



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO

DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERÍA

Poliquetos de sustrato arenoso como bioindicadores de contaminación por materia orgánica en la zona urbana de la Bahía de Chetumal, Quintana Roo.

TESIS

Que como requisito para la obtención del título de:

INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTA

José Gabriel Kuk Dzul

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Víctor Hugo Delgado Blas

ASESORES PROPIETARIOS

Biol. Laura Patricia Flores Castillo
M.C. José Martín Rivero Rodríguez

ASESORES SUPLENTES

Dr. José Manuel Carrión Jiménez
Q.F.B. José Luís González Bucio

Chetumal, Quintana Roo, México, Enero 2007



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO

Esta tesis fue realizada bajo la asesoría de:

Director de tesis:

Dr. Víctor Hugo Delgado Blas

Asesores propietarios:

Biol. Laura Patricia Flores Castillo

M.C. José Martín Rivero Rodríguez

Asesores suplentes:

Dr. José Manuel Carrión Jiménez

Q.F.B. José Luís González Bucio

Chetumal, Quintana Roo, México, Enero 2007

Poliquetos de sustrato arenoso como bioindicadores de contaminación por materia orgánica en la zona urbana de la Bahía de Chetumal, Quintana Roo.

José Gabriel Kuk Dzul
Universidad de Quintana Roo
Div. de Ciencias e Ingenierías

CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
LISTA DE FIGURAS.....	iii
LISTA DE TABLAS.....	vi
RESUMEN.....	1
I. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1 Objetivo General.....	3
1.2 Objetivos Particulares.....	3
1.3 Antecedentes.....	4
1.4 Área de estudio.....	6
II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	8
2.1 Métodos de campo.....	8
2.2 Métodos de Laboratorio.....	9
2.3 Análisis Ecológico y Numérico.....	10
III. RESULTADOS.....	12
3.1 Comportamiento general de los parámetros físico-químicos.....	12
3.2 Análisis general de la comunidad de los poliquetos.....	12
3.3 Época de Secas	
3.3.1 Concentración y distribución de la materia orgánica (MO) en los sedimentos.....	15
3.3.2 Comportamiento de los parámetros físico-químicos.....	18
3.3.3 Análisis de la comunidad de poliquetos.....	19
3.3.4 Relación entre las variables ambientales y la composición faunística (Procedimiento Bio-Env).....	25
3.3.5 Análisis de componentes principales (PCA).....	28
3.3.6 Agrupación de las estaciones.....	30
3.3.7 Ordenación de las estaciones.....	30
3.3.8 Contribución de las familias y porcentaje de similitud de los grupos formados (SIMPER).....	31
3.3.9 Representación visual de la abundancia de poliquetos y MO en los diagramas de escalamiento multidimensional.....	32
3.3.10 Correlación del índice de diversidad (H') con las variables ambientales.....	33

3.3.11 Gráficas de comparación abundancia/biomasa ABC.....	36
3.3.12 Gráficas de comparación abundancia/biomasa ABC por transectos.....	42
3.3.13 Distribución Log-normal.....	44
3.3.14 Diagnóstico ambiental.....	45
3.4 Época de Lluvias	
3.4.1 Concentración y distribución de la MO en los sedimentos.....	48
3.4.2 Comportamiento de los parámetros físico-químicos.....	49
3.4.3 Análisis de de la comunidad de poliquetos.....	51
3.4.4 Relación entre las variables ambientales y la composición faunística (Procedimiento Bio-Env).....	57
3.4.5 Análisis de componentes principales (PCA).....	59
3.4.6 Agrupación de las estaciones.....	61
3.4.7 Ordenación de las estaciones.....	61
3.4.8 Contribución de las familias y porcentaje de similaridad de los grupos formados (SIMPER).....	62
3.4.9 Correlación del índice de diversidad (H') con las variables ambientales.....	62
3.4.10 Gráficas de comparación abundancia/biomasa ABC.....	63
3.4.11 Gráficas de comparación abundancia/biomasa ABC por transectos.....	69
3.4.12 Distribución Log-normal.....	69
3.5 Época de Nortes	
3.5.1 Concentración y distribución de la MO en los sedimentos.....	71
3.5.2 Comportamiento de los parámetros físico-químicos.....	72
3.5.3 Análisis de de la comunidad de poliquetos.....	73
3.5.4 Relación entre las variables ambientales y la composición faunística (Procedimiento Bio-Env).....	80
3.5.5 Análisis de componentes principales (PCA).....	83
3.5.6 Agrupación de las estaciones.....	85
3.5.7 Ordenación de las estaciones.....	85
3.5.8 Contribución de las familias y porcentaje de similaridad de los grupos formados (SIMPER).....	86
3.5.9 Correlación del índice de diversidad (H') con las variables ambientales.....	87
3.5.10 Gráficas de comparación abundancia/biomasa ABC.....	87
3.5.11 Gráficas de comparación abundancia/biomasa ABC por transectos.....	92
3.5.12 Distribución Log-normal.....	95
3.5.13 Diagnóstico ambiental.....	96
IV. DISCUSIONES	98
V. CONCLUSIONES	106
VI. RECOMENDACIONES	108
LITERATURA CITADA	109
ANEXOS	113

DEDICATORIA

**A Dios que me ha dado este regalo que es la vida y
que me acompaña en cada momento.**

**Mis padres:
Anselmo Kuk Bote y María Claudia Dzul Cahuich**

**Hermanos(as):
Liliana, Miriam, Suemi y Miguel.**

**Que siempre me han apoyado incondicionalmente durante el transcurso de
mi carrera, siendo en cada instante amables y pacientes conmigo.
A ellos gracias.**

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer en especial al Dr. Victor Hugo Delgado Blas por brindarme la oportunidad de realizar mi tesis durante la realización de su proyecto, además por haber depositado su confianza en mí, espero no haberle defraudado durante este tiempo. Por todo, 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”.

Se agradece también la participación de los compañeros y amigos Gerardo España Álvarez, Jorge Luís Tejero Gómez, Addy Natalia Sansores Ibarra, Paulina Aguilar Martínez y al buen compañero Adrián en la toma y procesamiento de las muestras. A ellos gracias por esos momentos de arduo trabajo y divertidos que pasamos juntos.

A los profesores de la carrera, a quienes les agradezco haber compartido conmigo sus conocimientos.

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación de las estaciones de muestreo en la zona urbana de la Bahía de Chetumal, Quintana Roo.....	7
Figura 2. Abundancia total del phylum annelida durante el año de muestreo.....	13
Figura 3. Abundancia total por épocas climáticas del phylum annelida.....	13
Figura 4. Biomasa total por épocas climáticas del phylum annelida.....	13
Figura 5. Distribución estacional de la abundancia total de las familias de poliquetos.....	14
Figura 6. Distribución estacional de la biomasa total de las familias de poliquetos.....	15
Figura 7. Concentración de MO en los sedimentos de la época de secas....	16
Figura 8. Distribución de MO del sedimento en la zona urbana de la bahía de Chetumal, Quintana Roo de la época de secas.....	17
Figura 9. Comportamiento de los parámetros ambientales de la época de secas..	19
Figura 10. Abundancia de poliquetos por familias de la época de secas.....	19
Figura 11. Distribución de las familias de poliquetos en la zona urbana de la Bahía de Chetumal durante la época de secas.....	21
Figura 12. Índices ecológicos por distancias de la época de secas. Los rombos (◆) representan la distancia de 50 m, cuadrados (◻) la distancia de 150 m y triángulos (▲) la distancia de 300 m de cada transecto.....	24
Figura 13. Abundancia y diversidad promedio de las familias por transectos de la época de secas.....	24
Figura 14. Matrices de las gráficas de dispersión para los pares de variables de la época de secas.....	27
Figura 15. Análisis de componentes principales de la época de secas.....	28
Figura 16. Graficas de ordenación de PCA con las variables de salinidad y MO sobre impuestas de la época de secas. El tamaño del círculo es proporcional al valor de la variable.....	29
Figura 17. Dendrograma del análisis de agrupación de la abundancia de las estaciones de la época de secas.....	30
Figura 18. Diagrama del escalamiento multidimensional no métrico de la composición y la abundancia de las familias de poliquetos de la época de secas.	31
Figura 19. Graficas de ordenación 2-d MDS para la macrofauna de la comunidad de poliquetos. Los círculos representan la abundancia de la familia en cada estación comparándola con la sobre imposición de la MO en el diagrama.....	33
Figura 20. Relación de la materia orgánica con el índice de Shannon-Weiner sin las estaciones 1, 2 y 13 de la época de secas.....	34
Figura 21. Zonas impactadas por el aporte de MO en los sedimentos según el índice de Shannon-Weiner.....	35
Figura 22. Resultados de las Curvas ABC para detectar impactos ambientales de la época de secas.....	37
Figura 23. Gráficas de las Curvas ABC de la estación 1B a la 5C de la época de secas.....	38
Figura 24. Gráficas de las curvas ABC de la estación 6B a la 9B de la época de secas.....	39
Figura 25. Gráficas de las curvas ABC de la estación 10A a la 14A de la época de secas.....	40

Figura 26. Gráficas de las curvas ABC de la estación 14C a la 18 de la época de secas.....	41
Figura 27. Gráficas de las curvas ABC por transectos de la época de secas.	43
Figura 28. Gráficas de las curvas ABC por transectos de la época de secas.....	44
Figura 29. Distribución Log-normal de la época de secas.....	45
Figura 30. PCA de los índices ecológicos, MO y resultados de las curvas ABC de la época de secas.....	46
Figura 31. Concentración de MO por transectos de la época de secas. Los círculos más grandes indican mayor concentración de MO.....	46
Figura 32. Índices de diversidad por transectos de la época de secas. Los círculos más grandes indican mayor diversidad.....	47
Figura 33. Resultados de las curvas ABC por transectos de la época de secas. Los círculos más pequeños hacen referencia a ambientes no contaminados, los medianos a moderadamente contaminados y los más grandes a fuertemente contaminados.....	47
Figura 34. Distribución de materia orgánica del sedimento en la zona urbana de la bahía de Chetumal, Quintana Roo durante la época de lluvias.....	48
Figura 35. Comportamiento de los parámetros ambientales de la época de lluvias.....	50
Figura 36. Abundancia de poliquetos por familias de la época de lluvias.....	51
Figura 37. Distribución de las familias de poliquetos en la zona urbana de la Bahía de Chetumal durante la época de lluvias.....	53
Figura 38. Índices ecológicos por distancias de la época de lluvias. Los rombos (◆) representan la distancia de 50 m, cuadrados (■) la distancia de 150 m y triángulos (▲) la distancia de 300 m de cada transecto.....	56
Figura 39. Abundancia y diversidad promedio de las familias por transectos en la época de lluvias.....	56
Figura 40. Matrices de las gráficas de dispersión para los pares de variables de la época de lluvias.....	58
Figura 41. Análisis de componentes principales de la época de lluvias.....	59
Figura 42. Gráficas de ordenación de PCA con las variables de profundidad, salinidad y MO sobre impuestas de la época de lluvias. El tamaño del círculo es proporcional al valor de la variable.....	60
Figura 43. Dendrograma del análisis de agrupación de la abundancia de las estaciones de la época de lluvias.....	61
Figura 44. Diagrama del escalamiento multidimensional no métrico de la composición y la abundancia de las familias de poliquetos de la época de lluvias.....	62
Figura 45. Resultados de las Curvas ABC para detectar impactos ambientales de la época de lluvias.....	65
Figura 46. Gráficas de las Curvas ABC de las estaciones 1A a la 5C de la época de lluvias.....	66
Figura 47. Gráficas de las Curvas ABC de las estaciones 6A a la 9C de la época de lluvias.....	67
Figura 48. Gráficas de las Curvas ABC de las estaciones 10A a la 16B de la época de lluvias.....	69
Figura 49. Gráficas de las curvas ABC por transectos en la época de lluvias.....	69
Figura 50. Distribución Log-normal de la época de lluvias.....	70
Figura 51. Distribución de materia orgánica del sedimento en la zona urbana de la bahía de Chetumal, Quintana Roo durante la época de nortes.....	71

Figura 52. Comportamiento de los parámetros ambientales en la época de nortes.....	73
Figura 53. Abundancia de poliquetos por familias de la época de nortes.....	74
Figura 54. Distribución de las familias de poliquetos en la zona urbana de la Bahía de Chetumal durante la época de nortes.....	76
Figura 55. Índices ecológicos por distancias de la época de nortes. Los rombos (◆) representan la distancia de 50 m, cuadrados (■) la distancia de 150 m y triángulos (▲) la distancia de 300 m de cada transecto.....	79
Figura 56. Abundancia y diversidad promedio de las familias por transectos de la época de nortes.....	79
Figura 57. Matrices de las gráficas de dispersión para los pares de variables de la época de nortes.....	82
Figura 58. Grafica de ordenación para el análisis de componentes principales de la época de nortes.....	83
Figura 59. Graficas de ordenación de PCA con las variables de profundidad, salinidad y MO sobre impuestas de la época de nortes. El tamaño del círculo es proporcional al valor de la variable.....	84
Figura 60. Dendrograma del análisis de agrupación de la abundancia de las estaciones de la época de nortes.....	85
Figura 61. Diagrama del escalamiento multidimensional no métrico de la composición y la abundancia de las familias de poliquetos de la época de nortes.....	86
Figura 62. Resultados de las Curvas ABC para detectar impactos ambientales de la época de nortes.....	88
Figura 63. Gráficas de las Curvas ABC de la 1A a la 5C de la época de nortes ..	89
Figura 64. Gráficas de las Curvas ABC de la 6A a la 10A de la época de nortes.	90
Figura 65. Gráficas de las Curvas ABC de la 10B a la 14C de la época de nortes	91
Figura 66. Gráficas de las Curvas ABC de la 15A a la 18 de la época de nortes.	92
Figura 67. Gráficas de las curvas ABC por transectos de la época de nortes.	93
Figura 68. Gráficas de las curvas ABC por transectos de la época de nortes.....	94
Figura 69. Distribución Log-normal de la época de nortes.....	95
Figura 70. PCA de los índices ecológicos, MO y resultados de las curvas ABC.	96
Figura 71. Resultados de la concentración de Materia orgánica por transectos...	96
Figura 72 Resultados del índice de diversidad por transectos de la época de nortes.....	97
Figura 73. Resultados de las curvas ABC por transectos de la época de nortes...	97
Figura 74. Concentración de MO para cada una de las épocas climáticas.....	98
Figura 75 Comportamiento del oxígeno disuelto en la zona urbana de la bahía de Chetumal durante la época de secas.....	99

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Promedios de los parámetros físico-químicos por épocas.....	12
Tabla 2. Abundancia y Biomasa total de poliquetos y oligoquetos por épocas.....	14
Tabla 3. Parámetros físico-químicos de la época de secas.....	18
Tabla 4. Porcentaje de distribución de las familias.....	20
Tabla 5. Porcentaje de abundancia de familias por transectos.....	20
Tabla 6. Índices ecológicos de la comunidad de poliquetos en época de secas.....	22
Tabla 7. Coeficientes de correlación de Sperman con la Abundancia época de secas.....	25
Tabla 8. Coeficientes de correlación de Sperman con la Biomasa época de secas.....	26
Tabla 9. Porcentaje de variación explicada y coeficientes para la combinación lineal de las 7 variables. Los números en negritas son los coeficientes de las variables con mayor influencia.....	29
Tabla 10. Análisis SIMPER para la contribución de las familias en los grupos.....	31
Tabla 11. Análisis SIMPER para la contribución de las familias en los subgrupos del grupo E.....	32
Tabla 12. Coeficientes de correlación entre el índice de diversidad y las variables ambientales de la época de secas.....	33
Tabla 13. Abundancia total de especies de la época de secas.....	45
Tabla 14. Parámetros Físico-químicos de la época de lluvias.....	49
Tabla 15. Porcentaje de distribución de las familias.....	51
Tabla 16. Porcentaje de abundancia de familias por transectos.....	52
Tabla 17. Índices ecológicos de la comunidad de poliquetos en época de lluvias.....	54
Tabla 18. Coeficientes de correlación de Sperman con la Abundancia época de lluvias.....	57
Tabla 19. Coeficientes de correlación de Sperman con la Biomasa época de lluvias.....	57
Tabla 20. Porcentaje de variación explicada y coeficientes para la combinación lineal de las 6 variables. Los números en negritas son los coeficientes de las variables con mayor influencia.....	60
Tabla 21. Análisis SIMPER para la contribución de las familias en los grupos.....	62
Tabla 22. Coeficientes de correlación entre la biodiversidad y las variables ambientales de la época de lluvias.....	63
Tabla 23. Abundancia total de especies de la época de lluvias.....	70
Tabla 24. Parámetros Físico-químicos de la época de nortes.....	72
Tabla 25. Porcentaje de distribución de las familias.....	74
Tabla 26. Porcentaje de abundancia de familias por transectos.....	75
Tabla 27. Índices ecológicos de la comunidad de poliquetos en época de nortes.....	77
Tabla 28. Coeficientes de correlación de Sperman con la Abundancia época de nortes.....	80
Tabla 29. Coeficientes de correlación de Sperman con la Biomasa época	81

de nortes.....	
Tabla 30. Porcentaje de variación explicada y coeficientes para la combinación lineal de las 6 variables. Los números en negritas son los coeficientes de las variables con mayor influencia.....	84
Tabla 31. Análisis SIMPER para la contribución de las familias en los grupos.....	86
Tabla 32. Análisis SIMPER para la contribución de las familias en los subgrupos del grupo D.....	86
Tabla 33. Coeficientes de correlación entre el índice de diversidad y las variables ambientales de la época de nortes.....	87
Tabla 34. Abundancia total de especies de la época de nortes.....	95

Poliquetos de sustrato arenoso como bioindicadores de contaminación
por materia orgánica en la zona urbana de la Bahía de Chetumal, Quintana Roo.

José Gabriel Kuk Dzul
Universidad de Quintana Roo
Div. de Ciencias e Ingenierías
15-01-2007

RESUMEN

La comunidad de poliquetos de la zona urbana de la bahía de Chetumal esta fuertemente influenciada por la salinidad como se observó en el análisis Bio-Env durante las tres épocas climáticas; el análisis de componentes principales determinó claramente el gradiente de salinidad. El segundo factor en importancia fue la materia orgánica que se relacionó de manera inversa con el índice de diversidad de Shannon-Weiner durante las épocas de secas y nortes, también en estas temporadas las curvas ABC identificaron claramente los transectos impactados. La época de lluvias fue un caso particular ya que no se encontró alguna relación entre la materia orgánica y el índice de diversidad. Además las gráficas de las curvas ABC identificaron algunos sitios considerados contaminados como no contaminados, estos resultados se debieron a factores climáticos como la alta precipitación que se registra en esta zona, ocasionando cambios en la comunidad de poliquetos como el aumento de la familia Nereididae en la época de lluvias, el cuál dominó con respecto a la biomasa en las tres épocas de muestreo. El método de distribución Log-normal identificó a *Capitella cf. capitata* como indicadora de contaminación por materia orgánica (MO), también se propone por la amplia abundancia y distribución a *Sigambra grubii* como indicadora. Durante un año de muestreo se recolectaron seis familias de poliquetos, Nereididae, Pilargidae, Spionidae, Capitallidae, Phyllodocidae y Goniadidae, que comprendieron un total de 12 especies: *Rullierinereis sp.*, *Nereis oligohalina*, *Capitella cf. capitata*, *Heteromastus sp.*, *Sigambra grubii*, *Eteone heteropoda*, *Glycinde solitaria*, *Prionospio sp.*, *Streblospio sp.*, *Scolelepis lighti*, *Spio pettiboneae*, *Polydora cornuta* y una especie de la clase oligochaeta.

I. INTRODUCCIÓN

Se sabe por la mayoría de los habitantes de Chetumal que las playas y el malecón de la bahía, donde suelen salir a pasear con sus familias y amigos, ha sufrido un fuerte impacto antropogénico, lo cual es notable por la mala apariencia del cuerpo de agua y los fuertes olores repugnantes que desprenden algunos puntos. Esto ha traído como consecuencia que la mayor parte de los bañistas que habitualmente asistían a algunas playas, prefieran ir a lugares un poco más lejos como Bacalar, Palmar, Rancho Alegre. Además da una mala imagen al turismo que regularmente visita la zona lo cual repercute perjudicialmente sobre el gran potencial turístico a desarrollar por el gobierno en la región, dada su ubicación y las condiciones del lugar. Como podemos observar aquí, se hace referencia a un problema social, económico y ambiental; esperando una respuesta de parte de la sociedad, gobierno y algunas instituciones privadas.

Algunas de las causas de la contaminación por materia orgánica son las descargas de aguas negras sin tratamiento, fosas sépticas mal diseñadas que permiten la infiltración al manto freático. En algunos de los casos los drenajes habitacionales son conectados a las redes pluviales y por este medio van directamente a la bahía aportando gran cantidad de materia orgánica (Flores Rodríguez y García Domínguez, 2001; Flores Rodríguez, 2002). Además de que puede ser fuente de deposición de otros contaminantes como hidrocarburos y plaguicidas (Salazar-Silva, 1998)

Como parte de una respuesta al problema anterior y dada la misión que tiene la Universidad de Quintana Roo con la generación de nuevos conocimientos, que permitan afrontar problemas en beneficio de la sociedad y el ambiente, el presente estudio evaluará el impacto antropogénico que ha tenido la zona urbana de la Bahía de Chetumal por el creciente aporte de materia orgánica hacia la Bahía empleando como bioindicadores la comunidad de poliquetos, porque no se trata solamente de decir que la Bahía esta contaminada, sino que hace falta hacer investigación para poder decir con ¿qué? y con ¿cuánto? de un contaminante esta siendo afectada; y ¿cómo? es que dicho impacto tiene una afectación a los organismos del medio estuarino.

Pregunta de investigación

¿Cómo afecta la concentración de la materia orgánica la comunidad de los poliquetos y su utilización como bioindicadores en la Bahía de Chetumal?

1.1 OBJETIVO GENERAL.

Determinar el grado de contaminación por materia orgánica en la bahía de Chetumal, utilizando los poliquetos de la comunidad béntica como bioindicadores.

1.2 OBJETIVOS PARTICULARES

- 1) Determinar las características hidrológicas espaciales y temporales de la columna de agua cercana a los sedimentos (pH, salinidad, temperatura, oxígeno disuelto y DBO) y sedimento (materia orgánica y granulometría).
- 2) Identificar las zonas impactadas por la materia orgánica (MO), mediante las curvas de comparación de abundancia y biomasa (Método ABC) de poliquetos.
- 3) Identificar las especies indicadoras de enriquecimiento orgánico, mediante la distribución Log-normal y los cambios en la comunidad de poliquetos.

Hipótesis

La bahía de Chetumal se encuentra contaminada por materia orgánica procedente de los vertimientos de la ciudad de Chetumal modificando la comunidad béntica de los poliquetos.

1.3 ANTECEDENTES

Los mayores disturbios del ambiente, los cuales pueden ser denominados “contaminación marina” y quizá el mejor documentado es el “enriquecimiento” orgánico de las aguas marinas. La variación en la carga orgánica para algún área, por causas naturales o artificiales, ocasiona cambios en los factores físicos, químicos o biológicos, dichos cambios tienen efectos sobre la fauna presente (Pearson y Rosenberg, 1978).

Existen pocos estudios de contaminación en la Bahía de Chetumal, entre los que se encuentran los de Ortiz y Sáenz (1996), quienes determinaron que los detergentes domésticos son dirigidos a la red pluvial, señalando éste como un medio para la descarga de aguas residuales de la zona urbana. Así como también Ortiz y Sáenz (1997), encontraron que los coliformes fecales rebasaron los valores señalados en la norma oficial, siendo las causantes de muchas enfermedades intestinales y dérmicas. Algunos de los intentos para determinar bioindicadores de materia orgánica fue con los mejillones *Mytilopsis sallei* y *Brachidontes exustus* (Llanes-Baeza, 2002), otro trabajo realizado empleo los poliquetos Neréidos, *Nereis sp.* y *Laeonereis culveri*, como bioindicadores del contenido de materia orgánica en la Bahía de Chetumal, Quintana Roo (González, 2001), el cual no estuvo disponible para su consulta. La mayor parte de los residuos orgánicos vertidos tienden a depositarse en los sedimentos de la bahía ocasionando un aumento en la proliferación de bacterias del sedimento y la producción de ácido sulfhídrico. Además de todo lo anterior, la materia suspendida incrementa la turbiedad del agua impidiendo el paso de la luz, originando que los productores primarios no puedan obtener su energía para la síntesis de sus alimentos, afectando directamente a los consumidores secundarios.

Cabe recalcar la importancia del estudio del bentos como fuentes de información para los problemas de contaminación que soportan las poblaciones del medio acuático. Una de las principales ventajas para el estudio de la comunidad béntica (organismos del fondo marino) es su relativo sedimentarismo y por lo tanto tolerarán, se adaptarán o serán desplazadas por el continuo aporte del contaminante al sedimento. A diferencia de las comunidades del necton y plancton que presentan desplazamientos o migraciones y

por lo tanto la capacidad de moverse de los sitios impactados. Los organismos bénticos marinos han sido comúnmente empleados como un punto central en los programas de monitoreo e investigación en los efectos de las actividades humanas en el ambiente marino. Los organismos bénticos son afectados por tales actividades, dado que este hábitat sirve como un depósito principal para tales materiales dispuestos. Algunos estudios lo han empleado como herramienta de evaluación de impacto ambiental (Calderón-Aguilera, 1992).

Puesto que los organismos acuáticos viven en condiciones físicas y químicas específicas o poco variables como, baja salinidad, alto contenido de oxígeno disuelto, bajo contenido de materia orgánica, cualquier alteración antropogénica en el medio repercutirá sobre su distribución y sobrevivencia. Este hecho permite precisamente que algunos de estos organismos puedan ser utilizados como bioindicadores (Lanza Espino et al., 2000). El empleo de bioindicadores (aquel ser vivo que refleja los cambios en la calidad de su ambiente o entorno) están siendo actualmente utilizados para determinar el grado de impacto que presentan los cuerpos de agua por la contaminación por materia orgánica, los organismos principalmente estudiados para tal caso son los poliquetos (gusanos del sedimento).

Los poliquetos son organismos infaunales y epifaunales dominantes de las comunidades estuarinas y marinas, ya que representan de 35 a 65 % de la macrofauna béntica de sustratos arenosos y lodosos, en cuanto a su abundancia, riqueza específica y biomasa (Solís-Weiss, 1982, Calderón-Aguilera, 1992 y Méndez-Ubach, 1997). Para México se han reconocido 24 especies bioindicadoras de los anélidos poliquetos. Seis de las cuales se distribuyen en el litoral Pacífico, tres en el litoral del Golfo de México y 12 en ambos litorales. En cuanto a su papel como especies bioindicadoras, 13 especies indican la presencia de concentraciones altas de materia orgánica (Lanza Espino, 2000). Como podemos observar ninguna referida al mar Caribe o a la porción correspondiente al litoral de Quintana Roo, es por esto que el presente estudio aportará nueva información referente a aquellos organismos indicadores de contaminación por materia orgánica en la Bahía de Chetumal con énfasis especial en los poliquetos. De acuerdo a la literatura referida anteriormente no existe algún estudio de la Bahía de Chetumal como el que se pretende abarcar en el presente trabajo.

1.4 ÁREA DE ESTUDIO

La bahía de Chetumal está situada en el suroeste de la Península de Yucatán, enmarcada entre los 18° 21' y 18° 52' de latitud norte y los 87° 54' y 88° 23' de longitud oeste. Tiene una superficie de 1098 Km², anchura máxima de 20 Km, longitud aproximada de 67 Km (Fig. 1).

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

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

El clima de la zona es cálido subhúmedo con temperatura media anual entre 25 y 27 °C y una temperatura media del mes más frío de 18 °C. Con lluvias en verano y parte de invierno, cuya precipitación media anual es entre 1200 y 1300 mm. Bajo la clasificación de Köpen modificada por García (1973), este clima corresponde al tipo Awo(W)i.

La porción suroeste de la Bahía incluye Calderitas, Chetumal y Río Hondo, es una zona de alta variabilidad ambiental y cambios estacionales importantes, principalmente debido a los aportes del Río Hondo y la escorrentía de las ciudades (Herrera-Silveira y Ramírez- Ramírez, 1996)

A continuación se presenta la ubicación de los transectos de muestreos, así como sus respectivas estaciones (Figura 1)

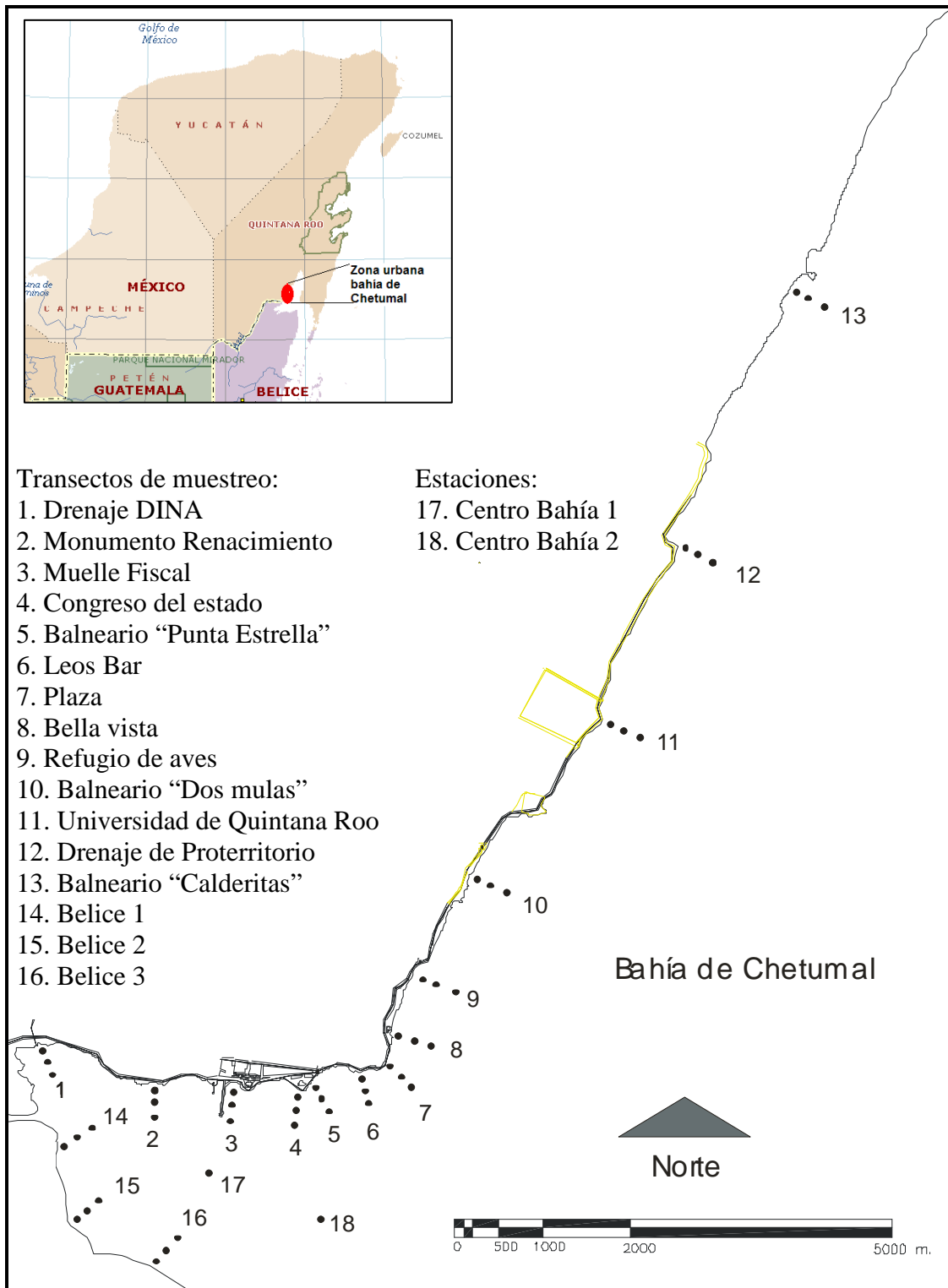


Figura 1. Ubicación de las estaciones de muestreo en la zona urbana de la Bahía de Chetumal, Quintana Roo.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Métodos de campo

Se realizó la colecta de muestras durante el período de un año en las tres épocas climáticas locales: secas (marzo a junio), lluvias (julio a octubre) y nortes (noviembre a febrero), para poder determinar los cambios en las poblaciones de poliquetos presentes en las comunidades y las variables físico-químicas del área de estudio. Las colectas se realizaron al final de cada período climático Junio 2005, Octubre 2005 y Febrero 2006.

Para la recolección de las muestras se seleccionaron 13 transectos a lo largo de la Bahía de Chetumal, las estaciones de muestreo se ubicaron a diferentes distancias de la línea de costa (50 m, 150 m y 300 m). Del lado de Belice se seleccionaron tres transectos con las distancias señaladas anteriormente, los cuales funcionaron como sitios de referencia para poder comparar nuestros resultados. Además se tomaron dos muestras por el centro de la Bahía (Figura 1), para establecer posibles gradientes de enriquecimiento orgánico. El posicionamiento de los puntos se llevó a cabo por medio de un SPG (Sistema de Posicionamiento Global), y a bordo de una embarcación con motor fuera de borda.

En el siguiente trabajo se hará referencia a los transectos por sus respectivos números (1-16) y las distancias serán representadas por las letras A=50 m, B= 150 m, y C = 300 m, a menos que se indique otra cosa. Así la estación 1A se leerá como la estación del transecto uno a la distancia de 50 m, 1B la estación del transecto uno a la distancia de 150 m, etc. Mientras que los puntos 17 y 18 representan las estaciones 17 y 18.

En cada estación se tomaron ocho unidades muestrales por medio de un nucleador de PVC con las siguientes características 11 cm de diámetro y 24 cm de largo; cuatro muestras se emplearon para la determinación de materia orgánica (Carbón orgánico) y el análisis granulométrico, las cuatro fracciones restantes para poliquetos.

Procesamiento de unidades muestrales

Cada unidad de muestreo se tamizó a bordo de la embarcación a través de mallas de 1.0 mm y 0.5 mm, para retener la macrofauna. Todos los organismos encontrados se fijaron con formaldehído al 10 %.

Las muestras de sedimento para el análisis granulométrico y materia orgánica se mantuvieron en refrigeración y sin ningún aditamento. Los análisis de la superficie del sedimento se realizaron con la sonda multiparamétrica modelo YSI 6600, con sensores para medir: profundidad, oxígeno disuelto, pH, temperatura, turbiedad, ortofosfatos, amoníaco, nitrato, salinidad, sólidos disueltos, clorofila, conductividad y cloruros.

2.2 Métodos de Laboratorio

Las muestras se lavaron con abundante agua de llave para quitar el exceso de formalina, posteriormente se preservaron en alcohol isopropílico al 70 % y se separaron a grandes grupos. Con la literatura adecuada los organismos se identificaron a nivel de familia (Uebelacker & Jonson, 1984; Salazar-Vallejo et al., 1989). Las familias de poliquetos analizados se pesaron (peso húmedo) en una balanza analítica (SAUTER, 0.0001 g precisión) para obtener los datos de biomasa y poder realizar las curvas ABC. Por último fueron identificadas a nivel de especie con la respectiva literatura (Warren, 1976; Salazar-Vallejo, 1986; Salazar-Vallejo, 1996; Delgado-Blas, 2004) esto con el fin de realizar las graficas de la distribución Log-normal.

El sedimento se analizó con los métodos estándar; el contenido de materia orgánica se determinó por la técnica de oxidación en húmedo con dicromato de potasio en medio ácido (Franco López et al., 1989); para el análisis granulométrico las muestras secas se tamizaron con siete tamices, cuyas aberturas son 1 mm, 710, 500, 355, 150, 106 y 75 μm en un mezclador RO-TAP RX-29, los datos se procesaron con el programa “Análisis Granulométrico de Sedimentos” (Vargas-Hernández, 1991).

2.3 Análisis Ecológico y Numérico

Descripción de la estructura de la comunidad.

Para la descripción de la comunidad de poliquetos, se calcularon los siguientes índices ecológicos con los resultados totales de cada estación (Abundancia y biomasa): número de familias por estación (S), abundancia de individuos por familia (N), equidad ecológica por el índice de Pielou (J) y el índice de diversidad de Shannon-Weiner (H).

Curvas de Abundancia-Biomasa

En el presente estudio se utilizaron las curvas de biomasa y abundancia de especies (curvas ABC) para determinar el grado de impacto de los puntos de muestreo. La ventaja de su uso radica en que el nivel de contaminación de una comunidad macrobéntica marina puede ser evaluado sin referencia a una serie espacial o temporal de muestras de control. Se fundamenta en que la distribución del número de individuos entre especies debería comportarse diferente de la distribución de biomasa entre especies cuando es afectado por un disturbio de contaminación. Las graficas combinadas de abundancia y biomasa de especies da lugar a tres posibles formas de representar las condiciones, cuando la grafica de biomasa esta por encima de la de abundancia se considera un ambiente no contaminado, cuando las graficas se cruzan representan un sitio moderadamente contaminado y cuando la gráfica de abundancia esta por encima de la de biomasa el ambiente esta fuertemente contaminado (Warwick, 1986).

Las curvas ABC fueron realizadas con los resultados a nivel de familia debido a que se ha comprobado que no existe perdida de información y pueden reflejar mejor los gradientes de contaminación que niveles más bajos, es decir, género o especies (Warwick, 1988; Defeo & Lercari, 2004).

Correlación entre las variables ambientales y la composición faunística (Bio-env).

Para determinar la relación entre la composición faunística de los sitios y las variables ambientales de esos sitios, se evaluó la correlación entre los datos de la composición faunística y los datos ambientales mediante el procedimiento Bio-Env (Clark y Ainsworth, 1993). Para lo cual los datos de abundancia y biomasa se transformaron a raíz cuarta y a los datos ambientales no se les aplicó transformación.

Curvas log-normales.

Para seleccionar grupos de especies indicadoras de contaminación orgánica se graficaron las distribuciones Log-normal de individuos entre especies por clases logarítmicas X 2, las especies que se encuentran en las clases geométricas V (16-31 individuos) y VI (32-63 individuos) son adecuadas para programas de monitoreo (Gray y Pearson, 1982).

III. RESULTADOS

Durante la época de secas en la estación 9A no se midieron los parámetros ambientales, la estación 9C y el transecto 11 no fueron muestreados. En la época de lluvias no se midieron los parámetros ambientales de las estaciones 4B y 13C. Por último durante la época de nortes en las estaciones 6B, 7B, 9B, 11A y 11B no se recolectaron muestras (Anexo 1). En los anexos del 3 al 11 se encuentran los resultados de los parámetros físico-químicos, abundancia y biomasa por estaciones.

3.1 COMPORTAMIENTO GENERAL DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS.

La profundidad promedio de las estaciones de muestreo fue de 1.3 m teniendo una profundidad mínima de 0.4 que se encontró en las estaciones cercanas a la bocana y la máxima de 3 m en la estación del canal de Pro-territorio a 300 m. Cada uno de los parámetros medidos tuvo una disminución en el transcurso de las épocas de muestreo, presentando los valores más altos en la época de secas (Tabla 1). En los anexos 3, 6 y 9 se encuentran los valores por estaciones.

Tabla 1. Promedios de los parámetros físico-químicos por épocas.

	SECAS	LLUVIAS	NORTES
Temperatura (°C)	31,0 ± 0,9	30,5 ± 0,6	27,9 ± 1,7
Salinidad (‰)	18,2 ± 5,6	13,5 ± 5,5	5,7 ± 4,6
pH	8,0 ± 0,2	7,9 ± 0,5	7,5 ± 0,2
SDT (g/l)	19,2 ± 5,6	14,5 ± 5,7	10,8 ± 3,9
Conductividad (mS/cm)	33,0 ± 9,7	22,6 ± 8,9	15,5 ± 5,7
OD (mg/l)	5,0 ± 2,3	2,7 ± 1,0	2,1 ± 1,0
DBO (mg/l)	1,6 ± 0,5	1,5 ± 0,5	***

*** No datos.

3.2 ANÁLISIS GENERAL DE LA COMUNIDAD DE LOS POLIQUETOS.

Durante un año de muestreo se identificaron un total de 2965 organismos correspondiente al phylum annelida. La clase más abundante durante las tres épocas de muestreo correspondió al polychaeta 90 % (Figura 2). En la temporada de secas se recolectaron 780 individuos de los cuales el 89 % correspondió a la clase polychaeta y

el 11 % restante al oligochaeta, en la temporada de lluvias se contaron 1140 individuos con el 92 % de abundancia para la clase polychaeta y el 8% al oligochaeta, en el tercer muestreo se recolectaron 1045 individuos, representando el 85% de abundancia la clase polychaeta y el 15% al oligochaeta (Figura 3).

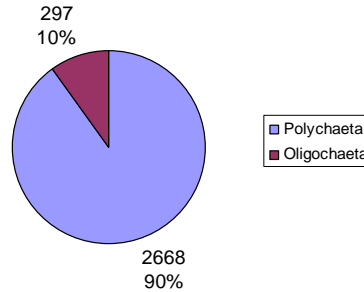


Figura 2. Abundancia total del phylum annelida durante el año de muestreo.

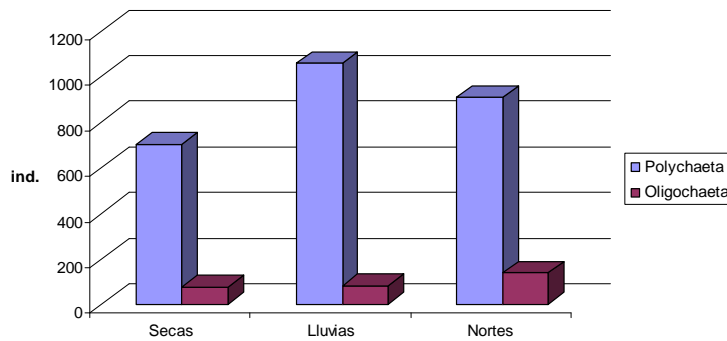


Figura 3. Abundancia total por épocas climáticas del phylum annelida.

En cuanto a términos de biomasa se refiere en la época de nortes se obtuvo el valor más alto, seguido de la secas, mientras que el valor menor se obtuvo en la época de lluvias, esto se observó para los dos grupos taxonómicos (Figura 4).

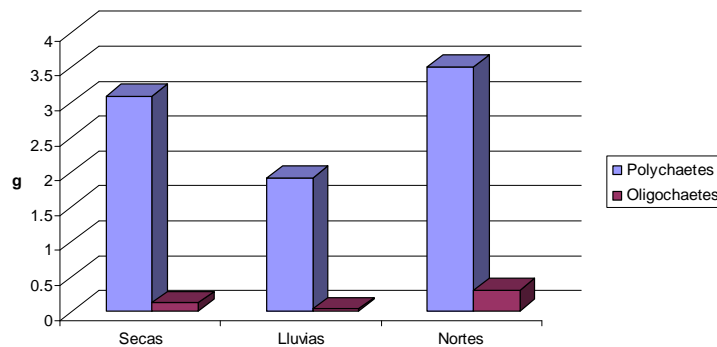


Figura 4. Biomasa total por épocas climáticas del phylum annelida.

COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD DE POLIQUETOS A NIVEL DE FAMILIA.

Las familias identificadas durante las tres temporadas de muestreo son: Nereididae, Pilargidae, Spionidae, Capitellidae, Phyllodocidae, Goniadidae y una especie de la clase oligochaeta (Tabla 2).

Tabla 2. Abundancia y Biomasa total de poliquetos y oligochaetas por épocas.

Familias	Abundancia				Biomasa			
	Secas	Lluvias	Nortes	Total	Secas	Lluvias	Nortes	Total
Nereididae	146	423	258	827	1.6481	1.4584	2.3245	5.431
Pilargidae	251	259	490	1000	0.7003	0.2629	0.8432	1.8064
Spionidae	232	311	119	662	0.3117	0.12252	0.0996	0.53382
Capitellidae	73	30	37	140	0.4282	0.0501	0.2289	0.7072
Phyllodocidae	1	29	4	34	0.0016	0.008	0.0126	0.0222
Goniadidae	0	5	0	5	0	0.0103	0	0.0103
Oligochaeta	77	83	137	297	0.1189	0.0302	0.3029	0.452

La familia más abundante durante la época de secas fue Pilargidae con 251 individuos y la menos abundante con un individuo fue Phyllodocidae. En lluvias la más abundante estuvo representada por Nereididae con 423 y la menos abundante por Goniadidae con 5 ejemplares que únicamente se recolectaron durante ese muestreo. En lo que respecta en la época de nortes nuevamente dominó pilargidae con 490 individuos y la de menor abundancia fue Phyllodocidae con 4 individuos (Figura 5). Pilargidae presentó una mayor abundancia y los Nereididos dominaron en términos de biomasa durante los tres muestreos (Figura 6).

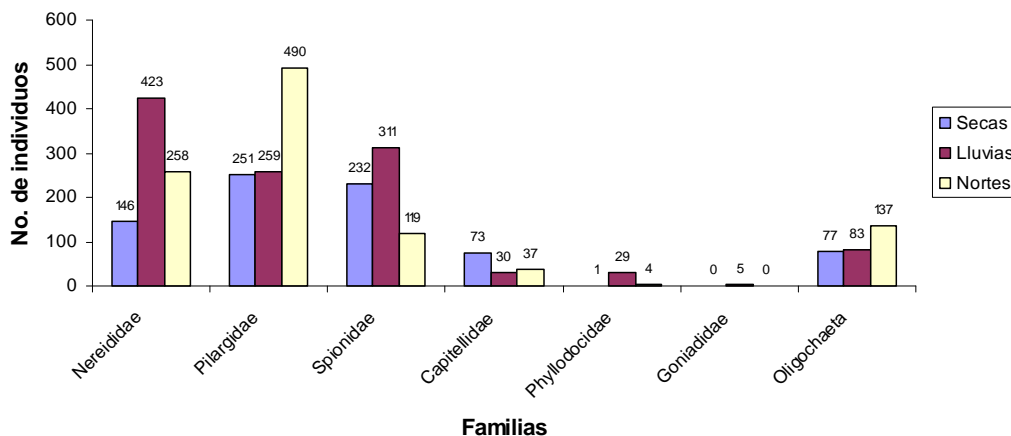


Figura 5. Distribución estacional de la abundancia total de las familias de poliquetos.

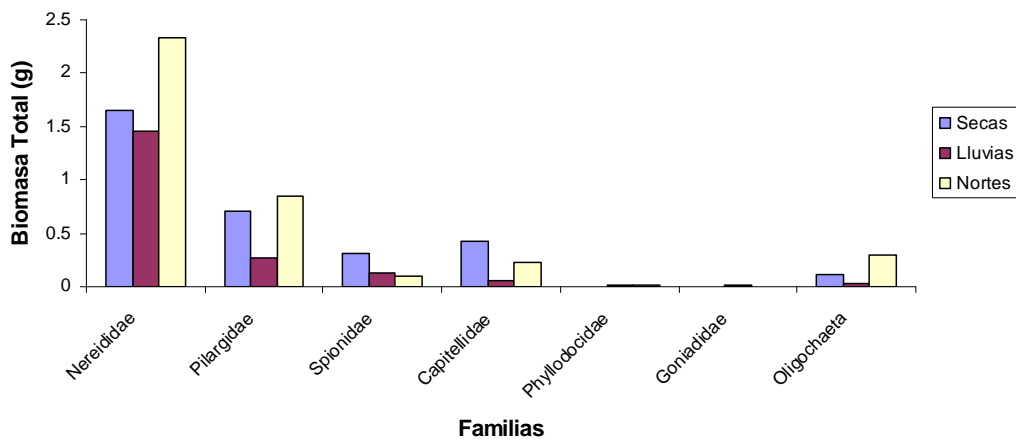


Figura 6. Distribución estacional de la biomasa total de las familias de poliquetos.

3.3 ÉPOCA DE SECAS

3.3.1 Concentración y distribución de la MO en los sedimentos.

En el transecto de Belice 1 las concentraciones se encontraron en el rango de 0-1 % de carbono, Belice 2 a 50 y 150 m las concentraciones fueron de 1-2 % C con un ligero aumento en la distancia de 300 m (2-3 % C), Belice 3 estuvo en el rango de 2-3 % C en todas las distancias de muestreo. Del lado de Chetumal el drenaje DINA y monumento del renacimiento su rango de concentración estuvo entre 1-2 % C, el muelle fiscal presentó concentraciones de 2-3 % C en todas las distancias al igual que Belice 3 mencionado anteriormente. El congreso del estado tuvo concentraciones entre 1-2 % C con excepción de la distancia de 150 que fue ligeramente mayor a 2. El balneario punta estrella presentó concentración de 1-2 % de C por todo el transecto, las concentraciones de Leos bar a 50 y 300 m fueron mayores a 2 %, mientras que a 150 m estuvo en el rango de 1-2 % C. Las distancias de 50 y 150 m del transecto de la plaza tuvieron concentraciones entre 1-2 % C, y a 300 m fue superior a 2 % C, el mismo patrón siguió el transecto de Bella vista. El refugio de aves a 50 m la concentración fue mayor a 2 % C y a 150 m estuvo en el rango de 1-2 % C. El balneario dos mulas a 50 y 150 m presentó concentraciones similares a la de Belice 1 menor a 1 % C, pero a 300 m estuvo en el rango de 2-3 % C. El drenaje proterritorio tuvo concentraciones entre 1-2 % C a 50 m, menor a 1 % C a 150 m y mayor de 2 % C a 300 m. El balneario de calderitas

presentó concentraciones entre 1-2 % C. el centro de bahía 1 fue ligeramente superior a 2 y el centro de bahía 2 estuvo en el rango de 1-2 % C (Figura 7). Las concentraciones de materia orgánica para las tres épocas están en el anexo 2.

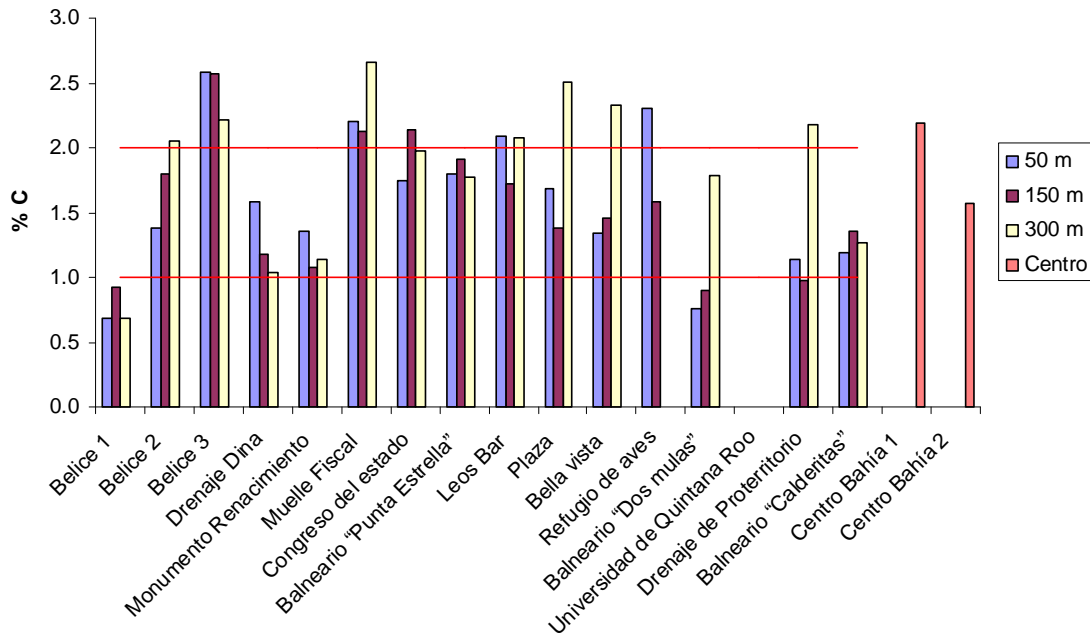


Figura 7. Concentración de MO en los sedimentos de la época de secas.

Para el siguiente estudio se consideraron bajas las concentraciones de MO entre el rango de 0-1 % C, moderadas 1-2 % C y altas de 2-3 % C (Figura 8). El contenido de materia orgánica expresada en % de C tuvo un mínimo de 0.679 % C cerca de la bocana de río hondo (50 m de Belice 1) y un máximo de 2.657 % C (Muelle fiscal a 300 m de la costa) con promedio de 1.66 % C.

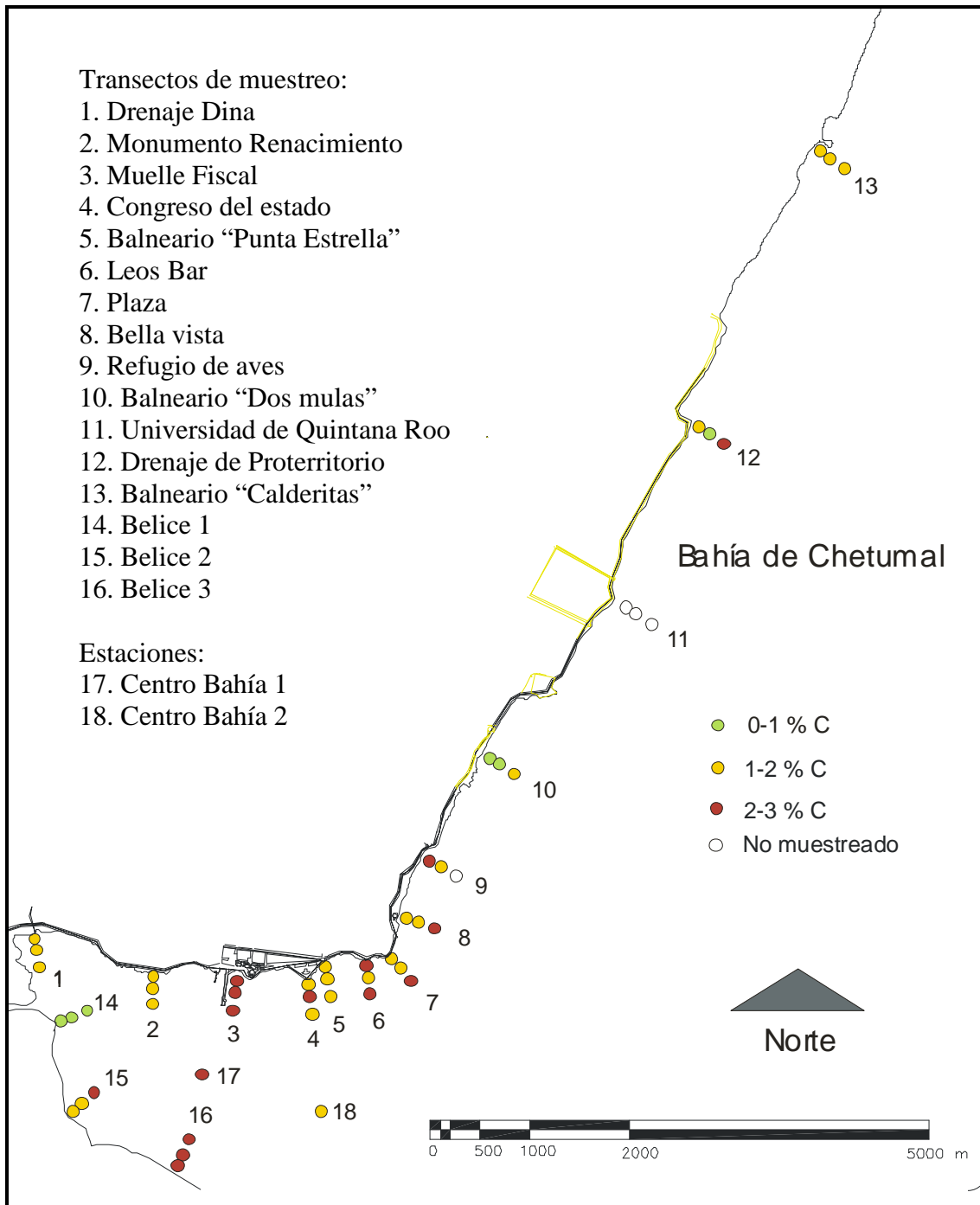


Figura 8. Distribución de materia orgánica del sedimento en la zona urbana de la bahía de Chetumal, Quintana Roo de la época de secas.

3.3.2 Comportamiento de los parámetros físico-químicos.

En la tabla 3 se presentan los valores máximos, mínimos, promedios y la desviación estándar de cada uno de los parámetros medidos en la bahía para la época de secas.

Tabla 3. Parámetros físico-químicos de la época de secas.

Parámetros físico-químicos	MIN	MAX	PROMEDIO
Profundidad (m)	0,1	1,7	0,8 ± 0,5
Temperatura (°C)	29,6	34,7	31,0 ± 0,9
Salinidad (‰)	4,8	22,3	18,2 ± 5,6
pH	7,0	8,3	8,0 ± 0,2
SDT (g/l)	5,6	23,2	19,2 ± 5,6
Conductividad (mS/cm)	9,2	47,4	33,0 ± 9,7
OD (mg/l)	0,5	9,3	5,0 ± 2,3
DBO (mg/l)	0,7	2,4	1,6 ± 0,5

Temperatura

Durante la toma de muestras la temperatura se mantuvo en un rango de 29.6 a 34.7 °C con una media de 31 °C.

Salinidad

La salinidad tuvo una amplia variación por ser la bahía un medio estuarino, ya que el aporte de agua dulce del río hondo disminuye la salinidad, en especial por la parte sur de la zona urbana donde se encuentra la bocana (Figura 9a), el valor mínimo registrado fue de 4.8 ‰ y el mayor de 22.3 ‰ con una salinidad promedio de 16.8 ‰.

pH

El pH no presentó una amplia variación fluctuando de 7.0 a 8.3 con una media de 8.0.

Sólidos Disueltos Totales (SDT), conductividad y cloruros.

En lo referente a los sólidos disueltos totales y la conductividad (Figura 9b y 9c) tuvieron un comportamiento similar a la salinidad.

Oxígeno Disuelto.

Este parámetro mostró una amplia variación con una concentración mínima de 0.5 a y una máxima de 9.3 mg/l con una media de 5 mg/l. Al igual que la salinidad los valores mas bajos fueron encontrados en la zona Sur (Figura 9d).

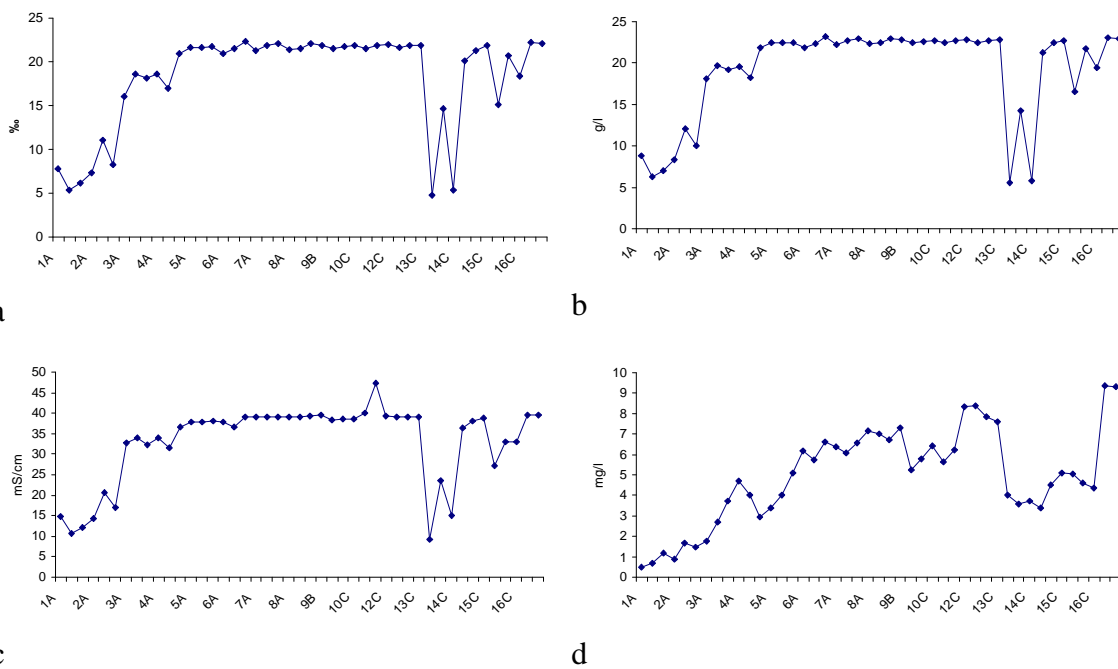


Figura 9. Comportamiento de los parámetros ambientales de la época de secas.

3.3.3 Análisis de la comunidad de poliquetos.

Los poliquetos recolectados durante el muestro de secas fueron 703 individuos los cuales se encuentran muy bien representados por dos familias predominantes, Pilargidae y Spionidae, después en orden descendente de abundancia le siguen Nereididae y Capitellidae. Phyllodocidae fue la menos abundante encontrándose un ejemplar (Fig. 10).

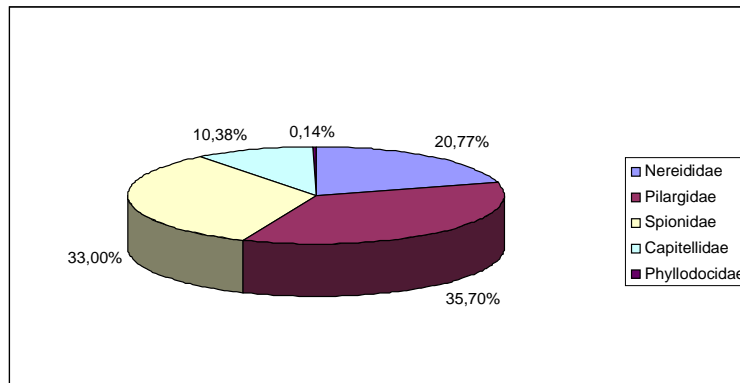


Figura 10. Abundancia de poliquetos por familias de la época de secas.

Distribución de las familias de poliquetos.

En las estaciones cercanas a la bocana del río hondo se encontró una mayor abundancia de la familia Nereididae; la Pilargidae tuvo una amplia distribución en la zona urbana de la Bahía con 82.6 % de distribución (Tabla 4), mientras que nereididae, spionidae y Capitellidae se distribuyeron regularmente (50 %), el taxa Oligochaeta y Phyllodocidae fueron los menores. La familia Pilargidae dominó con más del 50 % en 6 transectos (Tabla 5), mientras que Spionidae dominó en 3 transectos, Nereididae tuvo una mayor dominancia en los transectos 1 y 14 cercanos al río hondo (Figura 11).

Tabla 4. Porcentaje de distribución de las familias.

Familias	% Distribución
Pilargidae	82,6
Nereididae	54,3
Spionidae	54,3
Capitellidae	45,7
Oligochaeta	34,8
Phyllodocidae	2,2

Tabla 5. Porcentaje de abundancia de familias por transectos.

Transectos	Abundancia total	% de abundancia					
		Nere	Pila	Spio	Capi	Phyllo	Oligo
1	40	90,0	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0
2	36	0,0	97,2	2,8	0,0	0,0	0,0
3	27	0,0	66,7	0,0	7,4	0,0	25,9
4	75	8,0	28,0	52,0	12,0	0,0	0,0
5	26	3,8	50,0	42,3	0,0	0,0	3,8
6	109	12,8	14,7	65,1	3,7	0,0	3,7
7	73	15,1	17,8	50,7	12,3	0,0	4,1
8	54	1,9	33,3	5,6	40,7	0,0	18,5
9	55	5,5	61,8	1,8	5,5	0,0	25,5
10	39	17,9	15,4	48,7	7,7	0,0	10,3
11	41	9,8	43,9	12,2	7,3	0,0	26,8
13	93	30,1	24,7	37,6	6,5	0,0	1,1
14	51	58,8	0,0	0,0	0,0	0,0	41,2
15	18	16,7	50,0	0,0	27,8	0,0	5,6
16	29	0,0	55,2	34,5	10,3	0,0	0,0
17	4	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	10	20,0	70,0	0,0	0,0	10,0	0,0

***Nere:Nereididae, Pila:Pilargidae, Spio:Spionidae, Capi:Capitellidae, Phyllo:Phyllodocidae, Gonia: Goniadidae, Oligo: Oligochaeta.

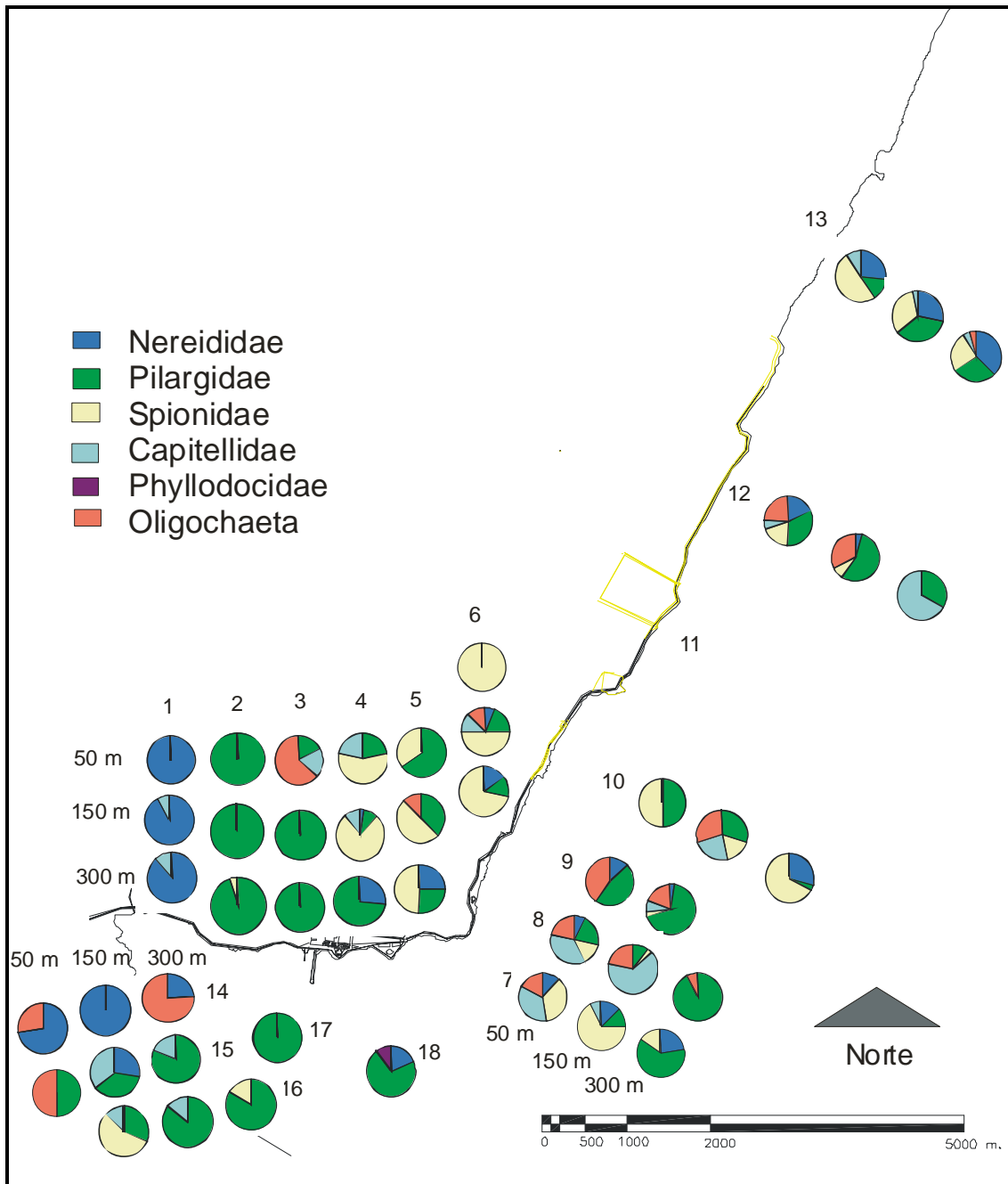


Figura 11. Distribución de las familias de poliquetos en la zona urbana de la Bahía de Chetumal durante la época de secas.

Se presentan los valores de los índices ecológicos para la época de secas, número de familias por estación (S), abundancia de individuos por familia (N), equidad ecológica por el índice de Pielou (J) y el índice de diversidad Shannon-Weiner (H) (Tabla 6).

Tabla 6. Índices ecológicos de la comunidad de poliquetos en época de secas.

	S	N	J'	H'(log2)
1A	1	1		0,000
1B	2	14	0,371	0,371
1C	2	25	0,529	0,529
2A	1	4		0,000
2B	1	9		0,000
2C	2	23	0,258	0,258
3A	3	11	0,826	1,309
3B	1	14		0,000
3C	1	2		0,000
4A	3	22	0,914	1,449
4B	4	35	0,548	1,097
4C	2	18	0,852	0,852
5A	2	14	0,940	0,940
5B	3	8	0,887	1,406
5C	3	4	0,946	1,500
6A	1	1		0,000
6B	5	32	0,841	1,953
6C	3	76	0,729	1,156
7A	4	17	0,933	1,865
7B	4	43	0,704	1,409
7C	3	13	0,842	1,335
8A	5	14	0,929	2,156
8B	4	27	0,715	1,431
8C	2	13	0,391	0,391
9A	3	15	0,902	1,429
9B	5	40	0,600	1,394
9C	***	***	***	***
10A	2	2	1,000	1,000
10B	4	13	0,975	1,950
10C	3	24	0,694	1,099
11A	***	***	***	***
11B	***	***	***	***
11C	***	***	***	***
12A	5	16	0,939	2,180
12B	4	22	0,760	1,520
12C	2	3	0,918	0,918
13A	4	41	0,874	1,748
13B	4	28	0,872	1,745
13C	5	24	0,832	1,931
14A	2	18	0,852	0,852
14B	1	12		0,000
14C	2	21	0,792	0,792
15A	2	2	1,000	1,000
15B	3	11	0,992	1,573
15C	2	5	0,722	0,722
16A	3	16	0,862	1,366
16B	2	7	0,592	0,592
16C	2	6	0,650	0,650
17	1	4		0,000
18	3	10	0,730	1,157

Análisis ecológico por distancias.

La menor abundancia a 50 m se encontró en los transectos del drenaje Dina y Leos bar con un ejemplar, así como en las estaciones Belice 2 y el balneario dos mulas con dos individuos y el balneario de calderitas tuvo el mayor con 41 individuos. A 150 m la menor abundancia se encontró en los transectos de Belice 3 con siete ejemplares y la mayor en el refugio de aves con 40 individuos. Para la distancia de 300 la menor fue de dos individuos en el muelle y la mas abundante de todo el muestreo con 76 individuos se encontró en Leos Bar (Figura 12a).

A la distancia de 50 m en los transectos de drenaje de la Dina, monumento del renacimiento y Leos Bar se encontró únicamente una familia, y el mayor número de familias que fueron cinco, se encontraron en los transectos bella vista y drenaje de proterritorio. Mientras que a la distancia de 150 m en los transectos de Belice 1, monumento del renacimiento y el muelle estuvieron dominado por una familia, los transecto Leos Bar y el refugio de aves tuvieron 5. Con respecto a la distancia de 300 m sólo en el transecto del muelle se encontró una familia y hasta el transecto del balneario de calderitas se encontraron 5 familias (Figura 12b).

La gráfica de diversidad muestra el mismo comportamiento que el de riqueza de familias teniéndose diversidad cero en donde solamente hubo una familia; así como también el mayor número de diversidad se presentó en las estaciones con mayor número de familias (Figura 12c).

Los resultados de uniformidad a la distancia de 50 m muestran poca dominancia ya que los valores están por arriba de 0.8, mientras que a la distancia de 150 m el drenaje Dina y el congreso tuvieron los menores con 0.37 y 0.55 respectivamente. A la distancia de 300 m en el monumento del renacimiento se encontró el menor valor de uniformidad con 0.26 y en bella vista con 0.39 (Figura 12d).

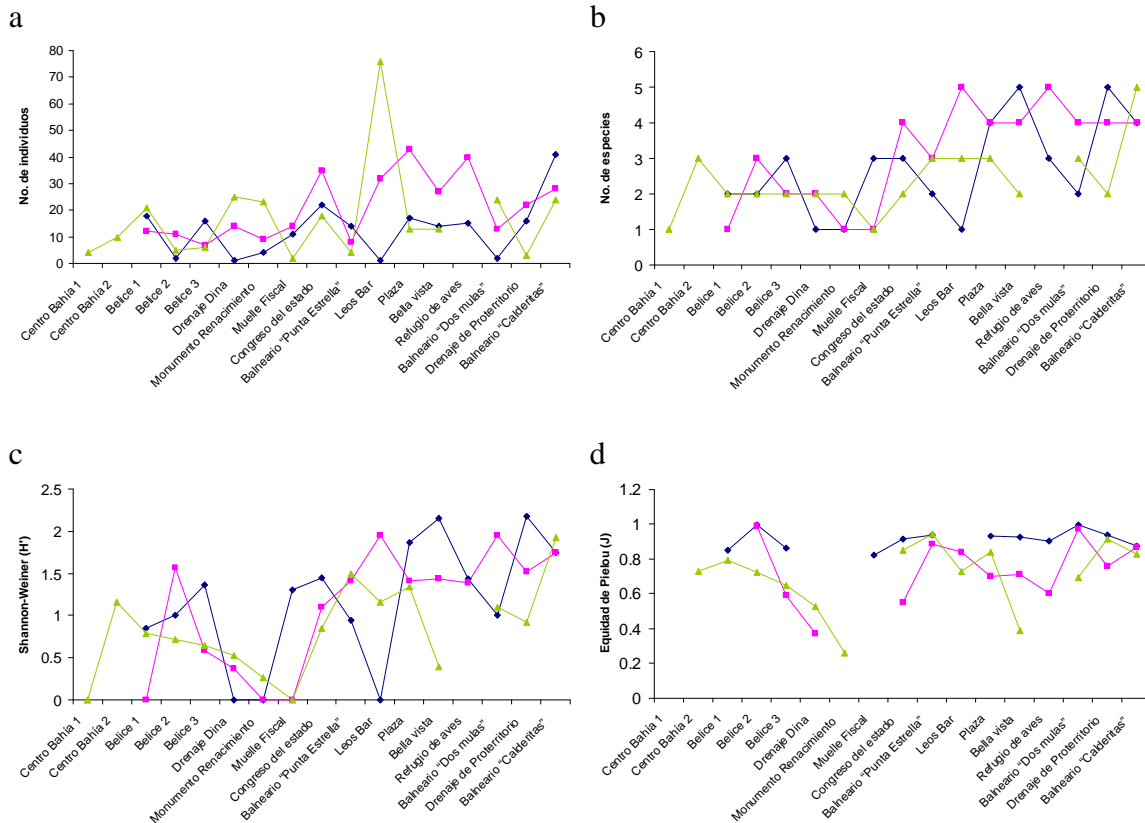


Figura 12. Índices ecológicos por distancias de la época de secas. Los rombos (—◆—) representan la distancia de 50 m, cuadrados (—■—) la distancia de 150 m y triángulos (—▲—) la distancia de 300 m de cada transecto.

Al calcular la diversidad y abundancia promedio por transecto se puede apreciar que la diversidad presenta un incremento de sur a norte, lo cual no se puede decir con respecto a la abundancia, ya que no muestra un patrón claro. Destacan únicamente de la parte sur la estación centro Bahía 2, los transectos Belice 1 y Belice 2 que presentan valores de diversidad moderados (Figura 13).

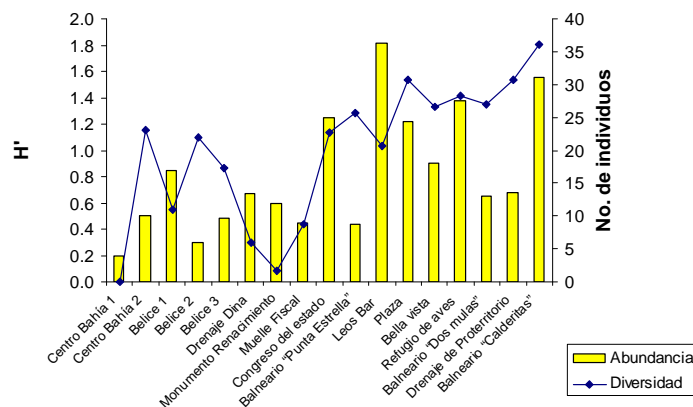


Figura 13. Abundancia y diversidad promedio de las familias por transectos de la época de secas.

3.3.4 Relación entre las variables ambientales y la composición faunística (Procedimiento Bio-Env)

De las 9 variables ambientales examinadas se redujo a un conjunto de 7: profundidad, temperatura, salinidad, pH, OD, tamaño de partícula promedio (ϕ) y MO para el análisis del Bio-Env, debido a que la salinidad presentó un elevado grado de correlación superior al 0.95 con las variables de SDT y conductividad no fueron empleadas en el análisis (Figura 14) como es sugerido por Clarke & Ainsworth (1993).

Al analizar la Abundancia de la comunidad de los poliquetos con las 7 variables ambientales seleccionadas anteriormente se puede observar que las variables individuales que explican mejor la comunidad por el rango de correlación de Spermanson son la salinidad con **0.372** y el pH con **0.298**; mientras que en conjunto la máxima correlación obtenida es de **0.385** con los parámetros de pH y salinidad (Tabla 7).

Tabla 7. Coeficientes de correlación de Spermanson con la Abundancia (Época de secas).

Variables							
1	Sal.	pH	OD	MO	Prof.	Φ	Temp
	0.372	0.298	0.193	0.123	0.108	0.046	0.093
2	Sal y pH		Sal y MO				
	0.385		0.370				
3	Sal, pH y MO			Sal, pH y Φ			
	0.371			0.370			
4	Prof, pH, MO y ϕ			Prof, Sal, pH y MO			
	0.370			0.370			
5	Prof, Sal, pH, MO y ϕ						
	0.369						

Con los datos de biomasa se seleccionaron las mismas variables que explican la comunidad de poliquetos, salinidad con **0.316**, el pH con **0.266** y en conjunto el valor mayor fue para la profundidad, pH y MO con 0.318, resultados un poco menores a los obtenidos con la abundancia (Tabla 8).

Tabla 8. Coeficientes de correlación de Sperman con la Biomasa (Época de secas).

Variables							
1	Sal.	pH	OD	MO	Prof.	Φ	Temp
	0.316	0.266	0.152	0.129	0.091	0.030	0.058
2	Sal y pH						
	0.317						
3	Prof, pH y MO						
	0.318						
4	Prof, Sal, pH y MO			Sal, pH, MO y Φ			
	0.318			0.318			
5	Prof, Sal, pH, MO y Φ						
	0.318						

Secas 2005

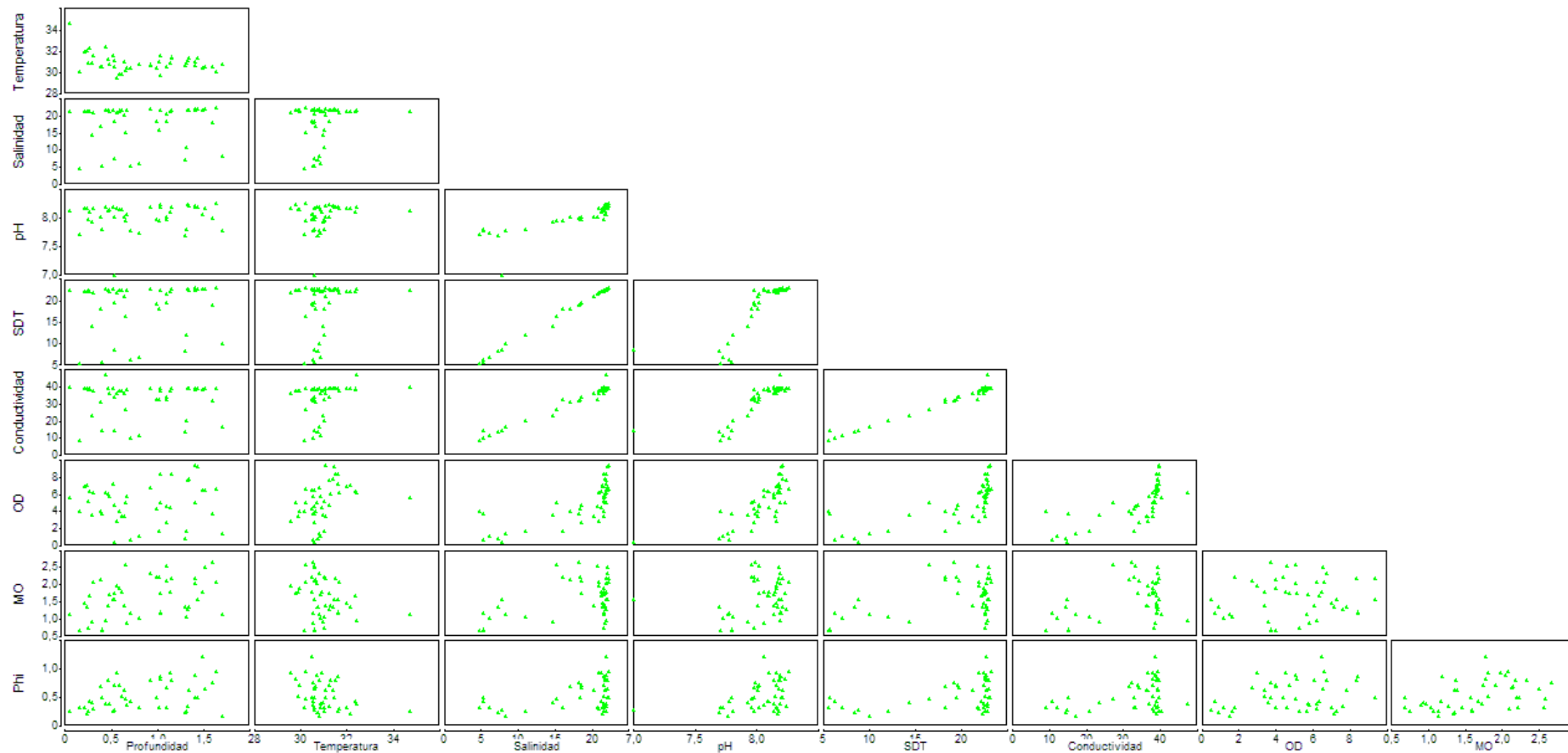


Figura 14. Matrices de las gráficas de dispersión para los pares de variables de la época de secas.

3. 3.5 Análisis de componentes principales (PCA)

Las siete variables ambientales de las estaciones de muestreo están resumidas en el PCA (Figura 15). El PC1 explicó el 43 % (Tabla 9) de la varianza relacionándolo a una disminución de los parámetros medidos de izquierda a derecha, salinidad, pH, OD, MO y tamaño promedio de partícula Φ . El segundo PC explica el 27.6 % de la varianza mostrando una disminución de MO de la parte superior a la inferior al igual que la profundidad y el Φ . La única que presentó un aumento fue la temperatura de la parte superior a la inferior. Estas estaciones conforman el grupo D detectado en el dendrograma (ver más adelante), pero esta vez en conjunto con el transecto 2 en el CPA por la parte derecha.

Con respecto a la salinidad podemos establecer una zona mesohalina (5-18 ‰) que abarca los transectos 1, 2 y 14 cercanos a la bocana del río hondo (Fig. 18, encerrados en el círculo), además de que dichos transectos presentaron valores bajos de pH (7-8), OD (menor a 5 mg/l), MO (0.5-1.5).

Las demás estaciones se encuentran en la zona polihalina (18-30 ‰), aunque el valor más alto fue de 22.3 ‰.

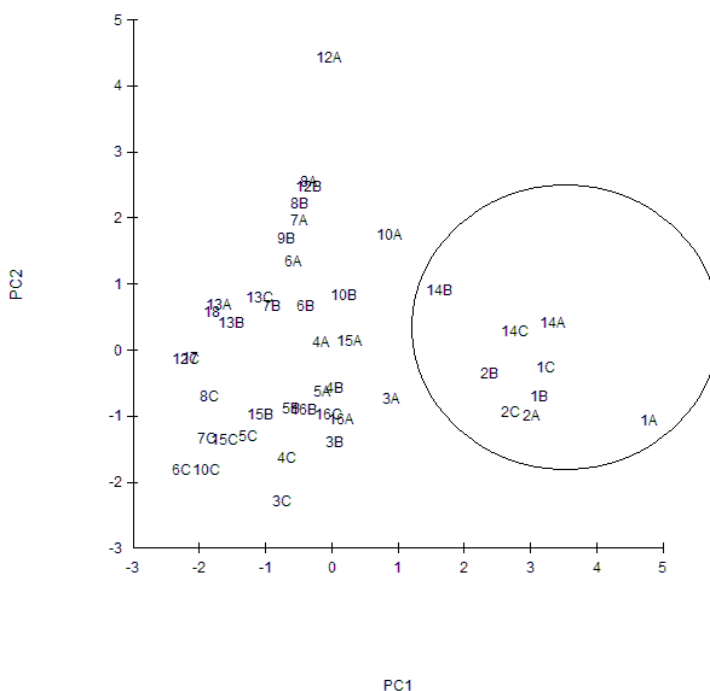
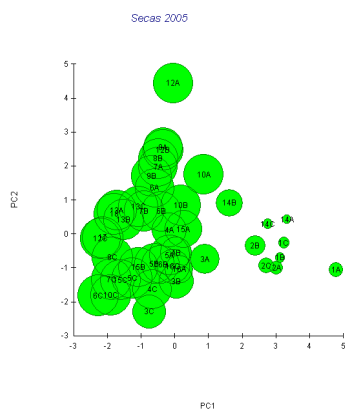


Figura 15. Análisis de componentes principales de la época de secas.

Los patrones explicados arriba acerca de la variación en cada PC se representan gráficamente para los valores de salinidad y MO (figura 16).

Salinidad



MO

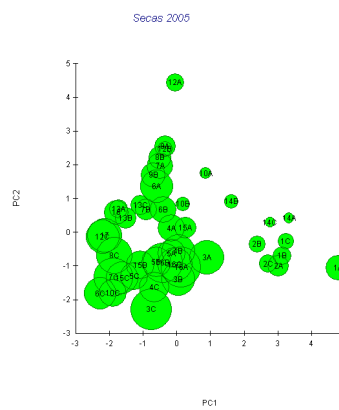


Figura 16. Graficas de ordenación de PCA con las variables de salinidad y MO sobre impuestas de la época de secas. El tamaño del círculo es proporcional al valor de la variable.

Tabla 9. Porcentaje de variación explicada y coeficientes para la combinación lineal de las 7 variables. Los números en negritas son los coeficientes de las variables con mayor influencia.

	PC1	PC2
Varianza %	43.0	27.6
Variable		
Profundidad	-0.172	-0.468
Temperatura	-0.073	0.603
Salinidad	-0.526	0.142
pH	-0.514	0.153
OD	-0.465	0.281
MO	-0.300	-0.392
Φ	-0.345	-0.375

3.3.6 Agrupación de las estaciones.

En el dendrograma del índice de similaridad de Bray-Curtis se observa que la estación 6A esta separa de todas las demás, esto se debe a que en dicha estación únicamente se encontró un ejemplar correspondiente a la familia Spionidae. En general se alcanza a distinguir tres grandes agrupaciones D, E y F con un 50% de similaridad. La agrupación D incluye los transectos 1 y 14 de la bocana del río hondo. La agrupación E abarca las estaciones del transecto 2, así como la 3B, 3C, 4C, 5A, 5B, 16, 17, 16C y 15A, las cuales comprenden la parte centro de la bahía. La agrupación F abarca las estaciones que se encontraron en la zona norte y algunas de la parte sur de la zona urbana (Figura 17).

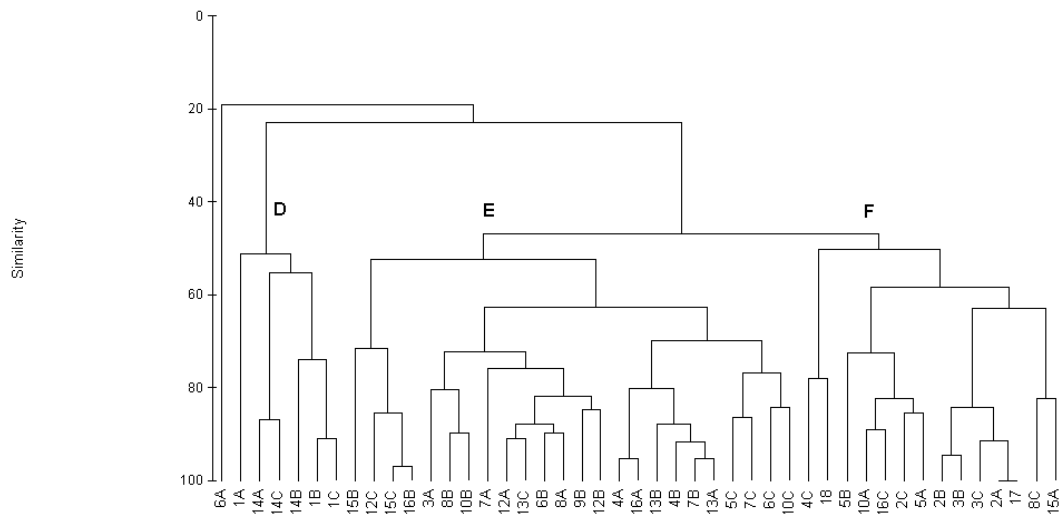


Figura 17. Dendrograma del análisis de agrupación de la abundancia de las estaciones de la época de secas.

3.3.7 Ordenación de las estaciones

Al examinar el escalamiento multidimensional de la figura 16 se observa que las estaciones del grupo D corresponden a la región mesohalina, E incluye al transecto 2 de la zona mesohalina y otras cercas de esta región y F esta formada por transectos exclusivos de la región polihalina (Figura 18).

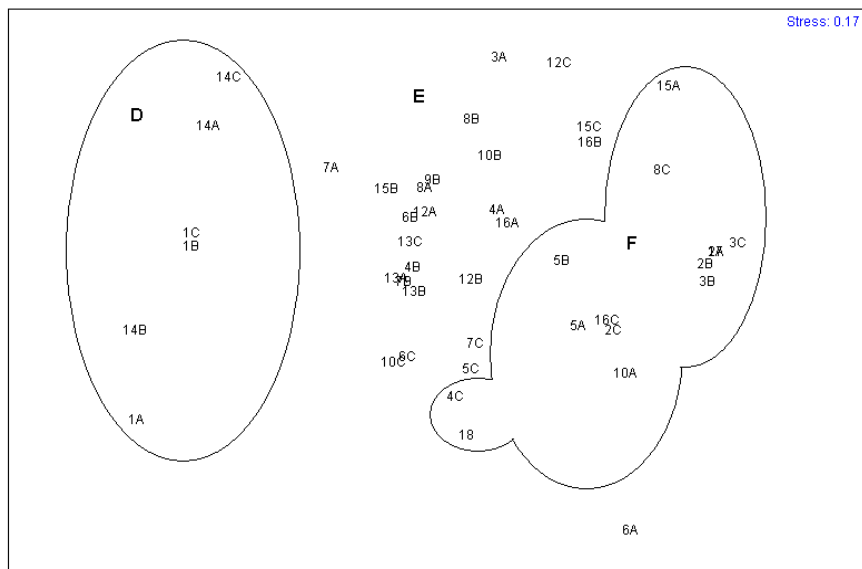


Figura 18. Diagrama del escalamiento multidimensional no métrico de la composición y la abundancia de las familias de poliquetos de la época de secas.

3.3.8 Contribución de las familias y porcentaje de similitud de los grupos formados (SIMPER)

Con el análisis SIMPER para saber la contribución de cada familia, se obtuvo que el grupo D cercano a la bocana del río hondo esta conformado principalmente de la familia Nereididae 95%. El grupo F esta representado por la familia Pilargidae 95%. Mientras que en el grupo E se encuentra una asociación de la familia Pilargidae 41%, Spionidae 26% y Capitellidae 15 % (Tabla 10). El grupo E formo tres subgrupos, E1 conformado por la asociación de dos familias Pilargidae 66 % y Capitellidea 34 %, E2 con cinco familias y E3 con cuatro familias (Tabla 11).

Tabla 10. Análisis SIMPER para la contribución de las familias en los grupos.

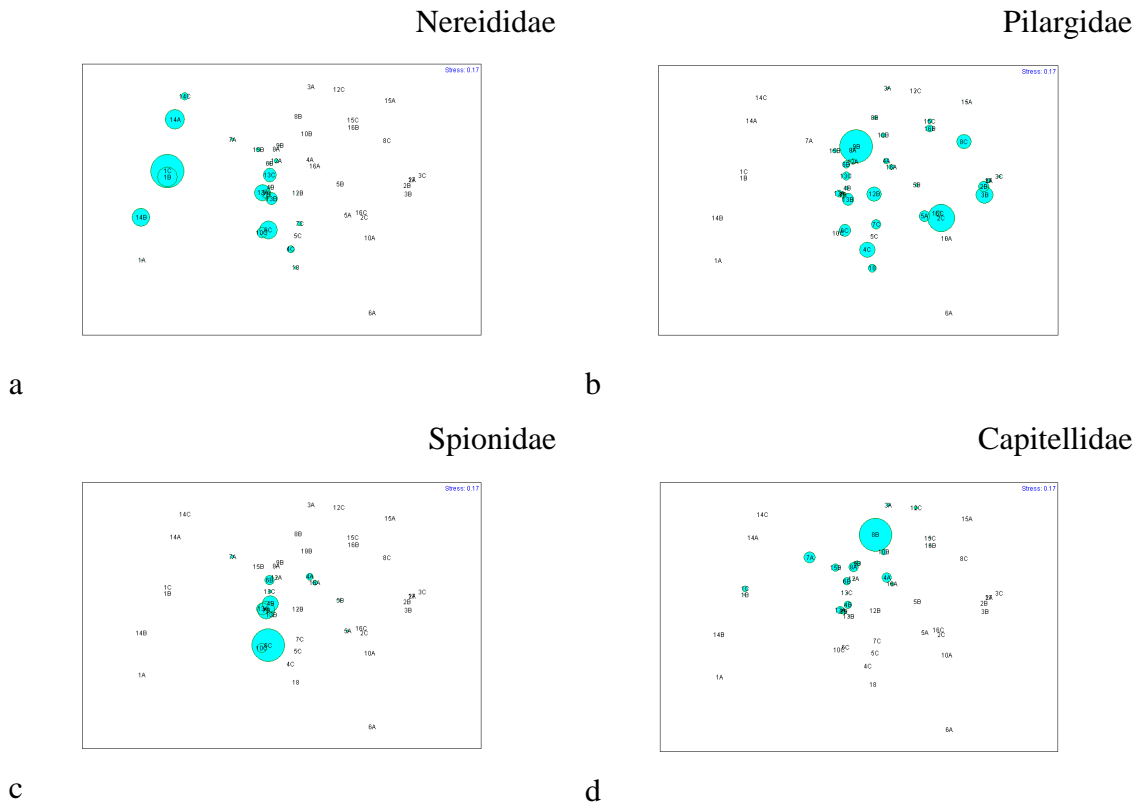
<i>GROUP D</i>		<i>GROUP E</i>		<i>GROUP F</i>	
Nereididae	95.18	Pilargidae	39.91	Pilargidae	95.14
Oligochaeta	4.02	Spionidae	26.76	Spionidae	3.49
Capitellidae	0.80	Capitellidae	16.74	Oligochaeta	1.03
		Nereididae	9.68	Nereididae	0.34
		Oligochaeta	6.90		

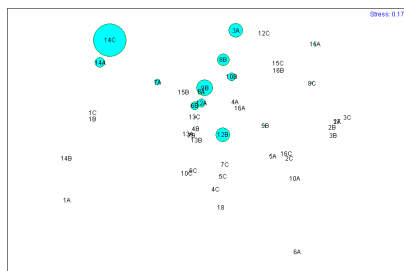
Tabla 11. Análisis SIMPER para la contribución de las familias en los subgrupos del grupo E.

<i>GROUP E1</i>		<i>GROUP E2</i>		<i>GROUP E3</i>	
Pilargidae	65.94	Oligochaeta	33.41	Spionidae	57.28
Capitellidae	34.06	Pilargidae	27.90	Pilargidae	24.55
		Capitellidae	17.83	Nereididae	13.24
		Spionidae	15.24	Capitellidae	4.93
		Nereididae	5.63		

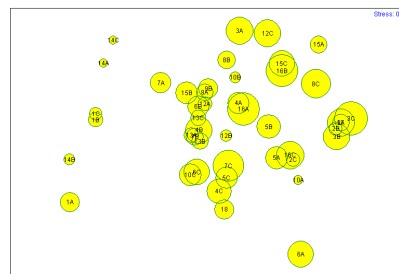
3.3.9 Representación visual de la abundancia de poliquetos y la MO en los diagramas de escalamiento multidimensional.

Como se puede apreciar en la Figura 19a la familia Nereididae se agrupo con las estaciones del lado izquierdo, mientras que la Pilargidae del lado derecho, en cuanto a la spionidae, Capitellidae y Oligochaeta en el centro. Si examinamos detenidamente la Figura 19f que muestra la distribución de MO podemos observar que aquellas que se encuentran a la derecha son las de mayor concentración, con lo cual se pude establecer una relación con la familia Pilargidae (Fig. 19b).





e



f

Figura 19. Graficas de ordenación 2-d MDS para la macrofauna de la comunidad de poliquetos. Los círculos representan la abundancia de la familia en cada estación comparándola con la sobre imposición de la MO en el diagrama.

3.3.10 Correlación del índice de diversidad (H') con las variables ambientales.

El coeficiente de correlación de cada una de las variables físico-químicas con respecto a la diversidad de poliquetos, los valores mayores fueron 0.50 para el OD, pH, salinidad, sólidos disueltos totales y conductividad. Posteriormente se eliminaron las estaciones 1, 2 y 13 por ser las más cercanas a la bocana del río hondo y de mayor variación con respecto a la salinidad. Nuevamente se calculó el coeficiente de correlación y se obtuvo un valor de -0.61 (Tabla 12).

Tabla 12. Coeficientes de correlación con el índice de diversidad y las variables ambientales de la época de secas.

Variables ambientales	Coeficiente de correlación	
	Todas las estaciones	Zona polihalina
Profundidad (m)	-0.272	-0.343
OD (mg/l)	0.504	0.211
pH	0.510	0.227
Temperatura (°C)	0.386	0.393
Turbiedad (NTU)	-0.056	-0.068
Salinidad (‰)	0.503	0.198
SDT (g/l)	0.508	0.213
Conductividad (mS/cm)	0.538	0.281
MO (%)	-0.161	-0.617

El comportamiento de la salinidad, SDT y conductividad fueron similares durante el muestreo; cuando aumenta alguno de los parámetros la diversidad también aumenta y viceversa.

Los valores más bajos de diversidad (0-1.44 bits/ind) se encontraron en los sitios de mayor concentración de MO (1.74-2.66 %) y los valores más altos (1-2.18 bits/ind) en los sitios con menor concentración de MO (0.76-1.72%), presentando un coeficiente de correlación de -0.61, estos resultados fueron sin tomar en cuenta las estaciones 1, 2 y 13 que tenían una influencia marcada por la salinidad (Fig. 20).

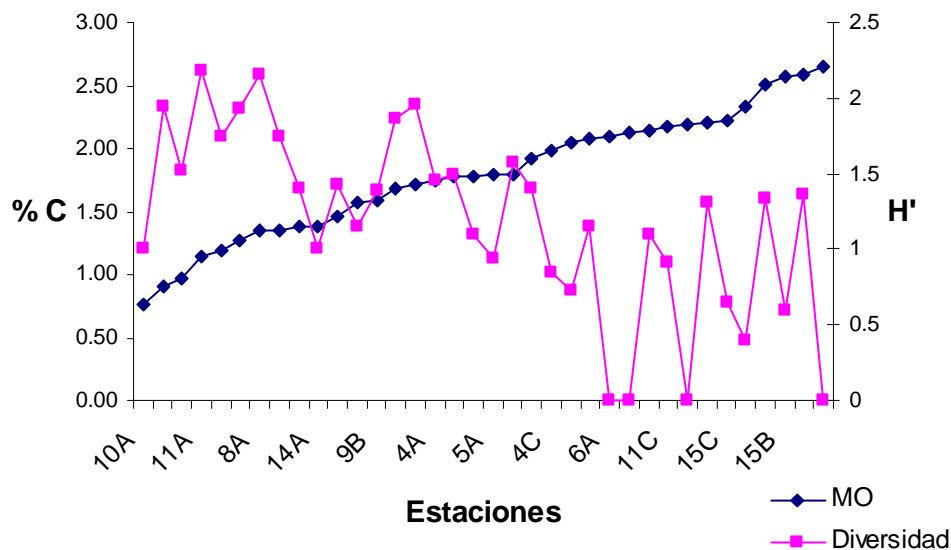


Figura 20. Relación de la materia orgánica con el índice de Shannon-Weiner sin las estaciones 1, 2 y 13 de la época de secas.

Las zonas con mayor cantidad de MO orgánica se encontraron en la parte centro de la zona urbana de la bahía de Chetumal, mientras que en la parte norte la cantidad fue menor (Figura 21).

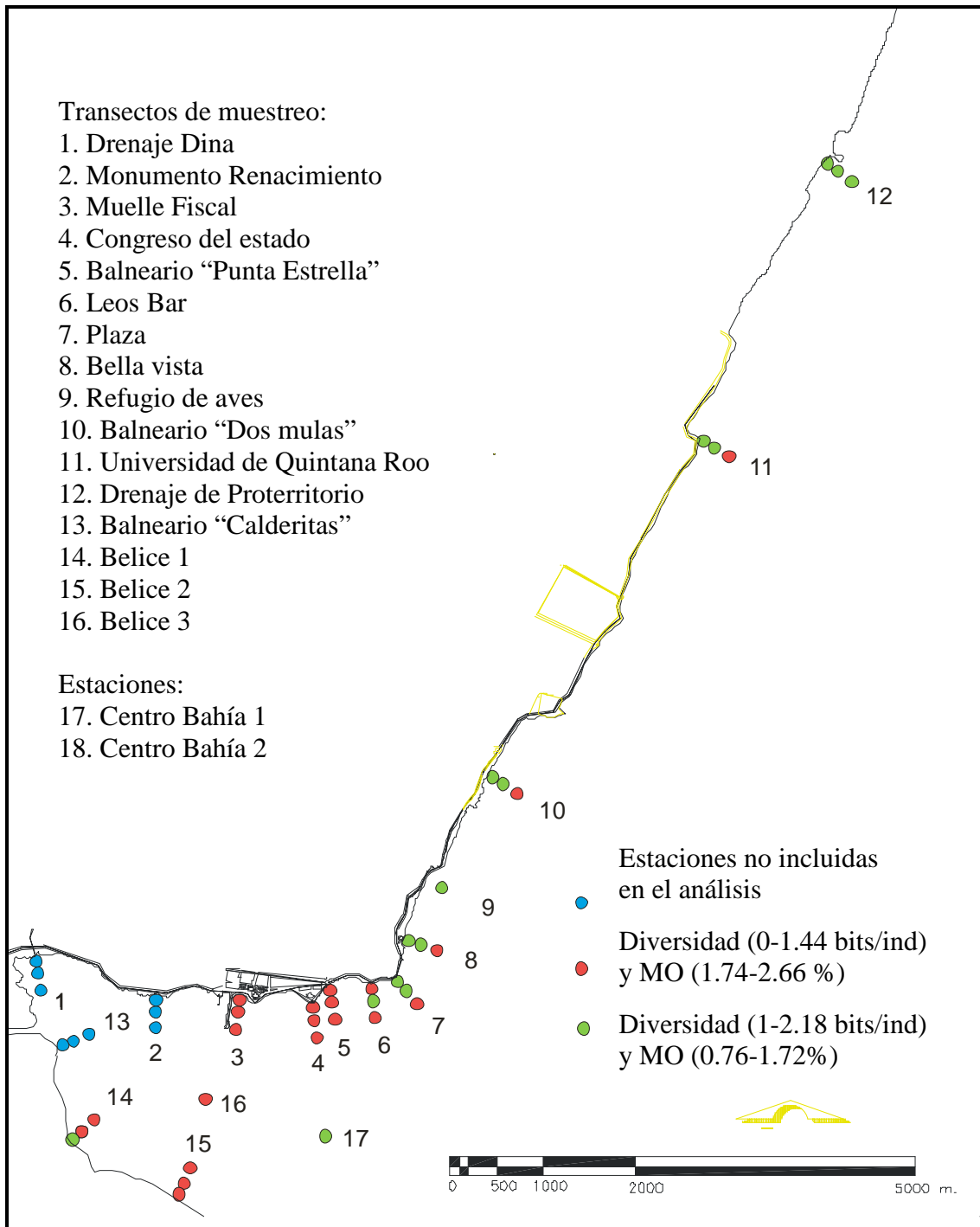


Figura 21. Zonas impactadas por el aporte de MO en los sedimentos según el índice de Shannon-Weiner.

3.3.11 Graficas de comparación abundancia/biomasa ABC

Las interpretaciones de las curvas ABC son las siguientes: si la curva de biomasa esta por arriba de la de abundancia se dice que el ambiente no esta contaminado, si las gráficas se cruzan por lo menos una vez se dice que el sitio esta moderadamente contaminado, y cuando la de abundancia esta por arriba de la biomasa se dice que el ambiente esta fuertemente contaminado.

Según las curvas ABC las transectos que presentaron algún grado de impacto son:

- El congreso del estado por todo el transecto, a 50 y 300 m fuertemente impactado y a 150 m moderadamente impactado (Fig. 23, 4A, 4B, 4C)).
- Leos bar a 150 m moderadamente contaminado y 300 m fuertemente impactado (Fig. 24, 6B, 6C).
- La plaza a 150 m fuertemente contaminado (Fig. 24, 7B).
- Bella vista a 300 m, fuertemente contaminado (Fig. 24, 8C).
- Refugio de aves a 50 y 150 m moderadamente contaminado (Fig. 24, 9A-9B)
- El drenaje proterritorio a 150 y 300 m moderadamente contaminado (Fig. 25, 12A-12B)
- Belice 1 a 300 m fuertemente contaminado (Fig. 26, 14C)
- Belice 2 a 300 m moderadamente contaminado (Fig. 26, 15C)
- Belice 3 a 50 m fuertemente contaminado (Fig. 26, 16A)

Para tener una idea de la ubicación de las estaciones impactadas se presenta la figura 22, donde se señalan los sitios no contaminados, moderadamente contaminados y fuertemente contaminados, así como con letras en las estaciones donde no se pudieron realizar las curvas por la dominancia de una sola familia N: Nereididae, P: Pilargidae, y S: Spionidae.

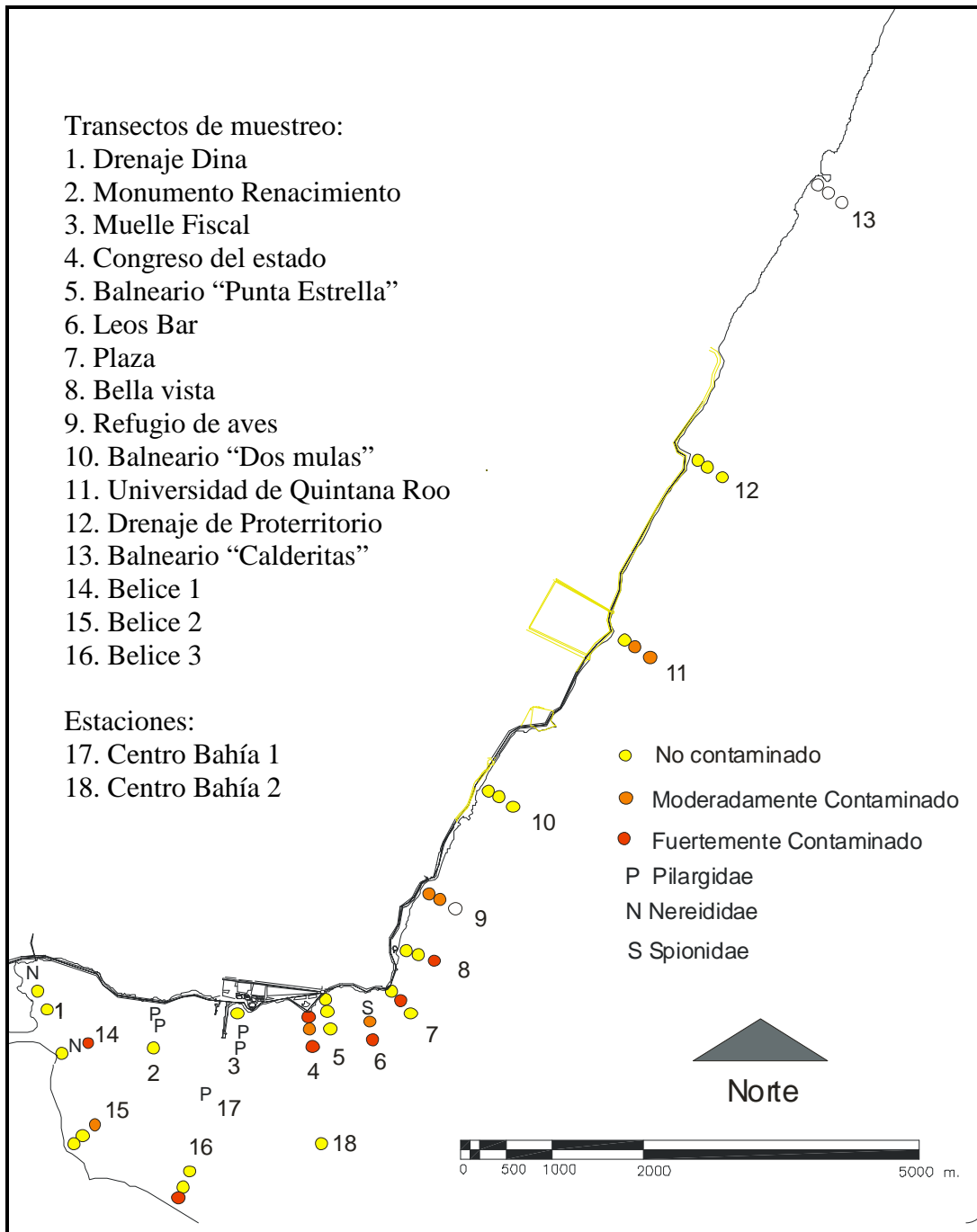


Figura 22. Resultados de las Curvas ABC para detectar impactos ambientales de la época de secas.

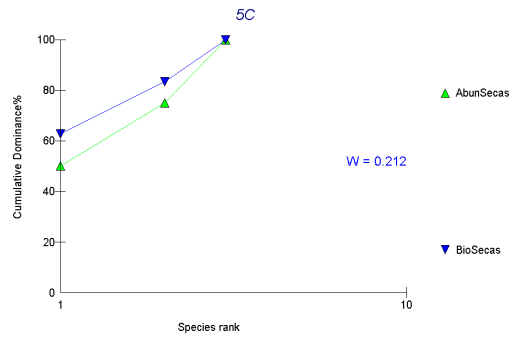
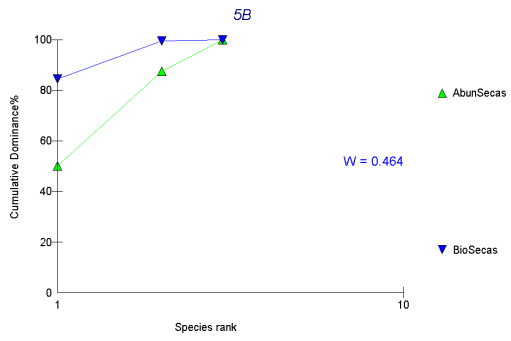
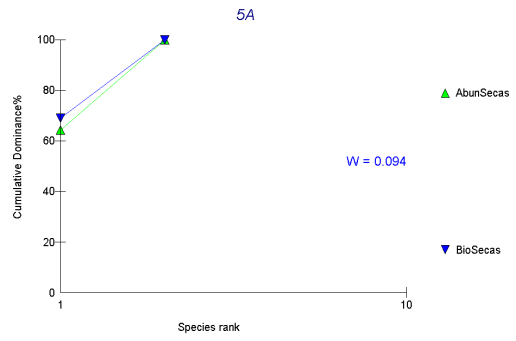
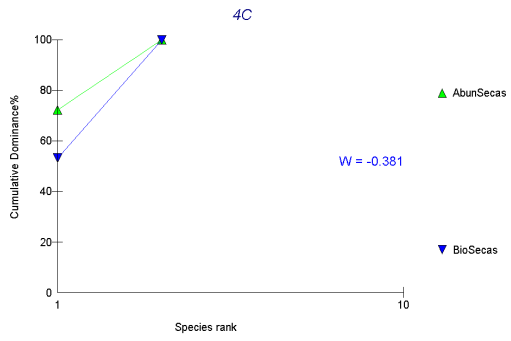
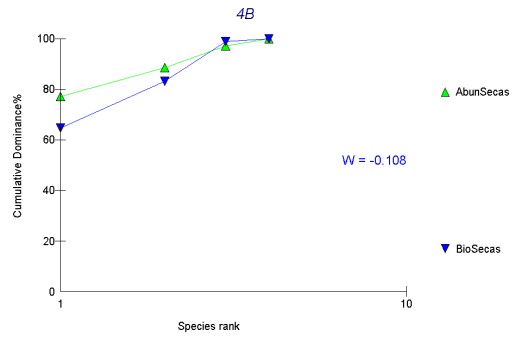
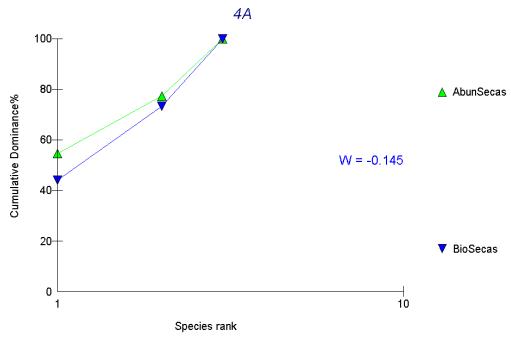
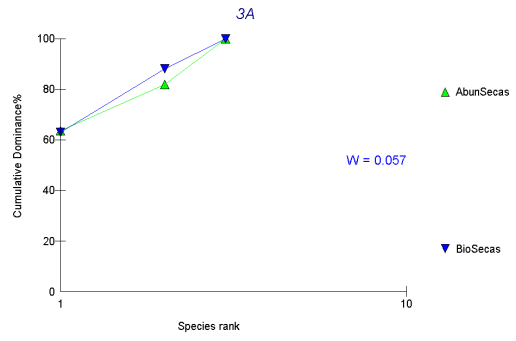
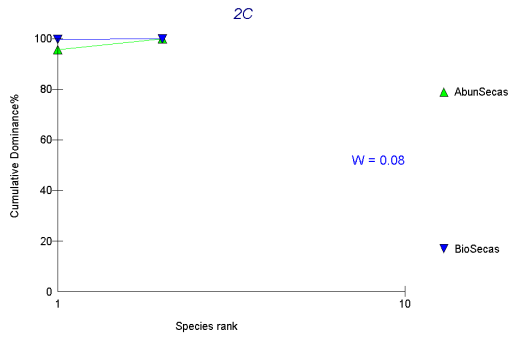
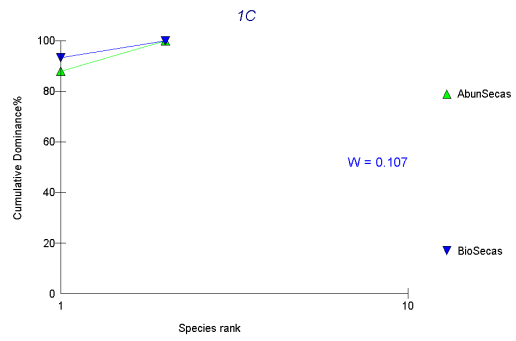
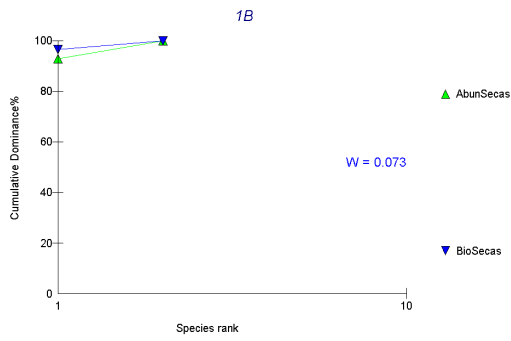


Figura 23. Gráficas de las Curvas ABC de la estación 1B a la 5C de la época de secas.

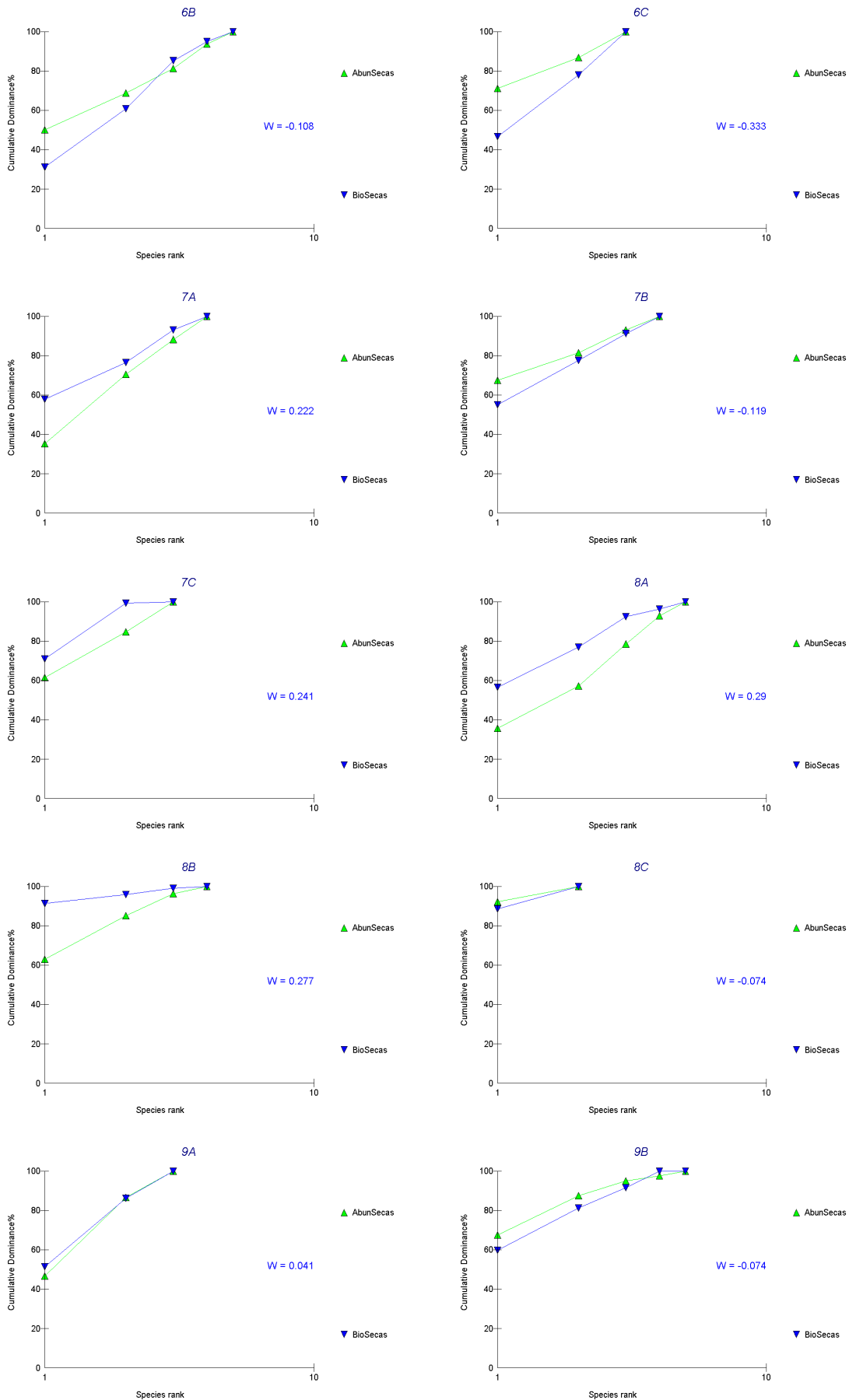


Figura 24. Gráficas de las curvas ABC de la estación 6B a la 9B de la época de secas.

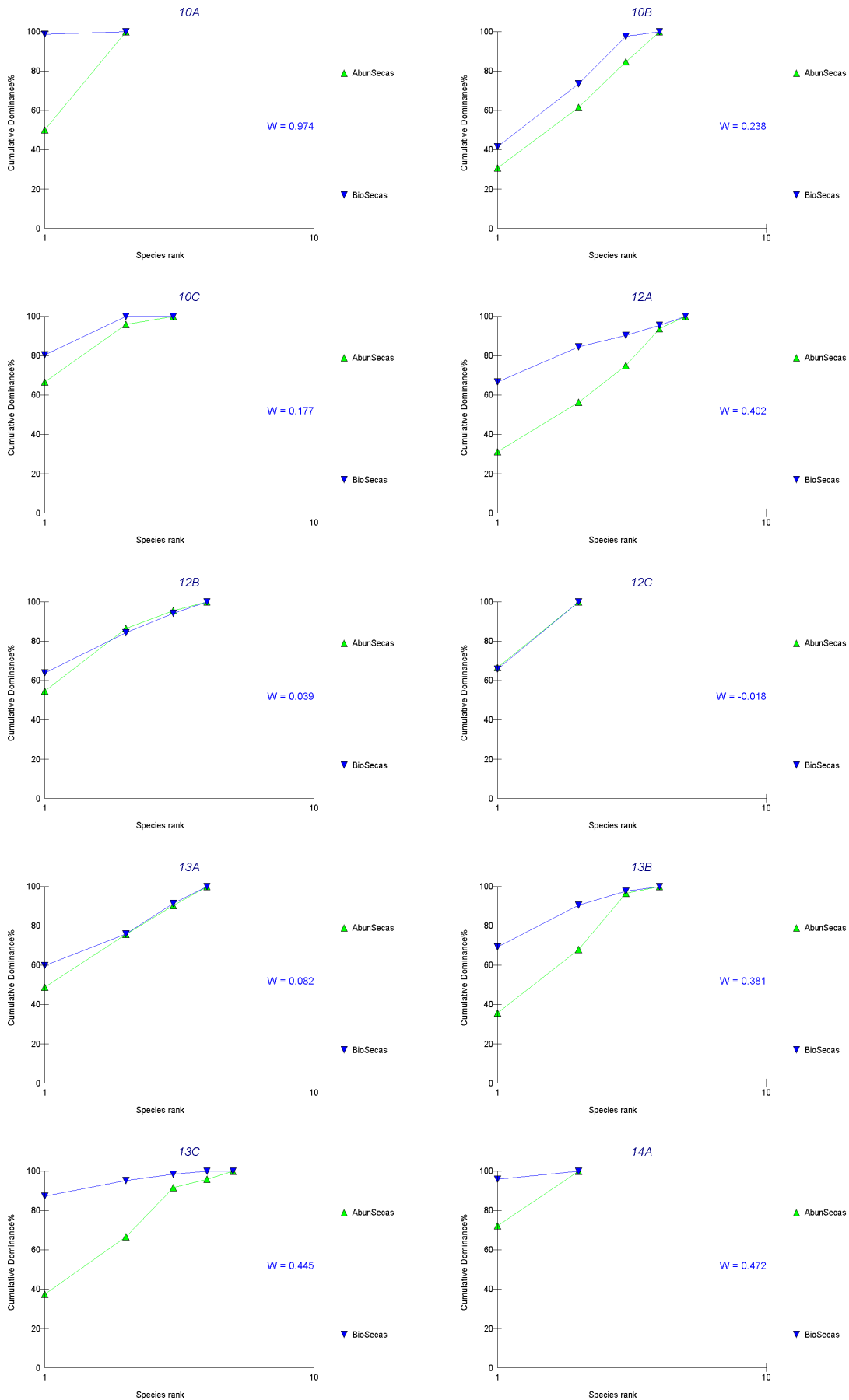


Figura 25. Gráficas de las curvas ABC de la estación 10A a la 14A de la época de secas.

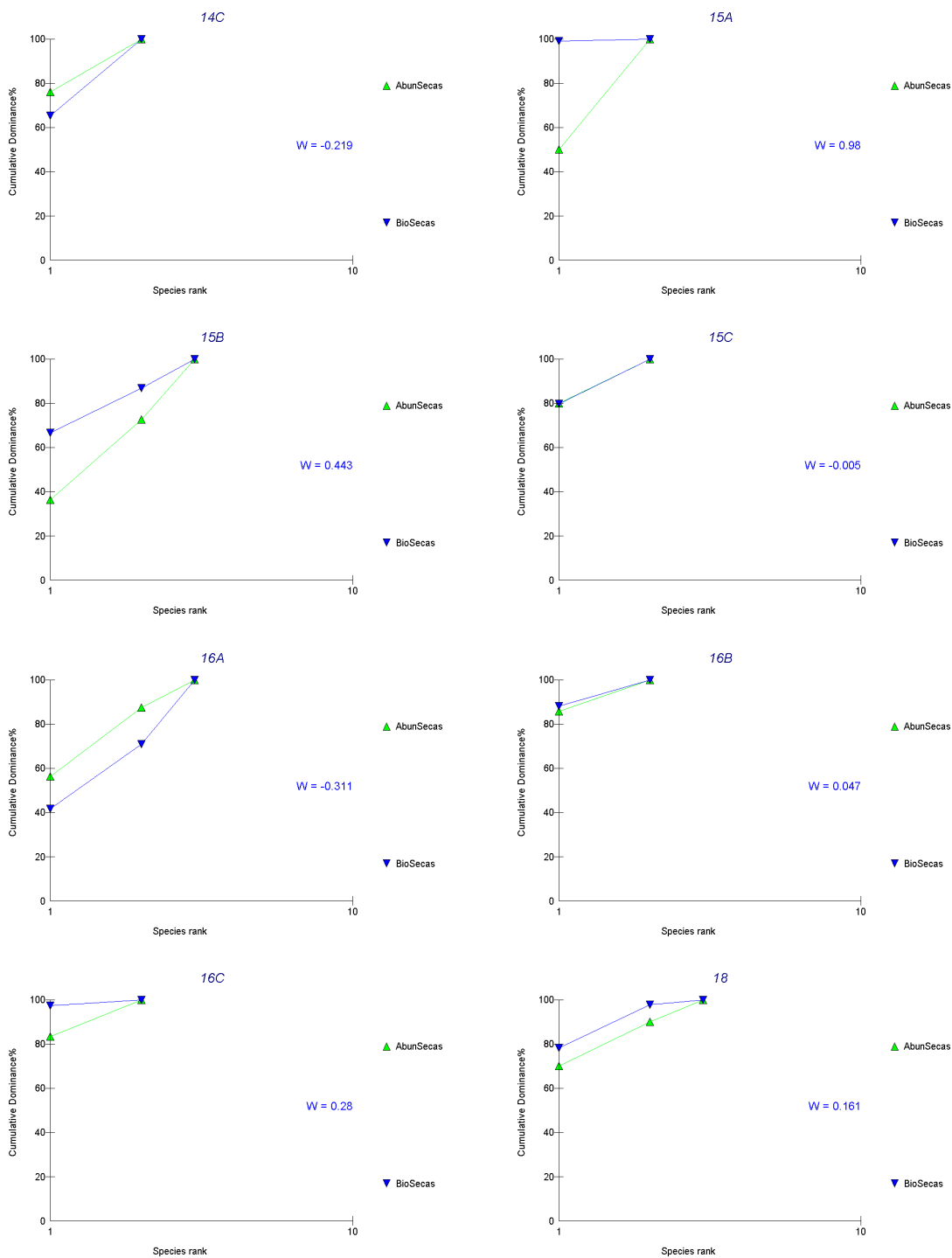


Figura 26. Gráficas de las curvas ABC de la estación 14C a la 18 de la época de secas.

3.3.12 Graficas de comparación abundancia/biomasa ABC por transectos.

Al realizar las curvas ABC sumando los resultados de cada distancia se observa un patrón más claro de las zonas impactadas, se realizaron también las curvas de la zona mesohalina, pero cabe aclarar que se tiene que tener cuidado en su interpretación por la mayor variabilidad de los parámetros ambientales en dicha zona.

Zona mesohalina.

La gráfica del drenaje DINA es un ambiente no contaminado, ya que la curva de biomasa esta por encima de la abundancia, el monumento del renacimiento resultó un ambiente no contaminado y Belice 1 igualmente no contaminado. Todas estas gráficas se realizaron solamente con dos familias (Fig. 27-28).

Zona polihalina

Las gráficas de Belice 2 y Belice 3 representa a un ambiente moderadamente contaminado, ya que las curvas de la gráfica se cruzaron. En el muelle fiscal se determinó que a 50 m no estaba contaminado, aunque presentó concentración de MO altas, pero en esta ocasión dicho transecto representa un ambiente moderadamente contaminado. El congreso del estado se clasificó como fuertemente contaminado, ya que la curva de abundancia esta por arriba de la de biomasa. El balneario punta estrella, Leos bar y la plaza estuvieron moderadamente contaminados. Bella vista se identificó como un ambiente no contaminado, refugio de aves moderadamente contaminado. Respecto a los transectos de la parte norte balneario dos mulas y calderitas se clasificaron como no contaminado, mientras que el drenaje de proterritorio resultó moderadamente contaminado (Fig. 27-28).

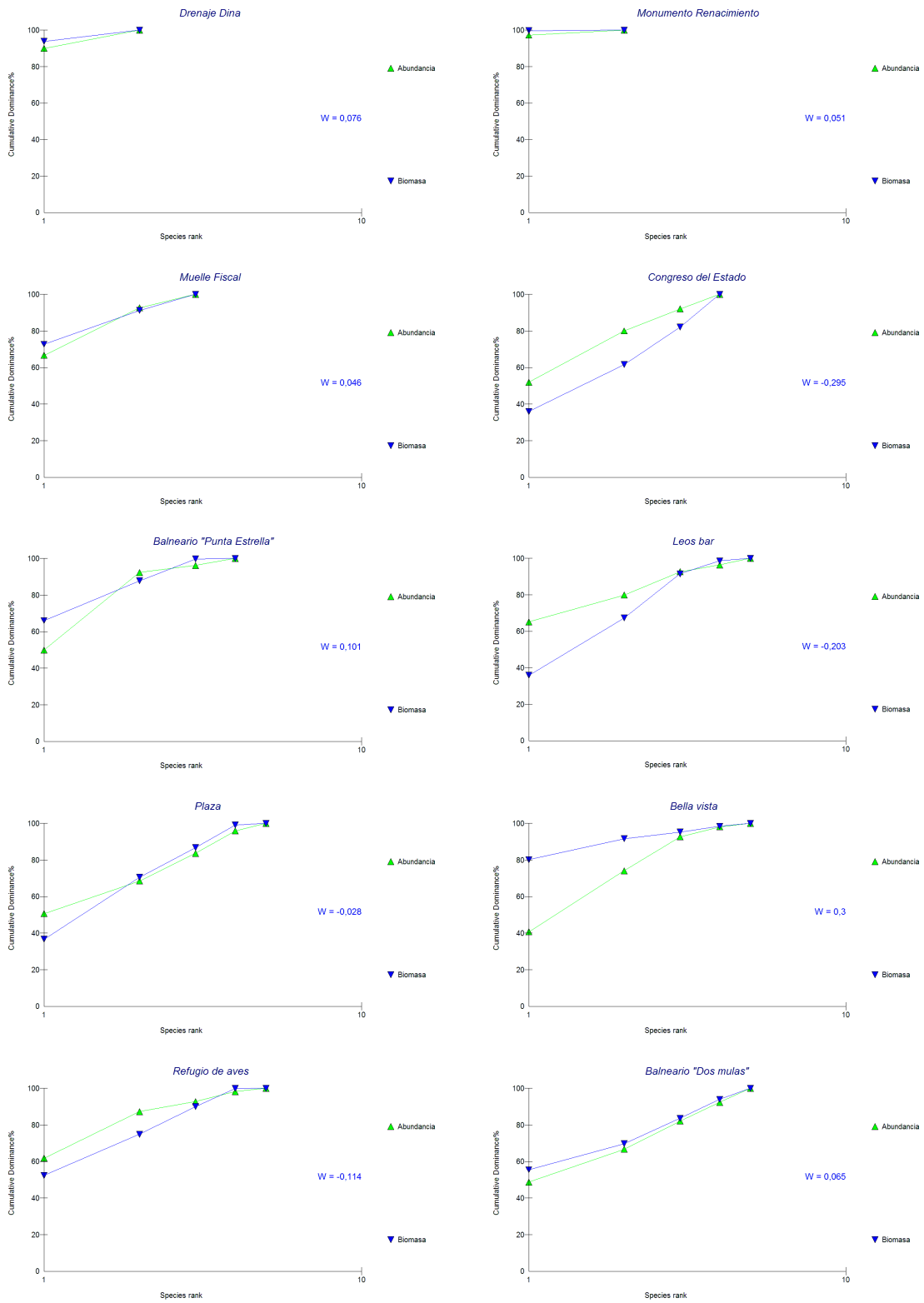


Figura 27. Gráficas de las curvas ABC por transectos de la época de secas.

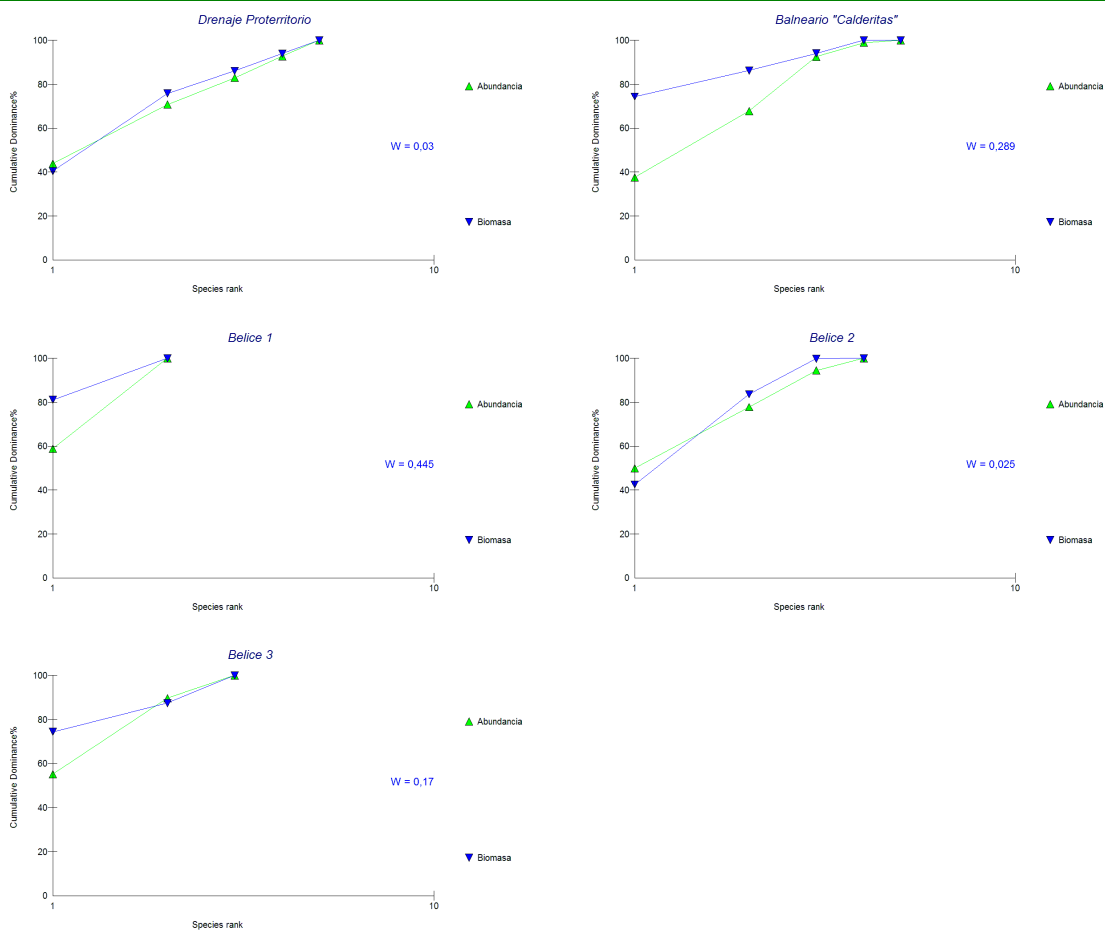


Figura 28. Gráficas de las curvas ABC por transectos de la época de secas.

3.3.13 Distribución Log-normal

Las especies mas abundantes fueron *Sigambra grubii* con el 32.18 %, *Prionospio sp.* 29.1 %, abundancia moderada fueron *Rullierinereis sp 1.* 13.85 % y el taxa oligochaeta 9.87 %, baja abundancia *Capitella capitata* 6.92 %, *Nereis oligohalina* 4.87 *Heteromastus* 2.44 %, muy baja abundancia *Streblospio sp. 1* 0.26 %, *Eteone heteropoda*, *Scolelepis lighti*, *Spio pettiboneae* y *Polydora cornuta* con solo el 0.13 % (Tabla 13).

Para la selección objetiva de especies indicadoras de contaminación se elaboraron las graficas Log-normal, empleando las abundancias totales de cada una de las especies del área de muestreo incluyendo la clase oligochaeta.

Tabla 13. Abundancia total de especies de la época de secas.

Especies	Abundancia	% de abundancia
<i>Rullierinereis sp.</i>	108	13.85
<i>Nereis oligohalina</i>	38	4.87
<i>Capitella cf. capitata</i>	54	6.92
<i>Heteromastus sp.</i>	19	2.44
<i>Sigambra grubii</i>	251	32.18
<i>Eteone heteropoda</i>	1	0.13
<i>Streblospio sp.</i>	2	0.26
<i>Scolelepis lighti</i>	1	0.13
<i>Spio pettiboneae</i>	1	0.13
<i>Polydora cornuta</i>	1	0.13
Oligochaeta	77	9.87

La grafica de época de secas incluyo en la clase geométrica V a la especie *Heteromastus sp.*, en la clase VI a las especies *Capitella cf. capitata* y *Nereis oligohalina* como indicadoras de contaminación por MO (Figura 29).

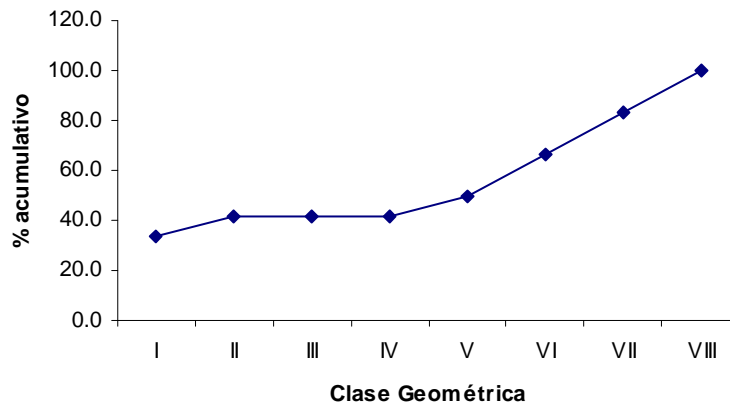


Figura 29. Distribución Log-normal de la época de secas.

3.3.14 Diagnóstico ambiental.

Recopilando la información proporcionada de las concentraciones de MO, índice de diversidad y curvas ABC, se identificaron cuatro agrupaciones de transectos para esta época (Fig. 30). La primera comprende drenaje DINA, monumento de renacimiento y Belice 1 es una zona con una fuerte influencia de los factores naturales. La segunda agrupación representa a los ambientes no contaminados que incluyen a los transectos

Bella vista, Centro de Bahía 2, así como los balnearios dos mulas y calderitas. La tercera agrupación se cataloga como ambientes moderadamente contaminados, entre los cuales están el congreso del estado, balneario punta estrella, Belice 2, Leos bar, refugio de aves, plaza y drenaje proterritorio. El cuarto grupo son zonas fuertemente contaminadas Centro de bahía 1, Belice 3 y muelle fiscal.

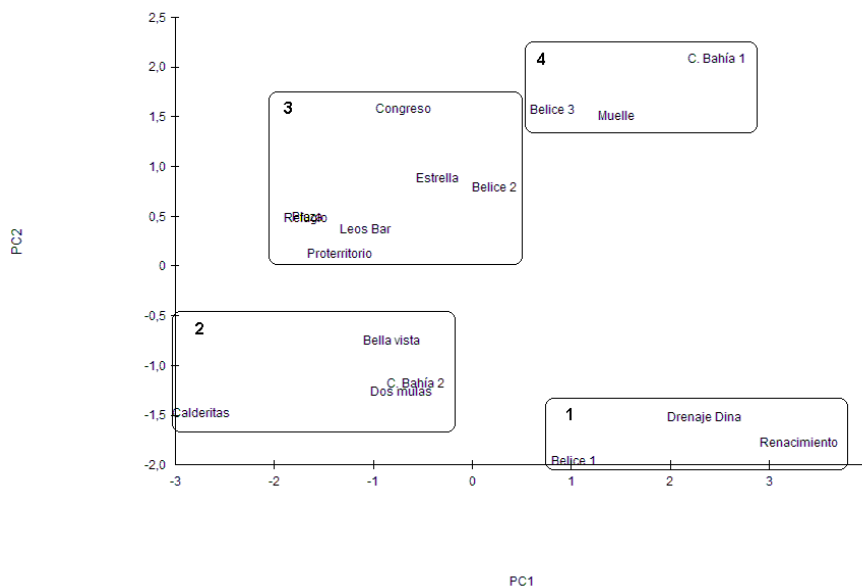


Figura 30. PCA de los índices ecológicos, MO y resultados de las curvas ABC de la época de secas.

Las menores concentraciones de MO se encontraron en el grupo 1, las moderadas en los grupos 2 y 3, mientras que las más altas en el grupo 4 (Fig. 31).

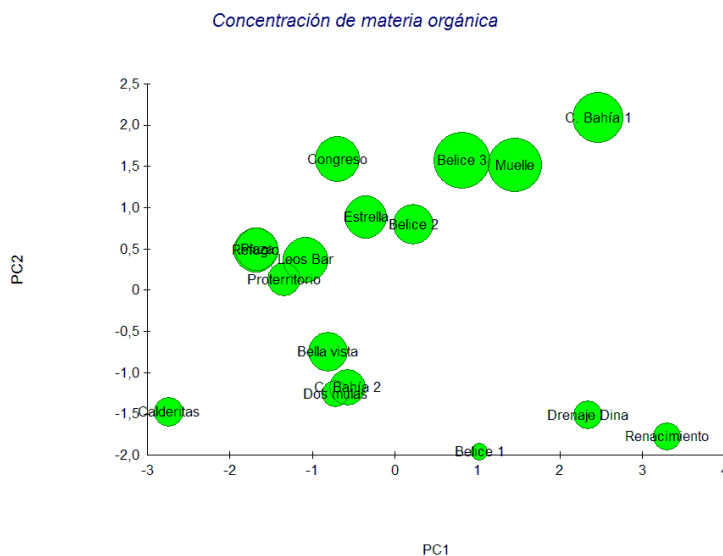


Figura 31. Concentración de MO por transectos de la época de secas. Los círculos más grandes indican mayor concentración de MO.

Los mayores índices de diversidad se encontraron en los grupos 2 y 3, mientras que los menores en los grupos 1 y 4 (Fig 32).

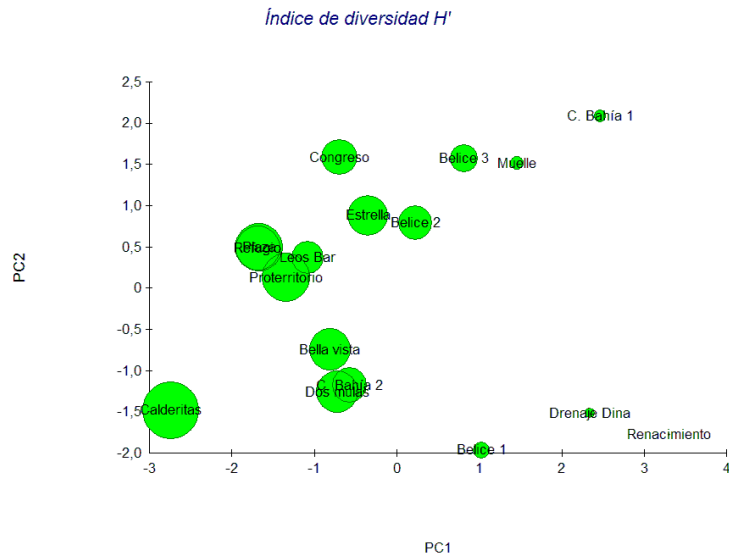


Figura 32. Índices de diversidad por transectos de la época de secas. Los círculos más grandes indican mayor diversidad.

Los grupos 1 y 2 conformaron los transectos no impactados. Por el contrario los grupos 2 y 4 se conformaron de transectos moderadamente contaminados a fuertemente contaminados (Figura 33).

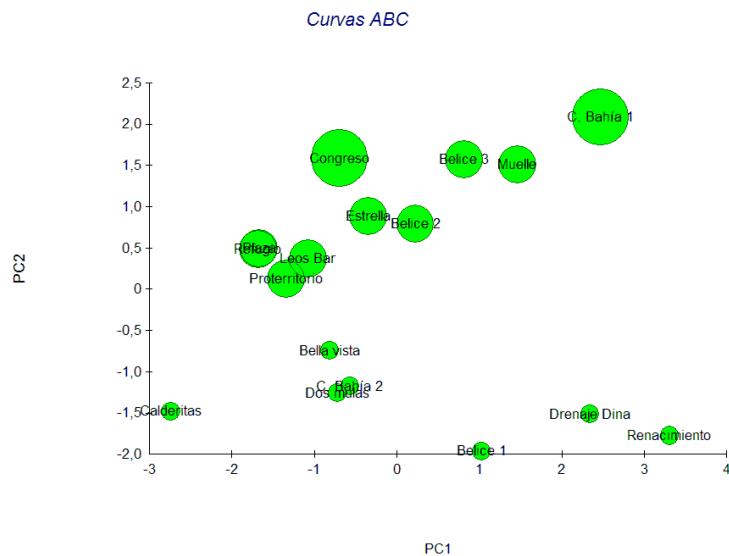


Figura 33. Resultados de las curvas ABC por transectos de la época de secas. Los círculos más pequeños hacen referencia a ambientes no contaminados, los medianos a moderadamente contaminados y los más grandes a fuertemente contaminados.

3.4 ÉPOCA DE LLUVIAS

3.4.1 Concentración y distribución de la MO en los sedimentos

En general se presentó un aumento general en el contenido de MO en cada uno de los transectos. En esta ocasión el valor menor obtenido fue de 0.971 % en el transecto 2 a 300 m (estación cercana a la bocana del río hondo), mientras que el mayor fue de 2.714 % y se encontró nuevamente en el muelle fiscal a 300 m.

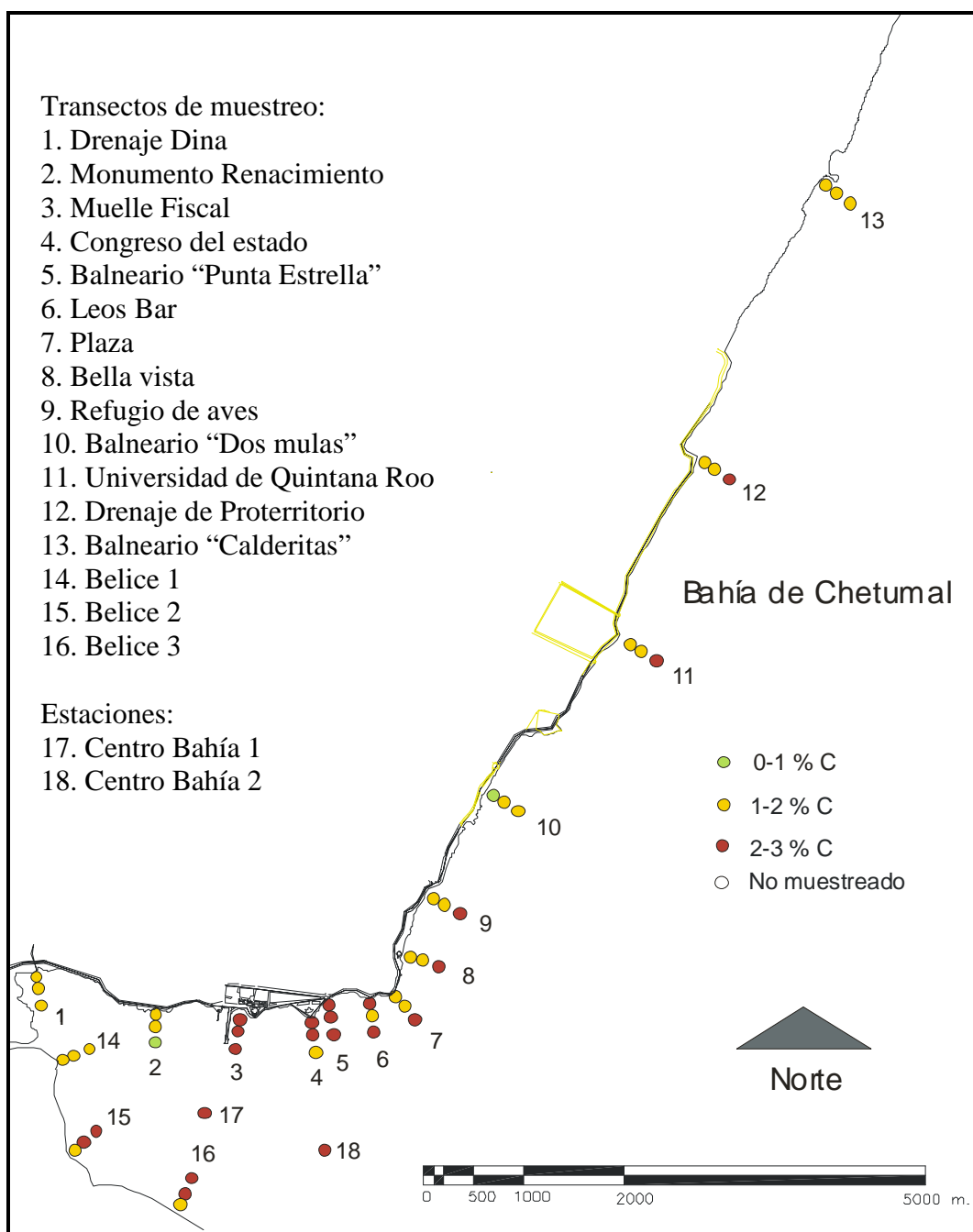


Figura 34. Distribución de materia orgánica del sedimento en la zona urbana de la bahía de Chetumal, Quintana Roo durante la época de lluvias.

Solamente dos estaciones presentaron valores entre 0-1 %, las cuales fueron 2C y 10A. Los transectos cercanos a la bocana del río presentaron valores entre 1-2% de C orgánico (transectos 1, 2, 14 y la estación 15A y 16 A). Al centro de la bahía se encontraron las concentración entre 2-3 %, en los transectos 15, 16, 3, 4, 5, 6, la estación 17 y 18, por la parte norte dichas concentraciones se registraron a las distancias de 300 m. La parte norte presentó concentraciones entre 1-2 % a las distancias de 50 y 150 m (Figura 34).

3.4.2 Comportamiento de los parámetros físico-químicos.

Se presentan los valores mínimos, máximos y promedios de la época de lluvias para cada uno de las variables ambientales medidas, las cuales disminuyeron a comparación del muestreo de secas (Tabla 14), también se presenta el comportamiento de las variable por la zona urbana de cada una de ellas.

Tabla 14. Parámetros Físico-químicos de la época de lluvias.

Parámetros Físico-químicos	MIN	MAX	PROMEDIO
Profundidad (m)	0,2	3,3	1,0 ± 0,6
Temperatura (°C)	29,0	31,8	30,5 ± 0,6
Salinidad (‰)	1,0	19,2	13,5 ± 5,5
pH	6,6	8,4	7,9 ± 0,5
SDT (g/l)	1,3	20,2	14,5 ± 5,7
Conductividad (mS/cm)	2,1	31,1	22,6 ± 8,9
OD (mg/l)	1,3	4,9	2,7 ± 1,0
DBO (mg/l)	0,7	2,4	1,5 ± 0,5

Temperatura

Durante la toma de muestras la temperatura se mantuvo en un rango de 29.03 °C a 31.8 °C con una media de 30.46 °C.

Salinidad

La salinidad disminuyo 3 ‰ y mantuvo la variación registrada en el primer muestreo, el valor mínimo registrado fue de 1.05 ‰ y un máximo de 19.2 ‰ con una salinidad promedio de 13.51 ‰.

pH

La desviación estándar del pH aumento de 0.22 a 0.49 en este muestreo lo que ocasionó una ligera variación. Teniéndose un valor mínimo de 6.61 y un máximo de

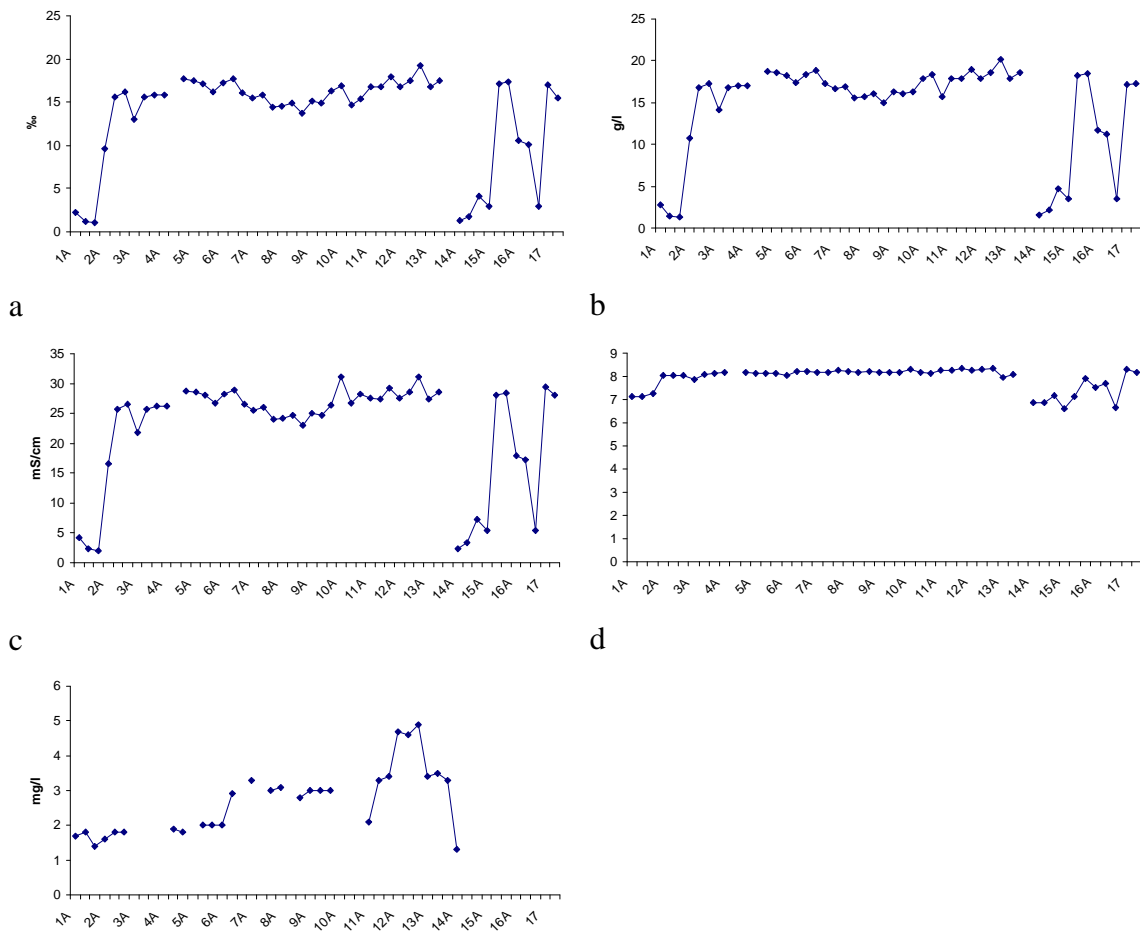
8.35 con un promedio de 7.92. Los valores inferiores a 8 se encontraron en los transecto 1, 14, 15 y 16 cercanas a la bocana del río hondo (Figura 35d).

Oxígeno Disuelto.

Este parámetro tuvo una drástica disminución, ya que ninguno de los valores registrados alcanzaron a superar los 5 mg/l, el valor mínimo registrado fue de 1.3 y el máximo de 4.9 mg/l, con un promedio de 2.7 mg/l (Figura 35e).

SDT, conductividad.

En lo referente a los sólidos disueltos totales y conductividad tuvieron un comportamiento similar a la salinidad, presentando una amplia variación (figura 35b y 35c).



e
Figura 35. Comportamiento de los parámetros ambientales de la época de lluvias.

3.4.3 Análisis de de la comunidad de poliquetos

Se colectaron en total 1057 individuos de la clase Polychaeta, mientras que solamente 83 de la clase Oligochaeta. En esta ocasión la familia más abundante fue la Nereididae con el 40.02%, mientras que Pilargidae y Spionidae tuvieron una abundancia moderada con el 24.05 y 29.42 % respectivamente. Las menores abundancias se presentaron con Phyllodocidae 2.74 % y Capitellidae 2.84 %. En este muestreo se recolectaron 5 ejemplares de la familia Goniadidae que represento el 0.47 % de la abundancia total (Fig. 36).

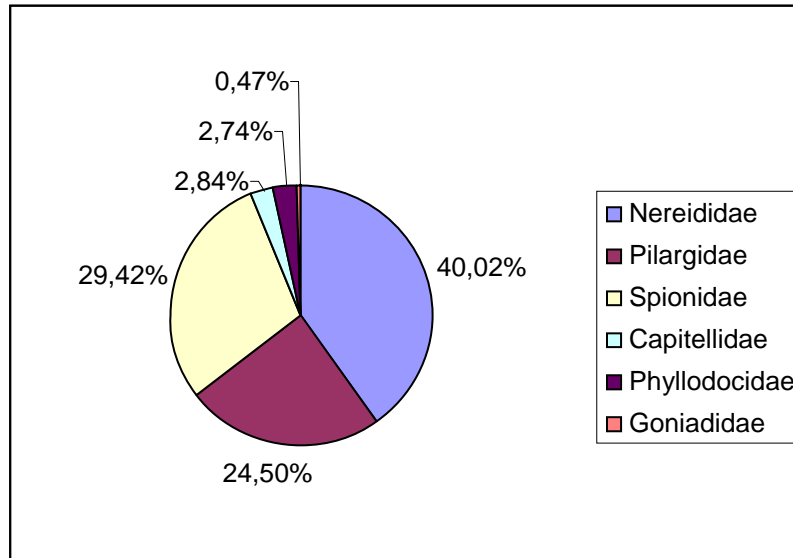


Figura 36. Abundancia de poliquetos por familias de la época de lluvias.

Distribución de las familias de poliquetos.

El porcentaje de distribución se calculó dividiendo el numero de estaciones en donde estuvo presente cada familia entre el total de las estaciones muestreadas que en esta ocasión fueron 50 (Tabla 15).

Tabla 15. Porcentaje de distribución de las familias.

Familias	% Distribución
Nereididae	80
Pilargidae	76
Spionidae	50
Oligochaeta	42
Capitellidae	36
Phyllodocidae	22
Goniadidae	10

La familia Nereididae tuvo una amplia distribución por la costa de la Bahía de Chetumal

80 %, con un porcentaje mayor de la abundancia total en los transectos 1 con 81 %, 14 con 96 % y 16 con 90 % (Tabla 16,) cercanos a la bocana del Río Hondo (Figura 37). Pilargidae también presentó una amplia distribución 76 % (Tabla 16), donde abundo notablemente es en los transecto 2 y 3 con 83 y 93 % de la abundancia total por transectos , las estaciones 17 y 18 con 100 % (Figuras 41). Spionidae presento una mediana distribución dominado en los transectos 7, 9, 10 y 11 por arriba del 40 %, el taxa oligochaeta también tuvo una mediana distribución pero en ningún transectos fue dominante. Las familias Capitellidae, Phyllodocidae y Goniadidae tuvieron los menores porcentajes de distribución 36, 22 y 10 % (Tabla 16). Los 5 representantes de Goniadidae se encontraron en el transecto 4, 6 y 7 a 300 m así como también en el transecto 11 a 50 y 150 m.

Tabla 16. Porcentaje de abundancia de familias por transectos.

Transectos	Abundancia Total	% de abundancia						
		Nere	Pila	Spio	Capi	Phyllo	Gonia	Oligo
1	53	81,1	1,9	0,0	9,4	0,0	0,0	7,5
2	41	14,6	82,9	0,0	2,4	0,0	0,0	0,0
3	27	0,0	92,6	0,0	0,0	3,7	0,0	3,7
4	65	38,5	13,8	32,3	0,0	10,8	1,5	3,1
5	53	30,2	26,4	24,5	5,7	7,5	0,0	5,7
6	77	23,4	15,6	29,9	5,2	6,5	1,3	18,2
7	103	28,2	9,7	44,7	1,9	2,9	1,0	11,7
8	82	19,5	40,2	9,8	2,4	0,0	0,0	28,0
9	120	13,3	21,7	50,8	0,8	3,3	0,0	10,0
10	17	5,9	23,5	41,2	23,5	0,0	0,0	5,9
11	182	39,6	9,9	44,0	1,1	2,7	1,1	1,6
12	27	29,6	48,1	0,0	0,0	0,0	0,0	22,2
13	174	55,7	10,9	29,3	3,4	0,0	0,0	0,6
14	51	96,1	2,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	55	32,7	65,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8
16	10	90,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	2	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	1	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

***Nere: neredidadae, Pila: Pilargidae, Spio: Spionidae, Capi: Capitellidae, Phyllo: Phyllodocidae, Gonia: Goniadidae, Oligo: Oligochaeta.

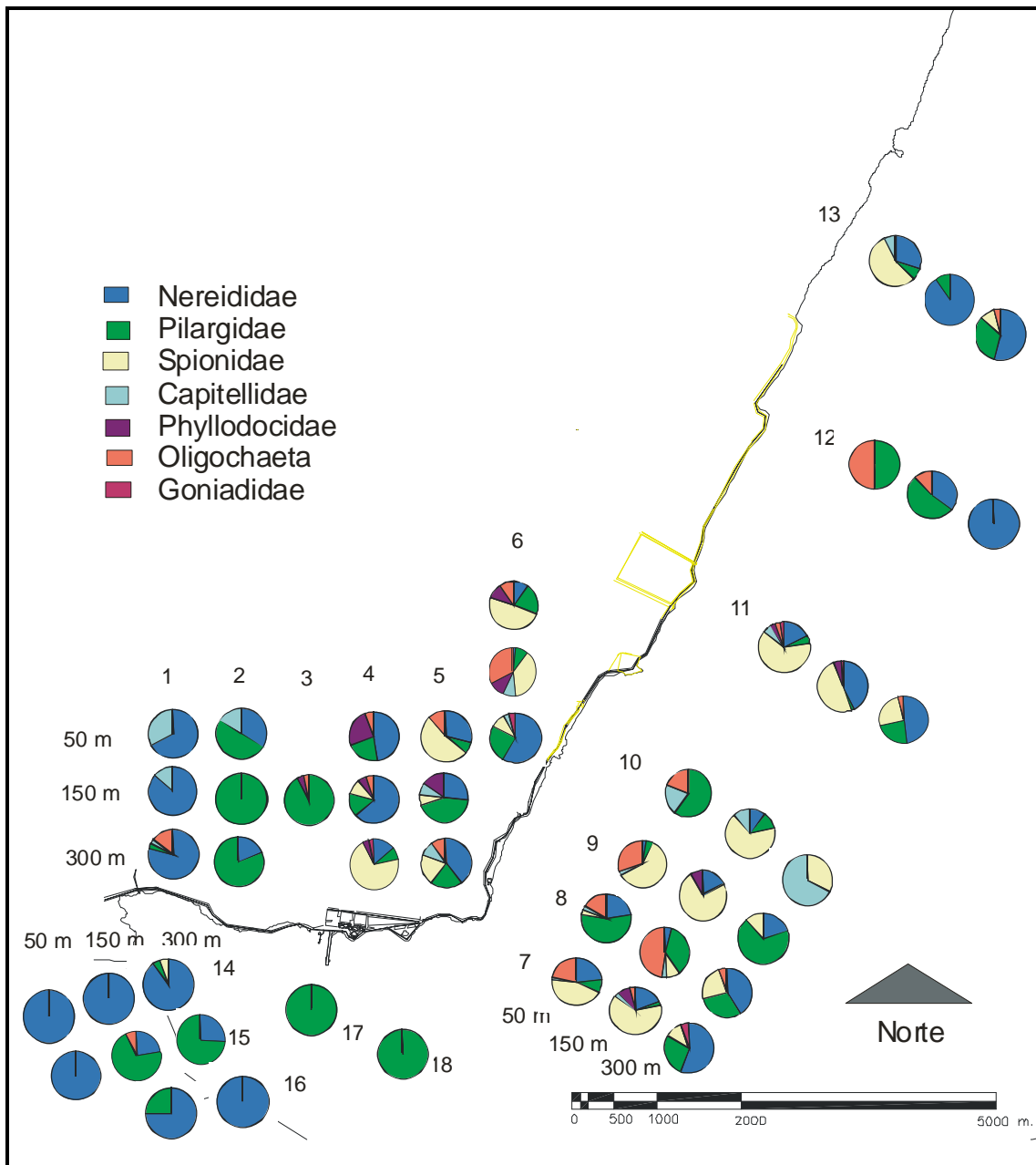


Figura 37. Distribución de las familias de poliquetos en la zona urbana de la Bahía de Chetumal durante la época de lluvias.

Se presentan los valores de los índices ecológicos para la época de lluvias, número de familias por estación (S), abundancia de individuos por familia (N), equidad ecológica por el índice de Pielou (J) y el índice de diversidad Shannon-Weiner (H) (Tabla 17).

Tabla 17. Índices ecológicos de la comunidad de poliquetos en época de lluvias.

	S	N	J'	H'(log2)
1A	2	3	0,918	0,918
1B	2	22	0,575	0,575
1C	4	28	0,509	1,018
2A	3	6	0,921	1,459
2B	1	15		0,000
2C	2	20	0,722	0,722
3A	0	0		0,000
3B	3	27	0,287	0,455
3C	0	0		0,000
4A	4	19	0,857	1,714
4B	5	19	0,701	1,628
4C	5	27	0,601	1,395
5A	4	17	0,804	1,609
5B	5	26	0,870	2,019
5C	5	10	0,914	2,122
6A	5	10	0,845	1,961
6B	6	39	0,813	2,100
6C	5	28	0,711	1,650
7A	5	50	0,818	1,900
7B	6	35	0,630	1,629
7C	4	18	0,784	1,568
8A	5	30	0,746	1,732
8B	5	35	0,742	1,722
8C	4	17	0,889	1,778
9A	5	39	0,630	1,463
9B	3	46	0,674	1,068
9C	3	35	0,754	1,195
10A	3	5	0,865	1,371
10B	4	9	0,723	1,447
10C	2	3	0,918	0,918
11A	7	35	0,630	1,769
11B	5	86	0,618	1,435
11C	4	61	0,833	1,665
12A	2	8	1,000	1,000
12B	3	17	0,870	1,379
12C	1	2		0,000
13A	4	88	0,761	1,522
13B	2	64	0,449	0,449
13C	4	22	0,760	1,520
14A	1	10		0,000
14B	1	21		0,000
14C	3	20	0,359	0,569
15A	1	5		0,000
15B	3	13	0,719	1,140
15C	2	37	0,842	0,842
16A	0	0		0,000
16B	2	4	0,811	0,811
16C	1	6		0,000
17	1	2		0,000
18	1	1		0,000

Análisis ecológico por distancia

A la distancia de 50 m en las estaciones Belice 3 y el muelle no se encontraron poliquetos ni Oligochaetas, mientras que en el balneario calderitas se encontró la mayor abundancia con 88 individuos del phylum annelida. En la distancia de 150 m nuevamente la estación Belice 3 presentó la menor abundancia con 4 ejemplares y la mayor en la UQROO con 86 individuos. A 300 m de la línea de costa en el muelle fiscal no se encontró anélidos y la mayor abundancia se obtuvo en la UQROO con 61 individuos del phylum annelida (Figura 38a).

En la distancia de 50 m, las estaciones Belice 1 y 2 solo tuvieron una familia (Nereididae), el drenaje de la DINA (Nereididae y Capitellidae) y el de Proterritorio (Pilargidae y Oligochaeta) tuvieron dos familias, el mayor número de familias se encontró en la UQROO (Siete). A 150 m las estaciones Belice 1 y el monumento del renacimiento solo se encontró una familia (Nereididae y Pilargidae respectivamente), en Belice 3, drenaje de la Dina (Nereididae y Capitellidae) y balneario de Calderitas (Nereididae y Pilargidae) se encontraron dos familias y el mayor en Leos Bar y la Plaza (Seis). A 300 el menor número de familias se obtuvo en Belice 3 y el drenaje de proterritorio con una familia (Nereididae), en Belice 2, drenaje Dina y balneario dos mulas se encontraron dos familias y el mayor que fue de cinco se encontró en el congreso, balneario punta estrella y Leos Bar (Fig. 38b).

Con respecto al índice de diversidad de Shannon-Weiner a 50 m se encontraron en las estaciones del lado de Belice, drenaje Dina y el muelle (menores a 1 Bits/ind), Leos Bar fue mayor con 1.96 Bits/ind. A 150 m las estaciones Belice 1 y 3, drenaje Dina, monumento del renacimiento, muelle y el balneario Calderitas tuvieron menores a uno y el mayor con 2.1 bits/ind en Leos Bar. Con respecto a la distancia de 300 m las tres estaciones de la parte de Belice, monumento el renacimiento, muelle, balneario dos mulas y drenaje proterritorio fueron menor a uno y el mayor con 2.12 bits/ind en el balneario punta estrella (Fig. 38c).

A 50 m de la línea de costa los valores de uniformidad fueron mayores a 0.5. A 150 m los menores índices de uniformidad se encontraron en el muelle 0.29 y balneario calderitas 0.45. Por lo que respecta a 300 m el menor se encontró en Belice 3 con 0.36 (Fig. 38d).

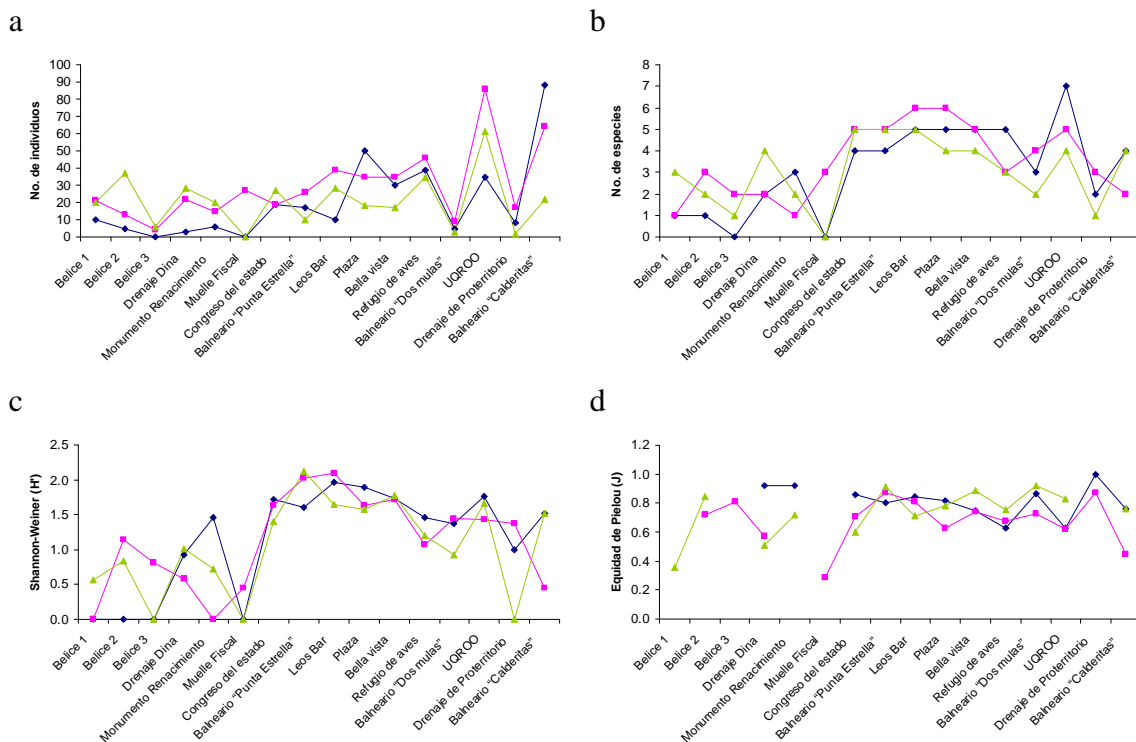


Figura 38. Índices ecológicos por distancias de la época de lluvias. Los rombos (—◆—) representan la distancia de 50 m, cuadrados (—■—) la distancia de 150 m y triángulos (—▲—) la distancia de 300 m de cada transecto.

Al obtener los promedios por transectos, las estaciones de la parte sur que comprende los tres transectos de Belice, drenaje Dina, monumento del Renacimiento y el muelle son menores a 1 bits/ind, y en la parte norte únicamente el transecto de drenaje de Proterritorio fue menor a 1 bits/ind (Fig. 39).

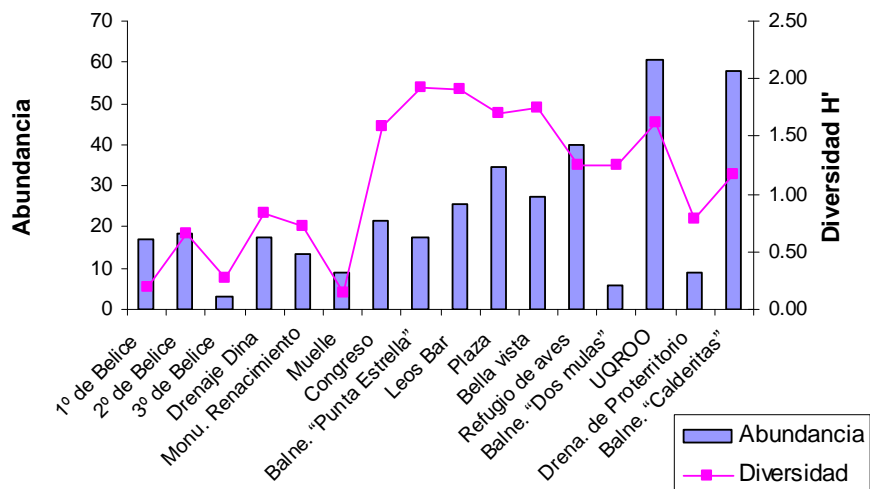


Figura 39. Abundancia y diversidad promedio de las familias por transectos en la época de lluvias.

3.4.4 Relación entre las variables ambientales y la composición faunística (Procedimiento Bio-Env)

De las 7 variables ambientales examinadas se redujo a un conjunto de 5: profundidad, temperatura, salinidad, pH, y MO para el análisis del Bio-Env, debido a que la salinidad presente un elevado grado de correlación superior al 0.95 con las variables de SDT y conductividad (Figura 40).

Durante la realización del procedimiento Bio-Env se obtuvieron bajos índices de correlación de Sperman. Cuando se emplea una sola variable el pH y salinidad son los mayores con 0.289 y 0.225 correspondientemente. Las variables que mejor explican el comportamiento de la comunidad son la profundidad, temperatura, salinidad y pH con 0.316, aunque sin el pH se produce una ligera disminución con 0.313 (Tabla 18).

Tabla 18. Coeficientes de correlación de Sperman con la Abundancia época de lluvias.

Variables					
1	pH	Sal.	Prof.	Temp.	MO
	0.289	0.225	0.183	0.126	0.032
2	Prof. Y Sal.				
	0.299				
3	Prof., Temp. y Sal.				
	0.313				
4	Prof., Temp., Sal. y pH				
	0.316				

Al realizar el Bio-Env con los datos de biomasa las variables individuales con los más altos coeficientes de correlación son el pH con 0.184 y la profundidad 0.184. Además de que las variables que mejor explican el comportamiento de la comunidad son profundidad, temperatura y pH con 0.273 (Tabla 19).

Tabla 19. Coeficientes de correlación de Sperman con la Biomasa época de lluvias.

Variables					
1	pH	Prof.	Sal.	Temp.	MO
	0.184	0.184	0.136	0.107	0.019
2	Prof. y pH		Prof. y Sal.		
	0.259		0.227		
3	Prof, Temp y pH			Prof, Temp y Sal.	
	0.273			0.245	
4	Prof, Temp, Sal y pH				
	0.244				

Lluvias 2005

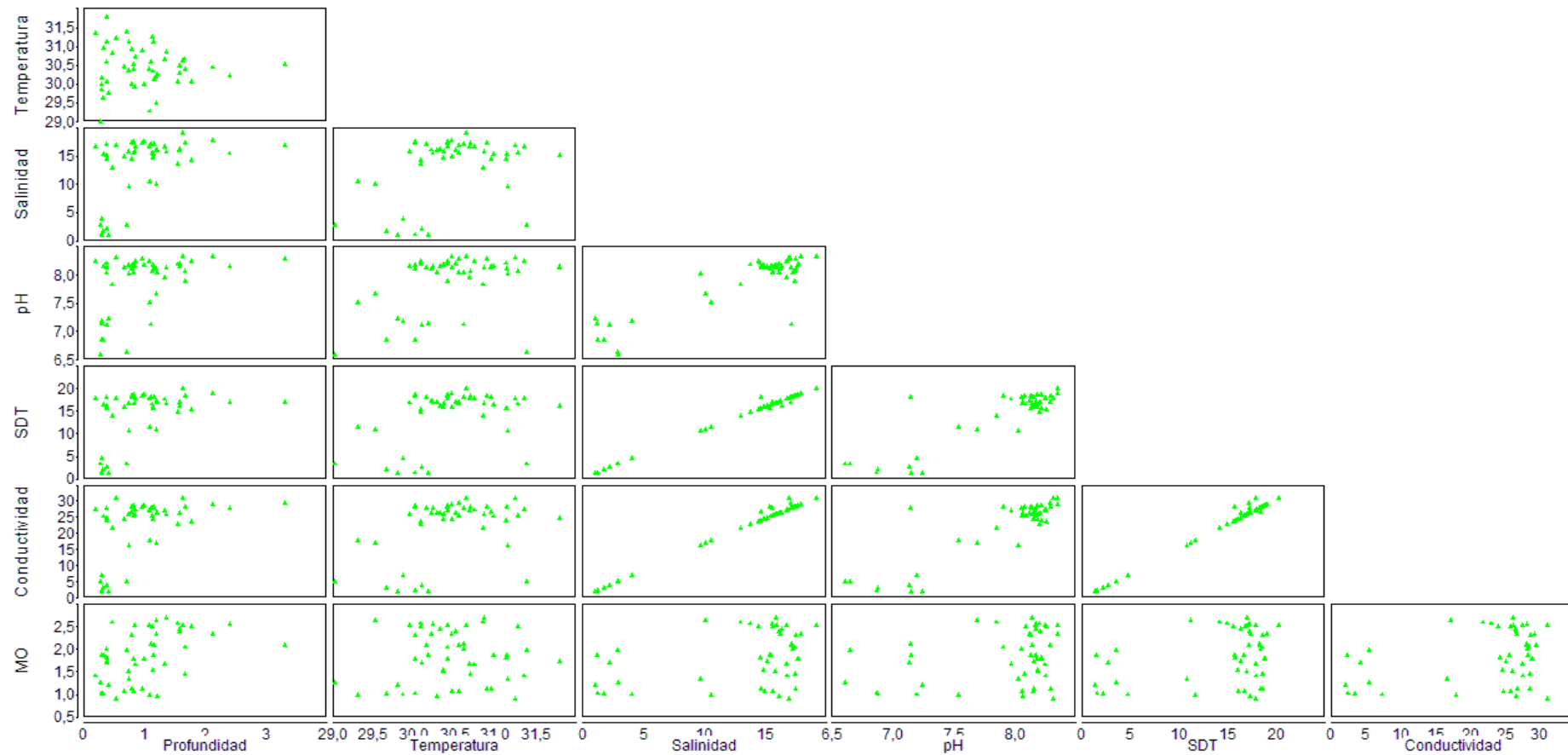


Figura 40. Matrices de las gráficas de dispersión para los pares de variables de la época de lluvias.

3.4.5 Análisis de componentes principales (PCA)

El PC1 del análisis de componentes principales explica el 55% (Tabla 20) de variación con las variables de salinidad y pH las cuales aumentan de izquierda a derecha. El PC2 explica el 22% según de la varianza con la profundidad y MO, los cuales aumentan de la parte inferior a la superior. Los coeficientes obtenidos fueron positivos en la época de lluvias, mientras que en la época de secas fueron negativos. Esto no contradice lo encontrado anteriormente debido a que lo único que cambio fue la ordenación de los transectos 1 y 14 que en esta ocasión se encuentra a la izquierda y no a la derecha, lo único que cabe recalcar es que ambos se agruparon nuevamente. No se puede decir lo mismo de la comunidad béntica, ya que las estaciones de la distancia a 300 m se disgregaron.

En esta ocasión las dos zonas formadas con respecto a la salinidad fueron la oligohalina (0.5-5 ‰) que comprende a los transectos 1 y 14, y la estación 16C cercanas a la bocana (Fig. 41, círculo a la izquierda), mientras que las demás pertenecen a la clasificación mesohalina (5-18 ‰).

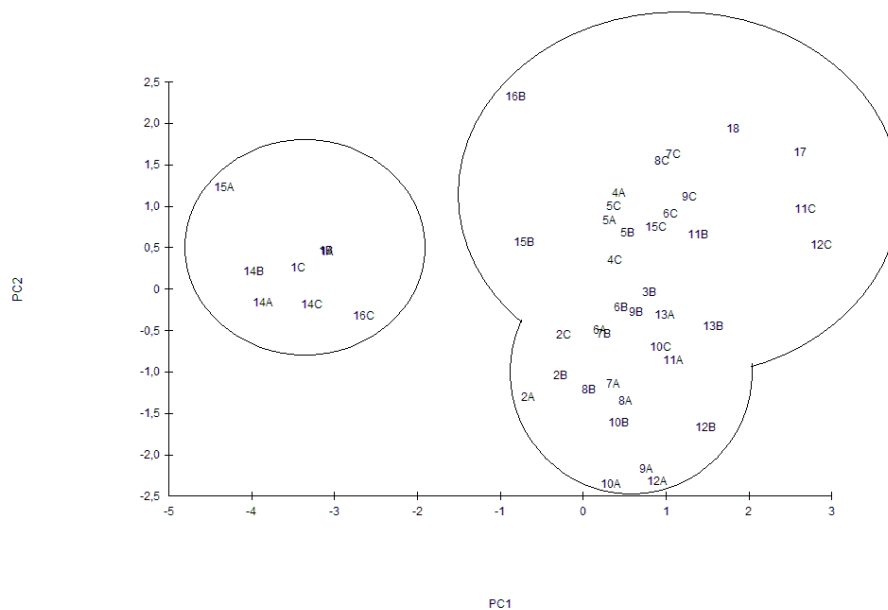


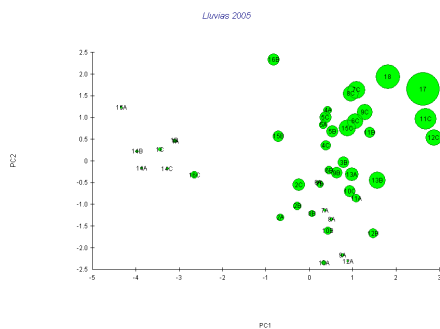
Figura 41. Análisis de componentes principales de la época de lluvias.

Tabla 20. Porcentaje de variación explicada y coeficientes para la combinación lineal de las 6 variables. Los números en negritas son los coeficientes de las variables con mayor influencia.

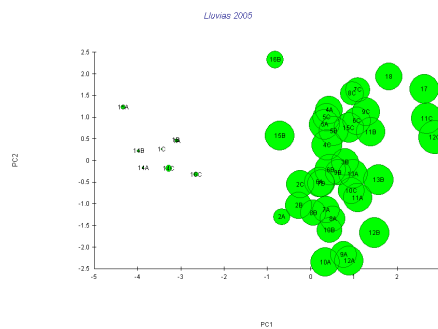
	PC1	PC2
Varianza %	55.0	22.1
Variable		
Profundidad	0.365	0.483
Temperatura	0.243	-0.611
Salinidad	0.507	-0.089
pH	0.502	-0.139
MO	0.262	0.589

Los patrones explicados arriba acerca de la variación en cada CP se representan gráficamente para los valores de profundidad, salinidad y MO (Figura 42).

Profundidad



Salinidad



MO

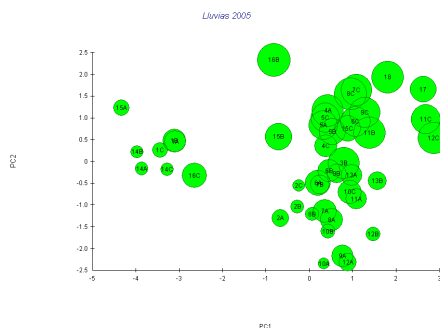


Figura 42. Graficas de ordenación de PCA con las variables de profundidad, salinidad y MO sobre impuestas de la época de lluvias. El tamaño del círculo es proporcional al valor de la variable.

3.4.6 Agrupación de las estaciones

La visualización de dendrograma de abundancia nos presenta la formación de 4 grupos (Figura 43). Las estaciones pertenecientes al grupo D estuvo dominado por la familia Pilargidae 94 % (Tabla 21) y abarco las estaciones 2B, 3B por el muelle, 10A, 12A de la parte norte, 17 y 18 del centro de la bahía. El grupo E estuvo dominado por Nereididae 99% y comprende las estaciones 1A, 1B, 14A, 14B por la bocana, 15A, 16C del lado de Belice y la estación 12C del drenaje proterritorio. El grupo G fue una asociación de la familia Pilargidae 48% y Nereididae 48%, en la parte sur abarco las estaciones 1C, 2A 2C, 15B, 15C, 16B, en el centro la 4A y 9C, y en la norte las estaciones 12B y 13B. Por último los transectos 5-8, 11 y la estaciones 1C, 4A, 4B, 9A, 9B, 10B, 13A y 13C formaron el grupo H (Spionidae 36%, Nereididae 36% y Pilargidae 17%).

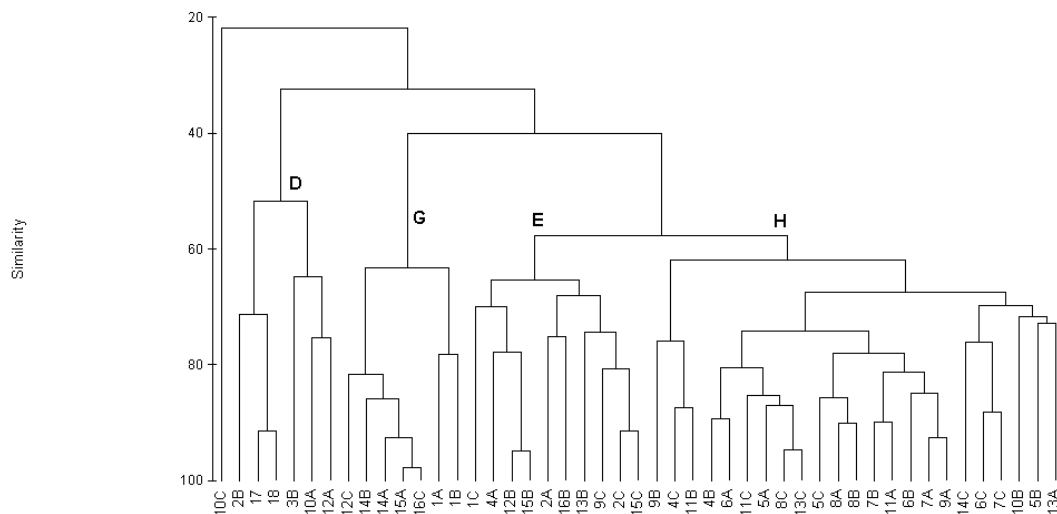


Figura 43. Dendrograma del análisis de agrupación de la abundancia de las estaciones de la época de lluvias.

3.4.7 Ordenación de las estaciones

El grado de stress del escalamiento multidimensional no métrico fue de 0.17 similar al de la época de secas (Figura 44).

10C

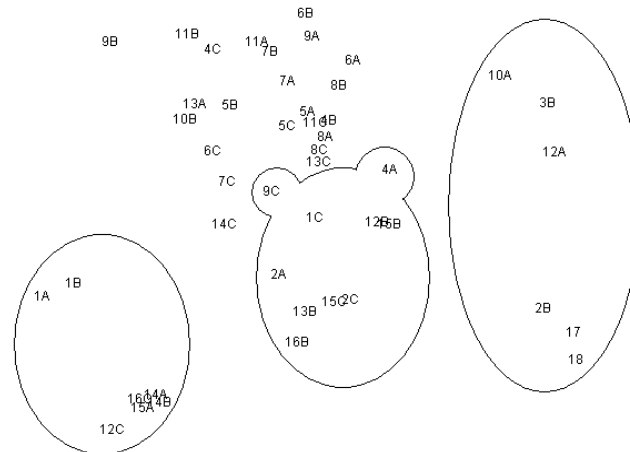


Figura 44. Diagrama del escalamiento multidimensional no métrico de la composición y la abundancia de las familias de poliquetos de la época de lluvias.

3.4.8 Contribución de las familias y porcentaje de similitud de los grupos formados (SIMPER)

Tabla 21. Análisis SIMPER para la contribución de las familias en los grupos.

Grupo D	Grupo E	Grupo G	Grupo H
Pilargidae 94.82	Nereididae 99.22	Pilargidae 48.87	Spionidae 36.58
Oligochaeta 5.18	Capitellidae 0.78	Nereididae 48.86	Nereididae 36.43
		Oligochaeta 1.96	Pilargidae 17.95
		Capitellidae 0.32	Oligochaeta 5.16
			Capitellidae 2.06
			Phyllodocidae 1.55
			Goniadidae 0.26

3.4.9 Correlación del índice de diversidad (H') con las variables ambientales.

El coeficiente de correlación mayor obtenido en esta ocasión fue para el pH con 0.50, posteriormente la salinidad con 0.43, otras variables que presentaron coeficientes de correlación significativo fue para la DBO y NH_3 con 0.38 y 0.31 respectivamente. Al examinar las estaciones con la menor variabilidad respecto a la salinidad y la diversidad se relacionó fuertemente con el pH y la salinidad, con valores un poco menores (Tabla 22).

Tabla 22. Coeficientes de correlación entre la biodiversidad y las variables ambientales de la época de lluvias.

Variables ambientales	Coeficiente de correlación	
	Todas las estaciones	Zona Mesohalina
Profundidad (m)	-0,11	-0,27
Temperatura (°C)	0,16	0,06
Salinidad (‰)	0,43	0,37
pH	0,50	0,42
OD (mg/l)	0,00	-0,28
DBO (mg/l)	0,38	0,33
Amoniaco NH ₃ (mg/L-N)	0,31	0,17
Amonio NH ₄ ⁺ (mg/L-N)	0,22	0,00
MO %	0,12	0,00

3.4.10 Gráficas de comparación abundancia/biomasa ABC.

Los resultados de las curvas ABC son los siguientes:

- El transecto del drenaje DINA resultó no contaminado por todo el transecto.
- El transecto del monumento del renacimiento a 50 m estuvo no impactado, a 150 m domino la familia Pilargidae y a 300 m fue fuertemente contaminado (Figura 46, 2C).
- En el muelle fiscal a la distancia de 50 y 300 m no se encontraron poliquetos y oligochaetas, mientras que a la distancia de 150 resultó no contaminada.
- El congreso del estado a 50 y 150 m no estuvo contaminado, por el contrario a 300 m se clasifico como moderadamente contaminado (Fig. 46, 4C)
- Los transectos del balneario “punta estrella”, leos bar y plaza según las curvas ABC se clasificaron como ambiente no contaminados en las tres distancias muestreadas (Figura 47).
- El transecto de Bella vista estuvo moderadamente contaminado a las distancias de 50 y 150 m, y a la distancia de 300 según las curvas es un ambiente no contaminado.
- A lo largo del transecto 9 se detectó algún grado de impacto, a 50 m fuertemente contaminado, 150 y 300 m moderadamente contaminado (Figura 47, 9A-9C).
- El balneario “dos mulas” estuvo moderadamente contaminado a 50 y 150 m, mientras que a 300 m se clasificó como no contaminado.

-
- El transecto de la UQROO resultó moderadamente contaminado a 50 m, 150 y a 300 m no se detectó algún grado de impacto (Fig. 48, 11A).
 - El drenaje proterritorio resultó no contaminado a 50 y 150 m, y a 300 m estuvo dominado por la familia Nereididae.
 - El balneario “calderitas” a 50 m estuvo moderadamente contaminado, las distancias de 150 y 300 m no contaminados (Fig. 48, 13A).
 - El transecto Belice 1 estuvo dominada por la familia Nereididae a 50 y 150 m, mientras que a 300 el ambiente fue no contaminado.
 - El transecto de Belice 2 a 50 m estuvo dominado por la familia Nereididae, a 150 m moderadamente contaminado y a 300 m fuertemente contaminado.
 - Belice 3 a 50 m no se encontró fauna de los grupos taxonómicos Polichaeta y Oligochaeta, 150 m se clasificó como no contaminado y a 300 m fue dominado por Nereididae.
 - Las estaciones 17 y 18 estuvieron dominadas por Pilargidae.

Para tener una idea de la ubicación de las estaciones impactadas se presenta la figura 45, donde se señalan los sitios no contaminados, moderadamente contaminados y fuertemente contaminados, así como con letras en las estaciones donde no se pudieron realizar las curvas por la dominancia de una sola familia N: Nereididae y P: Pilargidae.

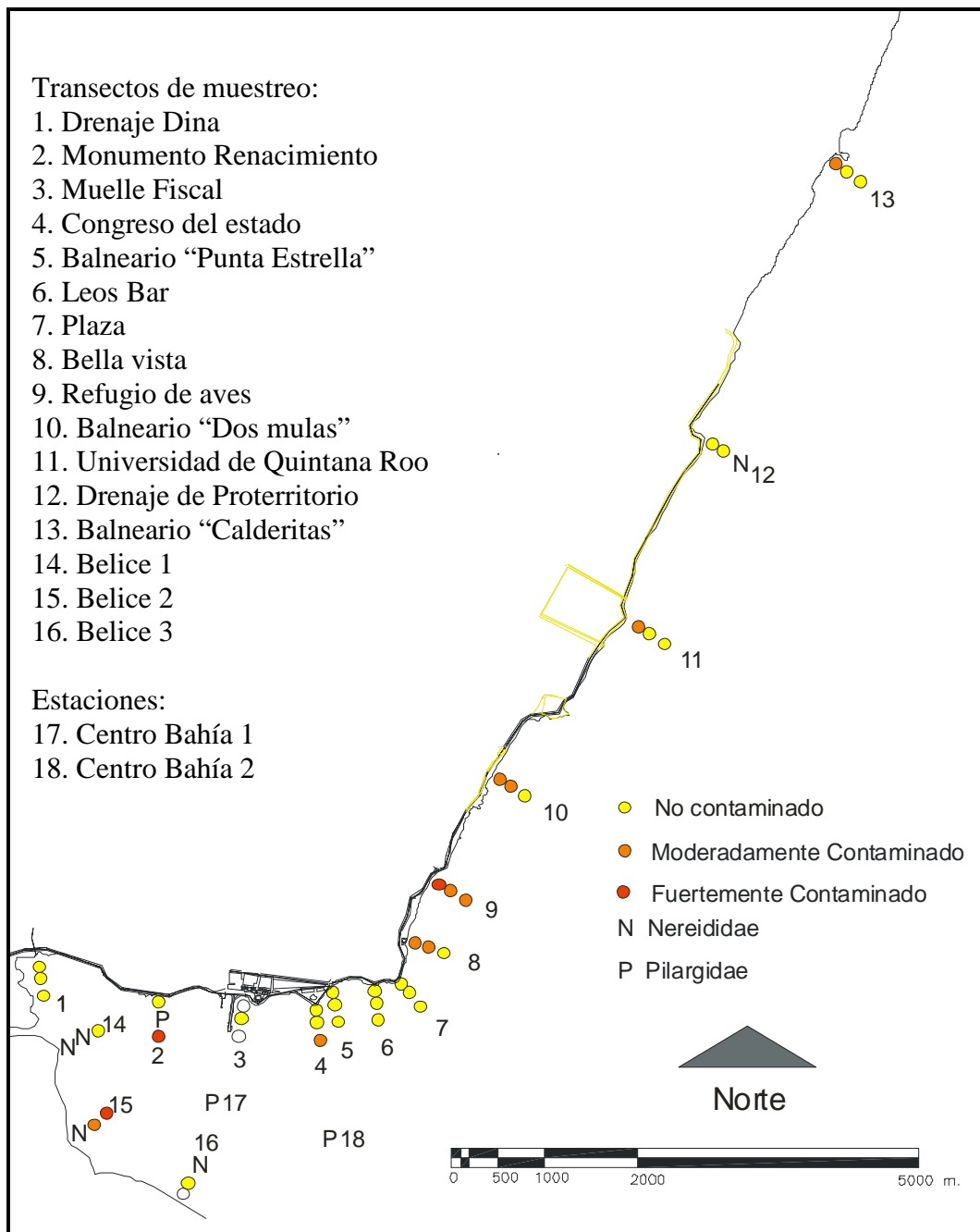


Figura 45. Resultados de las Curvas ABC para detectar impactos ambientales de la época de lluvias.

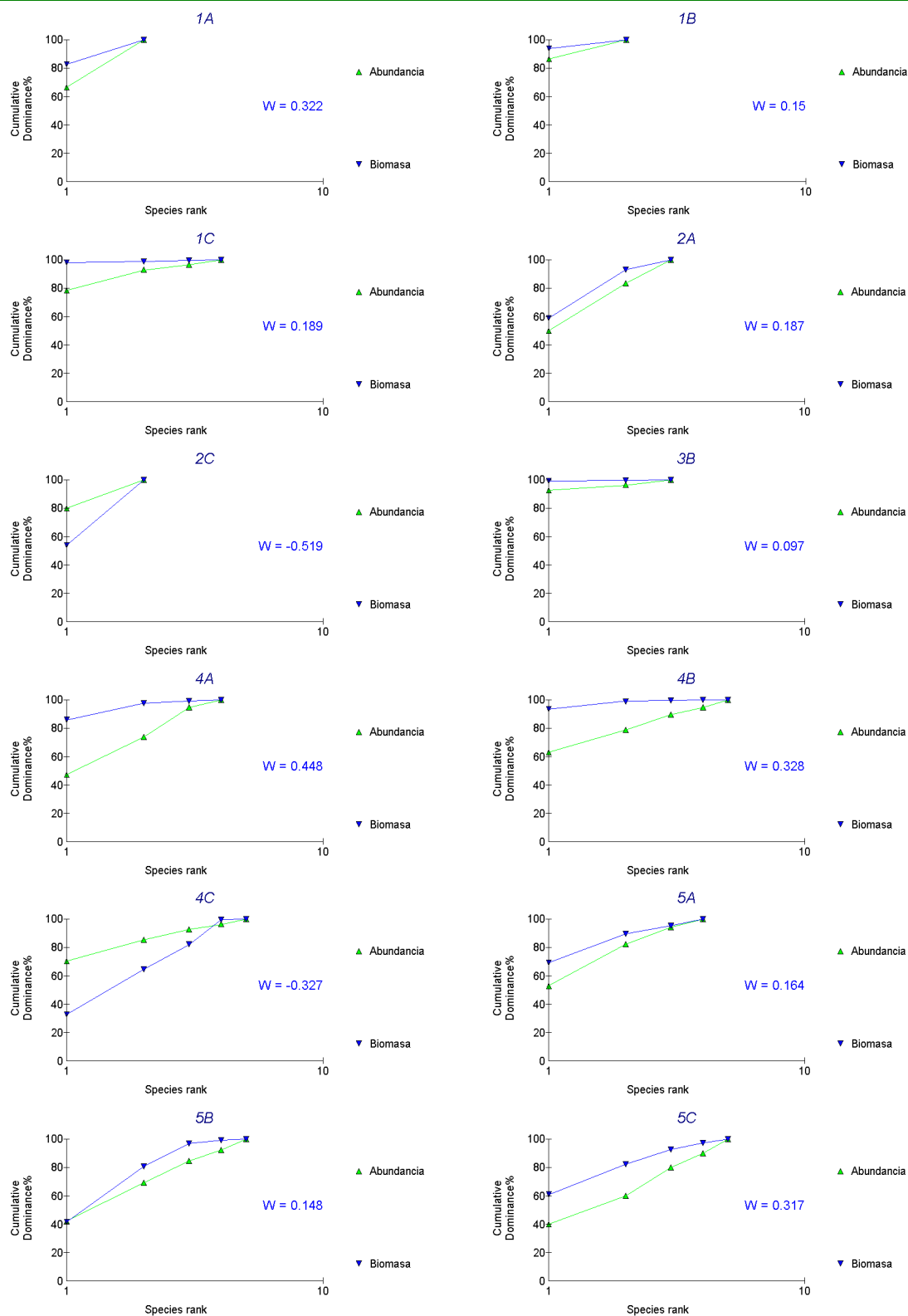


Figura 46. Gráficas de las Curvas ABC de las estaciones 1A a la 5C de la época de lluvias.

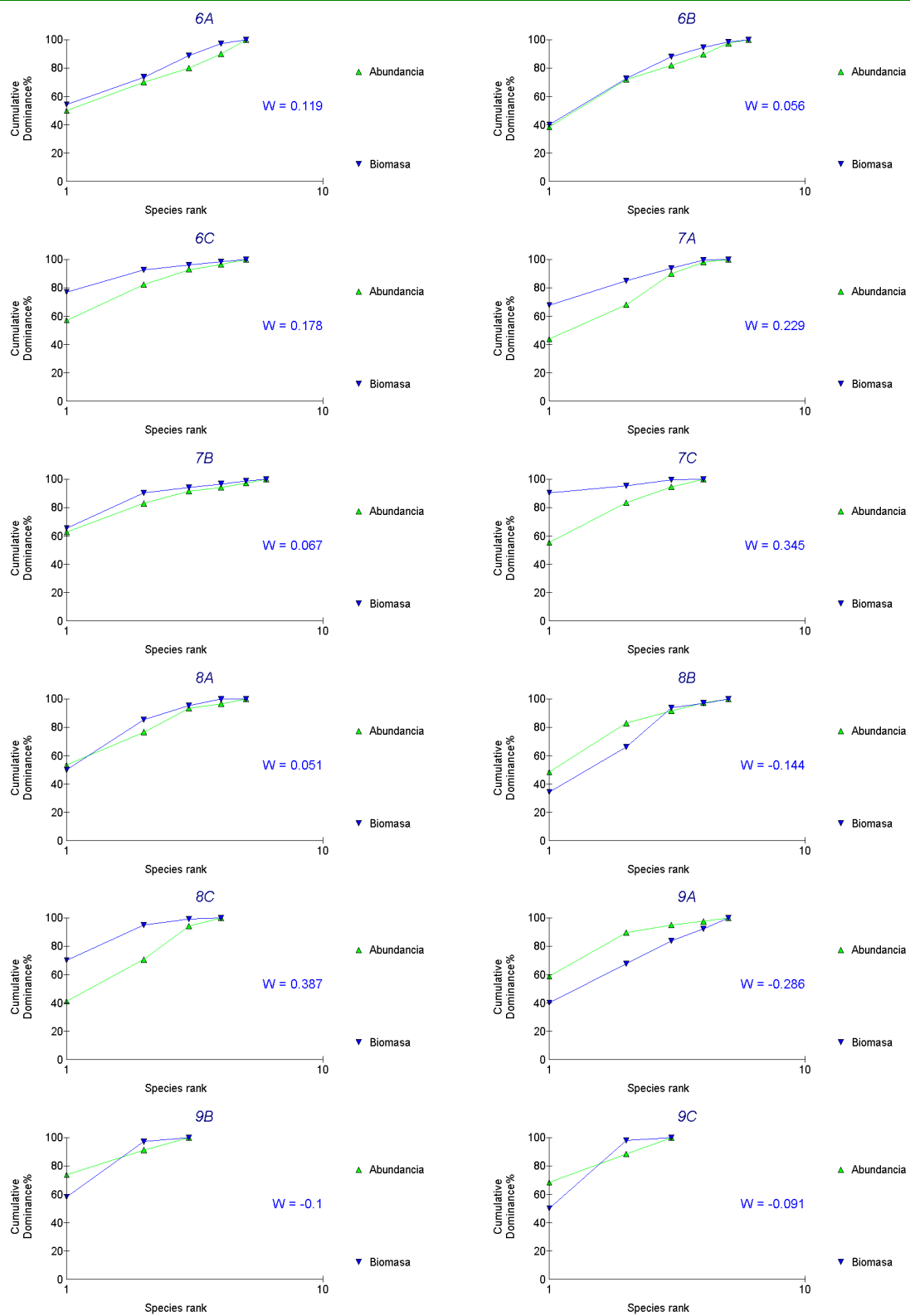
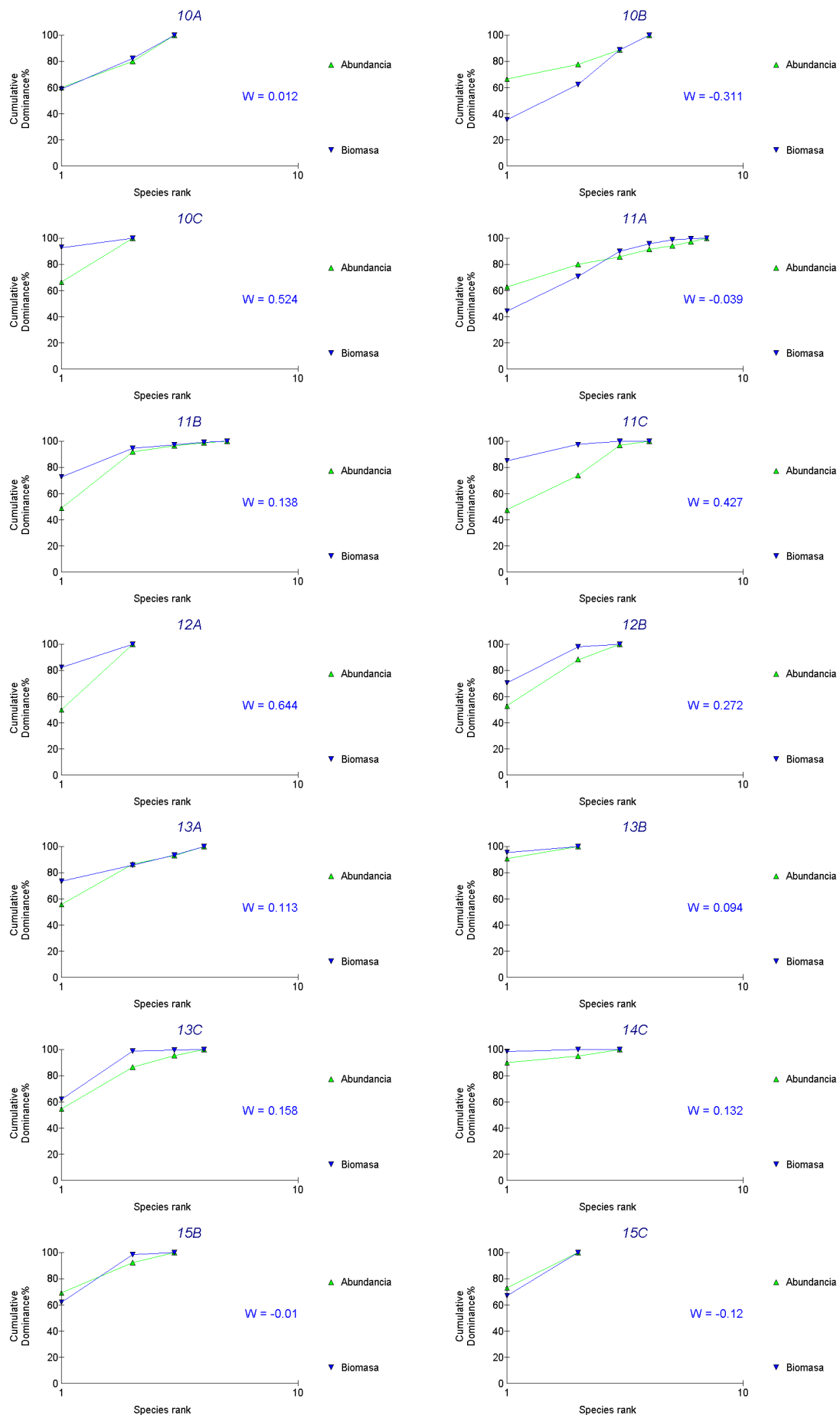


Figura 47. Gráficas de las Curvas ABC de las estaciones 6A a la 9C de la época de lluvias.



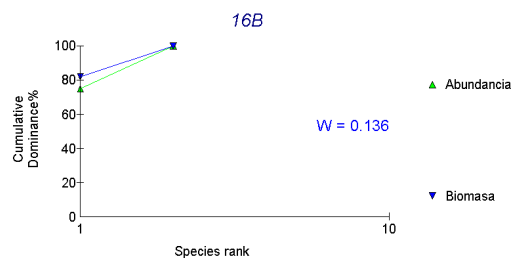


Figura 48. Gráficas de las Curvas ABC de las estaciones 10A a la 16B de la época de lluvias.

3.4.11 Gráficas de comparación abundancia/biomasa ABC por transectos.

Únicamente tres transectos presentaron algún grado de impacto, el monumento del renacimiento fuertemente contaminado, refugio de aves y balneario dos mulas moderadamente contaminados (Fig. 49). Todas las demás se clasificaron como no contaminadas.

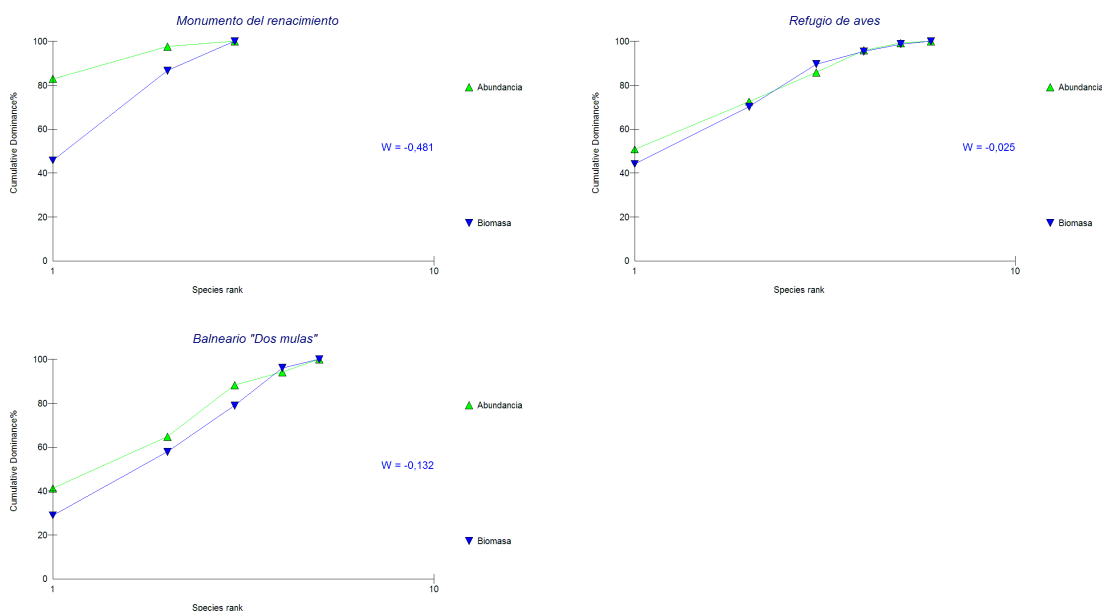


Figura 49. Gráficas de las curvas ABC por transectos en la época de lluvias.

3.4.12 Distribución Log-normal

En este muestreo se identificaron 11 especies de poliquetos y el taxa oligochaeta, no se recolectó ningún ejemplar de la especie *Scolecopsis lighti*, pero en vez de esta se identificó otra nueva *Glycinde solitaria*. Las especies mas abundantes en este muestreo fueron *Rullierinereis sp. 1*, *Prionospio sp.*, y *Sigambra grubii* con mas del 20 % de abundancia de cada especie (Tabla 23). Los de abundancia moderada fueron *Nereis*

oligohalina y el taxa oligochaeta. Los de menor abundancia *Eteone heteropoda*, *Capitella cf. capitata*, *Heteromastus sp.*, *Glycinde solitaria*, *Polydora cornuta*, *Streblospio sp. 1* y *Spio pettiboneae*.

Las especies indicadoras seleccionadas para la época de lluvia fueron *Capitella cf. capitata* y *Eteone heteropoda* que se encontraron en la clase geométrica V (16-31 individuos), en este ocasión se eligió nuevamente a *Capitella cf. capitata* con la única diferencia que anteriormente se encontró en la clase VI (Tabla 23).

Tabla 23. Abundancia total de especies de la época de lluvias.

Especies	Abundancia	% de abundancia
<i>Rullierinereis sp.</i>	313	27.46
<i>Nereis oligohalina</i>	110	9.65
<i>Capitella cf. Capitata</i>	19	1.67
<i>Heteromastus sp.</i>	11	0.96
<i>Sigambra grubii</i>	259	22.72
<i>Eteone heteropoda</i>	29	2.54
<i>Glycinde solitaria</i>	5	0.44
<i>Prionospio sp.</i>	304	26.67
<i>Streblospio sp.</i>	2	0.18
<i>Spio pettiboneae</i>	1	0.09
<i>Polydora cornuta</i>	4	0.35
Oligochaeta	83	7.28

Lo único relevante de la grafica fue que aumentó una clase geométrica más debido principalmente a la especie *Prionospio sp.* (Figura 50).

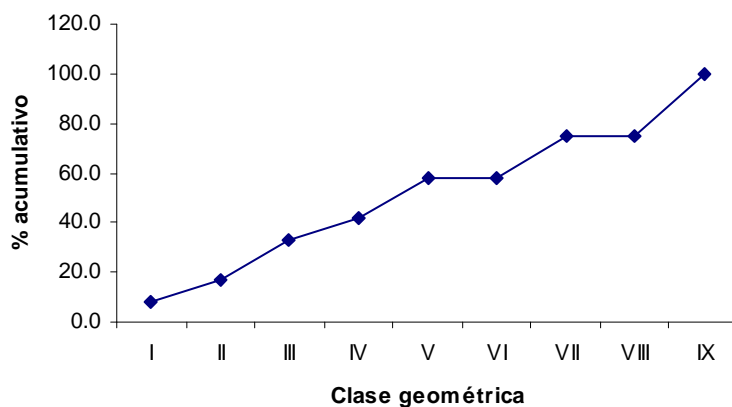


Figura 50. Distribución Log-normal de la época de lluvias.

3.5.1 Concentración y distribución de la MO en los sedimentos

Como se puede apreciar en los estadísticos calculados del contenido de MO en la bahía de Chetumal, se mantuvo un ligero incremento. Ya que la media de 1.911, así como el valor mínimo de 0.957 % y el máximo 3% fueron mayores a los calculados en los dos muestreos anteriores.

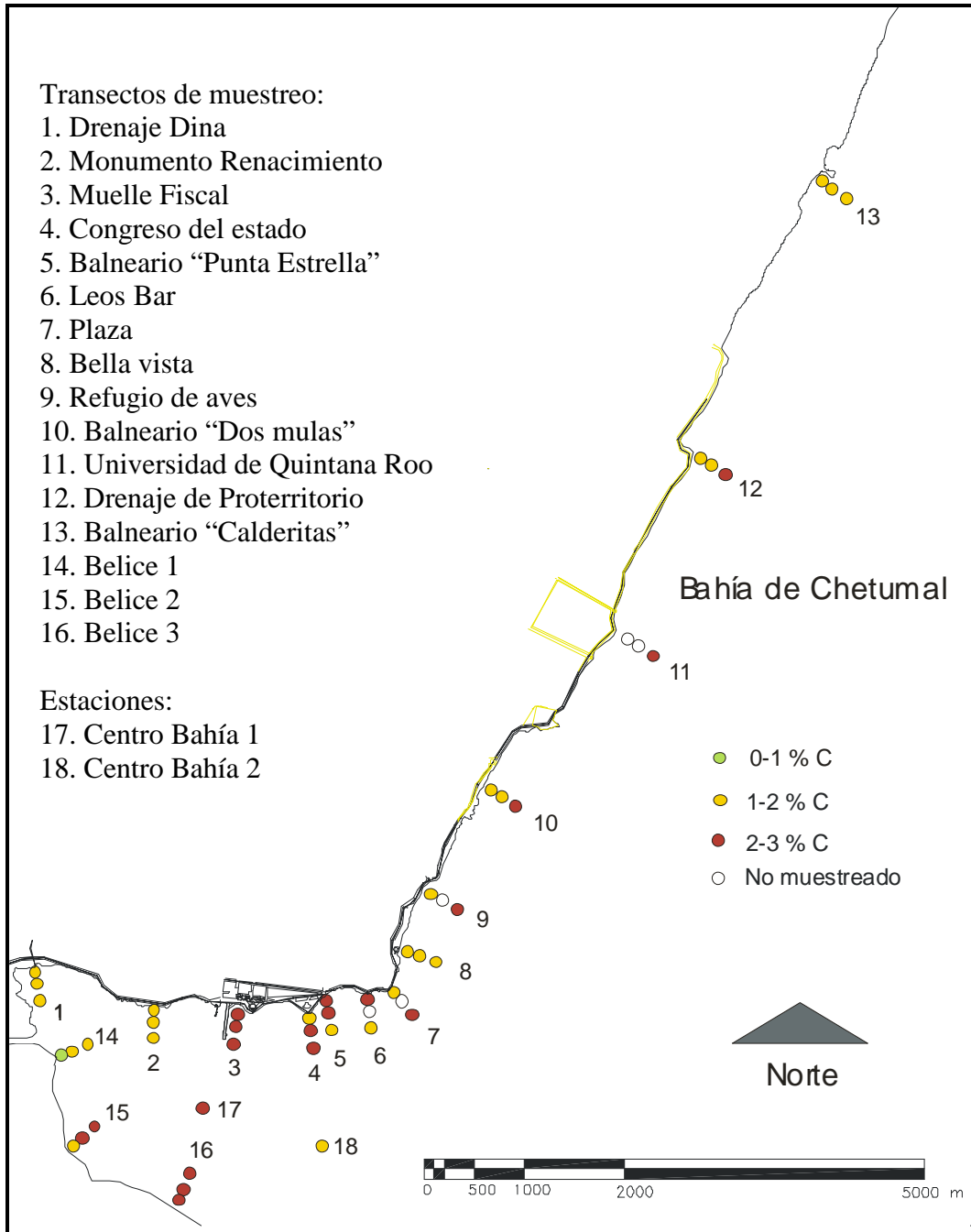


Figura 51. Distribución de materia orgánica del sedimento en la zona urbana de la bahía de Chetumal, Quintana Roo durante la época de nortes.

El valor mínimo y el único que se observó fue el que se encuentra por la bocana del río hondo en el transecto 14 a 50 m, además de que los transectos cercanos presentaron valores entre el 1-2% de C orgánico (transectos 1, 2, 14 y la estación 15A). Al centro de la bahía se encontraron las concentración entre 2-3 %, en los transectos 15, 16, 3, 4, 5 y la estación 17, por la parte norte dichas concentraciones se registraron a las distancias de 300 m. Por lo general la parte norte presento concentraciones entre 1-2 % a las distancias de 50 y 150 m, al igual que la estación 18 (Figura 51).

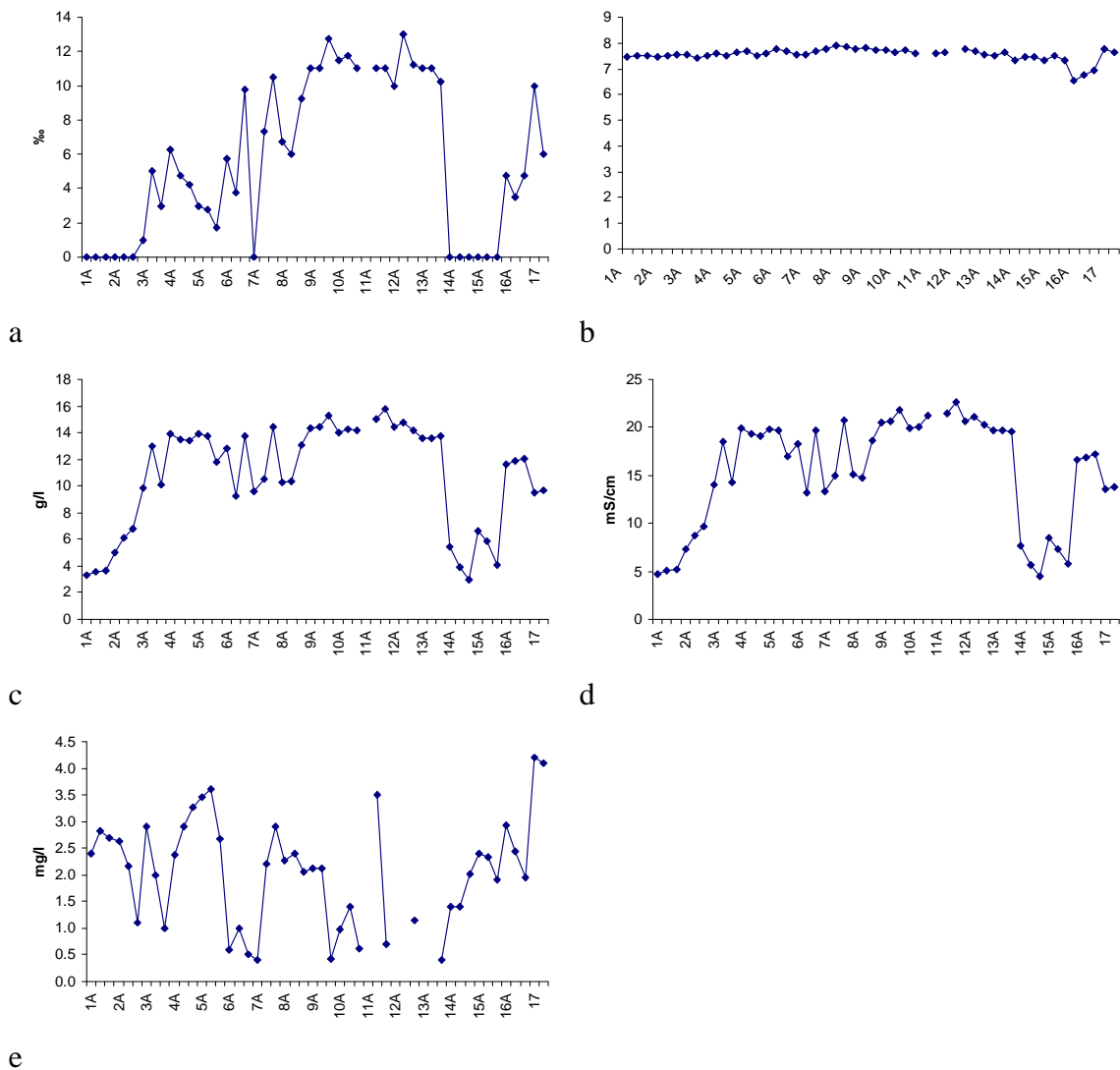
3.5.2 Comportamiento de los parámetros físico-químicos

En la tabla 24 se presentan los valores mínimos, máximos y promedios de la época de nortes para cada uno de las variables ambientales medidas, las cuales disminuyeron a comparación del muestreo de secas y lluvias, así como también se presenta el comportamiento de las variable físico-químicas de la zona urbana (Fig. 52).

Tabla 24. Parámetros Físico-químicos de la época de nortes.

Parámetros Físico-químicos	MIN	MAX	PROMEDIO
Profundidad (m)	0,4	3,0	1,3 ± 0,6
Temperatura (°C)	24,7	30,9	27,9 ± 1,7
Salinidad (‰)	0,0	13,0	5,7 ± 4,6
pH	6,5	7,9	7,5 ± 0,2
SDT (g/l)	2,9	15,8	10,8 ± 3,9
Conductividad (mS/cm)	4,5	22,6	15,5 ± 5,7
OD (mg/l)	0,4	4,2	2,1 ± 1,0

Durante la toma de muestras la temperatura se mantuvo en un rango de 24.7 °C a 30.9 °C con una media de 27.9 °C, siendo 2 °C mas fría que los muestreos anteriores debido a la temporada de invierno. La salinidad disminuyó hasta valores de 0 ‰ en los transectos 1, 2, 14 y 15 (Fig. 52a) y tuvo un máximo de 13 ‰ con una salinidad promedio de 5.66 ‰. El pH no presentó una gran variación esta vez tuvo una desviación estándar de 0.25 que es similar a la de época de secas de 0.22, alcanzo un mínimo de 6.5 y un máximo de 7.9, con un promedio de 7.5. Las graficas de SDT y conductividad tienen un comportamiento similar (Figuras 52c y 52d). El OD tuvo una ligera disminución ya que en la época de nortes no alcanzó a superara los 4.5 mg/l, a comparación de los 5 mg/l del muestreo anterior. El valor menor fue de 0.4 con un máximo de 4.2 y un promedio de 2.06 (Figura 52e).



e
 Figura 52. Comportamiento de los parámetros ambientales en la época de nortes.

3.5.3 Análisis de de la comunidad de poliquetos

Se recolectaron en total 908 individuos de la clase Polychaeta y 137 de la clase Oligochaeta (13 % del total). En esta ocasión la familia más abundante fue Pilargidae con el 53.96 %, mientras que Nereididae represento el 28.41 %. Spionidae tuvo el 13.11 %, en menor abundancia se encontró Capitellidae con 4.07 % y Phyllodocidae 0.44 % (Fig. 53).

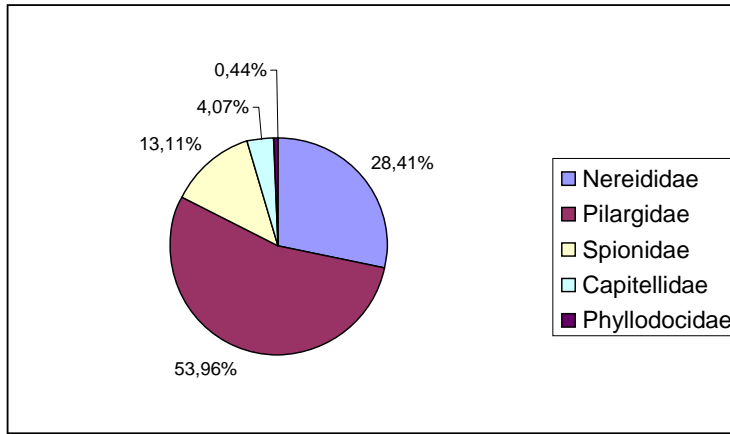


Figura 53. Abundancia de poliquetos por familias de la época de nortes.

Distribución de las familias de poliquetos.

El porcentaje de distribución se calculó dividiendo el número de estaciones en donde estuvo presente cada familia entre el total de las estaciones muestreadas que en esta ocasión fueron 45.

Las familias que presentaron una mayor distribución fueron Pilargidae (82 %) y Nereididae (77.8 %), aquellas con una moderada fueron Spionidae (40 %) y el taxa oligochaeta (33.3 %), mientras que Capitellidae (26.7 %) y Phyllodocidae (6.7 %) tuvieron una baja distribución (Tabla 25).

Tabla 25. Porcentaje de distribución de las familias.

Familias	% Distribución
Pilargidae	82,2
Nereididae	77,8
Oligochaeta	40,0
Spionidae	33,3
Capitellidae	26,7
Phyllodocidae	6,7

Con respecto a la dominancia de las familias, Nereididae dominó en los transectos 1 con 69 % y 13 con 47 % (Tabla 26), el taxa oligochaeta dominó en el transecto 14 con 74 %. Con lo que respecta a los demás transectos Pilargidae tuvo el mayor porcentaje de abundancia, esto se refleja por la amplia distribución que se mencionó anteriormente (Figura 54).

Tabla 26. Porcentaje de abundancia de familias por transectos.

Transectos	Abundancia Total	Nere	Pila	Spio	Capi	Phyllo	Oligo
1	100	69,0	0,0	2,0	1,0	0,0	28,0
2	72	9,7	88,9	0,0	1,4	0,0	0,0
3	2	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	36	13,9	66,7	0,0	2,8	0,0	16,7
5	56	14,3	80,4	0,0	1,8	0,0	3,6
6	59	13,6	49,2	0,0	28,8	1,7	6,8
7	32	9,4	62,5	0,0	0,0	0,0	28,1
8	58	3,4	50,0	1,7	5,2	1,7	37,9
9	20	25,0	55,0	0,0	0,0	0,0	20,0
10	69	11,6	49,3	31,9	7,2	0,0	0,0
11	23	21,7	65,2	13,0	0,0	0,0	0,0
12	91	14,3	71,4	8,8	2,2	0,0	3,3
13	183	47,0	5,5	43,2	2,7	1,1	0,5
14	77	22,1	1,3	1,3	1,3	0,0	74,0
15	102	10,8	85,3	2,9	0,0	0,0	1,0
16	23	34,8	65,2	0,0	0,0	0,0	0,0
17	15	13,3	86,7	0,0	0,0	0,0	0,0
18	27	3,7	96,3	0,0	0,0	0,0	0,0

***Nere: Neredidadae, Pila: Pilargidae, Spio: Spionidae, Capi: Capitellidae, Phyllo: Phyllodocidae, Oligo: Oligochaeta.

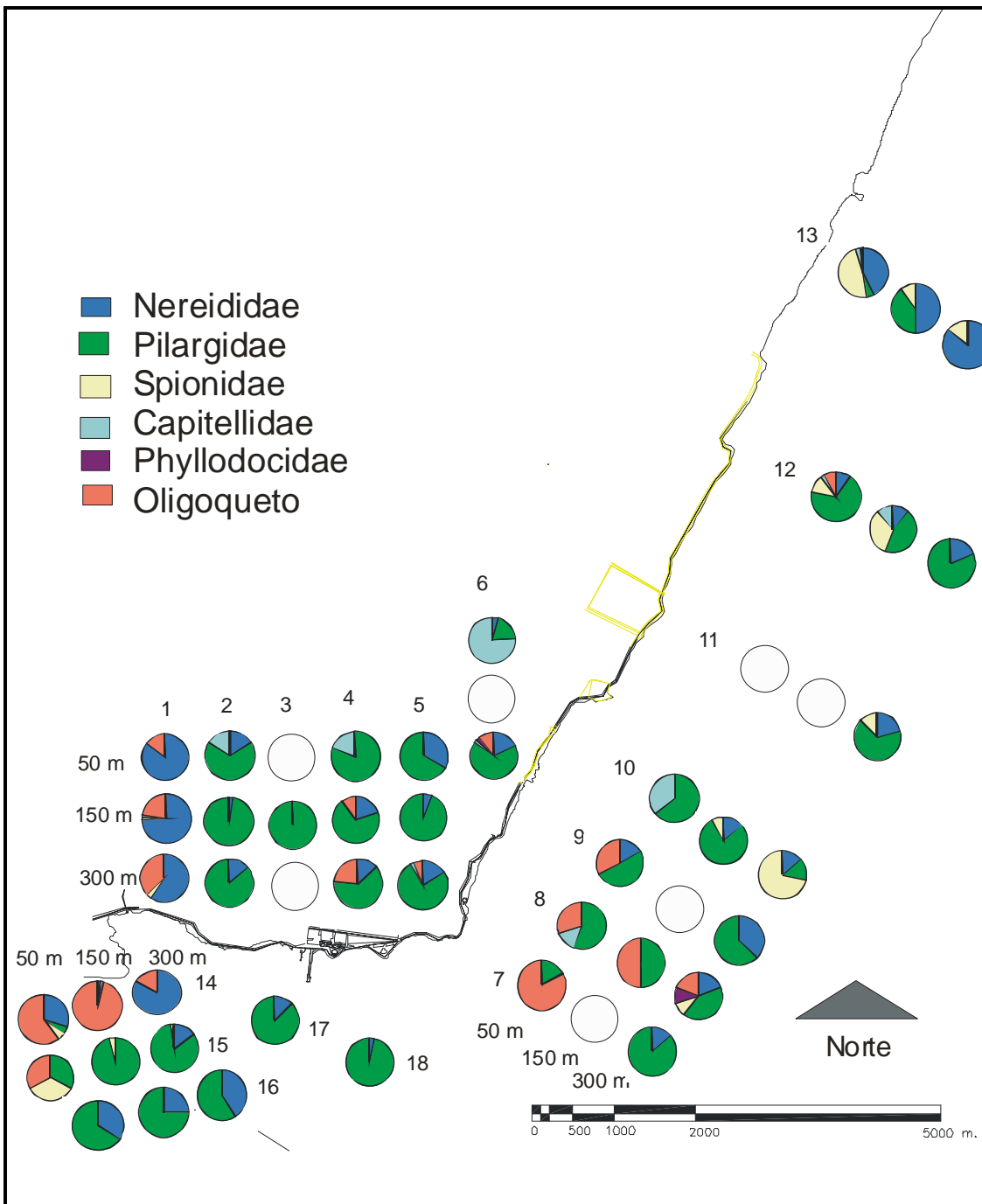


Figura 54. Distribución de las familias de poliquetos en la zona urbana de la Bahía de Chetumal durante la época de nortes.

Los índices ecológicos calculados para la época de nortes fueron número de familias por estación (S), abundancia de individuos (N), equidad ecológica por el índice de Pielou (J) y el índice de diversidad de Shannon-Weiner (H) (Tabla 27).

Tabla 27. Índices ecológicos de la comunidad de poliquetos en época de nortes.

	S	N	J'	H'(log2)
1A	2	7	0,592	0,592
1B	4	56	0,513	1,026
1C	3	37	0,705	1,117
2A	3	6	0,790	1,252
2B	2	31	0,206	0,206
2C	2	35	0,592	0,592
3A	0	0		0,000
3B	1	2		0,000
3C	0	0		0,000
4A	2	5	0,722	0,722
4B	3	10	0,730	1,157
4C	3	21	0,834	1,322
5A	2	3	0,918	0,918
5B	2	17	0,323	0,323
5C	4	36	0,559	1,117
6A	3	21	0,608	0,964
6B	***	***	***	***
6C	5	38	0,631	1,465
7A	2	11	0,684	0,684
7B	***	***	***	***
7C	2	21	0,592	0,592
8A	3	20	0,887	1,406
8B	2	28	1,000	1,000
8C	5	10	0,914	2,122
9A	3	12	0,921	1,459
9B	***	***	***	***
9C	2	8	0,954	0,954
10A	2	14	0,940	0,940
10B	3	27	0,611	0,968
10C	3	28	0,725	1,149
11A	***	***	***	***
11B	***	***	***	***
11C	3	23	0,798	1,264
12A	5	40	0,647	1,503
12B	4	9	0,876	1,753
12C	2	42	0,702	0,702
13A	6	159	0,577	1,492
13B	3	10	0,859	1,361
13C	2	14	0,592	0,592
14A	4	20	0,698	1,395
14B	3	45	0,194	0,307
14C	2	12	0,650	0,650
15A	3	3	1,000	1,585
15B	2	30	0,211	0,211
15C	3	69	0,466	0,739
16A	2	3	0,918	0,918
16B	2	8	0,811	0,811
16C	2	12	0,980	0,980
17	2	15	0,567	0,567
18	2	27	0,229	0,229

Análisis ecológico por distancia

A la distancia de 50 m en el transecto del muelle fiscal no se encontró poliquetos y Oligochaetas, los de menor abundancia con tres ejemplares fueron Belice 2, Belice 3 y Balneario punta estrella, la mayor abundancia se encontró en el balneario calderitas con 159 individuos. A 150 m la menor abundancia la presentó nuevamente en el muelle con dos individuos y la mayor en el drenaje Dina con 56 individuos. Con respecto a 300 m el muelle fiscal nuevamente no presentó fauna del phylum annelida y el mayor número de organismos fue de 69 en Belice 2 (Fig. 55a).

El menor número de familias a 50 m fue de dos en los siguientes transectos: Belice 3, Drenaje DINA, congreso del estado, balneario “punta estrella”, plaza y balneario “dos mulas”, mientras que el mayor se obtuvo en balneario “calderitas” con 6 familias. A 150 m el transecto del muelle fiscal tuvo una familia, el mayor se encontró en el drenaje Dina y proterrotorio (cuatro familias). A 300 m el mayor no. de familias con 5 en Leos bar y Bella vista (Fig. 55b).

El muelle fiscal presentó los valores menores de diversidad en las tres distancias. A la distancia de 50 m los índices de diversidad menores a un bits/ind se encontraron en los transectos de Belice 3, drenaje DINA, congreso del estado, balneario punta estrella, leos bar, plaza y balneario dos mulas. A la distancia de 150 los mayores a un bits/ind fueron el congreso del estado, drenaje de proterrotorio y balneario calderitas. A la distancia de 300 m los mayores a un bits/ind congreso del estado, leos bar, bella vista y UQROO (Fig. 55c).

Con respecto a los valores de uniformidad a la distancia de 50 m todos fueron superiores a 0.5, mientras que a 150 m los valores menores a dicho valor fueron Belice 1, Belice 2, monumento del renacimiento y el balneario punta estrella, a 300 m solo Belice 2 fue menor a dicho valor lo cual indican que presentan una fuerte dominancia de algunas familias (Fig. 55d).

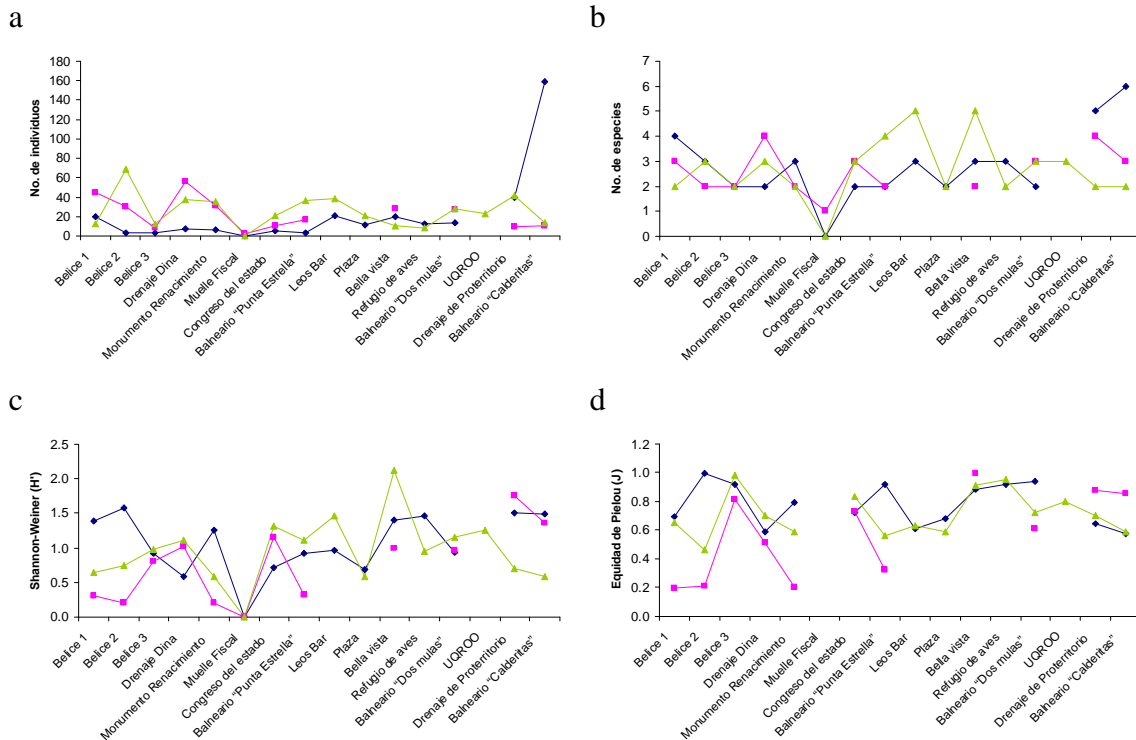


Figura 55. Índices ecológicos por distancias de la época de nortes. Los rombos (—◆—) representan la distancia de 50 m, cuadrados (—■—) la distancia de 150 m y triángulos (—▲—) la distancia de 300 m de cada transecto.

De los promedios obtenidos de cada transecto con respecto a la diversidad se aprecia un aumento de sur a norte como en la época de secas, el único valor a resaltar es el del muelle que fue de cero. Con lo que respecta a la abundancia no sigue algún patrón (Fig. 56).

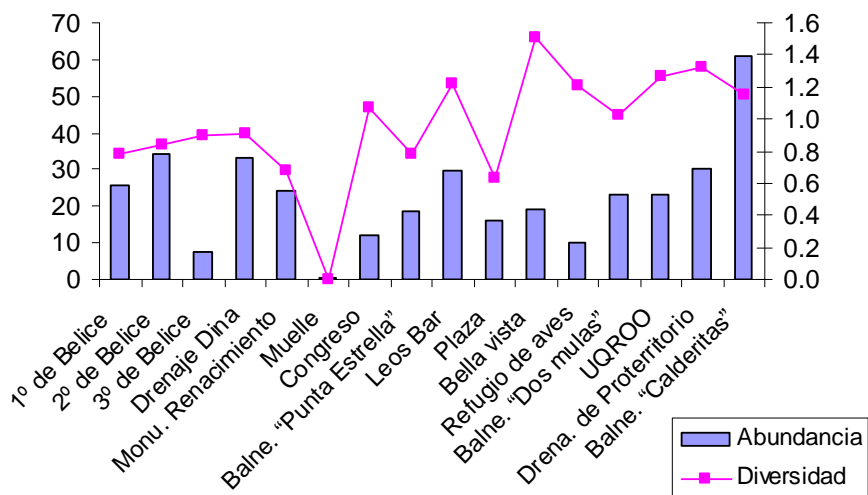


Figura 56. Abundancia y diversidad promedio de las familias por transectos de la época de nortes.

3.5.4 Relación entre las variables ambientales y la composición faunística (Procedimiento Bio-Env)

De las 7 variable ambientales examinadas se redujo a un conjunto de 6: profundidad, temperatura, salinidad, pH, SDT y MO para el análisis del Bio-Env, debido a que los SDT y conductividad presentaron un elevado grado de correlación superior al 0.95 (Figura 57).

Durante la realización del procedimiento Bio-Env se obtuvieron bajos índices de correlación de Sperman a comparación de los muestreos anteriores. Los SDT tuvieron un coeficiente de correlación de 0.213 y la temperatura de 0.104. Las variables que mejor explican el comportamiento de la comunidad son la profundidad, temperatura, SDT y MO con 0.249, al añadirse la variable de pH se produce una ligera disminución 0.247 (Tabla 28).

Tabla 28. Coeficientes de correlación de Sperman con la Abundancia época de nortes.

Variables						
1	SDT	Temp	Prof	MO	Sal	pH
	0.213	0.104	0.097	0.103	0.072	0.043
2	Temp y SDT		Prof, pH y MO			
	0.240					
3	Temp, SDT y MO			Prof, Temp y SDT		
	0.244			0.244		
4	Prof, Temp, SDT y MO			Temp, pH, SDT y MO		
	0.249			0.244		
5	Prof, Temp, pH, SDT y MO					
	0.247					

Al realizar el Bio-Env con los datos de biomasa las variables individuales con más altos coeficientes de correlación son pH con 0.159 y temperatura 0.112. Además. Las variables que mejor explican el comportamiento de la comunidad son cuatro, en este muestreo se obtuvieron los menores valores de correlación (Tabla 29).

Tabla 29. Coeficientes de correlación de Sperman con la Biomasa época de nortes.

Variables						
1	SDT	Temp	Prof	MO	Sal	pH
	0.159	0.112	0.094	0.080	0.040	0.061
2	Temp y SDT					
	0.185					
3	Prof, Temp y SDT			Temp, SDT y MO		
	0.191			0.189		
4	Prof, Temp, SDT y MO			Prof, Temp, pH y SDT		
	0.195			0.189		
5	Prof, Temp., pH, SDT y MO					
	0.192					

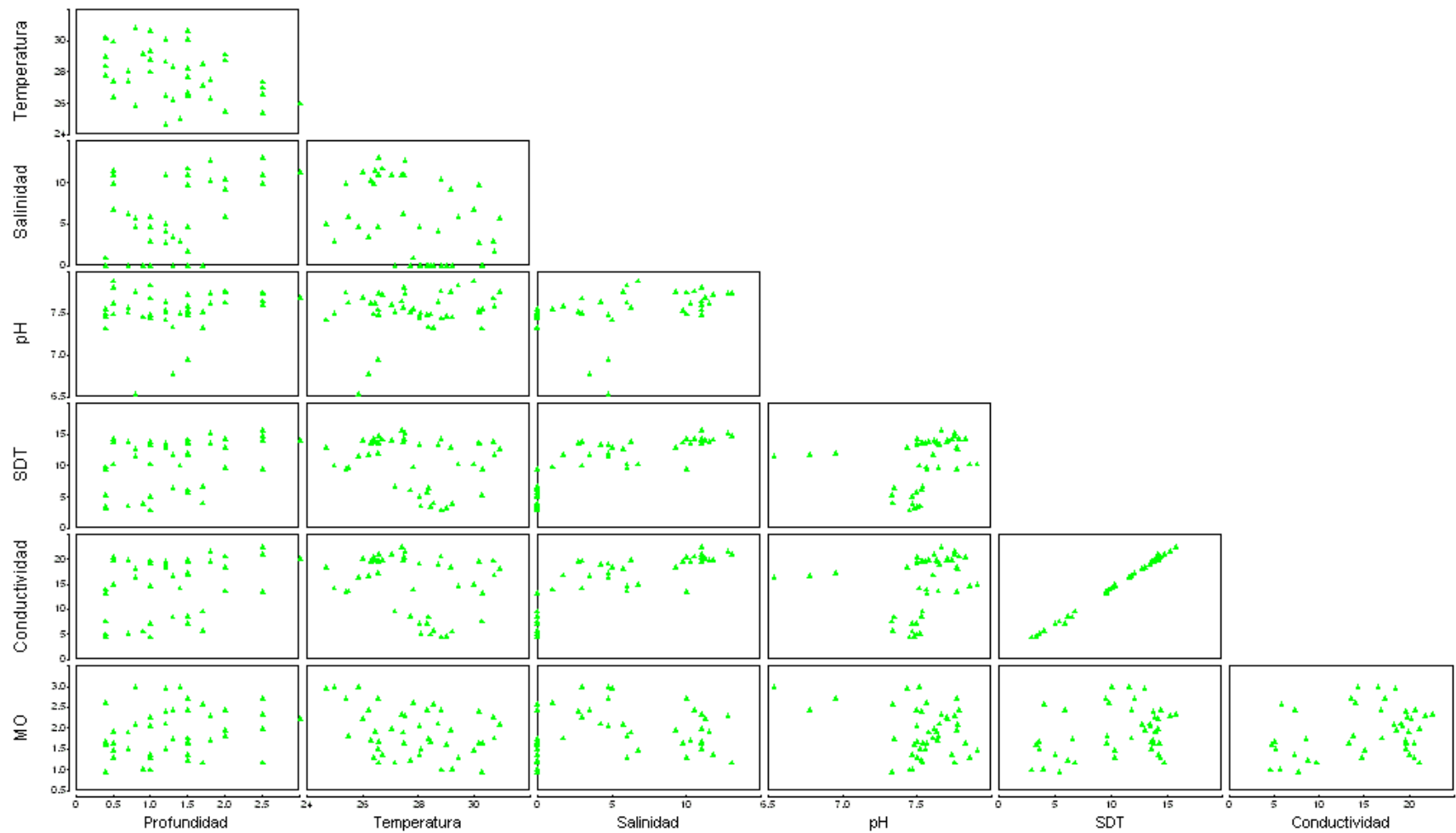


Figura 57. Matrices de las gráficas de dispersión para los pares de variables de la época de nortes.

3.5.5 Análisis de componentes principales (PCA)

El PC1 del análisis de componentes principales explica el 40% de la varianza (Tabla 30), además todos los valores obtenidos fueron negativos aquellos que presenta una mayor influencia son profundidad, salinidad y SDT que disminuyen de izquierda a derecha. El PC2 explica el 27 % de la varianza que lo relacionó mayormente con el pH que aumenta de la parte inferior hacia la superior, mientras que el segundo en explicar la varianza fue la MO que disminuye de la parte inferior hacia arriba. Se puede observar un patrón similar a la de época de secas en el que la mayoría de los valores fueron negativos, esto es debido a que en esta ocasión las estaciones 1 y 14 se agruparon de lado derecho como en dicha época (Figura 58).

Con respecto a la salinidad se agruparon tres zonas, la primera fue de agua dulce por que sus valores fueron de 0 ‰ abarcando los transectos 1, 2, 14 y 15 (Fig. 58, elipse del lado derecho), la segunda oligohalina (0.5-5 ‰) con los transectos 3, 4, 5 y 16 (Fig. 58, figura al centro en forma de ocho) y los transectos restantes formaron la zona mesohalina (5-18 ‰).

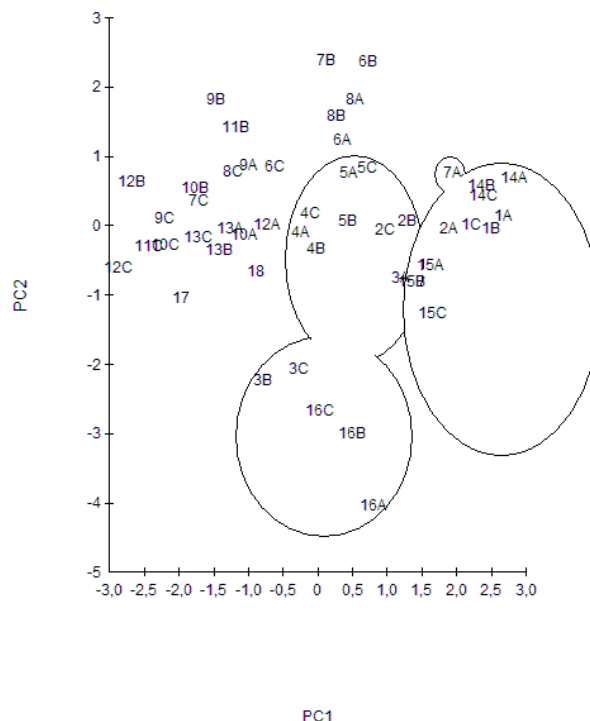
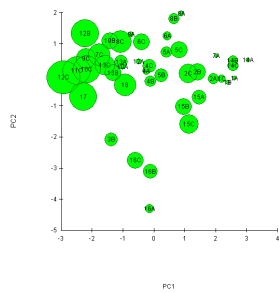


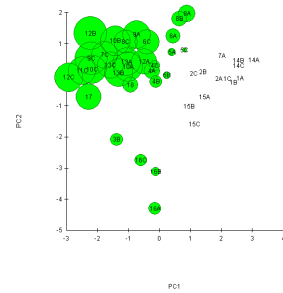
Figura 58. Grafica de ordenación para el análisis de componentes principales de la época de nortes.

Los patrones explicados arriba acerca de la variación en cada CP se representan gráficamente para los valores de profundidad, salinidad y MO (Figura 59).

Profundidad



Salinidad



MO

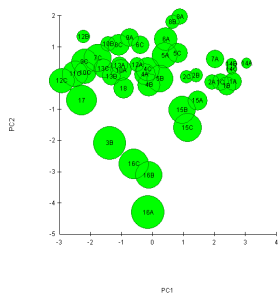


Figura 59. Graficas de ordenación de PCA con las variables de profundidad, salinidad y MO sobre impuestas de la época de nortes. El tamaño del círculo es proporcional al valor de la variable.

Tabla 30. Porcentaje de variación explicada y coeficientes para la combinación lineal de las 6 variables. Los números en negritas son los coeficientes de las variables con mayor influencia.

	PC1	PC2
Varianza %	40.3	26.7
Variable		
Profundidad	-0.419	-0.068
Temperatura	0.321	0.505
Salinidad	-0.599	0.124
pH	-0.243	0.603
SDT	-0.545	0.036
MO	-0.082	-0.600

3.5.6 Agrupación de las estaciones.

En el dendrograma se puede apreciar la división de tres grandes grupos, el primero de ellos se subdivide en tres subgrupos también (Fig. 60). El primer grupo (D) es el mayor de todos abarcando las estaciones del centro y norte de la zona urbana, este grupo es una asociación de la familia Pilargidae 77.78 % y Nereididae 19.06 % (Tabla 31), al examinar los subgrupos de este el D1 se diferencia de los demás al presentar en segundo orden de importancia la familia Capitellidae (Tabla 32). El segundo grupo (E) abarca las estaciones 3B, 7A, 8A, 8B, 15A y 15B del centro de la bahía y es una asociación de Pilargidae 68.85 % y Oligochaeta 29.85 %. El tercer grupo (G) abarca los transectos 1, 14 y 13 con excepción de la estación 13B y esta representado por la familia Nereididae 70.52 % y Oligochaeta 26.4 %.

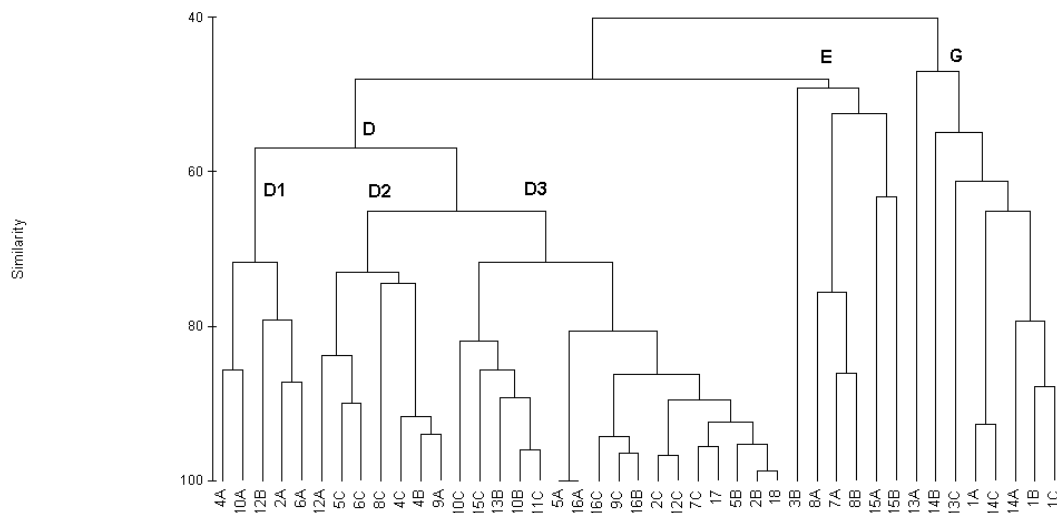


Figura 60. Dendrograma del análisis de agrupación de la abundancia de las estaciones de la época de nortes.

3.5.7 Ordenación de las estaciones

El grado de stress del escalamiento multidimensional no métrico fue de 0.19, el cuál fue diferente y un poco mayor a los valores de las ordenaciones anteriores (Fig. 61).

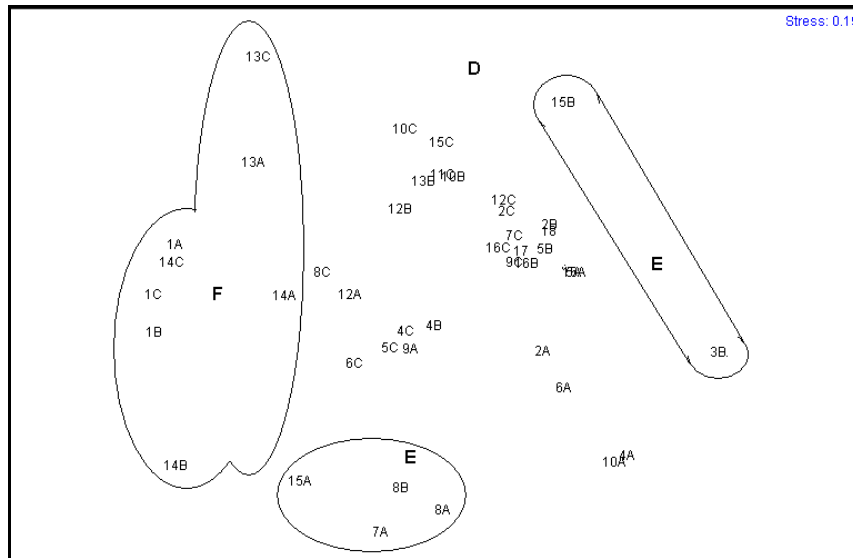


Figura 61. Diagrama del escalamiento multidimensional no métrico de la composición y la abundancia de las familias de poliquetos de la época de nortes.

3.5.8 Contribución de las familias y porcentaje de similitud de los grupos formados (SIMPER)

Tabla 31. Análisis SIMPER para la contribución de las familias en los grupos.

<i>GRUPO D</i>		<i>GRUPO E</i>		<i>GRUPO G</i>	
Pilargidae	77.78	Pilargidae	68.85	Nereididae	70.52
Nereididae	19.06	Oligochaeta	29.85	Oligochaeta	26.40
Spionidae	1.06	Spionidae	1.30	Spionidae	2.59
Oligochaeta	1.06	Nereididae	0.00	Capitellidae	0.38
Capitellidae	1.02	Capitellidae	0.00	Pilargidae	0.11
Phyllodocidae	0.02	Phyllodocidae	0.00	Phyllodocidae	0.00

Tabla 32. Análisis SIMPER para la contribución de las familias en los subgrupos del grupo D.

<i>GRUPO D1</i>		<i>GRUPO D2</i>		<i>GRUPO D3</i>	
Pilargidae	72.85	Pilargidae	63.25	Pilargidae	76.98
Capitellidae	22.28	Nereididae	19.05	Nereididae	22.25
Nereididae	4.87	Oligochaeta	16.40	Spionidae	0.77
		Capitellidae	0.64		
		Phyllodocidae	0.34		
		Spionidae	0.32		

3.5.9 Correlación del índice de diversidad (H') con las variables ambientales.

Las variable que presentó el mayor coeficiente de correlación al analizar en conjunto todas las estaciones de muestreo fue la salinidad de 0.38, la materia orgánica tuvo el mismo valor solo que negativa de -0.38 (Tabla 33). Pero un análisis más cercano por regiones salinas encontradas se determinó que la MO tiene una mayor influencia en la zona oligohalina y mesohalina, mientras que en la zona de agua dulce el pH presentó una fuerte correlación.

Tabla 33. Coeficientes de correlación entre el índice de diversidad y las variables ambientales de la época de nortes.

Variables ambientales	Todas	Agua dulce	Oligohalina	Mesohalina
Profundidad (m)	0,02	-0,38	0,22	-0,14
Temperatura (°C)	0,23	0,23	0,43	0,23
Salinidad (‰)	0,38		0,28	0,29
pH	0,13	-0,55	-0,15	0,07
SDT (g/l)	0,27	0,06	0,46	0,38
Conductividad (mS/cm)	0,28	0,06	0,46	0,39
OD (mg/l)	-0,12	0,26	0,41	-0,26
MO	-0,38	-0,10	-0,61	-0,43

3.5.10 Gráficas de comparación abundancia/biomasa ABC

Para tener una idea de la ubicación de las estaciones impactadas se presenta la figura 62, donde se señalan los sitios no contaminados, moderadamente contaminados y fuertemente contaminados, así como con letras en las estaciones donde no se pudieron realizar las curvas por la dominancia de una sola familia N: Nereididae y P: Pilargidae. El cual resume la información de las graficas de las figuras 63 a la 66.

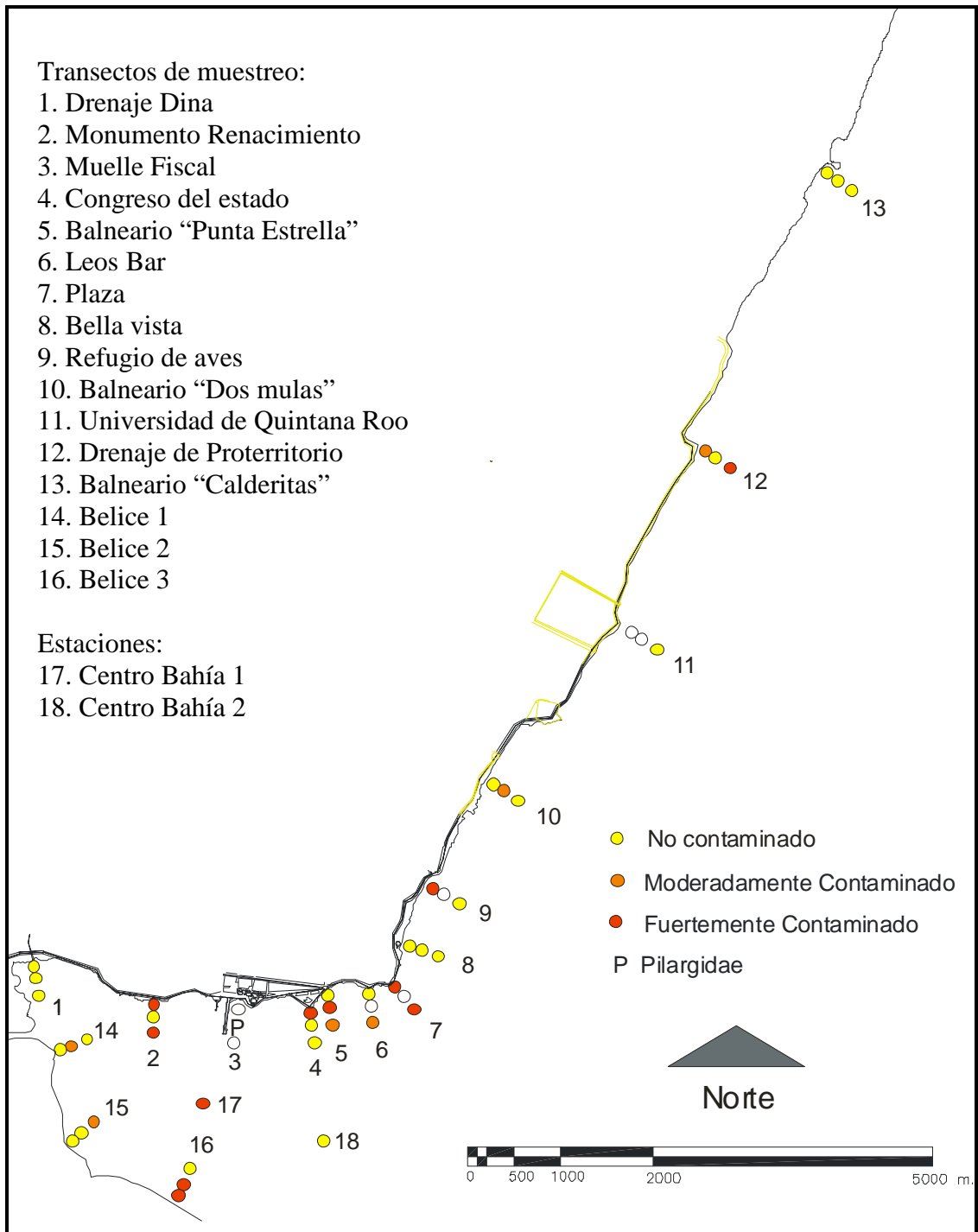


Figura 62. Resultados de las Curvas ABC para detectar impactos ambientales de la época de nortes.

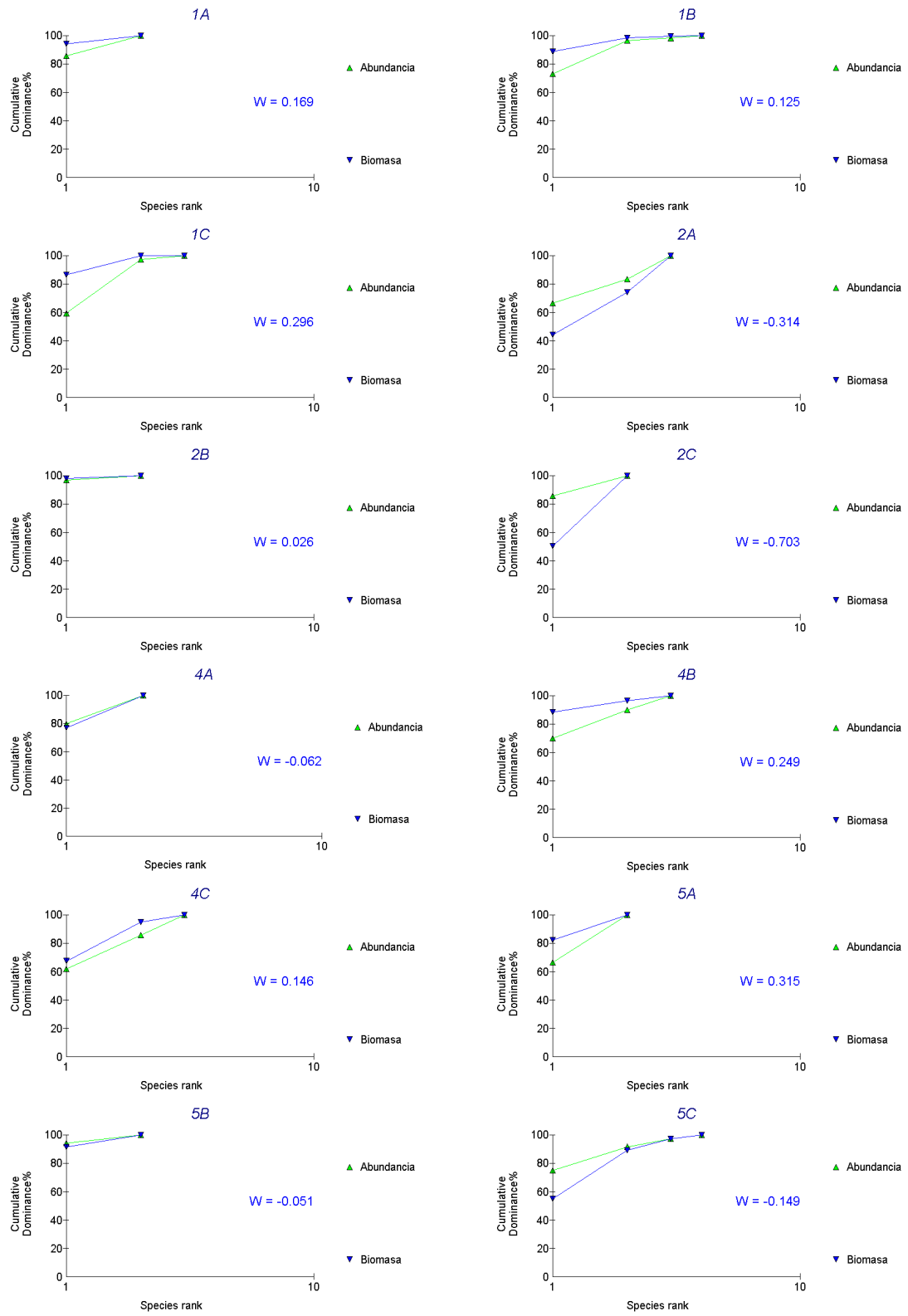


Figura 63. Gráficas de las Curvas ABC de la 1A a la 5C de la época de nortes.

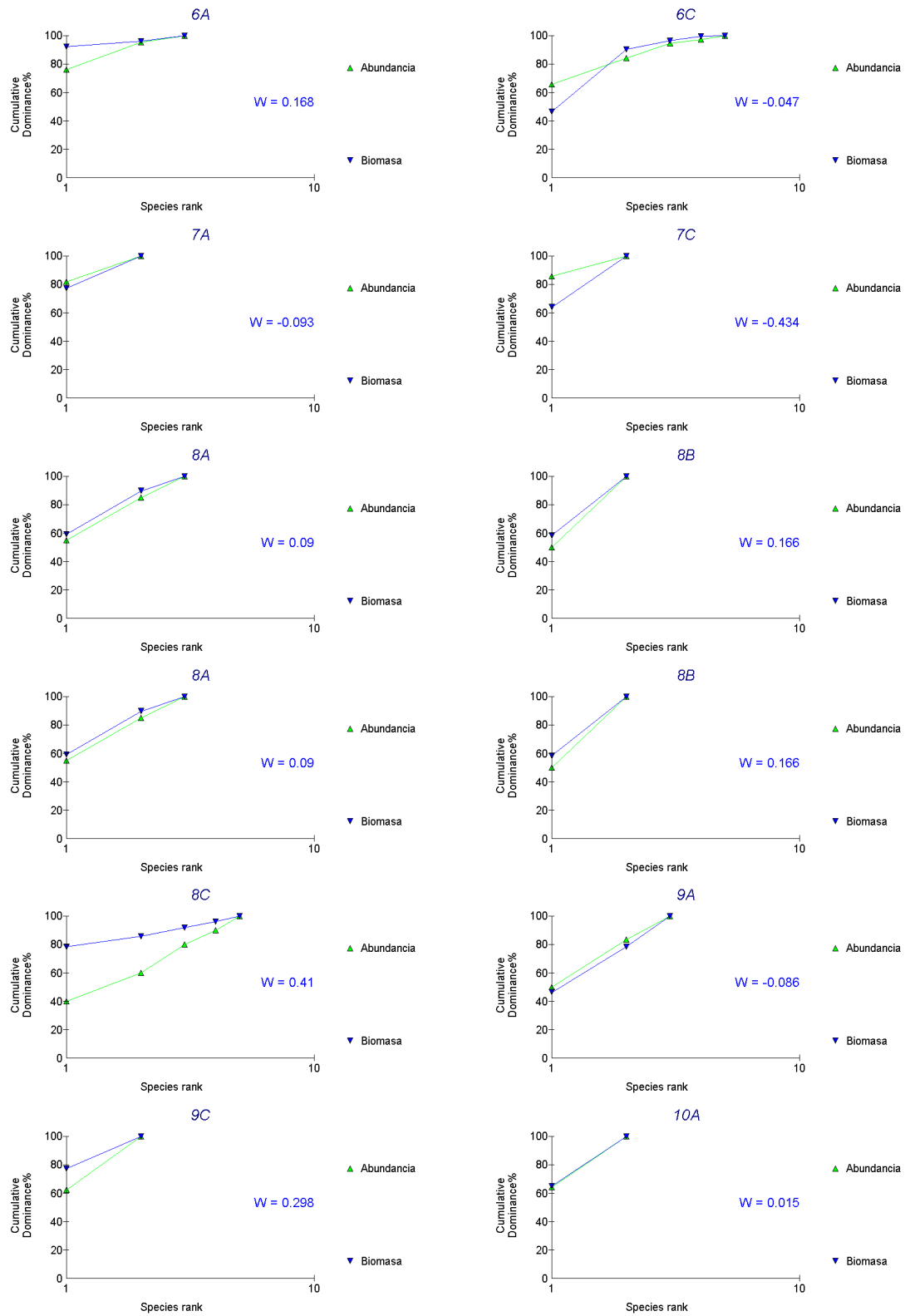


Figura 64. Gráficas de las Curvas ABC de la 6A a la 10A de la época de nortes.

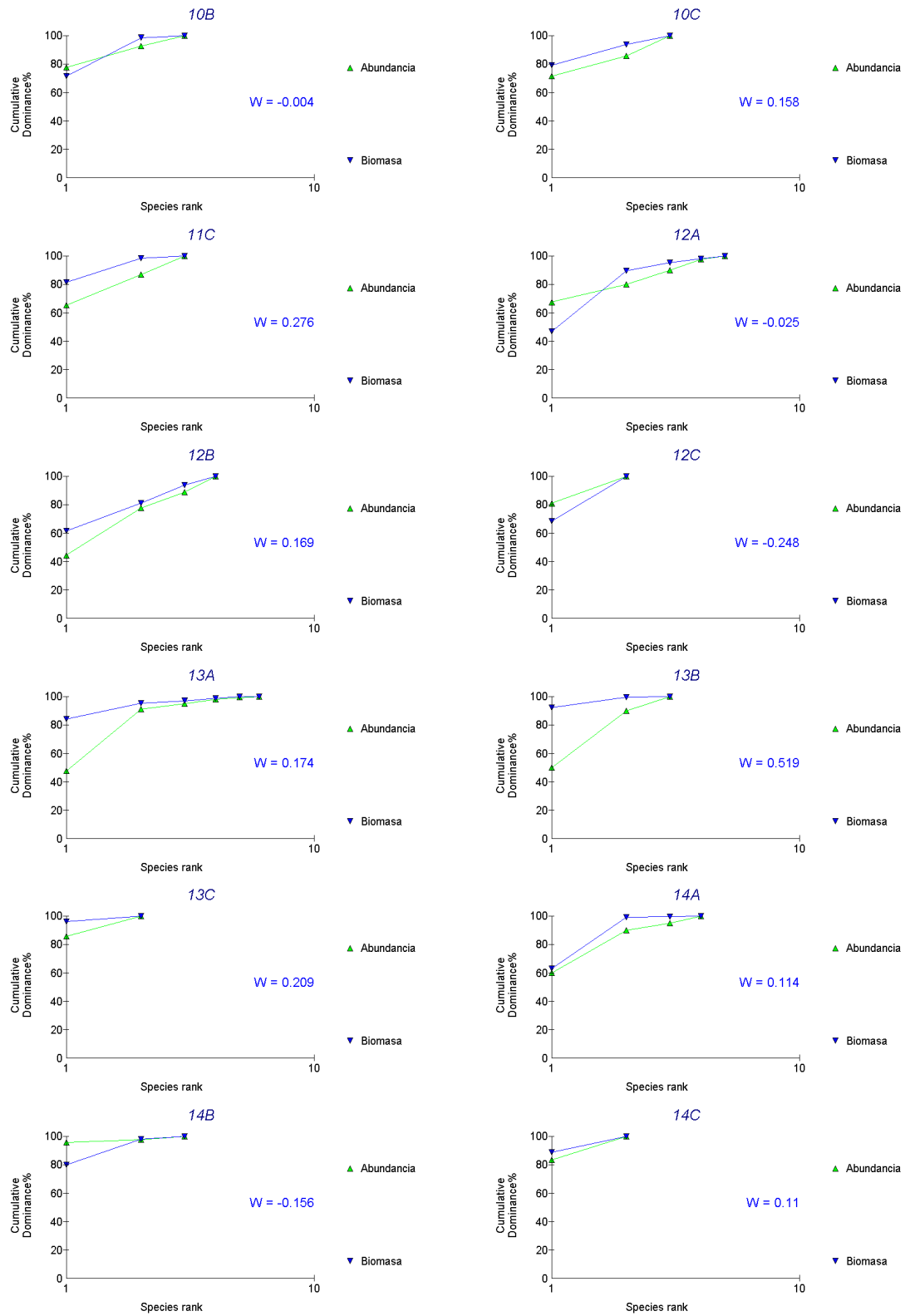


Figura 65. Gráficas de las Curvas ABC de la 10B a la 14C de la época de nortes.

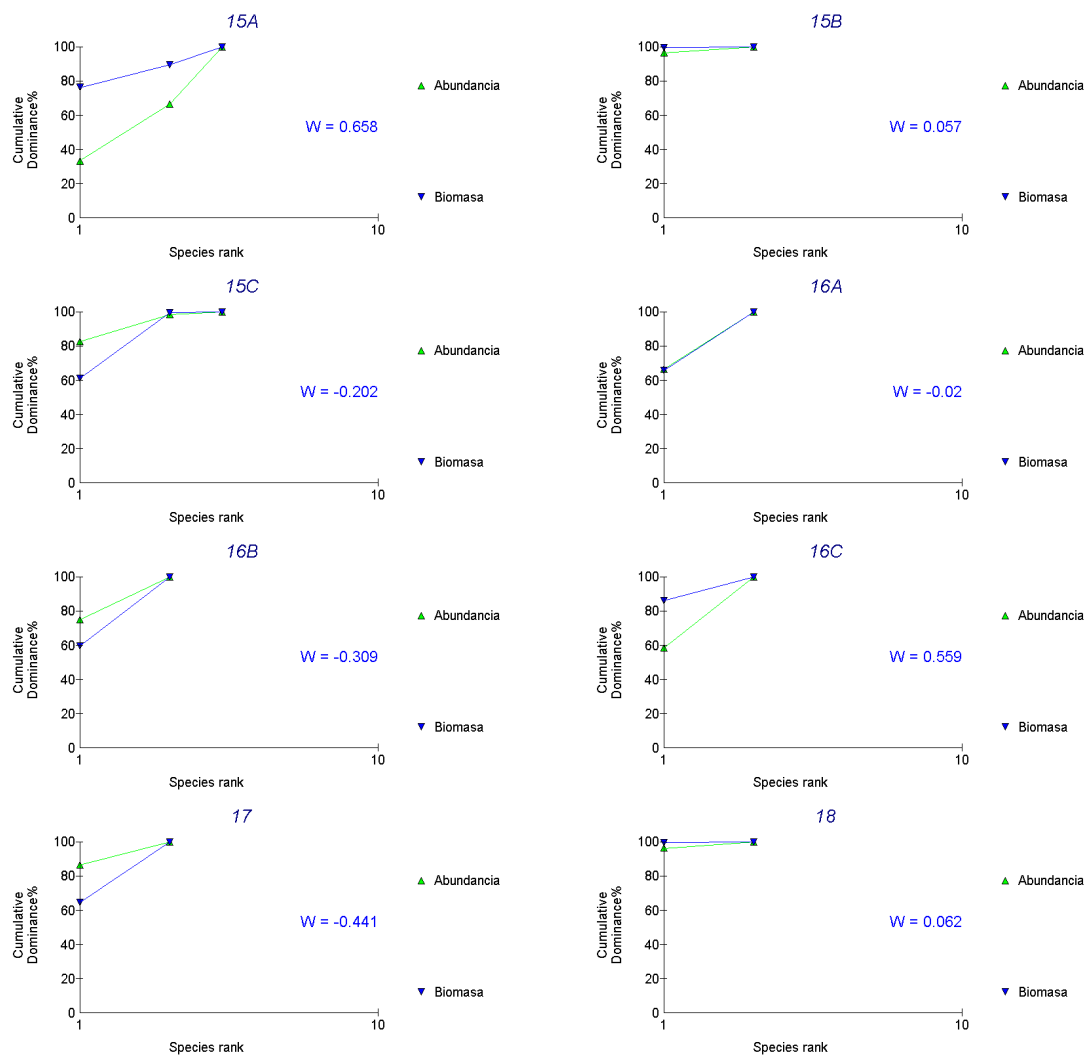


Figura 66. Gráficas de las Curvas ABC de la 15A a la 18 de la época de nortes.

3.5.11 Gráficas de comparación abundancia/biomasa ABC por transectos.

La gráficas de la zona de agua dulce presentaron los siguientes resultados Belice 1 y Belice 2, estuvieron moderadamente contaminados, drenaje DINA no contaminado y monumento del renacimiento fuertemente contaminado (Figura 67).

En la zona oligohalina, el muelle fiscal estuvo dominada solamente por una familia Pilargidae, el congreso del estado moderadamente contaminado y el balneario punta estrella fuertemente contaminado. Belice 3 no estuvo de acorde con los resultados esperados, ya que tenía una alta concentración de materia orgánica y se clasificó como no contaminada (Fig. 67), hay que tener cuidado con su interpretación ya que se construyó únicamente con dos familias.

En la zona polihalina leos bar, plaza, bella vista, balneario dos mulas y drenaje proteritorio moderadamente contaminados, mientras que refugio de aves, UQROO y balneario calderitas no contaminados (Fig. 68).

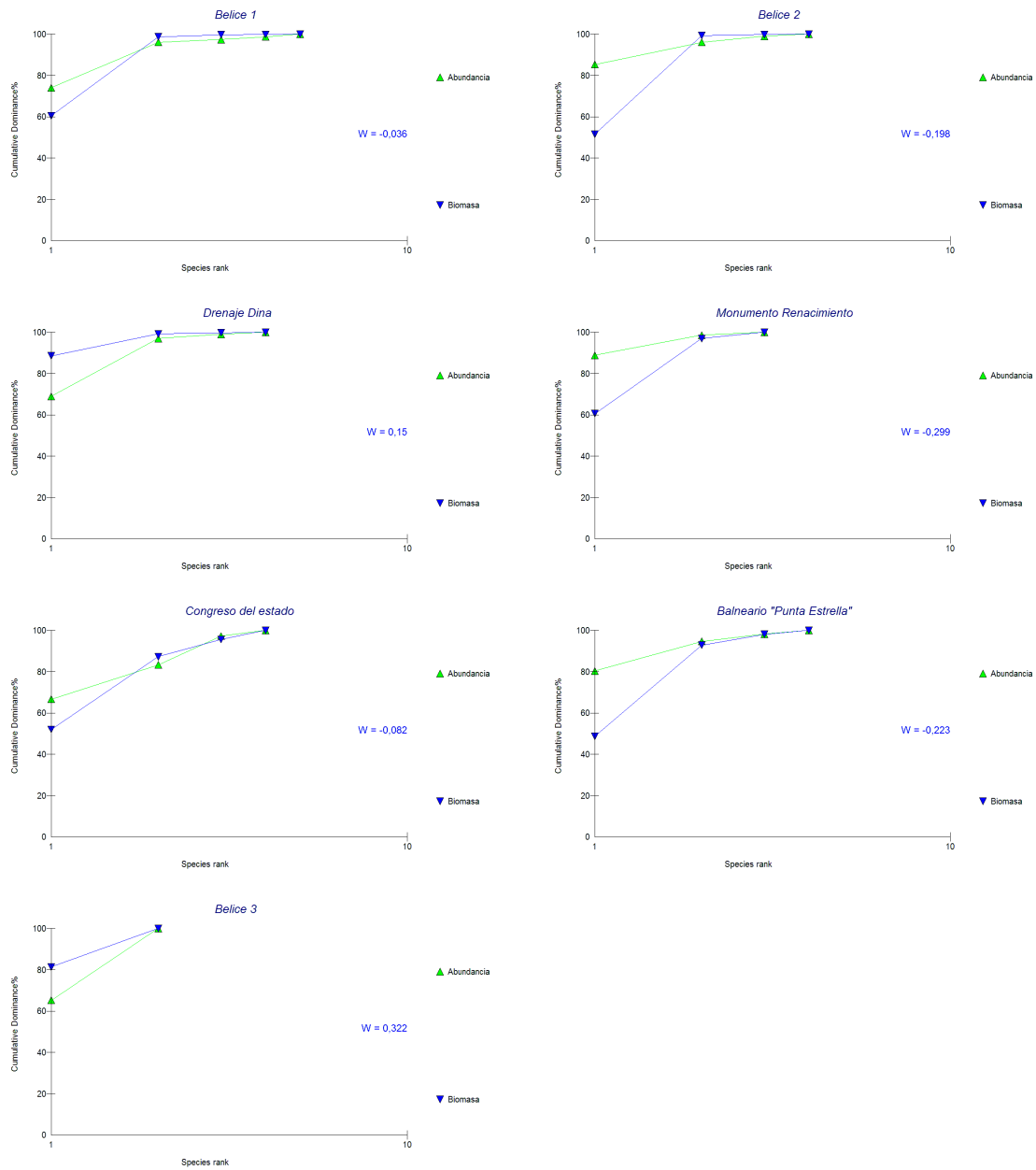


Figura 67. Gráficas de las curvas ABC por transectos de la época de nortes.

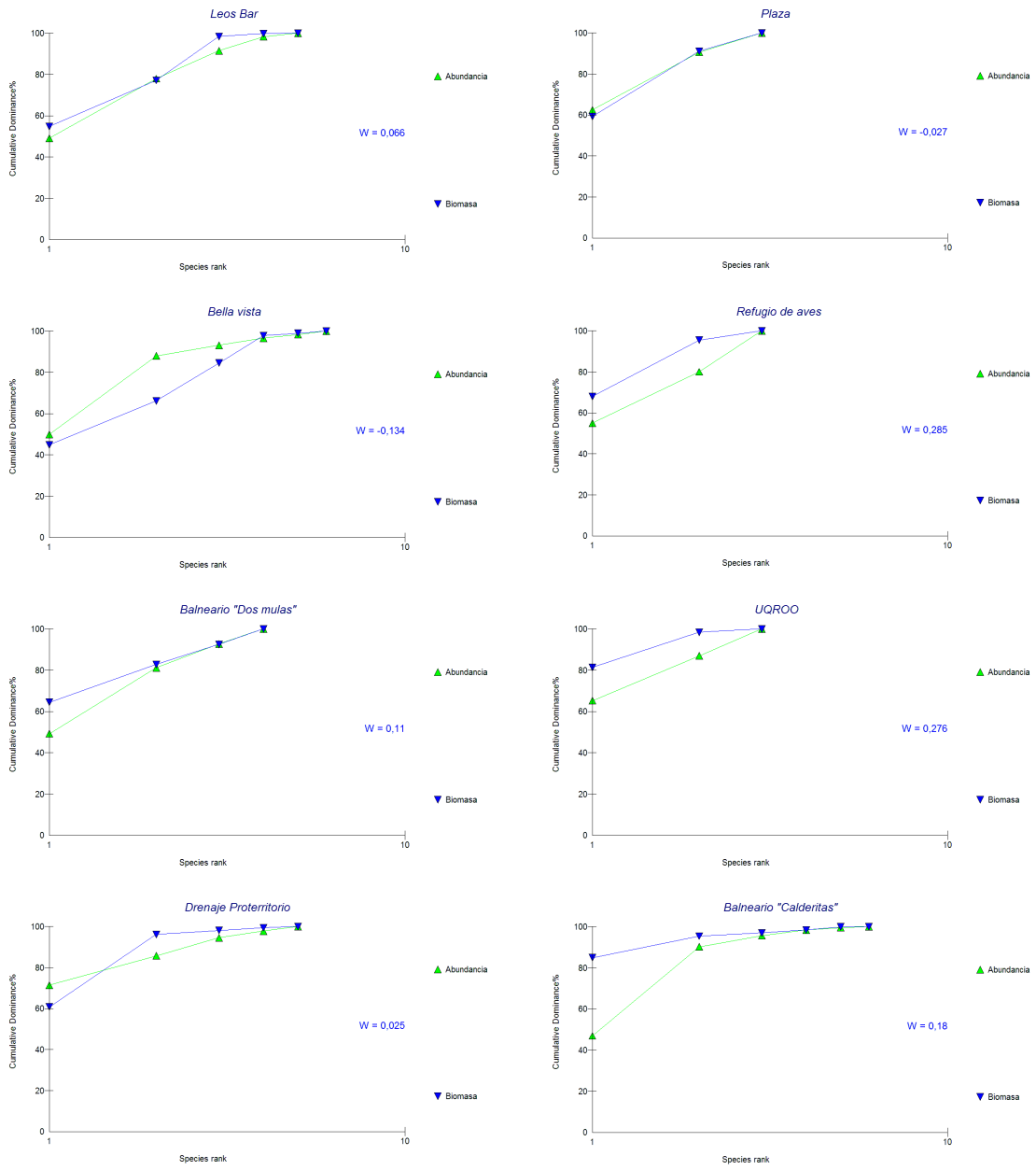


Figura 68. Gráficas de las curvas ABC por transectos de la época de nortes.

3.5.12 Distribución Log-normal

El número de especies de poliquetos encontrados fue de ocho, menor a los muestreos anteriores, además del taxa oligochaeta. El de mayor abundancia fue *Sigambra grubii* con 47 %, *Rullierinereis sp. I* 18 %, el taxa Oligochaeta 13 % y *Prionospio sp.* 11 %, todos las demás especies presentaron una abundancia menor al 7 % (Tabla 34).

Tabla 34. Abundancia total de especies de la época de nortes.

Especies	Abundancia	% de abundancia
<i>Rullierinereis sp.</i>	187	17.89
<i>Nereis oligohalina</i>	71	6.79
<i>Capitella cf. capitata</i>	37	3.54
<i>Sigambra grubii</i>	490	46.89
<i>Eteone heteropoda</i>	4	0.38
<i>Prionospio sp.</i>	114	10.91
<i>Streblospio sp.</i>	3	0.29
<i>Polydora cornuta</i>	2	0.19
Oligochaeta	137	13.11

Para la realización de la gráfica Log-normal se tomaron en cuenta todas las especies de poliquetos y el taxa oligochaeta. En esta época climática se mantuvo la clase geométrica IX como en el muestreo de lluvias, pero esta vez se debió principalmente a *Sigambra grubii* (Fig. 69). La especie seleccionada por el método como indicadora de contaminación fue *Capitella cf. capitata*.

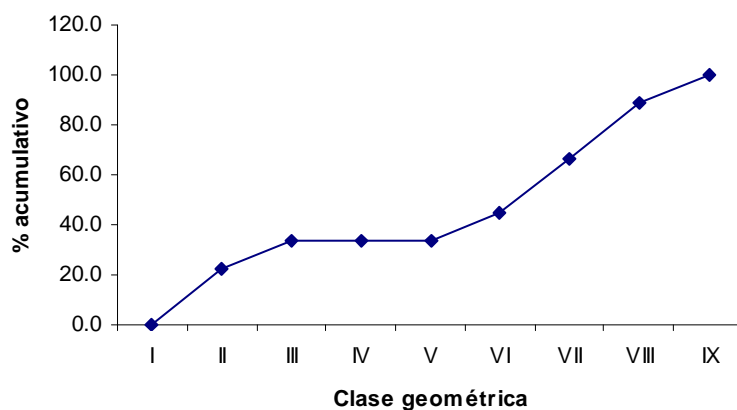


Figura 69. Distribución Log-normal de la época de norte.

3.5.13 Diagnóstico ambiental.

De acuerdo a los resultados de MO, índice de diversidad y curvas ABC (Figuras 71-73), se puede decir que los transectos no contaminados son balneario calderitas, Centro de bahía 2, drenaje DINA, UQROO y refugio de aves en el grupo 1 (Figura 70). Los clasificados como moderadamente contaminados son Belice 2, Leos bar, drenaje proterritorio, balneario dos mulas, bella vista, Belice 1, congreso y plaza. Y los que están fuertemente contaminados, Centro bahía 1, balneario punta estrella, monumento del renacimiento, muelle fiscal y Belice 3.

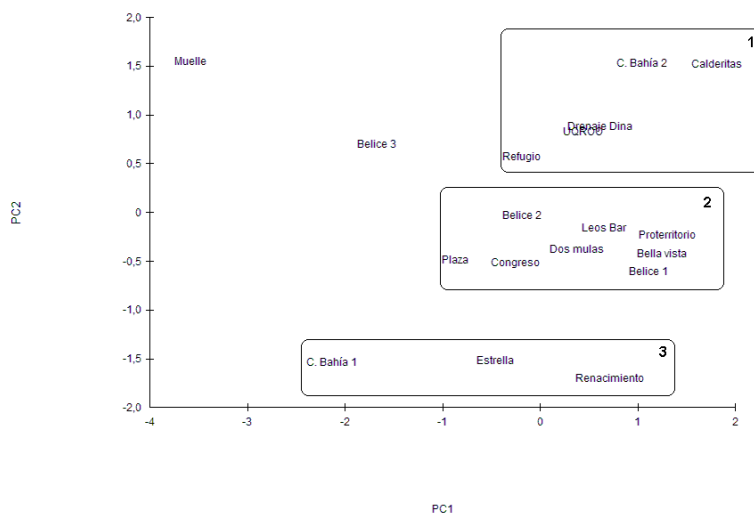


Figura 70. PCA de los índices ecológicos, MO y resultados de las curvas ABC.

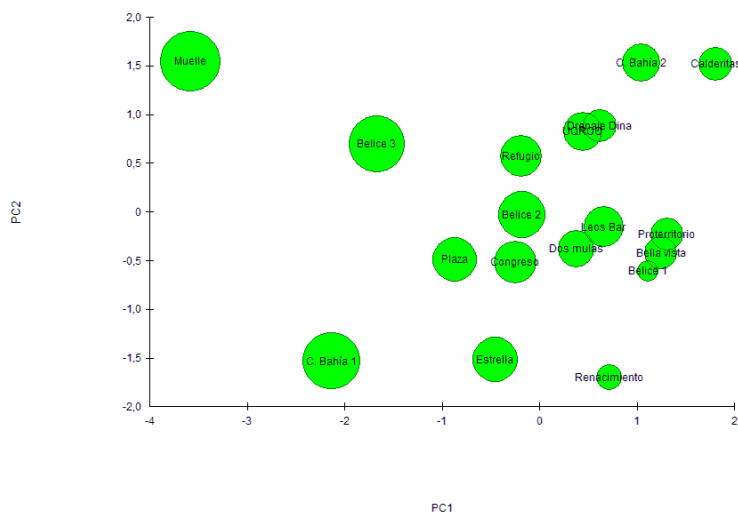


Figura 71. Resultados de la concentración de Materia orgánica por transectos.

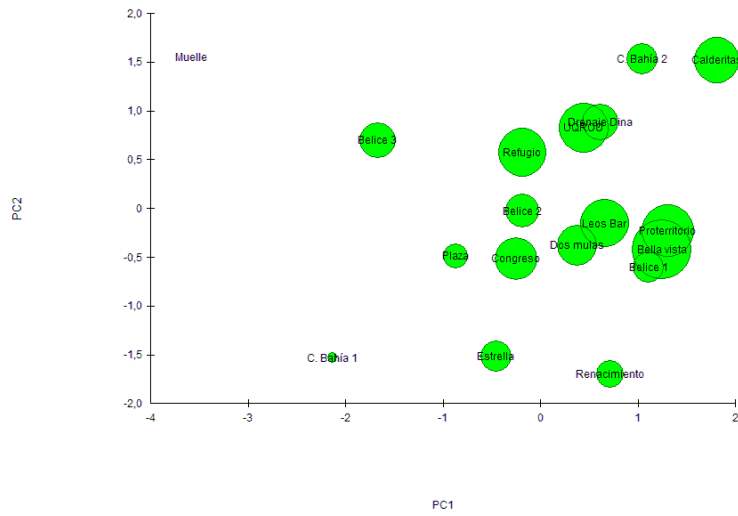


Figura 72 Resultados del índice de diversidad por transectos de la época de nortes.

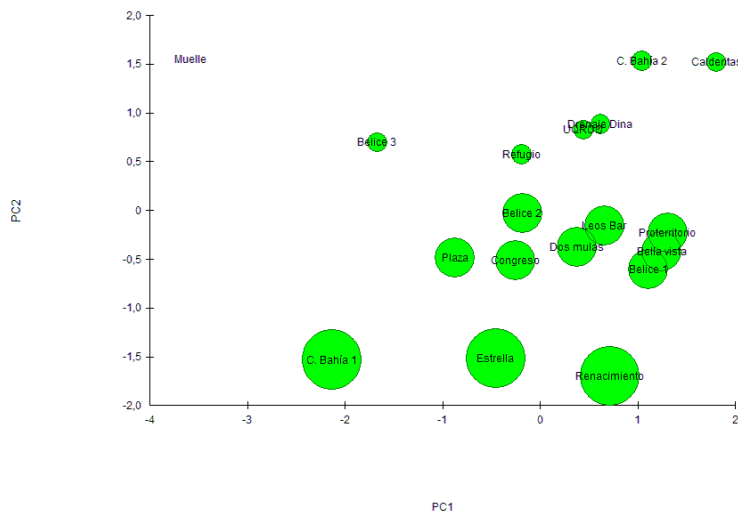


Figura 73. Resultados de las curvas ABC por transectos de la época de nortes.

DISCUSIONES

Contenido de MO en los sedimentos y su distribución.

Según las concentración de materia orgánica, la bahía de Chetumal se clasifica como un ambiente moderadamente contaminado (1-2 %) y contaminado (2-3 %) con respecto a la clasificación de Mora et al. (1989), si continua el incremento en las concentraciones de MO (Figura 74) podrían presentar estaciones sin fauna (zonas azoicas) cuando el contenido de carbón supere el 3 %, dicha tendencia se identificó en el muelle fiscal.

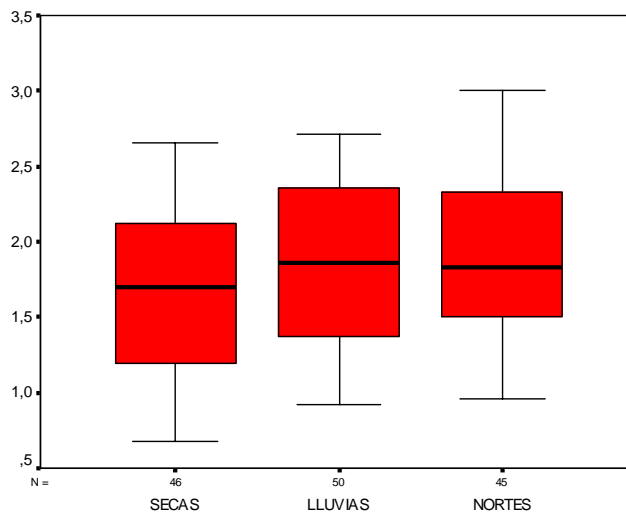


Figura 74. Concentración de MO para cada una de las épocas climáticas.

Las bajas concentraciones de MO por las estaciones cercanas a la bocana del río hondo se deben principalmente a las fuertes corrientes del río (Herrera-Silveira y Ramírez- Ramírez, 1996), las cuales arrastran los sedimentos hacia la zona centro de la bahía y las estaciones más cercanas de la costa. Las elevadas concentraciones de materia orgánica en la zona centro se debe al drenaje del muelle fiscal y las infiltraciones de aguas residuales del manto acuífero. En la parte norte de la zona urbana de la bahía de Chetumal se encontraron concentraciones bajas de MO, una de las principales fuentes de aporte es el drenaje de proterritorio pero dada su ubicación abarca una zona mayor donde existe una mejor dispersión del contaminante, factor que no se presenta por la zona centro ya que es una zona de acumulación (Salazar-Silva, 1998).

Comportamiento de los parámetros físico-químicos.

En relación a los parámetros físico-químicos, salinidad, OD y pH presentaron un incremento de sur a norte con respecto a la escala espacial. Esto ocasionado por el aporte de agua dulce del río hondo, así como la alta tasa de precipitación que ocasiona una dilución (Alongi M., 1990).

Con respecto al oxígeno disuelto hubo estaciones que presentaron valores mayores a 5 mg/l en la época de secas, mientras que en la época de lluvias y nortes las concentraciones fueron menores a 5 mg/l. Como se observó a escala temporal existe una disminución en general de cada una de las variables medidas. Las características típicas de los trópicos húmedos son salinidad variable, estuarización por las plumas de ríos, así como bajas concentraciones de OD menor a 4 mg/l (Alongi M., 1990).

Durante la época de secas (Fig. 75) se pueden establecer dos gradientes de OD aquellas menores a 5 mg/l aguas no saludables (EPA, 1986), que se encuentran cerca de la bocana del río hondo y abarca las estaciones 1, 2, 3, 4, 5, 13, 14 y 15, la baja concentración de oxígeno disuelto en el agua es debido a que es consumido para la oxidación de la materia orgánica que se encuentra en el sedimento (Pearson, 1978). Aquellas mayores a 5 mg/l se consideran ambientes saludables, encontrándose en la parte norte de la zona urbana de la bahía de Chetumal.

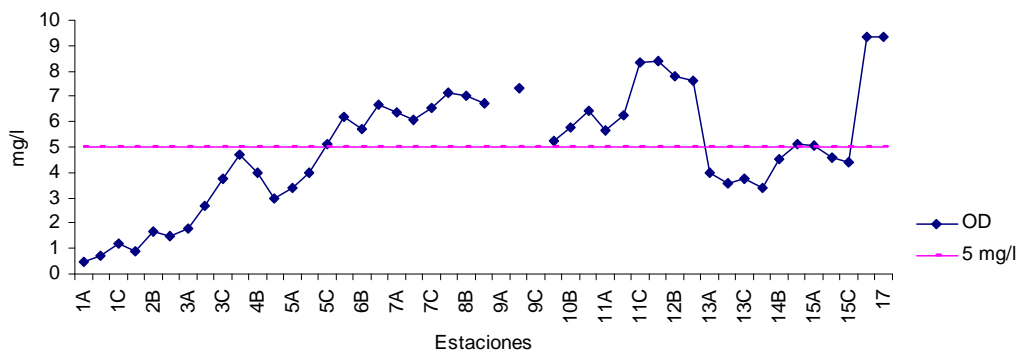


Figura 75. Comportamiento del oxígeno disuelto en la zona urbana de la bahía de Chetumal durante la época de secas.

Análisis Bio-Env

Al relacionar los factores bióticos de la matriz de abundancia de similaridad de bray-curtis transformados a raíz cuarta con la matriz de distancia euclidiana de las variables ambientales. Durante la época de secas se obtuvo que las variables que mejor explican el comportamiento de la comunidad son la **salinidad** y el **pH** obteniéndose un coeficiente de correlación de Spearman de 0.37 y 0.29 respectivamente y el mejor se obtiene con estas dos variables juntas pero sin un aumento considerable. En la época de lluvias los mayores coeficientes de correlación de Spearman fueron para el **pH** 0.29, y **salinidad** 0.23, mientras que las variables que mejor explican el comportamiento de la comunidad fueron la profundidad, temperatura, salinidad y pH con 0.32. En la época de nortes el mayor coeficiente fue para los **SDT** con 0.213 y el mayor para las variables de profundidad, temperatura, SDT y MO con 0.249. Las variables relacionadas con la matriz de similaridad de biomasa fueron las mismas para los muestreos de secas, lluvias y nortes con valores un poco menores. Esto concuerda con lo encontrado por Salazar (1998) y el efecto de la salinidad que presentan los estuarios sobre la macrofauna (Dauer, 1993).

Análisis de componentes principales (PCA)

El análisis de componentes principales ayuda a detectar similitudes, diferencias y relaciones entre los sitios de muestreo, cuando en la mayoría de los casos la estructura de los datos no es tan obvia (Zitko, 1994).

El análisis PCA pudo diferenciar claramente las zonas de salinidad para cada una de las épocas de muestreo, además de que fue la variable que mejor explica el comportamiento de la comunidad.

Los transectos 1 y 14 presentan características ambientales parecidas durante todo el año del muestreo con valores bajos ya que se agruparon claramente en las tres épocas de muestreo al aplicar el PCA a diferencia de las demás.

La bahía de Chetumal es un sistema estuarino que presenta una fuerte variabilidad con respecto a la salinidad, encontrándose zonas polihalinas (18-30 ‰) en la época de secas hasta llegar a tener características de agua dulce en la época de nortes. Esto requiere de especial atención para diferenciar que los cambios en la biota son el resultado de la acumulación de MO procedentes de las descargas de aguas residuales y no de la salinidad (Reish, 1984).

Agrupación de las estaciones.

Las estaciones de los transectos 1 y 14 se agruparon dos veces en el muestreo de secas y nortes, con excepción de lluvias en donde algunas estaciones se encontraron en otros grupos, estos grupos se caracterizaron por la dominancia de la familia Nereididae y el taxón oligochaeta; esta agrupación se debe a que los análisis multivariados son más sensitivos que los métodos independientes de las especies (univariados/gráficos) en la distinción entre sitios o temporadas (Warwick & Clarke, 1991). En lluvias tal vez no se agruparon ya que se formó una asociación Nereididae con Capitellidae. En cada uno de los grupos de las épocas se formaron dos grupos en el que el principal representante era la familia Pilargidae, en secas se formó Pilargidae-Spionidae-Capitellidae y Pilargidae-Spionidae, en lluvias Pilargidae-Oligochaeta y Pilargidae-Nereididae que fueron los mismos para la época de nortes con valores de abundancias promedios diferentes. La época de lluvias tuvo un cuarto grupo formado por Spionidae-Nereididae.

Ordenación de las estaciones

En la ordenación de los dos primeros muestreos se obtuvo un valor de estrés igual a 0.17 mientras que en el tercero fue de 0.19. Según los rangos de estrés que se manejan en la literatura que se encuentran en el rango de 0.12 (Salazar, 1998) y 0.2 (Clarke, 1993; Hernández-Arana, 2003), nos indica un buen ajuste en la ordenación realizada; además nos proporcionan una buena representación de la comunidad.

Índices ecológicos

Riqueza de familias

Durante el año de muestreo se recolectaron seis familias de poliquetos; Nereididae, Pilargidae, Spionidae, Capitallidae, Phyllodocidae y Goniadidae. En cuatro de éstas familias: Spionidae, Nereididae, Capitellidae, Pilargidae existe por lo menos alguna especie de cada una como indicadora de contaminación por materia orgánica (Lanza Espino et al., 2000). El taxa oligochaeta ha sido también reportado como indicador de contaminación por MO, pero para ambientes de aguas dulces o de baja salinidad (Pearson, 1978, Reish, 1984, Connell & Miller, 1984).

Riqueza de especies

En total se encontraron 12 especies de poliquetos: *Rullierinereis sp.*, *Nereis oligohalina*, *Capitella capitata*, *Heteromastus sp.*, *Sigambra grubii*, *Eteone heteropoda*, *Glycinde solitaria*, *Prionospio sp.*, *Streblospio sp.*, *Scoelepis lighti*, *Spio pettiboneae*, *Polydora cornuta*. Este número reducido de especies es característico de ambientes estuarinos (Little, C., 2000), dada las condiciones ambientales a la que son sometidas. Comparado con el número de especies en el estuario tropical de Costa Rica (Maurer & Vargas, 1984.) es muy bajo, a pesar de que en ese lugar se encontraron 120 especies de poliquetos, los autores señalan que se encuentra entre los valores medios de los estuarios tropicales y subtropicales y es muy bajo a los registrados en los estuarios templados. Únicamente es comparable con el número de especies de poliquetos registrados en el subartico intermareal con un máximo número de especies de 16 que igualmente era impactada por aguas residuales (Samuelson, 2001), y al no de especies intermareales de 6-8 en la Ensenda de Lourizán (Mora, 1989).

Diversidad

Los índices de diversidad de Shannon-Weiner fueron muy bajos encontrándose en el rango de 0-2 bits/ind., empleando este criterio se puede decir que las estaciones con menos de 1 bits/ind. están fuertemente contaminadas, aquellas que se encuentran entre 1-3 bits/ind. moderadamente contaminadas, ya que los mayores a 3 bits/ind. son ambientes limpios (Connell & Miller, 1984).

Comparando la diversidad del bentos de la bahía de Chetumal con el estuario tropical de Costa Rica (Maurer & Vargas, 1984.), el índice todavía es menor ya que el rango de este estudio fue de 0-3.09 bits/ind.

Correlación de la Diversidad con las variables ambientales.

Durante la época de secas se calculó el coeficiente de correlación de cada una de las variables físico-química con respecto a la diversidad de poliquetos, los valores mayores fueron 0.50 para el OD, pH, salinidad, sólidos disueltos totales y conductividad. Posteriormente se eliminaron las estaciones 1, 2 y 14 por ser las más cercanas a la bocana del río hondo y de mayor variación con respecto a la salinidad. Nuevamente se calculó el coeficiente de correlación y se obtuvo un valor de -0.61 indicando que la materia orgánica es el factor que se asocia con la diversidad de la comunidad de poliquetos. Los valores más bajos de diversidad (0-1.44 bits/ind) se encontraron en los sitios de mayor concentración de MO (1.74-2.66 %) y los valores más altos (1-2.18 bits/ind) en los sitios con menor concentración de MO (0.76-1.72%). Este puede ser considerado como un factor antropogénico debido a las descargas que se han vertido en la bahía de Chetumal (Ortiz y Sáenz, 1996; 1997).

Para la época de lluvias el mayor coeficiente de correlación obtenido fue para el pH con 0.50, salinidad 0.43, DBO con 0.37 y el amoníaco con 0.31. Al repetir el procedimiento anterior descrito arriba con la eliminación de las estaciones, los mayores coeficientes de correlación fueron para pH 0.42, salinidad 0.37 y DBO 0.33, observándose una disminución de los coeficientes.

En la época de nortes se obtuvo una correlación positiva con la salinidad y una negativa con la MO con los coeficientes de 0.38 y -0.38 respectivamente. En esta ocasión como se identificaron tres zonas de salinidad, de agua dulce, oligohalina y mesohalina. Se examinó cada grupo por separado, obteniéndose altos coeficientes de correlación entre la MO y la diversidad (H') con -0.61 y -0.43 en la zona oligohalina y mesohalina respectivamente.

Como podemos observar los valores bajos de diversidad se relacionan con las áreas más impactadas, mientras que las zonas menos impactadas con los valores mayores según Salazar-Vallejo (1991), por lo que el uso del índice de Shannon-Weiner es un buen índice para llevar un monitoreo a largo plazo en la Bahía de Chetumal.

Durante la época de lluvias no se pudo observar alguna relación entre la diversidad y la materia orgánica, esto nos indica que otros factores como el disturbio ocasionado por las tormentas afectan la comunidad del bentos, ya que ocasiona un mayor aporte de agua dulce, así como un incremento en las escorrentías del río hondo y la línea de costa, por lo cual durante este periodo la fauna esta en un proceso constante de cambio (Hernández-Arana, 2003).

Curvas ABC

Durante la realización de las curvas ABC en la época de secas y nortes por distancia no se encontró algún patrón claro respecto a los resultados proporcionados, debido principalmente al bajo número de familias recolectadas, pero cuando se sumaron los datos faunísticos de los tres transectos para realizar las curvas ABC por transectos, estas dieron una buena interpretación, lo que hace suponer que el número de réplicas empleadas para cada estación no era suficiente para recolectar la mayor diversidad (Warwick, 1986).

En la época de lluvias algunas estaciones en donde se encontraron bajas concentraciones de MO resultaron impactadas, por el contrario donde había una alta concentración se clasificaban como no impactadas por las graficas. Tal vez esto se deba a la abundancia mayor de la familia Nereididae, pero que a comparación con otros poliquetos es de mayor tamaño y durante los tres muestreos dominó en términos de biomasa. Tal y como fue observado en el estuario de la bahía de Chesapeake en Virginia, donde una pequeña abundancia de especies de gran tamaño (poliquetos tubícolas), particularmente en regiones mesohalinas y polihalinas del estuario, afectan grandemente el análisis (Dauer, 1993). Cuando se intentó probar el método en una región intermareal se concluyó que no puede ser aplicado a dichas comunidades sin referencia a largo plazo y series espaciales de muestras de control (Beukema, 1988).

DISTRIBUCIÓN LOG-NORMAL

Para la selección objetiva de especies indicadoras de contaminación se elaboraron las graficas Log-normal empleando las abundancias totales de cada una de las especies del área de muestreo, incluyendo el taxa oligochaeta. Aquellas que se encuentran en las clases geométricas V (16-31 individuos) y VI (32-63 individuos) son adecuadas para el establecimiento de programas de monitoreo (Gray & Pearson, 1982).

La grafica de época de secas incluyó en la clase geométrica V a la especie *Heteromastus sp.*, en la clase VI a las especies *Nereis oligohalina* y *Capitella cf. capitata*. En la grafica de época de lluvias pertenecieron a la clase geométrica V las especies *Capitella cf. capitata* y *Eteone heteropoda*. En la última temporada de muestreo, el método selecciono únicamente a la especie *Capitella cf. capitata* perteneciente a la clase geométrica VI. Como podemos observar la especie *Capitella cf. capitata* fue seleccionada por el método durante los tres temporadas de muestreo, sugiriendo que esta especie puede ser utilizada en los programas de monitoreo a reducida escala, tal y como lo demuestran otros estudios (Holte & Gulliksen, 1984, Blackstock et al., 1986 y Méndez, 1993). La aparición de la clase geométrica IX es indicación del incremento en abundancia de algunos organismos oportunistas.

De las especies encontradas, *Sigambra grubii*, podría ser utilizada como indicadora también, ya que cumple con los requisitos de una especie indicadora, abundancia elevada, amplia distribución (Pearson & Rosenberg, 1978; Salazar-Vallejo, 1991), además de que en el punto con altas concentraciones de materia orgánica como es el caso del muelle fiscal, durante los tres muestreos fue la familia persistente a concentraciones mas altas de MO.

Las gráficas Log-normal tuvieron casi la misma forma por lo que no fue posible compáralas o detectar cambios en la comunidad, debido al corto tiempo de estudio, además de que se requiere mas investigación con los ambientes estuarinos (Bonsdorff & Koivisto, 1982).

CONCLUSIONES

En general se puede decir que el aporte de materia orgánica va en aumento debido a la descarga del río hondo y algunos aportes antropogénicos como descargas de aguas residuales, pluviales e infiltraciones de los mantos acuíferos. Lo que ocasiona serios problemas para los organismos estuarinos como es el caso del muelle en donde a la distancia de 50 y 300 m de las épocas de lluvias y nortes, no se encontró fauna poliquetológica, éstas son las estaciones donde se encontraron las más elevadas concentraciones de MO durante todo el año de muestreo.

Los factores ambientales que influyen en la composición faunística del phylum annelida en la zona urbana de la Bahía de Chetumal son la salinidad y el pH, ya que presentaron los mayores valores de coeficientes de correlación de Spearman durante la realización del análisis BIO-ENV.

La salinidad tiene un fuerte efecto sobre la comunidad de poliquetos, pero es posible diferenciar el efecto de dicha variable con criterios apropiados, como el análisis de la fauna presente en cada una de las zonas de salinidad que conformen el estuario, y así poder diferenciar los disturbios naturales de los antropogénicos, aunque esto no siempre es posible como en el caso de las tormentas que se presentan en la época de lluvias.

Las curvas ABC pueden ser empleadas para el monitoreo de la bahía especialmente cuando los factores climáticos tienen poca influencia en la comunidad de poliquetos, como en el caso de las épocas de secas y nortes.

Las formas de las gráficas Log-normal nos representan un ambiente moderadamente contaminado, ya que incluye clases geométricas de los grupos VIII y IX. Se propone como especie indicadora de contaminación por materia orgánica para posibles monitoreos a futuro a *Capitella cf. capitata*.

Las transectos con algún grado de impacto para la época de secas fueron: Centro Bahía 1, Belice 2 (Impacto natural), Belice 3 (Impacto natural), Muelle Fiscal, Congreso

del estado, Balneario “Punta Estrella”, Leos Bar, Plaza, Refugio de aves, Drenaje de Proterritorio, además tres presentaron estrés natural Belice 1, Drenaje DINA, Monumento Renacimiento y los que se consideran no contaminados Centro Bahía 2, Bella vista, balneario “Dos mulas” y balneario “Calderitas”.

Las transectos con algún grado de impacto para la época de nortes fueron: Centro Bahía 1, Belice 3(Impacto natural), Muelle Fiscal, Congreso del estado, Balneario “Punta Estrella”, Leos Bar, Plaza, Bella vista, Balneario “Dos mulas” y Drenaje de Proterritorio, además cuatro presentaron estrés natural Belice 1, Belice 2, Drenaje DINA, Monumento Renacimiento y los que se consideran no contaminados Refugio de aves, Centro Bahía 2, UQROO (300 m) y balneario “Calderitas”.

RECOMENDACIONES

Se recomienda como puntos de monitoreo Belice 1, Belice 3, drenaje DINA, muelle fiscal, Centro Bahía 1, Centro Bahía 2, balneario punta estrella, drenaje de Proterritorio, como sitios de referencia balneario dos mulas y calderitas.

Se debería de seguir aplicando las curvas ABC durante un periodo mas largo, para determinar la confiabilidad del método en los ambientes estuarinos, aumentando el numero de muestras recolectadas para cada sitio. Además se debería de incluir a toda la comunidad del bentos del área de estudio, tal vez por la falta de información las gráficas no dieron los resultados esperados.

El análisis Log-normal se debería de realizar anualmente o cada dos años para poder distinguir diferencias contrastantes, ya que en la realización del presente trabajo las graficas mostraron casi el mismo patrón.

Una de las desventajas al emplear la familia *Capitella cf. capitata* como indicadora de contaminación en la zona urbana de Chetumal seria que tuvo una abundancia moderada y en algunas ocasiones bajas, además de que en sitios donde supuestamente había un incremento de MO no se encontró. En lo personal estudiaría algunas características intrínsecas de la especie *Sigambra grubii* (tamaño, peso, ciclos de reproducción, cambios estacionales a largo plazo) ya que está presentó una mayor abundancia y distribución por toda la zona urbana de la Bahía de Chetumal característica importante de una especie indicadora.

Otro parámetros a medir sería el potencial de oxidación del sedimento para saber si se esta oxidando o reduciendo la MO, la medición del contenido de oxígeno disuelto en el sedimento.

Además de los parámetros medidos conviene realizar estudios sobre la tasa de sedimentación en la Bahía, para saber a que razón cambia el contenido de MO y como se ve influenciado por las corrientes marinas y la acción del viento.

LITERATURA CITADA

- Alongi, M. 1990. The ecology of tropical soft-bottom benthic ecosystems. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.* 28: 381-496.
- Beukema, J. 1988. An evaluation of the ABC-method (Abundance/biomass comparison) as applied to macrozoobenthic communities living on tidal flats in the Dutch Wadden Sea. *Mar. Biol.* 99, 425–433.
- Blackstock, J., Johannessen, P. & Pearson T.H. 1986. Use of a sensitive indicator species in the assessment of biological effects of sewage disposal in fjords near Bergen, Norway. *Marine Biology.* 93: 315-322.
- Bonsdorff E. & Koivisto V. 1982. The use of the Log-normal distribution of individuals among species in monitoring zoobenthos in the northern Baltic Archipelago. *Mar Poll Bull.* 13(9):324-327.
- Calderón-Aguilera, Luis. 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.
- Chavira, M., Briceño, J., Negroe A., Pérez, J., Sanchez T. y Hoil R. 1992. Diagnostico de la calidad del agua en la Bahía de Chetumal, Q. Roo. *Avacient*: 3: 16-31.
- Clarke K. R. 1993. Non-metric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology.* 18: 117-143.
- Clarke, K. R. & Ainsworth. 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.
- Dauer M., Luckenbach W, & Rodi J. 1993. Abundance biomass comparison (ABC method): effects of an estuarine gradient, anoxic/hypoxic events and contaminated sediment. *Marine Biology.* 116: 507-518.
- Defeo Omar & Lercari Diego. 2004. Testing taxonomic resolution levels for ecological monitoring in sandy beach macrobenthic communities. *Aquatic Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.* 14: 65-74.
- Delgado-Blas V. 2004. Espiónidos (Polychaeta: Spionidae) Del Gran Caribe. Tesis doctoral. ECOSUR.
- EPA. 1986. Quality criteria for water 1986. Washington. D C.

-
- Flores Rodríguez, Jesús Roberto y García Domínguez, José de Jesús. 2001. Resumen de los estudios de la calidad del agua de la bahía de Chetumal, Quintana Roo, México. 1988-2000. Secretaria de Marina Armada de México.
- Flores Rodríguez, Jesús. 2002. Estudio de la calidad del agua sobre la línea costera de la Bahía de Chetumal. Secretaria de Marina Armada de México.
- Franco López, J., Cruz Agüero, G., Cruz Gómez, A., Rocha Ramírez, A., Navarrete Salgado, N., Flores Martínez, G., Kato Miranda, E., Sánchez Colón, S., Abarca Arenas, L., y Bedia Sánchez, C. 1989. Manual de Ecología. Editorial Trillas, 2ª ed., México D.F., pp: 249-250.
- García, 1973. Modificaciones del sistema de clasificación climática de Köpen. Instituto de geografía, UNAM 1ª ed. México D. F. 246 p.
- Gasca R. y Castellanos I. 1993. Zooplancton de la Bahía de Chetumal, Mar Caribe, México. *Rev. Biol. Trop.* 41(3): 619-625).
- 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.
- 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.
- Hernández-Arana H. 2003. Influence of natural and antropogenic disturbance on the sofá bottom macrobenthic community of the Campeche bank, México. Tesis doctoral. Plymouth Marine Laboratory. 210 p.
- Herrera-Silveira, J.A., A. Jiménez zaldívar, M. Aguayo González, J. Trejo Peña, I. Medina Chan, F. Tapia González, I. Medina Gómez y O. Vázquez-Montiel. 2002. Calidad del agua de la Bahía de Chetumal a través de indicadores de su estado trófico. En: F.J. Rosado-May, R. Romero Mayo y A. De Jesús Navarrete (Eds.). Contribuciones de la ciencia al manejo costero integrado de la Bahía de Chetumal y su área de influencia. Universidad de Quintana Roo, Chetumal, Q. Roo, México, p 185-196.
- Holte, Borge & Gulliksen, Bjord. 1984. Benthic communities and their physical environment in relation to urban pollution from the city of Tromsø Norway. *Sarsia.* 72:133-141.
-

-
- Lanza Espino, Hernández Pulido y Carbajal Pérez. 2000. Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación: (bioindicadores). México, Plaza y Valdés, pp. 11-307.
- Little, C., 2000. *The Biology of Soft Shores and Estuaries*. Oxford: Oxford University Press, 252pp.
- Llanes-Baeza, 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.
- Maurer D. & Vargas J. 1984. Diversity of soft-bottom benthos in a tropical estuary: Gulf of Nicoya, Costa Rica. *Marine Biology*. 81: 97-106.
- Méndez, Ubach. 1993. *Capitella capitata* (Polychaeta: capitellidae) as a biological indicator of organic matter pollution in the littoral zone of Barcelona, Spain. *Qualité du milieu marin-Indicateurs biologiques et physico-chimiques*. 161-174.
- Méndez-Ubach, N. 1997. Polychaetes inhabiting soft bottoms subjected to organic enrichment in the Topolobampo lagoon complex, Sinaloa, México. *Oceánides*. 12(2): 79-88.
- Mora J., Planas M. y Silva R. 1989. Impacto de la contaminación orgánica en la Ensenda de Lourizán. *Cah. Biol. Mar.* 30: 181-199
- Ortíz Hernández, M. C. y J. R. Sáenz Morales. 1996. Detergentes domésticos como factor contaminante en la zona urbana de la Bahía de Chetumal, Quintana Roo, México. *Avicennia*. 4(5): 65-75.
- Ortiz-Hernández, María Concepción & Sáenz Morales, Ricardo. 1997. Effects of organic material and distribution of fecal coliforms in Chetumal Bay, Quintana Roo. *ECUSUR*. 423-434.
- Pearson, T. H. & Rosenberg, Rutger. 1978. Macrobenthic sucesion in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr. Mar. Biol.* 16: 229-331.
- Reish, D. J. 1984. Domestic wastes. *Marine Ecology*. Vol. V, Part 4. 1711-1767.
- Salazar-Silva, P. 1998. Cambios en la estructura de la comunidad del macrobentos y su relación con contaminantes orgánicos en sedimentos de la bahía de Chetumal, Quintana Roo. Tesis de Licenciatura. CINVESTAV, Mérida, Yucatán. Noviembre.
- Salazar-Vallejo, S.I. 1986. Pilargidae (Annelida: Polychaeta) de México: Lista de especies, nueva especie y biografía. *Cahiers de Biologie Marine*. Tomo XXVI, pp. 193-209.
-

-
- Salazar-Vallejo, Sergio; León-González, J. Ángel y Polanco-Sailaces, Héctor. 1989. Poliquetos (Annelida: Polychaeta) de México, Universidad Autónoma de Baja California Sur. 212 p.
- Salazar-Vallejo, S.I. 1991. Contaminación marina: Métodos de evaluación biológica. CIQROO y Gob. Quintana Roo, Chetumal, 193 p.
- Salazar-Vallejo, S.I. 1996. Neréididos (Polychaeta) del Caribe Mexicano con una clave para las especies del Gran Caribe. *Rev. Biol. Trop.* 44(3)/45(1): 361-377.
- Samuelson M. 2001. Polychaetes as indicator of environmental disturbance on subtidal flats, Iqaluit, Baffin Island, Nunavut Territory. *Marine Pollution Bulletin.* 42(9): 733-741.
- Solís-Weiss, Vivianne. 1982. Aspectos ecológicos de la contaminación orgánica sobre el macrobentos de las cuencas de sedimentación en la Bahía de Marsella (Francia). *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol, Nal. Autón, México.* 9(1): 19-44.
- Méndez, Ubach. 1993. *Capitella capitata* (Polychaeta: capitellidae) as a biological indicator of organic matter pollution in the littoral zone of Barcelona, Spain. *Qualité du milieu marin-Indicateurs biologiques et physico-chimiques.* 161-174.
- Uebelacker, J. M. & Johnson (Editors). 1984. Taxonomic Guide to the Polychaetes of the Northern Gulf of Mexico. Final report to the Minerals Management Service, contract 14-12-001-29091. Barry A. Vittor & Associates Inc., Mobile, Alabama. 7 vols.
- Vargas Hernández, Manuel. 1991. Análisis Granulométrico de Sedimentos. Ver. 10. Museo de Zoología. Facultad de Biología. Univ. Ver. Xalapa.
- Warren Lynda M. 1976. A review of the genus *Capitella* (Polychaeta Capitellidae). *J. Zool. Lond.* 180, 195:209.
- Warwick, R. B. 1986. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. *Mar. Biol.* 92: 557-562.
- Warwick, R. M. 1988. The level of Taxonomic Discrimination Required to Detect Pollution Effects on Marine Benthic Communities. *Marine Pollution Bulletin.* 19(6): 259-268.
- Warwick, R. M. & Clarke K. R. 1991. A comparison of some methods for analysing changes in benthic community structure. *J. mar. biol. Ass.* 71, 225-244.
- Zitko V. 1994. Principal component analysis in the evaluation of environmental data. *Marine Pollution Bulletin.* 28(12): 718-722.
-

ANEXOS

Anexo 1. Localización geográfica de las estaciones de muestreo.

Transecto	Nombre	Estaciones	Distancia de la línea de costa (m)	Latitud N	Longitud W
1	Drenaje Dina	1A	50	***	***
		1B	150	361141	2045403
		1C	300	361231	2045297
2	Monumento del Renacimiento	2A	50	362470	2045175
		2B	150	362512	2045113
		2C	300	362493	2045084
3	Muelle Fiscal	3A	50	362909	2045151
		3B	150	362989	2045017
		3C	300	363015	2044856
4	Congreso del estado	4A	50	363536	2045088
		4B	150	363513	2044935
		4C	300	363460	2044774
5	Balneario "Punta estrella"	5A	50	363684	2045175
		5B	150	363774	2045112
		5C	300	363893	2044989
6	Leos Bar	6A	50	364143	2045259
		6B	150	364159	2045136
		6C	300	364225	2045029
7	Plaza	7A	50	364379	2045360
		7B	150	364430	2045323
		7C	300	364509	2045285
8	Bella Vista	8A	50	364451	2045643
		8B	150	364484	2045622
		8C	300	364607	2045619
9	Refugio de Aves	9A	50	***	***

Transecto	Nombre	Estaciones	Distancia de la línea de costa (m)	Latitud N	Longitud W
		9B	150	364649	2045965
		9C	300	***	***
10	Balneario dos mulas "Dos mulas"	10A	50	365173	2047047
		10B	150	365230	2046998
		10C	300	365364	2046991
11	Universidad de Quintana Roo. (UQROO)	11A	50	***	***
		11B	150	***	***
		11C	300	***	***
12	Drenaje de Proterritorio	12A	50	366405	2049047
		12B	150	366537	2049026
		12C	300	366642	2049039
13	Balneario "Calderitas"	13A	50	367918	2051982
		13B	150	367979	2051982
		13C	300	368663	2051970
14	Belice 1	14A	50	***	***
		14B	150	361370	2044087
		14C	300	361416	204442
15	Belice 2	15A	50	362022	2043319
		15B	150	362122	2043402
		15C	300	362109	2043479
16	Belice 3	16A	50	362693	2042089
		16B	150	362734	2042165
		16C	300	362837	2042253
17	Centro de Bahía 1	17		363295	2044473
18	Centro de Bahía 2	18		362863	2044416

*** No datos.

Anexo 2. Resultados del contenido Materia Orgánica en el sedimento.

Estaciones	SECAS		LLUVIAS	NORTES
	% C	Tamaño promedio grano (mm)	% C	% C
1A	1.581	0,28	1.729	1.614
1B	1.171	0,44	1.876	1.679
1C	1.036	0,33	1.229	1.500
2A	1.357	0,25	1.371	1.357
2B	1.071	0,26	1.086	1.243
2C	1.143	0,18	0.971	1.179
3A	2.207	0,34	2.614	2.629
3B	2.121	0,68	2.529	2.971
3C	2.657	0,76	2.714	3.000
4A	1.743	0,72	2.550	1.907
4B	2.143	0,71	2.279	2.071
4C	1.979	0,94	1.800	2.121
5A	1.800	0,52	2.329	2.271
5B	1.914	0,71	2.093	2.400
5C	1.771	0,83	2.350	1.771
6A	2.093	0,31	2.021	2.107
6B	1.721	0,40	1.807	***
6C	2.071	0,96	2.400	1.636
7A	1.679	0,44	1.879	1.638
7B	1.379	0,81	1.536	***
7C	2.500	0,66	2.514	2.457
8A	1.343	0,23	1.836	1.464
8B	1.457	0,34	1.079	1.293
8C	2.329	0,81	2.586	1.950
9A	2.307	0,55	1.750	1.650
9B	1.586	0,27	1.543	***
9C	***	1,23	2.464	2.314

Estaciones	SECAS		LLUVIAS	NORTES
	% C	Tamaño promedio grano (mm)	% C	% C
10A	0.757	0,26	0.921	1.929
10B	0.900	0,38	1.136	1.371
10C	1.781	1,22	1.886	2.000
11A	***	***	1.676	***
11B	***	***	2.557	***
11C	***	***	2.362	2.333
12A	1.143	0,26	1.429	1.305
12B	0.971	0,40	1.143	1.179
12C	2.176	0,82	2.557	2.243
13A	1.193	0,88	1.693	1.500
13B	1.350	0,65	1.471	1.693
13C	1.271	0,35	1.379	1.707
14A	0.679	0,33	1.043	0.957
14B	0.929	0,43	1.021	1.029
14C	0.686	0,50	1.014	1.007
15A	1.386	0,64	1.276	1.762
15B	1.800	0,94	2.136	2.457
15C	2.050	0,89	2.064	2.586
16A	2.586	0,47	1.000	2.993
16B	2.564	0,34	2.657	2.443
16C	2.219	0,50	2.000	2.714
17	2.193	0,51	2.093	2.729
18	1.571	0,51	2.571	1.829

*** No datos.

Anexo 3. Parámetros Físico-Químicos de secas.

	Prof. (m)	Temp. (°C)	Salinidad (‰)	pH	SDT (g/l)	Cond. (mS/cm)	OD (mg/l)	DBO (mg/l)	NH ₃ mg/l	Turbiedad (NTU)	OR (mV)	NO ₃ (mV) 0- 200(mg/l)
1A	0.53	30.57	7.80	7.00	8.79	14.82	0.47	1.2	11.01	4.90	109.80	9265.00
1B	0.70	30.52	5.35	7.78	6.23	10.65	0.71	***	76.56	0.70	87.40	5958.00
1C	0.80	30.86	6.12	7.73	7.05	12.03	1.17	1.1	7.91	0.97	100.37	3622.81
2A	1.30	30.71	7.36	7.70	8.39	14.32	0.89	1	10.37	29.37	105.03	16331.67
2B	1.31	31.00	11.04	7.81	12.05	20.72	1.67	***	13.96	1.83	84.83	19972.00
2C	1.70	30.79	8.30	7.77	10.02	17.00	1.48	0.7	10.42	4.60	113.93	18424.25
3A	1.02	31.01	16.09	7.96	18.16	32.82	1.79	1.5	23.93	48.13	108.27	39540.67
3B	1.09	30.56	18.59	7.97	19.73	34.08	2.70	***	21.83	20.45	116.05	37414.25
3C	1.60	30.55	18.15	7.99	19.20	32.36	3.74	0.8	23.37	10.68	115.15	38611.75
4A	0.53	31.22	18.60	8.02	19.62	33.93	4.71	1.7	24.02	41.25	96.55	37117.25
4B	0.39	30.64	17.01	8.01	18.28	31.52	4.00	***	21.31	18.20	87.45	36187.00
4C	0.55	29.58	20.96	8.16	21.89	36.59	2.96	1.6	25.40	6.98	108.65	75411.25
5A	0.61	29.90	21.63	8.15	22.48	37.85	3.40	1.5	26.91	6.38	70.05	77894.75
5B	0.58	29.93	21.58	8.16	22.44	37.78	4.00	***	28.47	4.45	77.70	83152.75
5C	1.03	29.80	21.77	8.23	22.50	37.99	5.12	1.9	27.21	25.38	82.68	72534.75
6A	0.30	31.66	20.93	8.17	21.87	37.94	6.17	1.6	28.46	3.20	20.45	58339.75
6B	0.48	30.82	21.49	8.14	22.38	36.77	5.74	***	27.35	0.43	57.44	63683.50
6C	1.64	30.18	22.33	8.26	23.16	39.16	6.64	1.8	28.18	1.75	85.70	73477.00
7A	0.26	32.36	21.24	8.09	22.18	38.97	6.37	1.7	28.77	0.58	76.78	58707.00
7B	0.47	31.27	21.80	8.14	22.69	39.09	6.08	***	29.64	1.03	81.28	66459.25
7C	1.52	30.61	22.12	8.18	22.97	39.13	6.56	2	26.76	0.43	95.88	66369.25
8A	0.23	32.13	21.39	8.17	22.32	38.99	7.15	2	26.21	2.07	57.73	60133.75
8B	0.21	32.00	21.49	8.16	22.41	39.08	7.01	***	25.93	1.87	66.86	60343.44
8C	0.92	30.77	22.12	8.19	22.98	39.25	6.74	1.8	27.30	1.30	93.65	66673.00
9A	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
9B	0.52	31.61	21.89	8.18	22.77	39.46	7.31		26.34	1.78	48.18	60676.50

	Prof. (m)	Temp. (°C)	Salinidad (‰)	pH	SDT (g/l)	Cond. (mS/cm)	OD (mg/l)	DBO (mg/l)	NH ₃ mg/l	Turbiedad (NTU)	OR (mV)	NO ₃ (mV) 0- 200(mg/l)
9C	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
10A	0.25	31.00	21.55	7.97	22.49	38.39	5.25	2.4	26.02	0.65	81.05	69819.50
10B	0.67	30.53	21.74	8.05	22.63	38.50	5.79	***	25.41	2.33	81.85	56873.51
10C	1.48	30.48	21.86	8.06	22.72	38.61	6.45	2	27.19	0.55	76.35	38403.39
11A	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
11B	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
11C	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
12A	0.05	34.69	21.51	8.14	22.47	40.13	5.66	***	25.66	6.50	73.05	61334.75
12B	0.44	32.40	21.84	8.19	22.75	47.44	6.23	***	28.23	1.70	78.80	64817.00
12C	1.15	31.47	21.92	8.18	22.81	39.44	8.35	***	27.80	0.90	61.60	78177.00
13A	1.03	31.60	21.61	8.19	22.52	39.00	8.40	***	25.75	1.20	80.40	71333.33
13B	1.33	31.38	21.82	8.21	22.71	39.18	7.82	***	26.37	1.05	88.45	73252.50
13C	1.33	31.22	21.90	8.24	22.77	39.19	7.61	***	28.56	1.05	79.40	74585.50
14A	0.16	30.15	4.81	7.71	5.60	9.18	4.01	***	4.02	0.53	124.68	24352.12
14B	0.29	30.98	14.64	7.92	14.28	23.55	3.57	***	18.44	0.33	104.98	67855.50
14C	0.39	30.60	5.29	7.80	5.79	15.01	3.75	***	12.64	0.75	129.65	58789.00
15A	0.64	31.05	20.15	8.01	21.21	36.41	3.41	***	22.45	2.03	59.25	81653.25
15B	1.13	30.92	21.23	8.10	22.42	38.02	4.50	***	26.12		67.10	78957.50
15C	1.41	30.70	21.85	8.19	22.71	38.74	5.09	***	26.00	0.70	55.70	82014.00
16A	0.65	30.23	15.16	7.96	16.52	27.18	5.06	***	15.66	0.85	73.80	47503.00
16B	1.10	30.58	20.67	8.02	21.75	33.10	4.60	***	24.09	11.10	70.50	73874.00
16C	0.98	30.47	18.42	7.98	19.39	32.97	4.38	***	22.71	0.65	71.75	66164.00
17	1.41	31.05	22.17	8.21	23.03	39.51	9.34	***	27.38	0.50	93.00	86313.00
18	1.43	31.44	22.06	8.20	22.92	39.66	9.33	***	25.42	0.80	100.00	78919.00

*** No datos.

Anexo 4. Abundancia por familias de Poliquetos de secas.

Estaciones	Nereididae	Pilargidae	Spionidae	Capitellidae	Phyllodocidae	Goniadidae	Oligochaeta
1A	1	0	0	0	0	0	0
1B	13	0	0	1	0	0	0
1C	22	0	0	3	0	0	0
2A	0	4	0	0	0	0	0
2B	0	9	0	0	0	0	0
2C	0	22	1	0	0	0	0
3A	0	2	0	2	0	0	7
3B	0	14	0	0	0	0	0
3C	0	2	0	0	0	0	0
4A	0	5	12	5	0	0	0
4B	1	3	27	4	0	0	0
4C	5	13	0	0	0	0	0
5A	0	9	5	0	0	0	0
5B	0	3	4	0	0	0	1
5C	1	1	2	0	0	0	0
6A	0	0	1	0	0	0	0
6B	2	6	16	4	0	0	4
6C	12	10	54	0	0	0	0
7A	2	0	6	6	0	0	3
7B	6	5	29	3	0	0	0
7C	3	8	2	0	0	0	0
8A	1	3	2	5	0	0	3
8B	0	3	1	17	0	0	6
8C	0	12	0	0	0	0	1
9A	2	7	0	0	0	0	6
9B	1	27	1	3	0	0	8
9C	0	0	0	0	0	0	0
10A	0	1	1	0	0	0	0
10B	0	4	2	3	0	0	4

Estaciones	Nereididae	Pilargidae	Spionidae	Capitellidae	Phyllodocidae	Goniadidae	Oligochaeta
10C	7	1	16	0	0	0	0
11A	***	***	***	***	***	***	***
11B	***	***	***	***	***	***	***
11C	***	***	***	***	***	***	***
12A	3	5	3	1	0	0	4
12B	1	12	2	0	0	0	7
12C	0	1	0	2	0	0	0
13A	11	6	20	4	0	0	0
13B	8	10	9	1	0	0	0
13C	9	7	6	1	0	0	1
14C	13	0	0	0	0	0	5
14B	12	0	0	0	0	0	0
14C	5	0	0	0	0	0	16
15A	0	1	0	0	0	0	1
15B	3	4	0	4	0	0	0
15C	0	4	0	1	0	0	0
16A	0	5	9	2	0	0	0
16B	0	6	0	1	0	0	0
16C	0	5	1	0	0	0	0
17	0	4	0	0	0	0	0
18	2	7	0	0	1	0	0

*** No datos.

Anexo 5. Biomasa por familias de Poliquetos de secas.

Estaciones	Nereididae	Pilargidae	Spionidae	Capitellidae	Phyllodocidae	Goniadidae	Oligochaeta
1A	0.0068	0	0	0	0	0	0
1B	0.0523	0	0	0.0019	0	0	0
1C	0.366	0	0	0.0261	0	0	0
2A	0	0.0076	0	0	0	0	0
2B	0	0.0372	0	0	0	0	0
2C	0	0.0806	0.0003	0	0	0	0
3A	0	0.0227	0	0.0043	0	0	0.009
3B	0	0.0121	0	0	0	0	0
3C	0	0.0006	0	0	0	0	0
4A	0	0.0172	0.0189	0.0284	0	0	0
4B	0.0006	0.0095	0.0333	0.0081	0	0	0
4C	0.041	0.0466		0	0	0	0
5A	0	0.01	0.0045	0	0	0	0
5B	0	0.0157	0.0028	0	0	0	0.0001
5C	0.0049	0.0013	0.0016	0	0	0	0
6A	0	0	0.0003	0	0	0	0
6B	0.0072	0.0217	0.0227	0.0178		0	0.0036
6C	0.0836	0.0395	0.0564	0	0	0	0
7A	0.0057	0	0.005	0.0175	0	0	0.0021
7B	0.0309	0.0185	0.0753	0.012	0	0	0
7C	0.051	0.0204	0.0005	0	0	0	0
8A	0.0083	0.0111	0.0021	0.0305	0	0	0.002
8B	0	0.009	0.002	0.1799	0	0	0.0063
8C	0	0.0101	0	0	0	0	0.0013
9A	0.0273	0.0185	0	0	0	0	0.0074
9B	0.013	0.0757	0.0002	0.0272	0	0	0.0104
9C						0	
10A	0	0.0075	0.0001	0	0	0	0
10B	0	0.0104	0.0008	0.0135	0	0	0.0078

Estaciones	Nereididae	Pilargidae	Spionidae	Capitellidae	Phyllodocidae	Goniadidae	Oligochaeta
10C	0.072	0.0001	0.0175	0	0	0	0
11A	***	***	***	***	***	***	***
11B	***	***	***	***	***	***	***
11C	***	***	***	***	***	***	***
12A	0.0428	0.0115	0.0034	0.0037	0	0	0.0029
12B	0.0023	0.0252	0.0081	0	0	0	0.0039
12C	0	0.0026	0	0.005	0	0	0
13A	0.1123	0.0163	0.0291	0.0301	0	0	0
13B	0.1283	0.0391	0.0132	0.0046	0	0	0
13C	0.2484	0.0227	0.009	0.0046	0	0	0.0001
14A	0.1239	0	0	0	0	0	0.0054
14B	0.1115	0	0	0	0	0	0
14C	0.0301	0	0	0	0	0	0.0565
15A	0	0.0099	0	0	0	0	0.0001
15B	0.0216	0.0043	0	0.0065	0	0	0
15C	0	0.0067	0	0.0017	0	0	0
16A	0	0.003	0.0043	0.003	0	0	0
16B	0	0.0133	0	0.0018	0	0	0
16C	0	0.011	0.0003	0	0	0	0
17	0	0.0171	0	0	0	0	0
18	0.0563	0.014	0	0	0.0016	0	0

*** No datos.

Anexo 6. Parámetros Físico-Químicos de llluvias.

	Prof. (m)	Temperatura (°C)	Salinidad (‰)	pH	SDT (g/l)	Conductividad (mS/cm)	OD (mg/l)	DBO (mg/l)	Amoniacó NH ₃ (mg/L-N)	Amonio NH ₄ ⁺ (mg/L-N)
1A	0.38	30.09	2.21	7.13	2.72	4.19	1.70	0,9	0.02	1.76
1B	0.30	30.18	1.19	7.15	1.51	2.32	1.80	***	0.02	1.91
1C	0.41	29.80	1.05	7.24	1.34	2.07	1.40	0,7	0.03	2.13
2A	0.75	31.15	9.66	8.03	10.79	16.61	1.60	1	3.78	42.23
2B	0.82	30.55	15.61	8.06	16.74	25.75	1.80	***	4.27	47.83
2C	1.21	30.28	16.15	8.07	17.26	26.55	1.80	1,3	4.22	47.40
3A	0.48	30.85	12.99	7.85	14.16	21.79	***	1,4	1.86	32.23
3B	1.13	31.28	15.61	8.09	16.76	25.78	***	***	4.10	41.04
3C	1.36	30.86	15.86	8.14	16.99	26.14	***	0,9	4.76	43.12
4A	0.85	29.94	15.90	8.17	17.01	26.17	***	1,2	3.05	27.54
4B	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
4C	1.00	30.01	17.67	8.18	18.73	28.81	1.80	1,3	3.49	30.92
5A	0.80	30.01	17.52	8.13	18.58	28.59	***	1	3.40	33.69
5B	1.16	30.15	17.13	8.14	18.20	28.01	2.00	***	3.48	33.31
5C	1.20	30.21	16.24	8.12	17.34	26.69	2.00	1,4	4.15	41.46
6A	0.38	30.61	17.26	8.06	18.34	28.22	2.00	1,4	2.99	34.00
6B	0.82	30.41	17.73	8.22	18.80	28.92	2.90	***	3.70	29.30
6C	1.58	30.51	16.11	8.21	17.23	26.51	***	1,4	3.69	29.60
7A	0.33	30.98	15.48	8.17	16.62	25.56	3.30	2,4	3.35	28.02
7B	0.74	30.37	15.81	8.19	16.94	26.05	***	***	3.61	30.09
7C	1.77	30.08	14.43	8.26	15.57	23.96	3.00	2,2	4.25	30.48
8A	0.38	31.13	14.60	8.22	15.76	24.25	3.10	1,8	4.07	30.04
8B	0.67	30.47	14.94	8.15	16.08	24.73	***	***	3.50	31.32
8C	1.55	30.08	13.78	8.20	14.93	22.97	2.80	1,6	3.74	30.89
9A	0.38	31.79	15.15	8.16	16.31	25.10	3.00	2,2	4.14	34.03
9B	1.14	30.36	14.87	8.19	16.02	24.64	3.00	***	3.71	31.12
9C	1.58	30.32	16.36	8.17	16.30	26.44	3.00	1,9	3.90	34.48

	Prof. (m)	Temperatura (°C)	Salinidad (‰)	pH	SDT (g/l)	Conductividad (mS/cm)	OD (mg/l)	DBO (mg/l)	Amoniacó NH ₃ (mg/L-N)	Amonio NH ₄ ⁺ (mg/L-N)
10A	0.54	31.24	16.96	8.31	17.88	31.05	***	2,3	4.43	39.32
10B	0.80	30.95	14.63	8.16	18.37	26.77	***	***	4.35	38.23
10C	1.15	31.14	15.37	8.13	15.71	28.29	***	1,1	4.91	43.48
11A	0.86	30.74	16.77	8.25	17.87	27.49	2.10	***	5.87	42.00
11B	1.08	30.41	16.76	8.25	17.85	27.46	3.30	***	5.28	38.54
11C	2.12	30.46	17.93	8.35	18.99	29.21	3.40	***	6.53	37.97
12A	0.20	31.36	16.79	8.25	17.90	27.53	4.70	***	5.94	40.46
12B	0.96	30.89	17.49	8.29	18.57	28.57	4.60	***	6.32	40.82
12C	1.64	30.64	19.20	8.35	20.20	31.08	4.90	***	6.87	39.98
13A	1.33	30.68	16.75	7.97	17.85	27.45	3.40	***	3.93	54.19
13B	1.67	30.69	17.46	8.08	18.54	28.53	3.50	***	4.27	45.66
13 C	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
14A	0.30	30.01	1.24	6.87	1.58	2.44	1.30	***	0.01	2.38
14B	0.32	29.66	1.78	6.88	2.21	3.40	***	***	0.02	2.74
14C	0.30	29.86	4.07	7.20	4.73	7.28	***	***	0.23	15.96
15A	0.28	29.03	2.92	6.61	3.53	5.44	***	***	0.05	15.77
15B	1.10	30.61	17.16	7.15	18.24	28.07	***	***	2.18	245.91
15C	1.67	30.41	17.42	7.91	18.49	28.45	***	***	3.53	57.63
16A	1.09	29.30	10.56	7.54	11.66	17.93	***	***	0.55	21.81
16B	1.20	29.52	10.09	7.69	11.18	17.19	***	***	1.14	28.62
16C	0.71	31.39	2.89	6.65	3.52	5.41	***	***	0.01	3.94
17	3.31	30.55	17.07	8.29	17.14	29.46	***	***	6.63	43.56
18	2.40	30.23	15.55	8.17	17.24	28.14	***	***	4.46	39.14

*** No datos.

Anexo 7. Abundancia por familias de Poliquetos de la época de lluvias.

Estaciones	Nereididae	Pilargidae	Spionidae	Capitellidae	Phyllodocidae	Goniadidae	Oligochaeta
1A	2	0	0	1	0	0	0
1B	19	0	0	3	0	0	0
1C	22	1	0	1	0	0	4
2A	2	3	0	1	0	0	0
2B	0	15	0	0	0	0	0
2C	4	16	0	0	0	0	0
3A	0	0	0	0	0	0	0
3B	0	25	0	0	1	0	1
3C	0	0	0	0	0	0	0
4A	9	4	0	0	5	0	1
4B	12	3	2	0	1	0	1
4C	4	2	19	0	1	1	0
5A	5	1	9	0	0	0	2
5B	7	11	2	2	4	0	0
5C	4	2	2	1	0	0	1
6A	1	2	5	0	1	0	1
6B	1	3	15	3	4	0	13
6C	16	7	3	1	0	1	0
7A	12	4	22	1	0	0	11
7B	7	1	22	1	3	0	1
7C	10	5	2	0	0	1	0
8A	7	16	1	1	0	0	5
8B	2	12	3	1	0	0	17
8C	7	5	4	0	0	0	1
9A	1	2	23	1	0	0	12
9B	8	0	34	0	4	0	0
9C	7	24	4	0	0	0	0
10A	0	3	0	1	0	0	1
10B	1	1	6	1	0	0	0

Estaciones	Nereididae	Pilargidae	Spionidae	Capitellidae	Phyllodocidae	Goniadidae	Oligochaeta
10C	0	0	1	2	0	0	0
11A	6	2	22	2	1	1	1
11B	37	2	42	0	4	1	0
11C	29	14	16	0	0	0	2
12A	0	4	0	0	0	0	4
12B	6	9	0	0	0	0	2
12C	2	0	0	0	0	0	0
13A	27	6	49	6	0	0	0
13B	58	6	0	0	0	0	0
13C	12	7	2	0	0	0	1
14C	10	0	0	0	0	0	0
14B	21	0	0	0	0	0	0
14C	18	1	1	0	0	0	0
15A	5	0	0	0	0	0	0
15B	3	9	0	0	0	0	1
15C	10	27	0	0	0	0	0
16A	0	0	0	0	0	0	0
16B	3	1	0	0	0	0	0
16C	6	0	0	0	0	0	0
17	0	2	0	0	0	0	0
18	0	1	0	0	0	0	0

Anexo 8. Biomasa por familias de Poliquetos de la época de lluvias.

Estaciones	Nereididae	Pilargidae	Spionidae	Capitellidae	Phyllodocidae	Goniadidae	Oligochaeta
1A	0.0024	0	0	0.0005	0	0	0
1B	0.0706	0	0	0.0046	0	0	0
1C	0.0335	0.0003	0	0.0002	0	0	0.0002
2A	0.0178	0.0021	0	0.0103	0	0	0
2B	0	0.0145	0	0	0	0	0
2C	0.0174	0.0148	0	0	0	0	0
3A	0	0	0	0	0	0	0
3B	0	0.0214	0	0	0.0001	0	0.0001
3C	0	0	0	0	0	0	0
4A	0.0585	0.0081	0	0	0.001	0	0.0005
4B	0.0813	0.0047	0.0005	0	0.0001	0	0.0003
4C	0.0066	0.0035	0.0064	0	0.0001	0.0035	0
5A	0.0114	0.0009	0.0034	0	0	0	0.0008
5B	0.0161	0.017	0.0004	0.0066	0.0009	0	0
5C	0.0117	0.002	0.0009	0.0041	0	0	0.0005
6A	0.0039	0.0006	0.0011	0	0.0014	0	0.0002
6B	0.0003	0.003	0.0079	0.0008	0.0013	0	0.0065
6C	0.0415	0.0085	0.0008	0.0014	0	0.0017	0
7A	0.0442	0.0058	0.0113	0.0003	0	0	0.0038
7B	0.0274	0.0009	0.0104	0.0017	0.001	0	0.0005
7C	0.0308	0.0014	0.0002	0	0	0.0017	0
8A	0.0198	0.0141	0.0001	0.0039	0	0	0.0018
8B	0.0075	0.0081	0.0008	0.0007	0	0	0.0065
8C	0.019	0.0068	0.0012	0	0	0	0.0002
9A	0.0015	0.0014	0.0072	0.0029	0	0	0.0049
9B	0.0217	0	0.01452	0	0.0011	0	0
9C	0.0146	0.0152	0.0006	0	0	0	0
10A	0	0.001	0	0.0004	0	0	0.0003
10B	0.0016	0.0012	0.0012	0.0005	0	0	0

Estaciones	Nereididae	Pilargidae	Spionidae	Capitellidae	Phyllodocidae	Goniadidae	Oligochaeta
10C	0	0	0.0001	0.0013	0	0	0
11A	0.0075	0.0054	0.0125	0.0009	0.0002	0.0016	0.0001
11B	0.0712	0.0027	0.0217	0	0.0008	0.0018	0
11C	0.1545	0.0229	0.0043	0	0	0	0.0004
12A	0	0.0074	0	0	0	0	0.0016
12B	0.0196	0.0076	0	0	0	0	0.0006
12C	0.0077	0	0	0	0	0	0
13A	0.0867	0.008	0.0146	0.009	0	0	0
13B	0.1465	0.0072	0	0	0	0	0
13C	0.0136	0.0081	0.0002	0	0	0	0.0001
14A	0.0322	0	0	0	0	0	0
14B	0.0671	0	0	0	0	0	0
14C	0.1033	0.0015	0.0002	0	0	0	0
15A	0.0636	0	0	0	0	0	0
15B	0.0124	0.0073	0	0	0	0	0.0003
15C	0.0483	0.0238	0	0	0	0	0
16A	0	0	0	0	0	0	0
16B	0.0117	0.0026	0	0	0	0	0
16C	0.0514	0	0	0	0	0	0
17	0	0.0005	0	0	0	0	0
18	0	0.0006	0	0	0	0	0

Anexo 9. Parámetros Físico-Químicos de nortes.

	Profundidad (m)	Temperatura (°C)	Salinidad (‰)	pH	SDT (g/l)	Conductividad (mS/cm)	OD (mg/l)
1A	0.40	29.00	0.00	7.48	3.32	4.73	2.40
1B	0.40	28.43	0.00	7.50	3.55	5.06	2.83
1C	0.70	28.08	0.00	7.52	3.63	5.15	2.70
2A	1.00	28.03	0.00	7.46	5.04	7.26	2.63
2B	1.50	27.70	0.00	7.53	6.13	8.73	2.18
2C	1.70	27.15	0.00	7.53	6.79	9.70	1.10
3A	0.40	27.80	1.00	7.56	9.84	14.04	2.90
3B	1.20	24.70	5.00	7.43	12.99	18.50	2.00
3C	1.40	25.00	3.00	7.51	10.07	14.30	1.00
4A	0.70	27.45	6.25	7.58	13.94	19.98	2.38
4B	1.00	28.03	4.75	7.50	13.48	19.30	2.90
4C	1.20	28.70	4.25	7.65	13.45	19.10	3.28
5A	1.00	30.68	3.00	7.70	13.89	19.85	3.45
5B	1.20	30.15	2.75	7.53	13.74	19.68	3.60
5C	1.50	30.70	1.75	7.60	11.84	16.99	2.68
6A	0.80	30.90	5.75	7.77	12.80	18.33	0.60
6B	1.80	30.55	3.75	7.67	9.28	13.25	1.00
6C	1.50	30.15	9.75	7.54	13.79	19.73	0.50
7A	0.40	30.28	0.00	7.56	9.59	13.31	0.40
7B	1.50	29.90	7.33	7.70	10.52	15.00	2.20
7C	2.00	28.80	10.50	7.78	14.45	20.70	2.90
8A	0.50	29.98	6.75	7.90	10.31	15.07	2.28
8B	1.00	29.43	6.00	7.85	10.34	14.74	2.40
8C	2.00	29.15	9.25	7.76	13.04	18.63	2.05
9A	0.50	27.48	11.00	7.82	14.34	20.58	2.13
9B	1.50	27.23	11.00	7.75	14.41	20.60	2.13
9C	1.80	27.53	12.75	7.75	15.28	21.78	0.43
10A	0.50	26.45	11.50	7.63	13.97	19.90	0.98

	Profundidad (m)	Temperatura (°C)	Salinidad (‰)	pH	SDT (g/l)	Conductividad (mS/cm)	OD (mg/l)
10B	1.50	26.70	11.75	7.73	14.23	20.03	1.40
10C	2.50	27.03	11.00	7.61	14.21	21.18	0.63
11A	***	***	***	***	***	***	***
11B	1.00	26.80	11.00	7.61	15.03	21.45	3.50
11C	2.50	27.40	11.00	7.66	15.80	22.60	0.70
12A	0.50	26.40	10.00	***	14.40	20.60	
12B	2.50	26.58	13.00	7.75	14.77	21.15	***
12C	3.00	26.00	11.25	7.70	14.18	20.23	1.15
13A	1.20	26.55	11.00	7.55	13.59	19.65	***
13B	1.50	26.58	11.00	7.50	13.59	19.65	***
13C	1.80	26.30	10.25	7.63	13.73	19.63	0.40
14A	0.40	30.25	0.00	7.33	5.42	7.64	1.40
14B	0.90	29.20	0.00	7.47	3.94	5.64	1.40
14C	1.00	28.83	0.00	7.45	2.94	4.54	2.03
15A	1.30	28.35	0.00	7.35	6.58	8.53	2.40
15B	1.50	28.30	0.00	7.49	5.90	7.26	2.33
15C	1.70	28.53	0.00	7.34	4.06	5.80	1.90
16A	0.80	25.85	4.75	6.54	11.61	16.58	2.93
16B	1.30	26.23	3.50	6.78	11.85	16.85	2.45
16C	1.50	26.55	4.75	6.95	12.09	17.28	1.95
17	2.50	25.40	10.00	7.76	9.53	13.53	4.20
18	2.00	25.50	6.00	7.64	9.65	13.74	4.10

*** No datos.

Anexo 10. Abundancia por familias de Poliquetos de la época de nortes.

Estaciones	Nereididae	Pilargidae	Spionidae	Capitellidae	Phyllodocidae	Goniadidae	Oligochaeta
1A	6	0	0	0	0	0	1
1B	41	0	1	1	0	0	13
1C	22	0	1	0	0	0	14
2A	1	4	0	1	0	0	0
2B	1	30	0	0	0	0	0
2C	5	30	0	0	0	0	0
3A	0	0	0	0	0	0	0
3B	0	2	0	0	0	0	0
3C	0	0	0	0	0	0	0
4A	0	4	0	1	0	0	0
4B	2	7	0	0	0	0	1
4C	3	13	0	0	0	0	5
5A	1	2	0	0	0	0	0
5B	1	16	0	0	0	0	0
5C	6	27	0	1	0	0	2
6A	1	4	0	16	0	0	0
6B	***	***	***	***	***	***	***
6C	7	25	0	1	1	0	4
7A	0	2	0	0	0	0	9
7B	***	***	***	***	***	***	***
7C	3	18	0	0	0	0	0
8A	0	11	0	3	0	0	6
8B	0	14	0	0	0	0	14
8C	2	4	1	0	1	0	2
9A	2	6	0	0	0	0	4
9B	***	***	***	***	***	***	***
9C	3	5	0	0	0	0	0
10A	0	9	0	5	0	0	0

Estaciones	Nereididae	Pilargidae	Spionidae	Capitellidae	Phyllodocidae	Goniadidae	Oligochaeta
10B	4	21	2	0	0	0	0
10C	4	4	20	0	0	0	0
11A	***	***	***	***	***	***	***
11B	***	***	***	***	***	***	***
11C	5	15	3	0	0	0	0
12A	4	27	5	1	0	0	3
12B	1	4	3	1	0	0	0
12C	8	34	0	0	0	0	0
13A	69	6	76	5	2	0	1
13B	5	4	1	0	0	0	0
13C	12	0	2	0	0	0	0
14A	6	1	1	0	0	0	12
14B	1	0	0	1	0	0	43
14C	10	0	0	0	0	0	2
15A	0	1	1	0	0	0	1
15B	0	29	1	0	0	0	0
15C	11	57	1	0	0	0	0
16A	1	2	0	0	0	0	0
16B	2	6	0	0	0	0	0
16C	5	7	0	0	0	0	0
17	2	13	0	0	0	0	0
18	1	26	0	0	0	0	0

*** No datos.

Anexo 11. Biomasa por familias de Poliquetos de la época de nortes.

Estaciones	Nereididae	Pilargidae	Spionidae	Capitellidae	Phyllodocidae	Goniadidae	Oligochaeta
1A	0.0628	0	0	0	0	0	0.0039
1B	0.1994	0	0.0009	0.0028	0	0	0.0218
1C	0.1581	0	0.0002	0	0	0	0.0246
2A	0.0088	0.006	0	0.0051	0	0	0
2B	0.0009	0.0453	0	0	0	0	0
2C	0.0508	0.0497	0	0	0	0	0
3A	0	0	0	0	0	0	0
3B	0	0.0013	0	0	0	0	0
3C	0	0	0	0	0	0	0
4A	0	0.0027	0	0.009	0	0	0
4B	0.0012	0.0129	0	0	0	0	0.0005
4C	0.0547	0.0222	0	0	0	0	0.0042
5A	0.0122	0.0026	0	0	0	0	0
5B	0.0021	0.0228	0	0	0	0	0
5C	0.0454	0.0285	0	0.0065	0	0	0.0023
6A	0.0062	0.0062	0	0.1453	0	0	0
6B	***	***	***	***	***	***	***
6C	0.0529	0.0559	0	0.0072	0.0006	0	0.0038
7A	0	0.0021	0	0	0	0	0.0071
7B	***	***	***	***	***	***	***
7C	0.0254	0.0452	0	0	0	0	0
8A	0	0.0272	0	0.014	0	0	0.0047
8B	0	0.0179	0	0	0	0	0.0128
8C	0.0223	0.0021	0.0011	0	0.0012	0	0.0018
9A	0.0062	0.009	0	0	0	0	0.0042
9B	***	***	***	***	***	***	***
9C	0.0572	0.0167	0	0	0	0	0
10A	0	0.01	0	0.0186	0	0	0
10B	0.0501	0.0191	0.001	0	0	0	0

Estaciones	Nereididae	Pilargidae	Spionidae	Capitellidae	Phyllodocidae	Goniadidae	Oligochaeta
10C	0.0728	0.0058	0.0133	0	0	0	0
11A	***	***	***	***	***	***	***
11B	***	***	***	***	***	***	***
11C	0.1255	0.0262	0.0025	0	0	0	0
12A	0.0388	0.0351	0.0023	0.0047	0	0	0.0016
12B	0.0006	0.0059	0.0019	0.0012	0	0	0
12C	0.1459	0.0669	0	0	0	0	0
13A	0.5469	0.0082	0.0733	0.011	0.0108	0	0.0004
13B	0.0307	0.0025	0.0001	0	0	0	0
13C	0.03	0	0.0012	0	0	0	0
14A	0.0387	0.0004	0.0004	0	0	0	0.0679
14B	0.0301	0	0	0.0035	0	0	0.1329
14C	0.0629	0	0	0	0	0	0.0079
15A	0	0.0029	0.0004	0	0	0	0.0005
15B	0	0.0591	0.0003	0	0	0	0
15C	0.1367	0.0857	0.0007	0	0	0	0
16A	0.0107	0.0056	0	0	0	0	0
16B	0.0249	0.0169	0	0	0	0	0
16C	0.203	0.0323	0	0	0	0	0
17	0.0092	0.0168	0	0	0	0	0
18	0.0004	0.0675	0	0	0	0	0

*** No datos.