



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO

DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERÍA

POLIQUETOS COMO BIOINDICADORES DE CONTAMINACIÓN POR MATERIA ORGÁNICA EN EL PUERTO DE BELICE, BELICE

TESIS

Que como requisito para la obtención del título de:

INGENIERA AMBIENTAL

PRESENTA

Lissette Rocio Santoya Correa

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Víctor Hugo Delgado Blas

ASESORES PROPIETARIOS

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

ASESORES SUPLENTE

M.C. Jennifer Denisse Ruiz Ramirez
ECOL. Mar. Ma. del Rosario Martínez Hernández

Chetumal, Quintana Roo, México, Julio 2008



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO

DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERÍA

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:

M.C. Jennifer Denisse Ruiz Ramirez

Ecol. Mar. Ma. del Rosario Martínez Hernández

Chetumal, Quintana Roo, México, Julio 2008

Poliquetos como bioindicadores de contaminación por materia orgánica en el puerto de Belice, Belice.

Lissette Rocio Santoya Correa
Universidad de Quintana Roo
Div. de Ciencias e Ingenierías

CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
LISTA DE FIGURAS	iii
LISTA DE TABLAS	v
RESUMEN	1
I. INTRODUCCIÓN	2
1.1 Área de estudio	3
1.2 Objetivo General	5
1.3 Objetivos Particulares	5
1.4 Hipótesis	5
II. MATERIALES Y MÉTODOS	6
2.1 Métodos de campo	6
2.2 Métodos de Laboratorio	8
2.3 Análisis Ecológico y Numérico	9
2.3.1 Curvas de Abundancia-Biomasa	9
2.3.2 Correlación entre las variables ambientales y la composición faunística (Bio-env)	10
2.3.3 Curvas log- normales	10
III. RESULTADOS	11
3.1 Comportamiento general de los parámetros físico-químicos	11
3.2 Análisis general de la comunidad de los poliquetos	15
3.2.1 Composición de la comunidad de poliquetos a nivel de familia ...	19
3.2.2 Composición de la comunidad de poliquetos a nivel de especies	21
3.2.3 Concentración y distribución de materia orgánica en sedimentos	23
3.2.4 Análisis de la comunidad de poliquetos	25
3.2.5 Distribución de las familias de poliquetos	25
3.3 Análisis ecológicos	28
3.3.1 Índice de similaridad de Bray-Curtis	34

3.3.2 Gráficas de comparación abundancia/biomasa ABC	35
3.3.3 Distribución Log-normal	39
3.3.4 Relación entre las variables ambientales y la composición faunística (Bio-Env)	41
3.3.5 Análisis de componentes principales (PCA)	44
IV DISCUSIÓN	47
V CONCLUSIÓN	54
VI. RECOMENDACIONES	
REFERENCIA	
ANEXOS	

DEDICATORIA

A DIOS POR DARMME LA OPORTUNIDAD DE ESTAR EN ESTA FAMILIA Y ESTAR CONMIGO EN CADA PASO QUE DOY.

A MIS PADRES:

Fidel Santoya por el amor, confianza, apoyo y el ejemplo de superación que me dio para alcanzar mi sueño.

Marvea Correa de Santoya por todo su amor y la fuerza con que me apoyó en todo momento que la necesitaba y por ser la mejor mamá.

A MIS HERMANOS:

Jair, Ian y Jesse Santoya por apoyarme y ser mi inspiración para seguir adelante.

A MI TIA:

Vilma correa por inspirarme a dar lo mejor de mí.

A MI NOVIO:

Luís Miguel Figueroa Cruz por su amor incondicional, por todas las cosas que compartimos, por el amor y la admiración que siento por él y por estar conmigo en los momentos difíciles y felices.

Porque este trabajo es uno de los logros más importantes y sin el apoyo de estas personas no hubiera sido posible.

AGRADECIMIENTOS

Para la culminación de un trabajo se piensa en todas las personas que hacen posible que se realice.

Al Dr. Víctor Hugo Delgado Blas con cariño y respeto por ser el director de este trabajo por su confianza y apoyo durante el desarrollo de esta tesis pero sobre todo, por su guía y gracias por todo.

Al M.C. José Martín Rivero Rodríguez por sus valiosos comentarios, enseñanzas y consejos durante la realización de este trabajo.

A la Biol. Laura Patricia Flores Castillo por sus valiosos comentarios y por ser de mis mejores maestras durante la carrera.

A los compañeros que participaron en el trabajo de campo. Al compañero Gabriel Kuk Dzul por ayudarme a resolver dudas durante la carrera.

Al buen compañero Adrián en la toma y procesamiento de las muestras.

A Mauro Eduardo Góngora, Coordinador de la Unidad de Pesquerías Marinas de Belice, por la ayuda proporcionada.

Al Sr. James Azueta, quien es Coordinador de la Unidad de Manejo de Ecosistemas por facilitar el uso de la lancha con un capitán y ayudante.

A los señores Calman Hall (Capitán) y Mr. Julio Maaz (ayudante) por su tiempo y ayuda.

A todos los profesores de la carrera por haber compartido sus conocimientos y su tiempo conmigo.

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".

Al Programa al mejoramiento del Profesorado (PROMEPE) "Análisis de las comunidades de poliquetos benthicos como bioindicadores de enriquecimiento orgánico en la bahía de Chetumal, Quintana Roo".

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica de la ciudad de Belice y las estaciones de muestreo.....	4
Figura 2. Distribución de temperatura en la zona de muestreo	12
Figura 3 Distribución de salinidad en la zona de muestreo ..	13
Figura 4. Distribución de oxígeno disuelto en la zona de muestreo	13
Figura 5. Distribución de materia orgánica en la zona de muestreo	14
Figura 6. Distribución del número de familias en la zona de muestreo	15
Figura 7. Distribución del total de individuos en la zona de muestreo	16
Figura 8. Distribución de la abundancia total de las familias de poliquetos en la zona de muestreo	20
Figura 9. Distribución de biomasa total de las familias de poliquetos en la zona de muestreo	20
Figura 10. Relación de abundancia y biomasa en la zona de muestreo	22
Figura 11. Concentración de materia orgánica en la zona de muestreo	23
Figura 12. Concentración de materia orgánica en la zona de muestreo	24
Figura 13. Abundancia de poliquetos por familia en la zona de Muestreo	25
Figura 14. Distribución de las familias de poliquetos en la zona demuestreo en la costa de la ciudad de Belice	27
Figura 15. Índices ecológicos por transectos en la zona de muestreo en la costa de la ciudad de Belice	30
Figura 16. Índices ecológicos por distancia en la zona de muestreo en la costa de la ciudad de Belice	32
Figura 17. Abundancia y diversidad promedio por transectos en la zona de muestreo en la costa de la ciudad de Belice	33
Figura 18. Dendrograma del análisis de agrupación de la abundancia de las estaciones en la zona de muestreo en la costa de la ciudad de Belice	34
Figura 19. Dendrograma del análisis de agrupación de la abundanciade los transectos en la zona de muestreo en la	

costa de la ciudad de Belice	35
Figura 20. Gráfica de la curva ABC de la zona de muestreo en la costa de la ciudad de Belice	36
Figura 21. Gráficas de las curvas ABC por estaciones en la zona de muestreo en la costa de la ciudad de Belice	37
Figura 22. Gráficas de las curvas ABC por transectos en la zona de muestreo en la costa de la ciudad de Belice	38
Figura 22 B. Gráficas de las curvas ABC por transectos en la zona de muestreo en la costa de la ciudad de Belice ...	39
Figura 23. Distribución log-normal de la zona de muestreo en la costa de la ciudad de Belice	41
Figura 24. Análisis de componentes principales de la zona de muestreo en la costa de la ciudad de Belice	44
Figura 25. Gráficas de PCA con las variables de salinidad, profundidad, materia orgánica y oxígeno disuelto. El tamaño del círculo es proporcional al valor de las variables	46
Figura 26. Distribución de oxígeno disuelto y materia orgánica de la zona de muestreo en la costa de la ciudad de	48

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros físico - químicos del área de estudio ..	11
Tabla 2. Numero de individuos por familias	17
Tabla 3. Numero de individuos por género y especie	18
Tabla 4. Abundancia y Biomasa total de las familias de poliquetos por estación	19
Tabla 5. Abundancia y Biomasa total de las especies de poliquetos por estación	21
Tabla 6. Porcentaje y distribución de las familias en la zona de muestreo	26
Tabla 7. Porcentaje de abundancia de las familias por transectos en la zona de muestreo	26
Tabla 8. Índices ecológicos de la comunidad de poliquetos en la zona de muestreo	28
Tabla 9. Abundancia de género y especies de poliquetos en la zona de muestreo ⁴⁰	
Tabla 10. Datos de calculación de la gráfica de distribución de log-normal en la zona de muestreo	40
Tabla 11. Coeficiente de correlación de Spearman con la abundancia en la zona de muestreo	42
Tabla 12. Coeficiente de correlación de Spearman con la biomasa en la zona de muestreo	43
Tabla 13. Coeficiente de correlación de Spearman con el No. de especies en la zona de muestreo	43
Tabla 14. Porcentaje de variación y coeficientes para la combinación lineal de las 6 variables	45

Poliquetos de sustrato arenoso como bioindicadores de contaminación por materia orgánica en el puerto de Belice, Belice.

Lisette Rocio Santoya Correa
Universidad de Quintana Roo
Div. de Ciencias e Ingenierías

RESUMEN

En el año 2006 se realizó un estudio en el litoral de la ciudad de Belice y se recolectaron 16 familias de poliquetos, Capitellidae, Cirratulidae, Cossuridae, Glyceridae, Maldanidae, Nereididae, Opheliidae, Orbiniidae, Onuphidae, Pilargidae, Sabellidae, Serpulidae, Sigalionidae, Spionidae, Sternaspidae y Trichobranchidae. De la 16 familias se identificaron 10 familias a nivel de especies, *Capitella capitata*, *Tharyx* sp., *Caulleriella* cf. *alata*, *Cosura soyeri*, *Glycera sphyrabrancha*, *C. irritabilis*, *Armandia maculata*, *Leitoscoloplos robustus*, *Diapatra cuprea* y *Paraprionospio yokoyamai*, las 6 familias restantes se identificaron a nivel de género ya que algunos no se encontraban completos o no había literatura para identificarlos a nivel de especies, *Sigambra*, *Chone*, *Thalenessa*, *Sternaspis*, *Terebellides* y la familia Maldanidae con dos géneros *Nicomache* y *Euclymene*. De todos los poliquetos recolectados la familia Serpulidae fue el único que no fue identificado a nivel de género ni especie ya que el organismo no estuvo completo. El método de las curvas log-normal identificó a las familias Nereididae y Serpulidae como indicadoras o sensitivas de cambios producidos por la contaminación. La curva ABC identificó el sitio de muestreo como un ambiente moderadamente contaminado, así como también identificó transectos y estaciones impactadas por materia orgánica. La estación más contaminada fue la estación 2. La estación más abundante y diversa fue la estación 3, siendo la familia Sternaspidae la más abundante y la estación más pobre es la estación 5.

I. INTRODUCCIÓN

La materia orgánica aparte de dar una mala imagen al turista por el mal olor y por la apariencia que le da al mar, es perjudicial para el turismo que es uno de los principales ingresos económicos del país.

El presente estudio evalúa el impacto que presenta el puerto de Belice por el aporte de materia orgánica de la ciudad, porque se dice que el puerto de Belice esta contaminado, pero no existen estudios que lo comprueben y que tipo de contaminación está presente.

Hasta la fecha no existe antecedente alguno sobre estudios de contaminación del agua en el puerto de Belice por lo que se pretende con esta investigación dar a conocer la situación actual de la calidad del agua y del sedimento utilizando poliquetos como bioindicadores en el puerto de Belice.

Las actividades humanas producen disturbios físicos y químicos que afectan a las comunidades bénticas en aguas someras. Uno de los principales contaminantes es la materia orgánica que proviene de las descargas residuales produciendo un enriquecimiento orgánico en sedimentos (Gray, 1981). Esto puede provocar cambios en la composición de especies, abundancia, y biomasa de la comunidad béntica (Pearson y Rosenberg, 1978; Hily, 1983; Warwick et al., 1987; Ros y Caedell, 1992 y Mendez, 1994).

Los poliquetos se han utilizado como indicadores de contaminación orgánica, debido a su abundancia y sensibilidad a diferentes concentraciones de materia orgánica del sedimento (Reish, 1959; Bellan, 1967a, b; Gray, 1981; Glemarec y Hily, 1981; Hily, 1983; Hily et al., 1986; Hily y

Glémarec 1990.) Además, los poliquetos son organismos dominantes de las comunidades estuarinas y marinas, ya que representan del 35 a 65 % de la

macrofauna béntica de sustratos arenosos y lodosos, con respecto a su abundancia, riqueza específica y biomasa (Solís-Weiss, 1982; Calderón-Aguilera, 1992 y Méndez-Ubach, 1997).

En el presente estudio se analizó la distribución de la biomasa y abundancia de las especies con el método (ABC) para determinar el grado de impacto de los puntos de muestreo (Warwick 1986, 1988a, b; Warwick et al., 1987, 1990; Gray et al., 1988; Austen et al., 1989). Este método ha sido el más utilizado y empleado en climas templados y muy pocos en regiones tropicales (Agard et al., 1993, Hernández Arana, 2003 y Hernández Arana et al., 2005). Cuando el medio está afectado por un disturbio de contaminación la distribución del número de individuos entre especies se comporta diferente a la distribución de biomasa entre especies.

1.1 ÁREA DE ESTUDIO

Belice esta localizado al noreste de centro América con un área total de 22,963 km² con una posición geográfica de 17°15'N y 88°45' W. Esta rodeado por el mar caribe al este con 386 km de línea de costa (Fig. 1). http://en.wikipedia.org/wiki/Geography_of_Belize

Belice tiene un clima subtropical con temperaturas de 16°C hasta 38°C, manteniéndose constante anualmente con temperaturas de 25°C. la precipitación anual es de 1500 mm en el norte y 4000 mm en el sur. El clima de Belice se caracteriza por dos climas: lluvias y secas. La temporada de secas se extiende de enero, febrero a mayo seguida de la temporada de lluvias que inicia en julio. Vientos predominan del este al sureste de febrero a septiembre mientras que en invierno predominan del norte a noreste. El país de Belice es afortunado en tener una cantidad abundante de recursos superficiales y subterráneos <http://www.hydromet.gov.bz/>

La economía de Belice ha sido históricamente dominada por la agricultura que incluye el azúcar, cítricos y plátano. Por los productos marinos y los recursos principales como pesca, minería y forestales.



Figura I. Ubicación geográfica de la ciudad de Belice y las estaciones de muestreo.

OBJETIVOS

1.2 GENERAL

Determinar el grado de contaminación por materia orgánica en el puerto de Belice, Belice, mediante la utilización de poliquetos bénticos.

1.3 PARTICULARES:

- i. Determinar la composición, abundancia, biomasa y distribución espacial de los poliquetos en el puerto de Belice.
- ii. Identificar el área impactada causada por la materia orgánica, mediante las curvas del número de especies, abundancia y biomasa de poliquetos en el puerto de Belice.
- iii. Determinar las características hidrológicas espaciales de la columna de agua y sedimentos (pH, salinidad, temperatura, oxígeno disuelto) y sedimento (materia orgánica).
- iv. Identificar las especies indicadoras de enriquecimiento orgánico, mediante cambios en la comunidad de poliquetos.

1.4 HIPÓTESIS:

El puerto de Belice se encuentra contaminado por materia orgánica procedente de los ríos y arroyos que rodean la ciudad y por las zonas urbanas de la ciudad que han vertido sus desechos directamente al mar, modificando a las comunidades bénticas de los poliquetos.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 Métodos de campo:

Se realizó una recoleta de muestras en abril de 2006 para determinar las poblaciones de poliquetos presentes en las comunidades bénticas y las variables físico-químicas del área de estudio.

Las muestras se recolectaron en 6 transectos (Fig. 1) a lo largo de la línea de costa del puerto de Belice y cada transecto con tres estaciones de muestreo a una distancia de la costa de 50, 150 y 300 m (Fig. 12) y a una profundidad de 1 a 4.5 m. 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 determinar materia orgánica y el análisis granulométrico y las cuatro fracciones restantes para poliquetos.

Cada muestra se tamizó a bordo de una embarcación, a través de mallas de 1.0 mm y 0.5 mm para retener la macrofauna. Posteriormente todos los organismos encontrados fueron fijados con formaldehído al 10 % y se colocaron en frascos etiquetados con los siguientes datos: estación, fecha y localidad. Los organismos encontrados se identificaron con las claves de Uebelacker, J. M. & Johnson 1984, Salazar-Vallejo, S.I. 1991, Delgado-Blas V. 2004.

Las muestras de sedimento para el análisis granulométrico y materia orgánica se mantuvieron en refrigeración. Los análisis físico-químicos de la superficie del sedimento se realizó con una sonda multiparamétrica modelo YSI 6600, con sensores para medir: profundidad, oxígeno disuelto, pH, temperatura y salinidad.

El siguiente trabajo hará referencia a los transectos por sus respectivos números 1-6 y las estaciones serán representados por letras A = 50 m, B= 150 m y C = 300 m. La estación 1A se referirá a la estación del transecto uno a 50 m y así sucesivamente.

El transecto 1 se encuentra localizado en la desembocadura del río Belice r (Fig. 1), donde se tomaron muestras a tres profundidades: 1.5 m (50 metros de la línea de costa), 2.5 m (150 m) y 1.45 m (300 m).

El transecto 2 se encuentra enfrente del hotel casino Princesa y a profundidades de 1.45 m (50 m), 1.45 m (150 m) y 1.40 m (300 m).

El transecto 3 se encuentra en la desembocadura del arroyo Houlover con profundidades de 1.45 (50 m), tomando como referencia la aldea de turismo y el instituto Bliss, 1.45 (150 m) y 2.60 m (300 m).

El transecto 4 se encuentra enfrente de la casa de gobierno. Esta estación tiene profundidades de 1.00 (50 m), 2.50 m (150 m) y 3 m (300 m).

El transecto 5 se encuentra a un costado del puerto donde se localiza el almacenamiento de combustible de la ciudad con profundidades de 1.75 m (50 m), 2.60 m (150 m) y 3.20 m (300 m).

El último transecto se encuentra al sur del puerto. Lugar recientemente declarado para la construcción de una aldea turística y rellenado con sedimentos para dicha construcción. Esta estación tiene profundidades de 1.50 (50 m), 1.50 m (150) y 1.65 m (300 m) (Fig. 1).

2.2 Métodos de Laboratorio

Las muestras se lavaron con agua para quitar el exceso de formalina y de agua de mar, posteriormente se preservaron en alcohol isopropílico al 70 % y se separaron a grandes grupos. Con literatura especializada los

organismos se identificaron a nivel específico (Fauchald ,1977; Uebelacker y Johnson, 1984; Salazar-Vallejo et al., 1989). Los poliquetos de las especies analizadas se pesaron (peso húmedo) en una balanza analítica (sauter, 0.0001 g precisión) para obtener los datos de biomasa y realizar las curvas ABC.

Es importante señalar que de la comunidad faunística colectada algunos organismos no se identificaron a nivel de especie y solo a nivel de familia o genero. Estos poliquetos corresponden a organismos que presentan algún problema de tipo taxonómico y no se pudieron identificar ya sea porque la literatura de consulta fue insuficiente o porque podría tratarse de una especie nueva para la ciencia.

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 (López F. et al., 1989); para el análisis granulométrico las muestras secas se tamizaron a través de 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

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).

2.3.1 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 gráficas combinadas de abundancia y biomasa de especies da lugar a tres posibles formas de representar las condiciones. Cuando la gráfica 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 se realizaron con los resultados al nivel de familia debido a que se ha comprobado que no existe pérdida de información y pueden reflejar mejor los gradientes de contaminación que los niveles más específicos, es decir, género o especies (Warwick, 1988; Defeo & Lercari, 2004).

2.3.2 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.

2.3.3 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 $\times 2$, 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

3.1 Comportamiento general de los parámetros físico-químicos.

Se muestran los valores de temperatura, profundidad, salinidad, oxígeno disuelto, materia orgánica de los seis transectos con sus respectivas estaciones A(50), B(150) y C(300 m) de la línea de costa.

Tabla 1. parámetros físico - químicos del área de estudio.

Estación	Temp.	Sal.	OD	Prof.	MO
	°C	ppm	ml	m.	%
1A	29.78	6.11	2.37	1.5	0.961831
1B	28.05	0.76	4.21	2.5	2.015267
1C	28.93	0.64	3.95	1.45	1.087786
2A	27.75	0.43	2.74	1.45	1.454198
2B	28.06	0.44	4.1	1.45	1.127862
2C	27.92	0.43	2.81	1.4	2.10687
3A	27.92	0.69	3.59	1.45	2.524809
3B	27.62	0.52	4.81	4.5	2.570611
3C	28.86	1.47	4.89	2.6	2.501908
4A	28.26	1.02	4.9	1	1.041984
4B	30.11	6.76	3.62	2.5	2.244275
4C	28.53	1.63	3.94	3	1.122137
5A	29.69	6.43	3.99	1.75	1.082061
5B	29.38	4.85	3.51	2.6	2.009542
5C	30.01	7.98	4.76	3.2	2.038168
6A	29.44	4.22	4.24	1.5	1.024809
6B	29.61	6.74	4.73	1.5	0.898854
6C	29.72	6.18	4.99	1.65	0.675572

Temperatura

La mayor temperatura se registró en el transecto 4 con 30.11°C en la estación B(150 m) y a una profundidad de 2.5 m y la menor temperatura en el transecto 3 de la estación B con 27.62 °C y a una profundidad de 4.5 m. El transecto 1 registró la temperatura de 29.78°C con una ligera variación debido a la profundidad que se encuentre entre 1.45 y 2.5 y se mantuvo constante en el transecto 2 de la estación A, B y C y en el transecto 3 de la estación A (Fig. 2). En las siguientes estaciones se muestra una variación de temperatura entre sus estaciones.

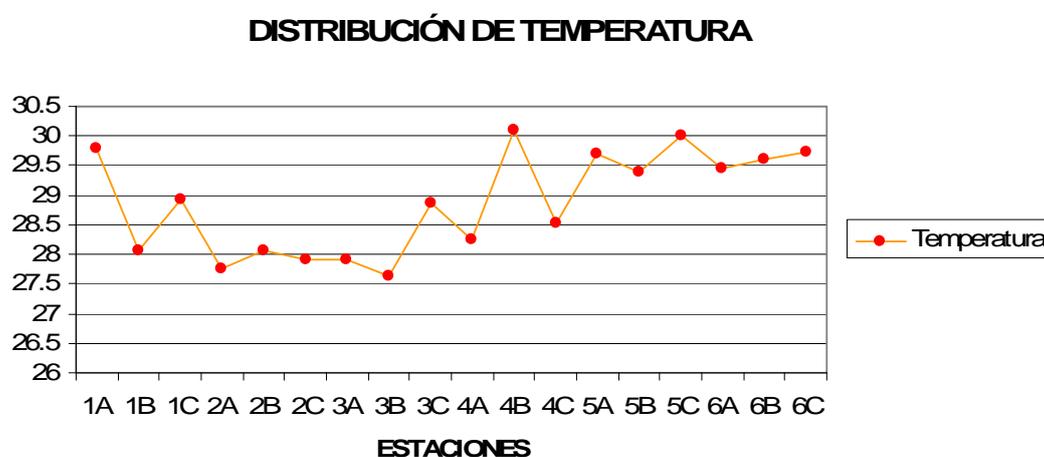


Figura 2. Distribución de temperatura en la zona de muestreo.

Salinidad

Se observa que en el transecto 1A (50 m) fue de 6.11‰ y disminuyó en el transecto 1B y se mantuvo constante hasta el transecto 4A. Los valores más bajos de salinidad se registraron en el transecto 2A y C con 0.43‰

fluctuando hasta el transecto 6 con valores más altos de salinidad que se presenta en el transecto 5C con 7.98 ‰ (Fig. 3).

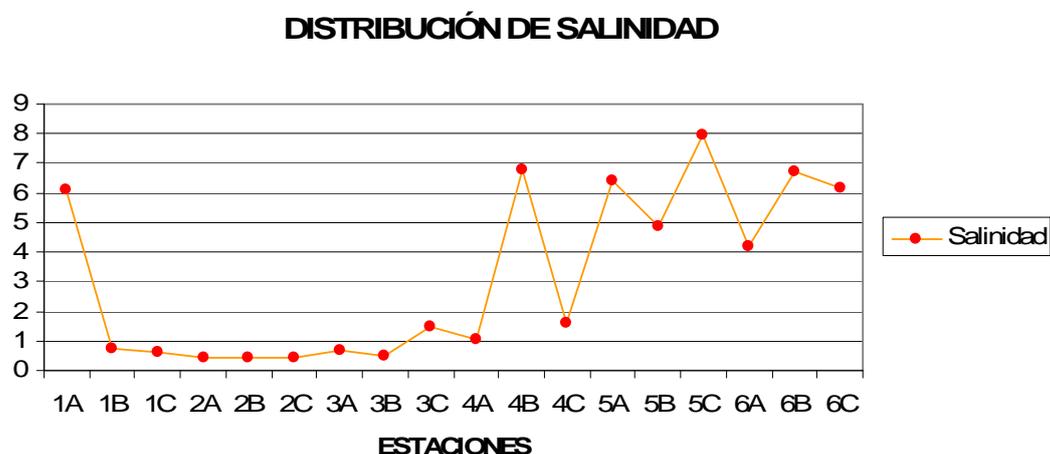


Figura 3. Distribución de salinidad en la zona de muestreo

Oxígeno Disuelto

En todas las estaciones se observó una fluctuación en la concentración de oxígeno, siendo el valor más alto con 4.99 mg/l en el transecto 6C y la mínima con 2.37 mg/l en el transecto 1A (Fig. 4).

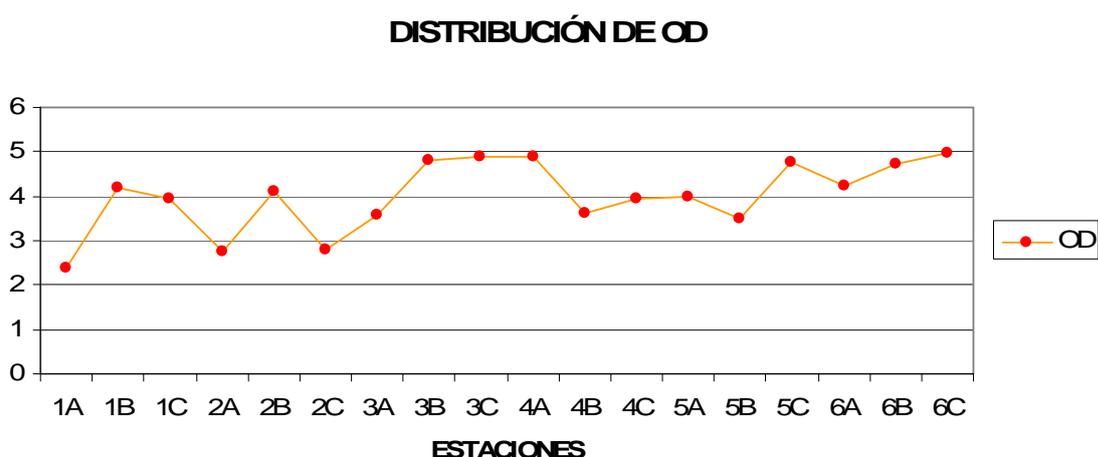


Figura 4. Distribución de oxígeno disuelto en la zona de muestreo.

Materia orgánica

La mayor concentración de materia orgánica se registró en el transecto 3 siendo la estación B el más alto valor con 2.5% de C (tabla 1) a una profundidad de 4.5 metros y la menor concentración fue en el transecto 6C con 0.68 % (Fig.5).

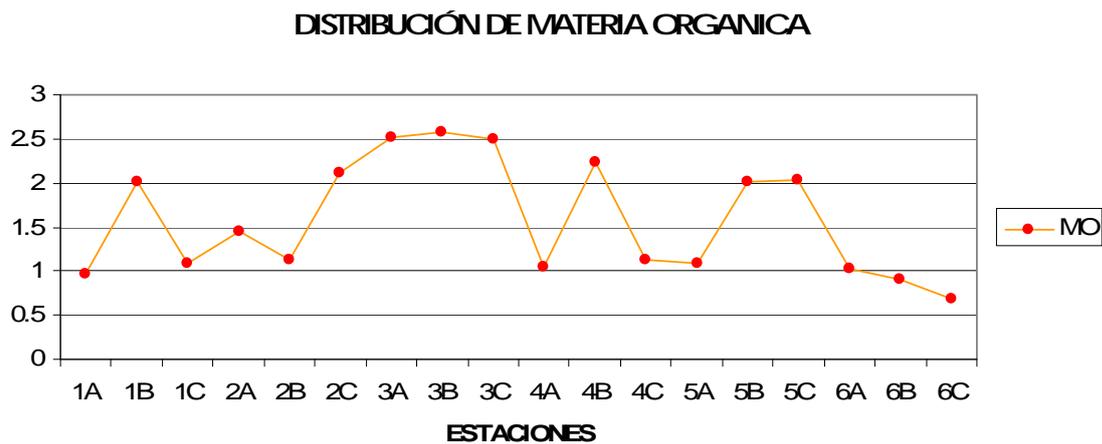


Figura 5. Distribución de materia orgánica en la zona de muestreo.

3.2 ANÁLISIS GENERAL DE LA COMUNIDAD FAUNÍSTICA

Los resultados de abundancias se encuentran en la tabla 2 y 3 que corresponden a los transectos 1, 2, 3, 4, 5 y 6 a tres distancias 50, 150 y 300 m.

Se identificó un total de 312 individuos distribuidos en 16 familias, 6 géneros y 10 especies (Tabla 2). La familia con mayor individuos fue Sternaspidae con 112 individuos seguido por Trichobranchidae con 76 y Serpulidae con 45 (Fig.6). Onuphidae, Cossuridae y Sigalionidae presentaron la menor abundancia con 1 individuo. Las familias Cirratulidae y Maldanidae presentaron la mayor riqueza de especies con dos especies cada una. La familia Cirratulidae con 10 individuos y la familia Maldanidae con 3 individuos (Tabla 2).

NUMERO DE FAMILIAS POR ESTACION

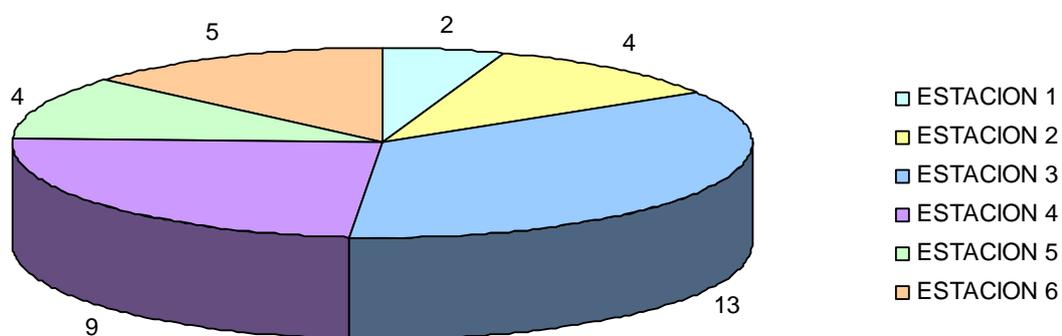


Figura 6. Distribución del número de familias en la zona de muestreo.

El transecto con mayor abundancia fue el transecto 3 con 135 individuos, seguida del transecto 4 con 94 individuos. El transecto con menor abundancia fue el transecto 6 con 8 individuos (Fig. 7).

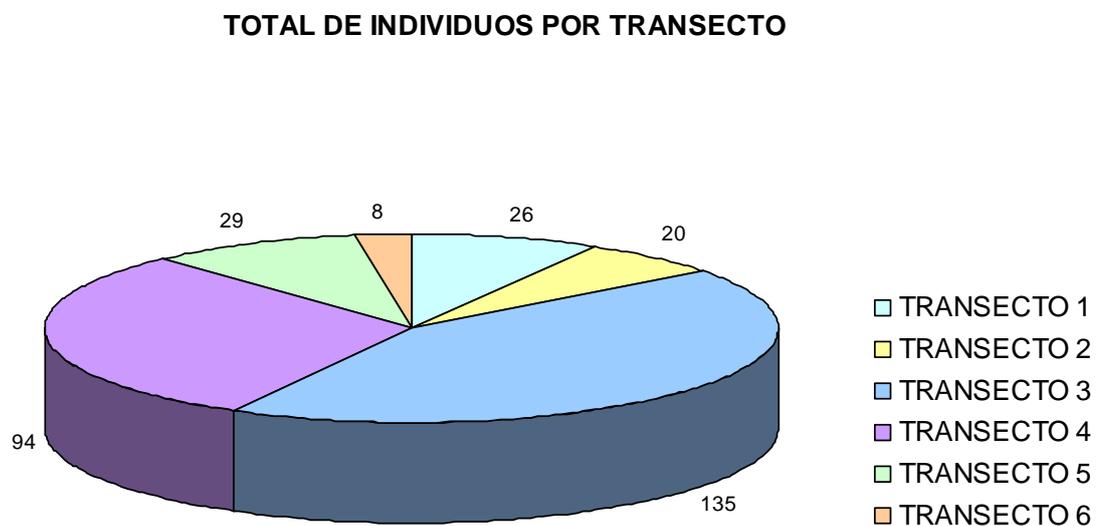


Figura 7. Distribución del total de individuos en la zona de muestreo.

Tabla 2. Número de individuos por familias

FAMILIAS	ESTACIONES																		
	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	4A	4B	4C	5A	5B	5C	6A	6B	6C	TOTAL
Nereididae	6	1	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22
Capitellidae	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Trichobranchidae	0	0	0	4	3	6	0	4	1	7	21	18	11	0	0	1	0	0	76
Serpulidae	0	0	0	0	1	2	0	2	0	0	22	7	11	0	0	0	0	0	45
Sternaspidae	0	0	0	0	0	3	0	2	101	0	4	0	0	0	2	0	0	0	112
Spionidae	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	5	0	0	2	0	0	9
Orbiniidae	0	0	0	0	0	0	1	0	11	0	1	0	0	0	0	0	0	0	13
Opheliidae	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	3	6
Glyceridae	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3
Onuphidae	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Sabellidae	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	4
Sigalionidae	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Cirratulidae	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	8	0	0	0	0	0	1	10
Pilargidae	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Cossuridae	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Maldanidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	3
TOTAL	6	3	17	4	4	12	6	10	119	9	48	37	27	0	2	4	0	4	312

Tabla 3. Número de individuos por género y especie.

GENERO	ESTACIONES																	
	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	4A	4B	4C	5A	5B	5C	6A	6B	6C
Terebellides	0	0	0	4	3	6	0	4	1	7	21	18	11	0	0	1	0	0
Sternaspis	0	0	0	0	0	3	0	2	101	0	4	0	0	0	2	0	0	0
Thalenessa	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sigambra	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chone	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Nicomache	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
Euclymene	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
ESPECIE																		
<i>C.irritabilis</i>	6	1	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Capitella capitata</i>	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tharyx sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>caulleriella cf. alata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	1
<i>Armandia maculata</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>Glycera sphyrabrancha</i>	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Diopatra cuprea</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cossuria soyeri</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>paraprionospio yokoyamai</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	5	0	0	2	0	0
<i>Leitoscoloplos robusto</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	11	0	1	0	0	0	0	0	0	0

3.2.1 Composición de la comunidad de poliquetos a nivel de familia

Las familias identificadas durante el muestreo en las costas de la ciudad de Belice son: Capitallidae, Cirratulidae, Cossuridea, Glyceridae, Maldanidae, Nereididae, Opheliidae, Orbiniidae, Onuphidae, Pilargidae, Sabellidae, Serpulidae, Sigalionidae, Spionidae, Sternaspidae y Trichobranchidae (Tabla 4).

Tabla 4. Abundancia y Biomasa total de las familias de poliquetos por estación.

FAMILIAS	ABUNDANCIA	BIOMASA
Nereididae	22	0.2387
Capitellidae	4	0.0179
Trichobranchidae	76	4.0763
Serpulidae	45	0.96338
Sternaspidae	112	1.1373
Spionidae	9	0.3194
Orbiniidae	13	1.1016
Opheliidae	6	0.0716
Glyceridae	3	0.0368
Onuphidae	1	0.0034
Sabellidae	4	0.0123
Sigalionidae	1	0.0109
Cirratulidae	10	0.0313
Pilargidae	2	0.0151
Cossuridae	1	0.0004
Maldanidae	3	0.2274

La familia más abundante durante el muestreo fue Sternaspidae con 112 individuos y los menos abundantes son Onuphidae, Sigalionidae y Cossuridae con un individuo (Fig. 8). Sternaspidae presentó la mayor abundancia y Trichobranchidae dominaron en términos de biomasa con 4.08 g durante el muestreo (Fig. 9).

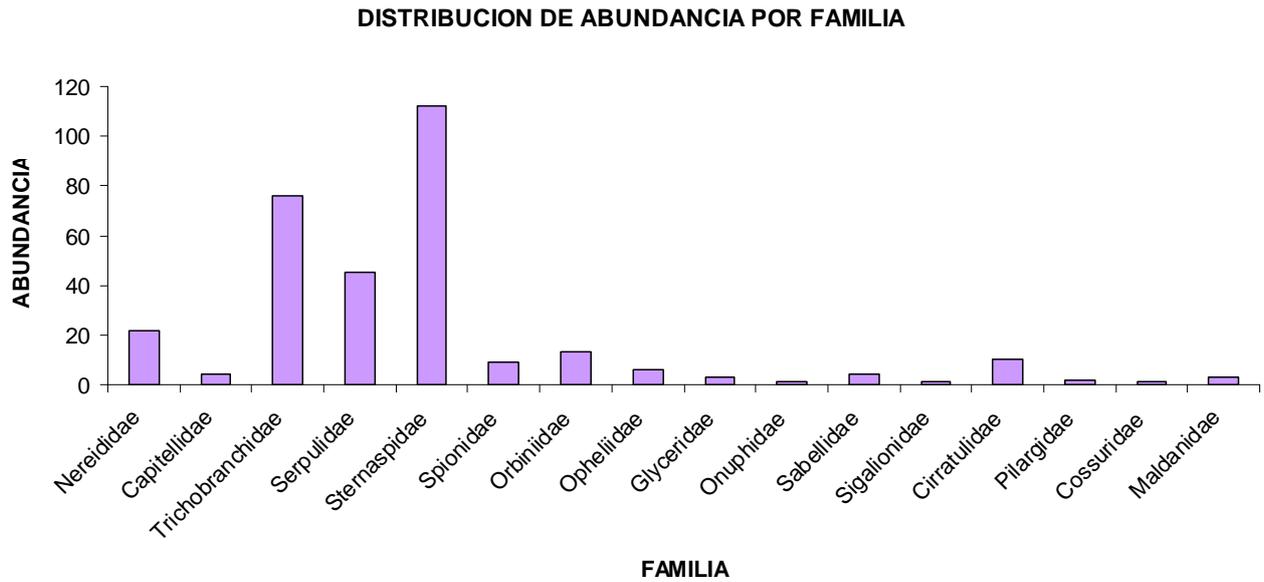


Figura 8. Distribución de la abundancia total de las familias de poliquetos en la zona de muestreo.

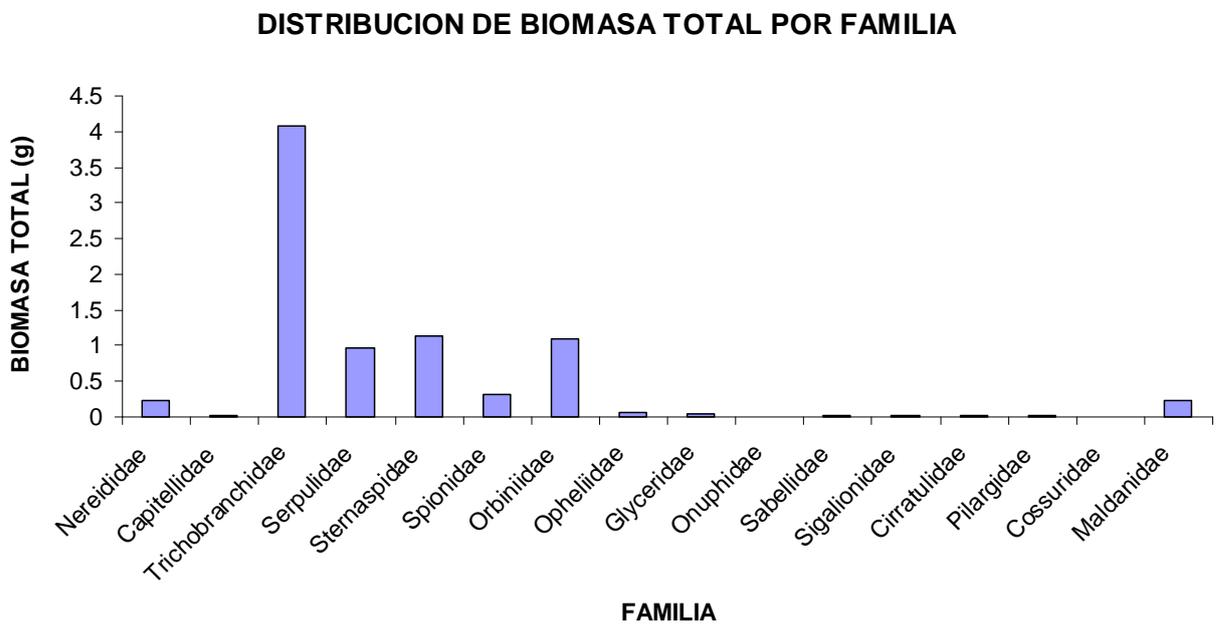


Figura 9. Distribución de biomasa total de las familias de poliquetos en la zona de muestreo.

3.2.2 Composición de la comunidad de poliquetos a nivel de especie.

Las especies identificadas durante el muestreo son: *Capitella capitata*, *Tharyx* sp., *Caulleriella* cf. *alata*, *Cosura soyeri*, *Glycera sphyrabrancha*, *C. irritabilis*, *Armandia maculata*, *Leitoscoloplos robustos*, *Diopatra cuprea* y *Paraprionospio yokoyamai*.

Tabla 5. Abundancia y Biomasa total de las especies de poliquetos por estación.

ESPECIES	ABUNDANCIA	BIOMASA
<i>C.irritabilis</i>	22	0.2387
<i>Capitella capitata</i>	4	0.0179
<i>Paraprionospio yokoyamai</i>	9	0.3194
<i>Leitoscoloplos robusto</i>	13	1.1016
<i>Armandia maculata</i>	6	0.0716
<i>Glycera sphyrabrancha</i>	3	0.0368
<i>Diopatra cuprea</i>	1	0.0034
<i>Tharyx</i> sp.	2	0.0102
<i>caulleriella</i> cf. <i>alata</i>	8	0.211
<i>Cosuria soyeri</i>	1	0.0004

En todo el muestreo se registraron 16 familias, de las cuales solo la familia Cirratulidae tuvo 2 especies. No hubo cambios en la abundancia y biomasa entre familias y especies con excepción de cirratulidae (Fig. 9).

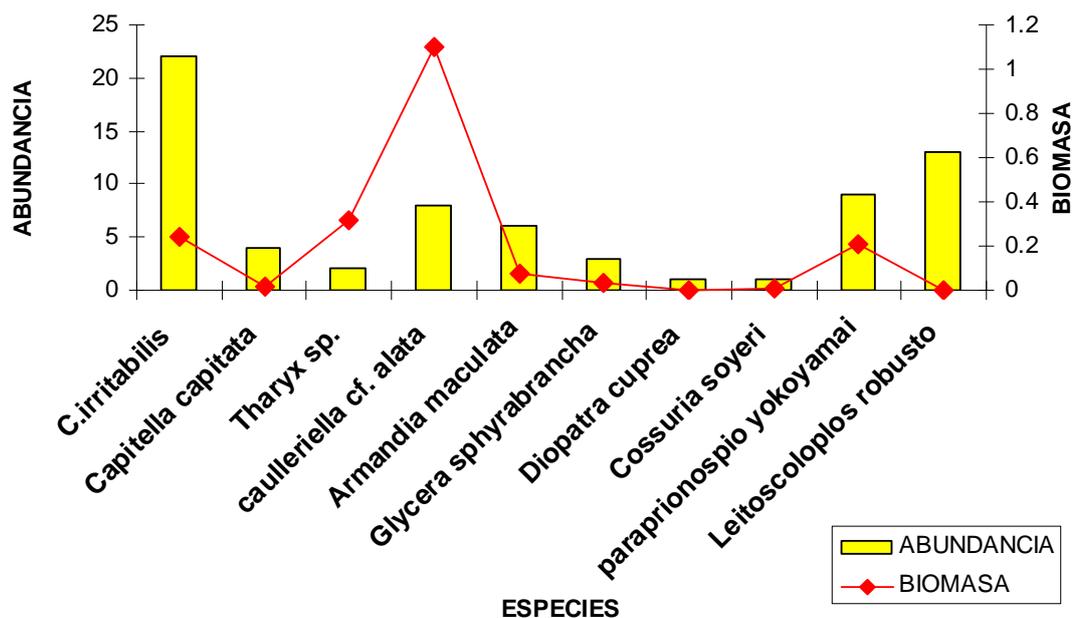


Figura 10. Relación de abundancia y biomasa en la zona de muestreo

3.2.3 Concentración y distribución de materia orgánica en sedimentos

En el transecto del río (Belize river) a 50 m la concentración de materia orgánica se encontró en el rango de 0-1% de carbono con un aumento en la estación B de 2 % C y posteriormente una disminución en la estación C con 1% C, en el Hotel Casino Princesa de la estación A la concentración fue de 1-1.5 % C con una ligera disminución a 150 m de 1% C y aumentando en la estación C de 1-2% C, En el arroyo Haulover (Haulover creek) estuvo en el rango de 2.5-3 % C en todas las distancias de muestreo. En la casa de gobierno a 50 y 300 m se encontraron en el rango de 0-1 % C mientras que a 150 metros se encontró a 2-2.5 %C. En el puerto a 50 m la concentración se encontró en el rango de 0-1% de carbono con un aumento a 150 y 300 m de 2% de carbono. El transecto 6 al sur del puerto a 50 m la concentración se encuentra en el rango de 0-1% C mientras que a 150 y 300 m se encuentra por debajo de 1% de carbono (Fig. 11).

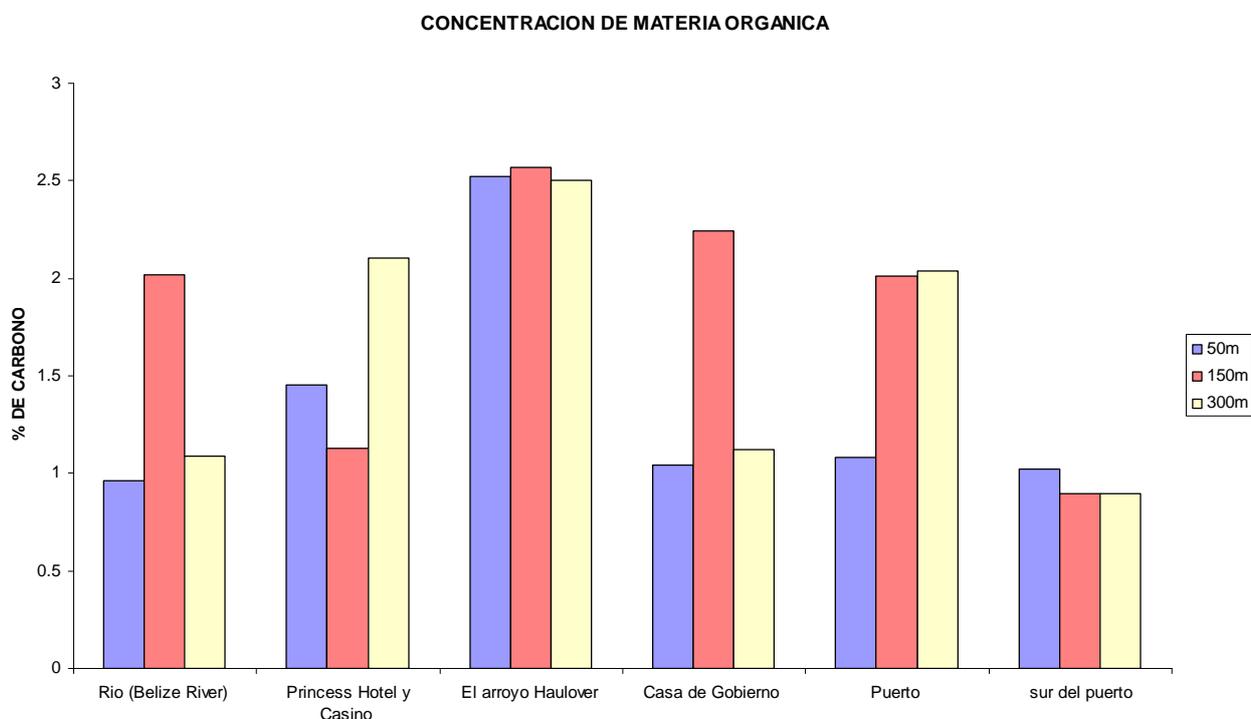


Figura 11. Concentración de materia orgánica en la zona de muestreo.

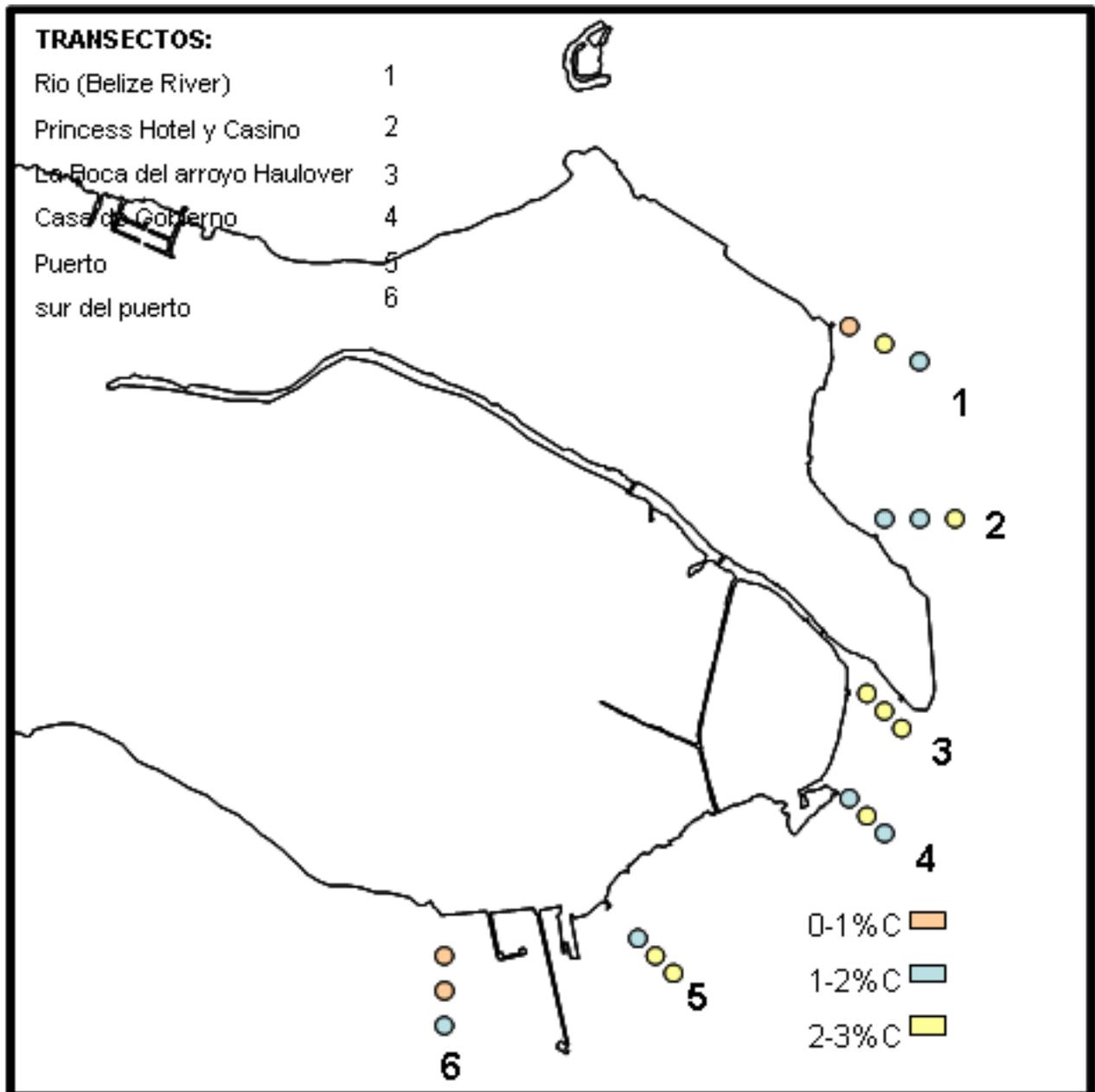


Figura 12. Concentración de materia orgánica en la zona de muestreo.

3.2.4 Análisis de la comunidad de poliquetos

Las familias predominantes durante el muestreo fueron Sternaspidae y Trichobranchidae, seguida de Serpulidae y Nereididae y los menos abundantes fueron Onuphidae, Cossuridae y Sigalionidae (Fig. 13).

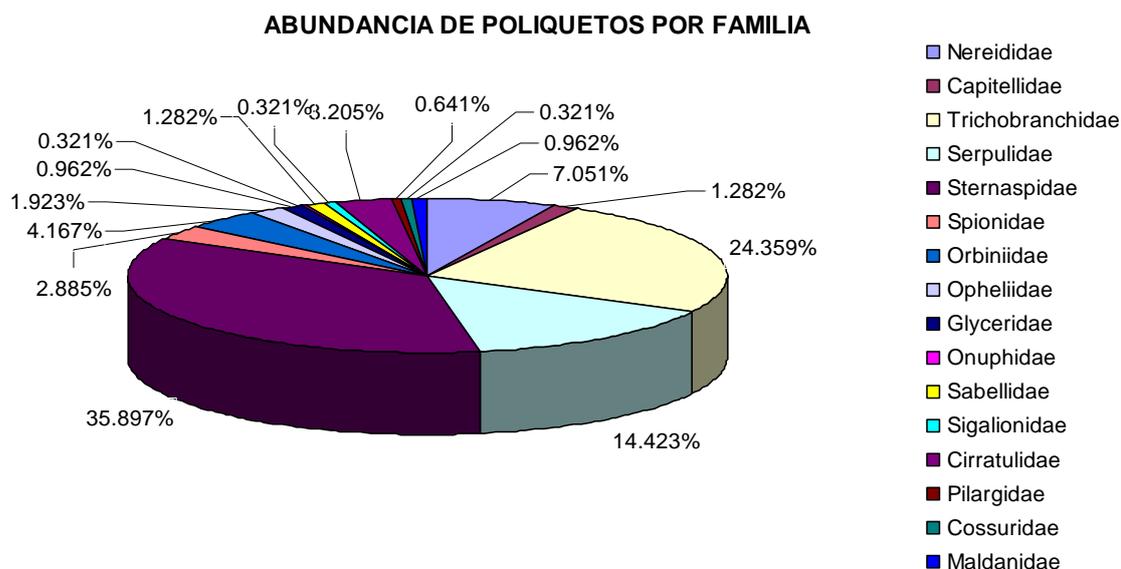


Figura 13. Abundancia de poliquetos por familia en la zona de muestreo.

3.2.5 Distribución de las familias de poliquetos

La estación con mayor abundancia fue en la boca del arroyo haulover con la familia Sternaspidae mientras que las familias Serpulidae y Tricobranchidae se encontraron en el transecto 4, en la zona de muestreo con un 93.33% de distribución, aunque la familia Spionidae tuvo una amplia distribución en la mayoría de los transectos, sin embargo su abundancia fue menor. La familia Nereididae y Capitellidae se distribuyeron únicamente en el transecto 1. En el transecto 5 y 6 a 150 m no se encontraron poliquetos.

Tabla 6. Porcentaje y distribución de las familias en la zona de muestreo.

FAMILIAS	% DE DISTRIBUCION
Nereididae	16.66%
Capitellidae	16.66%
Trichobranchidae	93.33%
Serpulidae	93.33%
Sternaspidae	93.33%
Spionidae	93.33%
Orbiniidae	33.33%
Opheliidae	33.33%
Glyceridae	33.33%
Onuphidae	16.66%
Sabellidae	33.33%
Sigalionidae	16.66%
Cirratulidae	16.66%
Pilargidae	16.66%
Cossuridae	16.66%
Maldanidae	16.66%

Tabla 7. Porcentaje de abundancia de las familias por transectos en la zona de muestreo

Transectos	Abundancia		% de abundancia por familia															
	total		Nere	Capi	Tricho	Ser	Ster	Spio	Orbi	Oph	Glyc	Onu	Sab	Sig	Cirr	Pila	Coss	Mald
1	26		84.6	15.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	20		0	0	65	15	15	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	135		0	0	3.7	1.48	76.3	0.74	9.88	1.48	1.48	0.7	1.5	0.7	0.74	1.48	0.74	0
4	94		0	0	48.93	30.9	4.25	0	1.06	1.06	1.06	0	2.1	0	8	0	0	2.12
5	29		0	0	37.93	37.9	6.89	17.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	8		0	0	12.5	0	0	25	0	37.5	0	0	0	0	12.5	0	0	12.5

** Nere: Nereididae, Capi: Capitellidae, Tricho: Trichobranchidae, Ser: Serpulidae, Ster: Sternaspidae, Spio: Spionidae, Orbi: Orbiniidae, Oph: Opheliidae, Glyc: Glyceridae, Onu: Onuphidae, Sab: Sabellidae, Sig: Sigalionidae, Cirr: Cirratulidae, Pila: pilargidae, Coss: Cossuridae, Mald: Maldanidae.

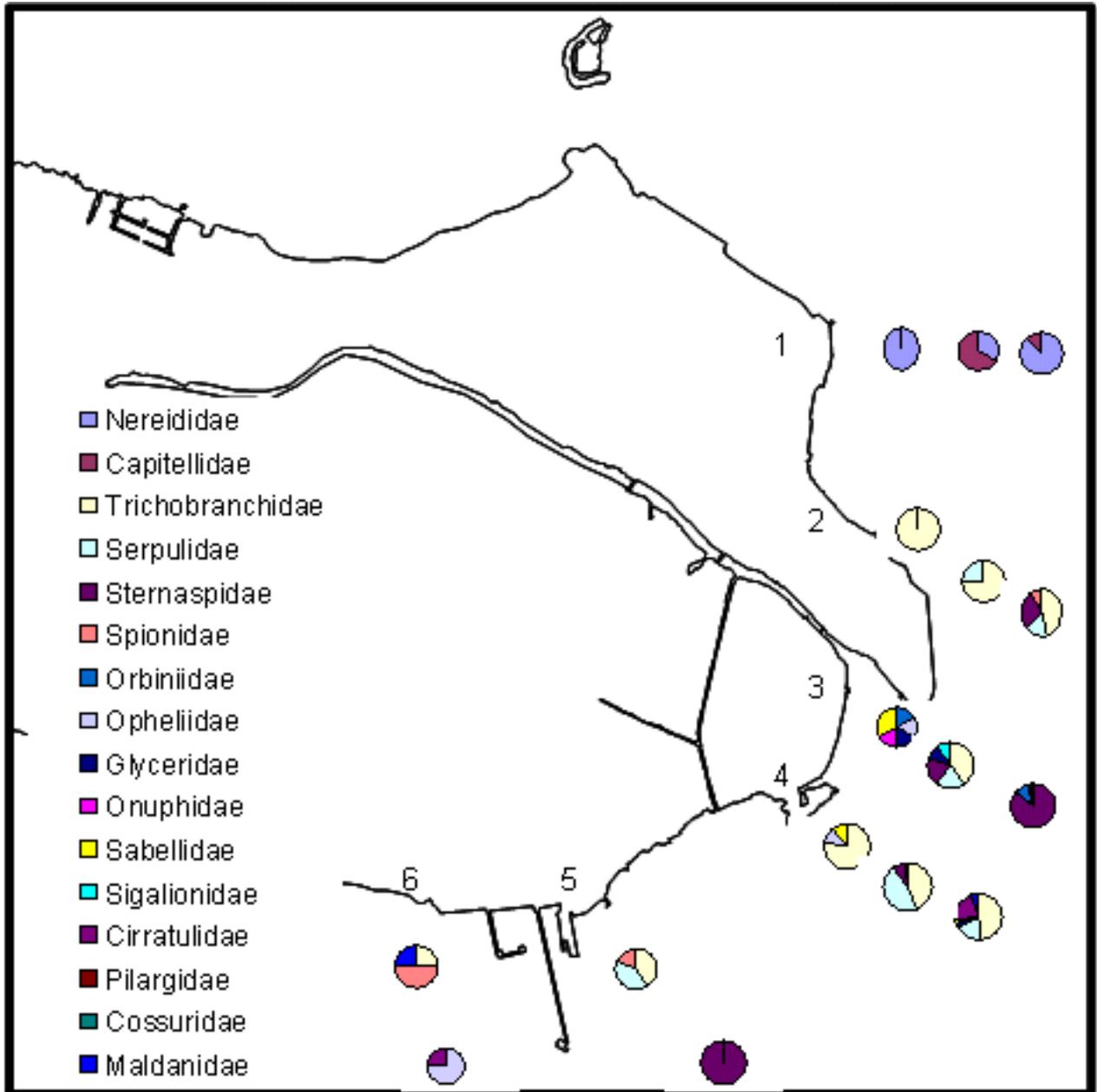


Figura 14. Distribución de las familias de poliquetos en la zona de muestreo en la costa de la ciudad de Belice

3.3 ANÁLISIS ECOLÓGICO

A continuación se presentan los valores de los índices ecológicos por estación: número de especies por estación (S), abundancia de individuos por especies (N), equidad ecológica por el índice de Pielou (J) y el índice de diversidad de Shannon-Weiner (H).

Tabla 8. Índices ecológicos de la comunidad de poliquetos en la zona de muestreo

ESTACIONES	S	N	d	J'	H'(log2)
1A	1	6	0		0
1B	2	3	0.91	0.9183	0.918296
1C	2	17	0.353	0.52256	0.522559
2A	1	4	0		0
2B	2	4	0.721	0.81128	0.811278
2C	4	12	1.207	0.86479	1.729574
3A	5	6	2.232	0.96972	2.251629
3B	5	10	1.737	0.91386	2.121928
3C	8	119	1.465	0.30238	0.907145
4A	3	9	0.91	0.62237	0.986427
4B	4	48	0.775	0.72638	1.452751
4C	6	37	1.939	0.7062	2.118599
5A	3	27	0.607	0.95025	1.506105
5B	0	0			0
5C	1	2	0		0
6A	3	4	1.443	0.94639	1.5
6B	0	0			0
6C	2	4	0.721	0.81128	0.811278

En el transecto 1A se encontró una familia (Nereididae) y el 2A (Trichobranchidae), en el transecto 4A (Trichobranchidae, Ophelidae y Sabellidae) en el transecto 4 (Trichobranchidae, Serpulidae y Spionidae) así como en el último transecto 6A (Trichobranchidae, Spionidae y Maldanidae) se tuvieron tres familias, el mayor número de familias fue en el transecto 3A con 5 (Orbinidae, Opheliidae, Glyceridae, Onuphidae y Sabellidae (Fig. 15 A).

En el transecto 1B (Nereididae y Capitellidae) y el 2B se obtuvieron 2 familias (Trichobranchidae y Serpulidae), en el transecto 4B se tuvieron cuatro familias (Trichobranchidae, Serpulidae, Sternaspidae y Orbinidae), el mayor número de familias se encontró en el transecto 3B (Trichobranchidae, Serpulidae, Sternaspidae, Glyceridae y Sigalionidae) mientras que en el transecto 5B y 6B no se encontraron familias de poliquetos (Fig. 15 A).

En el transecto 1C se encontraron la familia (Nereididae y Capitellidae) y el transecto 6C se encontraron 2 familias (Opheliidae y Cirratulidae), en el transecto 2C se encontraron 4 familias (Spionidae, Sternaspidae, Serpulidae y Trichobranchidae), mientras que en el transecto 4C se encontraron 6 familias (Trichobranchidae, Serpulidae, Glyceridae, Sabellidae, Cirratulidae y Maldanidae) y el transecto donde se obtuvo el mayor número de familias fue en el transecto 3C (Trichobranchidae, Sternaspidae, Spionidae, Orbinidae, Opheliidae, Cirratulidae, Pilargidae y Cossuridae), el menor número de familias se encontró en el transecto 5C con una familia (Sternaspidae) (Fig. 15 A).

En la estación A los valores del índice de uniformidad fueron mayores a 0.6, en la estación B los valores fueron mayores de 0.73. en la estación C el menor índice se encuentra en la boca del río con 0.3 (Figura 15 B).

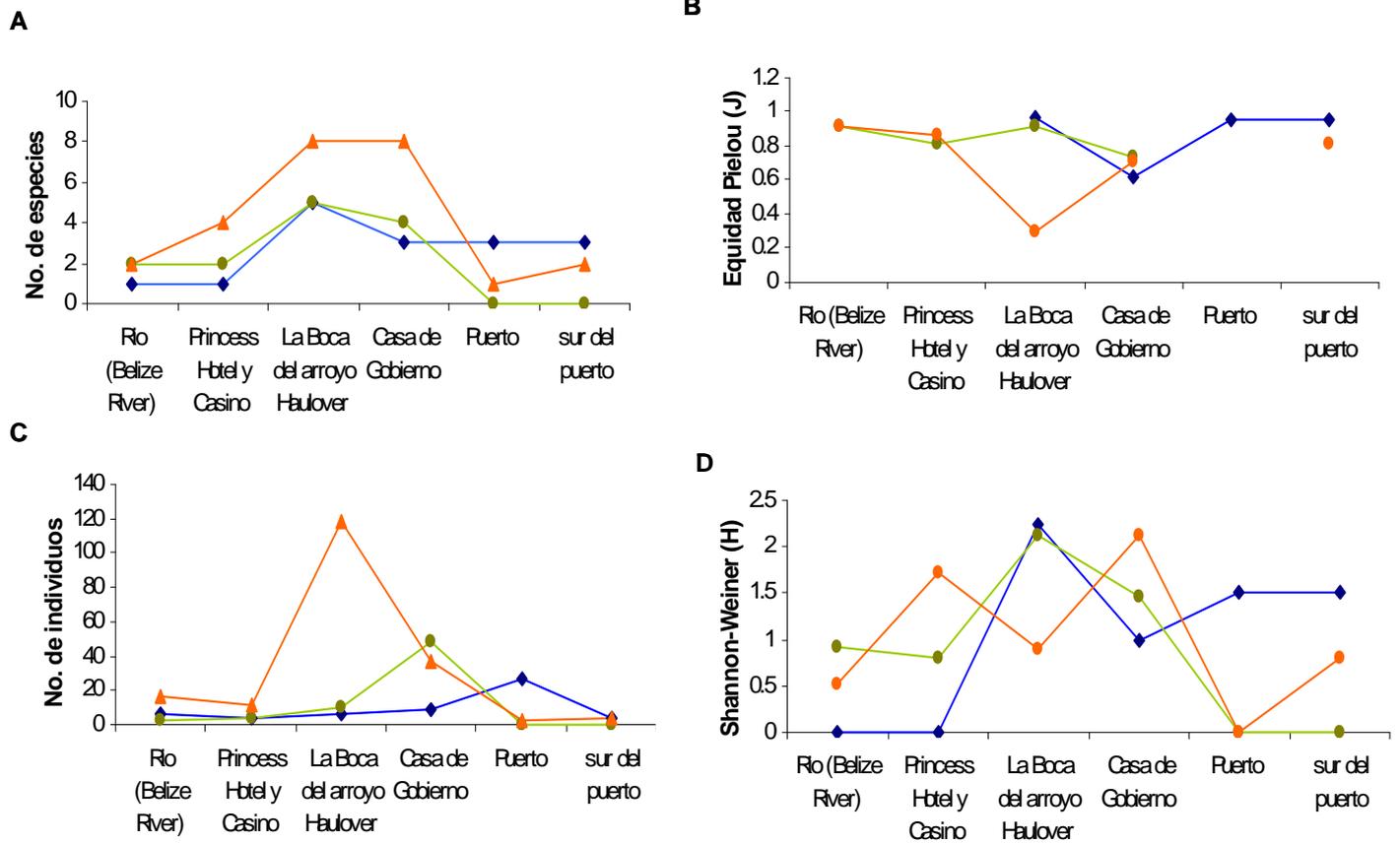


Figura 15. Índices ecológicos por transectos en la zona de muestreo en la costa de la ciudad de Belice. El color (—▲—) representan la distancia de 50 m, el verde (—■—) la distancia de 150 m y el rojo (—●—) la distancia de 300 m de cada transecto.

La menor abundancia se encontró en el Hotel Casino Princess y el puerto en la estación A con 4 individuos y la mayor abundancia fue en el puerto con 27 individuos, el río (Belice River) y La Boca del arroyo Haulover, encontrándose 6 individuos cada uno, mientras que la Casa de Gobierno se encontró 9 individuos.

En los transectos del puerto y al sur del puerto en la estación B no se encontraron organismos. En la Casa de Gobierno se encontró la mayor abundancia con 48 individuos seguida por la Boca del arroyo Haulover con 10 individuos, el Hotel Casino Princess tuvo una abundancia de 4 individuos mientras que en el río (Belice River) se encontraron 3 individuos únicamente.

La mayor abundancia fue en la estación C de la Boca del arroyo Haulover con 119 individuos siendo el transecto con mayor abundancia en todo el muestreo. La distancia con menor abundancia fue en el puerto con 2 individuos. En la casa de Gobierno se obtuvo 37 individuos mientras que en el río (Belice River) se encontró una abundancia de 17 individuos, en el Hotel Casino Princess se encontró 12 individuos y en el ultimo transecto se encontró 4 individuos (Fig. 14c).

Con respecto al índice de diversidad de Shannon- Weiner, transecto 3A, 5A y 6A fueron mayor a 1.5 bits/ind, el transecto 1A, 2A , 4A fue menor a 1 bits/ind.

En el transecto 1B , 2B, 5B y 6B fueron menor a 1 bits/ind, el arroyo y la casa de gobierno mayor a 1.4 bits/ind.

Con respecto al los transectos 1C, 3C, 5C y 6C fueron menor a uno y mayor a 1.7 bits/ind en el transectos 2C y 4C (fig. 16 D.)

Poliquetos de sustrato arenoso como bioindicadores de contaminación por materia orgánica en el puerto de Belice, Belice

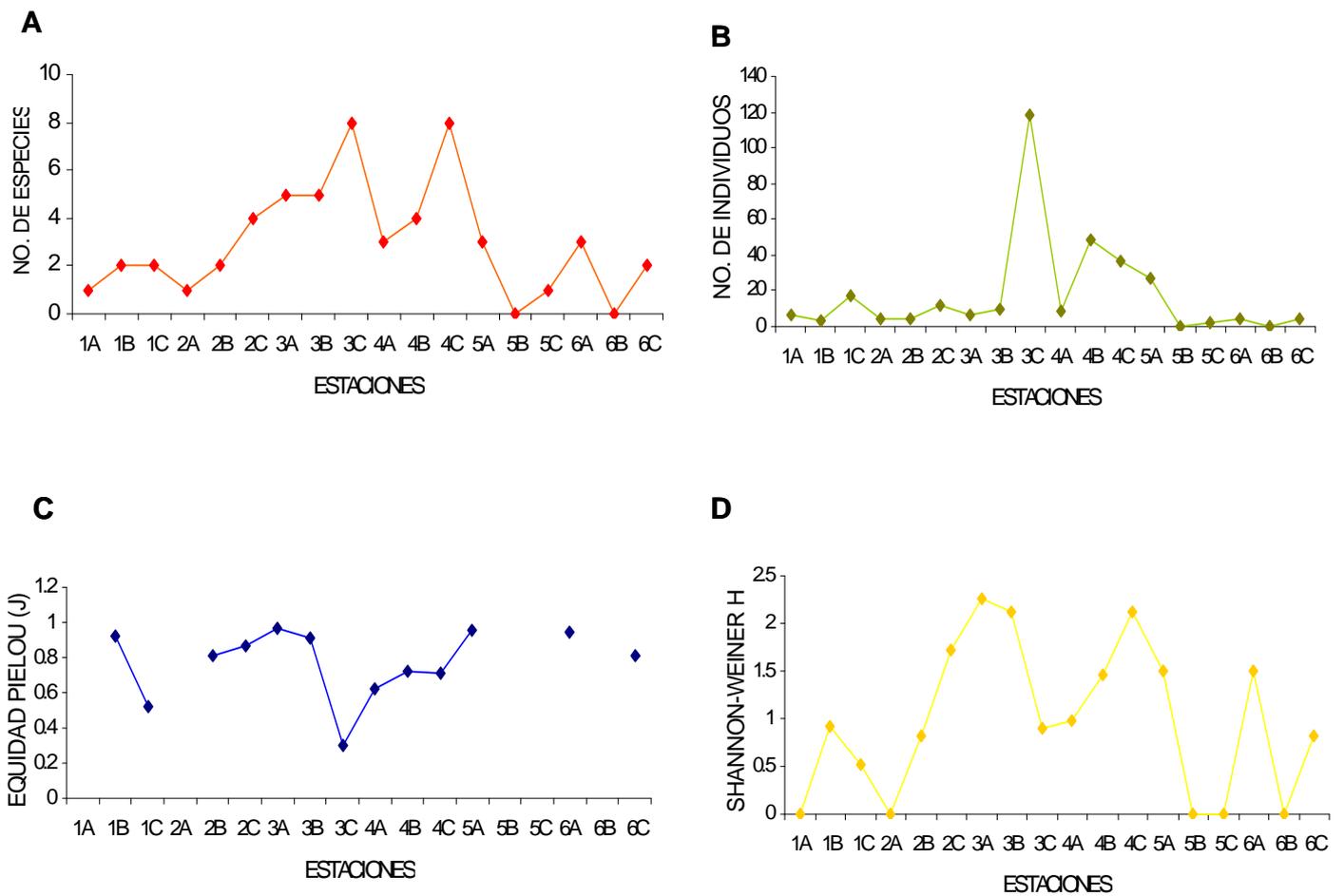


Figura 16. Índices ecológicos por distancia en la zona de muestreo en la costa de la ciudad de Belice.

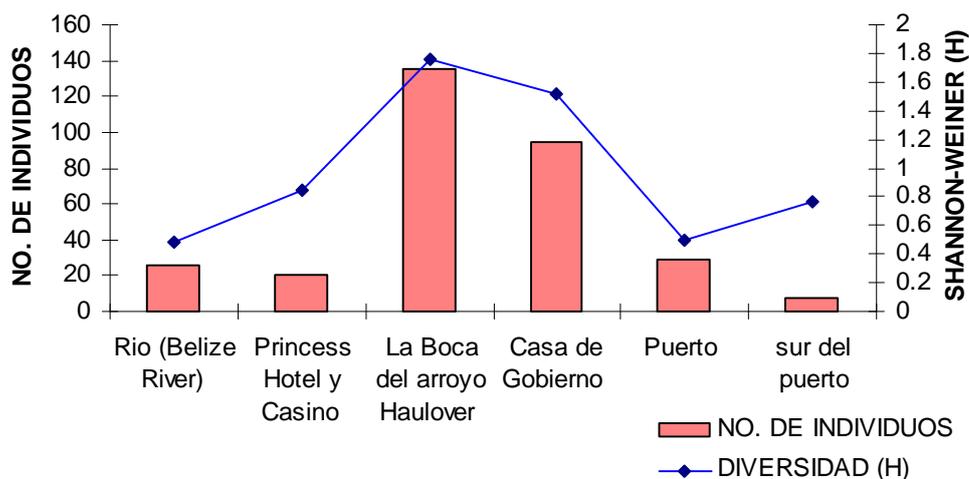


Figura 17. Abundancia y diversidad promedio por transectos en la zona de muestreo en la costa de la ciudad de Belice.

Se puede apreciar que la diversidad por transectos aumenta de norte a sur de (0.6 a 1.8) con un descenso en la casa de gobierno (1.5) y el puerto (0.5), aumentando en el último transecto (0.7). Con respecto a la abundancia presenta un incremento de sur a norte de (8 a 135 ind.) descendiendo en el hotel casino princess (20) y aumenta en el río (26). La mayor abundancia se encontró en la boca del arroyo haulover mientras que la mayor diversidad fue en la casa de gobierno (figura17).

3.3.1 Índice de similitud de Bray-Curtis

Se observa en el dendrograma del índice de similitud de Bray-Curtis que las estaciones 5B, 5C, 6B, 1A y 2A están separadas de las demás, esto se debe a que sólo en las estaciones 5B y 6B no se encontró ningún individuo, mientras que en las estaciones 5C, 1A y 2A se encontró un ejemplar. Se distinguen dos grupos: el grupo 1 con un 90% de similitud y el grupo 2 con 85 % de similitud. El grupo 1 comprende las estaciones 3A, 3B, 4C, 2C, 4B, 5A y 6A. El grupo 2 abarca las estaciones 1C, 2B, 6C, 4A, 1B y 3C en la zona de muestreo (Fig.17).

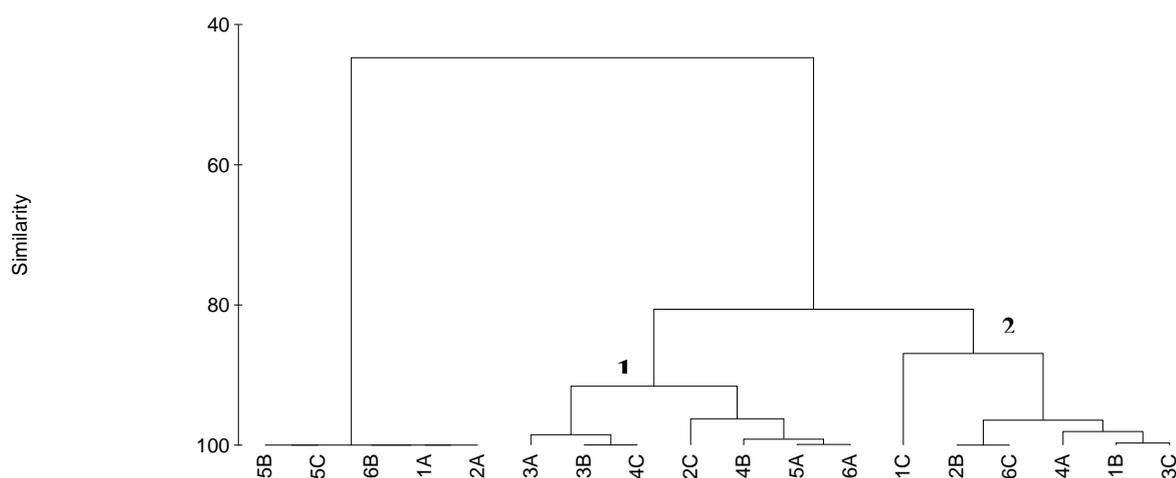


Figura 18. Dendrograma del análisis de agrupación de la abundancia de las estaciones en la zona de muestreo en la costa de la ciudad de Belice.

Se observa en el dendrograma del índice de similitud de Bray-Curtis que los transectos se dividen en 3 grupos, el grupo 1 con los transectos 3 y 4 con un 97% de similitud, siendo los transectos con la mayor abundancia, el grupo 2 con los transectos 1 y 5 con un 99% de similitud y el grupo 3 con los transectos 2 y 6 con un 98% de similitud, siendo los transectos con menor abundancia (Fig. 18).

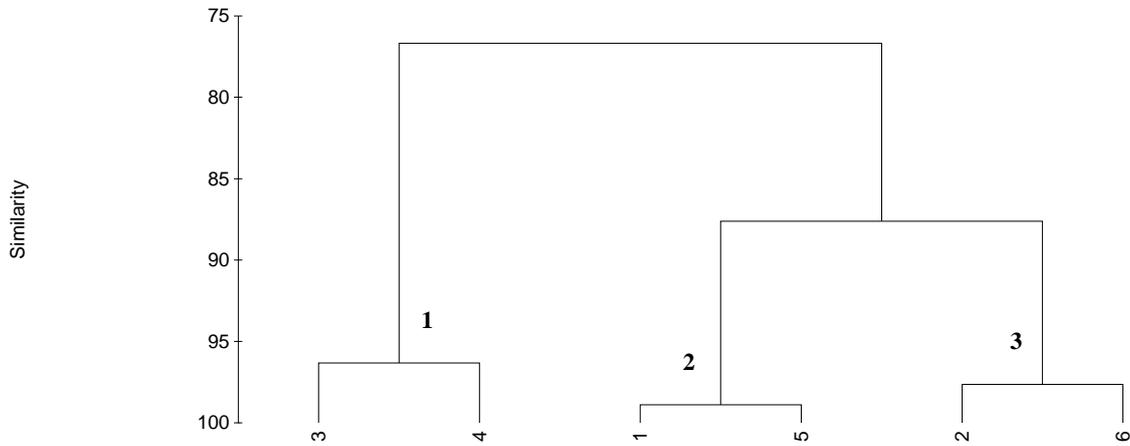


Figura 19. Dendrograma del análisis de agrupación de la abundancia de los transectos en la zona de muestreo en la costa de la ciudad de Belice.

3.3.2 Gráficas de comparación abundancia/biomasa ABC

En los 6 transectos del área de estudio: el Río (Belice River), el Hotel Casino Princess, La Boca del arroyo Haulover, la Casa de Gobierno, el Puerto y el sur del puerto, por el comportamiento de la abundancia con respecto a la biomasa se puede decir que el ambiente está moderadamente contaminado, ya que las líneas de biomasa y abundancia se traslapan.

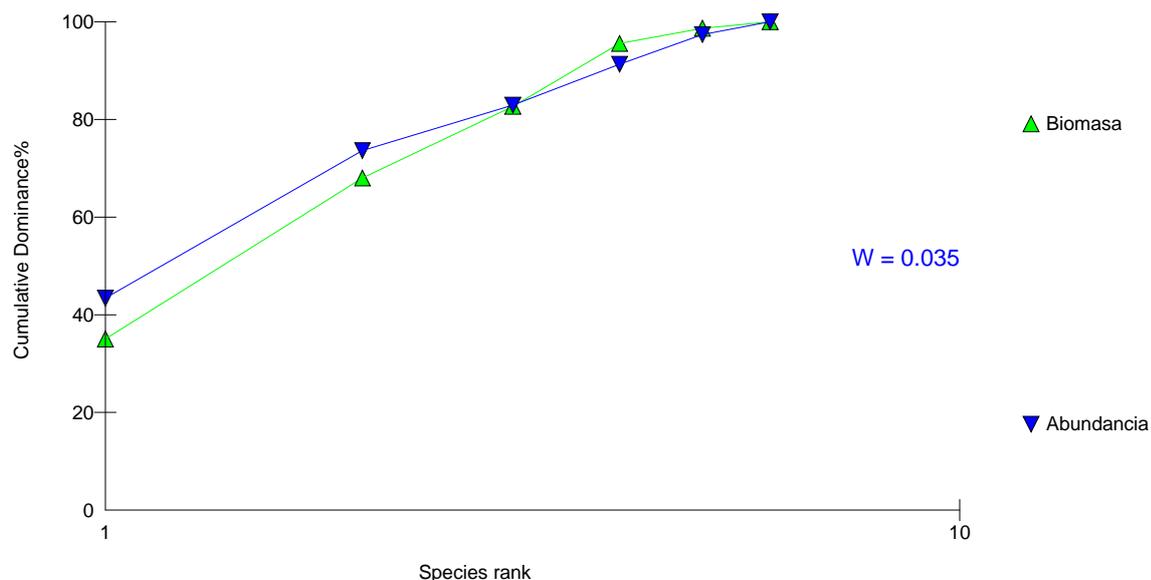


Figura 20. Gráfica de la curva ABC de la zona de muestreo en la costa de la ciudad de Belice.

Según las curvas ABC las estaciones del Río (Belice River) y La Boca del arroyo Haulover se encuentran moderadamente contaminadas (Fig. 20a), la estación que se encuentra enfrente del Hotel Casino Princess está intensamente contaminada (Fig. 20b), mientras que las siguientes estaciones como la Casa de Gobierno, el Puerto y el sur del puerto no se encuentran contaminadas (Fig. 20c).

Las estaciones con algún grado de contaminación son: 2B, 3B, 3C, 4A, y 4C. El transecto 1 no se encuentra contaminado, al igual que las estaciones 2A, 2C, 3A, 4A, 5A y 6C. En las estaciones 5B, 5C, 6A y 6B no se realizaron las curvas ABC por insuficiencia de datos. En la Figura 21 se muestran los sitios no contaminados así como los sitios moderadamente contaminados.

Poliquetos de sustrato arenoso como bioindicadores de contaminación por materia orgánica en el puerto de Belice, Belice

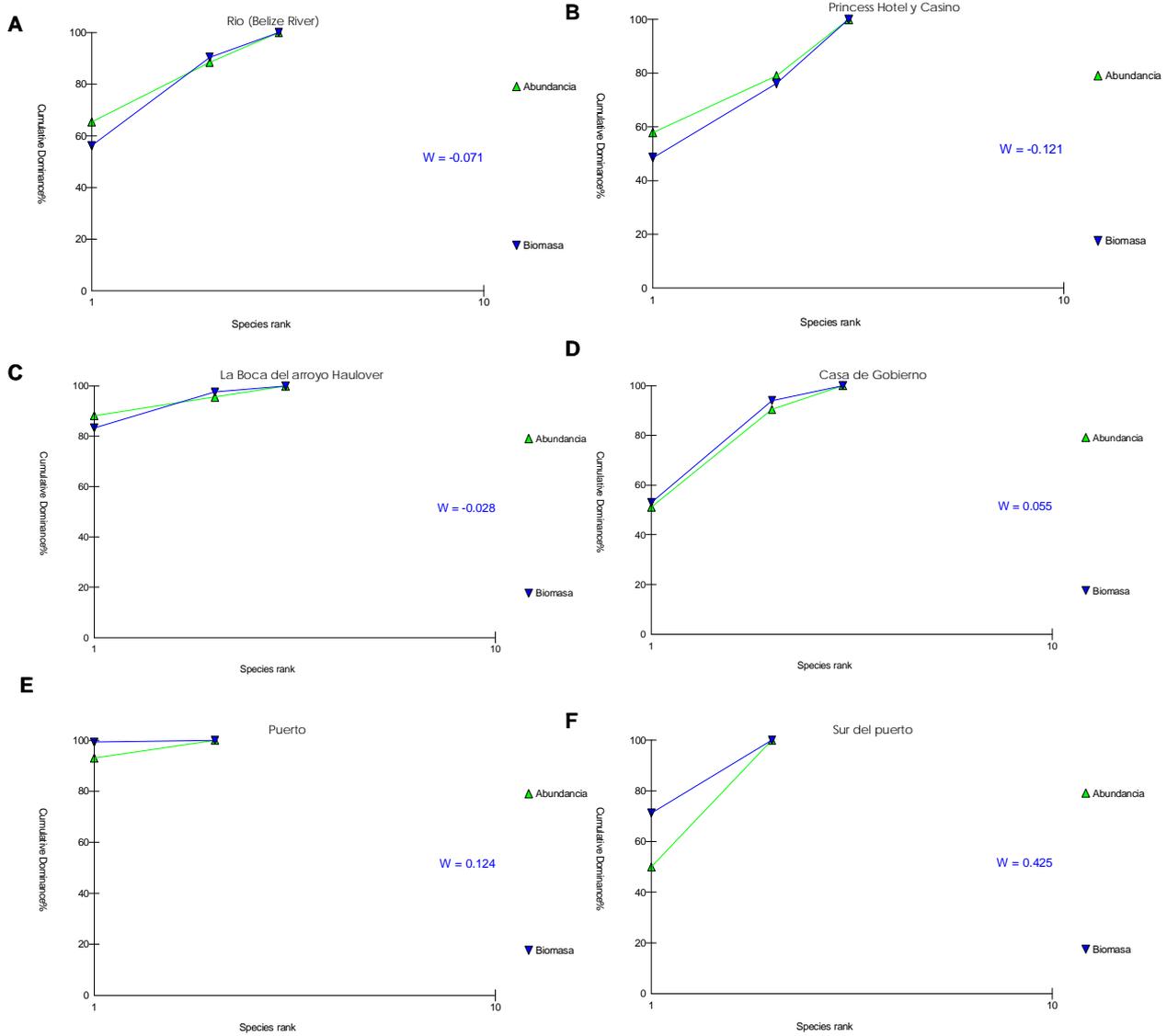


Figura 21. Gráficas de las curvas ABC por estaciones en la zona de muestreo en la costa de la ciudad de Belice. A) Belice river, B) Princess Hotel y casino, C) La boca del arroyo haulover D) Casa de gobierno E) puerto F) sur del puerto

Poliquetos de sustrato arenoso como bioindicadores de contaminación por materia orgánica en el puerto de Belice, Belice

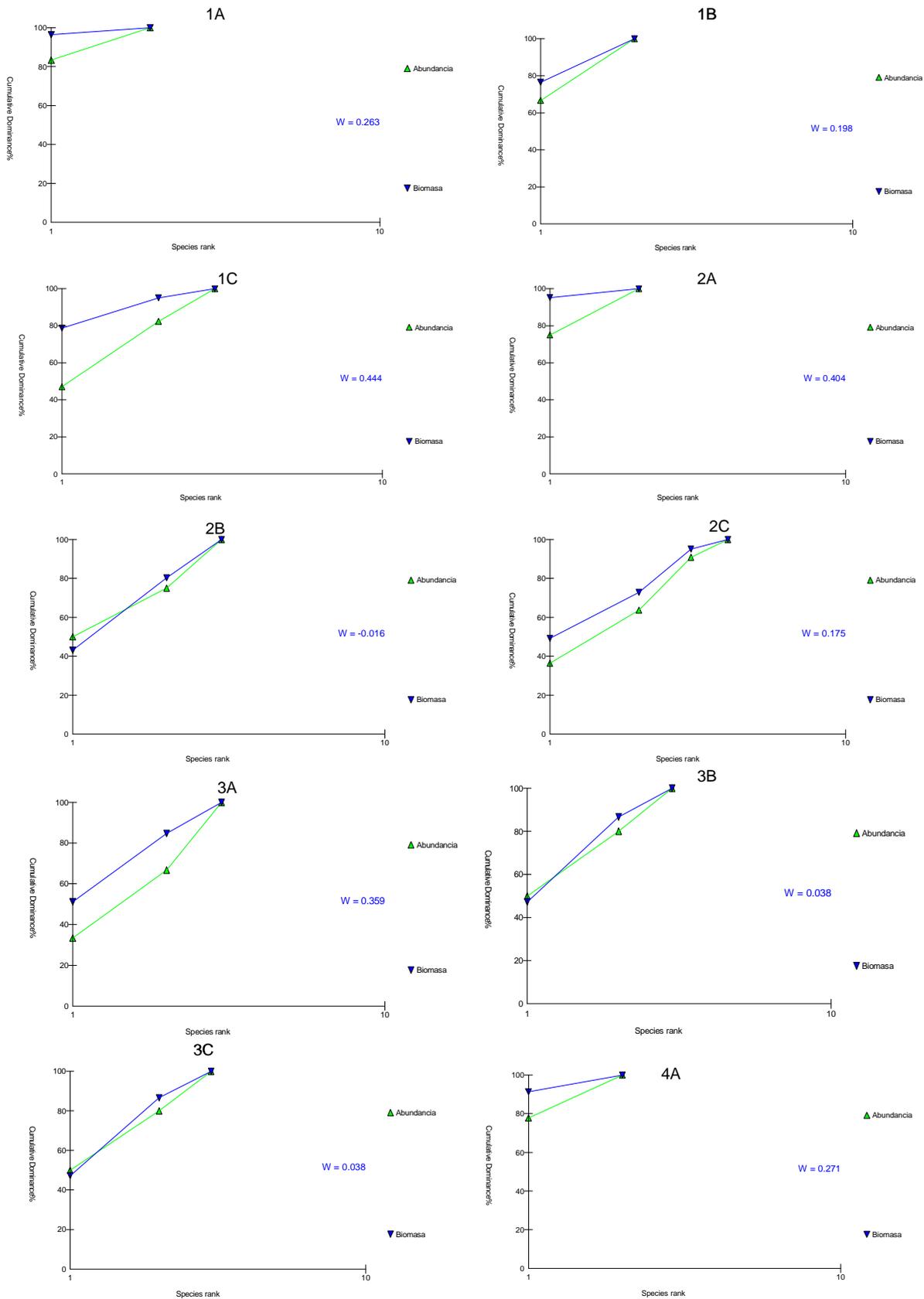


Figura 21 A. Gráficas de las curvas ABC por transectos en la zona de muestreo en la costa de la ciudad de Belice.

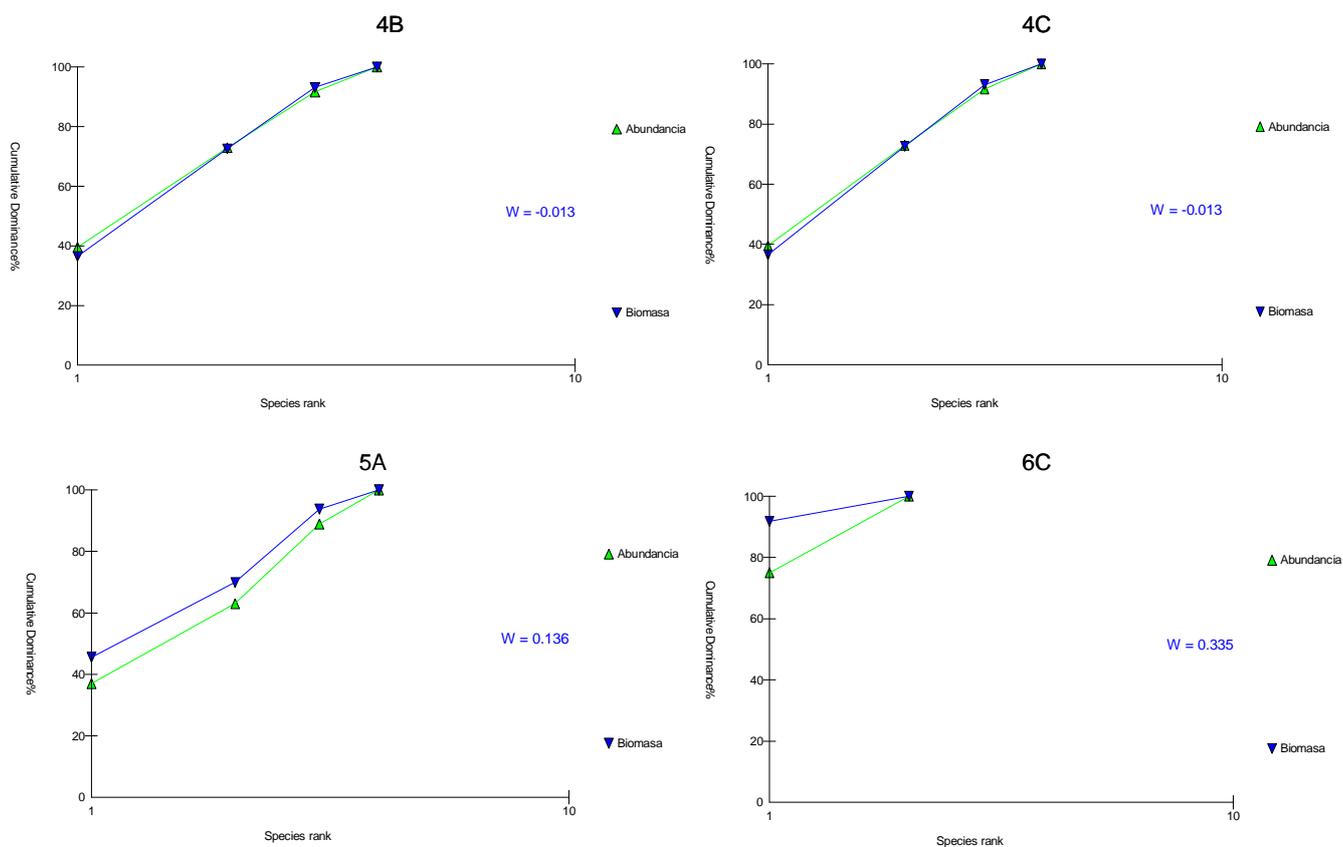


Figura 22 B. Graficas de las curvas ABC por transectos en la zona de muestreo en la costa de la ciudad de Belice.

3.3.3 Distribución Log-normal

Los géneros más abundantes son *Sternaspis* con 35.89% y *terebellides* con el 24.03 %. Las especies con mayor abundancia son: *C. irritabilis* con 7.05%, *Leitoscoloplos robusta* con 4.16%, *Paraprionospio yokoyamai* con 2.88% y *Caulleriella cf. alata* con 2.56 %. Las especies con baja abundancia son *Armandia maculata* con 1.92%, *Capitella capitata* con 1.28 % y por último las especies con la más baja abundancia son: *Tharyx sp.* con 0.64 %, seguida por *Diopatra cuprea* y *Cossuria soyeri* con el 0.32 % cada una. Las especies más abundantes fueron de la familia Sternaspidae con 112 individuos, Trichobranchidae con 75 y Serpulidae con 45 (Tabla 9).

Tabla 9. Abundancia de género y especies de poliquetos en la zona de muestreo.

GENERO	ABUNDANCIA	% DE ABUNDANCIA
Terebellides	75	24.038
Sternaspis	112	35.897
Thalenessa	1	0.32
Sigambra	2	0.641
Chone	4	1.282
Nicomache	2	0.32
Euclymene	1	0.641

ESPECIES	ABUNDANCIA	% DE ABUNDANCIA
<i>C. irritabilis</i>	22	7.051
<i>Capitella capitata</i>	4	1.282
<i>Paraprionospio yokoyamai</i>	9	2.884
<i>Leitoscoloplos robusto</i>	13	4.166
<i>Armandia maculata</i>	6	1.923
<i>Glycera sphyrabrancha</i>	3	0.961
<i>Diopatra cuprea</i>	1	0.32
<i>Tharyx sp.</i>	2	0.641
<i>caulleriella cf. alata</i>	8	2.564
<i>Cossuria soyeri</i>	1	0.32

Se elaboró la gráfica log-normal utilizando el número de individuos por especies en clases geométricas que se encontraron en la zona de muestreo, las clases geométricas V y VI corresponden a las especies indicadoras o sensitivas de cambios producidas por la contaminación (Tabla 10 y Fig 23).

Tabla 10. Datos de la gráfica de distribución log-normal en la zona de muestreo.

NUMERO DE INDIVIDUOS POR ESPECIES					
CLASE GEOMETRICA	CLASE ARITMETICA	# DE ESPECIE	%	% ACUMULATIVO	
I	1	4	22.22	22.2	
II	2-3	4	22.22	44.4	
III	4-7	3	16.66	61.1	
IV	8-15	3	16.66	77.8	
V	16-31	1	5.55	83.4	
VI	32-63	1	5.55	89	
VII	64-127	2	11.11	100	

La gráfica de la clase geométrica V incluye a la especie *C. irritabilis* de la familia Nereididae y en la clase VI de la familia Serpulidae correspondientes a las especies indicadoras o sensitivas de cambios producidos por la contaminación.

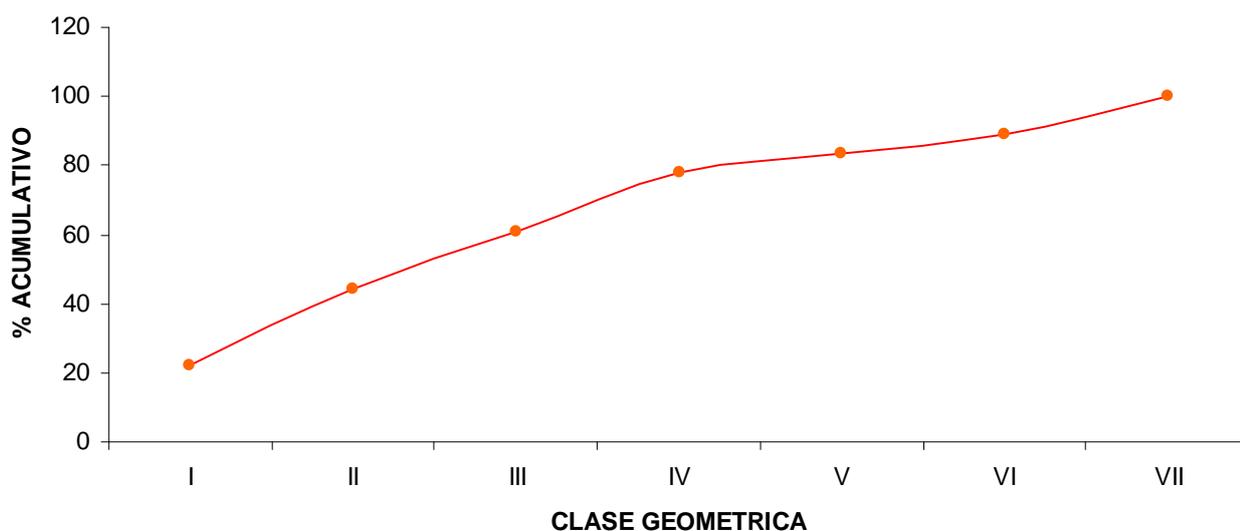


Figura 23. Distribución log-normal de la zona de muestreo en la costa de la ciudad de Belice.

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

Los variables ambientales utilizados para la correlación fueron 6: salinidad, oxígeno disuelto, pH, temperatura, profundidad y materia orgánica. La temperatura con respecto a la salinidad tuvo una correlación de 0.89, con el pH obtuvo un correlación de 0.61 y con respecto a materia orgánica tuvo una correlación de 0.98.

Al observar la abundancia de los poliquetos con las 6 variables ambientales se observa una alta correlación de las variables con la abundancia. La salinidad con la abundancia tiene una correlación de 0.82, el oxígeno

disuelto tiene un 0.62, el pH tiene una correlación de 0.96,, la temperatura tiene 0.73 de correlación y la profundidad tiene 0.62 de correlación. Por último la materia orgánica con respecto a la abundancia fue la de menor grado de correlación con un 0.35 (Tabla 10).

Tabla 11. Coeficientes de correlación de Spearman con la abundancia en la zona de muestreo.

Correlacion de Spearman: coeficientes\probabilidades							
VARIABLES	SAL	OD	PH	TEMP	PROF	MO	ABUN
SAL	1	0.33	0.03	5.40E-04	0.05	0.22	0.82
OD	0.25	1	0.16	0.67	0.22	0.7	0.62
PH	0.57	0.36	1	0.02	0.21	0.98	0.96
TEMP	0.89	0.11	0.61	1	0.28	0.08	0.73
PROF	0.5	0.32	0.32	0.28	1	0.22	0.62
MO	-0.32	-0.1	0.01	-0.45	0.32	1	0.35
ABUN	0.06	-0.13	-0.01	0.09	0.13	0.24	1

Se seleccionaron las mismas variables ambientales para la biomasa para explicar la comunidad de poliquetos. Al observar los datos hay una baja correlación de salinidad, oxígeno disuelto y profundidad con respecto a la biomasa. La salinidad con respecto a la biomasa tiene una correlación de 0.63, el oxígeno disuelto tiene un 0.47 y por ultimo la profundidad tiene una correlación de 0.62 (Tabla 12).

Tabla 12. Coeficientes de correlación de Spearman con la biomasa en la zona de muestreo

Correlacion de Spearman: coeficientes\probabilidades							
VARIABLES	SAL	OD	PH	TEMP	PROF	MO	BIOMASA
SAL	1	0.33	0.03	5.40E-04	0.05	0.22	0.63
OD	0.25	1	0.16	0.67	0.22	0.7	0.47
PH	0.57	0.36	1	0.02	0.21	0.98	0.29
TEMP	0.89	0.11	0.61	1	0.28	0.08	0.7
PROF	0.5	0.32	0.32	0.28	1	0.22	0.62
MO	-0.32	-0.1	0.01	-0.45	0.32	1	0.24
BIOMASA	-0.12	-0.19	-0.27	-0.1	0.13	0.3	1

Se seleccionaron las mismas variables ambientales para el número de especies para explicar la comunidad de poliquetos. Al observar los datos solo hay una alta correlación con la salinidad de 0.81, y el oxígeno disuelto

tiene 0.59 con respecto al número de especies, el pH tiene un correlación de 0.47 con respecto al número de especies, la temperatura con respecto al número de especies tiene una correlación de 0.34 y por ultimo la profundidad tiene una correlación de 0.33 con respecto al número de especies (Tabla 13).

Tabla 13. Coeficientes de correlación de Spearman con el No. de especies en la zona de muestreo

Correlacion de Spearman: coeficientes\probabilidades							
VARIABLES	SAL	OD	PH	TEMP	PROF	MO	# DE SP.
SAL	1	0.33	0.03	5.40E-04	0.05	0.22	0.81
OD	0.25	1	0.16	0.67	0.22	0.7	0.59
PH	0.57	0.36	1	0.02	0.21	0.98	0.47
TEMP	0.89	0.11	0.61	1	0.28	0.08	0.34
PROF	0.5	0.32	0.32	0.28	1	0.22	0.33
MO	-0.32	-0.1	0.01	-0.45	0.32	1	0.05
# DE SP.	-0.06	0.14	-0.19	-0.24	0.25	0.5	1

3.3.5 Análisis de componentes principales (PCA)

Las variables ambientales para el análisis de componentes principales son salinidad, oxígeno disuelto, pH, temperatura, profundidad y materia orgánica. El PC1 revela el 44.2% de la varianza (tabla 14) de los parámetros medidos con una disminución de izquierda a derecha de salinidad, pH y temperatura. La materia orgánica fue el único parámetro que presentó un aumento de izquierda a derecha, el PC2 muestra un 28% de varianza, con una disminución de la parte superior a la inferior de profundidad, materia orgánica y oxígeno disuelto.

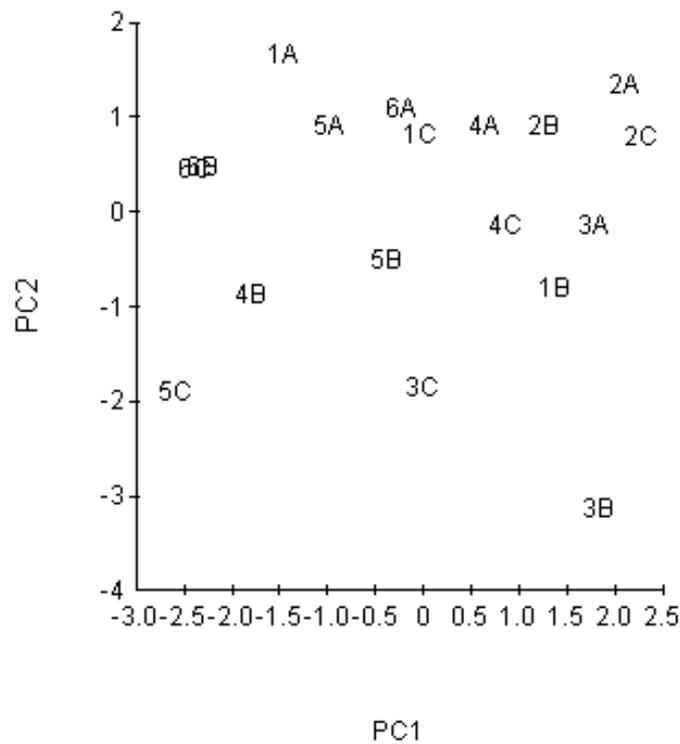


Figura 24. Análisis de componentes principales de la zona de muestreo en la costa de la ciudad de Belice.

Tabla 14. Porcentaje de variación y coeficientes para la combinación lineal de las 6 variables.

Porcentaje de variación explicada y coeficientes para la combinación lineal		
VARIABLES	PC1	PC2
SAL	-0.57	0.007
OD	-0.181	-0.379
pH	-0.502	-0.198
TEMP	-0.584	0.057
PROF	0.004	-0.692
MO	0.22	-0.579
% VARIANZA	44.2	28

Poliquetos de sustrato arenoso como bioindicadores de contaminación por materia orgánica en el puerto de Belice, Belice

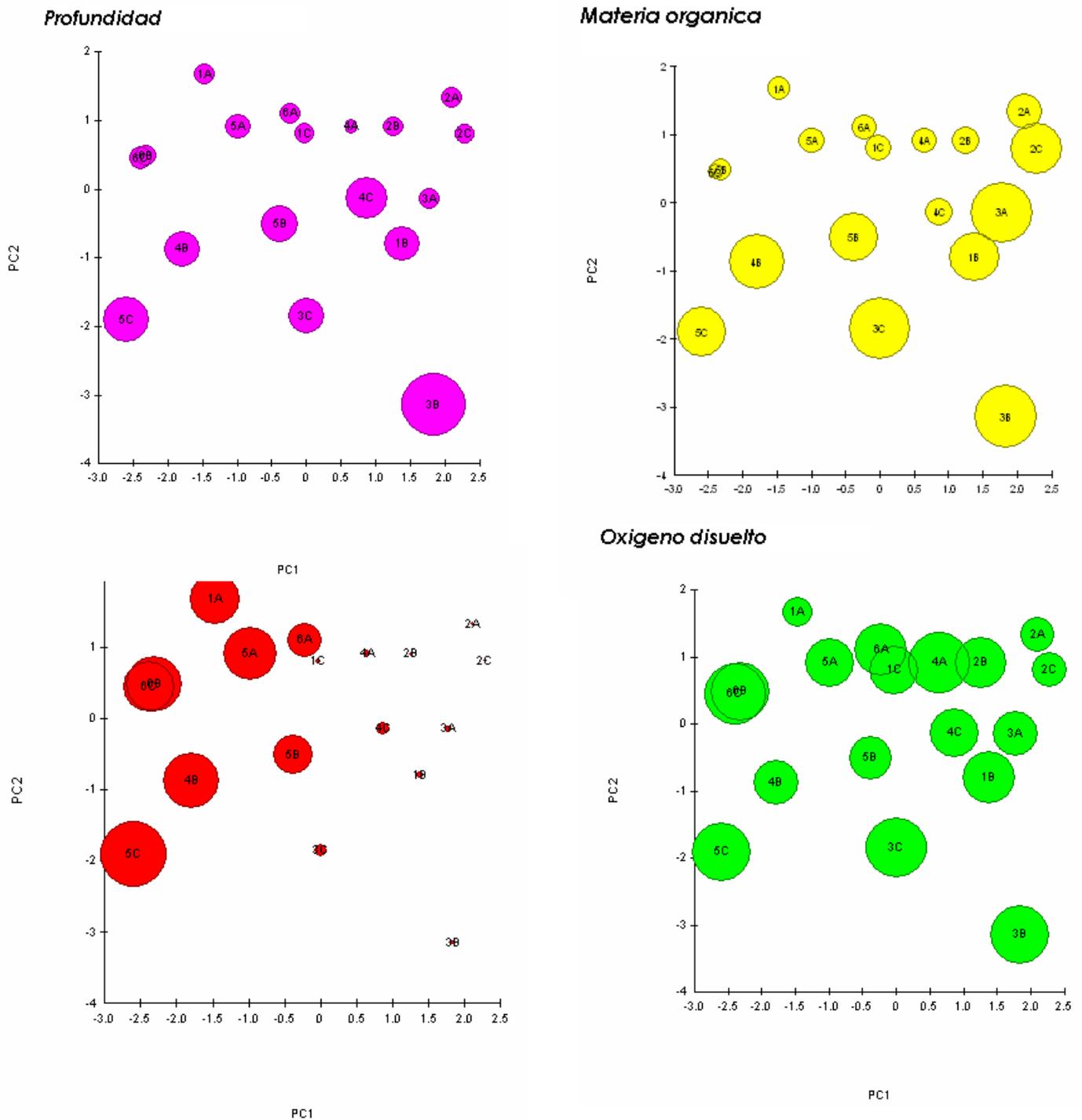


Figura 25. Gráficas de PCA con las variables de salinidad, profundidad, materia orgánica y oxígeno disuelto. El tamaño del círculo es proporcional al valor de las variables.

IV DISCUSIÓN

Comportamiento de los parámetros físico-químicos:

Los parámetros físicos-químicos: pH, salinidad, oxígeno disuelto y temperatura tuvieron fluctuaciones en todas las estaciones.

La mayor concentración de oxígeno disuelto se encontró en las estaciones 1B, 2B, 3B, 3C, 4A, 5C, 6A, 6B y 6C en un rango de 4.2 a 4.9 mg/l. La salinidad fue variable de 0.4 a 7.9, debido a que el estuario es producto de las plumas de agua dulce de los ríos, así como bajas concentraciones de oxígeno disuelto en algunas estaciones menor a 4 mg/l con características típicas de los trópicos húmedos (Alongi M., 1990).

Los ambientes saludables son aquellos que registran las concentraciones mayores a 5 mg/l de oxígeno, mientras que los aguas que no se consideran saludables son aquellas que presentan concentraciones menores a 5 mg/l de oxígeno disuelto (EPA, 1986). Por lo tanto, toda la zona de muestreo se considera como un ambiente no saludable (Figura 24) ya que el valor más alto es de 4.99 en la estación 6C y el más bajo es de 2.37 que corresponde a la estación 1A. El bajo contenido de oxígeno disuelto registrado en la zona de estudio es debido a procesos de oxidación durante la degradación de la materia orgánica por procesos respiratorios o de oxidación bacteriana (Merino-Ibarra *com. pers.*), en lugares donde el oxígeno disuelto es menor, la concentración de materia orgánica es menor (Ross, 1977).

Contenido de materia orgánica en sedimentos:

En el río, el arroyo y el transecto cercano al arroyo se tienen las estaciones con mayor contenido de materia orgánica, esto debido a los aportes de ríos y algunos manglares que se encuentran en el lugar y algunas actividades humanas (Fig.1).

De acuerdo a Bachelet (1976) el contenido de materia orgánica en zonas no degradadas fluctúa entre 0.5 y 5%, mientras que la Lanza (1986) y López-Jamar (1981) han mencionado que los sedimentos con contenido mayor a 15% de materia orgánica se pueden considerar como un área contaminada. Según Mora et al. (1989) un ambiente se clasifica como moderadamente contaminado con un contenido de 1-2 % de carbono y contaminado con 2-3 % de carbono. Los valores de concentraciones de materia orgánica reportados en la costa de la ciudad de Belice son de 0.8-2.7 % C y están incluidos entre los rangos mencionados.

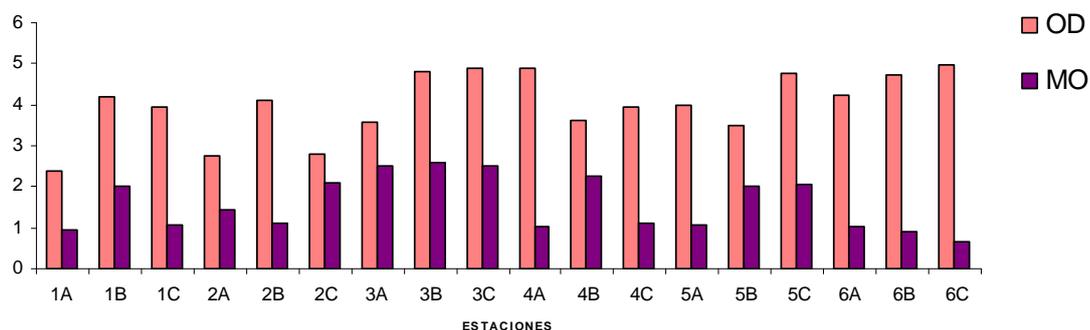


Figura 26. Distribución de oxígeno disuelto y materia orgánica de la zona de muestreo en la costa de la ciudad de Belice.

Índices ecológicos:

Abundancia por familia

Durante el muestreo se recolectaron 16 familias de poliquetos: Capitellidae, Cirratulidae, Cossuridea, Glyceridae, Maldanidae, Nereididae, Opheliidae, Orbiniidae, Onuphidae, Pilargidae, Sabellidae, Serpulidae, Sigalionidae, Spionidae, Sternaspidae y Trichobranchidae. *Las familias más abundantes fueron Sternaspidae con 112 individuos, Trichobranchidae con 75 y Serpulidae con 45.*

De todas las estaciones muestreadas, el arroyo haulover es la que tiene la mayor abundancia y la de mayor concentración de materia orgánica debido a que en la boca del arroyo se desembarcan lanchas que salen a pescar, lanchas que dan paseos en las islas, además una gran área verde se encuentra en las costas del arroyo. A lo largo del arroyo se encuentra una fábrica de papel higiénico, bodegas, casas así como un mercado. En este transecto se encontraron las tres familias más abundantes. Esta estación se encuentra en un hábitat con fondo lodoso ya que el tipo de sedimento que se encontró es fino, donde le proporcionan los nutrientes necesarios para el crecimiento y reproducción de las especies. Los poliquetos de las familias Spionidae y Capitellidae son reconocidos como indicadores biológicos de contaminación orgánica (Reish, 1980; Pockligta y Wells, 1992; Levin, 1998; Elias y Bremec, 1988). De todos los transectos la familia capitellidae se encontró en el transecto 1 y la familia spionidae se encontró en los transectos 2, 3, 5 y 6. Las dos familias con una abundancia menor, además son de las familias de poliquetos más diversas y abundantes de fondos blandos (Delgado-Blas, 2001). En cuanto a la relación entre las estaciones con poca abundancia y la materia orgánica, no se encuentra una relación ya que algunos valores de materia orgánica se repiten en estaciones con una abundancia menor así como una mayor.

Riqueza de organismos por especie

Se encontraron en total 10 especies de poliquetos: *C. irritabilis*, *Capitella capitata*, *Paraprionospio yokoyamai*, *Leitoscoloplos robusto*, *Armandia maculata*, *Glycera sphyrabrancha*, *Diapatra cuprea*, *Tharyx sp.*, *Caulleriella cf. alata*, *Cossura soyeri*. Las especies con mayor abundancia es *C.irritabilis* con 22 individuos y *Leitoscoloplos robusto* con 13 individuos. En ambientes estuarinos el número de especies es reducido dependiendo de las condiciones ambientales (Little, C., 2000). Este número es cercano al número de especies encontradas en el estuario de la bahía de Chetumal (Kuk Dzul, 2007) con 12 especies que también es impactada por aguas residuales. Por otro lado las especies encontradas en el estuario de Belice son totalmente diferentes a los encontrados en el estuario de la bahía de Chetumal.

Antes del presente estudio no existía estudio alguno sobre poliquetos en el puerto de Belice, por lo que se utilizó como guía para la identificación de éstos, las claves del golfo de México y el Caribe. El número de especies que se encontró es característico de ambientes estuarinos (Little, C., 2000).

Diversidad de Shannon-Weiner

Los ambientes que presentaron un índice de diversidad menor de 1 bits/ ind. están fuertemente contaminados, los que se encuentran entre 1-3 bits/ ind están moderadamente contaminados y los mayores a 3 bits/ ind son ambientes limpios (Connell & Millar, 1984). En la zona de muestreo los índices de Shannon-Weiner fueron bajos en un rango de 0-2 bits/ ind.

Comparando la diversidad de la fauna poliquetológica de las costas de la ciudad de Belice con la de la bahía de Chetumal (Kuk Dzul, 2007), el índice se encuentra en el mismo rango. Debido a que ambos cuerpos de agua son estuarinos y presentan el mismo tipo de sedimento ya que ambos tienen

conexiones desde mar abierto u otro tipo de agua salina que se une con agua dulce.

Curvas ABC:

Al realizar las curvas ABC se tuvieron que descartar algunos transectos por falta de datos de las familias o porque presentaron un número reducido de familias. Al realizar el resto de curvas con las tres estaciones se pudo interpretar con claridad y sin complicación. Eso indica que el número de replicas empleados para las estaciones no fueron suficiente (Warwick, 1986). La redacción anterior no esta clara. El hecho de que pudo hacerse una interpretación clara y sin complicación significa que el número de réplicas para las estaciones no fue suficiente?

Hubo dos transectos en que sus estaciones presentaron los mismos resultados de las curvas ABC; en las estaciones 3A y 4A los ambientes no están contaminados mientras que en la estaciones 3B, 3C, 4B, 4C se obtuvo un ambiente moderadamente contaminado. Las gráficas por transectos mostraron que el transecto 3, corresponde a un ambiente moderadamente contaminado mientras que el transecto 4 a uno no contaminado. Probablemente lo anterior se debe a que en el transecto 3 la abundancia fue mayor, así como la materia orgánica pero son de menor tamaño (¿Quiénes?) mientras que en el transecto 4 su abundancia fue menor y su materia orgánica también pero son de menor tamaño (entonces ¿cuál es la diferencia) esto debido a la contaminación (no está clara la explicación anterior). Thiel (1975) concluye que el tamaño promedio de organismos bénticos decrece con la contaminación. Schwinghamer (1981) señala que el número de organismos bénticos varía de acuerdo al tamaño desde bacteria a macrofauna en la zona intermareal y sedimentos someros de costas marinas. La porción de biomasa y la distribución entre organismos así como el tamaño absoluto puede ser una herramienta útil para la caracterización de la contaminación béntica (Raffaelli & Mason 1981).

Distribución de log-normal

Para la selección de especies indicadoras de contaminación se utilizó el método de distribución log-normal que permite la selección de grupos de especies indicadoras de contaminación utilizando la distribución de número de especies y las abundancias totales. El grupo de especies con abundancia moderadas comprendido entre las clases geométricas V y VI (entre 16 a 63 individuos), son utilizados para monitorear un ambiente, ya que ha sido sugerido como indicador de los efectos de estrés por contaminación (Gray & Pearson, 1982).

La gráfica log-normal incluyó en la clase geométrica V de 16-31 individuos a las especies *C. irritabilis*. En la clase geométrica VI de 32-63 individuos se encuentra la familia *Serpulidae*. Por lo que en el presente estudio se propone como especie indicadora a *C. irritabilis*, sin embargo es necesario realizar mas estudios y poder determinar si la especie pudiera utilizarse como tal, o simplemente coincidió su abundancia en la clase geométrica V. Con respecto a los organismos de *Serpulidae* se desconoce si solo hay una sola especie o son varias, debido a que se perdió el opérculo y no se pudieron determinar a nivel de especie, por lo que definitivamente es necesario realizar otros muestreos en diferentes épocas estacionales del año.

Análisis entre las variables ambientales y la composición faunística (Bio-Env):

Las variables ambientales que explican el comportamiento de la comunidad benthica son oxígeno disuelto, temperatura, profundidad, salinidad y pH, siendo las dos últimas las variables que más influyen en la distribución y abundancia de las especies en este muestreo, ya que se obtuvieron mayores coeficientes de correlación de Spearman: 0.82 y 0.92, respectivamente.

Análisis de componentes principales (PCA):

El análisis de componentes principales mostró claramente como zonas de salinidad, oxígeno disuelto, profundidad y materia orgánica para cada zona de muestreo y que además fueron las variables que mejor explican el comportamiento de la comunidad benthica.

No está muy clara la redacción en este último párrafo.

V CONCLUSIÓN

Se puede decir que la contribución de materia orgánica es constante en todas las estaciones debido al aporte del río (Belice river) y el arroyo Haulover y aportes antropogénicos como descargas de aguas negras sin ningún tratamiento de la zona urbana y la infiltración de efluentes a los mantos freáticos.

Los factores ambientales como salinidad, oxígeno disuelto, materia orgánica y profundidad (¿y el pH?) son los que presentaron los valores más altos del coeficiente de correlación de Spearman durante la elaboración del análisis (que influye la relación entre las variables ambientales y la composición faunística de la zona de muestreo en las costas de la ciudad de Belice.)

Lo que puse entre paréntesis no se liga bien con la primera parte del párrafo, habría que revisar la redacción

El efecto que tienen los factores ambientales en la composición faunística puede variar con la fauna presente en cada estación. Para poder diferenciar entre los aportes antropogénicos y el enriquecimiento orgánico de un proceso natural en la zona de muestreo es necesario.....

Las gráficas Log-normal nos indican un ambiente moderadamente contaminado con una clase geométrica V que incluye a la especie *C. irritabilis* de la familia Nereididae y la clase VI a la familia Serpulidae, correspondientes a especies indicadoras o sensitivas de cambios producidos por la contaminación.

Las estaciones que se encontraron con algún nivel de contaminación son el Río (Belice River) y La Boca del arroyo Haulover con una contaminación moderada. La estación que se encuentra enfrente del Princess Hotel y Casino se encuentra intensamente contaminada mientras que las estaciones: Casa de Gobierno, Puerto y sur del puerto no se encuentran contaminadas.

VI RECOMENDACIONES

Se recomienda continuar con más estudios sobre contaminación de materia orgánica utilizando poliquetos como bioindicador en el litoral de la ciudad de Belice, también se debería hacer mas de un muestreo para ver el comportamiento de los poliquetos y los parámetros fisico-químicos.

Se debería continuar aplicando las Gráficas de comparación abundancia/biomasa (curvas ABC) durante un periodo mas largo, para determinar la confiabilidad del método, aumentando el numero de muestras recolectadas para cada sitio de muestreo.

Como en este estudio se encontraron poliquetos que no se pudieron identificar a nivel de especie se debería dar seguimiento para saber con exactitud cuales poliquetos se pudieran utilizar como bioindicadores de contaminación. Por lo que el análisis de distribución Log-normal se debería de realizar anualmente o cada dos años para poder distinguir diferencias.

REFERENCIAS

http://en.wikipedia.org/wiki/Geography_of_Belice

<http://www.hydromet.gov.bz/>

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

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.

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.

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

EPA. 1986. Quality criteria for water 1986. Washington. D C.110

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.

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 Neréidos, *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.

Kuk Dzul, 2007. Poliquetos de sustrato arenoso como bioindicadores de contaminación por materia orgánica en la zona urbana de la Bahía de Chetumal, Quintana Roo. Tesis de licenciatura. Universidad de Quintana Roo, pp. 19 -30.

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.

Checa la cita anterior, creo que es De la Lanza en lugar de Lanza. Si es así corrige también en donde la citas.

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

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.

MERINO-IBARRA, M., 1990. EL manejo de la zona costera Mexicana : una evaluación preliminar. In: Leonardi, G., Sorensen, J. & A. Brandani (Eds.). EL Manejo de ambientes y recursos costeros en América Latina. O.E.A., Washington, D.C (1): 137- 154.

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

Ortiz 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.

ROSS, D. A., 1977 An Introduction to Oceanography. Prentice Hall. USA. 438p.

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. 112

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.

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 analyzing 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

Anexo1. Parámetros Físico-Químicos

Estación	Temp. °C	Cond. (ms/cm)	SDT (g/l)	Sal. ‰	OD (mg/l)	pH	OR (mV)	NH3 (mg/l)	NO3 200(mg/l)	Turbiedad NTU	Prof. (m)
1A	29.78	11.85	7.058	6.11	2.37	11.28	-6	18774	12373	12.5	1.5
1B	28.05	1.61	0.989	0.76	4.21	10.84	-7.2	37445	99999	12.5	2.5
1C	28.93	1.40	0.845	0.64	3.95	11.22	-15.2	99999	99999	4.7	1.45
2A	27.75	0.93	0.573	0.43	2.74	10.63	-12.2	36313	99999	4.7	1.45
2B	28.06	0.95	0.585	0.44	4.1	10.77	-14.8	53875	99999	7.7	1.45
2C	27.92	0.93	0.575	0.43	2.81	10.57	-14.2	27314	99999	6.9	1.4
3A	27.92	1.46	0.898	0.69	3.59	10.85	-15.2	31424	99999	7.2	1.45
3B	27.62	1.11	0.687	0.52	4.81	10.8	-15.1	38220	99999	7.2	4.5
3C	28.86	3.07	1.856	1.47	4.89	11.3	-18.4	48257	44335	5.5	2.6
4A	28.26	2.14	1.308	1.02	4.9	10.87	-15.4	24548	72659	5.5	1
4B	30.11	13.10	7.757	6.76	3.62	11.36	-19	20739	10485	5.7	2.5
4C	28.53	13.10	2.04	1.63	3.94	10.69	-14.2	12907	44002	8.5	3
5A	29.69	12.40	7.398	6.43	3.99	10.74	-13.8	5482	12686	7.3	1.75
5B	29.38	9.49	5.693	4.85	3.51	10.97	-15.7	10696	17614	9.4	2.6
5C	30.01	15.24	9.039	7.98	4.76	11.56	-19.6	29571	10154	6.8	3.2
6A	29.44	8.34	4.999	4.22	4.24	10.59	-13.5	6255	18964	7.6	1.5
6B	29.61	12.93	7.723	6.74	4.73	11.46	-17.8	26648	12051	5.5	1.5
6C	29.72	11.96	7.131	6.18	4.99	11.45	-18.2	25934	13279	8.5	1.65

Anexo 2. Abundancia por familias de Poliquetos.

FAMILIAS	AREA DE MUESTREO (ESTACIONES)																																															
	ESTACION 1												ESTACION 2												ESTACION 3																							
	50M				150M				300M				50M				150M				300M				50M				150M				300M															
	N1	N2	N3	N4	N1	N2	N3	N4	N1	N2	N3	N4	N1	N2	N3	N4	N1	N2	N3	N4	N1	N2	N3	N4	N1	N2	N3	N4	N1	N2	N3	N4	N1	N2	N3	N4	N1	N2	N3	N4								
Capitellidae				2								2																																				
Cirratulidae																																								1								
Cossuridae																																								1								
Glyceridae																												1								1												
Maldanidae																																																
Neriedae	5		1				1				3	8	4																																			
Opheliidae																												1												1								
Orbiniidae																												1							2	9												
Onuphidae																												1																				
Pilargidae																																								1								
Sabellidae																																								1								
Serpulidae																1				1	1																1				1							
Sigalionidae																																								1								
Spionidae																												1												1								
Sternaspis																																			2	1			2				29	12			38	22
Trichobranchidae																1	3				2	1	1	2				3							1	1	2				1							

Anexo 2. Biomasa por familias de Poliquetos.

AREA DE MUESTREO (ESTACIONES)																								
FAMILIA	ESTACION 1												ESTACION 2											
	50M				150M				300M				50M				150M				300M			
	N1	N2	N3	N4	N1	N2	N3	N4	N1	N2	N3	N4	N1	N2	N3	N4	N1	N2	N3	N4	N1	N2	N3	N4
Capitellidae					0.0057																			0.0122
Cirratulidae																								
Cossuridae																								
Glyceridae																								
Maldanidae																								
Neriedae	0.0849			0.0031				0.0186				0.0102	0.0224	0.0749	0.0348									
Opheliidae																								
Orbiniidae																								
Onuphidae																								
Pilargidae																								
Sabellidae																								
Serpulidae																						0.0571	0.0482	0.0242
Sigalionidae																								
Spionidae																								0.0993
Sternaspidae																						0.0421	0.019	
Trichobranchidae																0.0161	0.3202			0.1248	0.1078	0.0311	0.2242	0.1506

AREA DE MUESTREO (ESTACIONES)																								
FAMILIA	ESTACION 3												ESTACION 4											
	50M				150M				300M				50M				150M				300M			
	N1	N2	N3	N4	N1	N2	N3	N4	N1	N2	N3	N4	N1	N2	N3	N4	N1	N2	N3	N4	N1	N2	N3	N4
Capitellidae																								
Cirratulidae										0.0079											0.0206	0.0002		
Cossuridae														0.0004										
Glyceridae			0.0183							0.0094													0.0091	
Maldanidae																								0.0324
Neriedae																								
Opheliidae		0.0249												0.0034		0.0143								
Orbiniidae		0.0082								0.1402	0.9232						0.03							
Onuphidae			0.0034																					
Pilargidae										0.0101				0.005										
Sabellidae				0.01												0.0008						0.0016		
Serpulidae						0.0144		0.0628									0.2354	0.0524	0.0164	0.1442	0.0228	0.0094		0.0316
Sigalionidae						0.0109																		
Spionidae														0.0273										
Sternaspis						0.0103					0.2969	0.1178	0.3669	0.2385				0.0217	0.0166					
Trichobranchidae					0.0168		0.0916	0.1752						0.1375		0.159			0.2895	0.2416	0.0733	0.4175	0.1281	0.1838

Poliquetos de sustrato arenoso como bioindicadores de contaminación por materia orgánica en el puerto de Belice, Belice

FAMILIA	AREA DE MUESTREO (ESTACIONES)																							
	ESTACION 5												ESTACION 6											
	50M				150M				300M				50M				150M				300M			
	N1	N2	N3	N4	N1	N2	N3	N4	N1	N2	N3	N4	N1	N2	N3	N4	N1	N2	N3	N4	N1	N2	N3	N4
Capitellidae																								
Cirratulidae																							0.0026	
Cossuridae																								
Glyceridae																								
Maldanidae															0.0159									
Nerleidae																								
Opheliidae																							0.029	
Orbinidae																								
Onuphidae																								
Pilargidae																								
Sabellidae																								
Serpulidae	0.1007	0.0544	0.0565	0.033																				
Sigalionidae																								
Spionidae	0.0024	0.0569	0.1018												0.0317									
Sternaspis										0.0075														
Trichobranchidae	0.154	0.1415	0.3236	0.033											0.0307									

