



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO

División de Ciencias e Ingeniería

**POLIQUETOS DE SUBSTRATO ROCOSO COMO BIOMONITORES
DEL ENRIQUECIMIENTO ORGÁNICO EN LA ZONA URBANA DE LA
BAHÍA DE CHETUMAL, QUINTANA ROO**

TESIS

**Como requisito para la obtención
del título de:**

INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTA

Addy Natalia Sansores Ibarra

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Víctor Hugo Delgado Blas

ASESORES PROPIETARIOS

M.C José Martín Rivero Rodríguez

Biol. Laura Patricia Flores Castillo

ASESORES SUPLENTES

Dr. José Manuel Carrión Jiménez

M.C. Juan Carlos Ávila Reveles

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

Biol. Laura Patricia Flores Castillo

Asesores Suplentes:

Dr. José Manuel Carrión Jiménez

M.C. Juan Carlos Ávila Reveles

Chetumal, Quintana Roo, Marzo 2007

Poliquetos de substrato rocoso como biomonitores del enriquecimiento orgánico en la zona urbana de la Bahía de Chetumal, Quintana Roo

Addy Natalia Sansores Ibarra
Universidad de Quintana Roo
Div. de Ciencias e Ingenierías

CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
LISTA DE FIGURAS.....	iii
LISTA DE TABLAS.....	vi
RESUMEN.....	1
I. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1 Objetivo General.....	6
1.2 Objetivos Particulares.....	6
1.3 Antecedentes.....	7
1.4 Área de estudio.....	9
II. MATERIAL Y MÉTODO.....	11
2.1 Muestreo en campo.....	12
2.2 Procesamiento de las muestras.....	13
2.3 Análisis Estadísticos de las muestras.....	17
III. RESULTADOS.....	19
3.1 Comportamiento general de los parámetros físico-químicos.....	20
3.2 Descripción general de la comunidad de los poliquetos.....	21
3.3 Composición de la comunidad de poliquetos.....	22
3.4 Época de Lluvias	
3.4.1 Comportamiento de los parámetros físico-químicos.....	24
3.4.2 Descripción de la comunidad de poliquetos.....	30
3.4.3 Índice de diversidad.....	34
3.4.4 Asociación de la composición faunística y las variables ambientales.....	36
3.4.5 Análisis de componentes principales.....	40
3.4.6 Similitud entre las estaciones.....	42
3.4.7 Relación de la materia orgánica con la composición faunística.....	46
3.4.8 Gráficas de comparación abundancia/biomasa (Curvas ABC)....	49

3.5 Época de Nortes	
3.5.1 Comportamiento de los parámetros físico-químicos.....	55
3.5.2 Descripción de la comunidad de poliquetos.....	61
3.5.3 Índice de diversidad.....	65
3.5.4 Asociación de la composición faunística y las variables ambientales.....	67
3.5.5 Análisis de componentes principales.....	72
3.5.6 Similitud entre las estaciones.....	74
3.5.7 Relación de la materia orgánica con la composición faunística.....	79
3.5.8 Gráficas de comparación abundancia/biomasa (Curvas ABC)....	81
IV. DISCUSIÓN	87
V. CONCLUSIONES	97
VI. RECOMENDACIONES	100
LITERATURA CITADA	102
ANEXOS	106

DEDICATORIA

A Dios, ya que en los momentos más difíciles, me ha dado las fuerzas para seguir adelante y porque a pesar de todo, nunca me ha dejado sola, en este largo camino que es la vida.

A mis padres:

Adriana Ibarra Baltazar y Víctor Fernando Sansores Vela

Porque ellos son mis pilares, me han brindado todo su apoyo, y su entera confianza durante el transcurso de la carrera.

A mi Hermano:

Cristian Alejandro Sansores Ibarra

A su muy singular manera, me ha apoyado y ayudado cuando lo he necesitado.

Realmente no se que haría sin ustedes.

A la familia Ibarra Baltazar

Porque gracias al carácter fuerte y luchador que he aprendido de ustedes, he logrado cumplir las metas que me he propuesto

AGRADECIMIENTOS

Especialmente quiero agradecerle al Dr. Víctor Hugo Delgado Blas, quién me brindó la oportunidad, de realizar mi trabajo de tesis durante la realización de su proyecto. Sé que hubo momentos buenos y malos, pero realmente espero haber cumplido con sus expectativas y no haberlo defraudado. Sinceramente Muchas Gracias.

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: Gerardo España Álvarez, José Gabriel Kuk Dzul, Jorge Luis Tejero Gómez y a la compañera Paulina Aguilar Martínez, por haber contribuido a la recolección y procesamiento de las muestras. Gracias a ellos el trabajo se hacia menos arduo y más ameno. Al buen compañero Adrián por su paciencia y colaboración durante todos los muestreos realizados.

A los profesores de la carrera de Ingeniería Ambiental, a quienes les agradezco por haberme brindado sus conocimientos.

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Área de estudio y localización de las estaciones de muestreo en la Bahía de Chetumal.....	15
Figura 2. Comparación de la materia orgánica (%C), presente en las dos temporadas climáticas.....	21
Figura 3. Abundancia de poliquetos, durante las dos temporadas climáticas.....	21
Figura 4. Biomasa total durante las dos temporadas climáticas.....	22
Figura 5. Abundancia por familias en las dos temporadas climáticas.....	23
Figura 6. Biomasa por familias en ambas temporadas climáticas.....	23
Figura 7. Concentraciones de materia orgánica (%C) en los sedimentos en la temporada de lluvias.....	25
Figura 8. Temperatura (°C) en las estaciones de muestreo de la Bahía de Chetumal, en la temporada de lluvias.....	26
Figura 9. Oxígeno disuelto (mg/l) en las estaciones de muestreo de la Bahía de Chetumal, en la temporada de lluvias.....	26
Figura 10. Valores de pH en las estaciones de muestreo, en la Bahía de Chetumal, en la temporada de lluvias.....	27
Figura 11. Concentraciones de salinidad (ppm) en las estaciones de muestreo en la temporada de lluvias.....	28
Figura 12. Concentración de sólidos disueltos (g/l), en las estaciones de muestreo, en la temporada de lluvias.....	28
Figura 13. Concentración de conductividad (mS/cm) en las estaciones de muestreo, en la temporada de lluvias.....	29
Figura 14. Porcentajes de la abundancia de poliquetos por familias, en la temporada de lluvias.....	30
Figura 15. Abundancia de poliquetos por familias en los transectos de muestreo, en la temporada de lluvias.....	31
Figura 16. Abundancia de poliquetos por distancia, en la temporada de lluvias.....	31
Figura 17. Abundancia de poliquetos por distancia, en la temporada de lluvias.....	32
Figura 18. Porcentajes de la abundancia de poliquetos por especie, en la temporada de lluvias.....	33
Figura 19. Índice de diversidad por distancias en la temporada de lluvias	35
Figura 20. Matriz de diagramas de dispersión de las variables ambientales y la abundancia de poliquetos, en la temporada de lluvias...	38
Figura 21. Matriz de diagramas de dispersión de las variables ambientales y la biomasa de poliquetos, en la temporada de lluvias.....	39
Figura 22. Diagrama de ordenación en dos dimensiones del análisis de componentes principales de las estaciones de muestreo en la temporada de lluvias.....	40
Figura 23. Dendrograma resultante del análisis de similaridad de la abundancia de poliquetos en la temporada de lluvias.....	42

Figura 24. Dendrograma resultante del análisis de similaridad de la biomasa de poliquetos en la temporada de lluvias.....	43
Figura 25. Dendrograma resultante del análisis de similaridad del número de especies de poliquetos en la temporada de lluvias.....	44
Figura 26. Dendrograma resultante del análisis de similaridad del índice de diversidad de Shannon-Weaner en la temporada de lluvias.....	45
Figura 27. Dendrograma resultante del análisis de similaridad del porcentaje de materia orgánica presente en el sedimento superficial de las rocas en la temporada de lluvias.....	46
Figura 28. Análisis de regresión del porcentaje de materia orgánica y la abundancia de poliquetos en la temporada de lluvias.....	47
Figura 29. Análisis de regresión del porcentaje de materia orgánica y la biomasa de poliquetos en la temporada de lluvias.....	47
Figura 30. Análisis de regresión del porcentaje de materia orgánica y la diversidad de poliquetos en la temporada de lluvias.....	48
Figura 31. Análisis de las curvas ABC de los sitios que no presentaron perturbación, en la temporada de lluvias.....	49
Figura 32. Análisis de las curvas ABC, de los sitios que presentaron perturbación moderada, en la temporada de lluvias.....	50
Figura 33. Análisis de las curvas ABC, de los sitios altamente perturbados, en la temporada de lluvias.....	52
Figura 34. Análisis de las curvas ABC de los transectos moderadamente perturbados, en la temporada de lluvias.....	53
Figura 35. Análisis de la curva ABC del transecto altamente perturbado, en la temporada de lluvias.....	54
Figura 36. Análisis de la curva ABC de toda la zona de estudio, en la temporada de lluvias.....	54
Figura 37. Concentraciones de materia orgánica (%C) en los sedimentos en la temporada de nortes.....	56
Figura 38. Temperatura (°C) en las estaciones de muestreo de la Bahía de Chetumal, en la temporada de nortes.....	56
Figura 39. Oxígeno disuelto (mg/l) en las estaciones de muestreo de la Bahía de Chetumal, en la temporada de nortes.....	57
Figura 40. Valores de pH en las estaciones de muestreo, en la Bahía de Chetumal, en la temporada de nortes.....	58
Figura 41. Concentraciones de salinidad (ppm) en las estaciones de muestreo en la temporada de nortes.....	59
Figura 42. Concentración de sólidos disueltos (g/l), en las estaciones de muestreo, en la temporada de nortes.....	59
Figura 43. Concentración de conductividad (mS/cm) en las estaciones de muestreo, en la temporada de nortes.....	60
Figura 44. Porcentajes de la abundancia de poliquetos por familias, en la temporada de nortes.....	61
Figura 45. Abundancia de poliquetos por familias en los transectos de muestreo, en la temporada de nortes.....	62
Figura 46. Abundancia de poliquetos por distancia, en la temporada de nortes.....	62

Figura 47. Abundancia de poliquetos por transecto, en la temporada de nortes.....	63
Figura 48. Porcentajes de la abundancia de poliquetos por especie, en la temporada de nortes.....	64
Figura 49. Índice de diversidad por distancias en la temporada de nortes	66
Figura 50. Matriz de diagramas de dispersión de las variables ambientales y la abundancia de poliquetos, en la temporada de nortes...	70
Figura 51. Matriz de diagramas de dispersión de las variables ambientales y la biomasa de poliquetos, en la temporada de nortes.....	71
Figura 52. Diagrama de ordenación en dos dimensiones del análisis de componentes principales de las estaciones de muestreo en la temporada de nortes.....	72
Figura 53. Dendrograma resultante del análisis de similaridad de la abundancia de poliquetos en la temporada de nortes.....	74
Figura 54. Dendrograma resultante del análisis de similaridad de la biomasa de poliquetos en la temporada de nortes.....	75
Figura 55. Dendrograma resultante del análisis de similaridad del número de especies de poliquetos en la temporada de nortes.....	76
Figura 56. Dendrograma resultante del análisis de similaridad del índice de diversidad de Shannon-Weaner en la temporada de nortes.....	77
Figura 57. Dendrograma resultante del análisis de similaridad del porcentaje de materia orgánica presente en el sedimento superficial de las rocas en la temporada de nortes.....	78
Figura 58. Análisis de regresión del porcentaje de materia orgánica y la abundancia de poliquetos en la temporada de nortes.....	79
Figura 59. Análisis de regresión del porcentaje de materia orgánica y la biomasa de poliquetos en la temporada de nortes.....	79
Figura 60. Análisis de regresión del porcentaje de materia orgánica y la diversidad de poliquetos en la temporada de nortes.....	80
Figura 61. Análisis de las curvas ABC de los sitios que no presentaron perturbación, en la temporada de nortes.....	81
Figura 62. Análisis de las curvas ABC, de los sitios que presentaron perturbación moderada, en la temporada de nortes.....	83
Figura 63. Análisis de las curvas ABC, de los sitios altamente perturbados, en la temporada de nortes.....	83
Figura 64. Análisis de las curvas ABC, de los transectos que no se encuentran perturbados en la temporada de nortes.....	84
Figura 65. Análisis de las curvas ABC de los transectos moderadamente perturbados, en la temporada de nortes.....	85
Figura 66. Análisis de la curva ABC del transecto altamente perturbado, en la temporada de nortes.....	85
Figura 67. Análisis de la curva ABC de toda la zona de estudio, en la temporada de nortes.....	86

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Denominación y descripción de los transectos y las estaciones de muestreo.....	16
Tabla 2. Promedio de los parámetros fisicoquímicos de la columna de agua y el porcentaje de materia orgánica del sedimento superficial de las rocas, para las dos temporadas climáticas en las que se realizaron los muestreos.....	20
Tabla 3. Especies de poliquetos identificadas en la temporada de lluvias en la Bahía de Chetumal.....	33
Tabla 4. Valores del índice de diversidad (H'), número de especies (S), y abundancia (N) por estaciones en la temporada de lluvias.....	34
Tabla 5. Coeficientes de correlación de la abundancia y la biomasa con las variables ambientales, en la temporada de lluvias.....	36
Tabla 6. Coeficientes de correlación de la abundancia por familias, con las variables ambientales, en la temporada de lluvias.....	36
Tabla 7. Coeficientes de correlación de la biomasa por familias con las variables ambientales en la temporada de lluvias.....	37
Tabla 8. Porcentaje de variación explicado por los dos primeros componentes y los coeficientes para la combinación lineal de las variables ambientales.....	41
Tabla 9. Especies de poliquetos identificadas en la temporada de nortes en la Bahía de Chetumal.....	64
Tabla 10. Valores del índice de diversidad (H'), número de especies (S), y abundancia (N) por estaciones en la temporada de nortes.....	65
Tabla 11. Coeficientes de correlación de la abundancia y la biomasa con las variables ambientales, en la temporada de nortes.....	67
Tabla 12. Coeficientes de correlación de la abundancia por familias, con las variables ambientales, en la temporada de nortes.....	67
Tabla 13. Coeficientes de correlación de la biomasa por familias con las variables ambientales en la temporada de nortes.....	68
Tabla 14. Porcentaje de variación explicado por los dos primeros componentes y los coeficientes para la combinación lineal de las variables ambientales, en la temporada de nortes.....	73
Tabla 15. Abundancia por especies y su porcentaje de abundancia relativa para la temporada de lluvias.....	95
Tabla 16. Abundancia por especies y su porcentaje de abundancia relativa para la temporada de nortes.....	96

Poliquetos de substrato rocoso como biomonitores del enriquecimiento orgánico en la zona urbana de la Bahía de Chetumal, Quintana Roo

Addy Natalia Sansores Ibarra
Universidad de Quintana Roo
Div. de Ciencias e Ingenierías
Marzo 2007

RESUMEN

La zona urbana de la bahía de Chetumal recibe aportes de materia orgánica provenientes de algunos drenajes de aguas pluviales y residuales. En ambas temporadas climáticas (lluvias y nortes) se observó un comportamiento similar de los parámetros fisicoquímicos de la columna de agua. La variación en el promedio del porcentaje de materia orgánica presente en el sedimento superficial de la roca, no fue significativa entre las temporadas climáticas. Durante las dos temporadas climáticas se identificaron 8 especies de poliquetos: *Nereis caymanensis*, *Rullienereis bahamensis*, *Prionospio sp.*, *Polydora cornuta*, *Eteone heteropoda*, *Capitella capitata*, *Lanice conchilega* y *Ficopomatus.sp.* Los altos porcentajes de materia orgánica no afectan la abundancia ni la biomasa de la comunidad de poliquetos de substrato rocoso, pero si su diversidad, ya que en los sitios con altos porcentajes de materia orgánica, se presentaron los valores más bajos del índice de diversidad de Shannon - Weiner. En promedio los sedimentos de la zona de estudio se encontraron dentro del intervalo 1 – 2 %C, lo cual indica que son sedimentos moderadamente perturbados. Mediante el análisis de las curvas ABC, se determinó que la zona urbana de la Bahía de Chetumal es un ambiente moderadamente perturbado. Debido a la predominancia de la especie *Nereis caymanensis*, no se pudo realizar un buen ajuste de las curvas log normal, debido a esta situación, no se identificaron especies indicadoras de contaminación por materia orgánica.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

Chetumal desde su fundación carece de un sistema eficiente de alcantarillado para canalizar sus aguas residuales. Únicamente el 35% de la población (dato proporcionado por la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado), cuenta con este sistema, el resto solamente tiene fosas sépticas, las cuales en su mayoría no se encuentran bien construidas y solamente son pozos de absorción, permitiendo la infiltración de las aguas residuales al manto freático y éstos a la bahía.

Las actividades laborales y de recreación realizadas en la ciudad, producen disturbios físicos y químicos que afectan a las comunidades bénticas de aguas poco profundas. El mayor contaminante en las aguas, es la materia orgánica que proviene de las descargas de aguas residuales (Gray, 1981), y antes del año 2000, cuando empezó la implementación de las plantas de tratamiento en la ciudad de Chetumal, las aguas residuales provenientes de los drenajes, se vertían directamente a la bahía, provocando un enriquecimiento orgánico en los sedimentos.

El enriquecimiento orgánico alcanza cierta magnitud, superpone su propio gradiente sobre el ambiente y puede inducir modificaciones en las distribuciones de los organismos, que anteriormente se encontraban controlados, por la salinidad y la temperatura (Pearson y Rosenberg, 1978). Se considera, que entre el lugar más afectado o alterado y prácticamente desfaunado, hasta el más apartado del foco de alteración y “normal”, existen 3 estadios sucesionales definidos:

- 1) máximo de oportunistas, con grandes números y pocas especies;
- 2) punto ecotonal, donde la abundancia es baja, siendo también pobre la comunidad en especies y biomasa;
- 3) zona de transición, que se inicia con grandes fluctuaciones de las poblaciones y que progresa hacia una comunidad “normal” más estable (Pearson y Rosenberg, 1978).

Las comunidades bénticas poseen relativamente, una vida larga y estable, y su condición ha sido usada a menudo como un índice para evaluar la contaminación orgánica (Leppakoski, 1975). Para detectar posibles alteraciones en las comunidades naturales, se han utilizado diversas metodologías, entre ellas esta el uso de índices numéricos como son: índice de diversidad de Shannon, técnica de rarefacción de Sanders y otros índices de contaminación (Pearson y Rosenberg, 1978); también se han utilizado las llamadas especies indicadoras e índices faunísticos (Reish, 1980; Bellan, 1985). Otras metodologías empleadas han utilizado por ejemplo el ajuste a una distribución log-normal de individuos por especie (Gray y Mirza, 1979; Gray, 1981a, b), y curvas de abundancia (Shaw *et al.* 1983; Lamshead *et al.* 1983).

Por lo tanto, las comunidades bénticas marinas de áreas relativamente cerradas, son más propensas a posibles alteraciones debido a la intervención o influencia antrópica. La zona urbana de la Bahía de Chetumal, se encuentra sometida a altos aportes de materia orgánica, debido a los efluentes domésticos que son descargados en sus aguas (Ortiz y Saénz, 1997).

Los poliquetos se han utilizado como indicadores de contaminación orgánica debido a su gran abundancia y sensibilidad a diferentes cantidades de materia orgánica en sedimentos. Muestran una gran diversidad de estrategias reproductivas y ciclos de vida que les da una gran capacidad de adaptación. Son útiles para estudiar el efecto de los contaminantes debido a que son organismos sedentarios o relativamente de poca movilidad, esta característica nos permite evaluar diversos grados de perturbación y contaminación del fondo. Estudios realizados por Reish (1959), Bellan (1967), Gray (1981), Glémarec y Hily (1981), Hily (1983), Hily *et al.* (1986), Hily y Glémarec (1990), han demostrado que varias familias de poliquetos como Capitellidae, Spionidae y Cirratulidae, son excelentes indicadores de diferentes grados de contaminación, producidos principalmente por aguas residuales domésticas. Estas familias presentan mayores abundancias, en ambientes que se encuentran contaminados.

El presente trabajo pretende conocer las variaciones más importantes en el tiempo y en el espacio, de la estructura y composición de las poblaciones de poliquetos de substrato rocoso. La relación entre la distribución, abundancia y biomasa de los poliquetos con el porcentaje de materia orgánica presente en el sedimento de la superficie de la roca, o del sedimento más cercano a la roca analizada.

La hipótesis de trabajo que se plantea, es que la distribución y estructura de los poliquetos de substrato rocoso, es modificada por las elevadas concentraciones de materia orgánica, provenientes de la ciudad de Chetumal.

Con este trabajo se propone utilizar a los poliquetos de substrato rocoso, como biomonitores del cambio ambiental en la zona urbana de la Bahía de Chetumal, y determinar si algunas de las especies encontradas pueden fungir como bioindicadores de contaminación a largo plazo.

1.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el impacto de la contaminación orgánica por medio de la estructura de los poliquetos de substrato rocoso

1.2 OBJETIVOS PARTICULARES

- Determinar la abundancia, biomasa y distribución espacial y temporal de los poliquetos;
- Determinar las características fisicoquímicas espaciales y temporales de la columna de agua y sedimento (materia orgánica, pH, salinidad, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad, sólidos disueltos);
- Identificar las especies indicadoras de cambios ambientales debido a la contaminación orgánica.

1.3 ANTECEDENTES

Se han realizado estudios, donde se reconoce que los detergentes y el amonio han afectado las condiciones de la bahía (Ortiz y Saénz, 1996), y esto también ha propiciado un incremento en las concentraciones de coliformes fecales, lo cual representa un riesgo para la población de la ciudad de Chetumal (Ortiz y Sáenz, 1997), estas alteraciones fueron provocadas principalmente por las descargas de aguas residuales a la bahía. Chavira-Martínez *et al* (1992), determinó la presencia de una contaminación incipiente, principalmente bacteriológica, en la zona urbana de la Bahía de Chetumal, debido en gran parte a las descargas clandestinas directas e indirectas de aguas residuales vertidas en la bahía. Cano y Flores (1989), evaluaron el efecto que ocasionan las descargas de aguas residuales y el drenaje pluvial, sobre la vida bacteriana y planctónica y en las variaciones de algunos parámetros fisicoquímicos de la zona urbana de la bahía.

También se cuenta con un resumen acerca de los estudios de calidad del agua de la Bahía de Chetumal, (Flores y García, 2001). Navarrete *et al* (2000), determinó las características más importantes de los sedimentos en la bahía, como el tamaño promedio de grano y el contenido de materia orgánica.

Estudios realizados acerca de la fauna bentónica son escasos. Se puede citar el trabajo descriptivo sobre aspectos generales de la flora y fauna de la zona sur del estado de Quintana Roo, de Salazar-Vallejo *et al*, (1991) y el realizado por Carrera-Parra *et al*, (1997), el cual empleo a los organismos del bentos como un posible indicador del impacto crónico originado en la ciudad de Chetumal y en las zonas agrícolas adyacentes. Salazar-Silva, (1998), evaluó los cambios en la estructura de la comunidad de macrobentos y su relación con los contaminantes orgánicos presentes en el sedimento de la Bahía de Chetumal.

En cuanto al uso de los organismos bentónicos como bioindicadores de contaminación orgánica en la bahía de Chetumal, se cuenta con el trabajo de Llanes-Baeza (2002), en el cual determinó como especies indicadoras de

contaminación por materia orgánica, a dos especies de mejillones: *Mytilopsis sallei* y *Brachiodontes exustus*. Dos especies de poliquetos de la familia Nereididae: *Nereis sp.* y *Laeonereis culveri*, han sido empleadas como bioindicadoras del contenido de materia orgánica (González, 2001).

Para la Bahía de Chetumal, no se tienen trabajos publicados acerca del uso de los poliquetos de substrato rocoso como bioindicadores de contaminación por materia orgánica. Kuk-Dzul, (2007), realizó un trabajo utilizando a los poliquetos de substrato arenoso como biomonitores, en el cual propuso a la especie *Capitella cf. capitata*, como indicadora de contaminación orgánica para la zona urbana de la Bahía de Chetumal.

1.4 ÁREA DE ESTUDIO

La bahía de Chetumal, esta situada en el sureste de la Península de Yucatán, enmarcada entre los 19°53´ y 18°52´ N y los 87°51´ y 88°23´ W, el clima de la región es del tipo AW4 y AW2, que corresponden a cálido subhúmedo con lluvias en verano. La media anual de la temperatura ambiental es de 27°C y la temperatura máxima es de 32°C y la mínima es de 14°C.

Es un cuerpo de agua somero con numerosos bajos, los cuales no permiten la navegación a embarcaciones de gran calado, en su parte central la profundidad es de 4.5 m.

Presenta una forma alargada de norte a sur con una longitud promedio de 60 km y una anchura de 20 km, con un área total de 1100 km² (Delgado y Chavira, 1984), la comunicación al Mar Caribe, se presenta a través de un gran canal de aproximadamente 50 km de largo y 20 km de ancho.

La bahía presenta características estuarinas, debido a la mezcla de agua dulce del Río Hondo y de otros afluentes terrestres y de agua salada del Mar Caribe, se presentan dos áreas con condiciones diferentes de salinidad, una de la isla de Tamalcab a la parte norte de la bahía con salinidades más estables de 11 a 12 gr/l; y otra en la parte sur hacia la bocana del Río Hondo, donde la salinidad disminuye hasta condiciones de agua dulce con salinidades de hasta 1 gr/l.

El sedimento de la bahía en el área de influencia del Río Hondo y en la mayor parte de la línea de costa oeste, se encuentran sedimentos finos de fácil remoción, que provocan turbidez al agua, en la costa este, cerca del Mar Caribe se combinan estos sedimentos con arenas.

La Bahía de Chetumal se encuentra en un área en donde las rocas superficiales son carbonatos, los que le da diversas características karstícas.

Debido a la baja profundidad (un promedio de 3.28 m), el movimiento del agua esta determinado más por la influencia de los vientos, que por la posición

de la luna y el sol, ya que con vientos del norte se presentan mareas bajas, debido al empuje del agua hacia el Mar Caribe y contrario a esto con vientos del este y sureste se presentan las mareas más altas, este fenómeno influye directamente con la turbidez del agua, ya que con las mareas bajas disminuye el movimiento del agua y permite la sedimentación de los sólidos que provocan turbidez.

La ciudad de Chetumal esta localizada en la costa oeste de la bahía, cerca de la desembocadura con el Río Hondo. La zona urbana bordea alrededor de 10 km de línea de costa (Ortiz y Saénz, 1997). Se observaron descargas de aguas residuales a la Bahía, estas descargas presentan un flujo variable y las más importantes son las ubicadas junto al Muelle Fiscal y frente al monumento Renacimiento, junto a los terrenos de la antigua Expofer.

CAPÍTULO II

MATERIAL Y MÉTODO

2.1 Muestreo en campo

Se realizaron dos muestreos; el primer muestreo se realizó durante la época de lluvias (julio a octubre) del 13 al 15 de octubre de 2005; el segundo muestreo en la época de nortes (noviembre a febrero), del 25 al 27 de febrero de 2006.

En la zona conurbana de la Bahía Chetumal se consideraron 18 transectos divididos en 3 zonas. La zona que se encuentra en el área costera de Chetumal (zona 1), estuvo conformada por 13 transectos, y cada transecto tuvo 3 estaciones. (Figura 1). Estos transectos, fueron seleccionados debido a la presencia de antiguos drenajes que desembocaban directamente en la Bahía de Chetumal.

En la zona 2 se ubicaron los transectos testigo, localizándose a 1 km de distancia (paralelo a la zona 1). Esta zona contó con 3 transectos de muestreo (transectos 14 - 16) Cada uno de los transectos estuvo conformado por 3 estaciones.

En la zona 3, se ubicaron sólo dos estaciones testigo y no transectos. Esta zona se localizó en línea recta desde la bocana del Río Hondo hacia el centro de la zona 1 y 2, la distancia entre estación y estación fué de 500 m.

En la tabla 1, se presenta el nombre de las localidades del área de estudio, al igual que se especifica la denominación de cada una de las estaciones que conformaron los transectos.

Sobre los transectos de la zona 1 y 2 se tomaron muestras a 50, 150 y 300m (estaciones) para observar los posibles cambios en la diversidad o estructura de los poliquetos a mayor distancia de la línea de costa. Las diferentes distancias se identificaron con las letras A, B y C, respectivamente. En la zona 3, las muestras (estaciones) fueron puntuales.

En cada una de las estaciones de muestreo, se recolectaron 3 rocas (réplicas) de manera aleatoria en diferentes puntos de cada estación, esto con la finalidad de obtener una mayor cantidad de datos para los análisis estadísticos. En la zona 3 las muestras fueron puntuales, debido a que es una zona profunda (Fig. 1).

Cada una de las rocas colectadas fue fijada con formol al 10%, esto con la finalidad de preservar los organismos, hasta su posterior análisis en el laboratorio.

Además de las rocas, en cada estación de muestreo, se tomaron los parámetros fisicoquímicos (temperatura, conductividad, pH, sólidos disueltos, oxígeno disuelto, salinidad,) del cuerpo de agua con una sonda YSI 6600, y muestras de sedimento del mismo lugar de donde se sacaron las rocas, para analizar su contenido de materia orgánica. Los sedimentos fueron empaquetados para su análisis posterior (materia orgánica). Estas determinaciones se utilizaron para caracterizar debidamente el área de muestreo desde el punto de vista de sus variables ambientales, y de ésta manera se pudo correlacionar la distribución y abundancia de los organismos.

2.2 Procesamiento de las muestras

Para extraer los organismos de las rocas colectadas, estas fueron sumergidas en agua de la llave durante 24 horas, esto se realizó con la finalidad de remover el exceso de formol.

Las rocas fueron medidas (largo y ancho), con la finalidad de conocer el tamaño de la roca. Las rocas se pesaron con una báscula marca Nuevo León (10kg), determinándose su volumen por medio del Principio de Arquímedes (dato aproximado).

En primera instancia se analizó la parte superficial de la roca, con el objetivo de extraer los poliquetos que se encontrarán en ella, al término de este procedimiento, se procedió a fragmentar la roca, para poder extraer los

organismos que se encontraran dentro de ella. Los organismos colectados de las rocas se preservaron en alcohol etílico al 70%.

Los organismos fueron separados, contados e identificados hasta nivel de especie. Los organismos fueron identificados con un esteroscopio marca ZEISS, modelo Stemi SV6, y con un microscopio óptico marca ZEISS modelo Axiostar Plus. Para identificar los organismos a nivel de familia, se utilizó la clave Salazar-Vallejo (1988). Para la identificación de los organismos a nivel de especie, se utilizaron las claves: Uebelacker & Jhonson (1983) y Delgado (2004).

Los organismos, se pesaron en una balanza analítica marca OHAUS, con el objetivo de determinar la biomasa de los poliquetos.

El contenido de materia orgánica del sedimento que se encontraba en la parte superficial de las rocas colectadas, se determinó por medio de la técnica de oxidación en húmedo con dicromato de potasio en medio ácido (Holme y McIntyre, 1984).

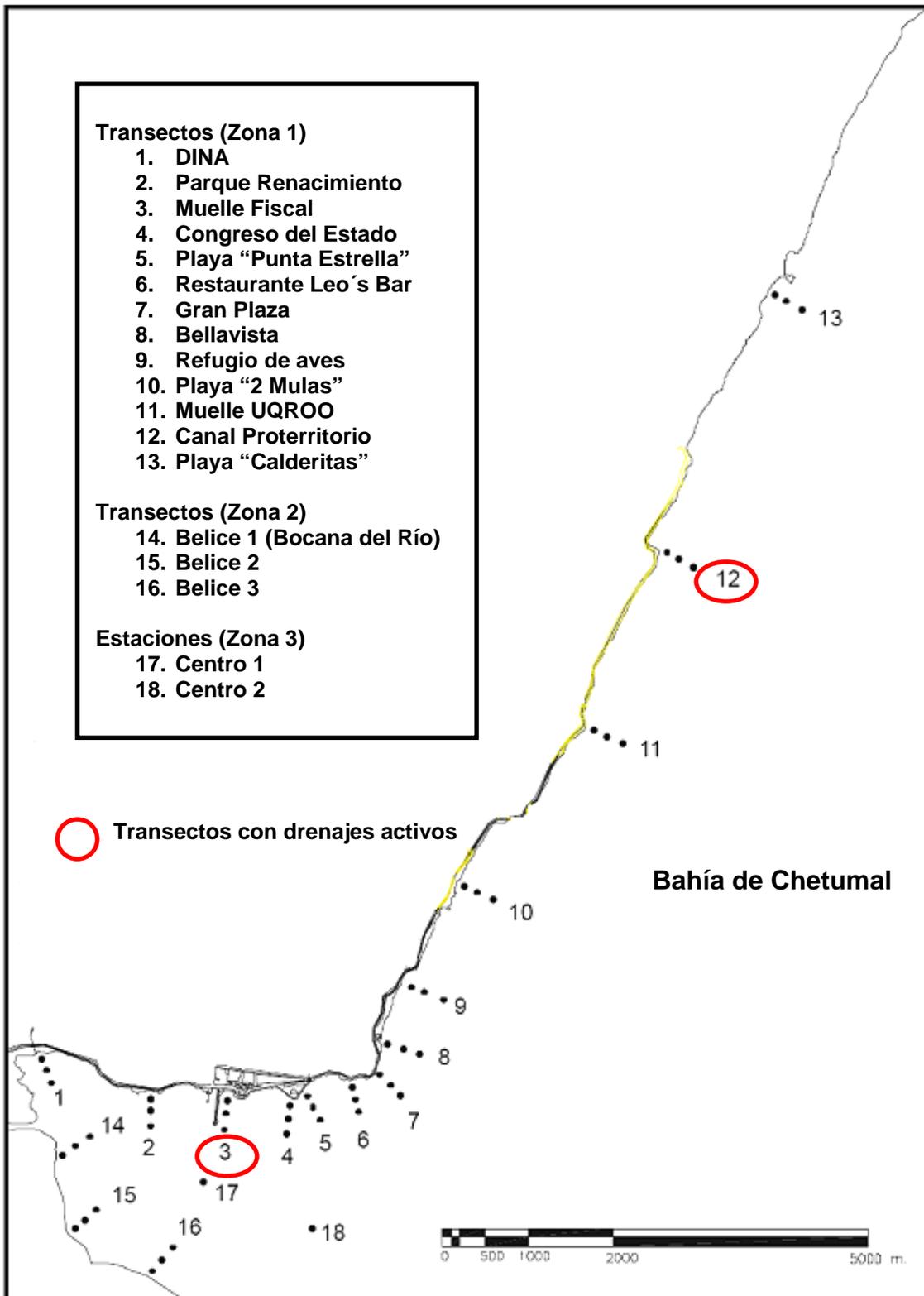


Figura 1. Área de estudio y localización de las estaciones de muestreo en la Bahía de Chetumal

En la tabla 1 se muestra la denominación y localización de los transectos que fueron muestreados durante las dos temporadas climáticas.

Tabla 1. Denominación y descripción de los transectos y las estaciones de muestreo

Transecto	Nombre	Estación
1	Colonia DINA	1A -50m
		1B -150m
		1C -300m
2	Parque Renacimiento	2A -50m
		2B -150m
		2C -300m
3	Muelle Fiscal	3A -50m
		3B -150m
		3C -300m
4	Congreso del Estado	4A -50m
		4B -150m
		4C -300m
5	Playa Punta Estrella	5A -50m
		5B -150m
		5C -300m
6	Restaurante Leo's Bar	6A -50m
		6B -150m
		6C -300m
7	Gran Plaza	7A -50m
		7B -150m
		7C -300m
8	Centro Social Bellavista	8A -50m
		8B -150m
		8C -300m
9	Refugio De Aves	9A -50m
		9B -150m
		9C -300m
10	Playa 2 Mulas	10A -50m
		10B -150m
		10C -300m
11	UQROO	11A -50m
		11B -150m
		11C -300m
12	Canal de Proterritorio	12A -50m
		12B -150m
		12C -300m
13	Playa Calderitas	13A -50m
		13B -150m
		13C -300m
14	Belice 1 (Bocana Del Río)	14A -50m
		14B -150m
		14C -300m
15	Belice 2	15A -50m
		15B -150m
		15C -300m
16	Belice 3	16A -50m
		16B -150m
		16C -300m
17	Centro 1	PUNTUAL
18	Centro 2	PUNTUAL

2.3 Análisis estadístico de las muestras

Después de obtener los datos de abundancia y biomasa, se procedió a realizar los análisis estadísticos. Se utilizaron métodos cuantitativos para determinar las relaciones entre variables ambientales y variables biológicas, también con el objetivo de determinar la calidad ambiental de la zona de muestreo.

Para medir el valor de diversidad en las estaciones, se utilizó el índice de diversidad de Shannon-Weiner; el cual toma en cuenta los dos componentes de la diversidad: número de especies y equitatividad o uniformidad de la distribución del número de individuos en cada especie; de acuerdo con esto un mayor número de especies incrementa la diversidad.

El análisis de similaridad de Bray-Curtis, permite comparar simultáneamente la afinidad entre las muestras. Este análisis, forma grupos, de manera que las muestras de un grupo, son más semejantes, que las de un grupo separado. Los resultados del análisis de similaridad, se presentan en dendrogramas, los cuales muestran la afinidad entre las muestras. En el eje de las abscisas están representadas las estaciones y en el eje de las ordenadas, el porcentaje en el cual dos muestras o grupos, se consideran fusionados.

Se realizaron análisis de correlación entre las variables ambientales y los valores de abundancia y biomasa obtenidos. Este análisis, se realizó para obtener una medida de la magnitud y dirección de la asociación o covariación de cada par de variables. El coeficiente de correlación utilizado, fue el de Pearson, el cual es una medida de la asociación entre dos variables, que no depende de las unidades de medida de las variables originales.

Análisis de curvas ABC (Warwick, 1986); este método se basa en dos generalizaciones: a) la dominancia se reduce al aumentar la diversidad (Birch, 1981), las especies corpulentas son menos abundantes que las especies de cuerpo reducido y aunque quizá el uso energético de cada población sea independiente del tamaño corporal, puede depender de su abundancia. Estas curvas son métodos gráficos que comparan la distribución de la abundancia

entre grupos taxonómicos y la distribución de la biomasa entre esos grupos y pueden proporcionar indicios del estrés inducido por la contaminación.

Para conocer que variables son las que contribuyen a explicar la mayor cantidad de varianza, se utilizó el análisis de componentes principales, el cual permite analizar la interdependencia de variables métricas y encontrar una representación gráfica óptima de la variabilidad de los datos de una tabla de n observaciones y p columnas o variables. El análisis de componentes principales (ACP) trata de encontrar, con pérdida mínima de información, un nuevo conjunto de variables (componentes principales) no correlacionadas que expliquen la estructura de variación en las filas de la tabla de datos.

Para determinar el grado en el que el patrón de variación de la materia orgánica determina la variación de la abundancia o biomasa de los organismos, se realizaron análisis de regresión, este análisis siempre considera una variable independiente y una variable dependiente que toma sus valores de acuerdo con el valor asociado de la variable independiente.

Para seleccionar grupos de especies indicadoras de contaminación orgánica se graficaron las distribuciones log-normal de individuos entre especies por clases logarítmicas X^2 (Gray y Pearson, 1982).

CAPÍTULO III

RESULTADOS

3.1 COMPORTAMIENTO GENERAL DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DE LA COLUMNA DE AGUA Y DEL PORCENTAJE DE MATERIA ORGÁNICA

Se realizó la determinación de los parámetros fisicoquímicos en las dos épocas de muestreo (Lluvias y Nortes), esto con la finalidad de evaluar la variación de estas variables en dos de las temporadas climáticas predominantes en la Península de Yucatán.

En la tabla 2, se presentan los valores promedio y la variación que pueden presentar estos valores (desviación estándar), de los parámetros fisicoquímicos de la columna de agua, y el porcentaje de materia orgánica.

Tabla 2. Promedio de los parámetros fisicoquímicos de la columna de agua y el porcentaje de materia orgánica del sedimento superficial de las rocas, para las dos temporadas climáticas en las que se realizaron los muestreos.

Parámetro	LLUVIAS	NORTES
Materia Orgánica (%C)	1.84 ± 0.57	1.91 ± 0.55
Temperatura (°C)	30.45 ± 0.55	30.46 ± 0.56
Salinidad (ppm)	13.63 ± 5.40	13.7 ± 5.40
Sólidos Disueltos (g/l)	14.64 ± 5.62	14.64 ± 5.61
Conductividad (mS/cm)	24.45 ± 9.60	22.76 ± 8.78
Oxígeno Disuelto (mg/l)	2.34 ± 0.32	2.35 ± 0.96
pH	7.93 ± 0.48	7.93 ± 0.48

Como se puede observar en la tabla 2, no se presentó gran variación de los parámetros fisicoquímicos y del porcentaje de carbono en el sedimento en las dos temporadas climáticas.

Se puede observar claramente que la materia orgánica (% de carbono), no varía de manera considerable en las dos temporadas climáticas (Fig. 2), en las cuales se realizaron los muestreos. En la temporada de Nortes, fue donde se presentó el promedio más alto de materia orgánica (1.91 %C).

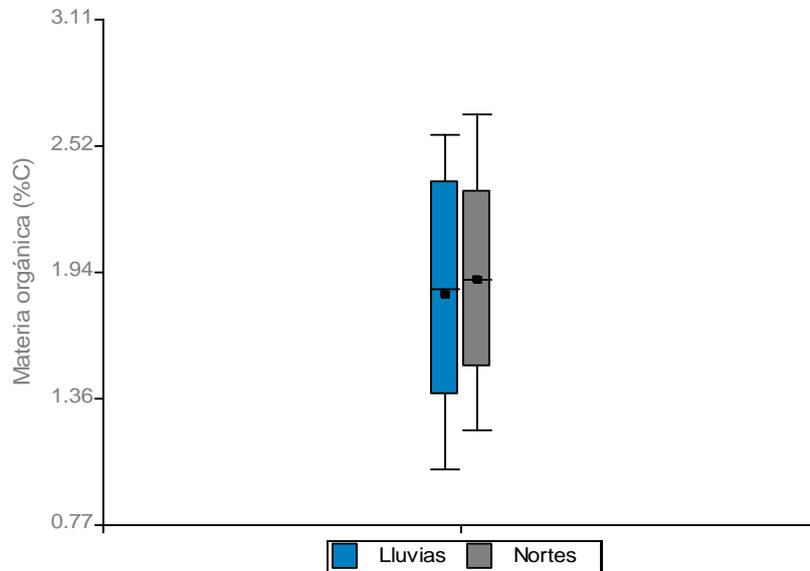


Figura 2. Comparación de la materia orgánica (%C), presente en las dos temporadas climáticas.

3.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA COMUNIDAD DE POLIQUETOS.

El total de organismos poliquetos recolectados durante las dos temporadas climáticas, fue de 3184 organismos. En la temporada de Lluvias fue donde se presentó la mayor abundancia de poliquetos, en esta época se identificaron 2514 organismos; en la temporada de Nortes solamente se identificaron 670 organismos (Fig. 3).

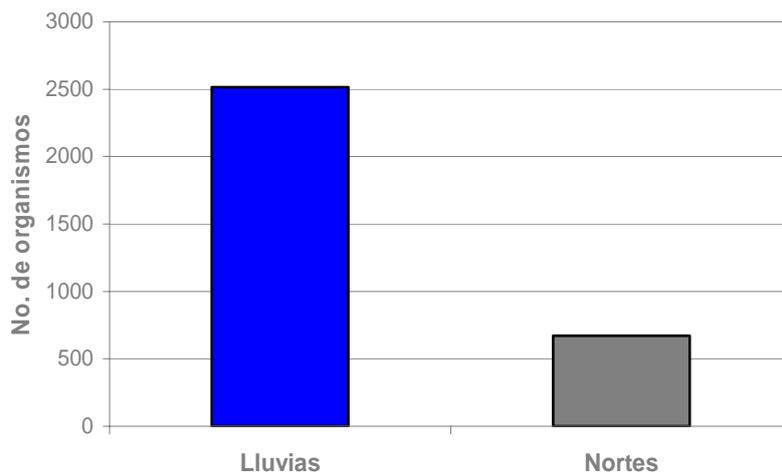


Figura 3. Abundancia de poliquetos, durante las dos temporadas climáticas.

Como se puede observar, el número de organismos bajo drásticamente de la temporada de lluvias a la temporada de nortes (Fig. 3).

En la temporada de lluvias se presentó el valor de biomasa más alto (0.788 g), observándose el mismo comportamiento que se presentó con la abundancia en la temporada de nortes, ya que el valor fue mucho más bajo que en la temporada de lluvias (Fig. 4).

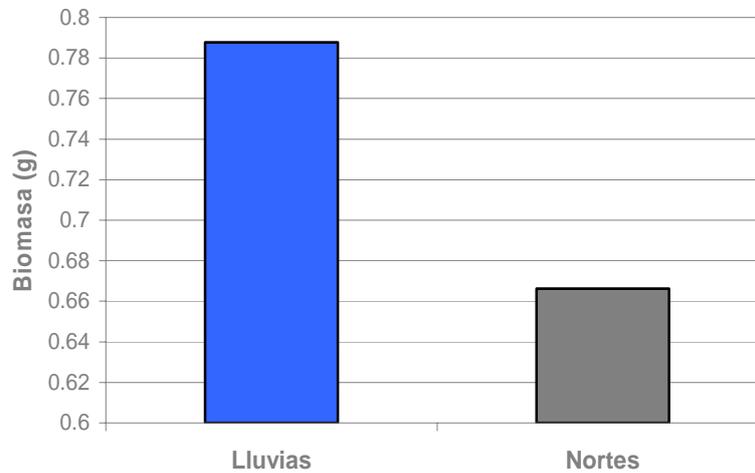


Figura 4. Biomasa total durante las dos temporadas climáticas.

3.3 COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD DE POLIQUETOS.

Durante las dos temporadas climáticas se identificaron 6 familias de la clase Polychaeta: Nereididae, Spionidae, Phyllodocidae, Capitellidae, Terebellidae y Serpulidae. Las primeras 4 familias mencionadas aparecieron en las dos temporadas, Terebellidae se presentó solamente durante la temporada de lluvias y Serpulidae, se presentó solamente durante la temporada de nortes.

Nereididae presentó la mayor abundancia en ambas temporadas climáticas (Fig. 5). La familia que presentó menor abundancia en la temporada de lluvias fue Terebellidae con solo 3 organismos, y en la temporada de nortes, Serpulidae presentó solo un organismo.

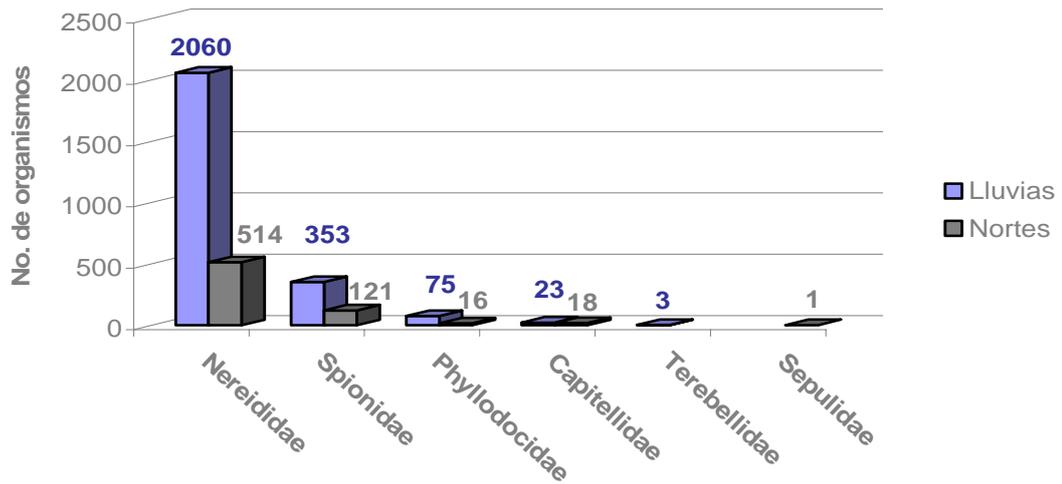


Figura 5. Abundancia por familias en las dos temporadas climáticas.

Nereididae presentó la mayor abundancia en ambas temporadas. A pesar de que la abundancia de Nereididae fue mayor en la temporada de lluvias, que en la temporada de nortes, la biomasa fue similar en ambas temporadas climáticas (Fig. 6).

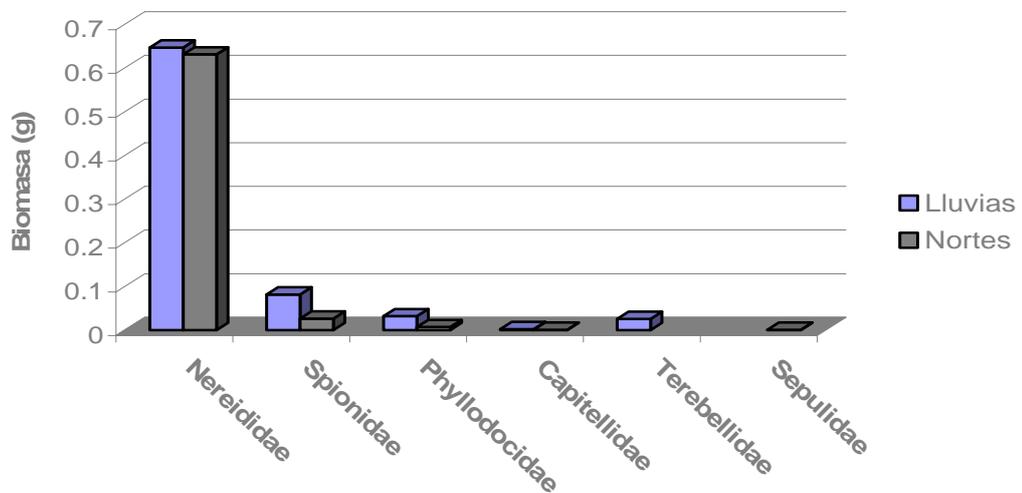


Figura 6. Biomasa por familias en ambas temporadas climáticas.

3.4 ÉPOCA DE LLUVIAS (13 - 15 de octubre de 2005)

3.4.1 Comportamiento de los parámetros fisicoquímicos

En el anexo 1 se encuentran los parámetros fisicoquímicos de la columna de agua y el porcentaje de materia registrados para la época de lluvias (13–15 de octubre de 2005).

Como ya se había mencionado con anterioridad, se determinaron los parámetros fisicoquímicos y el porcentaje de materia orgánica a tres distancias (estaciones) de la línea de costa (50 m, 150 m y 300 m), esto con el objetivo de evaluar si existe variación de las variables ambientales. Las estaciones 17 y 18 fueron puntuales. Todos los parámetros se determinaron cerca de donde se extrajeron las rocas.

Materia orgánica

La concentración promedio de materia orgánica (%C) del sedimento a 50 m de la línea de costa en la Bahía de Chetumal, fue de 1.7 ± 0.52 . Las concentraciones más bajas de materia orgánica a esta distancia se presentaron en las estaciones: 10A (0.92 %C), 16A (1 %C) y 14A (1.04 %C). Las concentraciones más altas de materia orgánica se presentaron en las estaciones: 3A (2.61 %C) ,4A (2.55 %C), y 5A (2.33 %C). La concentración promedio de materia orgánica a 150 m fue de 1.75 ± 0.58 . Las concentraciones más bajas de materia orgánica se presentaron en las estaciones: 14B (1.02 %C), 8B (1.08 %C) y 2B (1.09 %C). Las concentraciones más altas de materia orgánica se presentaron en las estaciones: 16B (2.66 %C), 11B (2.56 %C) y 3B (2.53 %C). La concentración promedio de materia orgánica (%C) a 300 m, fue de 2.02 ± 0.58 . Las concentraciones más bajas de materia orgánica se presentaron en las estaciones: 2C (0.97 %C), 14C (1.01 %C) y 1C (1.23 %C). Las concentraciones más altas de materia orgánica se presentaron en las estaciones: 3C (2.71 %C), 8C (2.59 %C), y 12C (2.56 %C) (Fig. 7). Las estaciones 17 y 18 presentaron 2.09 %C y 2.58 %C respectivamente.

Se puede observar que existe un gradiente de materia orgánica, ya que a mayor distancia de la línea de costa, mayor era el promedio de materia orgánica (%C), presente en el sedimento.

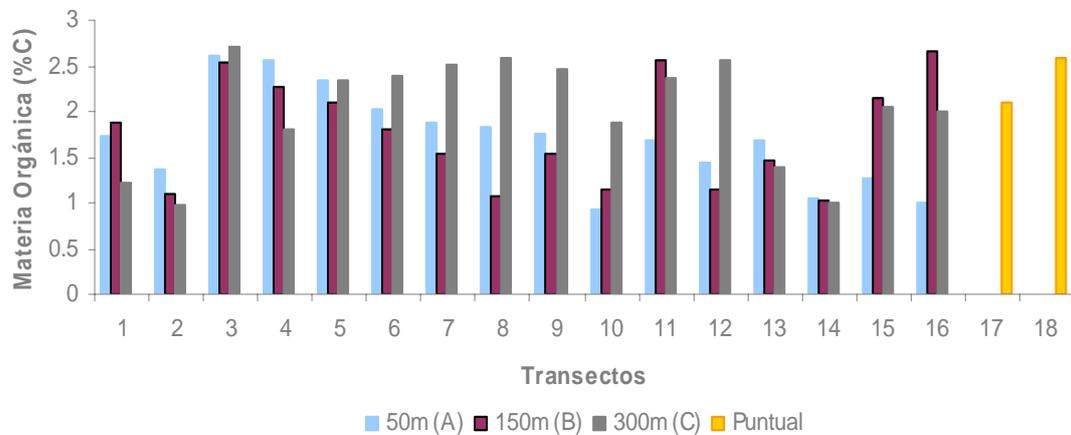


Figura 7. Concentraciones de materia orgánica (%C) en los sedimentos en la temporada de lluvias

Se consideraron que las concentraciones bajas de materia orgánica se encuentran dentro del intervalo de 0 – 1 %C, las concentraciones moderadas dentro del intervalo de 1 – 2 %C y las concentraciones altas dentro del intervalo de 2 – 3 %C. Como se puede observar en la figura 7 la mayoría de las estaciones (en las tres distancias), se encuentran dentro del intervalo de 1 – 2 %C, lo cual indica concentraciones moderadas de materia orgánica en los sedimentos.

Temperatura

A 50 m de la línea de costa el promedio de temperatura fue de $30.56^{\circ}\text{C} \pm 0.76$. El valor mínimo fue de 29.03°C (15A), y el valor máximo fue de 31.79°C (9A). A 150 m de la línea de costa el promedio de temperatura fue de $30.4^{\circ}\text{C} \pm 0.46$. El valor mínimo fue de 29.52°C (16B), y el valor máximo fue de 31.28°C (3B). A 300 m de la línea de costa el promedio de temperatura fue de $30.42^{\circ}\text{C} \pm 0.44$. El valor mínimo fue de 29.79°C (1C), y el valor máximo fue de 31.38°C (16C) (Fig. 8). En las estaciones 17 y 18 se presentaron valores de temperatura de 30.55°C y 30.23°C respectivamente.

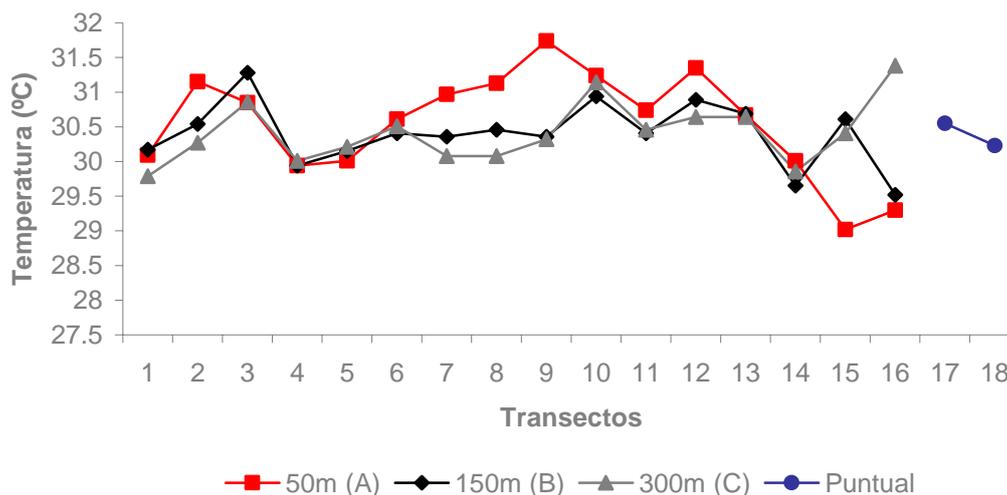


Figura 8. Temperatura (°C) en las estaciones de muestreo de la Bahía de Chetumal, en la temporada de lluvias

Como se puede observar la variación de la temperatura en las tres diferentes distancias, no fue considerable (Fig. 8).

Oxígeno Disuelto

A 50 m de la línea de costa el promedio de la oxígeno disuelto (mg/l) fue de 2.3 ± 0.94 . El valor mínimo fue de 1.3 mg/l (14A) y el valor máximo fue de 4.7 mg/l (12A). A 150 m el promedio fue de $2.44 \text{ mg/l} \pm 0.93$. El valor mínimo fue de 1.2 mg/l (14B), y el valor máximo de 4.6 mg/l (12B). El promedio de oxígeno disuelto a 300 m de la línea de costa fue de $2.38 \text{ mg/l} \pm 0.97$. El valor mínimo fue de 1.4 mg/l (14C), y el valor máximo fue de 4.9 mg/l (12C) (Figura 9). En las estaciones 17 y 18 se presentaron valores de 1.8 mg/l y 1.3 mg/l respectivamente.

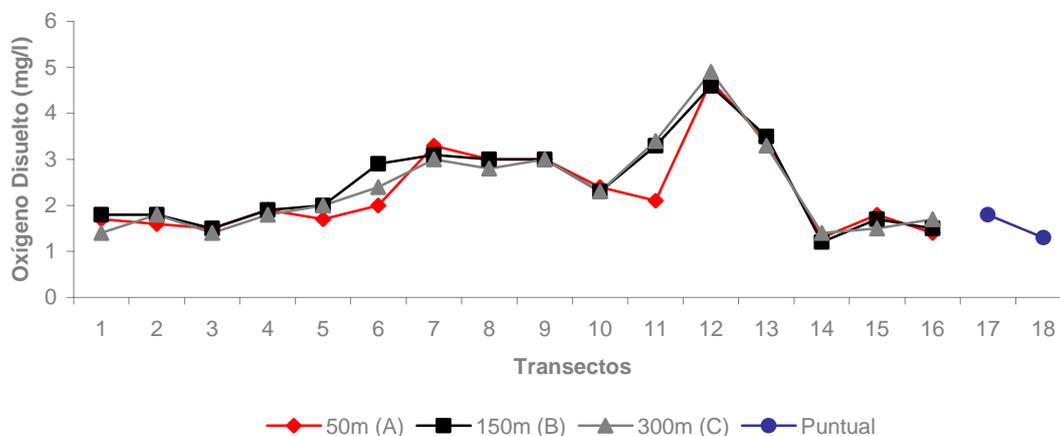


Figura 9. Oxígeno disuelto (mg/l) en las estaciones de muestreo de la Bahía de Chetumal, en la temporada de lluvias.

pH

El pH fue el parámetro ambiental que menor variación presentó en todas las estaciones de muestreo. A 50 m de la línea de costa el promedio de pH fue de 7.86 ± 0.53 . El valor mínimo fue de 6.61 (15A), y el valor máximo fue de 8.3 (10A). El valor promedio de pH a 150 m con la línea de costa fue de 7.93 ± 0.46 . El valor mínimo fue de 6.88 (14B), y el valor máximo fue de 8.29 (12B). A 300 m el promedio de pH fue de 7.96 ± 0.49 . El valor mínimo fue de 6.69 (16C), y el valor máximo fue de 8.35 (11C) (Fig. 10). En las estaciones 17 y 18 se presentaron valores de 8.29 y 8.17 respectivamente.

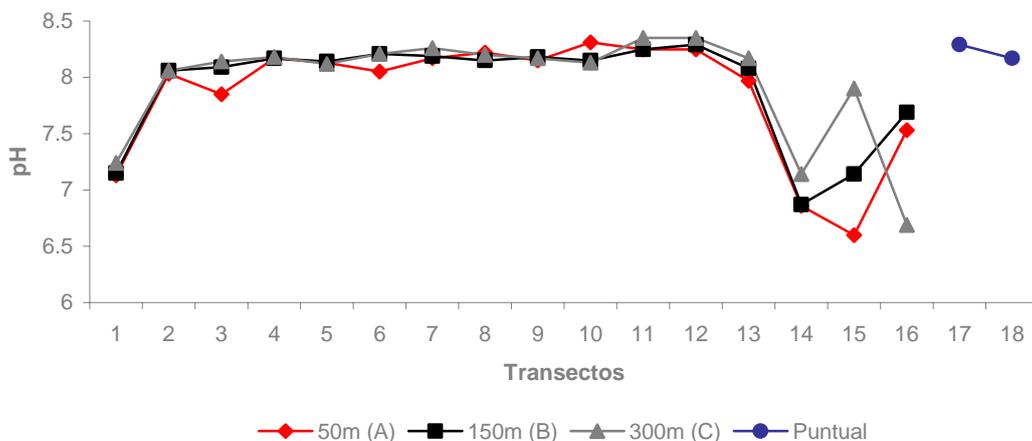


Figura 10. Valores de pH en las estaciones de muestreo, en la Bahía de Chetumal, en la temporada de lluvias.

Salinidad

La salinidad fue el parámetro que presentó mayor variación, esto debido a la influencia del Río Hondo. Los transectos que presentaron los valores más bajos de salinidad, fueron los que se encontraban cercanos a la desembocadura del Río Hondo (1 y 14) (Fig. 11).

La concentración promedio de salinidad a 50 m de la línea de costa fue de $12.66 \text{ ppm} \pm 5.72$. El valor mínimo fue de 1.24 ppm (14A), y el valor máximo fue de 17.51 ppm (5A). A 150 m la concentración promedio de salinidad fue de $14.01 \text{ ppm} \pm 5.22$. La concentración mínima fue de 1.18 ppm (1B), y la concentración máxima fue de 17.73 ppm (6B). La concentración promedio de la salinidad a 300 m fue de $13.89 \text{ ppm} \pm 5.75$. La concentración mínima fue de

1.04 ppm (1C), y la concentración máxima fue de 19.2 ppm (12C) (Fig. 11). Las estaciones 17 y 18 presentaron concentraciones de salinidad de 17.07 ppm y 15.55 ppm respectivamente.

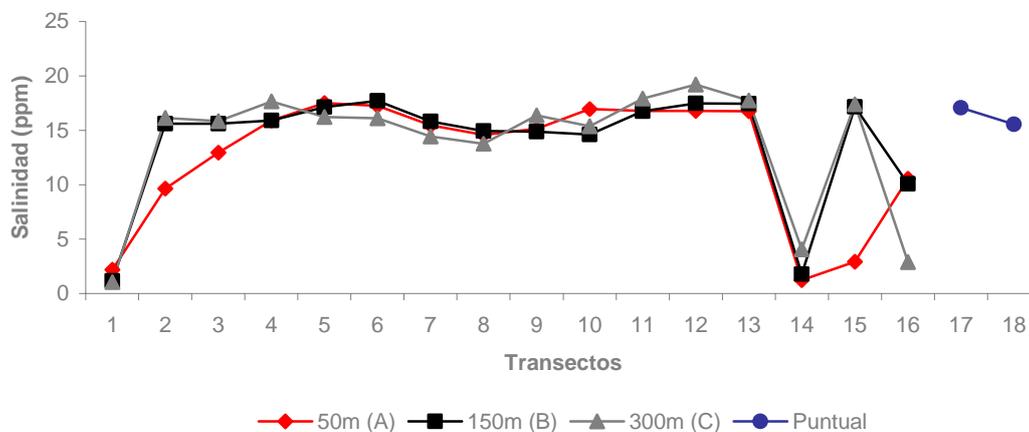


Figura 11. Concentraciones de salinidad (ppm) en las estaciones de muestreo en la temporada de lluvias.

Sólidos Disueltos y Conductividad

Las concentraciones de sólidos disueltos y conductividad presentaron un comportamiento similar al de la salinidad. Las concentraciones más bajas se presentaron en los transectos cercanos a la desembocadura del Río Hondo (Fig. 12 y13).

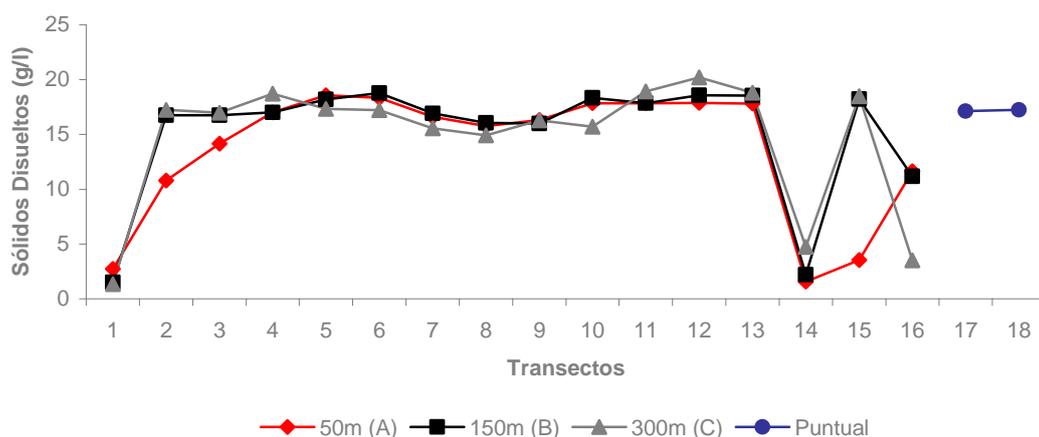


Figura 12. Concentración de sólidos disueltos (g/l), en las estaciones de muestreo, en la temporada de lluvias

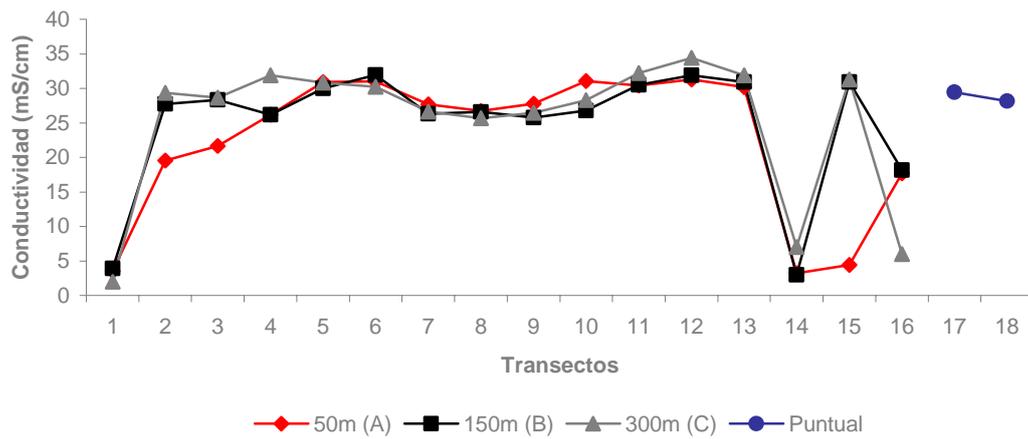


Figura 13. Concentración de conductividad (mS/cm) en las estaciones de muestreo, en la temporada de lluvias.

Como se puede observar (Figs.11, 12 y 13) los valores mínimos y máximos de los tres parámetros, se presentan en las mismas estaciones.

3.4.2 Descripción de la comunidad de poliquetos en la temporada de lluvias

En el muestreo realizado del 13 al 15 de octubre (época de lluvias), se recolectaron 2514 organismos de la clase Polychaeta, identificándose 5 familias: Nereididae, Spionidae, Phyllodocidae, Capitellidae y Terebellidae; presentando la mayor abundancia Nereididae con 2060 organismos (Fig. 14). La familia que presentó la menor abundancia fue Terebellidae con solamente 3 organismos (Fig. 14).

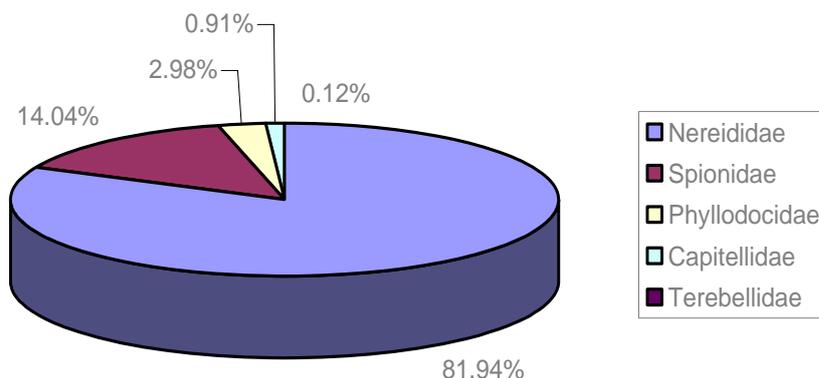


Figura 14. Porcentajes de la abundancia de poliquetos por familias, en la temporada de lluvias

En los transectos 1, 2, 3 y 14 no se encontraron rocas. En las estaciones 9C, 10A, 13B, 13C y 16B, tampoco se encontraron rocas. En las estaciones 17 y 18 no se pudieron recolectar rocas, debido a la profundidad de la columna de agua.

Las rocas recolectadas en las estaciones 4B, 11A y 11B, no presentaron organismos.

Distribución y análisis de la comunidad de poliquetos

Las 5 familias identificadas tuvieron un comportamiento similar, ya que las mayores abundancias de todas las familias, se localizaron en los transectos del centro de la zona 1 (frente a la zona urbana de la ciudad de Chetumal) (Fig. 15). Las mayores abundancias de Nereididae se presentaron en los transectos 8 con 465 organismos y 7 con 303 organismos. Spionidae presentó su mayor

abundancia en el transecto 8 con 176 organismos. Las familias Phyllodocidae y Capitellidae presentaron un número muy reducido de organismos en comparación con las familias Nereididae y Spionidae. La mayor abundancia de Phyllodocidae se presentó en el transecto 7 con 21 organismos y Capitellidae presentó su mayor abundancia en el transecto 10 con solamente 10 organismos. Terebellidae, solo fue encontrada en el transecto 10, y esta familia estuvo representada por solo 3 organismos.

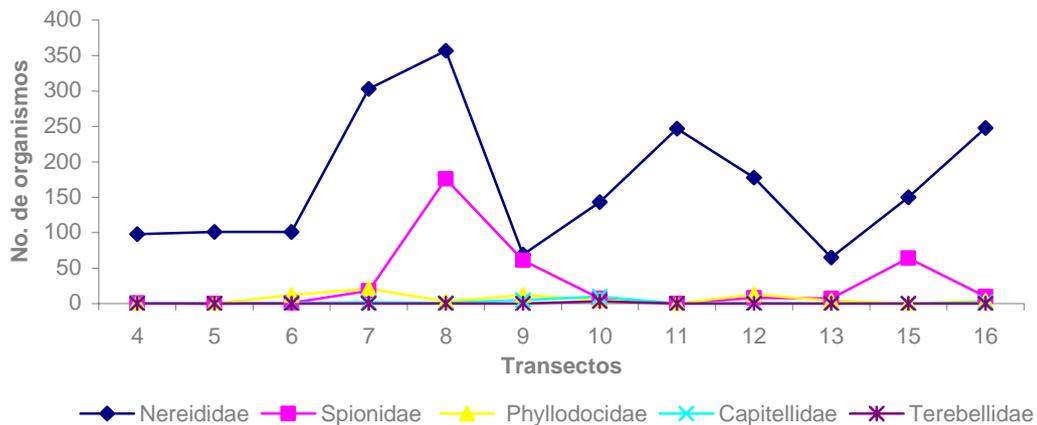


Figura 15. Abundancia de poliquetos por familias en los transectos de muestreo, en la temporada de lluvias.

Análisis de la comunidad de poliquetos por distancia

La mayor abundancia de poliquetos se registró en la distancia 300 m, con 1290 organismos recolectados. La abundancia a 150 m fue de 712 organismos, y en la distancia 50 m, solamente se recolectaron 512 organismos (Fig. 16).

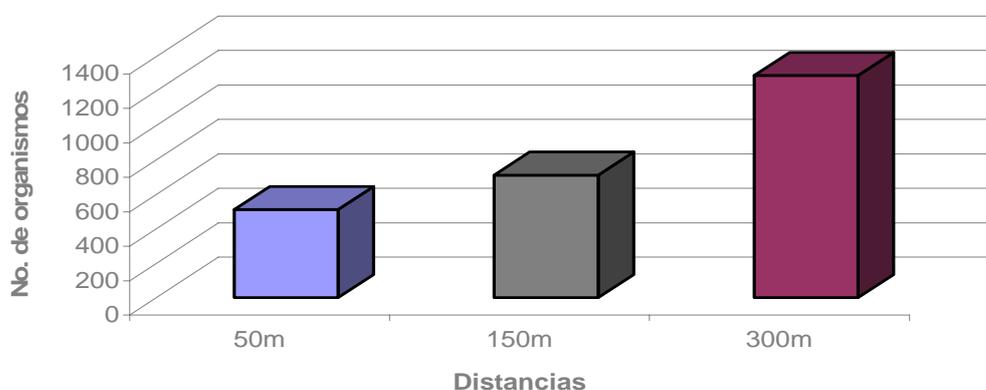


Figura 16. Abundancia de poliquetos por distancia, en la temporada de lluvias

A la distancia 50 m, el transecto 8 presentó la mayor abundancia, con 92 organismos, seguido del transecto 16 con 89 organismos. Los transectos que presentaron menor abundancia fueron: 6 con 15 organismos y 7 con 29 organismos. A la distancia 150 m, el transecto que presentó mayor abundancia fue 7 con 184 organismos, seguido del 8 con 122 organismos. Los transectos que presentaron menor abundancia fueron: transecto 15 con 43 organismos, y 5 con 44 organismos. A la distancia 300 m, el transecto que presentó mayor abundancia fue el transecto 8 con 325 organismos, seguido del transecto 11 con 247 organismos. Los transectos que presentaron menor abundancia fueron: 5 con 17 organismos y el 6 con 34 organismos (Fig. 17).

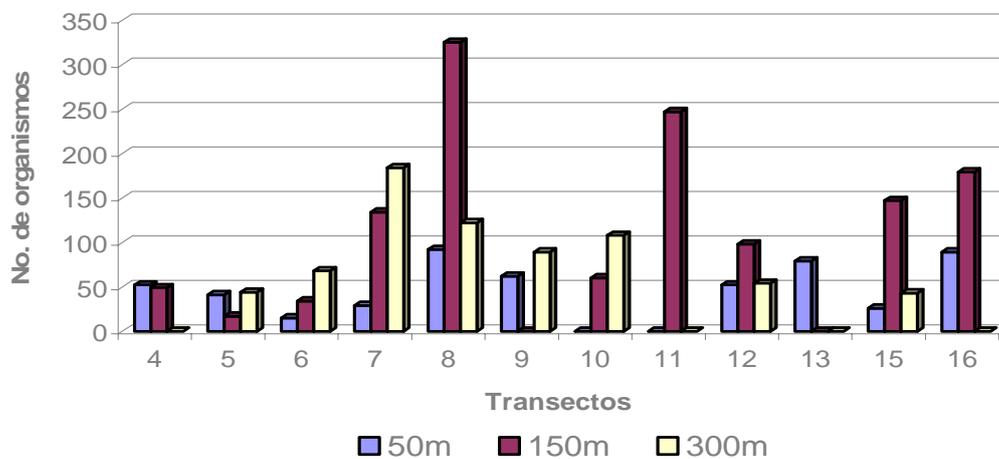


Figura 17. Abundancia de poliquetos por distancia, en la temporada de lluvias

En general, el transecto 8 fue el que presentó la mayor abundancia con 537 organismos, y el transecto 13 presentó la menor abundancia con 76 organismos.

La familia predominante fue Nereididae, ya que presentó la mayor abundancia en las tres distancias. La familia Terebellidae fue la de menor predominancia, ya que solamente se presentó en la distancia de 150 m en el transecto 10 con solo 3 organismos.

Especies de poliquetos identificadas en la temporada de lluvias

De las 5 familias de la clase Polychaeta encontradas, se identificaron 7 especies (Tabla 3).

Tabla 3. Especies de poliquetos identificadas en la temporada de lluvias en la Bahía de Chetumal

Familia	Especie
Nereididae	<i>Nereis caymanensis</i>
	<i>Rullienereis bahamensis</i>
Spionidae	<i>Prionospio sp.</i>
	<i>Polydora cornuta</i>
Phyllodocidae	<i>Eteone heteropoda</i>
Capitellidae	<i>Capitella capitata</i>
Terebellidae	<i>Lanice conchilega</i>

La especie más abundante fue *Nereis caymanensis*, con 1467 organismos; esta especie fue la única que se presentó en todas las estaciones de muestreo. El 58 % de los organismos identificados, pertenecieron a esta especie de la familia Nereididae (Fig. 18). La especie con menor abundancia fue *Lanice conchilega* de la familia Terebellidae.

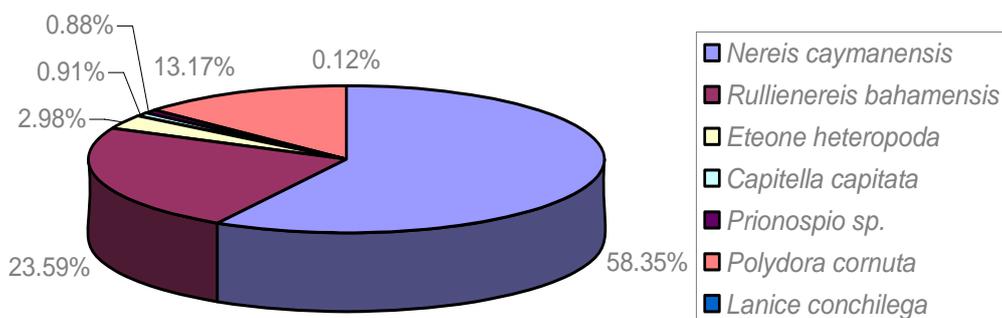


Figura 18. Porcentajes de la abundancia de poliquetos por especie, en la temporada de lluvias

3.4.3 Índice de diversidad en la temporada de lluvias

Para evaluar la diversidad en las estaciones de muestreo, se utilizó el índice de diversidad de Shannon-Weiner. En la tabla 4, se presentan el número de especies por estación, la abundancia de organismos por estación, y los valores del índice de diversidad que se determinaron para cada uno de los transectos de muestreo.

Tabla 4. Valores del índice de diversidad (H'), número de especies (S), y abundancia (N) por estaciones en la temporada de lluvias

Transecto	S	N	H'
4A	4	52	0.284
4C	3	59	0.7778
5A	2	40	0.2664
5B	2	44	0.536
5C	2	17	0.6914
6A	3	13	0.8587
6B	3	68	1.007
6C	4	34	0.9039
7A	5	26	1.391
7B	5	184	1.03
7C	4	133	0.5017
8A	3	90	1.017
8B	5	123	1.069
8C	5	324	1.134
9A	5	58	1.436
9B	5	89	1.278
10B	6	108	1.116
10C	4	60	0.9638
11C	2	247	0.6733
12A	5	48	1.086
12B	5	54	1.267
12C	3	98	0.7042
13A	5	76	1.156
15A	3	24	1.064
15B	3	43	0.3618
15C	3	147	0.7196
16A	4	85	0.5329
16C	3	179	0.2313

Los valores más altos del índice de diversidad se localizaron en las estaciones 9A (1.436 bits/ind), 7A (1.391 bits/ind), 9B (1.278 bits/ind), 12B (1.267 bits/ind), y 13A (1.156 bits/ind). Por el contrario las estaciones que presentaron los valores más bajos de diversidad fueron: 16C (0.2313 bits/ ind), 5A (0.2664 bits/ind), y 4A (0.284 bits/ind) (Fig. 19).

En promedio la distancia 300 m, fue la que presentó los valores de diversidad más bajos, con un promedio de 0.7301 bits/ind. La distancia 150 m fue la que presentó el promedio más alto del índice de diversidad (0.9581 bits/ind). La distancia 50 m tuvo un promedio del índice de diversidad de 0.9092 bits/ind.

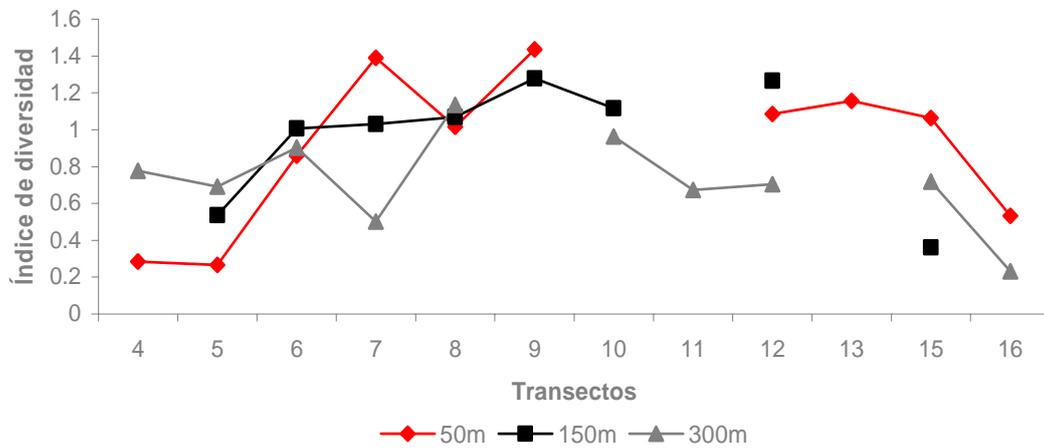


Figura 19. Índice de diversidad por distancia en la temporada de lluvias

3.4.4 Asociación de la composición faunística y las variables ambientales

Para determinar la magnitud de la asociación entre las variables ambientales y la composición faunística, se realizaron análisis de correlación de Pearson, los cuales no dependen de las unidades de medida de las variables.

En la tabla 5 se encuentran los coeficientes de correlación de la abundancia y biomasa total con las variables ambientales

Tabla 5. Coeficientes de correlación de la abundancia y la biomasa con las variables ambientales, en la temporada de lluvias.

Parámetro	Abundancia	Biomasa
Materia orgánica (%C)	0.37	-0.04
Temperatura(°C)	-0.03	-0.04
Conductividad (mS/cm)	-0.16	0.03
Sólidos disueltos (g/l)	-0.15	0.08
Salinidad (ppm)	-0.17	0.06
Oxígeno disuelto (mg/l)	0.12	-0.29
pH	0.05	-0.03

Como se puede observar no hubo ningún coeficiente de correlación significativo.

Debido a los resultados anteriores, se analizaron las asociaciones de las variables ambientales con las abundancias de las 5 familias identificadas (Tabla 6).

Tabla 6. Coeficientes de correlación de la abundancia por familias, con las variables ambientales, en la temporada de lluvias

Parámetro	Abundancia				
	Nereididae	Spionidae	Phyllodocidae	Capitellidae	Terebellidae
Materia orgánica (%C)	0.078	0.13	-0.29	-0.44	-0.36
Temperatura (°C)	-0.018	-0.062	0.25	0.14	0.17
Conductividad (mS/cm)	-0.16	-0.046	0.041	-0.061	-0.20
Sólidos disueltos (g/l)	-0.15	-0.058	0.061	0.074	0.16
Salinidad (ppm)	-0.16	-0.064	0.071	-0.051	-0.25
Oxígeno disuelto (mg/l)	0.14	-0.004	0.36	-0.045	-0.14
pH	0.012	0.09	0.18	0.11	-0.09

La abundancia de ninguna de las 5 familias, presentó alguna asociación significativa con las variables ambientales.

En la tabla 7 se presentan los valores resultantes del análisis de correlación de las variables ambientales con la biomasa por familias.

Tabla 7. Coeficientes de correlación de la biomasa por familias con las variables ambientales en la temporada de lluvias.

Parámetro	Biomasa				
	Nereididae	Spionidae	Phyllodocidae	Capitellidae	Terebellidae
Materia orgánica (%C)	0.061	-0.094	-0.092	-0.43	-0.36
Temperatura (°C)	-0.16	0.16	0.43	0.16	0.17
Conductividad (mS/cm)	0.049	-0.005	-0.16	-0.049	-0.20
Sólidos disueltos (g/l)	0.073	0.0012	-0.15	0.085	0.16
Salinidad (ppm)	0.082	-0.002	-0.14	-0.041	-0.25
Oxígeno disuelto (mg/l)	-0.37	0.17	0.19	-0.033	-0.14
pH	-0.086	0.095	0.053	0.12	-0.09

Al igual que con la abundancia, la biomasa de ninguna de las familias identificadas, presentó una asociación significativa con las variables ambientales.

Se realizó una matriz de diagramas de dispersión, para ejemplificar de manera gráfica, la asociación que existe entre las variables ambientales, la abundancia (Fig. 20) y la biomasa (Fig. 21) de los organismos.

La matriz muestra que las asociaciones de las variables ambientales con la abundancia y la biomasa de los organismos no son fuertes, ya que existe una gran dispersión en los puntos y no presentan algún tipo de comportamiento o tendencia.

Los parámetros salinidad, conductividad y sólidos disueltos presentan fuertes asociaciones entre ellas, ya que los puntos se agruparon en línea recta, lo cual indica que existe una asociación significativa entre estos parámetros; los demás parámetros no presentaron ninguna asociación significativa (Figs. 20 y 21).

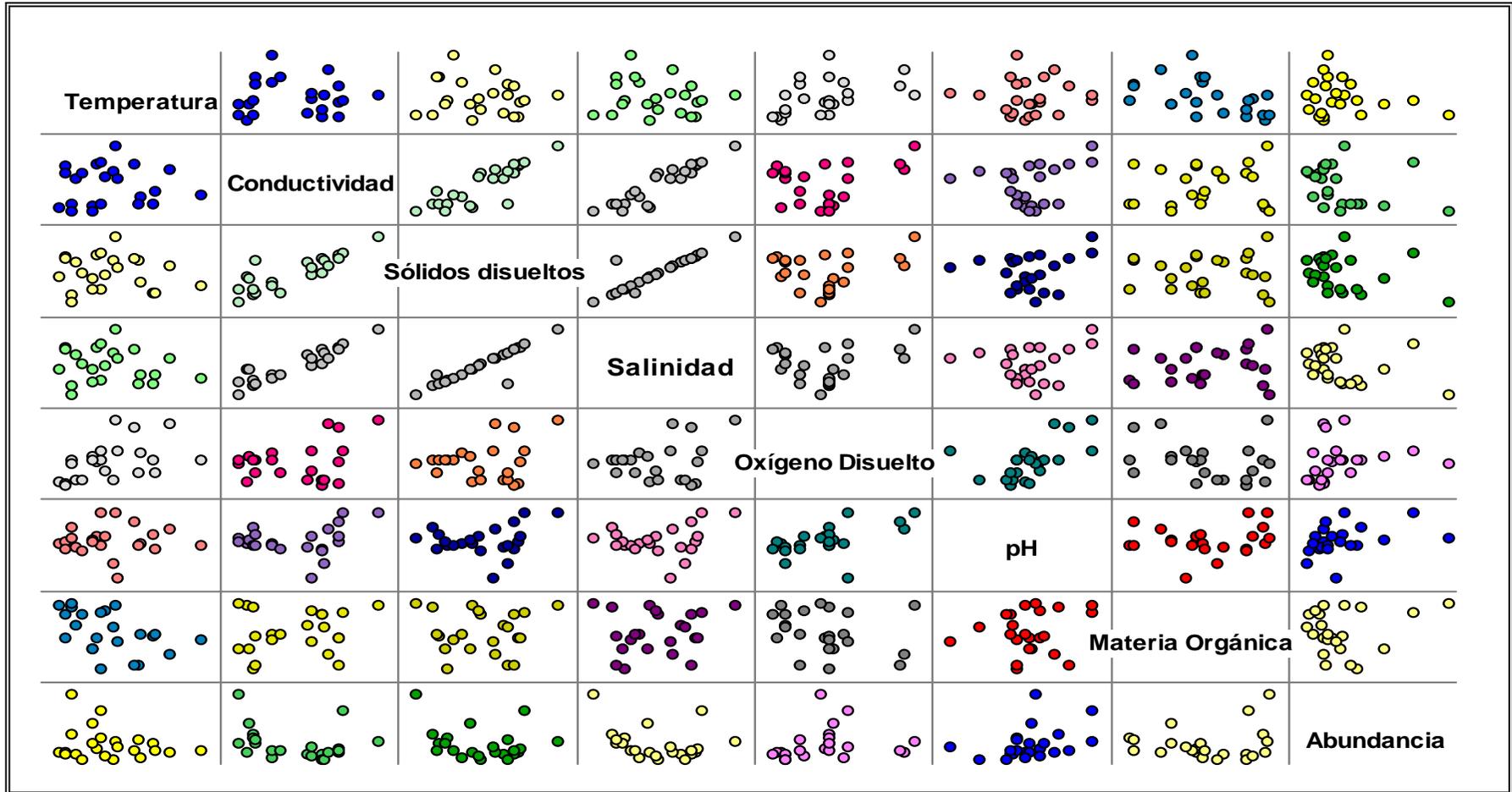


Figura 20. Matriz de diagramas de dispersión de las variables ambientales y la abundancia de poliquetos, en la temporada de lluvias

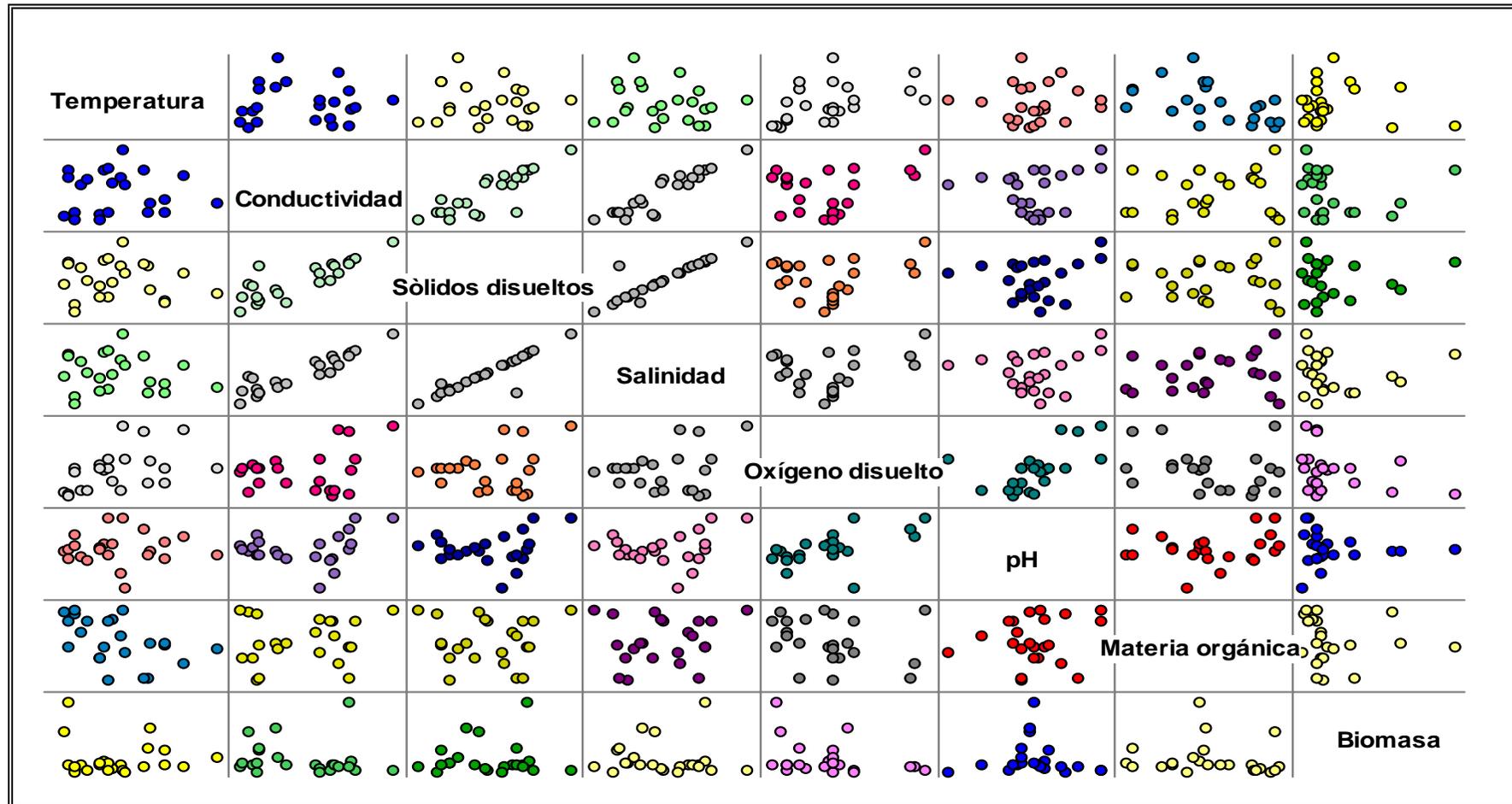


Figura 21. Matriz de diagramas de dispersión de las variables ambientales y la biomasa de poliquetos, en la temporada de lluvias.

3.4.5 Análisis de Componentes Principales

El análisis de componentes principales (Fig. 22), se realizó con la finalidad de identificar las diferencias entre las estaciones, en cuanto a las variables fisicoquímicas de la columna de agua, y el porcentaje de materia orgánica presente en el sedimento.

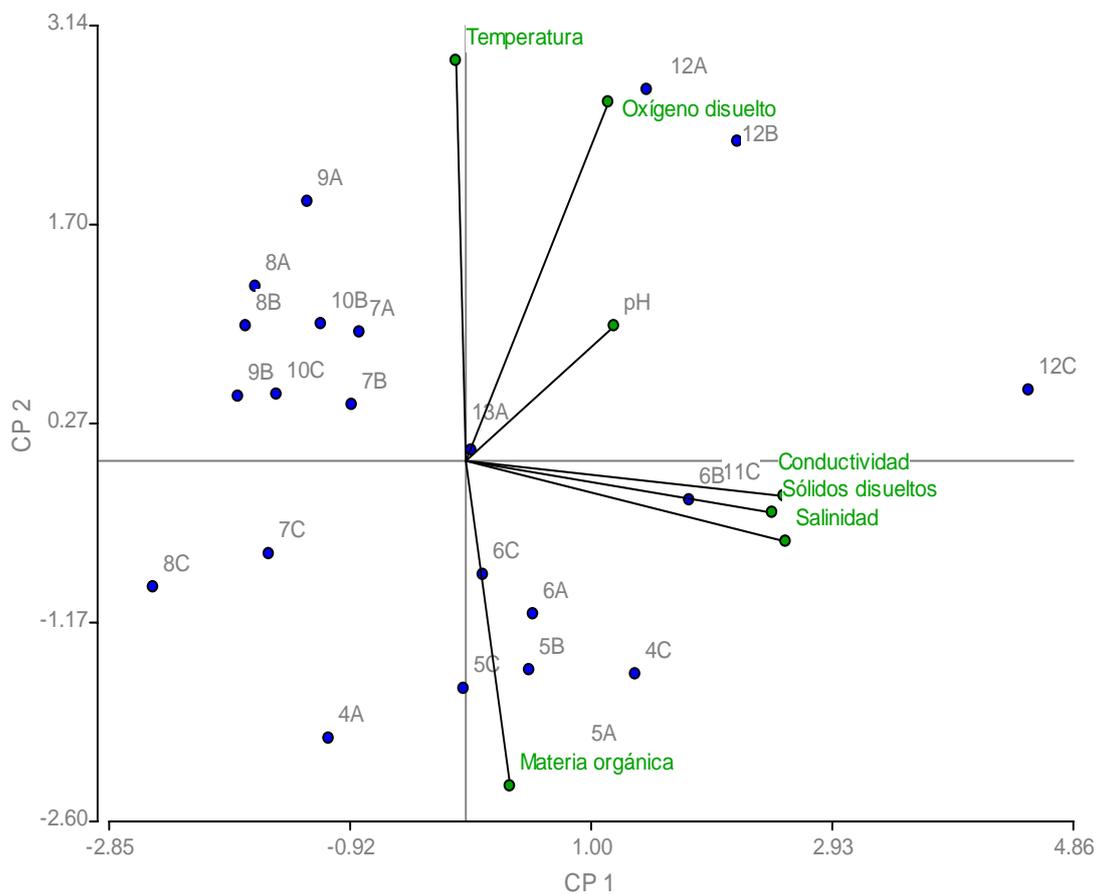


Figura 22. Diagrama de ordenación en dos dimensiones del análisis de componentes principales de las estaciones de muestreo en la temporada de lluvias

Las variables que más se relacionaron de manera positiva con el primer componente fueron la salinidad (0.55), la conductividad (0.54), y la concentración de sólidos disueltos (0.52). Con el segundo componente estuvieron más correlacionados de manera positiva la temperatura (0.61), y el oxígeno disuelto (0.55), y de manera negativa, el porcentaje de materia orgánica presente en el sedimento (- 0.50) (Tabla 8).

Entre el primer componente y el segundo, explican el 70% de la varianza total. El primero es el que contribuye con la mayor cantidad de varianza explicada (43%), y el segundo explica el 26%

Como se puede observar en el diagrama de ordenación, las variables conductividad, salinidad y sólidos disueltos, se encuentran fuertemente correlacionadas de manera positiva entre ellas. La variable materia orgánica (%C), se encuentra correlacionada con la variable oxígeno disuelto, pero al contrario de las anteriores, éstas presentan un relación negativa. Las relaciones que presentan el pH y la temperatura con las demás variables, no son significativas.

El diagrama de ordenación del análisis de componentes principales en dos dimensiones, identificó que las estaciones 12A y 12B, esta más asociados a la concentración de oxígeno disuelto; debido a la proximidad que presentan con este vector. Las estaciones 4A, 4C, 5B, 5C, 6A y 6C, se encuentran más asociadas al porcentaje de materia orgánica presente en el sedimento. Las estaciones 6C, 11C y 12B, se encuentran fuertemente asociadas a las variables salinidad, conductividad y sólidos disueltos. Solamente la estación 13A presentó una fuerte asociación con la variable pH.

Las estaciones 7A, 7B, 8A, 8B, 8C, 9A, 9B, 10B y 10C, presentaron relaciones muy bajas con todas las variables ambientales, como se puede observar en la figura 25, estas estaciones no se encuentran asociadas a ninguno de los vectores que definen a las variables ambientales.

Tabla 8. Porcentaje de variación explicado por los dos primeros componentes y los coeficientes para la combinación lineal de las variables ambientales.

% Varianza explicado	CP 1	CP 2
Variable	43%	26%
Temperatura	-0.02	0.61
Conductividad	0.54	-0.05
Sólidos disueltos	0.52	-0.08
Salinidad	0.55	-0.13
Oxígeno disuelto	0.24	0.55
pH	0.25	0.21
Materia orgánica	0.08	-0.50

3.4.6 Similitud entre las estaciones

Abundancia

El dendrograma resultante del análisis de similitud de Bray-Curtis de la abundancia de poliquetos en cada una de las estaciones de muestreo (Fig. 23), permite apreciar la constitución de 12 agrupaciones de estaciones con un 95 % de similitud. Las agrupaciones son: **1)** 5C y 6A; **2)** 8C y 11C; **3)** 6B y 13A; **4)** 16A, 8A y 9B; **5)** 10B y 12C; **6)** 7B y 16C; **7)** 8B, 7C y 15C; **8)** 5A, 5B y 15A; **9)** 9A y 10C; **10)** 4C y 12A; **11)** 4A y 12B; **12)** 7A y 15B. La estación 6C no fue incluida en ningún grupo, pero presentó un 95% de similitud con las agrupaciones formadas.

Se formaron 8 agrupaciones con un 85 % de similitud: **1)** 5C, 6A; **2)** 8C, 1C; **3)** 6B, 13A, 16A, 8A, 9B, 10B, 12C; **4)** 7B, 16C, 8B, 7C, 15C; **5)** 5A, 5B, 15A; **6)** 9A, 10C, 4C, 12A, 4A, 12B; **7)** 6C **8)** 7A, 15B.

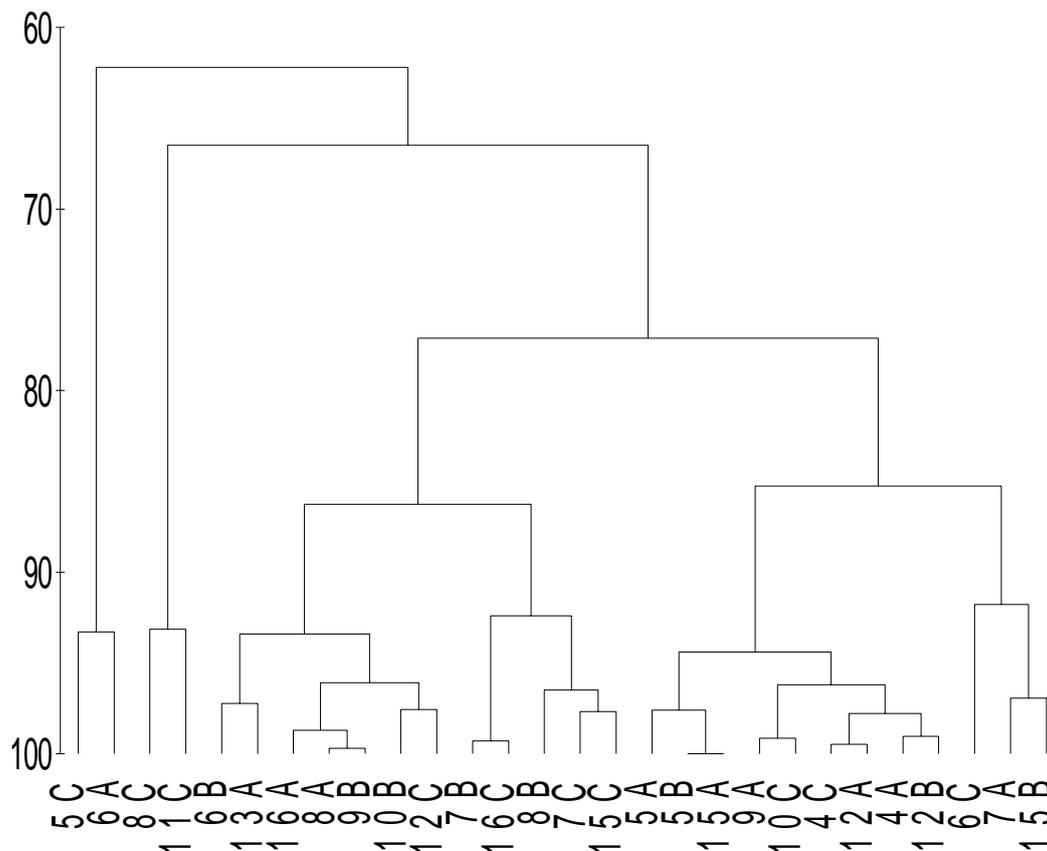


Figura 23. Dendrograma resultante del análisis de similitud de la abundancia de poliquetos en la temporada de lluvias

Biomasa

El dendrograma resultante del análisis de similitud de Bray-Curtis de la abundancia de poliquetos en cada una de las estaciones de muestreo (Fig. 23), permite apreciar la constitución de 10 agrupaciones de estaciones con un 95 % de similitud. Las agrupaciones son: **1)** 8A y 10B; **2)** 4A y 7A; **3)** 9A y 15C; **4)** 8C y 12B; **5)** 5A y 10C; **6)** 6B y 16C; **7)** 5B y 6A; **8)** 9B y 16A; **9)** 7C y 13A; **10)** 5C y 11C. Las estaciones 15B, 4C, 12A, 15A, 7B, 8B, 6C y 12C, no se incluyeron dentro de ninguno de los grupos, pero presentaron un 95 % de similitud con las agrupaciones formadas.

Se formaron 7 agrupaciones con un 85 % de similitud: **1)** 15B, 8A, 10B; **2)** 4C, 4A, 7A; **3)** 9A, 15C; **4)** 12A, 8C, 12B, 5A, 10C; **5)** 15A, 6B, 16C, 7B, 5B, 6A, 8B, 9B, 16A; **6)** 7C, 13A; **7)** 6C, 12C, 5C, 11C.

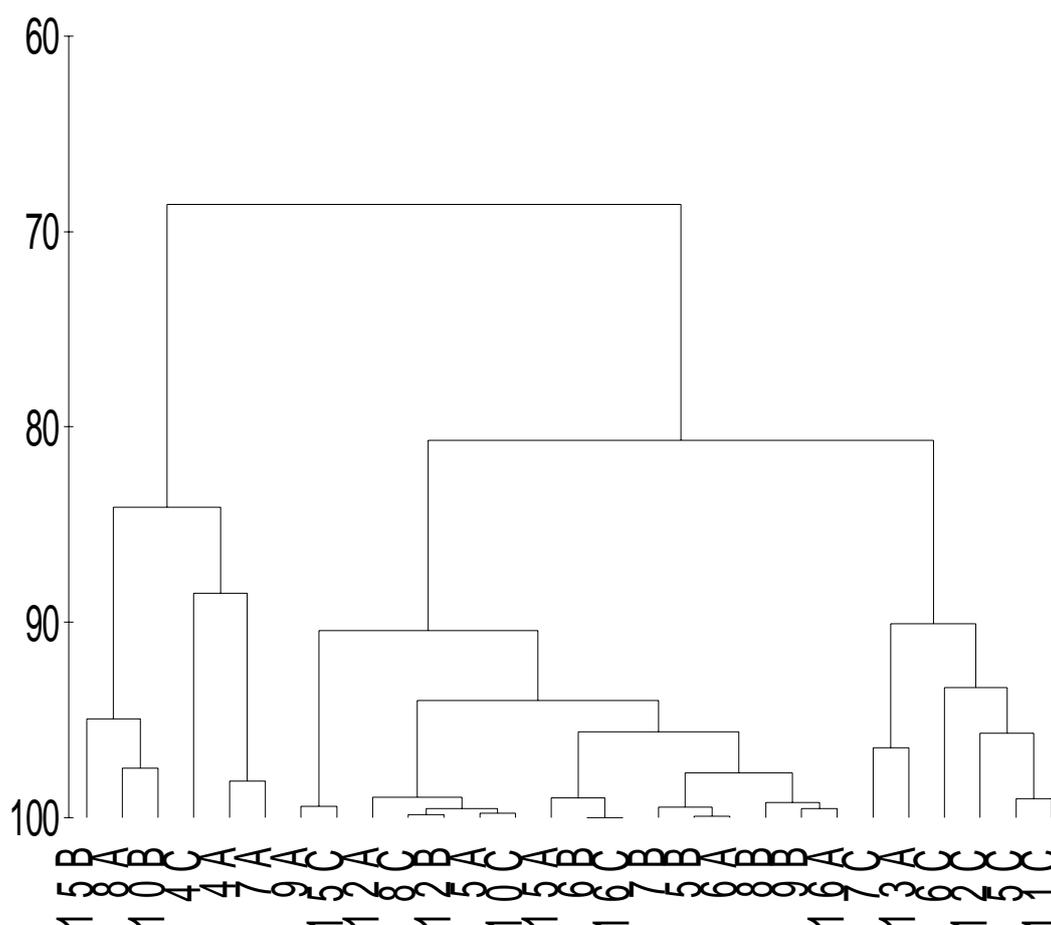


Figura 24. Dendrograma resultante del análisis de similitud de la biomasa de poliquetos en la temporada de lluvias.

Número de especies

El dendrograma resultante del análisis de similitud de Bray-Curtis de las especies identificadas en las estaciones de muestreo (Fig. 25), permite apreciar la constitución de 2 agrupaciones de estaciones con un 95 % de similitud. Las agrupaciones son: 1) 7C, 10C, 16A, 4A y 6C; 2) 8B, 8C, 9A, 9B, 12A, 12B, 13A, 7A y 7B. La estación 10B no fue incluida dentro de ningún grupo, pero presentó un 95% de similitud con las agrupaciones formadas.

Con un 90% de similitud se formaron 2 agrupaciones: 1) 5A, B, 5C y 11C; 2) 6B, 8A, 12C, 15A, 15B, 15C, 16C, 4C y 6A.

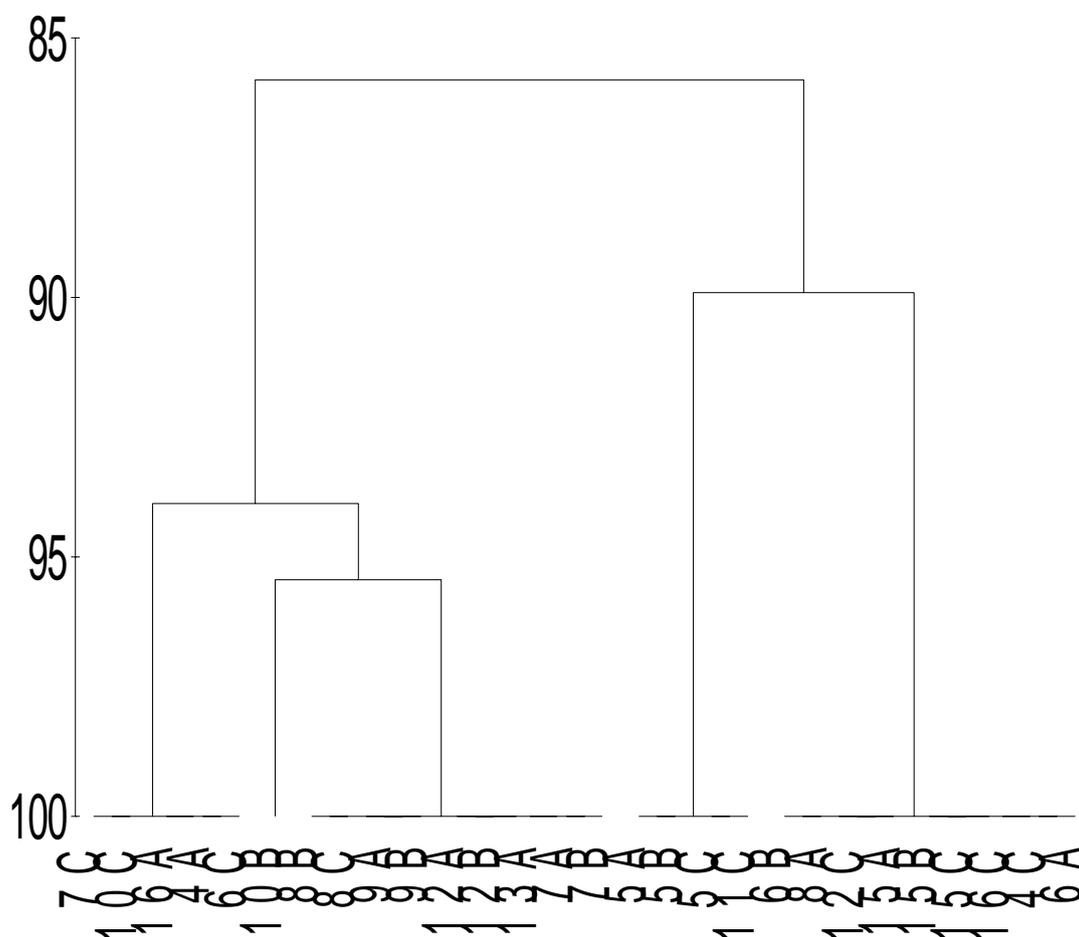


Figura 25. Dendrograma resultante del análisis de similitud del número de especies de poliquetos en la temporada de lluvias

Índice de diversidad

El dendrograma resultante del análisis de similitud de Bray-Curtis del índice de diversidad Shannon-Weiner de las estaciones de muestreo (Fig. 26), permite apreciar la constitución de 8 agrupaciones de estaciones con un 97 % de similitud. Las agrupaciones son: **1)** 11C y 15A; **2)** 6B y 8A; **3)** 6A y 12B; **4)** 4C y 8C; **5)** 7B y 12C; **6)** 6C y 15C; **7)** 4A y 16C; **8)** 5A y 16A. Las estaciones: 5C, 7A, 9A, 5B, 9B, 13A, 10C, 10B, 12A, 8B, 15B y 7C, no fueron incluidas dentro de ninguno de los grupos, pero presentaron un 97 % de similitud con las agrupaciones formadas.

Se formaron 7 agrupaciones con un 93 % de similitud: **1)** 5C, 11C, 15A; **2)** 7A, 9A, 6B, 8A; **3)** 5B, 9B, 6A, 12B; **4)** 13A, 10C, 4C, 8C; **5)** 10B, 12A, 7B, 12C, 8B, 6C, 15C; **6)** 4A, 16C; **7)** 15B, 7C, 5A, 16A.

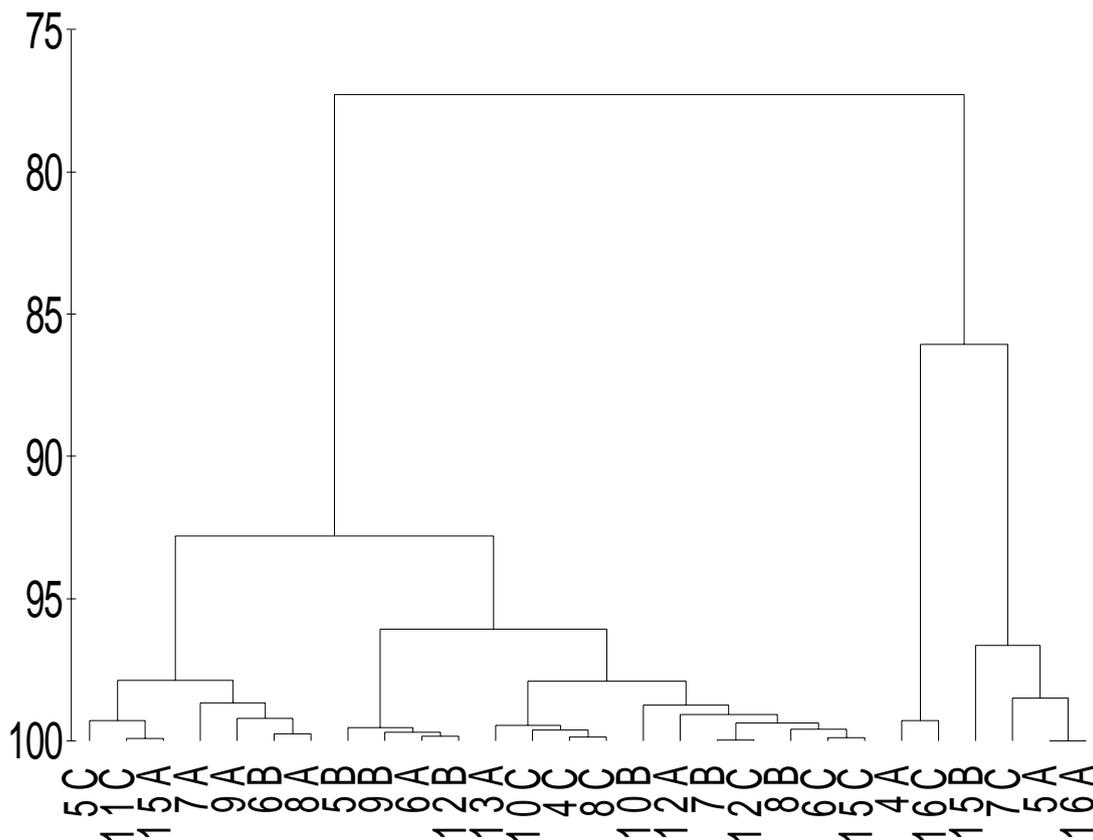


Figura 26. Dendrograma resultante del análisis de similitud del índice de diversidad de Shannon-Weiner en la temporada de lluvias

Materia orgánica

El dendrograma resultante del análisis de similaridad de Bray-Curtis del porcentaje de materia orgánica presente en el sedimento de las estaciones de muestreo (Fig. 27), permite apreciar la constitución de 9 agrupaciones de estaciones con un aproximadamente 98 % de similaridad. Las agrupaciones son: **1)** 4A y 12C; **2)** 5C y 11C; **3)** 6A y 16C; **4)** 5B y 15C; **5)** 9A y 13A; **6)** 7A y 10C; **7)** 4C y 6B; **8)** 10B y 12B; **9)** 7B y 9B; **10)** 5C y 11C. Las estaciones 7C, 8C, 6C, 5A, 15B, 8A, 16A, 8B, 15A y 12A, no fueron incluidas en ninguno de los grupos, pero presentaron un 98 % de similaridad con las agrupaciones formadas.

Se formaron 6 grupos con un 93 % de similitud: **1)** 7C, 8C, 4^a, 12C; **2)** 6C, 5^a, 5C, 11C; **3)** 6^a, 6C, 15B, 5B, 15C; **4)** 9^a, 13^a, 7^a, 10C, 8^a, 4C, 6B; **5)** 16^a, 8B, 10B, 12B; **6)** 15^a, 12^a, 7B, 9B.

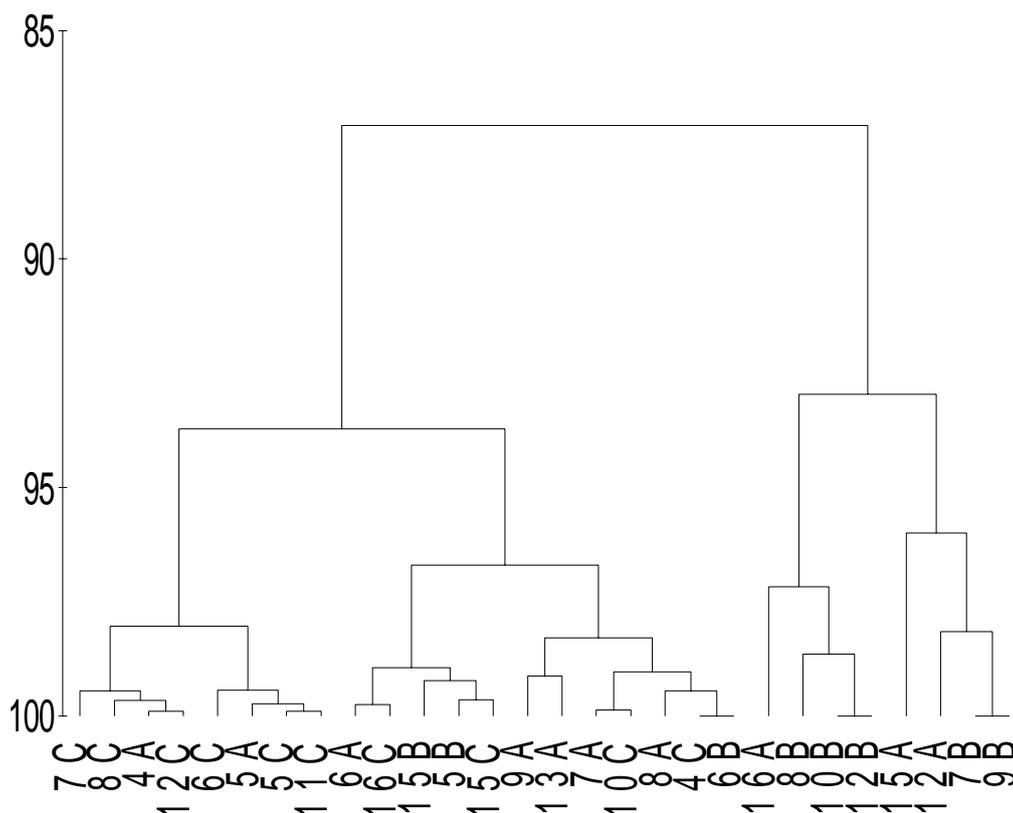


Figura 27. Dendrograma resultante del análisis de similaridad del porcentaje de materia orgánica presente en el sedimento superficial de las rocas en la temporada de lluvias.

3.4.7 Relación de la materia orgánica con la composición faunística

Con el objetivo de encontrar la relación existente entre el porcentaje de materia orgánica presente en el sedimento, la abundancia (Fig. 28), la biomasa (Fig. 29), y el índice de diversidad (Fig. 30), se realizó un análisis de regresión para cada una de las variables ecológicas.

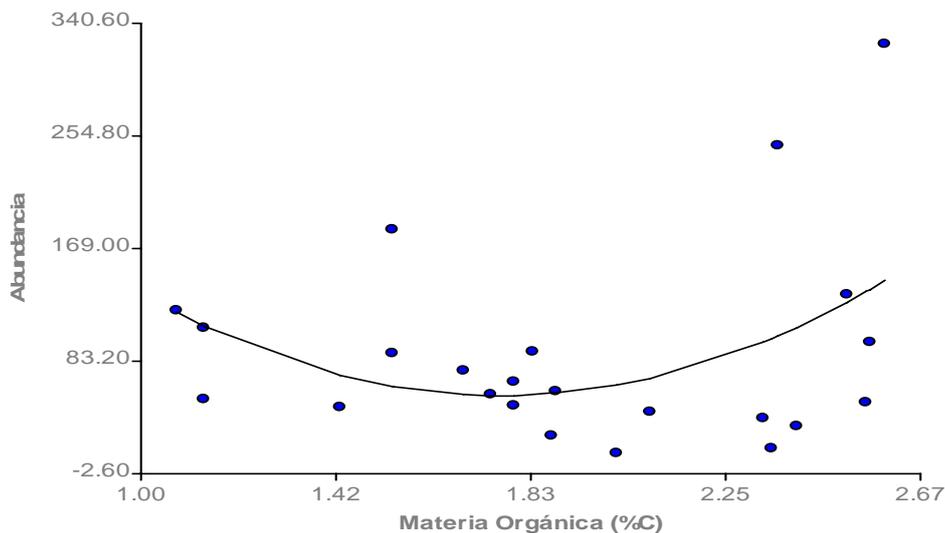


Figura 28. Análisis de regresión del porcentaje de materia orgánica y la abundancia de poliquetos en la temporada de lluvias

Como se puede observar en la figura 26, existe una gran dispersión en los puntos del gráfico, esto indica que la relación entre estas dos variables es muy baja. El coeficiente de determinación (R^2) que se obtuvo al realizar el análisis de regresión fue de 0.17 (95% de confianza), lo cual indica que la relación entre estas dos variables no es significativa.

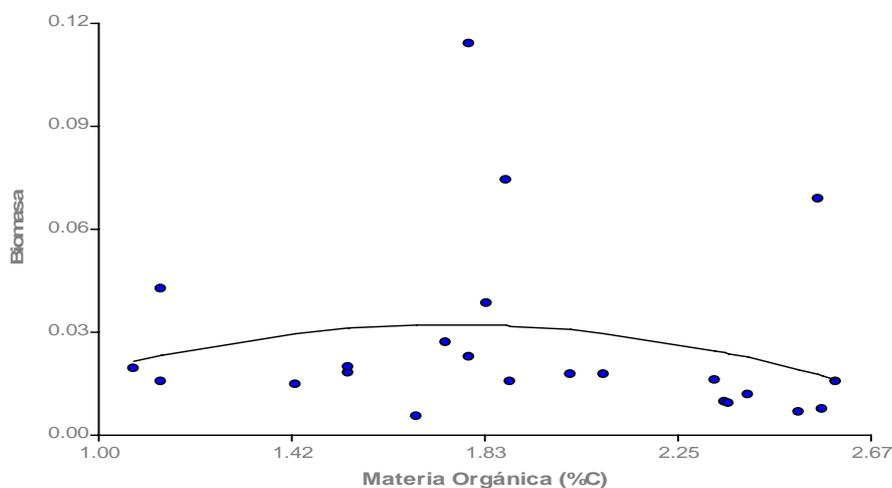


Figura 29. Análisis de regresión del porcentaje de materia orgánica y la biomasa de poliquetos en la temporada de lluvias

Al igual que la abundancia, el gráfico de la biomasa, también presentó una gran dispersión. El coeficiente de determinación (R^2) que se obtuvo fue de 0.05 (95% de confianza), lo cual indica que la relación entre el porcentaje de materia orgánica presente en el sedimento y la biomasa de los organismos es relativamente nula.

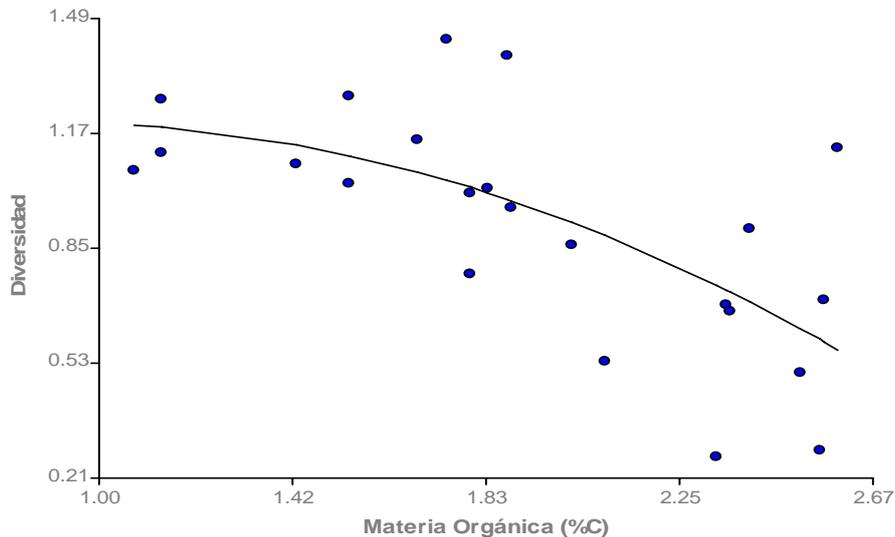


Figura 30. Análisis de regresión del porcentaje de materia orgánica y la diversidad de poliquetos en la temporada de lluvias

La diversidad de los organismos es la variable ecológica, que más se ve afectada por la concentración de materia orgánica. El coeficiente de determinación (R^2) fue de 0.43 (95% de confianza), lo cual indica que el 43% de los cambios en la diversidad de los organismos, se debe a la variación de materia orgánica (%C), presente en el sedimento superficial de las rocas.

3.4.8 Gráficas de comparación abundancia/biomasa (Curvas ABC)

Con respecto a los valores de abundancia y biomasa se realizaron las curvas ABC, mostrando que las estaciones 4A, 4C, 6A, 6B, 8A y 9A, son sitios que no se encuentran perturbados (Fig. 31 a, b, c, d, e, f); debido a que la curva de la biomasa estuvo por encima de la curva de abundancia

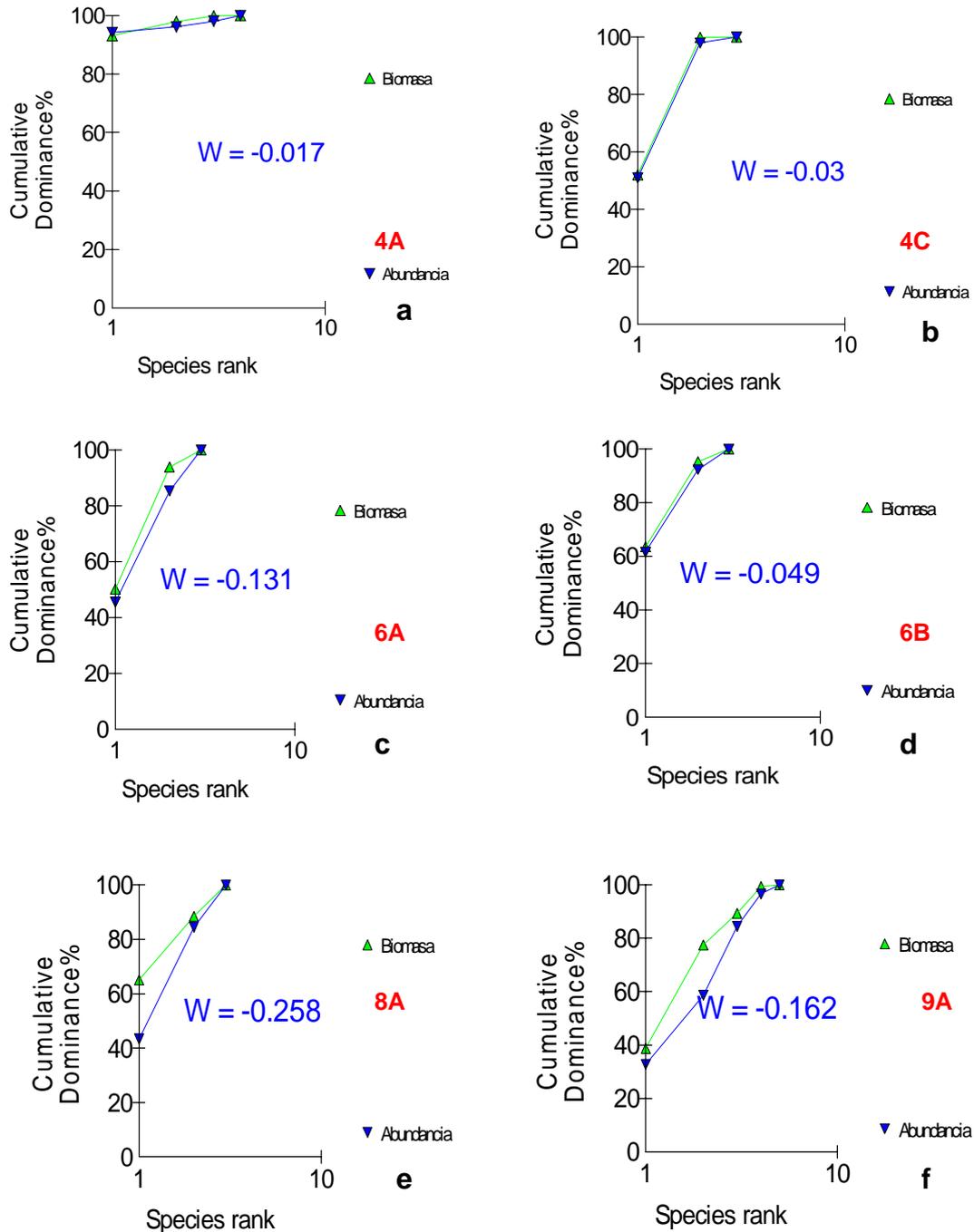


Figura 31. Análisis de las curvas ABC de los sitios que no presentaron perturbación, en la temporada de lluvias

En la figura 32 (a, b, c, d, e, f, g, h, i, j) se presenta el análisis de las curvas ABC, el cual mostró que las estaciones 6C, 7A, 8C, 9B, 10B, 10C, 12A, 12B, 12C y 13A, son sitios moderadamente perturbados; debido a que la curva de la abundancia se cruza con la curva de la biomasa.

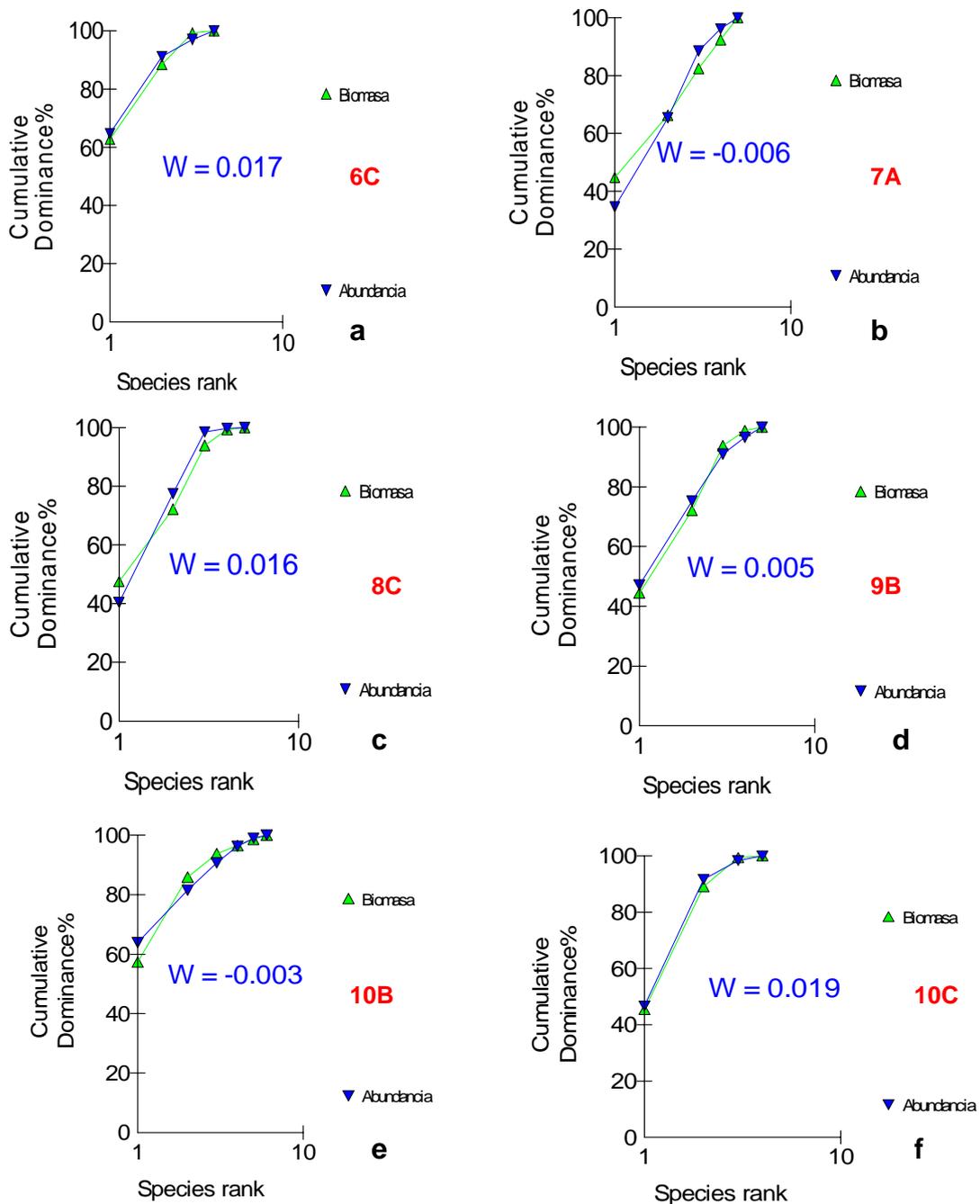


Figura 32. Análisis de las curvas ABC, de los sitios que presentaron perturbación moderada, en la temporada de lluvias

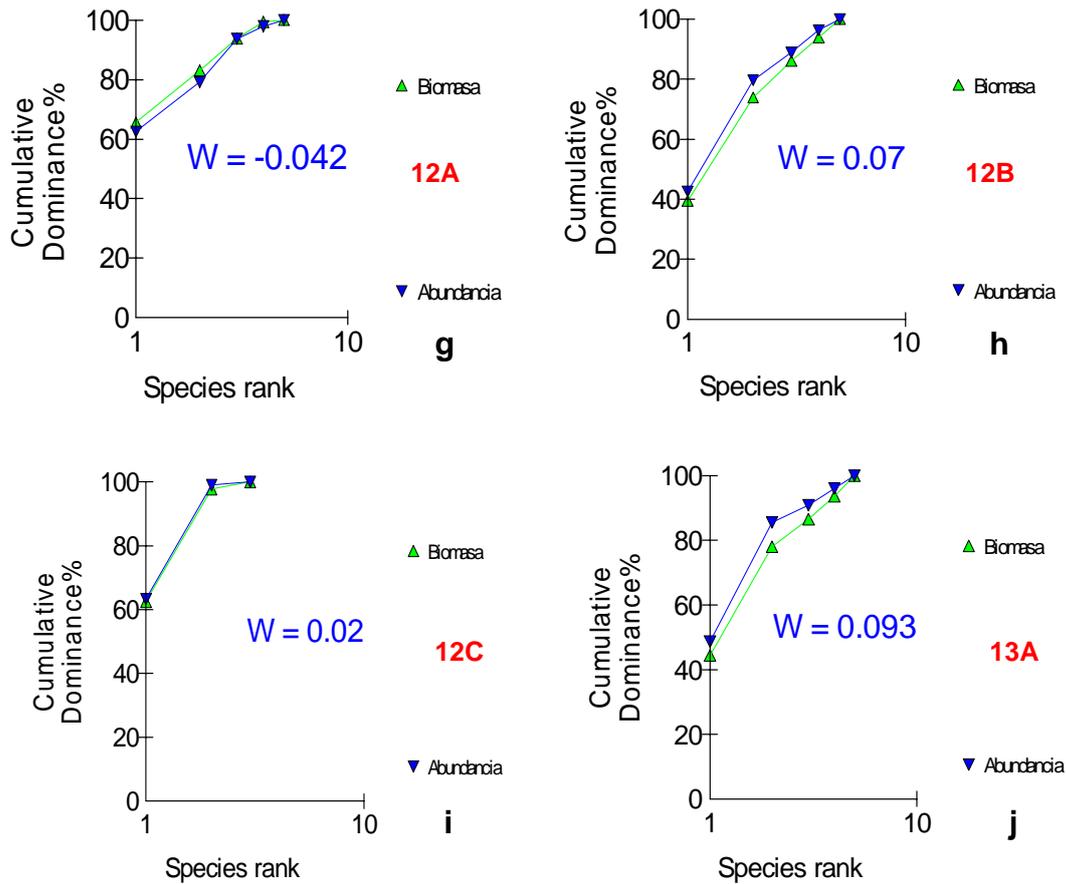


Figura 32. Análisis de las curvas ABC, de los sitios que presentaron perturbación moderada, en la temporada de lluvias.

Las tres estaciones que componen el transecto 12, se determinaron como sitios con una perturbación moderada. Fue el único transecto que presentó el mismo tipo de perturbación en sus tres distancias.

De acuerdo al análisis de las curvas ABC, las estaciones 7B, 7C y 8B, son sitios altamente perturbados (Fig. 33 a, b, c); debido a que la curva de la abundancia estuvo por encima de la curva de la biomasa.

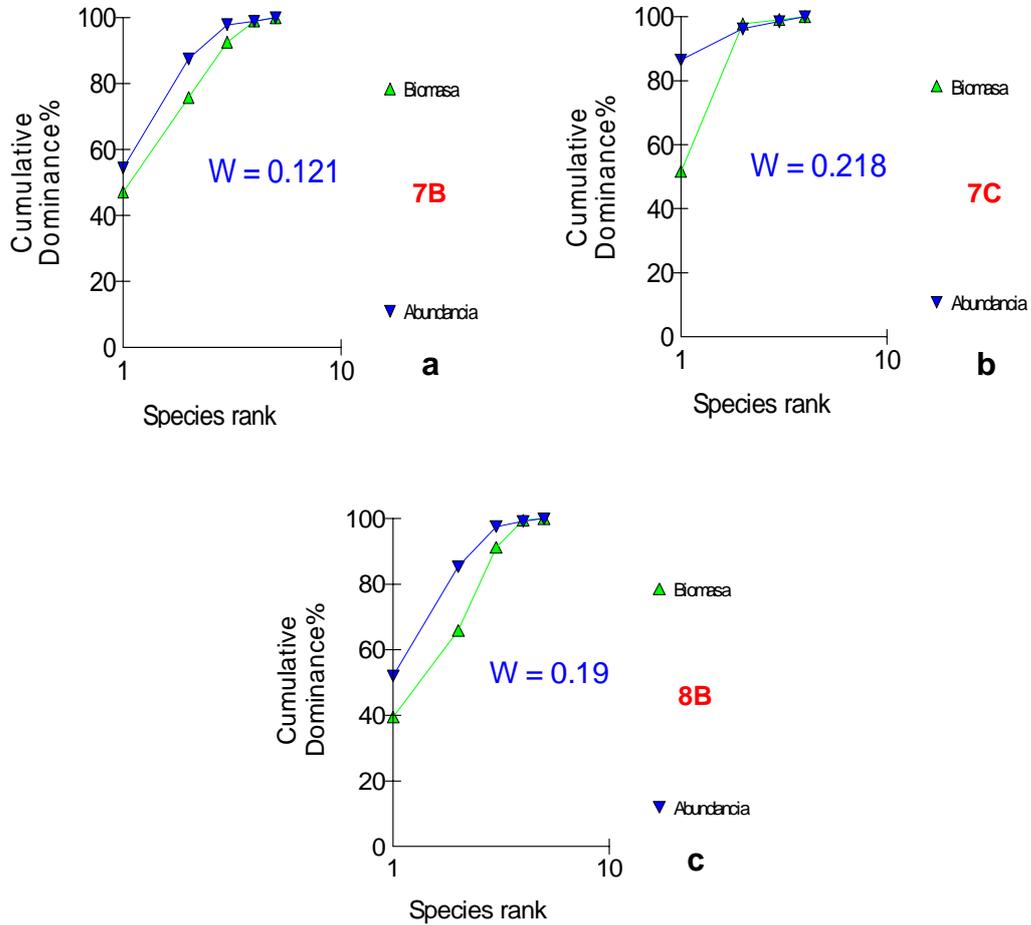


Figura 33. Análisis de las curvas ABC, de los sitios altamente perturbados, en la temporada de lluvias

Se agruparon las tres distancias para evaluar los transectos con las curvas ABC. Este análisis mostró que los transectos 4, 6, 8, 9, 10, 12 y 13, son sitios moderadamente perturbados (Fig. 34 a, b, c, d, e, f, g); debido a que la curva de la abundancia, se cruza con la curva de la biomasa.

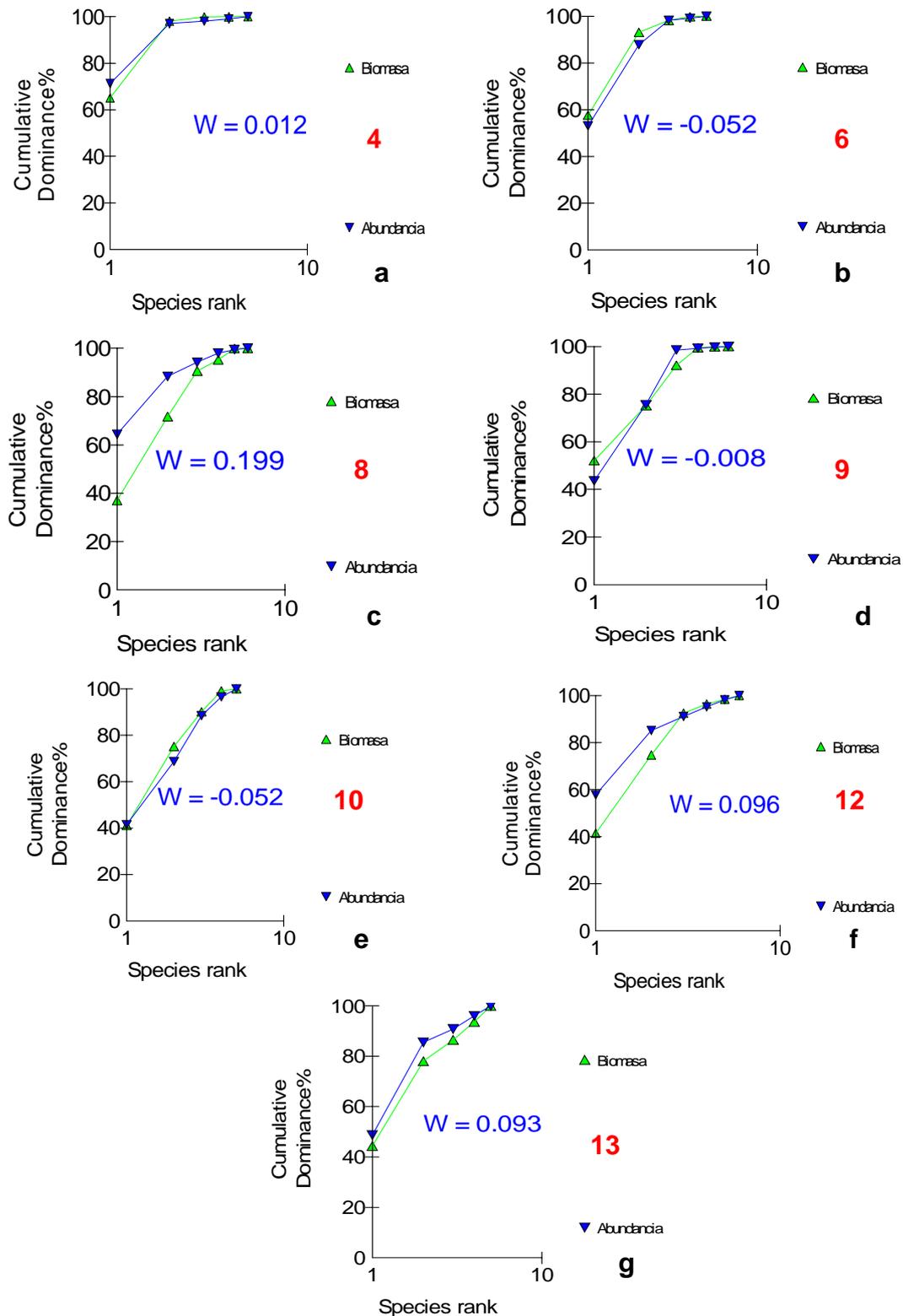


Figura 34. Análisis de las curvas ABC de los transectos moderadamente perturbados, en la temporada de lluvias.

El transecto 7 fue el único sitio que se clasificó como altamente perturbado; debido a que la curva de la abundancia estuvo por encima de la curva de la biomasa (Fig. 35).

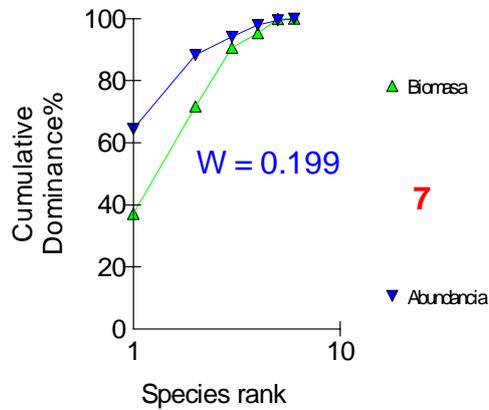


Figura 35. Análisis de la curva ABC del transecto altamente perturbado, en la temporada de lluvias

El análisis de la curva ABC del total de las estaciones de la zona de estudio, mostró que se puede considerar como un ambiente moderadamente perturbado (Fig. 36); debido a que la curva de la abundancia se cruza con la curva de la biomasa.

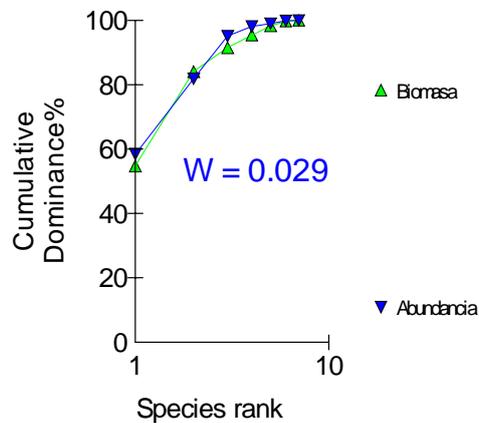


Figura 36. Análisis de la curva ABC de toda la zona de estudio, en la temporada de lluvias

3.5 ÉPOCA DE NORTES (25 – 27 febrero 2006)

3.5.1 Comportamiento de los parámetros fisicoquímicos

En el anexo 2 se encuentran los parámetros fisicoquímicos de la columna de agua y el porcentaje de materia registrados para la época de nortes (25 – 27 febrero 2006).

Al igual, que en la temporada de lluvias, se determinaron los parámetros fisicoquímicos y el porcentaje de materia orgánica a tres distancias de la línea de costa (50 m, 150 m y 300 m), esto con el objetivo de evaluar si existe variación de las variables ambientales. Las estaciones 17 y 18 fueron puntuales. Todos los parámetros se determinaron cerca de donde se extrajeron las rocas.

Materia orgánica

La concentración promedio de materia orgánica (%C) del sedimento a 50 m de la línea de costa en la Bahía de Chetumal, fue de 1.77 ± 0.53 . Las concentraciones más bajas de materia orgánica se presentaron en las estaciones: 14 A (0.87 %C), 2A (1.28 %C) y 12A (1.3 %C). Las concentraciones más altas de materia orgánica se presentaron en las estaciones: 16A (2.99 %C), 3A (2.62 %C), y 5A (2.27 %C). La concentración promedio de materia orgánica a 150 m de 1.88 ± 0.56 . Las concentraciones más bajas se presentaron en las estaciones: 14B (1.02 %C), 12B (1.18 %C) y 2B (1.24 %C). Las concentraciones más altas de materia orgánica se presentaron en las estaciones: 3B (2.97 %C), 15B (2.46 %C) y 16B (2.44 %C). La concentración promedio de materia orgánica (%C) a 300 m, fue de 2.03 ± 0.55 . Las concentraciones más bajas de materia orgánica se presentaron en las estaciones: 14C (1 %C), 2C (1.18 %C) y 1C (1.5 %C). Las concentraciones más altas de materia orgánica se presentaron en las estaciones: 3C (3 %C), 16C (2.71 %C), y 15C (2.58 %C) (Fig. 37). Las estaciones 17 y 18 presentaron 2.73 %C y 1.83 %C respectivamente.

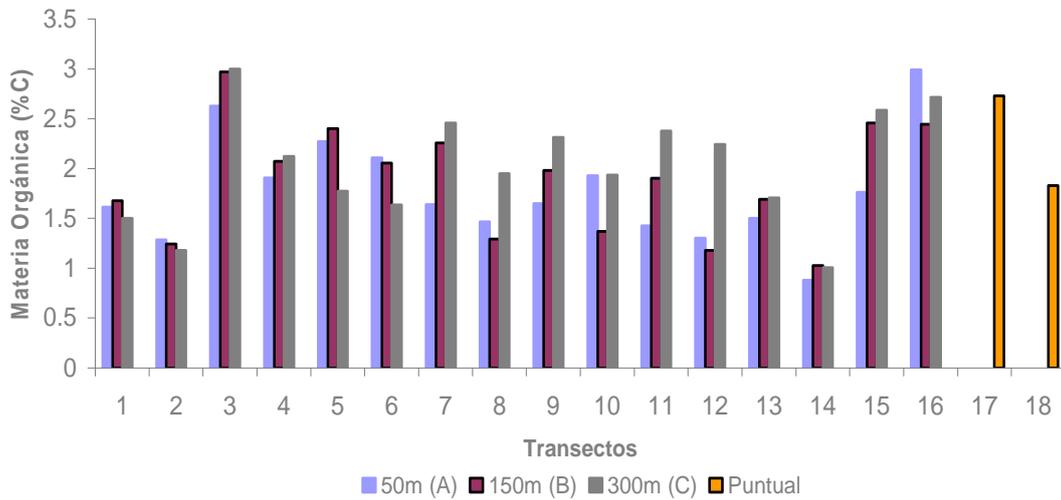


Figura 37. Concentraciones de materia orgánica (%C) en los sedimentos en la época de nortes

La mayoría de las concentraciones de materia orgánica, se encuentra dentro del rango de 1 a 2 %C, lo cual indica que la mayoría de los sedimentos presentan concentraciones moderadas de materia orgánica.

Temperatura

A 50 m de la línea de costa el promedio de temperatura fue de $30.55^{\circ}\text{C} \pm 0.76$. El valor mínimo fue de 29.02°C (15A), y el valor máximo fue de 31.79°C (9A). A 150 m de la línea de costa el promedio de temperatura fue de $30.4^{\circ}\text{C} \pm 0.46$. El valor mínimo fue de 29.52°C (16B), y el valor máximo fue de 31.3°C (3B). A 300 m de la línea de costa el promedio de temperatura fue de $30.42^{\circ}\text{C} \pm 0.44$. El valor mínimo fue de 29.8°C (1C), y el valor máximo fue de 31.4°C (16C) (Fig. 38). En las estaciones 17 y 18 se presentaron valores de temperatura de 30.6°C y 30.24°C respectivamente.

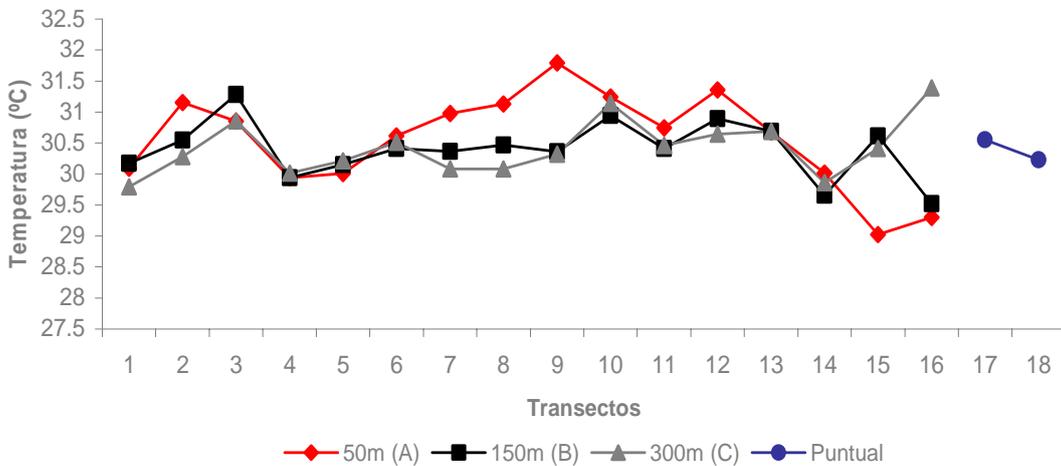


Figura 38. Temperatura (°C) en las estaciones de muestreo de la Bahía de Chetumal, en la temporada de nortes

Como se puede observar en la figura 38, la variación de la temperatura en las tres diferentes distancias, no fue considerable. Los valores promedio de temperatura son muy similares en las tres distancias.

Oxígeno disuelto

A 50 m de la línea de costa el promedio de oxígeno disuelto (mg/l) fue de 2.23 ± 1.05 . El valor mínimo fue de 0.3 mg/l (16A) y el valor máximo fue de 4.7 mg/l (12A). A 150 m el promedio fue de $2.51 \text{ mg/l} \pm 0.9$. El valor mínimo fue de 1.5 mg/l (3B), y el valor máximo de 4.6 mg/l (12B). El promedio de oxígeno disuelto a 300 m de la línea de costa fue de $2.43 \text{ mg/l} \pm 0.98$. El valor mínimo fue de 1.4 mg/l (14C), y el valor máximo fue de 4.9 mg/l (12C) (Fig. 9). En las estaciones 17 y 18 se presentaron valores de 1.8 mg/l y 1.3 mg/l respectivamente.

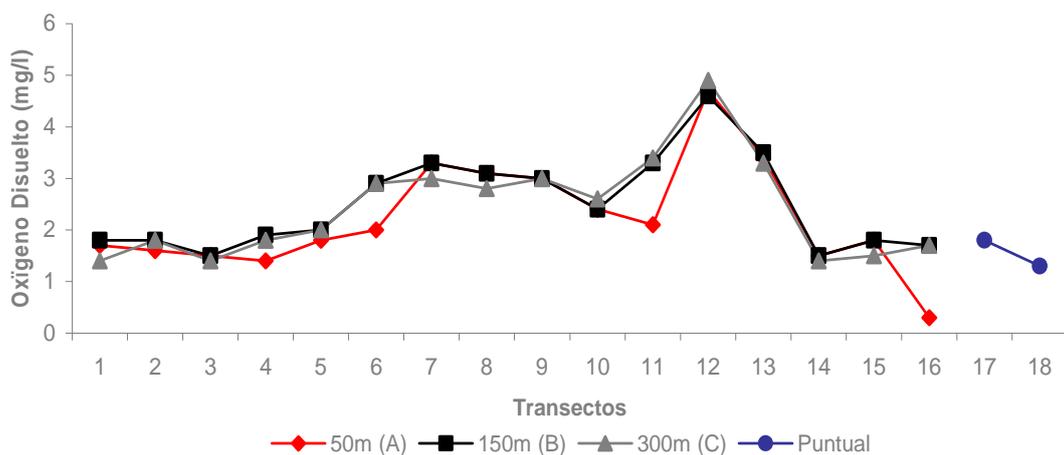


Figura 39. Oxígeno disuelto (mg/l) en las estaciones de muestreo de la Bahía de Chetumal, en la temporada de nortes.

pH

El pH fue el parámetro ambiental que menor variación presentó en todas las estaciones de muestreo. A 50 m de la línea de costa el promedio de pH fue de 7.85 ± 0.53 . El valor mínimo fue de 6.6 (15A), y el valor máximo fue de 8.31 (10A). El valor promedio de pH a 150 m con la línea de costa fue de 7.93 ± 0.46 . El valor mínimo fue de 6.87 (14B), y el valor máximo fue de 8.29 (12B). A 300 m el promedio de pH fue de 7.96 ± 0.49 . El valor mínimo fue de 6.69 (16C), y el valor máximo fue de 8.35 (11C) (Fig. 40). En las estaciones 17 y 18 se presentaron valores de 8.3 y 8.2 respectivamente.

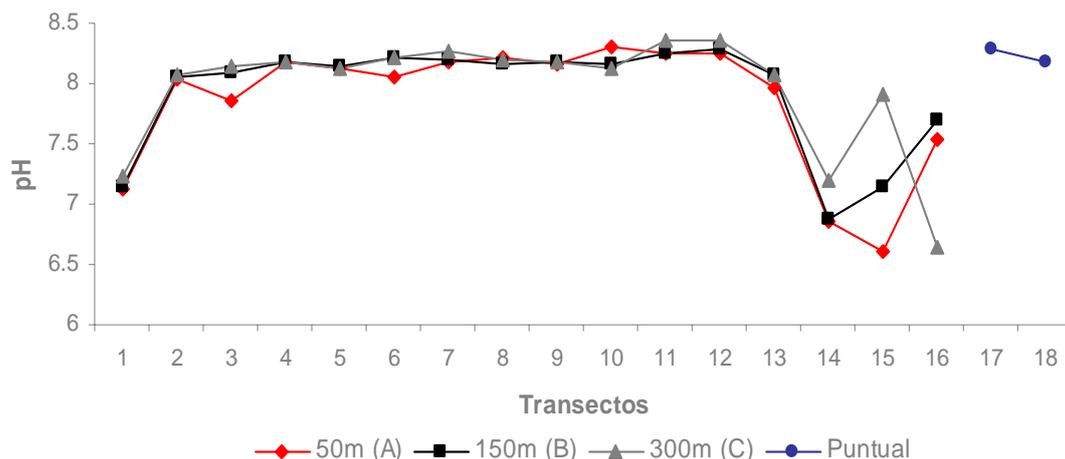


Figura 40. Valores de pH en las estaciones de muestreo, de la Bahía de Chetumal, en la temporada de nortes.

Salinidad

El Río Hondo ejerce gran influencia en las concentraciones de salinidad de la Bahía de Chetumal, claramente se observan dos gradientes de salinidad. Las salinidades más bajas se encuentran en las estaciones cercanas a la desembocadura del río (Fig. 41)

La concentración promedio de salinidad a 50 m de la línea de costa fue de 12.67 ppm \pm 5.72. El valor mínimo fue de 1.24 ppm (14A), y el valor máximo fue de 17.52 ppm (5A). A 150 m la concentración promedio de salinidad fue de 14.01 ppm \pm 5.22. La concentración mínima fue de 1.19 ppm (1B), y la concentración máxima fue de 17.73 ppm (6B). La concentración promedio de la salinidad a 300 m fue de 13.87 ppm \pm 5.74. La concentración mínima fue de 1.05 ppm (1C), y la concentración máxima fue de 19.2 ppm (12C) (Fig. 41). Las estaciones 17 y 18 presentaron concentraciones de salinidad de 17 ppm y 15.6 ppm respectivamente.

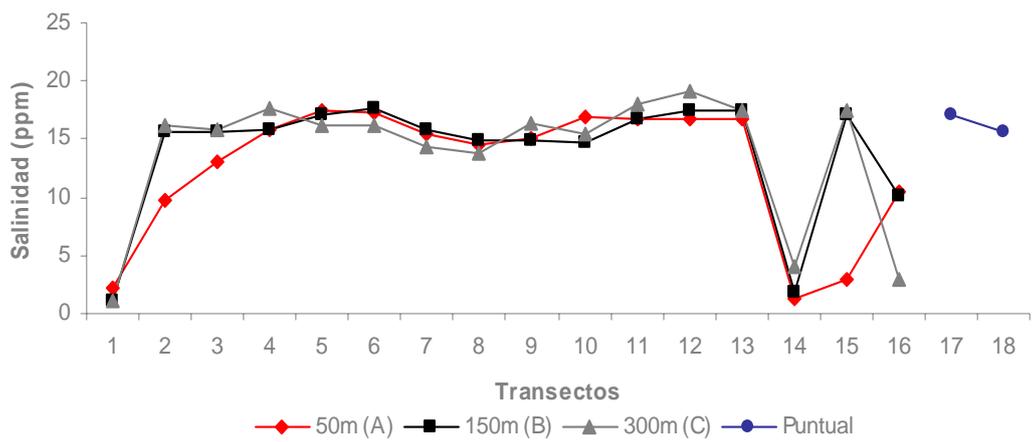


Figura 41. Concentraciones de salinidad (ppm) en las estaciones de muestreo en la temporada de nortes.

Sólidos Disueltos y Conductividad

Las concentraciones de sólidos disueltos y conductividad presentaron un comportamiento similar al de la salinidad. Estos dos parámetros al igual que salinidad, se ven muy influenciados por el aporte de agua del Río Hondo a la Bahía de Chetumal (Figs. 42 y 43).

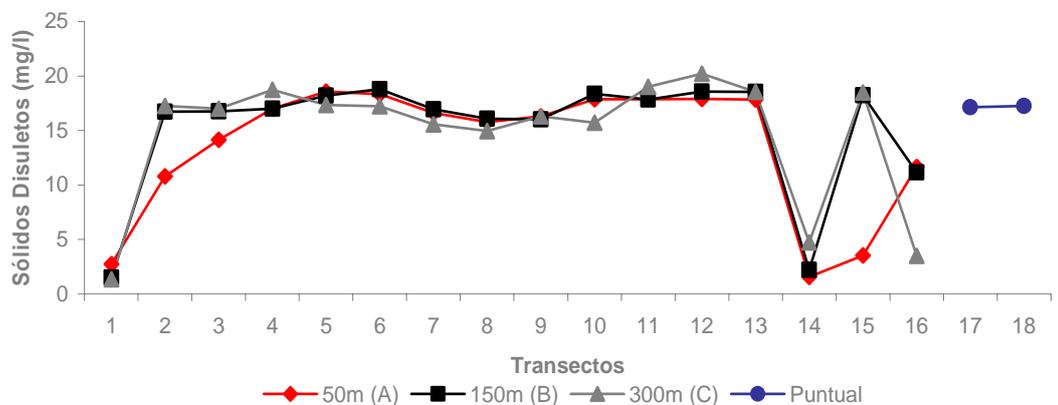


Figura 42. Concentración de sólidos disueltos (g/l), en las estaciones de muestreo, en la temporada de nortes.

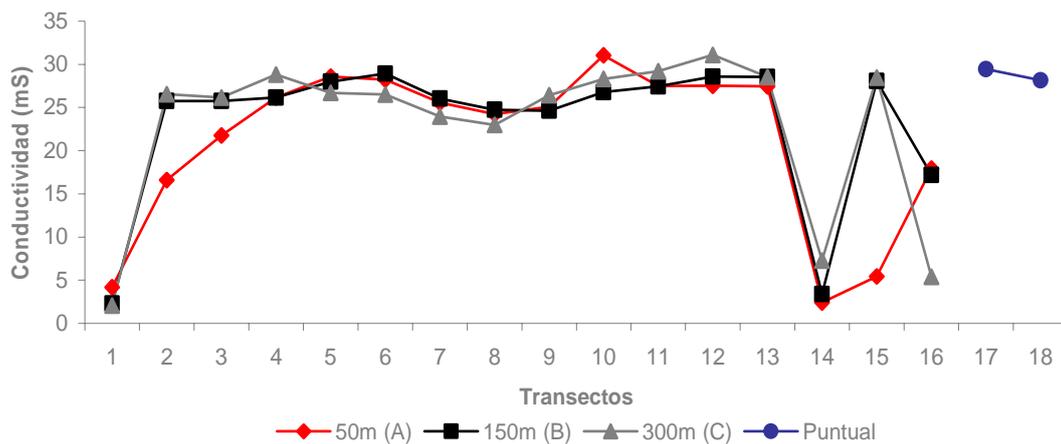


Figura 43. Concentración de conductividad (mS/cm) en las estaciones de muestreo, en la temporada de nortes.

Los valores mínimos y máximos de la salinidad, sólidos disueltos, y conductividad, se presentaron en las mismas estaciones (Figs. 41, 42 y 43).

3.5.2 Descripción de la comunidad de poliquetos en la temporada de nortes

En el muestreo realizado del 25 al 27 de febrero (temporada de nortes), se recolectaron 670 organismos de la clase Polychaeta, identificándose 5 familias: Nereididae, Spionidae, Phyllodocidae, Capitellidae y Serpulidae presentando la mayor abundancia Nereididae, con 514 organismos (Fig. 44). La familia que presentó la menor abundancia fue Serpulidae con 1 organismo identificado (Fig. 44).

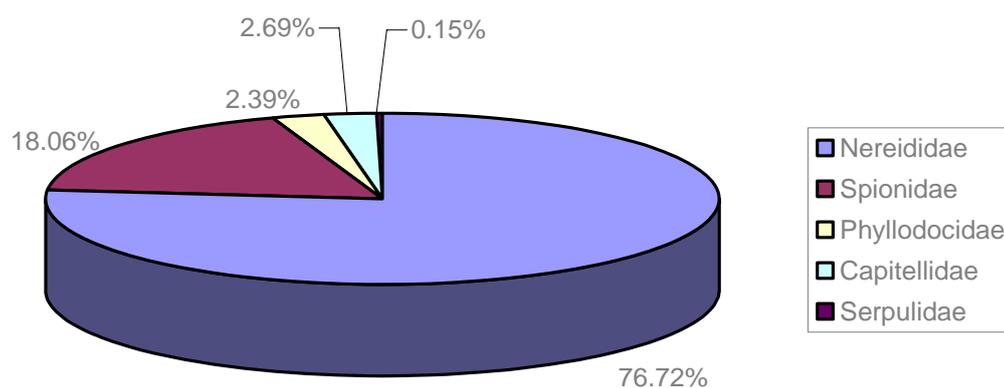


Figura 44. Porcentajes de la abundancia de poliquetos por familias, en la temporada de nortes

En los transectos 1, 2, 3 y 14 no se encontraron rocas. En las estaciones 4B, 5B, 7C, 9C, 10A, 12A, 13B, 13C, 16B y 16C, no se encontraron rocas. En los transectos 17 y 18, no se pudieron recolectar rocas, debido a la profundidad de la columna de agua.

Distribución y análisis de la comunidad de poliquetos

En la zona 1 (zona urbana de la ciudad de Chetumal), fue donde se presentaron las mayores abundancias de las 5 familias identificadas. Las mayores abundancias de Nereididae se presentaron en los transectos 11 con 145 organismos y 10 con 90 organismos. Spionidae presentó su mayor abundancia en el transecto 8 con 57 organismos (Fig. 45). Phyllodocidae y Capitellidae no presentaron abundancias mayores a los 20 organismos. Serpulidae solo se presentó en el transecto 7 y solamente fue identificado un organismo. La abundancia de organismos tuvo una baja realmente significativa,

con respecto al número de organismos identificados para la temporada de lluvias (Fig. 45).

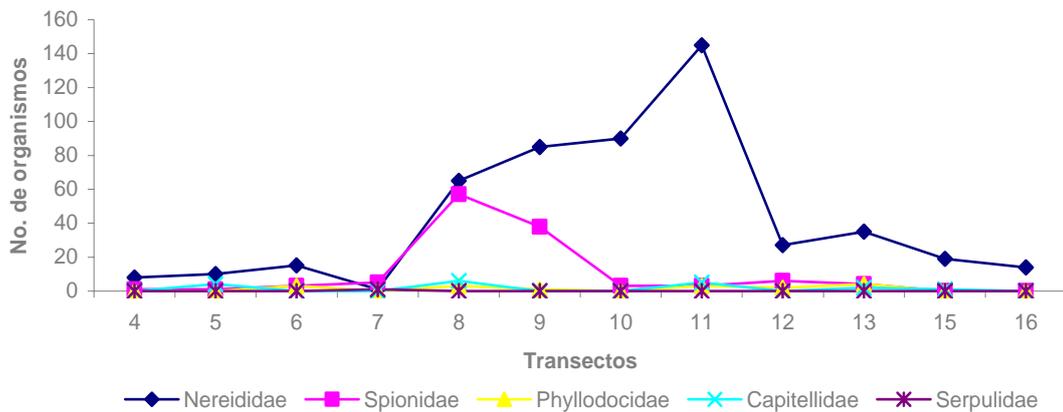


Figura 45. Abundancia de poliquetos por familias en los transectos de muestreo, en la temporada de nortes.

Análisis de la comunidad de poliquetos por distancia

La abundancia no presentó algún tipo de comportamiento, ya que la mayor abundancia fue registrada a la distancia de 300 m con 251 organismos; a 150 m, la abundancia disminuyó a 189 organismos, y a la distancia de 50 m subió a 230 organismos (Fig. 46). En esta temporada la abundancia de organismos, se distribuyó a lo largo de las 3 distancias, y no hubo una que predominara sobre las otras.

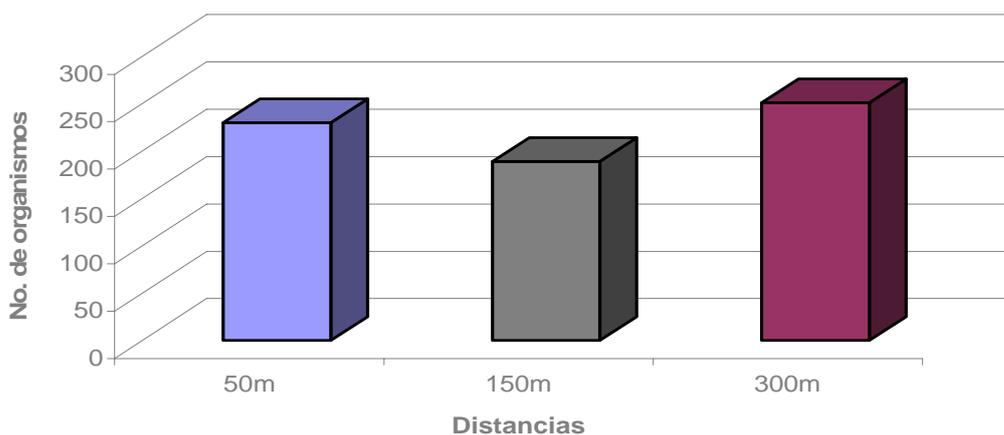


Figura 46. Abundancia de poliquetos por distancia, en la temporada de nortes

En la distancia 50 m, el transecto 8 presentó mayor abundancia con 63 organismos, seguido del transecto 9 con 56 organismos. Los transectos que presentaron menor abundancia fueron: transecto 7 con 4 organismos y el 15

con 5 organismos. En la distancia 150 m, el transecto 9 presentó mayor abundancia con 68 organismos. Los transectos que presentaron menor abundancia fueron: transecto 7 con 3 organismos, y el transecto 15 con 4 organismos. En la distancia 300 m, el transecto 11 presentó mayor abundancia con 91 organismos, seguido del transecto 10 con 72 organismos. Los transectos que presentaron menor abundancia fueron: el 4 con 1 organismo y el 5 con 3 organismos (Fig. 47).

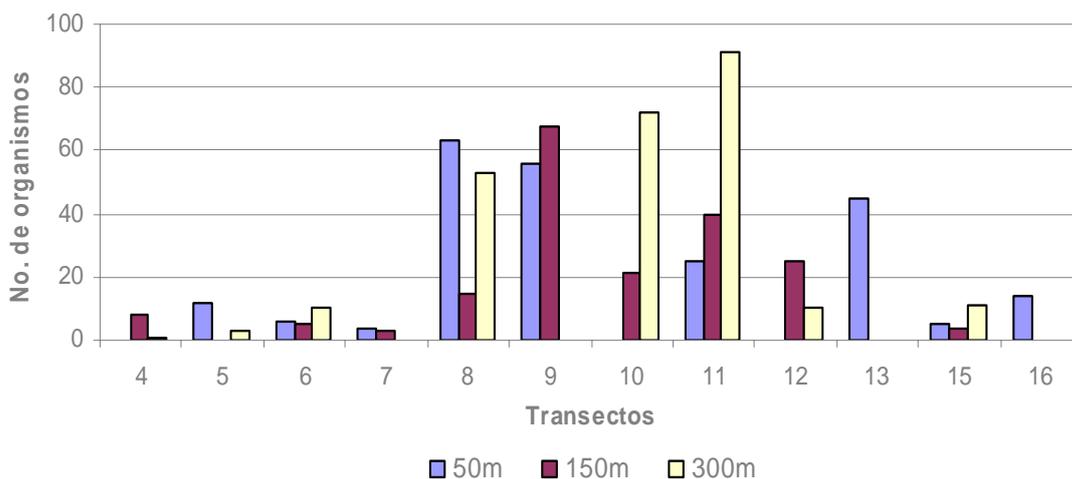


Figura 47. Abundancia de poliquetos por distancia, en la temporada de nortes

En general el transecto que presentó la mayor abundancia fue el 11 con 156 organismos y el transecto que presentó la menor abundancia fue el transecto 7 con 7 organismos.

Nereididae fue la única familia que se presentó en todas las estaciones de muestreo. Serpullidae fue la que presentó la menor abundancia, ya que solamente se encontró 1 organismo en el transecto 7 a la distancia de 150 m.

Especies de poliquetos identificadas en la temporada de nortes

De las 5 familias de la clase Polychaeta encontradas, se identificaron 6 especies (Tabla 9)

Tabla 9. Especies de poliquetos identificadas en la temporada de nortes en la Bahía de Chetumal

Familia	Especie
Nereididae	<i>Nereis caymanensis</i>
	<i>Rullienereis bahamensis</i>
Spionidae	<i>Polydora cornuta</i>
Phyllodocidae	<i>Eteone heteropoda</i>
Capitellidae	<i>Capitella capitata</i>
Serpulidae	<i>Ficopomatus.sp</i>

La especie más abundante fue *Nereis caymanensis* con 415 organismos. Fue la única especie, que se presentó en todas las estaciones de muestreo. El 62% del total de los organismos identificados, pertenecen a esta especie de la familia Nereididae (Fig. 48). La especie con menor abundancia fue *Ficopomatus.sp*.

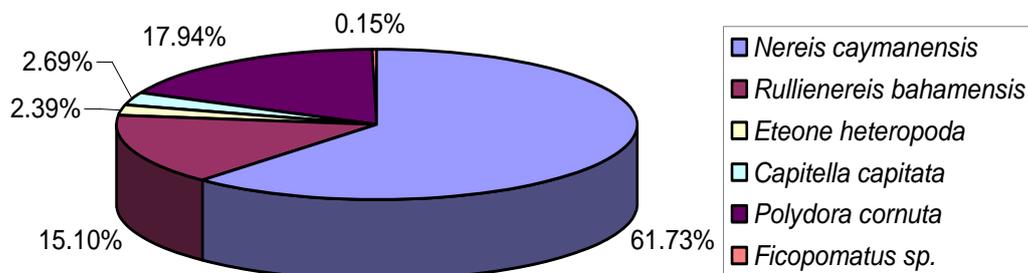


Figura 48. Porcentajes de la abundancia de poliquetos, por especie en la temporada de nortes

3.4.3 Índice de diversidad en la temporada de nortes

Para evaluar la diversidad en las estaciones de muestreo, se utilizó el índice de diversidad de Shannon-Weiner. En la tabla 10, se presentan el número de especies por estación, la abundancia de organismos por estación, y los valores del índice de diversidad que se determinaron para cada uno de los transectos de muestreo.

Tabla 10. Valores del índice de diversidad (H'), número de especies (S), y abundancia (N) por estaciones en la temporada de nortes

Transecto	S	N	H'
4B	2	8	0.3768
4C	1	1	*****
5A	3	12	0.8877
5C	1	3	*****
6A	2	6	0.6365
6B	2	5	0.5004
6C	2	10	0.6109
7A	1	4	*****
7B	3	3	1.0099
8A	4	61	0.5801
8B	4	15	1.171
8C	3	53	0.31
9A	3	56	0.9529
9B	4	68	0.8575
10B	3	21	0.8468
10C	3	72	0.6954
11A	5	25	1.376
11B	3	41	0.7299
11C	5	91	0.6823
12B	4	25	1.277
12C	2	10	0.673
13A	5	45	1.182
15A	1	1	*****
15B	1	8	*****
15C	1	11	*****
16A	1	14	*****

Los valores más altos del índice de diversidad se localizaron en las estaciones 11A (1.376 bits/ind), 12B (1.277 bits/ind), 13A (1.182 bits/ind), y 8B (1.171 bits/ind). Por el contrario las estaciones que presentaron los valores más bajos de diversidad fueron: 8C (0.31 bits/ ind), 4B (0.3768 bits/ind), y 6B (0.5004 bits/ind) (Fig. 49).

En promedio la distancia 300 m, fue la que presentó los valores de diversidad más bajos, con un promedio de 0.5943bits/ind. La distancia 50 m fue

la que presentó el promedio más alto del índice de diversidad con 0.9358 bits/ind. La distancia 150 m tuvo un promedio del índice de diversidad de 0.8461 bits/ind.

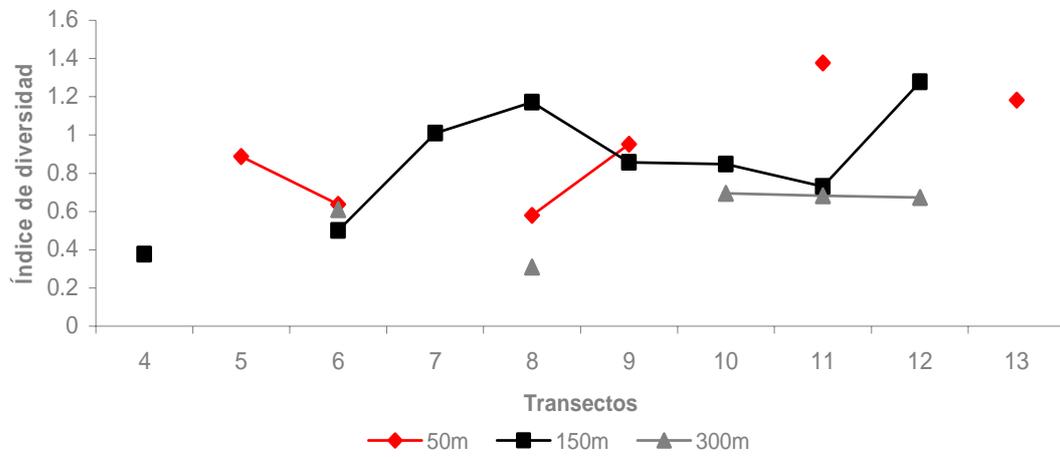


Figura 49. Índice de diversidad por distancia en la temporada de nortes

3.4.4 Asociación de la composición faunística y las variables ambientales

Para determinar la magnitud de la asociación entre las variables ambientales y la composición faunística, se realizaron análisis de correlación de Pearson, los cuales no dependen de las unidades de medida de las variables.

En la tabla 11 se encuentran los coeficientes de correlación de la abundancia y biomasa total con las variables ambientales

Tabla 11. Coeficientes de correlación de la abundancia y la biomasa con las variables ambientales, en la temporada de nortes.

Parámetro	Abundancia	Biomasa
Materia orgánica (%)	- 0.08	- 0.22
Temperatura	- 0.37	- 0.29
Conductividad	0.48	0.08
Sólidos disueltos	0.45	0.11
Salinidad	0.58	0.08
Oxígeno disuelto	- 0.2	0.35
pH	0.27	0.12

La salinidad presentó el coeficiente de correlación más alto con la abundancia (0.58).

Debido a los resultados anteriores, se analizaron las asociaciones de las variables ambientales con las abundancias de las 5 familias identificadas (Tabla 12).

Tabla 12. Coeficientes de correlación de la abundancia por familias, con las variables ambientales, en la temporada de nortes

Parámetro	Abundancia				
	Nereididae	Spionidae	Phyllodocidae	Capitellidae	Serpulidae
Materia orgánica (%)	0.10	- 0.31	- 0.47	- 0.27	0.15
Temperatura (-C)	- 0.47	0.10	- 0.16	0.12	0.19
Conductividad (mS)	0.51	0.03	0.32	0.09	- 0.11
Sólidos disueltos (mg/l)	0.49	0.01	0.31	0.10	- 0.11
Salinidad (ppm)	0.56	0.16	0.45	- 0.05	- 0.002
Oxígeno disuelto (mg/l)	- 0.24	0.05	- 0.41	0.16	0.06
pH	0.12	0.35	0.13	0.2	0.07

Los cambios en las concentraciones de salinidad, se encuentran asociados con la abundancia de Nereididae en un 56%, este fue el coeficiente de correlación más alto que se presentó en esta familia. La concentración de sólidos disueltos también influye en la abundancia de los nereidos, puesto que el coeficiente de correlación entre estas dos variables fue de 0.49. La temperatura y la abundancia de nereidos presentaron un coeficiente de correlación negativo (- 0.47), lo cual indica que existe una asociación negativa entre estas dos variables.

La familia que presentó el coeficiente de correlación más alto con el porcentaje de materia orgánica en el sedimento (-0.47) fue Phyllodocidae, presentándose entre estas dos variables una asociación negativa. La abundancia de esta familia, también se encuentra relacionada en un 45% con la salinidad.

Las otras 3 familias, no presentaron coeficientes de correlación significativos, con ninguna de las variables ambientales.

En la tabla 13 se presentan los valores resultantes del análisis de correlación de las variables ambientales con la biomasa por familias.

Tabla 13. Coeficientes de correlación de la biomasa por familias con las variables ambientales en la temporada de nortes.

Parámetro	Biomasa				
	Nereididae	Spionidae	Phyllodocidae	Capitellidae	Serpulidae
Materia orgánica	- 0.07	- 0.39	- 0.34	- 0.19	0.15
Temperatura (-C)	- 0.27	0.24	- 0.26	- 0.01	0.19
Conductividad (mS)	- 0.03	0.1	0.42	0.14	- 0.11
Sólidos disueltos (mg/l)	- 0.04	0.08	0.43	0.15	- 0.11
Salinidad (ppm)	0.03	0.26	0.53	0.05	- 0.003
Oxígeno disuelto (mg/l)	0.27	- 0.29	- 0.36	0.001	0.07
pH	- 0.07	- 0.39	- 0.34	- 0.19	0.15

La familia Phyllodocidae presentó un coeficiente de correlación significativo con la salinidad (0.53), esto indica que la biomasa de la familia Phyllodocidae, se encuentra asociada en un 53% con la salinidad.

Las otras 4 familias, no presentaron coeficientes de correlación significativos, con ninguna de las variables ambientales.

Se realizó una matriz de diagramas de dispersión, para ejemplificar de manera gráfica la asociación que existe entre las variables ambientales, la abundancia (Fig. 50) y la biomasa (Fig. 51) de los poliquetos.

La matriz muestra que las asociaciones de las variables ambientales con la abundancia y la biomasa de los organismos, no son fuertes, ya que existe una gran dispersión en los puntos y no presentan algún tipo de comportamiento o tendencia.

Los parámetros conductividad y sólidos disueltos presentan fuertes asociaciones entre ellas, ya que los puntos se agruparon en línea recta, lo cual indica que existe una asociación significativa entre estos parámetros; los demás parámetros no presentaron ninguna asociación significativa (Figs. 50 y 51).

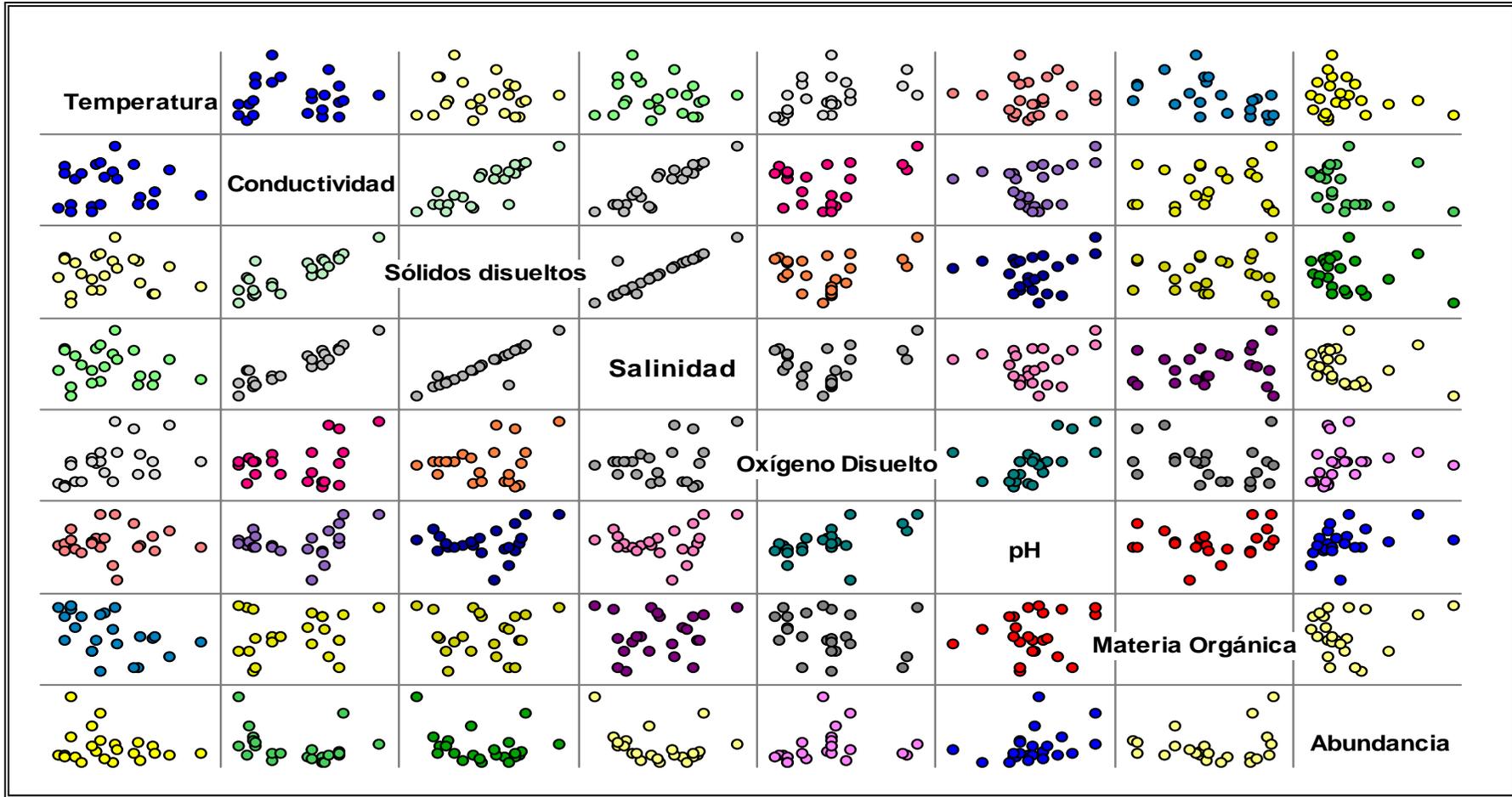


Figura 50. Matriz de diagramas de dispersión de las variables ambientales y la abundancia, en la temporada de nortes

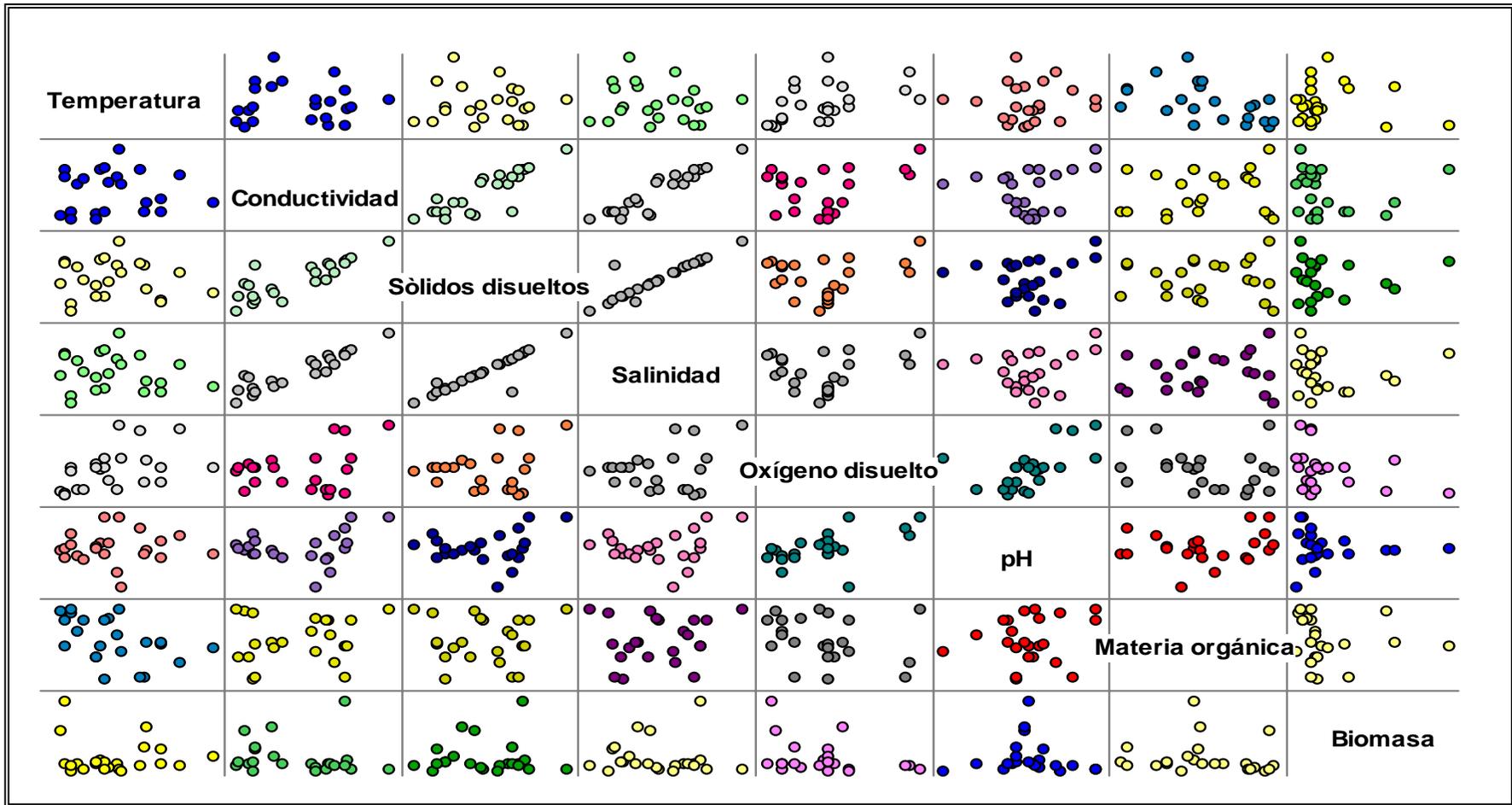


Figura 51. Matriz de diagramas de dispersión de las variables ambientales y la biomasa, en la temporada de nortes

3.5.5 Análisis de componentes principales

Con la finalidad de identificar las diferencias entre las estaciones en cuanto a las variables fisicoquímicas de la columna de agua y el porcentaje de materia orgánica presente en el sedimento, se realizó el análisis de componentes principales. En la figura 52 se presenta el diagrama de ordenación del análisis de componentes principales.

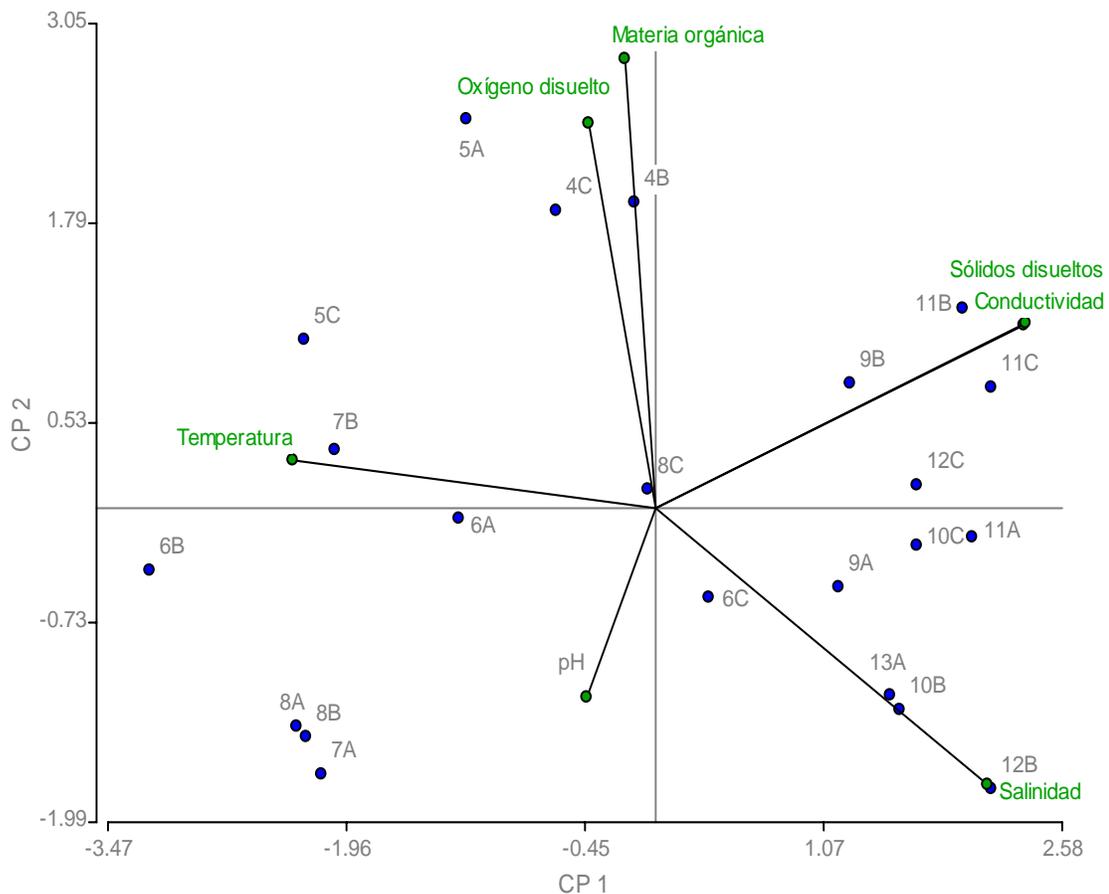


Figura 52. Diagrama de ordenación en dos dimensiones del análisis de componentes principales para todas las estaciones de muestreo en la temporada de nortes.

La cantidad de varianza que es explicada entre el componente 1 y 2 es el 67% de la varianza total. El primer componente explica el 46% de la varianza y el segundo componente explica el 21% de la varianza total.

Las variables que más se relacionaron de manera positiva con el primer componente fueron conductividad (0.51) y sólidos disueltos (0.51). La temperatura se relacionó de manera negativa (-0.50) con el primer componente. En el segundo componente las variables que más se relacionaron de manera positiva fueron materia orgánica (0.61), y oxígeno disuelto (0.53).

Las variables conductividad y sólidos disueltos presentan un comportamiento muy similar, como se puede observar en la figura 52, los vectores de ambas variables se encuentran casi traslapados, lo cual indica que se encuentran fuertemente correlacionadas. Las dos variables antes mencionadas, a su vez, presentan una relación con la temperatura pero de manera negativa. La salinidad también presentó relación con la conductividad y la concentración de sólidos disueltos de manera positiva. Las variables materia orgánica (%), y oxígeno disuelto, también presentan una fuerte relación entre ellas.

El diagrama de ordenación, identificó que las estaciones 4B, 4C, 5A y 8B, se encuentran fuertemente relacionadas con las variables oxígeno disuelto y materia orgánica (%). Las estaciones 6C, 9A, 10B, 10C, 11A y 13A, se encuentran más relacionadas con la salinidad. Las estaciones 9B, 11B, 11C y 12C, se encuentran más relacionadas con la conductividad y los sólidos disueltos. La temperatura estuvo más relacionada con las estaciones 5C, 6A, 7B y 8C.

Tabla 14. Porcentaje de variación explicado por los dos primeros componentes y los coeficientes para la combinación lineal de las variables ambientales, en la temporada de nortes.

% Varianza explicado	CP 1	CP 2
Variable	46%	21%
Temperatura	-0.50	0.06
Conductividad	0.46	0.25
Sólidos disueltos	0.46	0.25
Salinidad	0.51	-0.38
Oxígeno disuelto	-0.09	0.53

pH	- 0.09	- 0.26
Materia orgánica	- 0.04	0.61

3.5.6 Similitud entre las estaciones

Abundancia

El dendrograma resultante del análisis de similitud de Bray-Curtis de la abundancia de poliquetos en cada una de las estaciones de muestreo (Fig. 53), permite apreciar la constitución de 10 agrupaciones de estaciones con aproximadamente un 85% de similitud. Las agrupaciones de estaciones son: **1)** 11B y 13A; **2)** 8C y 9A; **3)** 9B y 10C; **4)** 5C y 7B; **5)** 7A y 15B; **6)** 6B y 15A; **7)** 11A y 12B; **8)** 8B y 16A; **9)** 6C y 12C; **10)** 5A y 15C. Las estaciones 11C, 6A, 10B y 4B, no se incluyeron en ningún grupo, pero presentaron un 85 % de similitud con las agrupaciones formadas.

La estación 4C se encontró totalmente aislada de todo el conglomerado de estaciones, solamente presenta un 40% de similitud con las agrupaciones antes mencionadas.

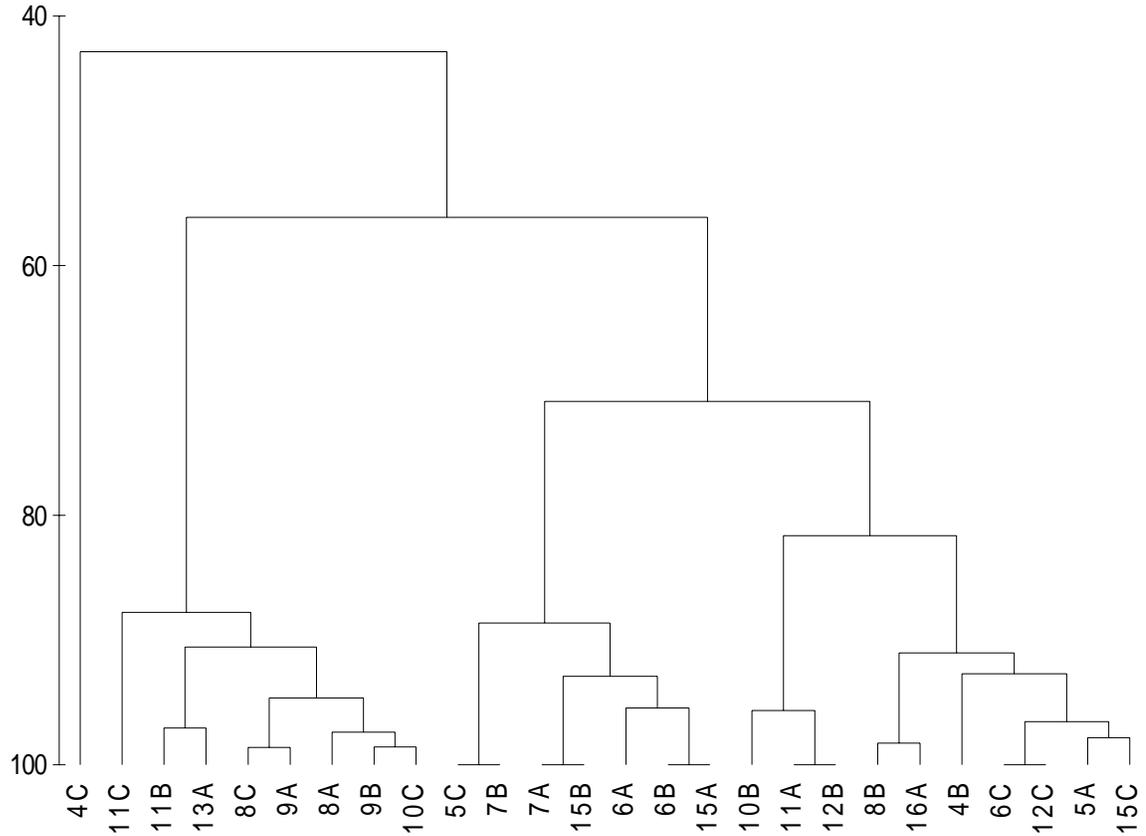


Figura 53. Dendrograma resultante del análisis de similaridad de la abundancia en la temporada de nortes

Biomasa

El dendrograma resultante del análisis de similaridad de Bray-Curtis de la biomasa de poliquetos en cada una de las estaciones de muestreo (Fig. 54), permite apreciar la constitución de 10 agrupaciones de estaciones con aproximadamente un 90% de similaridad. Las agrupaciones de estaciones son: **1)** 8A y 10B; **2)** 4A y 7A; **3)** 9A y 15C; **4)** 8C y 12B; **5)** 5A y 10C; **6)** 6B y 16C; **7)** 5B y 6A; **8)** 9B y 16A; **9)** 7C y 13A; **10)** 5C y 11C. Las estaciones 15B, 4C, 12A, 15A, 7B, 8B, 6C y 12C, no se incluyeron dentro de ningún grupo pero presentaron un 90 % de similitud con las agrupaciones formadas.

Se formaron 3 grupos de estaciones con un 80 % de similitud: **1)** 5A, 8A, 10B, 4C, 4A, 7A; **2)** 9A, 15C, 12A, 8C, 12B, 5A, 10C, 15A, 6B, 16C, 7B, 5B, 6A, 8B, 9B, 16A; **3)** 7C, 13A, 6C, 12C, 5C, 11C.

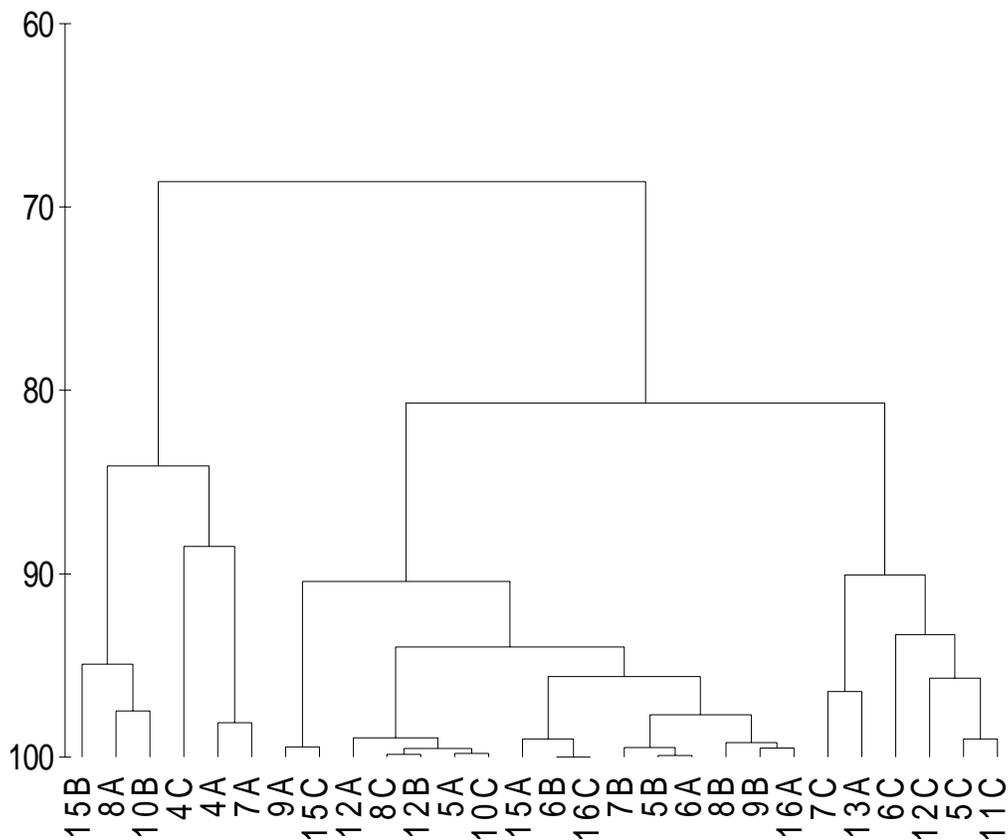


Figura 54. Dendrograma resultante del análisis de similitud de la biomasa en ltemporada de nortes

Número de especies

El dendrograma resultante del análisis de similitud de Bray-Curtis del número de especies de poliquetos en cada una de las estaciones de muestreo (Fig. 55), permite apreciar la constitución de 2 agrupaciones de estaciones con aproximadamente un 95% de similitud. Las agrupaciones de estaciones son: 1) 13A, 11A y 11C; 2) 8A, 8B, 9B y 12B.

Con un 90% de similitud se formó un grupo de estaciones: 1) 11B, 5A, 7B, 8C, 9A, 10B y 10C. Con un 85% de similitud se formó un grupo de estaciones: 1) 6B, 6C, 12C y 4B.

Con aproximadamente un 73% de similitud se formó un grupo de estaciones: 1) 6A, 4C, 5C, 7A, 5A, 5B y 5C.

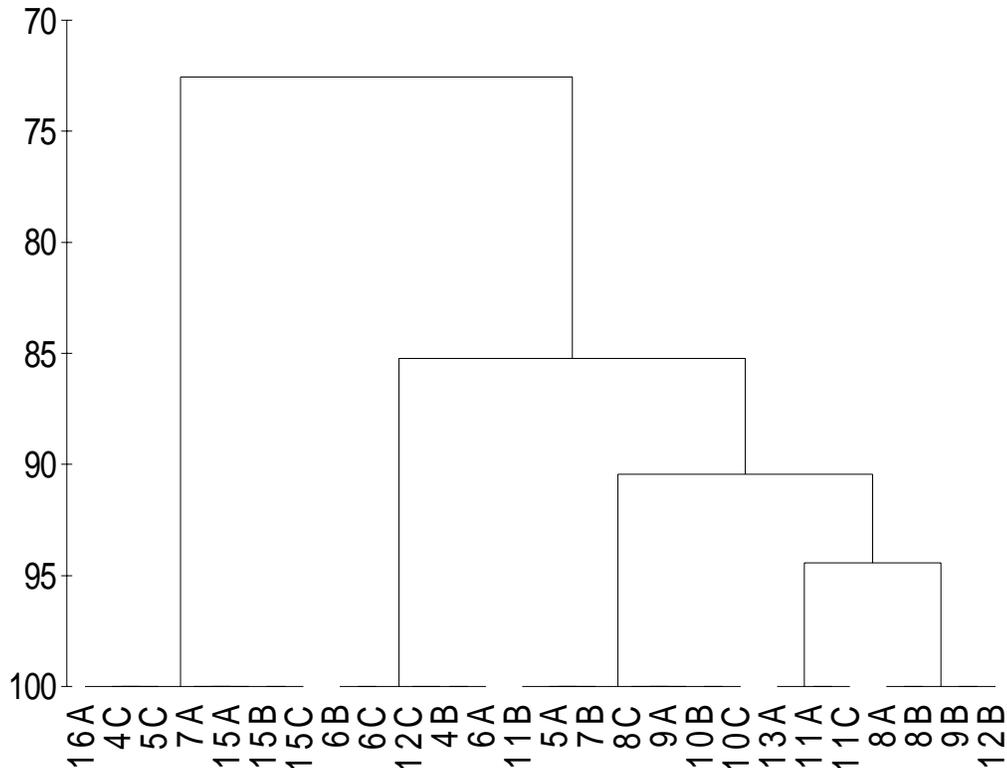


Figura 55. Dendrograma resultante del análisis de similaridad del número de especies en temporada de nortes

Índice de diversidad

El dendrograma resultante del análisis de similitud de Bray-Curtis del índice de diversidad de Shannon-Weiner en cada una de las estaciones de muestreo (Fig. 56), permite apreciar la constitución de 6 agrupaciones de estaciones con aproximadamente un 93% de similitud. Las agrupaciones de estaciones son: **1)** 11C y 15A; **2)** 6B y 8A; **3)** 6A y 12B; **4)** 4C y 8C; **5)** 7B y 12C; **6)** 6C y 15C. Las estaciones 5C, 7A, 9A, 5B, 9B, 13A, 10C, 10B, 12A y 8B, no se agruparon dentro de las agrupaciones formadas.

Con aproximadamente un 85% de similitud se formaron 2 agrupaciones: **1)** 4A y 16C; **2)** 5A y 16A. Las estaciones 15B y 7C se incluyeron dentro de los dos grupos formados pero presentaron un 85 % de similitud con estas agrupaciones.

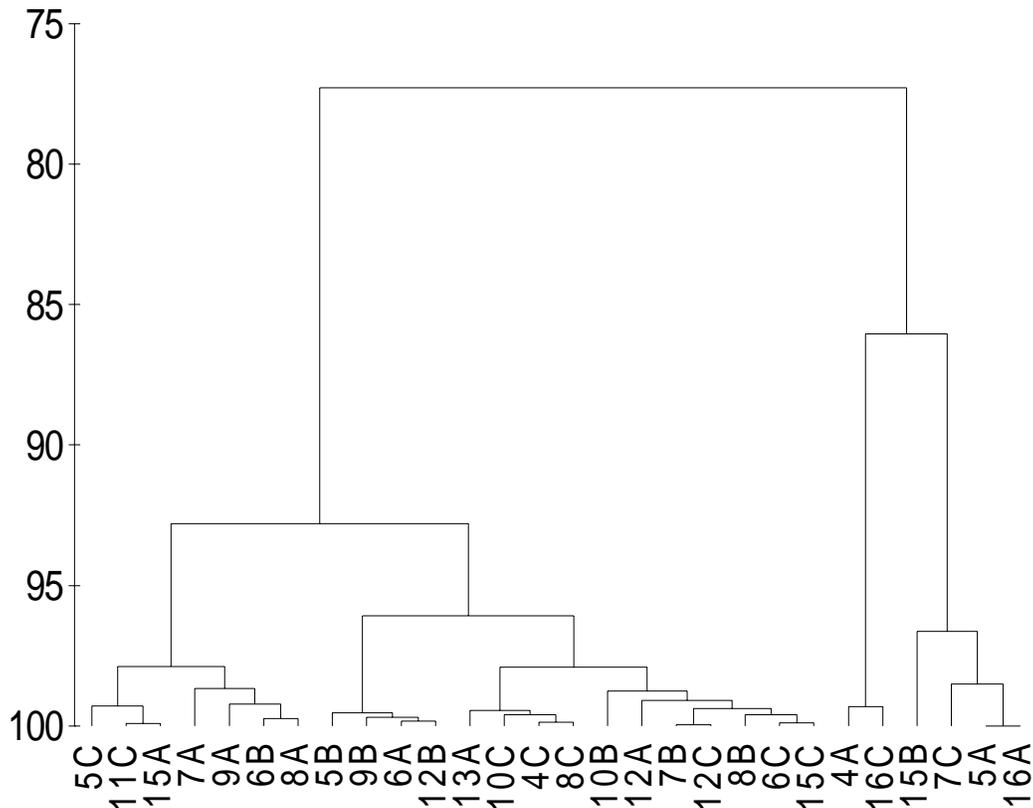


Figura 56. Dendrograma resultante del análisis de similaridad del índice de diversidad de Shannon-Weiner, en la temporada de nortes

Materia orgánica

El dendrograma resultante del análisis de similitud de Bray-Curtis del porcentaje de materia orgánica en el sedimento, en cada una de las estaciones de muestreo (Fig. 57), permite apreciar la constitución de 9 agrupaciones de estaciones con aproximadamente un 97% de similitud. Las agrupaciones de estaciones son: **1)** 7C, 8C, 4A y 12C; **2)** 6C, 5^a, 5C, y 11C; **3)** 6A y 16C; **4)** 15B, 5B y 15C; **5)** 9A y 13A; **6)** 7A y 10C; **7)** 8A, 4C y 6B; **8)** 10B y 12B; **9)** 7B y 9B. Las estaciones 15A, 12A y 16A, no se incluyeron en ninguno de los grupos, pero presentaron un 97 % de similitud con las agrupaciones formadas.

Se formaron 3 grupos de estaciones con un 93 % de similitud: **1)** 7C, 8C, 4A, 12C, 6C, 5A, 5C, 11C; **2)** 6A, 16C, 15B, 5B, 15C, 9A, 13A, 7A, 10C, 8A, 4C, 6B; **3)** 16A, 8B, 10B, 12B, 15A, 12A, 7B y 9B.

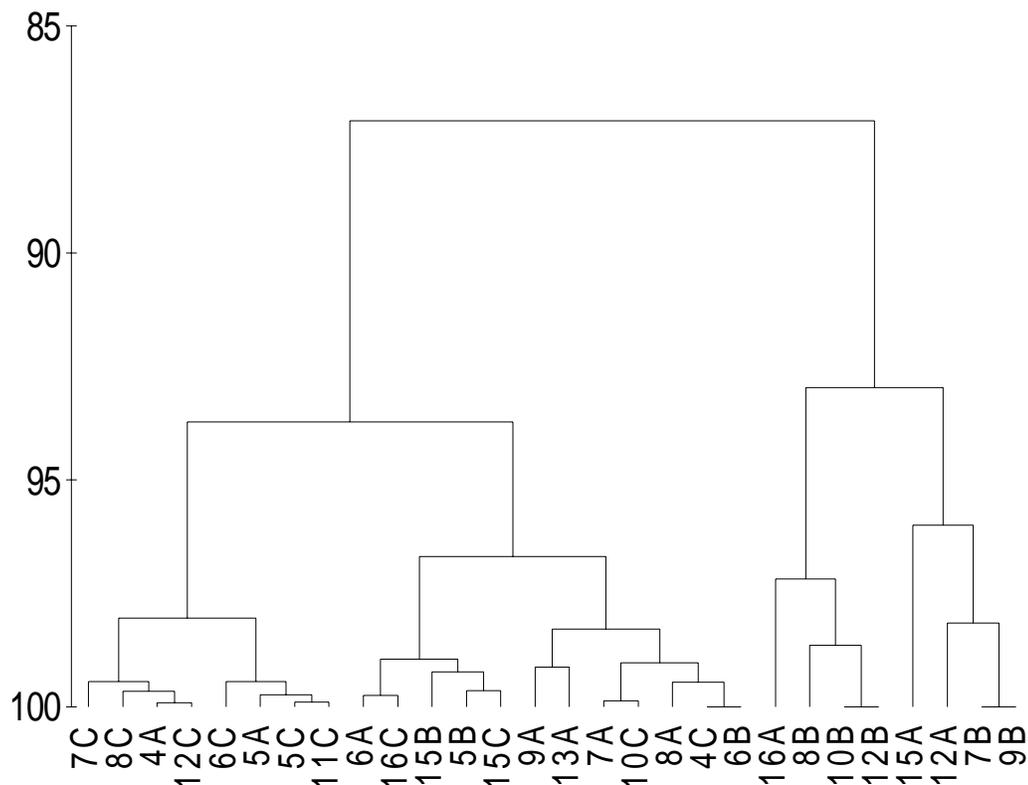


Figura 57. Dendrograma resultante del análisis de similitud porcentaje de materia orgánica presente en el sedimento, en la temporada de nortes

3.5.7 Relación entre la materia orgánica la abundancia y la biomasa

El análisis de regresión se utilizó con el objetivo de encontrar la relación que existe entre el porcentaje de materia orgánica presente en el sedimento y la abundancia (Fig. 58), biomasa (Fig. 59), y el índice de diversidad (Fig. 60) de los organismos colectados en las estaciones de muestreo.

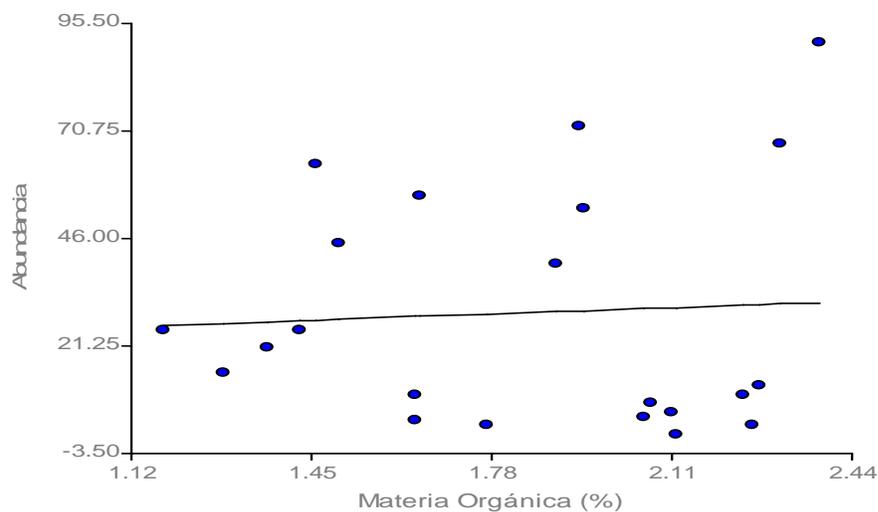


Figura. 58 Análisis de regresión del porcentaje de materia orgánica y la abundancia en la temporada de nortes

Como se puede observar en la figura, existe una gran dispersión en los datos, lo cual indica que la relación entre estas dos variables es muy baja. El coeficiente de determinación (R^2) que se obtuvo fue de 0.03 (95% de confianza), definiendo así la relación casi nula entre el porcentaje de materia orgánica y la abundancia.

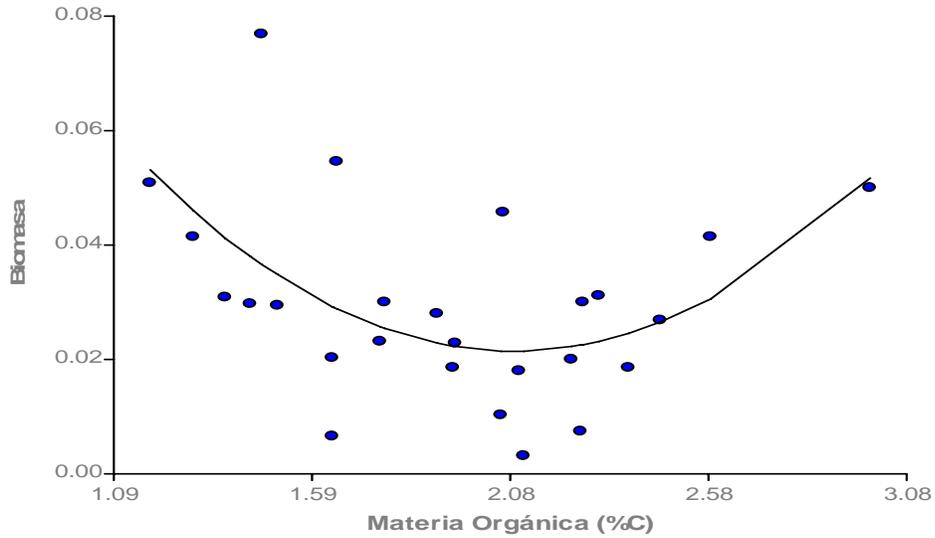


Figura 59. Análisis de regresión del porcentaje de materia orgánica y la biomasa en la temporada de nortes

El coeficiente de determinación (R^2) que se obtuvo fue de 0.33 (95% de confianza), esto indica que la biomasa de los organismos, esta relacionada en un 33% con la materia orgánica.

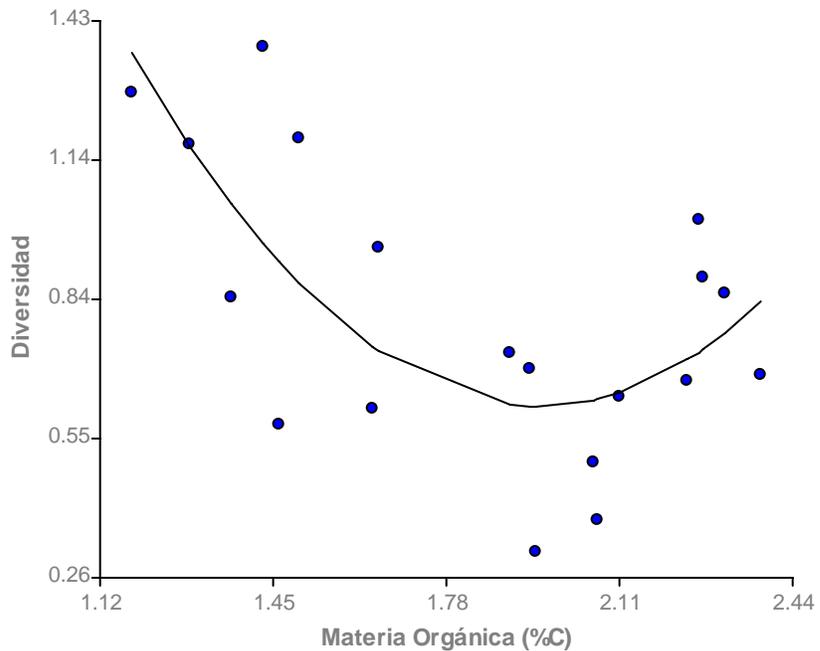


Figura 60. Análisis de regresión del porcentaje de materia orgánica y la diversidad de organismos en la temporada de nortes.

El coeficiente de determinación (R^2), que se obtuvo con el análisis de regresión fue de 0.48, lo cual indica que la diversidad de organismos, esta relacionada en un 48 % con el porcentaje de materia orgánica.

3.5.8 Gráficas de comparación abundancia/biomasa (Curvas ABC)

Con respecto a los valores de abundancia y biomasa, se realizaron las curvas ABC, mostrando que las estaciones 4B, 5A, 6A, 6C, 7B, 8A, 8B, 9A, 10B, 11A, 12B y 13A, son sitios que no se encuentran perturbados (Fig. 61 a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l); debido a que la curva de la biomasa estuvo por encima de la curva de la abundancia.

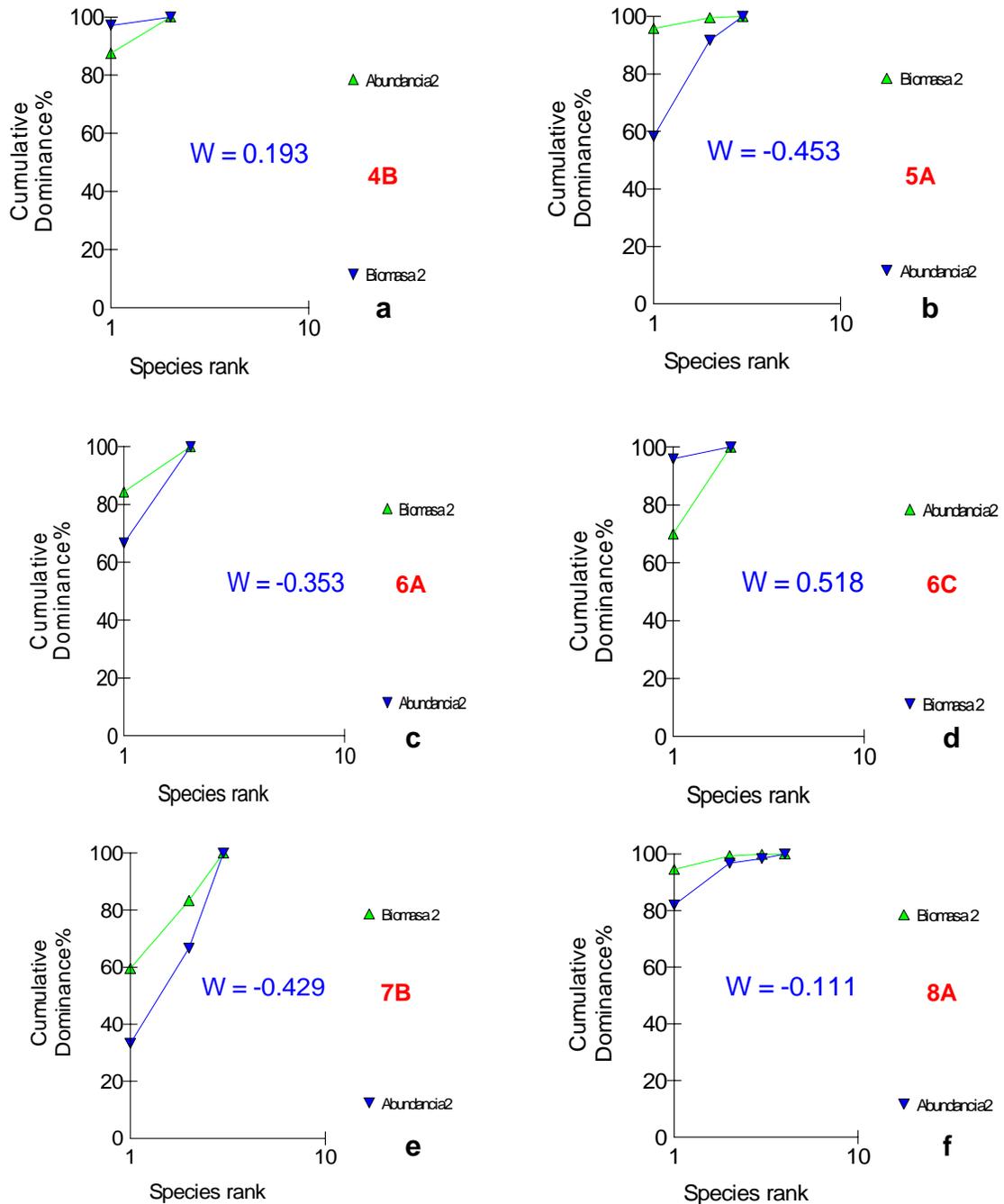


Figura 61. Análisis de las curvas ABC de los sitios que no presentaron perturbación en la temporada de nortes

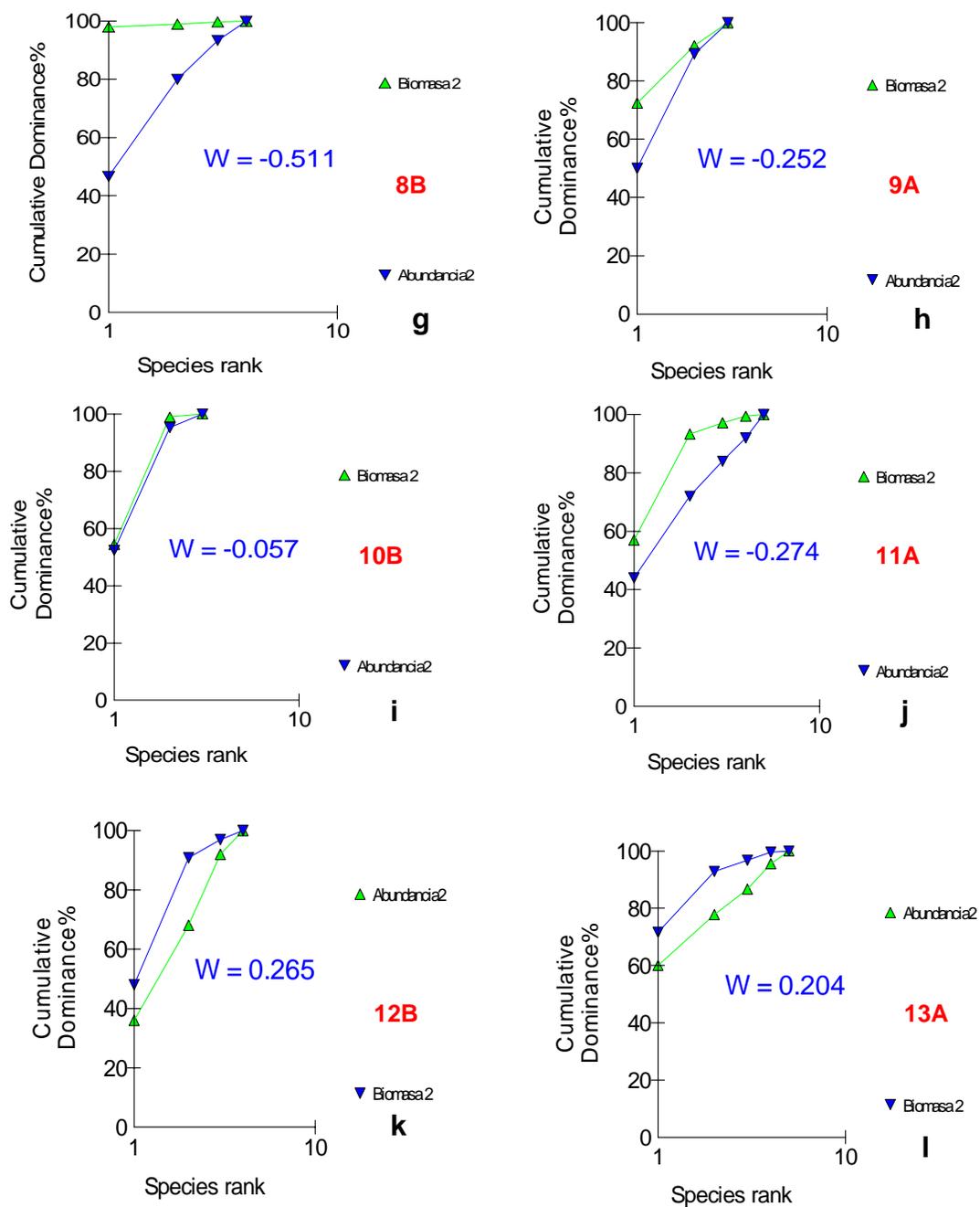


Figura 61. Análisis de las curvas ABC de los sitios que no presentaron perturbación en la temporada de nortes

Las estaciones 8C, 9B y 11C se identificaron como sitios de moderada perturbación (Fig. 62 a, b, c), mediante el análisis de las curvas ABC, la curva de la abundancia se cruza con la curva de la biomasa.

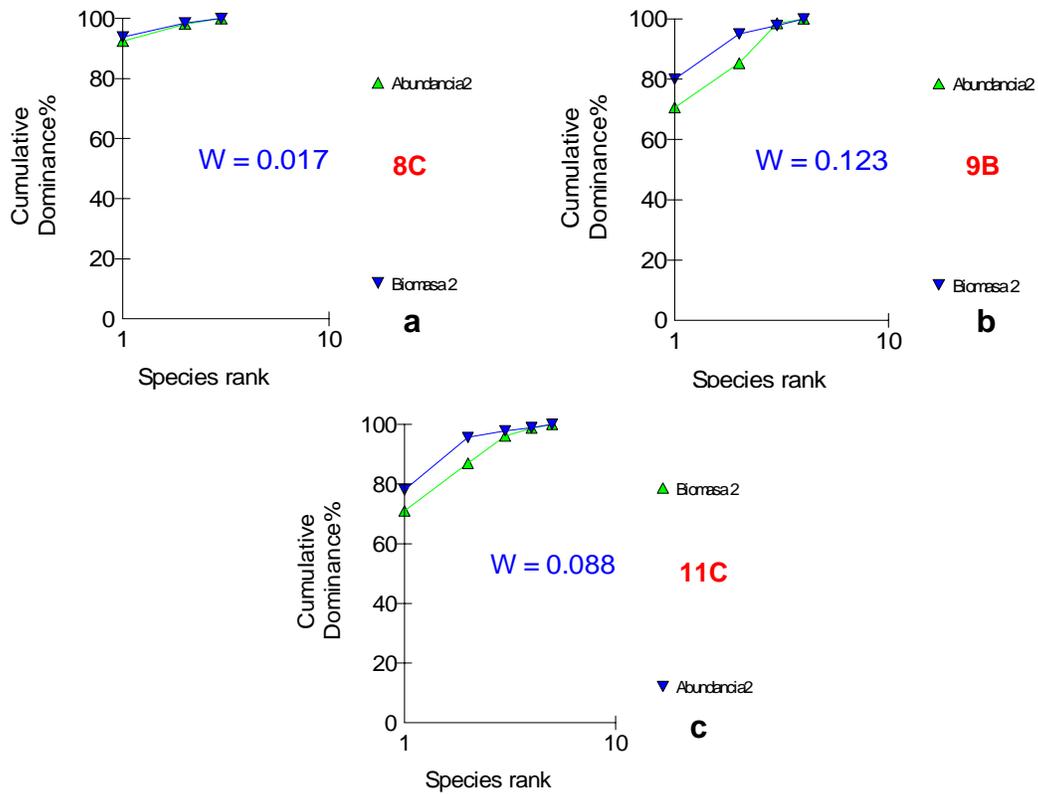


Figura 62. Análisis de las curvas ABC, de los sitios que presentaron perturbación moderada en la temporada de nortes

Mediante el análisis de las curvas ABC, se identificaron las estaciones 6B y 10C, como sitios altamente perturbados (Fig. 63 a, b); la curva de la abundancia estuvo por encima de la curva de la biomasa.

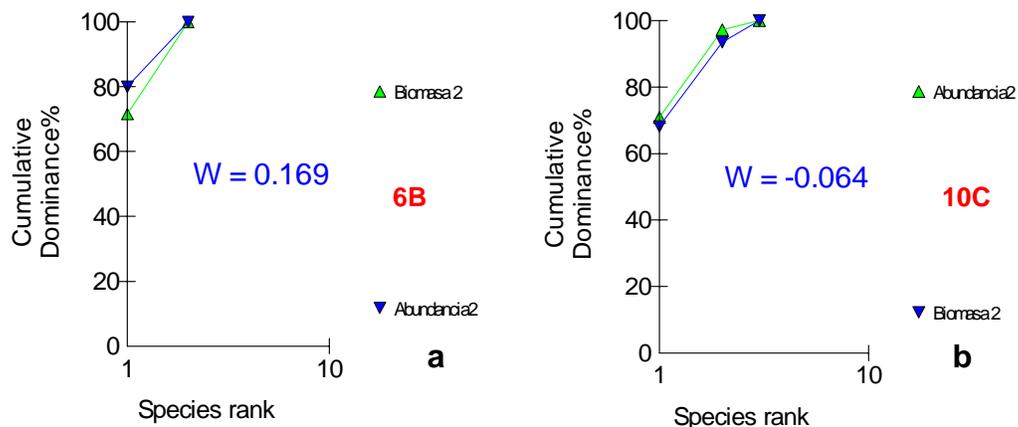


Figura 63. Análisis de las curvas ABC, de los sitios altamente perturbados en la temporada de nortes

Se agruparon las tres distancias para evaluar los transectos con las curvas ABC. El análisis mostró que los transectos 4, 5, 6, 8, 12 y 13, no se encuentran perturbados (Fig. 64 a, b, c, d, e, f); la curva de la biomasa estuvo por encima de la curva de la abundancia.

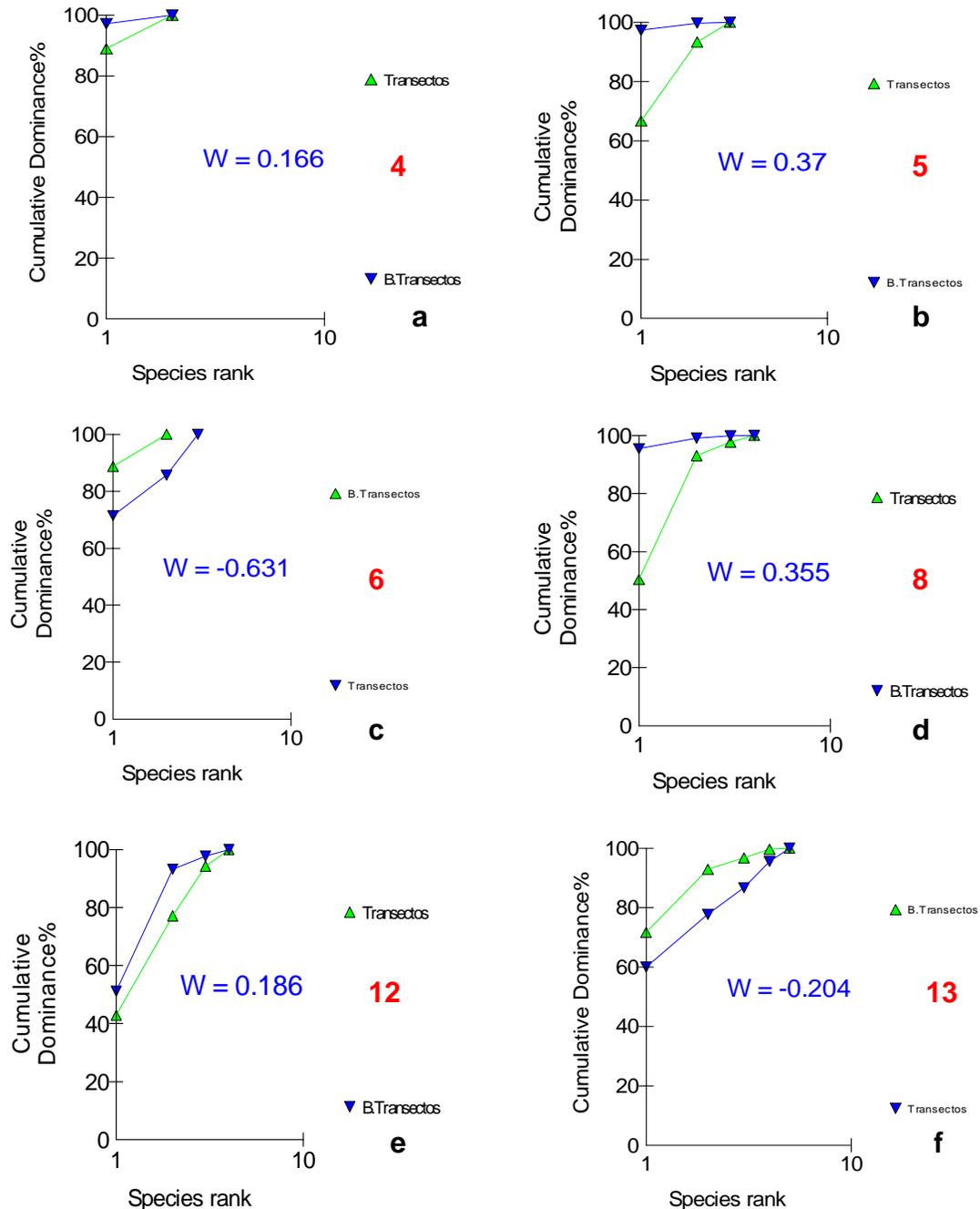


Figura 64. Análisis de las curvas ABC, de los transectos que no se encuentran perturbados en la temporada de nortes

Con el análisis de las curvas ABC, se determinó que los transectos 7, 9 y 11, se encuentran moderadamente perturbados (Fig. 65 a, b, c); la curva de abundancia se cruza con la curva de biomasa. Solamente el transecto 10, se clasificó como un sitio altamente perturbado (Fig. 66); la curva de la abundancia estuvo por encima de la curva de la biomasa.

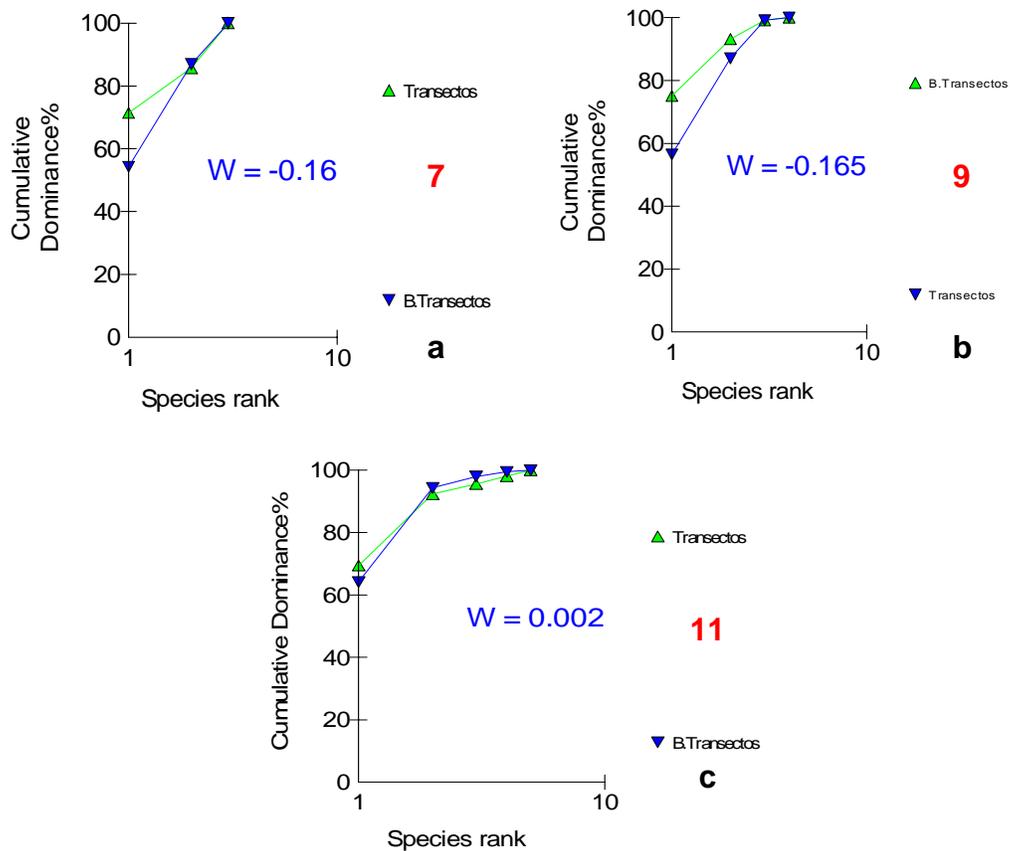


Figura 65. Análisis de las curvas ABC de los transectos moderadamente perturbados en la temporada de nortes

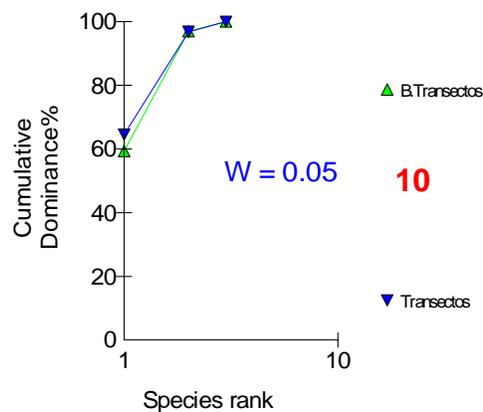


Figura 66. Análisis de la curva ABC del transecto altamente perturbado en la temporada de nortes

El análisis general de la zona de estudio, mediante las curvas ABC, muestra que es un ambiente moderadamente perturbado (Fig. 67); la curva de la abundancia, se cruza con la curva de la biomasa.

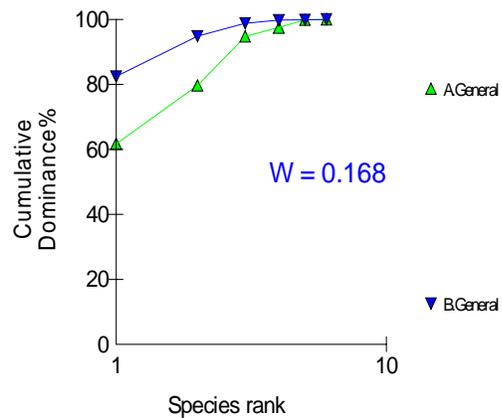


Figura 67. Análisis general de la zona de estudio en la temporada de nortes

CAPÍTULO IV

DISCUSIÓN

DISCUSIÓN

Comportamiento de los parámetros fisicoquímicos

No hubo gran variación de los parámetros fisicoquímicos en las dos temporadas de muestreo, los promedios de los parámetros, fueron similares en ambas temporadas climáticas. Tampoco se presentaron diferencias significativas de los parámetros fisicoquímicos, con relación a la distancia de la línea de costa (50, 150 y 300m).

Las concentraciones más bajas de salinidad se presentaron en las estaciones cercanas a la desembocadura del Río Hondo (transectos 1, 2 y 14), este comportamiento se debe principalmente a los aportes de agua dulce del río a la Bahía de Chetumal (Chavira, 1992).

Los valores de salinidad en todas las estaciones de muestreo, determinan condiciones salobres del agua de la Bahía de Chetumal, con una influencia directa del Río Hondo, el cual aporta un caudal que influye directamente en la salinidad de la Bahía (Chavira, 1992).

La conductividad y los sólidos disueltos también presentaron sus valores más bajos en las estaciones cercanas a la bocana del río. En los sitios cercanos a la desembocadura de ríos, predominan los fenómenos de arrastre de los sedimentos, éstos se van a ir depositando en el fondo, debido a la disminución de las fuerzas hidrodinámicas (Little, 2000). Herrera-Silveira *et al* (2002), determinó que las fuertes corrientes del Río Hondo arrastran los sedimentos hacia el centro de la bahía. Estos resultados concuerdan con lo obtenido por Chavira (1992).

La EPA (1986), considera que la concentración mínima de oxígeno disuelto para denominar un cuerpo de agua como saludable, es 5 mg/l; en

ambas temporadas climáticas, la concentración de oxígeno disuelto fue menor en todos los transectos de muestreo. Este comportamiento en gran parte es ocasionado por los aportes de materia orgánica, ya que el oxígeno disuelto, es utilizado para oxidar la materia orgánica que se encuentra presente en el sedimento (Pearson y Rosenberg, 1978). Las bajas concentraciones de oxígeno disuelto que se presentan en la bahía de Chetumal, son características de los estuarios tropicales, los cuales presentan concentraciones menores a 4 mg/l (Alongi, 1990).

Concentración de materia orgánica en el sedimento superficial de las rocas recolectadas

Mora *et al* (1989), clasificaron como sedimentos moderadamente contaminados, a aquellos que presentan entre 1 – 2 %C y como contaminados los que se encuentran entre 2 – 3 %C. Los valores promedio en ambas temporadas climáticas se encontraron entre el intervalo de 1- 2 %C, lo cual indica que los sedimentos, se encuentran moderadamente contaminados. Aunque se presentaron transectos donde el porcentaje de materia orgánica estuvo dentro del intervalo de 2- 3 %, como fué el transecto 3 (Mulle fiscal), el cual en sus tres distancias presentó valores cercanos al 3% de materia orgánica. En este transecto fue localizado uno de los drenajes que aun se encuentra activo, y que vierte aguas residuales a la Bahía de Chetumal, por lo tanto se le considera como un ambiente contaminado, por encontrarse una concentración de 3 %C.

Las concentraciones más bajas de materia orgánica se presentaron en la estación 14 (Bocana del Río Hondo). El Río Hondo también aporta una gran cantidad de sedimentos a la bahía, pero debido a sus corrientes, estos no son depositados precisamente en el lugar donde desemboca el río, sino son arrastrados hacia el centro de la bahía (Herrera-Silveira *et al*, 2002). Éste fue el

único transecto, que en ambas temporadas climáticas, presentó valores bajos de materia orgánica.

A pesar de que dos transectos de la zona testigo (15 y 16), presentaron porcentajes altos de materia orgánica (2 – 3 %C), se determinó que los sedimentos de estos transectos, presentan un impacto de tipo natural, debido a que el sedimento del transecto 15, tenía una gran cantidad de raíces de árbol corteza y hojas, y el sedimento del transecto 16, estaba conformado por trozos de conchas.

Riqueza de familias

Durante las dos temporadas climáticas en las que se realizaron los muestreos, solamente se identificaron 6 familias de poliquetos: Nereididae, Spionidae, Phyllodocidae, Capitellidae, Terebellidae y Serpulidae. La familia más abundante y la predominante en las dos temporadas climáticas fue Nereididae. En los casos de enriquecimiento, se ha demostrado que algunas especies exhiben abundancias crecientes mientras que otras presentan abundancias decrecientes (Pearson y Rosenberg, 1978). La abundancia de la familia Nereididae, fue menor durante la temporada de nortes; en esta temporada hubo un pequeño incremento de materia orgánica, por ello se puede inferir que el enriquecimiento orgánico afecta de alguna manera la abundancia de esta familia.

Riqueza de especies

Se identificaron 8 especies de poliquetos durante las dos temporadas climáticas: *Nereis caymanensis*, *Rullienereis bahamensis*, *Prionospio sp.*, *Polydora cornuta*, *Eteone heteropoda*, *Capitella capitata*, *Lanice conchilega*, y *Ficopomatus sp.* Los ambientes estuarinos se caracterizan por tener un

reducido número de especies, esto debido principalmente al gradiente tan marcado de salinidad que presentan, su poca profundidad, lo cual propicia la acumulación del sedimento, y a las escasas corrientes que se presentan (Salazar-Silva, 1998). Mora *et al.* (1989), también encontró un número muy reducido de especies de poliquetos (entre 6 y 8) en la Ensenada de Lourizán, este sitio al igual que la bahía, se encontraba expuesto a descargas antropogénicas.

La bahía de Chetumal, presenta dos marcados gradientes de salinidad (Figs 11 y 41), estas variaciones, influyen en el número de especies de poliquetos. Wolf (1983), determinó que los estuarios con salinidades más estables poseen un mayor número de especies que aquellos con mayores fluctuaciones.

Índice de diversidad

Connell y Miller (1984), de acuerdo con el índice de diversidad de Shannon-Weiner (H), clasificaron como sitios fuertemente contaminados, aquellos que tienen valores de diversidad menores a 1 bits/ind; moderadamente contaminados los que presentan valores entre 1 – 3 bits/ind; los sitios con valores mayores a 3 bits/ind, se les considera ambientes no contaminados. Para ambas temporadas climáticas los valores del índice de diversidad oscilaron entre 0 – 1.5 bits/ind, lo cual indica que la bahía presenta sitios altamente contaminados como el transecto 4, el cual presentó valores muy bajos de diversidad, y sitios moderadamente contaminados como los transectos 11 y 9. El enriquecimiento orgánico puede introducir cambios en el número de especies de las comunidades bénticas (Pearson y Rosenberg, 1978; Hily, 1983; Warwick *et al.*, 1987; Ros y Cardel, 1992; Méndez, 1994).

En promedio en la temporada de lluvias, hubo mayor diversidad, que en la temporada de nortes, estos resultados se encuentran acorde con lo

determinado por Kuk-Dzul (2007), donde la diversidad de poliquetos de sustrato arenoso en la bahía de Chetumal, fue mayor en la época de lluvias, que en la época de nortes, y esta diversidad se veía afectada en gran manera por las concentraciones de materia orgánica en el sedimento.

Asociación de la composición faunística y las variables ambientales

Para ambas temporadas, se calculó el coeficiente de correlación entre la abundancia y biomasa de los poliquetos, con las variables ambientales.

En la temporada de lluvias ninguna de las variables ambientales, presentó un coeficiente de correlación significativo, con la abundancia de poliquetos. El mismo comportamiento se presentó con la biomasa, es decir que ni la abundancia, ni la biomasa de los organismos, se vio influenciada por alguna de las variables ambientales. También se evaluó la asociación entre la abundancia y biomasa por familias, con las variables ambientales, pero se determinó el mismo comportamiento que con la abundancia y biomasa general; debido a que no hubo coeficientes de correlación significativos con las variables ambientales. Durante la temporada de lluvias, factores como el disturbio ocasionado por las intensas lluvias afectan las comunidades bentónicas, ya que ocasionan un mayor aporte de agua dulce, así como un incremento en las escorrentías del Río Hondo, por lo cual durante esta temporada, los organismos se encuentran en proceso de constante cambio (Hernández-Arana, 2003).

En la temporada de nortes, la abundancia de poliquetos presentó una asociación significativa con la salinidad (0.58). Salazar-Vallejo (1998), mencionó que la salinidad tiene influencia sobre la macrofauna, de ambientes estuarinos. La biomasa al igual que en la temporada de lluvias, no presentó ningún coeficiente de correlación significativo con las variables ambientales. Al realizar los coeficientes de correlación entre la abundancia por familias y las variables

ambientales, se determinó que la familia Nereididae, se encuentra asociada con la salinidad (0.56). La biomasa de la familia Phyllodocidae presentó una fuerte asociación con la salinidad (0.53). Nereididae y Phyllodocidae, son familias que comúnmente son encontradas en ambientes marinos, por ello estas familias presentan asociaciones significativas con la salinidad. Clarke y Ainswort (1993), encontraron que la salinidad es un factor importante que influye e la abundancia y distribución de los organismos, por ello se presenta una alta correlación con la composición faunística. La presencia de familias propias de ambientes marinos en la bahía de Chetumal, indica cambios en las características estuarinas de la bahía.

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

Análisis de componentes principales

Field *et al.* (1982), mencionaron que de manera general la composición faunística se encuentra en función de la variación en las condiciones ambientales y por ello es de esperarse que las diferencias en las variables ambientales, puedan evidenciar cambios en la composición faunística.

El análisis de componentes principales, determinó que las variables salinidad, conductividad y sólidos disueltos, se encuentran altamente correlacionadas entre sí, esto indica que presentan el mismo comportamiento. De las variables antes mencionadas, la salinidad fue la que explicó la mayor cantidad de variación, en las estaciones de muestreo durante ambas temporadas: lluvias y nortes.

La influencia del Río Hondo es determinante en las concentraciones de salinidad en las estaciones de muestreo, por ello en las estaciones cercanas a

la bocana de río se presentan valores altos, y en las más alejadas se presentan los valores más altos de salinidad.

Relación de la materia orgánica con la composición faunística

En las dos temporadas climáticas no se presentaron relaciones significativas, entre la concentración de materia orgánica en el sedimento superficial de las rocas y los valores de abundancia y biomasa de los poliquetos. Los coeficientes de determinación que se encontraron con el análisis de regresión fueron muy bajos.

Por el contrario la diversidad de poliquetos, si se encuentra influenciada por las concentraciones de materia orgánica, debido a que los coeficientes de determinación encontrados, indican que existe una relación significativa entre la diversidad de poliquetos y la materia orgánica (%C). Este comportamiento se presentó en ambas temporadas climáticas. Este comportamiento de relación de la diversidad de organismos con la materia orgánica, es acorde con lo reportado por Kuk-Dzul (2007), donde menciona que la diversidad de poliquetos de sustrato arenoso de la Bahía de Chetumal, se encuentra influenciada por las concentraciones de materia orgánica presentes en el sedimento.

Curvas ABC

Las curvas ABC, presentan la limitación de que la información visual que proporcionan puede ser dependiente de uno o dos grupos taxonómicos más dominantes en biomasa o abundancia, lo que origina que una de las curvas se eleve sobre la otra, proporcionando una condición errónea de contaminación. Otra de las limitaciones es que las curvas tienden a traslaparse a una frecuencia de 100% dificultando la interpretación (Clarke, 1990).

Para las curvas ABC, Clarke (1990), mencionó si los organismos responsables de la configuración de las curvas no eran poliquetos pequeños, el indicio de contaminación debía ser visto con precaución

El análisis general de las estaciones de muestreo que se realizó con las curvas ABC, para ambas temporadas climáticas, mostró que el área de estudio es un ambiente moderadamente perturbado, esto concuerda con las concentraciones de materia orgánica presentes en el sedimento, ya que la mayoría de las concentraciones, se encuentran dentro del intervalo de 1- 2 %C (Mora *et al*, 1989), lo cual indica moderada perturbación del sedimento.

El análisis que se realizó por estaciones con las curvas ABC, presentó resultados contradictorios con las concentraciones de materia orgánica, ya que estaciones que se determinaron como ambientes no perturbados con las curvas ABC, fueron los que presentaron las concentraciones más altas de materia orgánica. Estos resultados, pueden deberse al restringido número de familias que fueron encontradas en las estaciones de muestreo.

Distribución Log normal

Debido a la predominancia de la especie *Nereis caymanensis*, al reducido número de especies abundantes, y a la baja diversidad, no se obtuvo un buen resultado con las curvas log normal, dada esta circunstancia, no se determinaron especies indicadoras de contaminación por materia orgánica. El análisis de la curva también se realizó por estaciones y transectos, y al igual que el análisis por temporadas, no se obtuvieron resultados.

Especie	Abundancia	% Abundancia
<i>Nereis caymanensis</i>	415	61.73
<i>Rullienereis bahamensis</i>	101	15.1
<i>Polydora cornuta</i>	120	2.39
<i>Eteone heteropoda</i>	16	2.69

Existe una diferencia muy marcada entre la abundancia de *N. caymanensis* y la abundancia de las otras 6 especies identificadas para la temporada de lluvias (Tabla 15).

Tabla 15. Abundancia por especies y su porcentaje de abundancia relativa para la temporada de lluvias

A pesar de que la abundancia total de organismos en la temporada de nortes fue mucho menor que la que se presentó durante la temporada de lluvias, *Nereis caymanensis*, siguió siendo la especie predominante.

La predominancia de *N. caymanensis* fue mayor que en la temporada de lluvias, ya que ahora el 62% del total de organismos pertenecieron a esta especie (Tabla 16).

Especie	Abundancia	% Abundancia
<i>Nereis caymanensis</i>	1467	58.35
<i>Rullienereis bahamensis</i>	593	23.59
<i>Prionospio sp.</i>	75	2.98
<i>Polydora cornuta</i>	23	0.91
<i>Eteone heteropoda</i>	22	0.88
<i>Capitella capitata</i>	331	13.17
<i>Lanice conchilega</i>	3	0.12

Tabla 16. Abundancia por especies y su porcentaje de abundancia relativa para la temporada de nortes

<i>Capitella capitata</i>	18	17.94
<i>Ficopomatus.sp</i>	1	0.15

La familia Nereididae y en particular el género *Nereis*, generalmente se encuentra dentro o sobre la superficie de las rocas, o en el sedimento que se

encuentra debajo de ellas, debido a estas características se comprende la predominancia de la especie *Nereis caymanensis* durante las dos temporadas climáticas.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Para ambas temporadas climáticas (lluvias y nortes), las estaciones que se encontraban a 300 m de la línea de costa fueron las que presentaron los porcentajes más altos de materia orgánica. En un principio se pensaba que los porcentajes más altos de materia orgánica se presentarían en las estaciones a 50 m de la línea de costa, como consecuencia de las descargas de aguas residuales que aún se presentan en algunos sitios de la bahía de Chetumal, pero el resultado fue lo contrario, ya que estas estaciones fueron las que presentaron los porcentajes más bajos de materia orgánica.

No se presentó una variación significativa entre los promedios de materia orgánica para ambas temporadas climáticas. El transecto 3 (Muelle fiscal), fue el que presentó los porcentajes más altos de materia orgánica, cercanos al 3%, lo cual indica que los sedimentos en ese sitio, se encuentra en transición, de moderada a altamente contaminados. En este transecto se encuentra un drenaje activo, el cual aporta grandes cantidades de materia orgánica, por ello los sedimentos de este sitio son los que presentan mayor perturbación. El transecto 14 (Belice 1), fue el que presentó los porcentajes más bajos de materia orgánica, debido a las corrientes provenientes del río hondo.

La salinidad, conductividad, y los sólidos disueltos presentaron el mismo comportamiento, ya que estas variables se encontraban altamente correlacionadas. Se determinó que estas variables tienen una fuerte influencia sobre la comunidad de organismos.

La abundancia y la biomasa de los organismos de acuerdo con los resultados obtenidos, no se ven afectados por la variación en los porcentajes de materia orgánica presentes en el sedimento superficial de las rocas. Por el contrario la diversidad de organismos si se ve afectada por los altos porcentajes

de materia orgánica, ya que se encontraron valores bajos de diversidad en las estaciones con alta concentración de materia orgánica.

Mediante el análisis de las curvas ABC que se realizaron para la temporada de lluvias, se determinó que los transectos 4 (Congreso), 6 (Leo's bar), 8 (Bellavista), 9 (Refugio de aves), 10 (2 Mulas), 12 (Canal Pro-territorio) y 13 (Calderitas), presentan una moderada perturbación. El único transecto que presentó una alta perturbación fue el 7 (Gran Plaza). Los transectos 15 (Belice 2) y 16 (Belice 3) de la zona testigo, presentaron una moderada perturbación

En la temporada de nortes los transectos que no presentaron perturbación fueron: 4 (Congreso), 5 (Playa Punta Estrella), 6 (Leo's bar), 8 (Bellavista), 12 (Canal Pro-territorio), y 13 (Playa Calderitas). Los transectos 7 (Gran plaza), 9 (Refugio de aves) y 11 (Muelle UQROO) presentaron una moderada perturbación. El transecto 10 (Playa 2 Mulas) fue el único que presentó una alta perturbación.

Desafortunadamente el transecto 3 (Muelle Fiscal), el cual presentó los valores más altos del porcentaje de materia orgánica, no pudo ser evaluado con las curvas ABC, debido a que no fueron encontradas rocas en dicho transecto.

Debido a la predominancia de la especie *Nereis caymanensis* en ambas temporadas climáticas, no fue posible realizar un buen ajuste con las curvas log normal, por ello, no se identificó ninguna especie indicadora de contaminación por materia orgánica.

CAPÍTULO VI

RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES

Debido a la falta de tiempo no se pudo realizar la toma de muestras en la temporada de secas, por ello sería recomendable que se realizará este muestreo, para así, poder evaluar la variación de las variables fisicoquímicas y biológicas durante las tres temporadas climáticas predominantes en el estado de Quintana Roo.

Se debería de continuar con un monitoreo en la zona urbana de la Bahía de Chetumal, ya que de esta manera se pueden obtener resultados más sólidos del estado en el cual se encuentra este cuerpo de agua.

Para futuros trabajos se deberían de considerar un mayor número de réplicas, puesto que de esta manera se obtiene un mayor número de datos, se puede capturar una mayor cantidad de variación, y se disminuye el error al evaluar los datos.

En los cuerpos de aguas existen aportes de materia orgánica de tipo natural, como por ejemplo los detritos generados por el mangle, o el metabolismo de los organismos. Por ello sería recomendable determinar si el exceso de materia orgánica que se encuentra en el sedimento, es debido a las descargas de aguas residuales o puede ser un impacto de tipo natural.

LITERATURA CITADA

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

Bellan, G. (1967a). Pollution et peuplements benthiques sur substrat meuble dans la region de Marseille. Premiere Partie. Le Sector de Cortiou. *Rev. Int. Océanogr Méd.*, 6-7: 53-87.

Bellan, (1985). Effects of pollution and man-made modifications on marine benthic communities in the Mediterranean: a review. *Mediterranean Marine Ecosystems*,

Calderón A., L. (1992). Análisis de la infauna béntica de Bahía de San Quintín, Baja California, con énfasis en su utilidad en la evaluación de impacto ambiental. *Ciencias Marinas*, 18(4): 27-46.

Cano, J. G; Flores, J. R (1989). Estudio del efecto que causan las descargas de aguas negras y el drenaje pluvial sobre la vida bacteriana, planctónica y en las variaciones de algunos parámetros fisicoquímicos de la zona colindante de la ciudad de Chetumal, con su Bahía. Secretaría de Marina, México. Informe técnico, 23p.

Carrera P, L. F; González, N. E; Salazar V., S. I. (1997). Bentos litoral de la bahía de Chetumal, Q. R en: Ortiz, H. (coord). Estudio emergente sobre la mortalidad de bagres en la Bahía de Chetumal, El colegio de la frontera sur, Chetumal 72p.

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

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

Clarke, K. R.; Ainsworth M. (1993). A method of linking multivariate community structure to environmental variables, *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 92: 205 – 219.

Connell, D; Miller, G. (1984). Chemistry and ecotoxicology of pollution. Wiley interscience. Canada. 444 p.

Delgado, J; Chavira, D. (1984). Estudio preliminar de la Bahía de Chetumal, Q.R., Acciones de convenio, SEDUE-SEDEMAR, Archivo Delegación SEDUE, 21pp.

Delgado B., V. (2004). Espiónidos (Polychaeta: Spionidae) Del Gran Caribe. Tesis doctoral. ECOSUR.

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

Ferraro, S. P; Swartz, R. C; Cole, F. A; Schults, D .W. (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.

Field, J. G.; Clarke, K. R; Warwick, R. M. (1982). A practical strategy for analyzing multispecies distribution patterns. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 8: 37 – 52.

Franco L., J; Cruz A., G; Cruz G., A; Rocha R., A; Navarrete S., N; Flores M., G; Kato M., E; Sánchez C., S; Abarca A., L; Bedia S., C. (1989). Manual de Ecología. Editorial Trillas, 2ª ed., México D.F., pp: 249-250.

Gasca, R; Suárez M., E; Vásquez Y., L. (1994). Estudio comparativo del zooplancton (biomasa y composición) de dos bahías del Mar Caribe Mexicano. *Rev. Biol. Trop.*, 41(3):595-604.

Glémarec, M; Hily, C. (1981). Perturbations apportées a la macrofaune benthique de la baie de Concarneau par les effluents urbains et portuaires. *Acta Oecol. Applic.*, 2(2): 139-150

González, L. E. (2001). Evaluación de los poliquetos Neréididos, *Nereis sp.* y *Laeonereis culveri* (Webster, 1879), como bioindicadores del contenido de materia orgánica en la Bahía de Chetumal, Quintana Roo. Tesis de licenciatura. Instituto Tecnológico de Chetumal. Chetumal, Quintana Roo, pp. 54, 57-62, 64.

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

Gray, J. S; Mirza, F. B. (1979). A possible method for detection of pollution-induced disturbance on marine benthic communities. *Marine Pollution Bulletin*, 10 (5): 142 – 146.

Gray, J. S; Pearson, T. H. (1982). Objective selection of sensitive species indicative of pollution– induced change in benthic communities. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 9:111–119.

Herrera S., J. A; Jiménez Z., A; Aguayo G., M; Trejo P., J; Medina C, I; Tapia G., F; Medina G., I; Vázquez M., O. (2002). Calidad del agua de la Bahía de Chetumal a través de indicadores de su estado trófico. En: Rosado M., F. J; Romero M., R; De Jesús N., A. (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.

Hily, C. (1983). Modifications de la structure écologique d'un peuplement de *Melinna palmata* (Annélide-Polychete) soumis aux effluents urbains et industriels en Rade de Brest.. *Ann. Inst. Ocenogr. Paris*, 59(1): 37-56.

Hily, C; Glémarec, M. (1990). Dynamique successionnelle des peuplements de fonds meubles au large de la Bretagne. *Oceanologica Acta*, 13(1): 107-115.

Hily, C; Le Bris, H; Majeed, S; Glémarec, M. (1986). Surcharge du milieu cotier en matiere organique. *Actes du 1er Colloque d'Océanologie Cotiere*. Bordomer 85 Bordeaux: 214-228.

Lanza E; Hernández P; Carbajal P. (2000). Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación: (bioindicadores). México, *Plaza y Valdés*, pp. 11-307.

Llanes B., A. (2002). Evaluación de los mejillones *Mytilopsis sallei* (Reclúz) y *Brachidontes exustus* (Linné) como bioindicadores de materia orgánica en la bahía de Chetumal, Quintana Roo. *Universidad y Ciencia*. 18(35): 29-41.

Leppakoski, E. (1975). Assessment of degree of pollution on the basis of macrozoobenthos in marine and brackish-water environment. *Acta Acad. Abo. Ser.*, B 35: 1 – 90.

Little, C. (2000). *The Biology of Soft Shores and Estuaries*. Oxford: Oxford University Press, 252pp.

Méndez, N. (1994). Perturbaciones antropogénicas en el litoral: comunidades de poliquetos y dinámica de poblaciones de *Capitella capitata* en fondos arenosos frente a Barcelona. Tesis de doctorado Univ. Barcelona. 256p.

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

Ortíz H., M. C; Sáenz M., 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.

Ortiz H., M. C; Sáenz M., R. (1997). Effects of organic material and distribution of fecal coliforms in Chetumal Bay, Quintana Roo. *ECOSUR*. 423-434.

Person, T. H; Rosenberg, R. (1978). Macrobenthic sucesion in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr. Mar. Biol.* 16. 229-311.

Reish, D. J. (1959). An ecological study of pollution in Los Angeles-Long Beach Harbours, California. *Allan Hancock Found Publ., Occ. Pap.*, (22): 1-117

Reish, D. J. (1980). Effect of domestic wastes on the benthic marine communities of southern California. *Helgolander Meeresuntersuchungen*, 33: 377 – 383.

Ros, J; Cardell, M. J (1992). Seasonal distribution pattern of polychaetes from a heavily polluted coastal area (Barcelona, NE Spain, NW Mediterranean), 101-110. En: Colombo, G. I; Ferrari, V. U; Checcherelli; Rossi, R. (Eds). Marine Salazar V., S. I. (1991). Contaminación marina: Métodos de evaluación biológica CIQRO y Gob. Quintana Roo, Chetumal, 193p

Salazar V., S. I; Jiménez C., S; Oliva R., J. J; González, E. (1991). Fauna béntica en: Camarena L., T.; Salazar V., S. I. (Edit) Estudios ecológicos preliminares de la zona sur de Q. R. Centro de investigaciones de Quintana Roo, México. Dirección de investigación científica, 231 pp.

Salazar V., S. I. (1996). Neréidos (Polychaeta) del Caribe Mexicano con una clave para las especies del Gran Caribe. *Rev. Biol. Trop.* 44(3)/45(1): 361-377.

Salazar V., S. I. (1999). Criptofauna en rocas de Punta Nizuc, Caribe mexicano y su utilidad como biomonitor potencial. *Revista de Biología Tropical*, 47(4): 15 – 35.

Shaw, K. M; Lamshead P, J. D; Platt, H. M. (1983). Detection of pollution-induced disturbance in marine benthic assemblages with special reference to nematodes. *Marine Ecology Progress Series*, 11: 195 – 202.

Villalba, A; Viéitez, J.M (1985). Estudio de la fauna de anélidos poliquetos del substrato rocoso intermareal de una zona contaminada de la ria de Pontevedra (Galicia). *Cahiers de Biologie Marine*. Tomo XXVI: 359-377.

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

Warwick, R. M; Pearson, R; Ruswahyuni, T. H. (1987). Detection of pollution effects on marine macrobenthos: futher evaluation of the species abundance/biomass method. *Mar. Biol.* 95: 193 –200.

Warwick, R. M; Clarke K. R. (1991). A comparison of some methods for analyzing changes in benthic community structure. *J. mar. biol. Ass.* 71, 225-244.

Wolf, W. J. (1983). Estuarine benthos. En: *Estuaries and enclosed areas*. Ketchum, B. H. (Ed.): 151-182. Elsevier. Ámsterdam.

Zitko V. (1994). Principal component analysis in the evaluation of environmental data. *Marine Pollution Bulletin*. 28(12): 718-722.

ANEXOS

ANEXO 1

Transecto	Estación	Temperatura (°C)	Conductividad (mS)	SIT (mg/l)	Salinidad (ppm)	OP (mg/l)	PP	Materia Orgánica (%)
	B	29.52	18.15	11.17	10.09	1.5	7.69	2.66
17	Puntual	31.35 30.55	5.98 29.46	3.31 17.14	2.89 17.07	1.8	6.69 8.29	2.09 1.99
18	Puntual	30.09 30.09	28.54 28.54	27.24 27.24	18.85 18.85	1.3	8.17 8.17	2.58 2.58
1	B	30.17	3.94	1.5	1.18	1.8	7.15	1.88
	C	29.79	2	1.34	1.04	1.4	7.24	1.23
2	A	31.15	19.54	10.79	9.66	1.6	8.03	1.37
	B	30.54	27.76	16.74	15.61	1.8	8.06	1.09
	C	30.27	29.37	17.25	16.14	1.8	8.06	0.97
3	A	30.85	21.68	14.16	12.94	1.5	7.85	2.61
	B	31.28	28.36	16.76	15.61	-	8.09	2.53
	C	30.86	28.67	16.99	15.86	1.4	8.14	2.71
4	A	29.94	26.17	17.01	15.9	1.9	8.17	2.55
	B	-	-	-	-	1.9	-	2.28
	C	30.01	31.87	18.72	17.67	1.8	8.18	1.8
5	A	30.01	30.9	18.58	17.51	1.7	8.13	2.33
	B	30.15	30	18.2	17.12	2	8.14	2.093
	C	30.21	30.81	17.34	16.24	2	8.12	2.35
6	A	30.61	31	18.34	17.25	2	8.05	2.02
	B	30.41	31.94	18.79	17.73	2.9	8.21	1.81
	C	30.51	30.23	17.23	16.11	2.4	8.21	2.4
7	A	30.97	27.71	16.61	15.47	3.3	8.17	1.88
	B	30.36	26.32	16.93	15.81	3.1	8.19	1.54
	C	30.08	26.64	15.57	14.43	3	8.26	2.51
8	A	31.13	26.72	15.76	14.6	3	8.22	1.84
	B	30.46	26.57	16.07	14.93	3	8.15	1.08
	C	30.08	25.67	14.93	13.78	2.8	8.2	2.59
9	A	31.74	27.81	16.31	15.15	3	8.15	1.75
	B	30.36	25.76	16.01	14.87	3	8.18	1.54
	C	30.32	26.44	16.3	16.36	3	8.17	2.46
10	A	31.24	31.04	17.87	16.96	2.4	8.31	0.92
	B	30.94	26.76	18.36	14.62	2.3	8.15	1.14
	C	31.14	28.29	15.71	15.37	2.3	8.13	1.89
11	A	30.74	30.41	17.86	16.77	2.1	8.25	1.68
	B	30.41	30.5	17.85	16.75	3.3	8.25	2.56
	C	30.46	32.19	18.94	17.93	3.4	8.35	2.36
12	A	31.35	31.31	17.89	16.78	4.7	8.25	1.43
	B	30.89	31.91	18.57	17.48	4.6	8.29	1.14
	C	30.64	34.41	20.2	19.2	4.9	8.35	2.56
13	A	30.67	30.17	17.84	16.74	3.4	7.97	1.69
	B	30.69	30.9	18.54	17.46	3.5	8.08	1.47
	C	30.64	31.9	18.81	17.74	3.3	8.17	1.38
14	A	30.01	3.24	1.58	1.24	1.3	6.86	1.04
	B	29.65	2.98	2.21	1.77	1.2	6.87	1.02
	C	29.86	7.01	4.73	4.06	1.4	7.14	1.01
15	A	29.02	4.41	3.53	2.91	1.8	6.6	1.28
	B	30.61	30.93	18.24	17.15	1.7	7.14	2.14
	C	30.41	31.27	18.49	17.41	1.5	7.9	2.06
16	A	29.3	17.69	11.65	10.55	1.4	7.53	1.0

Parámetros fisicoquímicos de la columna de agua y porcentaje de materia orgánica registrados en la época de lluvias (13 – 15 de octubre de 2005), en la Bahía de Chetumal Quintana Roo.

ANEXO 2

Transecto	Estación	Temperatura (°C)	Conductividad (mS)	SDT (mg/l)	Salinidad (ppm)	OD (mg/l)	pH	Materia Orgánica (%)
1	A	30.09	4.19	2.72	2.21	1.7	7.13	1.61
	B	30.17	2.32	1.51	1.19	1.8	7.15	1.68
	C	29.8	2.06	1.34	1.05	1.4	7.24	1.5
2	A	31.2	16.60	10.8	9.66	1.6	8.03	1.29
	B	30.55	25.75	16.7	15.6	1.8	8.06	1.24
	C	30.28	26.55	17.3	16.1	1.8	8.07	1.18
3	A	30.85	21.78	14.2	13	1.5	7.85	2.63
	B	31.28	25.78	16.8	15.6	1.5	8.09	2.97
	C	30.86	26.14	17	15.9	1.4	8.14	3
4	A	29.94	26.17	17	15.9	1.4	8.17	1.91
	B	29.94	26.17	17	15.9	1.9	8.17	2.07
	C	30.01	28.81	18.7	17.7	1.8	8.18	2.12
5	A	30.01	28.58	18.6	17.5	1.8	8.13	2.27
	B	30.15	28.01	18.2	17.1	2	8.14	2.4
	C	30.21	26.68	17.3	16.2	2	8.12	1.77
6	A	30.61	28.22	18.3	17.3	2	8.06	2.11
	B	30.41	28.92	18.8	17.7	2.9	8.22	2.06
	C	30.51	26.51	17.2	16.1	2.9	8.21	1.64
7	A	30.98	25.56	16.6	15.5	3.3	8.17	1.64
	B	30.36	26.05	16.9	15.8	3.3	8.19	2.26
	C	30.08	23.96	15.6	14.4	3	8.26	2.46
8	A	31.13	24.25	15.8	14.6	3.1	8.22	1.46
	B	30.47	24.73	16.1	14.9	3.1	8.15	1.29
	C	30.08	22.97	14.9	13.8	2.8	8.2	1.95
9	A	31.8	25.09	16.3	15.2	3	8.16	1.65
	B	30.36	24.64	16	14.9	3	8.19	1.98
	C	30.32	26.44	16.3	16.4	3	8.17	2.31
10	A	31.24	31.05	17.9	17	2.4	8.31	1.93
	B	30.94	26.76	18.4	14.6	2.4	8.16	1.37
	C	31.14	28.29	15.7	15.4	2.6	8.13	1.94
11	A	30.74	27.49	17.9	16.8	2.1	8.25	1.43
	B	30.41	27.46	17.9	16.8	3.3	8.25	1.9
	C	30.46	29.21	19	17.9	3.4	8.35	2.38
12	A	31.36	27.53	17.9	16.8	4.7	8.25	1.3
	B	30.89	28.57	18.6	17.5	4.6	8.29	1.18
	C	30.64	31.08	20.2	19.2	4.9	8.35	2.24
13	A	30.68	27.45	17.8	16.7	3.4	7.97	1.5
	B	30.69	28.53	18.5	17.5	3.5	8.08	1.69
	C	30.69	28.52	18.5	17.5	3.3	8.08	1.71
14	A	30.01	2.44	1.58	1.24	1.5	6.87	0.88
	B	29.66	3.41	2.21	1.78	1.5	6.88	1.03
	C	29.86	7.28	4.73	4.07	1.4	7.2	1.01
15	A	29.03	5.44	3.53	2.92	1.8	6.61	1.76
	B	30.61	28.06	18.2	17.2	1.8	7.15	2.46

	C	30.41	28.45	18.5	17.4	1.5	7.91	2.59
	A	29.3	17.93	11.7	10.6	0.3	7.54	2.99
16	B	29.52	17.19	11.2	10.1	1.7	7.69	2.44
	C	31.38	5.41	3.52	2.89	1.7	6.65	2.71
17	Puntual	30.55	29.46	17.1	17.1	1.8	8.29	2.73
18	Puntual	30.23	28.14	17.2	15.6	1.3	8.17	1.83

Parámetros fisicoquímicos de la columna de agua y porcentaje de materia orgánica registrados en la época de lluvias (13 – 15 de octubre de 2005), en la Bahía de Chetumal Quintana Roo.