis doctoral. Plymouth Marine Laboratory. 210 p.

Herrera-Silveira, J.A., A. Jiménez zaldívar, M. Aguayo González, J. Trejo Peña, I. Medina Chan, F. Tapia González, I. Medina Gómez y O. Vázquez-Montiel. 2002. Calidad del agua de la Bahía de Chetumal a través de indicadores de su estado trófico. En: F. J. Rosado-May, R. Romero Mayo y A. De Jesús Navarrete (Eds.). Contribuciones de la ciencia al manejo costero integrado de la Bahía de Chetumal y su área de influencia. Universidad de Quintana Roo, Chetumal, Q. Roo, México, p 185-196.

Johnson, R.K., T. Wiederholm, 1993. Freshwater biomonitoring using individual organisms, populations, and species assemblages of benthic macroinvertebrates, p. 40-157. In Rosenberg, D.M. y Resh, V.H. (Eds.). Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates. Chapman & Hall, NY, 488 pp.

Keen, A. M., 1971. Sea Shells Of Tropic West America: Marine mollusks from Baja California to Peru, Second Edition. Stanford University Press, Stanford, California, 1064 p.

Koelmans, A.A., E. Hubert, H.W. Koopman, R. Portielje, & S.H. Crum, 2000. Modeling the vertical distribution of carbendazim in sediments. *Environmental Toxicology and Chemistry.* 19: 793-800.

Lankfor, R. R., 1977, Coastal lagoons of Mexico. Their origin and clasification. En F. Contreras, Las lagunas costeras mexicanas, Centro de Ecodesarrollo, Secretaria de Pesca, 1985.

Llanes- Baeza, C. A., 2002, Evaluación de los Mejillones *Mytilopsis sallei* (Reclúz) Y *Brachidontes exustus* (Linné) como Bioindicadores de Materia orgánica en la Bahía de Chetumal, México. *Universidad y Ciencia*. 18(35): 29-41.

MacArthur, R. H., 1972. Geographical Ecology, N. J: Princeton University Press.

Mora J., Planas M. y Silva R. 1989. Impacto de la contaminación orgánica en la Ensenda de Lourizán. *Cah. Biol. Mar.* 30: 181-199

Morales, B. Y Olivera, L. D., 1974. Distribución espacial y estimación poblacional de los manatíes en la bahía de Chetumal, Quintana Roo, México. *Rev. Inv. Cient., UABCS*, 2.

Navarrete, A. de J., 2000, Distribución de los sedimentos en la bahía de Chetumal, Quintana Roo, México. *Hidrobiologica*. 10(1): 61-67

Odum, E. P., 1985. Trends expected in stressed ecosystems. *BioScience*. 35: 419-422.

Ortíz Hernández, M. C. y Sáenz Morales, J. R., 1995. Plaguicidas organoclorados. In: Ortiz, H. Coord, Estudio emergente sobre la mortalidad de bagres en la bahía de Chetumal, El colegio de la Frontera Sur, Chetumal, 72 p.

Ortíz Hernández, M. C. y Sáenz Morales, J. R., 1996. Detergentes domésticos como factor contaminante en la zona urbana de la Bahía de Chetumal, Quintana Roo, México. *Avicennia*. 4(5): 65-75.

Ortíz Hernández, M. C., 1997. Estudio emergente sobre la mortalidad de bagres en la bahía de Chetumal. Secretaria de infraestructura, Medio Ambiente y Pesca, Gobierno del Estado de Quintana Roo, El Colegio de la frontera sur- Unidad Chetumal, Quintana Roo.

Ortiz-Hernández, M.C. and R. Sáenz-Morales, 1999. Effects of organic material and distribution of fecal coliforms in Chetumal Bay, Quintana Roo, México. *Environ. Monit. Asses.* 55:423-434.

Ortiz-Hernández, María Concepción & Sáenz Morales, Ricardo. 1997. Effects of organic material and distribution of fecal coliforms in Chetumal Bay, Quintana Roo. *ECOSUR.* 423-434.

Pearson, T. H. Y Rosenberg, 1978. Macrobenthic Succession in Relation to Organic Enrichment and Pollution of the Marine Environ. *Ann. Rev. Oceanogr. Mar. Biol.* 16:229-312

Peeters, E. T. H. M., J. J. P. Gardeniers y A. A. Koelmans. 2000. Contribution of trace metals in structuring in situ macroinvertebrate community composition along a salinity gradient. *Environmental Toxicology and Chemistry* 19: 1002-1010.

Perez-Osuna, F., 1984, Comparación de Tres Técnicas para Analizar Materia Orgánica en Sedimentos, Universidad Autónoma de México, *An. Inst. Cienc. Del mar y Limnol.* 11:257-264,

Phillips, J.H. and K. Muttarasin, 1985. Trace metals in bivalve molluscs from Thailand. *Marine Environm. Res.*15: 215-234

Purchon, R. D. 1977. The biology of the Mollusca. 2nd Edition. Pergamon Press.

Pusey, 1964. Recent Calcium Carbonate sedimentation in Northern British Honduras, Ph. D. Thesis, Rice University, Houston, 274 p.

Resh, V.H., 1979. Biomonitoring, species diversity indices and taxonomy, p. 241-253 In Grassle, J.F., G.P. Patil, W. Smith y C. Taille (Eds.). Ecological Diversity in Theory and Practice. Inter. Co-Operat. Publ. House, Fairland

Rosado May, J. Francisco, Romero Mayo, Rafael, Medina Gamez, Yolanda. 2001. Retos y perspectivas de la bahía de Chetumal y sus alrededores: un análisis de la bibliografía publicada. Universidad de Quintana Roo. Impresiones Profesionales del Sureste S. A. de C. V. 84pp.

Salazar-Silva, P. 1998. Cambios en la estructura de la comunidad del macrobentos y su relación con contaminantes orgánicos en sedimentos de la bahía de Chetumal, Quintana Roo. Tesis de Licenciatura. CINVESTAV, Mérida, Yucatán. Noviembre.

Salazar-Vallejo, S., 1991. Contaminación Marina: Métodos de Evaluación Biológica. CIQRO. Fondo Publ. Ed. Gob. Q. Roo, Chetumal, 193 p.

Solis-Weis, V., 1982, Aspectos Ecológicos de la Contaminación Orgánica sobre el Macrobentos de las Cuencas de Sedimentación en la Bahía de Marsella (Francia). Universidad Autónoma de México, *An. Inst. Cienc. Del mar y Limnol.* 9:19-44

Soto, E. Indicadores Biológicos de Ecosistemas Marinos de Fondos Blandos y su Importancia en los Programas de Monitoreo Ambiental. VI jornadas del CONAPHI-CHILE Laboratorio de ecología e impactos ambientales, Instituto de Oceanología, Universidad de Valparaíso, Chile

Vargas, J. M., 1991. Análisis Granulométrico de Sedimentos. Programa computarizado. Versión 1.0. Museo de Zoología. Fac. Biol. Univ. de Jalapa, Veracruz, México.

Wantland, K. F. 1969. Foraminiferal assemblages of the Coastal Lagoons of British Honduras. *Lagunas Costeras, un Simposio. Mem. Simp. Intern. Lagunas costeras.* UNAM-UNESCO, Nov. 28-30

Warwick, R. B. 1986. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. *Mar. Biol.* 92:557-562.

ANEXOS

Anexo 1.- Localización geográfica de cada estación de muestreo

Estación	Nombre	Distancia	Latitud N	Latitud W
1	DINA	A-50m	NR	NR
		B-150m	36°11'41"	2045403
		C-300m	36°12'31"	2045297
2	PARQUE RENACIMIENTO	A-50m	36°24'70"	2045175
		B-150m	36°25'12"	2045113
		C-300m	36°24'93"	2045084
3	MUELLE FISCAL	A-50m	36°29'09"	2045151
		B-150m	36°29'89"	2045017
		C-300m	36°30'15"	2044856
4	CONGRESO DEL EDO	A-50m	36°35'36"	2045088
		B-150m	36°35'13"	2044935
		C-300m	36°34'60"	2044774
5	PLAYA PUNTA ESTRELLA	A-50m	36°36'84"	2045175
		B-150m	36°37'74"	2045112
		C-300m	36°38'93"	2044989
6	RESTAURANTE LEO'S BAR	A-50m	36°41'43"	2045259
		B-150m	36°41'59"	2045136
		C-300m	36°42'25"	2045029
7	GRAN PLAZA	A-50m	36°43'79"	2045360
		B-150m	36°44'30"	2045323
		C-300m	36°45'09"	2045285
8	CENTRO SOCIAL BELLAVISTA	A-50m	36°44'51"	2045643
		B-150m	36°44'84"	2045622
		C-300m	36°46'07"	2045619
9	REFUGIO DE AVES	A-50m	NR	NR
		B-150m	36°46'49"	2045965
		C-300m	NR	NR
10	PLAYA 2 MULAS	A-50m	36°51'73"	2047047
		B-150m	36°52'30"	2046998
		C-300m	36°53'64"	2046991
11	UQROO	A-50m	NR	NR
		B-150m	NR	NR
		C-300m	NR	NR
12	CANAL DE PROTERRITORIO	A-50m	36°64'05"	2049047
		B-150m	36°65'37"	2049026
		C-300m	36°66'42"	2049039
13	PLAYA CALDERAS	A-50m	36°79'18"	2051982
		B-150m	36°79'79"	2051982
		C-300m	36°86'63"	2051970
14	BOCANA DEL RIO	A-50m	NR	NR
		B-150m	36°13'70"	2044087
		C-300m	36°14'16"	204442
15	BELICE 1	A-50m	36°20'22"	2044087
		B-150m	36°21'22"	2043402
		C-300m	36°21'09"	2043479
16	BELICE 2	A-50m	36°26'93"	2042089
		B-150m	36°27'34"	2042165
		C-300m	36°28'37"	2042165
17	CENTRO 1	PUNTUAL	36°32'95"	2044473
18	CENTRO 2	PUNTUAL	36°28'63"	2044416

Anexo 2.- Datos de los parámetros fisicoquímicos del primer muestreo (época de secas)

Transecto	Distancia	O. D. (mg/l)	pH	Temp (°C)	Salinidad (ppt)	M. O. (%)	Cond (mS)	SDT (mg/l)
1	A	0.47	7.00	30.57	7.80	1.58	14.82	8.79
	B	0.71	7.78	30.52	5.35	1.17	10.65	6.23
	C	1.17	7.73	30.86	6.12	1.04	12.03	7.05
2	A	0.89	7.70	30.71	7.36	1.36	14.32	8.39
	B	1.67	7.81	31.00	11.04	1.07	20.72	12.05
	C	1.48	7.77	30.79	8.30	1.14	16.99	10.02
3	A	1.79	7.96	31.01	16.09	2.21	32.82	18.15
	B	2.70	7.97	30.56	18.59	2.12	34.08	19.73
	C	3.74	7.99	30.55	18.15	2.66	32.36	19.2
4	A	4.71	8.02	31.22	18.60	1.74	33.93	19.61
	B	4.00	8.01	30.64	17.01	2.14	31.51	18.28
	C	2.96	8.16	29.58	20.96	1.98	36.59	21.88
5	A	3.40	8.15	29.90	21.63	1.80	37.84	22.48
	B	4.00	8.16	29.93	21.58	1.91	37.78	22.43
	C	5.12	8.23	29.80	21.77	1.77	37.98	22.48
6	A	6.17	8.17	31.66	20.93	2.09	37.94	21.87
	B	5.74	8.14	30.82	21.49	1.72	36.77	22.38
	C	6.64	8.26	30.18	22.33	2.07	39.16	23.16
7	A	6.37	8.09	32.36	21.24	1.68	38.97	22.18
	B	6.08	8.14	31.27	21.80	1.38	39.08	22.69
	C	6.56	8.18	30.61	22.12	2.50	39.12	22.97
8	A	7.15	8.17	32.13	21.39	1.34	38.99	22.32
	B	7.01	8.16	32.00	21.49	1.46	39.1	22.44
	C	6.74	8.19	30.77	22.12	2.33	39.24	22.98
9	A	6.74	8.18	31.61	21.89	2.31	39.24	22.98
	B	7.31	8.18	31.61	21.89	1.59	39.46	22.77
	C	7.31	8.05	30.53	21.74	1.77	39.46	22.77
10	A	5.25	7.97	31.00	21.55	0.76	38.39	22.49
	B	5.79	8.05	30.53	21.74	0.90	38.49	22.63
	C	6.45	8.06	30.48	21.86	1.78	38.61	22.72
12	A	5.66	8.14	34.69	21.51	1.14	40.12	22.47
	B	6.23	8.19	32.40	21.84	0.97	39.93	22.75
	C	8.35	8.18	31.47	21.92	2.18	39.44	22.81
13	A	8.40	8.19	31.60	21.61	1.19	38.78	22.37
	B	7.82	8.21	31.38	21.82	1.35	39.18	22.71
	C	7.61	8.24	31.22	21.90	1.27	39.19	22.77
14	A	4.01	7.71	30.15	4.81	0.68	9.18	5.6
	B	3.57	7.92	30.98	14.64	0.93	23.55	14.28
	C	3.75	7.80	30.60	5.29	0.69	15.01	5.79
15	A	3.41	8.01	31.05	20.15	1.39	36.41	21.21
	B	4.50	8.10	30.92	21.23	1.80	38.02	22.42
	C	5.09	8.19	30.70	21.85	2.05	38.74	22.71
16	A	5.06	7.96	30.23	15.16	2.59	27.18	16.52
	B	4.60	8.02	30.58	20.67	2.56	33.1	21.75
	C	4.38	7.98	30.47	18.42	2.22	32.96	19.39
17	17	9.34	8.21	31.05	22.17	2.19	39.51	23.03
18	18	9.33	8.20	31.44	22.06	1.57	39.66	22.92

Anexo 3.- datos de los parámetros fisicoquímicos del segundo muestreo (epoca de lluvias)

Transecto	Distancia	O. D. (mg/l)	pH	Temp (°C)	Salinidad (ppt)	M. O. (%)	Cond (mS)	SDT (mg/l)
1	A	1.7	7.13	30.09	2.2	1.73	3.56	2.72
	B	1.8	7.15	30.17	1.18	1.88	3.94	1.5
	C	1.4	7.24	29.79	1.04	1.23	2	1.34
2	A	1.6	8.03	31.15	9.66	1.37	19.54	10.79
	B	1.8	8.06	30.54	15.61	1.09	27.76	16.74
	C	1.8	8.06	30.27	16.14	0.97	29.37	17.25
3	A	1.5	7.85	30.85	12.94	2.61	21.68	14.16
	B		8.09	31.28	15.61	2.53	28.36	16.76
	C	1.4	8.14	30.86	15.86	2.71	28.67	16.99
4	A	1.9	8.17	29.94	15.9	2.55	26.17	17.01
	B	1.9	8.17	29.94	15.9	2.28	26.17	17.01
	C	1.8	8.18	30.01	17.67	1.8	31.87	18.72
5	A	1.7	8.13	30.01	17.51	2.33	30.9	18.58
	B	2	8.14	30.15	17.12	2.093	30	18.2
	C	2	8.12	30.21	16.24	2.35	30.81	17.34
6	A	2	8.05	30.61	17.25	2.02	31	18.34
	B	2.9	8.21	30.41	17.73	1.81	31.94	18.79
	C	2.4	8.21	30.51	16.11	2.4	30.23	17.23
7	A	3.3	8.17	30.97	15.47	1.88	27.71	16.61
	B	3.1	8.19	30.36	15.81	1.54	26.32	16.93
	C	3	8.26	30.08	14.43	2.51	26.64	15.57
8	A	3	8.22	31.13	14.6	1.84	26.72	15.76
	B	3	8.15	30.46	14.93	1.08	26.57	16.07
	C	2.8	8.2	30.08	13.78	2.59	25.67	14.93
9	A	3	8.15	31.74	15.15	1.75	27.81	16.31
	B	3	8.18	30.36	14.87	1.54	25.76	16.01
	C	3	8.17	30.32	16.36	2.46	26.44	16.3
10	A	2.4	8.31	31.24	16.96	0.92	31.04	17.87
	B	2.3	8.15	30.94	14.62	1.14	26.76	18.36
	C	2.3	8.13	31.14	15.37	1.89	28.29	15.71
11	A	2.1	8.25	30.74	16.77	1.68	30.41	17.86
	B	3.3	8.25	30.41	16.75	2.56	30.5	17.85
	C	3.4	8.35	30.46	17.93	2.36	32.19	18.94
12	A	4.7	8.25	31.35	16.78	1.43	31.31	17.89
	B	4.6	8.29	30.89	17.48	1.14	31.91	18.57
	C	4.9	8.35	30.64	19.2	2.56	34.41	20.2
13	A	3.4	7.97	30.67	16.74	1.69	30.17	17.84
	B	3.5	8.08	30.69	17.46	1.47	30.9	18.54
	C	3.3	8.17	30.64	17.74	1.38	31.9	18.81
14	A	1.3	6.86	30.01	1.24	1.04	3.24	1.58
	B	1.2	6.87	29.65	1.77	1.02	2.98	2.21
	C	1.4	7.14	29.86	4.06	1.01	7.01	4.73
15	A	1.8	6.6	29.02	2.91	1.28	4.41	3.53
	B	1.7	7.14	30.61	17.15	2.14	30.93	18.24
	C	1.5	7.9	30.41	17.41	2.06	31.27	18.49

Transecto	Distancia	O. D. (mg/l)	pH	Temp (°C)	Salinidad (ppt)	M. O. (%)	Cond (mS)	SDT (mg/l)
16	A	1.4	7.53	29.3	10.55	1	17.69	11.65
	B	1.5	7.69	29.52	10.09	2.66	18.15	11.17
	C	1.7	6.69	31.38	2.89	2	5.98	3.51
17	PUNTUAL	1.8	8.29	30.55	17.07	2.09	29.46	17.14
18	PUNTUAL	1.3	8.17	30.23	15.55	2.58	28.14	17.24

Anexo 4.- datos de los parámetros fisicoquímicos del tercer muestreo (época de nortes)

Transecto	Distancia	O. D. (mg/l)	pH	Temp (°C)	Salinidad (ppt)	M. O. (%)	Cond (mS)	SDT (mg/l)
1	A	1.7	7.13	30.09	2.21	1.61	4.19	2.72
	B	1.8	7.15	30.17	1.19	1.68	2.32	1.51
	C	1.4	7.24	29.8	1.05	1.5	2.06	1.34
2	A	1.6	8.03	31.2	9.66	1.29	16.6	10.8
	B	1.8	8.06	30.55	15.6	1.24	25.75	16.7
	C	1.8	8.07	30.28	16.1	1.18	26.55	17.3
3	A	1.5	7.85	30.85	13	2.63	21.78	14.2
	B	1.5	8.09	31.28	15.6	2.97	25.78	16.8
	C	1.4	8.14	30.86	15.9	3	26.14	17
4	A	1.4	8.17	29.94	15.9	1.91	26.17	17
	B	1.9	8.17	29.94	15.9	2.07	26.17	17
	C	1.8	8.18	30.01	17.7	2.12	28.81	18.7
5	A	1.8	8.13	30.01	17.5	2.27	28.58	18.6
	B	2	8.14	30.15	17.1	2.4	28.01	18.2
	C	2	8.12	30.21	16.2	1.77	26.68	17.3
6	A	2	8.06	30.61	17.3	2.11	28.22	18.3
	B	2.9	8.22	30.41	17.7	2.06	28.92	18.8
	C	2.9	8.21	30.51	16.1	1.64	26.51	17.2
7	A	3.3	8.17	30.98	15.5	1.64	25.56	16.6
	B	3.3	8.19	30.36	15.8	2.26	26.05	16.9
	C	3	8.26	30.08	14.4	2.46	23.96	15.6
8	A	3.1	8.22	31.13	14.6	1.46	24.25	15.8
	B	3.1	8.15	30.47	14.9	1.29	24.73	16.1
	C	2.8	8.2	30.08	13.8	1.95	22.97	14.9
9	A	3	8.16	31.8	15.2	1.65	25.09	16.3
	B	3	8.19	30.36	14.9	1.98	24.64	16
	C	3	8.17	30.32	16.4	2.31	26.44	16.3
10	A	2.4	8.31	31.24	17	1.93	31.05	17.9
	B	2.4	8.16	30.94	14.6	1.37	26.76	18.4
	C	2.6	8.13	31.14	15.4	1.94	28.29	15.7
11	A	2.1	8.25	30.74	16.8	1.43	27.49	17.9
	B	3.3	8.25	30.41	16.8	1.9	27.46	17.9
	C	3.4	8.35	30.46	17.9	2.38	29.21	19
12	A	4.7	8.25	31.36	16.8	1.3	27.53	17.9
	B	4.6	8.29	30.89	17.5	1.18	28.57	18.6
	C	4.9	8.35	30.64	19.2	2.24	31.08	20.2
13	A	3.4	7.97	30.68	16.7	1.5	27.45	17.8
	B	3.5	8.08	30.69	17.5	1.69	28.53	18.5
	C	3.3	8.08	30.69	17.5	1.71	28.52	18.5
14	A	1.5	6.87	30.01	1.24	0.88	2.44	1.58
	B	1.5	6.88	29.66	1.78	1.03	3.41	2.21
	C	1.4	7.2	29.86	4.07	1.01	7.28	4.73
15	A	1.8	6.61	29.03	2.92	1.76	5.44	3.53
	B	1.8	7.15	30.61	17.2	2.46	28.06	18.2
	C	1.5	7.91	30.41	17.4	2.59	28.45	18.5

Transecto	Distancia	O. D. (mg/l)	pH	Temp (°C)	Salinidad (ppt)	M. O. (%)	Cond (mS)	SDT (mg/l)
16	A	0.3	7.54	29.3	10.6	2.99	17.93	11.7
	B	1.7	7.69	29.52	10.1	2.44	17.19	11.2
	C	1.7	6.65	31.38	2.89	2.71	5.41	3.52
17	PUNTUAL	1.8	8.29	30.55	17.1	2.73	29.46	17.1
18	PUNTUAL	1.3	8.17	30.23	15.6	1.83	28.14	17.2