



---

---

**UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO**  
**DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERÍAS**

Anfípodos como bioindicadores de calidad del agua enfrente de la zona conurbada  
de la Bahía de Chetumal, Quintana Roo.

**TESIS**

Que como requisito para la obtención del título de:

**INGENIERA AMBIENTAL**

**PRESENTA**

Cristina del Socorro Tuz Hamilton

**DIRECTOR DE TESIS**

Dr. Víctor Hugo Delgado Blas

**ASESORES PROPIETARIOS**

Biol. José Juan Oliva Rivera

M. C. José Martín Rivero Rodríguez

**ASESORES SUPLENTE**

M. C. Norma Angélica Oropeza García

Biol. Laura Patricia Flores Castillo

Chetumal, Quintana Roo, México, Abril 2008



---

---

## UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO

Esta tesis fue realizada bajo la asesoría de:

### **Director de tesis:**

\_\_\_\_\_  
Dr. Víctor Hugo Delgado Blas

### **Asesores Propietarios:**

\_\_\_\_\_  
Biol. José Juan Oliva Rivera

\_\_\_\_\_  
M. C. José Martín Rivero Rodríguez

### **Asesores suplentes:**

\_\_\_\_\_  
M. C. Norma Angélica Oropeza García

\_\_\_\_\_  
Biol. Laura Patricia Flores Castillo

Chetumal, Quintana Roo, México, Abril 2008

Anfípodos como bioindicadores de calidad del agua enfrente de la zona conurbada de la Bahía de Chetumal, Quintana Roo.

Cristina del Socorro Tuz Hamilton  
Universidad de Quintana Roo  
División de Ciencias e Ingenierías

**CONTENIDO**

	<b>Pág.</b>
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
LISTA DE FIGURAS.....	iii
LISTA DE TABLAS.....	v
RESUMEN.....	1
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>3</b>
1.1 Objetivo General.....	6
1.2 Objetivos Particulares.....	6
1.3 Hipótesis.....	7
1.4 Planteamiento del problema.....	7
1.5 Antecedentes.....	7
1.6 Área de estudio.....	8
<b>II. METODOLOGÍA.....</b>	<b>9</b>
2.1 Métodos de campo.....	9
2.2 Procesamiento de unidades muestrales.....	11
2.3 Trabajo de laboratorio.....	11
2.4 Análisis estadístico.....	12
2.4.1 Análisis ecológico.....	12
2.4.2 Curvas ABC.....	12
2.4.3 Distribución Log-normal.....	13
<b>III. RESULTADOS.....</b>	<b>13</b>
3.1 Parámetros Físico-Químicos.....	13
3.2 Datos generales: Abundancia y biomasa de los organismos identificados.....	14
<b>3.3 Época de secas</b>	
3.3.1 Concentración y distribución de la materia orgánica.....	18
3.3.2 Comportamiento de los parámetros físico-químicos.....	19
3.3.3 Análisis de la comunidad de anfípodos.....	22
3.3.3.1 Análisis de la abundancia por familia y especie.....	22
3.3.3.2 Análisis de la biomasa por familia y especie.....	27
3.3.4 Análisis ecológico.....	30
3.3.5 Análisis de Componentes Principales (PCA).....	32
3.3.6 Índices de similaridad de las estaciones durante la época de secas....	34

3.3.7 Correlación del índice de diversidad ( $H'$ ) con las variables Ambientales.....	35
3.3.8 Gráficas de comparación de Abundancia/Biomasa, curvas ABC.....	36
3.3.9 Distribución Log-normal.....	36
<b>3.4 Época de lluvias</b>	
3.4.1 Concentración y distribución de la materia orgánica.....	38
3.4.2 Comportamiento de los parámetros físico-químicos.....	39
3.4.3 Análisis de la comunidad de anfípodos.....	42
3.4.3.1 Análisis de la abundancia por familia y especie.....	42
3.4.3.2 Análisis de la biomasa por familia y especie.....	47
3.4.4 Análisis ecológico.....	51
3.4.5 Análisis de Componentes Principales (PCA).....	53
3.4.6 Índices de similaridad de las estaciones durante la época de lluvias.....	55
3.4.7 Correlación del índice de diversidad ( $H'$ ) con las variables Ambientales.....	55
3.4.8 Gráficas de comparación de Abundancia/Biomasa, curvas ABC.....	56
3.4.9 Distribución Log-normal.....	57
<b>3.5 Época de nortes</b>	
3.5.1 Concentración y distribución de la materia orgánica.....	58
3.5.2 Comportamiento de los parámetros físico-químicos.....	59
3.5.3 Análisis de la comunidad de anfípodos.....	62
3.5.3.1 Análisis de la abundancia por familia.....	62
3.5.3.2 Análisis de la abundancia por especie.....	66
3.5.3.3 Análisis de la biomasa por familia.....	71
3.5.3.4 Análisis de la biomasa por especie.....	74
3.5.4 Análisis ecológico.....	79
3.5.5 Análisis de Componentes Principales.....	81
3.5.6 Índices de similaridad de las estaciones durante la época de secas.....	83
3.5.7 Correlación del índice de diversidad ( $H'$ ) con las variables Ambientales.....	83
3.5.8 Gráficas de comparación de Abundancia/Biomasa, curvas ABC.....	84
3.5.9 Distribución Log-normal.....	85
<b>IV. DISCUSIÓN.....</b>	<b>87</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>95</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>97</b>
<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>98</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>105</b>

## DEDICATORIA

A

Ligia Elena Hamilton Carrasco, que ha sido madre y amiga, quien renunció a sus sueños por hacer realidad los míos.

Antonio Tuz y Muñoz de quien su mayor ambición en la vida ha sido brindarnos a mis hermanas y a mí la oportunidad de un mejor futuro.

Mis hermanas, Gladys y Janet, de quienes tengo la certeza que nunca me defraudarán, que me han apoyado cuando más lo he necesitado y han estado conmigo en los momentos más difíciles

y

A mis abuelitos, Pedro Tuz Cupul, Socorro Carrasco Quintanilla y Doroteo Hamilton Villamil.

## AGRADECIMIENTOS

A Dios

Por su inconmensurable amor y sus grandes bendiciones.

Agradezco de manera especial al Dr. Víctor Hugo Delgado Blas por la confianza que depositó en mí al darme la oportunidad de trabajar en su proyecto con la realización de mi tesis y por todo el apoyo moral y la paciencia que siempre me brindó.

Al Biólogo José Juan Oliva Rivera por el gran e incondicional apoyo que me brindó en la identificación de los anfípodos, haciendo muy amena la convivencia, sin su ayuda el trabajo hubiera sido muy laborioso.

A todos los maestros de la carrera ya que sin ellos no habría podido lograr esta meta.

A mi familia por acompañarme a cada momento; a mis amigos, quienes me han acompañado en la carrera de la vida y siempre me han brindado un cariño incondicional, Isaura, Pedro, Rafas, Rober, Emmanuel, Sergio, Mario y José Perera, sin dejar de mencionar a mi tío Josué de quién he aprendido mucho.

A la DCI y al programa PROMEP ya que éste trabajo fue financiado por la convocatoria 2007 “Apoyo a proyectos internos de Investigación” de la División de Ciencias e Ingenierías bajo el proyecto UQROO/DCI/PI/01/07 “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) bajo el proyecto “Análisis de las comunidades de poliquetos bénticos como biomonitores de enriquecimiento orgánico en la Bahía de Chetumal, Quintana Roo”.

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación de las estaciones de muestreo en frente de la zona conurbada de la Bahía de Chetumal, Quintana Roo.....	9
Figura 2. Abundancia total por períodos de muestreo.....	15
Figura 3. Abundancia total por familias y por periodos de muestreo.....	16
Figura 4. Biomasa total por períodos de muestreo.....	16
Figura 5. Biomasa total por familias y por periodos de muestreo.....	17
Figura 6. Comportamiento de la materia orgánica en época de secas.....	18
Figura 7. Distribución de la materia orgánica del sedimento en frente de la zona conurbada de la Bahía de Chetumal, Quintana Roo durante la época de secas.....	19
Figura 8. Comportamiento de los parámetros físico-químicos durante la época de secas.....	21
Figura 9. Abundancia total por especies durante la época de secas.....	22
Figura 10. Distribución de las familias de anfípodos en frente de la zona conurbada de la Bahía de Chetumal, Quintana Roo durante la época de secas.....	25
Figura 11. Abundancia por especies de la época de secas.....	26
Figura 12. Biomasa total por especies durante la época de secas.....	27
Figura 13. Biomasa por especies de la época de secas.....	30
Figura 14. Índices ecológicos por distancias durante la época de secas....	31
Figura 15. Abundancia y diversidad promedio por transectos durante la época de secas.....	32
Figura 16. Análisis de componentes principales de la época de secas.....	33
Figura 17. Índice de similaridad de Bray-Curtis durante la época de secas.....	34
Figura 18. Gráfica de la curva ABC de la estación 12A de la época de secas.....	36
Figura 19. Distribución Log-normal durante la época de secas.....	37
Figura 20. Comportamiento de la materia orgánica en época de lluvias...	38
Figura 21. Distribución de la materia orgánica del sedimento en frente de la zona conurbada de la Bahía de Chetumal, Quintana Roo durante la época de lluvias.....	39
Figura 22. Comportamiento de los parámetros físico-químicos durante la época de lluvias.....	41
Figura 23. Abundancia total por especies durante la época de lluvias.....	42
Figura 24. Distribución de las familias de anfípodos en frente de la zona conurbada de la Bahía de Chetumal, Quintana Roo durante la época de lluvias.....	45

Figura 25. Abundancia por especies de la época de lluvias.....	46
Figura 26. Biomasa total por especies durante la época de lluvias.....	47
Figura 27. Biomasa por especies de la época de lluvias.....	50
Figura 28. Índices ecológicos por distancias durante la época de lluvias...	52
Figura 29. Abundancia y diversidad promedio por transectos durante la época de lluvias.....	53
Figura 30. Análisis de componentes principales de la época de lluvias.....	54
Figura 31. Índice de similaridad de Bray-Curtis durante la época de lluvias.....	55
Figura 32. Gráfica de la curva ABC de la estación 18 de la época de lluvias.....	57
Figura 33. Distribución Log-normal durante la época de lluvias.....	57
Figura 34. Comportamiento de la materia orgánica en época de nortes....	58
Figura 35. Distribución de la materia orgánica del sedimento en frente de la zona conurbada de la Bahía de Chetumal, Quintana Roo durante la época de nortes.....	59
Figura 36. Comportamiento de los parámetros físico-químicos durante la época de nortes.....	61
Figura 37. Abundancia total por familias durante la época de nortes.....	62
Figura 38. Distribución de las familias de anfípodos en frente de la zona conurbada de la Bahía de Chetumal, Quintana Roo durante la época de nortes.....	65
Figura 39. Abundancia por familias de la época de nortes.....	66
Figura 40. Abundancia total por especies de la época de nortes.....	67
Figura 41. Abundancia por especies de la época de nortes.....	70
Figura 42. Biomasa total por familias durante la época de nortes.....	71
Figura 43. Biomasa por familias de la época de nortes.....	74
Figura 44. Biomasa total por especies durante la época de nortes.....	75
Figura 45. Biomasa por especies de la época de nortes.....	78
Figura 46. Índices ecológicos por distancias durante la época de nortes...	80
Figura 47. Abundancia y diversidad promedio por transectos durante la época de nortes.....	81
Figura 48. Análisis de componentes principales de la época de nortes.....	82
Figura 49. Índices de similaridad de Bray-Curtis durante la época de nortes.....	83
Figura 50. Gráfica de la curva ABC de las estaciones 4A, 4B, 6A y 7A de la época de nortes.....	85
Figura 51. Distribución Log-normal durante la época de nortes.....	86



## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Mínimos, máximos y promedios de los parámetros físico-químicos.....	14
Tabla 2. Abundancia total de las familias por periodos de muestreo.....	15
Tabla 3. Biomasa total de las familias por periodos de muestreo.....	17
Tabla 4. Parámetros físico-químicos en época de secas.....	20
Tabla 5. Porcentaje de abundancia de familias por transectos en época de secas.....	23
Tabla 6. Distribución de la abundancia de las familias de anfípodos en época de secas.....	24
Tabla 7. Porcentaje de biomasa de familias por transectos en época de secas.....	28
Tabla 8. Distribución de la biomasa de las familias de anfípodos en época de secas.....	29
Tabla 9. Índices ecológicos de la comunidad de anfípodos en época de secas.....	30
Tabla 10. Porcentaje de variación explicada y coeficientes para la combinación lineal de las 7 variables.....	33
Tabla 11. Coeficientes de correlación con el índice de diversidad y las variables ambientales de la época de secas.....	35
Tabla 12. Abundancia total de especies durante la época de secas.....	37
Tabla 13. Parámetros físico-químicos en época de lluvias.....	40
Tabla 14. Porcentaje de abundancia de familias por transectos en época de lluvias.....	43
Tabla 15. Distribución de la abundancia de las familias de anfípodos en época de lluvias.....	44
Tabla 16. Porcentaje de biomasa de familias por transectos en época de lluvias.....	48
Tabla 17. Distribución de la biomasa de las familias de anfípodos en época de lluvias.....	49
Tabla 18. Índices ecológicos de la comunidad de anfípodos en época de lluvias.....	51
Tabla 19. Porcentaje de variación explicada y coeficientes para la combinación lineal de las 5 variables.....	54
Tabla 20. Coeficientes de correlación con el índice de diversidad y las variables ambientales de la época de lluvias.....	56
Tabla 21. Abundancia total de especies durante la época de lluvias.....	57
Tabla 22. Parámetros físico-químicos en época de nortes.....	60
Tabla 23. Porcentaje de abundancia de familias por transectos en época de nortes.....	63

Tabla 24. Distribución de la abundancia de las familias de anfípodos en época de nortes.....	64
Tabla 25. Porcentaje de abundancia de especies de anfípodos por transectos en época de nortes.....	68
Tabla 26. Distribución de la abundancia de especies de anfípodos en época de nortes.....	69
Tabla 27. Porcentaje de biomasa de familias de anfípodos por transectos en época de nortes.....	72
Tabla 28. Distribución de la biomasa de las familias de anfípodos en época de nortes.....	73
Tabla 29. Porcentaje de la biomasa de especies de anfípodos por transectos en época de nortes.....	76
Tabla 30. Distribución de la biomasa de especies de anfípodos en época de nortes.....	77
Tabla 31. Índices ecológicos de la comunidad de anfípodos en época de nortes.....	79
Tabla 32. Porcentaje de variación explicada y coeficientes para la combinación lineal de las 6 variables.....	82
Tabla 33. Coeficientes de correlación con el índice de diversidad y las variables ambientales en la época de nortes.....	84
Tabla 34. Abundancia total de especies durante la época de nortes.....	86
Tabla 35. Promedios de los Parámetros Físico-químicos por periodos de muestreo.....	89

## **Anfípodos como bioindicadores de calidad del agua enfrente de la zona conurbada de la Bahía de Chetumal, Quintana Roo.**

Cristina del Socorro Tuz Hamilton  
Universidad de Quintana Roo  
División de Ciencias e Ingeniería

### RESUMEN

Se realizaron tres muestreos enfrente de la zona conurbada de la bahía de Chetumal en un periodo anual considerando las tres épocas climáticas presentes en el Estado: secas, lluvias y nortes. Durante el periodo de muestreo se identificaron cinco familias, Corophiidae, Hyalellidae, Melitidae, Hyalidae y Amphilochidae. La familia Corophiidae dominó en abundancia y diversidad durante las tres épocas de muestreo. Se encontraron siete especies *Grandidierella bonnieroides*, *Corophium* sp, *Cerapus* sp, *Melita nítida*, *Hyale media*, *Amphilochus* sp y una especie de Hyalellidae. La especie *G. bonnieroides* presentó la mayor abundancia en las tres épocas de muestreo, manteniendo arriba del 90% de abundancia en cada época.

La mayor abundancia se presentó en nortes con un total de 1881 individuos y la menor se presentó en lluvias con 60 individuos.

De acuerdo al índice de diversidad de Shannon-Wiener los valores por época fueron bajos, presentándose en secas (0.4 bits/ind.), lluvias (0.7 bits/ind.) y nortes (0.5 bits/ind.).

Debido al comportamiento de la diversidad y abundancia con respecto a la concentración de materia orgánica se estableció que existen especies dentro de los anfípodos tolerantes a la contaminación por MO, encontrándose las mayores abundancias y diversidad de especies en sitios que van de moderadamente contaminados a contaminados, encontrándose en algunos de éstos sitios condiciones azoicas. Al realizar la distribución Log-normal en la época de lluvias se señaló a la especie *G. bonnieroides* como indicadora

de contaminación, sin embargo, en éste estudio no se propone como especie indicadora debido a que únicamente en ésta época se encontró dentro de la clase geométrica VI y en las dos épocas restantes se encontró dentro de las clases X y XI.

En cuanto a las condiciones ambientales de los sitios muestreados se establecieron como sitios contaminados los transectos ubicados en el Muelle fiscal y Belice 3 y la estación Centro Bahía 1 (ubicada entre el litoral de la bahía de Chetumal y Belice) y como sitios moderadamente contaminados los transectos ubicados en el Congreso del Estado, Balneario Punta Estrella y Universidad de Quintana Roo. El sitio que presentó el menor grado de contaminación es el transecto 14 en Belice 1, sin embargo presenta condiciones de contaminación moderada.

Las curvas ABC no arrojaron datos suficientes durante el periodo de muestreo debido a la baja diversidad obtenida en cada época de muestreo.

## I. INTRODUCCIÓN

Los cambios de las variables fisicoquímicas como son temperatura, pH, condiciones de hipoxia y anoxia, sustancias tóxicas como insecticidas, cadmio, níquel, vanadio, metales pesados, ácido sulfhídrico, hidrocarburos y materia orgánica en un ambiente acuático afectan la estructura y función de las comunidades florísticas y faunísticas del bentos, resultando en una composición comunitaria diferente de la normal (Alba-Tercedor, 1988; De la Lanza Espino et al. 2000). Dichos cambios se deben al origen de la contaminación que ocurre por el vertimiento de los desechos urbanos e industriales, los drenados de la agricultura y de minas, la erosión, los derrames de sustancias tóxicas, los efluentes de plantas depuradoras, la ruptura de drenajes y el lavamiento de la atmósfera, entre otros (Jiménez-Cisneros, 2001). Uno de los principales contaminantes del agua es la materia orgánica, se menciona que en condiciones no urbanizadas, la concentración media de materia orgánica disuelta de agua de mar es de 1.5 mg/l (Duursma y Marchand, 1974), pero cuando ya ha ocurrido urbanización, las aguas del drenaje aportan en promedio, 310 mg/l de materia orgánica en suspensión que son diluidas al mar (Riviere, 1979), provocando la formación de lodos negros sobre el fondo, desoxigenación, eutrofización, baja salinidad e infecciones (Tait, 1981).

Aun cuando la contaminación del agua es ante todo un problema biológico, muchos países han dependido esencialmente de parámetros físico-químicos para evaluar la calidad del agua. Para ello, se han desarrollado numerosos métodos e índices que tratan de interpretar la situación real, o grado de alteración de los sistemas acuáticos. Unos se basan exclusivamente en el análisis de las condiciones químicas, que si bien “en principio” son de gran precisión, los efectos contaminantes se detectan si son dispuestos en el momento, es decir, los resultados son puntuales en la dimensión cronológica y no revelan mucho de la evolución de una carga contaminante y la capacidad amortiguadora de los ecosistemas acuáticos (Alba-Tercedor et al. 1988).

Como una alternativa a estos procedimientos, desde hace varios años muchos países han generado conocimientos y desarrollado técnicas de biomonitoreo basándose en

indicadores biológicos, que son organismos capaces de evaluar el hábitat debido a que son sensibles y tolerantes a la presencia de sustancias contaminantes, siempre y cuando no sea demasiada la carga del tóxico en el ambiente que pueda ocasionar migraciones o la desaparición total de las especies. Para denominar a una especie como indicadora se requiere un conocimiento previo con respecto a la composición comunitaria bajo condiciones normales, incluyendo el ciclo de vida de las especies, su estacionalidad y sus variaciones naturales, de manera que sea posible comparar las condiciones antes y después de una perturbación ambiental (De la Lanza Espino, et al. 2000).

Uno de los organismos que se han propuesto como especies indicadoras a cambios tempranos del ecosistema marino son los anfípodos (Spellerberg, 1992; Thomas, 1993) ya que son sensibles al enriquecimiento orgánico, declinando en abundancia cuando incrementa la contaminación (Solíz-Weiss, 1982).

Los anfípodos son crustáceos malacostracos del superorden peracarida, conocidos comúnmente como “insectos del mar” (Heard, 1982) generalmente son pequeños pero en casos extraordinarios alcanzan tallas de hasta 28 cm de longitud (Bousfield, 1973). Se conocen más de 6000 especies divididas en los subórdenes Gammaridea, Hyperiidea, Caprellidea e Igoffiellidea. El cuerpo de un anfípodo es por lo general comprimido lateralmente y en él pueden reconocerse tres regiones: 1) La región cefálica, donde se implantan los ojos que son sésiles y generalmente pigmentados, dos pares de antenas (en algunas especies el primer par presenta un flagelo accesorio de tamaño variable), y la masa bucal formada por las mandíbulas, labios superior e inferior, maxilas y maxilípedos. 2) La región torácica, que está formada por siete segmentos llamados perennitos, siete pares de placas coxales dirigidas centralmente y siete pares de pereiópodos unirrámeos de los cuales los dos primeros se transforman en gnatópodos y los cinco restantes en apéndices ambulatorios. 3) La región abdominal, formada por el pleón que presenta tres pares de pleópodos multisegmentados que son utilizados para la natación y el urosoma que presenta tres pares de urópodos. La mayoría de los anfípodos son marinos, aunque existen especies dulceacuícolas y terrestres. Los gammáridos, que son el grupo más conocido, habitan los fondos y aunque pueden nadar, lo hacen con poca frecuencia; muchos miembros de éste

suborden son excavadores, construyen tubos con lodo y materiales secretados a los que se adhieren retos de conchas y arena (Johnson, 1986); en general, los miembros de este suborden son muy abundantes sobre pastos, algas, corales o rocas (Lindenman, 1990). Los anfípodos son básicamente macrófagos y micrófagos; los primeros incluyen a las especies carnívoras y carroñeras, que presentan un incisivo desarrollado y un proceso molar reducido, aunque algunos tienen un molar desarrollado y un proceso molar reducido, aunque algunos tienen un molar desarrollado y se alimentan de microalgas y detrito. Los micrófagos como los haustóridos son llamados “limpiadores de la arena” ya que rapan la microflora de los sustratos o se alimentan de material orgánico en suspensión (Bousfield, 1973). Los anfípodos participan en la degradación de hojas que se acumulan en el fondo, transformándolas en detrito orgánico (Heard, 1982).

Los anfípodos son diversos y abundantes en comunidades bénticas y pelágicas (Conlan, 1994) por lo que son especies clave en el funcionamiento de los ecosistemas marinos, promoviendo procesos de bioirrigación (Sushchenya, 1968), bacterivoría (Hargrave, 1970) y regeneración de nutrientes en la interfase sedimento-agua (Harrison y Mann, 1975). Se pueden agrupar en especies que se encuentran en sitios altamente contaminados como son *Jassa falcata*, *Podocerus variegatus* (ambas especies se alimentan de partículas en suspensión) y *Caprella acutifrons*; en sitios moderadamente contaminados representados por *Amphithoe ramondi* y *Stenothoe tergestina* y en sitios no contaminados encontrándose casi en su totalidad a *Hyale* (género representativo), *Elasmopus pocillimanus* y *Caprella liparotensis* (Bellan-Santini, 1980).

Estos organismos están siendo ampliamente usados en estudios de campo (Margrave et al. 1992) y en pruebas de toxicidad en el laboratorio, debido a que son fácilmente cultivados, y tienen una amplia distribución, ya que sus géneros son muy diversos y abundantes con un alto potencial reproductivo y con ciclos de vida cortos (Conlan, 1994).

Estos estudios, se relacionan con la mortalidad de las especies, aunque en algunos estudios se han considerado los efectos subletales en la fisiología (p.e. ritmo cardiaco) (Costa, 1980), osmorregulación (Jonson and Jones, 1990), sensibilidad a la temperatura (Kasymov y Velikhanov, 1991), metabolismo (Taylor et al. 1989), tasa de alimentación

(Roddie et al. 1992), tasa de crecimiento (Kasymov y Velikhanov, 1991), desarrollo embrionario (McCahon y Pascoe, 1988), anormalidades en el desarrollo (Borowsky et al. 1993). En los estudios de pruebas de toxicidad se han utilizado a los anfípodos *Rhepoxynlus abronius*, varias especies de *Eohaustorius*, (De Witt et al. 1989, 1992), *Ampelisca abdita*, *Rhepoxynius hudsoni* (Di Toro et al. 1992). Muchas otras especies han sido periódicamente usadas y algunas están bajo investigación para estandarizar un análisis en bioensayos tales como *Leptocheirus plumulosus* (Lee, 1997; Lee et al. 1997) y *Crangonyx pseudogracilis* (Martin y Holdich, 1986; Conlan, K. E., 1994).

En México hasta la fecha no existen estudios donde se empleen a los anfípodos como bioindicadores de contaminación por materia orgánica, ya que la mayoría de los trabajos realizados son taxonómicos y ecológicos y es necesario evaluar si la materia orgánica afecta a las poblaciones de los anfípodos a lo largo de un ciclo anual.

### **1.1 Objetivo general:**

Analizar el posible uso de los anfípodos de la bahía de Chetumal, Quintana Roo de sustrato blando como especies indicadoras de la calidad del agua.

### **1.2 Objetivos particulares:**

- Determinar la composición, abundancia y distribución espacial y temporal de los anfípodos.
- Determinar los cambios de la comunidad a lo largo del gradiente de enriquecimiento orgánico (variación espacial) y los cambios temporales para diferenciar cambios debidos a las variaciones naturales de las poblaciones o cambios debidos a la contaminación orgánica.
- Correlacionar la estructura espacio-temporal de los anfípodos con los parámetros ambientales (temperatura, salinidad, pH, oxígeno disuelto, materia orgánica y tamaño de grano) analizando estadísticamente la existencia de diferencias entre las estaciones y la distribución de las especies.



- Identificar las respuestas de las comunidades de anfípodos al gradiente de impacto en la bahía mediante métodos multivariados, índices de diversidad, índices de similitud, curvas ABC y curvas lognormal.

### **1.3 Hipótesis**

La mayor diversidad y abundancia de anfípodos se encontrará en ambientes moderadamente contaminados por materia orgánica, con predominio de las especies del suborden Gammaridae.

### **1.4 Planteamiento del problema**

La bahía de Chetumal está siendo fuertemente impactada por materia orgánica, debido a que la contaminación es un problema biológico, urgen estudios que indiquen las condiciones ambientales, por lo que se utilizaron a los anfípodos y parámetros físico químicos como posibles indicadores de contaminación.

### **1.5 Antecedentes**

El rápido crecimiento demográfico en los márgenes de la bahía de Chetumal, y las actividades derivadas de éste proceso como son las descargas de aguas negras, la deforestación, las industria ubicadas en los márgenes del río Hondo y los productos químicos utilizados en la actividad agrícola y ganadera ha provocado que la bahía de Chetumal esté sujeta a diversos tipos de contaminantes, entre los que destacan la presencia de plaguicidas organoclorados en los sedimentos del río Hondo, que provocaron una mortandad masiva de bagres en la bahía, (Carrera-Parra et al. 1997). En el mismo estudio determinaron la estructura y los cambios en la composición y fisonomía del bentos somero de la bahía de Chetumal, presentándose la mayor abundancia de organismos en Chetumal y Calderitas, principalmente en las estaciones cercanas a las descargas, siendo más abundantes los crustáceos anfípodos *Corophium tuberculatum*, *Erichthonius brasiliensis*, *Grandidierella bonnieroides*, *Hyale media* y *Melita nítida*, el isópodo *Exosphaeroma diminuta*, el tanaidáceo *Hargeria rapax* y los moluscos bivalvos *Assimineia* sp y *Mytilopsis*

*sallei*. También, consideraron que la consecuente desaparición y cambios en las comunidades del bentos se deben al incremento de la sedimentación debido a las descargas fluviales, descargas de materia orgánica y la ampliación y apertura del fondo del muelle. Navarrete et al. (2000) encontraron que los porcentajes de materia orgánica mayores al 10% se encuentran en las áreas más profundas donde también se concentra la mayor cantidad de limo y arcilla. Esto es debido al efecto de los vientos y la circulación costera que mueve las aguas vertidas hacia el norte ocasionando el arrastre de contaminantes de la boca del río Hondo hacia el norte de la bahía (Rosado-May et al. 2002) y a que la bahía de Chetumal posee características especiales que la hacen funcionar como una trampa de contaminantes (García-Ríos y Gold-Bouchot, 2002), ya que es un cuerpo de agua somero que tiene una zona de mayor profundidad en su parte central.

Actualmente la Universidad de Quintana Roo está llevando a cabo un estudio sobre la evaluación del impacto crónico de la contaminación sobre la estructura del bentos y su relación con las variaciones de los parámetros fisicoquímicos debido a la contaminación o a disturbios naturales, encontrándose que el contenido de materia orgánica (expresada en % de C) tuvo un mínimo de 0.679 % C cerca de la desembocadura del río Hondo y un máximo de 2.7 % C en el Muelle Fiscal a 300m de la costa clasificando a la bahía de Chetumal como un ambiente moderadamente contaminado (1-2 %) y contaminado (2-3 %) (Delgado-Blas et al. 2006). En el mismo estudio, reportaron que las familias Pilargidae y Nereididae son las de mayor abundancia y dominancia en los sitios con mayores concentraciones de materia orgánica.

## **1.6 Área de estudio**

La bahía de Chetumal se localiza en la parte sur del estado de Quintana Roo, Península de Yucatán entre los 17°53' y 18°52' N y los 87°51' y 88°23' W (Cano y Flores, 1990), presenta aproximadamente 67 Km. de longitud y 20 Km. en su parte más ancha con un área cercana a 1100 km<sup>2</sup> (Delgado y Chavira, 1984). Marcando la frontera entre México y Belice, se encuentra el río Hondo que desemboca en la bahía, la presencia de éste y de zonas inundables que la rodean le dan a la bahía características estuarinas y que podría

considerarse un sistema hiposalino (Rosado-May et al. 2002). Por su escasa profundidad (3.28 m promedio), el movimiento de masas de agua se determina, principalmente, por los vientos alisios predominantes del E y SE con una velocidad de 3 m/s promedio (Rosado-May et al. 2002).

El área de interés es la zona adyacente a la ciudad de Chetumal y Corozal, desde la línea de costa hasta 3 km., hacia adentro (Fig. 1).

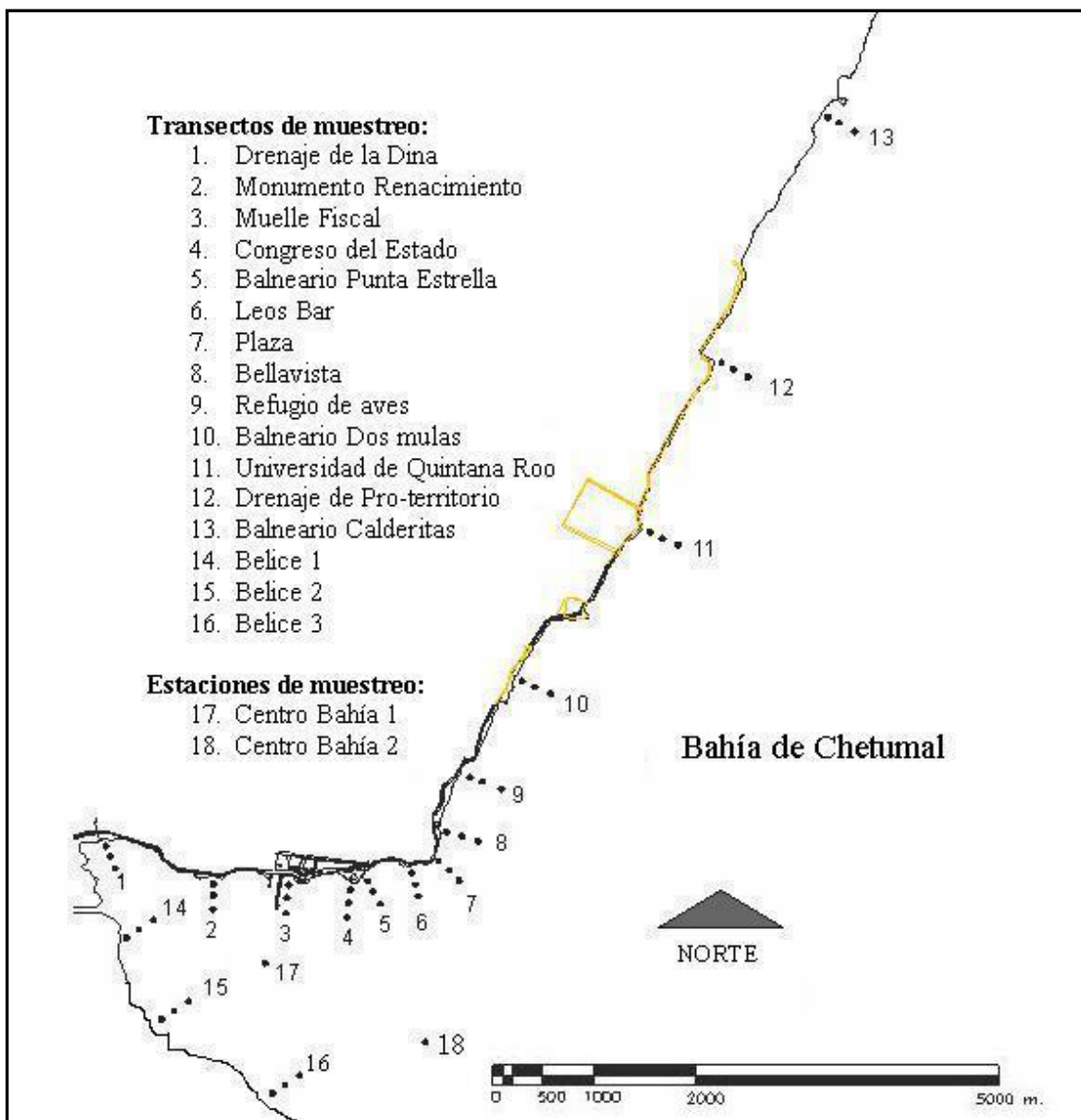


Figura 1. Ubicación de las estaciones de muestreo enfrente de la zona conurbada de la Bahía de Chetumal, Quintana Roo.

## II. METODOLOGÍA

### 2.1 Métodos de campo

Se realizó una campaña de muestreo por cada época climática local: secas (marzo-junio), lluvias (julio-octubre) y nortes (noviembre-febrero) durante el 2006 y 2007, para determinar los posibles cambios en las comunidades bénticas de los anfípodos, y cambios físico-químicos del área de estudio.

El área de interés es la zona adyacente a la ciudad de Chetumal y Corozal, desde la línea de costa hasta 3 Km., adentro. En la bahía de Chetumal se establecieron 13 transectos con tres estaciones cada uno ubicadas a 50, 150 y 300 m desde la línea de costa. Del lado de Belice se establecieron tres transectos con las mismas características que los anteriores, que se utilizaron como referencia para comparar los resultados. Además se establecieron 2 estaciones en el canal entre la costa de Belice y la costa de la Bahía nombradas Centro Bahía 1 y Centro Bahía 2 y representadas como estación 17 y 18, respectivamente.

Los transectos establecidos en la bahía serán numerados del 1 al 13, iniciando en el drenaje de la Dina y los transectos establecidos en el lado de Belice serán numerados del 14 al 16 (Fig. 1). Las estaciones serán representadas de la siguiente manera: Las estaciones a 50 m serán representadas con la letra A, las estaciones a 150 m serán representadas con la letra B y las estaciones a 300 m serán representadas con la letra C. De ésta manera al referirnos a un sitio será por el número y estación que le corresponda: 1A al referirnos a la estación que se encuentra a 50 m del transecto 1, 1B al referirnos a la estación que se encuentra a 150 m del transecto 1 y 1C al referirnos a la estación que se encuentra a 300 m del transecto 1, de ésta manera se hará referencia a los demás transectos y estaciones.

En cada estación se tomaron cinco unidades muestrales para ello se utilizaron nucleadores de PVC de 10 cm de diámetro y 10 cm de altura. De las cinco unidades muestrales se tomó una para análisis granulométrico y materia orgánica (MO) y las otras cuatro muestras para la búsqueda de anfípodos.

El posicionamiento de éstas estaciones (anexo1) se realizó por medio de un GPS (Sistema de Posicionamiento Global), y a bordo de una embarcación con motor fuera de borda. En cada estación se realizó un análisis de la columna de agua in situ por medio de una sonda multiparamétrica, la cual posee un cable de más de 20 m de longitud y sensores para tomar datos de profundidad, temperatura, pH, salinidad, oxígeno disuelto (OD), turbiedad, sólidos disueltos totales (SDT), ortofosfatos, amoníaco, nitrato, clorofila, conductividad y cloruros de la columna de agua (de superficie a fondo). Las unidades utilizadas para la salinidad son partes por mil y se representan como ppm.

## **2.2 Procesamiento de Unidades Muestrales**

Cada unidad de muestreo se tamizó a bordo de la embarcación a través de mallas de 1.0 mm y de 0.5 mm, para retener la macrofauna. El material retenido se fijó con formaldehído al 10 % (diluido con agua destilada) neutralizándolas con borato de sodio.

## **2.3 Trabajo de Laboratorio**

Los organismos obtenidos durante el muestreo se preservaron en alcohol isopropílico al 70 % para su identificación. Todos los organismos de las especies analizadas fueron pesados en húmedo. En cuanto a la identificación de los niveles taxonómicos de los anfípodos, éste se realizó a nivel de especie para determinar si dentro de los anfípodos hay alguna especie que pueda proponerse como indicadora de la calidad del agua, para ello se utilizaron microscopios ópticos, estereoscopios y claves de identificación de Mckynney, 1997; Ortiz et al. 2002 y Ortiz et al. 2004.

El análisis del sedimento se realizó a partir de las muestras obtenidas de los núcleos, determinando para cada unidad muestral la granulometría del sustrato y parámetros relacionados (tipo de selección, composición y fundamentalmente contenido orgánico). Para ello fueron utilizados los métodos estándar: Para materia orgánica se usó el método de Dean (1974); para el análisis granulométrico se usó el método de análisis parcial rápido de sedimentos (Buchanan & Kain, 1971), los datos se procesaron con el programa “Análisis Granulométrico de Sedimentos” (Vargas-Hernández, 1991).

## **2.4 Análisis Estadístico**

Para el análisis estadístico de las unidades muestrales (componentes bióticos y abióticos) se llevaron a cabo métodos multivariados (componentes principales), métodos univariados para diversidad específica (índice de Shannon-Wiener, 1963), métodos distribucionales con las abundancias y la biomasa de las estaciones para detectar diferencias significativas entre áreas de muestreo (Curvas ABC: Comparación entre Abundancia y Biomasa).

### **2.4.1 Análisis Ecológico**

Para la descripción de la comunidad de anfípodos se calcularon los siguientes índices ecológicos con la abundancia y la biomasa total de cada estación: el número de especies por estación “S”, la abundancia de individuos por estación “N”, la equidad ecológica por el índice de Pielou “J” y el índice de diversidad de Shannon-Weiner “H”.

### **2.4.2 Curvas ABC**

Para determinar el estado de contaminación del área de estudio se utilizó el método ABC propuesto por Warwick (1986) el cual describe el estado de contaminación de una comunidad béntica marina. Dicha comunidad puede ser evaluada sin referencia a una serie espacial o temporal lo cual se considera una ventaja. El método se basa en que la distribución numérica de individuos entre especies y la distribución de la biomasa entre especies podría manifestar respuestas diferentes a los disturbios. En un ambiente alterado habría una dominancia numérica de una o pocas especies de tamaño pequeño las cuales contribuyen a una baja biomasa. En contraste, en un ambiente más estable habría una biomasa dominante de una o pocas especies de tamaño grande las cuales contribuirían a una baja abundancia. Dicha relación puede ser descrita de manera conveniente utilizando las curvas ABC, donde en un ambiente alterado la curva de la abundancia estaría sobre la curva de la biomasa, mientras que en un ambiente equilibrado la curva de la biomasa estaría sobre la curva de la abundancia, y cuando las curvas se cruzan por lo menos una vez se dice que es un ambiente moderadamente contaminado (Beukema, 1988).

### **2.4.3 Distribución Log-normal**

El método que se utilizó para la selección objetiva de las especies indicadoras de contaminación es la distribución Log-normal. Se basa en ploteos del número de especies sobre la ordenada contra el número de individuos por especie en clases geométricas sobre la abscisa. El ploteo del número de individuos por especie se hace en clases geométricas por 2 (clase I = 1 ind/especie; clase II = 2-3 ind/especie; clase III = 4-7 ind/especie; clase IV = 8-15 ind/especie; clase V = 16-31 ind/especie; clase VI = 32-63 ind/especie; clase VII = 64-127 ind/especie). El grupo de especies con abundancias moderadas comprendido entre las clases geométricas V y VI corresponden a las especies indicadores o sensitivas de cambios producidos por la contaminación (Gray & Pearson, 1982).

## **III. RESULTADOS**

### **3.1 Parámetros Físico-Químicos**

La temperatura mínima durante todo el periodo de muestreo se presentó en nortes, en el Muelle Fiscal a 150 m con 24.7 °C y la temperatura máxima se presentó en secas, en el drenaje de Pro-territorio a 50 m con 34.69 °C. La salinidad tuvo un valor mínimo en nortes, en el drenaje de la DINA, monumento del Renacimiento, Plaza a 50 m, Belice 1 y Belice 2 con 0 ppm; mientras que el valor máximo fue en secas, en Leos Bar a 300 m con 22.33 ppm. El pH tuvo un valor mínimo en nortes en Belice a 50 m con 6.54 y tuvo un valor máximo en lluvias en la Universidad de Quintana Roo a 300 m con 8.35. Los sólidos disueltos totales presentaron un valor mínimo en lluvias en el drenaje de la DINA a 50 m con 1.34 g/l y un máximo en secas en la estación 17 llamada Centro Bahía 1 con 23.03 g/l.

La conductividad tuvo un valor mínimo en lluvias, en el drenaje de la DINA a 50 m con 2.07 mS/cm y un valor máximo en secas, en el drenaje de Proterritorio a 150 m con 47.44 mS/cm. El oxígeno disuelto mínimo se registró en nortes, en la plaza a 50m y en el Balneario Calderitas a 300 m con 0.4 mg/l y el oxígeno disuelto máximo se registró en secas, en la estación 17 con 9.34 mg/l (Tabla 1).

La profundidad promedio en el área de estudio fue de 1.05 m, con profundidad mínima de 0.05 m en secas, en el drenaje de Proterritorio a 50 m y profundidad máxima de 3.31 m en lluvias en la estación 17.

Tabla 1. Mínimos, máximos y promedios de los parámetros físico-químicos.

Parámetros	Mínimo	Máximo	Promedio
Temperatura (° C)	24.7	34.69	29.79
Salinidad (ppm)	0	22.33	12.46
pH	6.54	8.35	7.83
SDT (g/l)	1.34	23.03	14.84
Conductividad (mS/cm)	2.07	47.44	23.57
OD (mg/l)	0.4	9.34	3.24

### 3.2 Datos generales: Abundancia y biomasa de los organismos identificados

Se obtuvo un total de 2611 organismos del orden Amphípoda durante los tres periodos de muestreo (anexo 3). Se identificaron cinco familias: Corophiidae, Hyalidae, Hyaellidae, Melitidae y Amphilochidae (Fig. 2). La familia Corophiidae presentó la mayor riqueza de especies con tres y la mayor abundancia, las demás familias tuvieron solo una especie y Amphilochidae fue la familia con menor abundancia. La especie *Grandidierella bonnieroides* perteneciente a la familia Corophiidae presentó la mayor abundancia durante las tres épocas de muestreo.

La mayor abundancia se presentó en la época de nortes obteniéndose un total de 1881 organismos y la menor abundancia se presentó en la época de lluvias con un total de 60 organismos. En la época de secas se recolectaron 670 organismos, haciendo un total de 2611 organismos (Fig. 2).



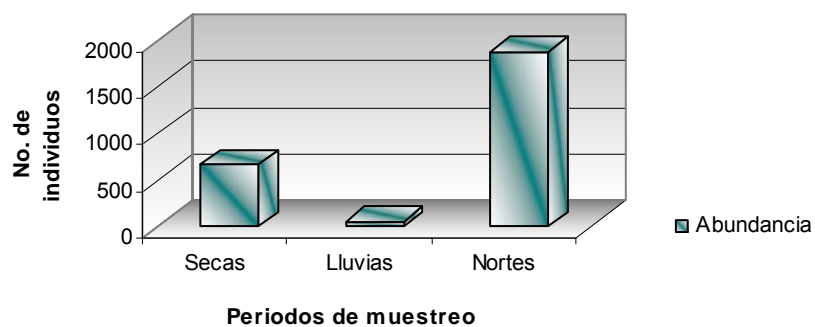


Figura 2. Abundancia total por periodos de muestreo.

La familia mejor representada fue Corophiidae con la mayor abundancia en nortes con 1877 individuos, y la menor abundancia en lluvias con 54 individuos (Tabla 2; Fig. 3a).

La familia Amphilochidae es la que presentó la menor abundancia durante los tres muestreos encontrándose un solo individuo en nortes y ningún individuo en secas y lluvias (Tabla 2; Fig. 3a).

Tabla 2. Abundancia total de las familias por periodos de muestreo.

Familias	Épocas de muestreo		
	Secas	Lluvias	Nortes
Corophiidae	666	54	1877
Hyalidae	0	5	0
Hyaellidae	3	1	0
Melitidae	1	0	3
Amphilochidae	0	0	1

Corophiidae tuvo un total de 2597 organismos, Hyalidae un total de cinco organismos, Hyaellidae un total de cuatro organismos, Melitidae un total de cuatro organismos y Amphilochidae tuvo un total de un organismo (Fig. 3b).

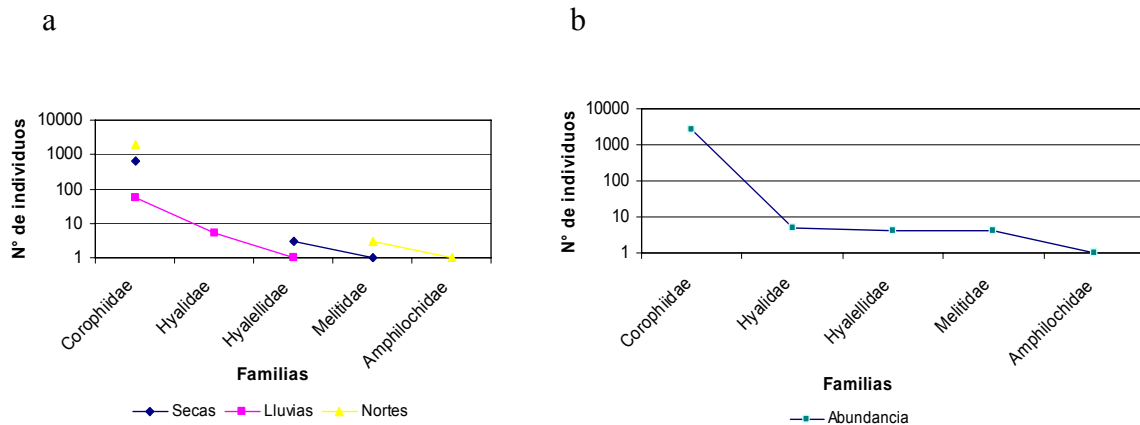


Figura 3a-b. Abundancia total por familias y por periodos de muestreo.

En cuanto a la biomasa se obtuvo un total de 6.119 g (anexo 4), la mayor biomasa fue en nortes con 4. 8169 g, y la menor biomasa en lluvias con 0.0435 g. En la época de secas se tuvo una biomasa de 1.2586 g (Fig. 4).

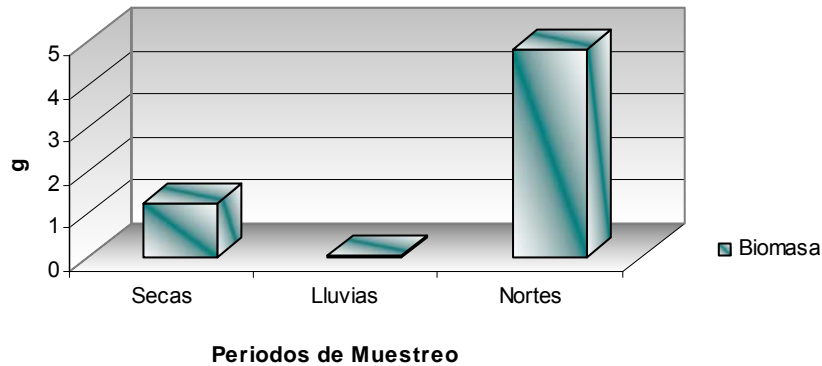


Figura 4. Biomasa total por periodos de muestreo.

La familia mejor representada fue Corophiidae con la mayor biomasa en nortes con 4.8146 g y la menor biomasa en lluvias con 0.0283 g (Tabla 3; Fig. 5a).

La familia Ampilochidae es la que presentó la menor biomasa durante los tres muestreos con 0.0001 g (Tabla3; Fig. 5a).

Tabla 3. Biomasa total de las familias por periodos de muestreo.

Familias	Épocas de muestreo		
	Secas	Lluvias	Nortes
Corophiidae	1.2447	0.0283	4.8146
Hyalidae	0	0.0128	0
Hyaellidae	0.013	0.0024	0
Melitidae	0.0009	0	0.0022
Amphiloichidae	0	0	0.0001

Corophiidae tuvo una biomasa total de 6,0876 g, Hyalidae una biomasa total de 0,0128 g, Hyaellidae una biomasa total de 0,0154 g, Melitidae una biomasa total de 0,0031 g y Amphiloichidae una biomasa total de 0,0001 g (Fig. 5b).

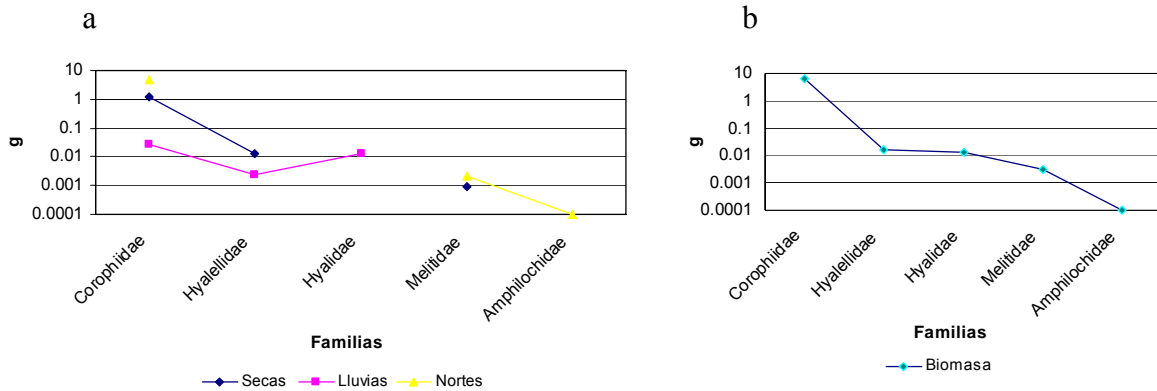


Figura 5a-b. Biomasa total por familias y por periodos de muestreo.

### 3.3 Época de secas

#### 3.3.1 Concentración y distribución de la materia orgánica.

La concentración de la materia orgánica en la época de secas (anexo 2) se encontró en un rango de 0.6 % C - 2.7 % C, con un promedio de 1.66 % C.

Las concentraciones más altas se encontraron en el muelle fiscal a 300 m con 2.657 % C, Belice 3 a 50 m con 2.586 % C y en la Plaza a 300 m con 2.5 % C y las concentraciones más bajas se encontraron en Belice 1 a 50 m con 0.679 % C y a 150 m con 0.929 % C y en el balneario Dos mulas a 50 m con 0.757 % C (Figs. 6 y 7).

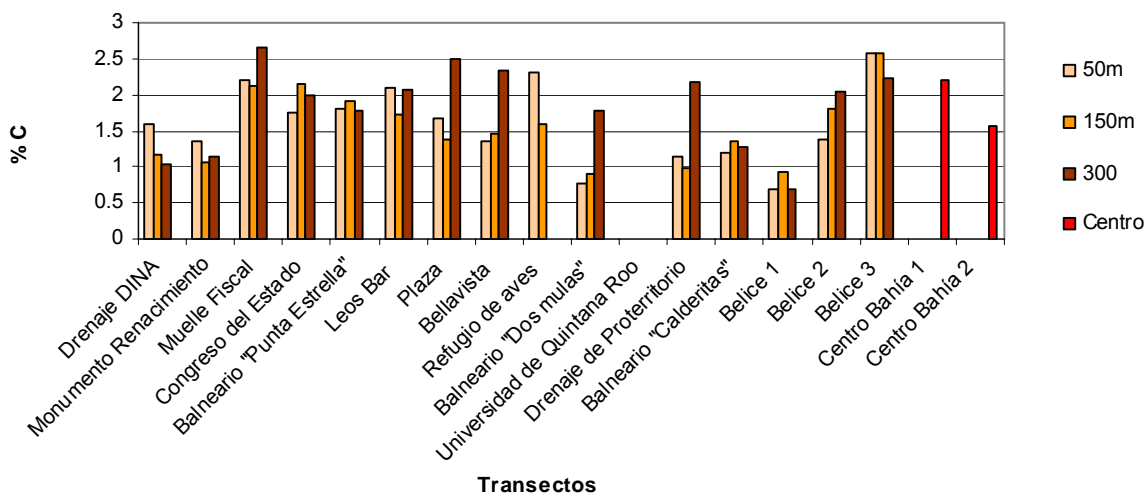


Figura 6. Comportamiento de la Materia Orgánica en época de secas.

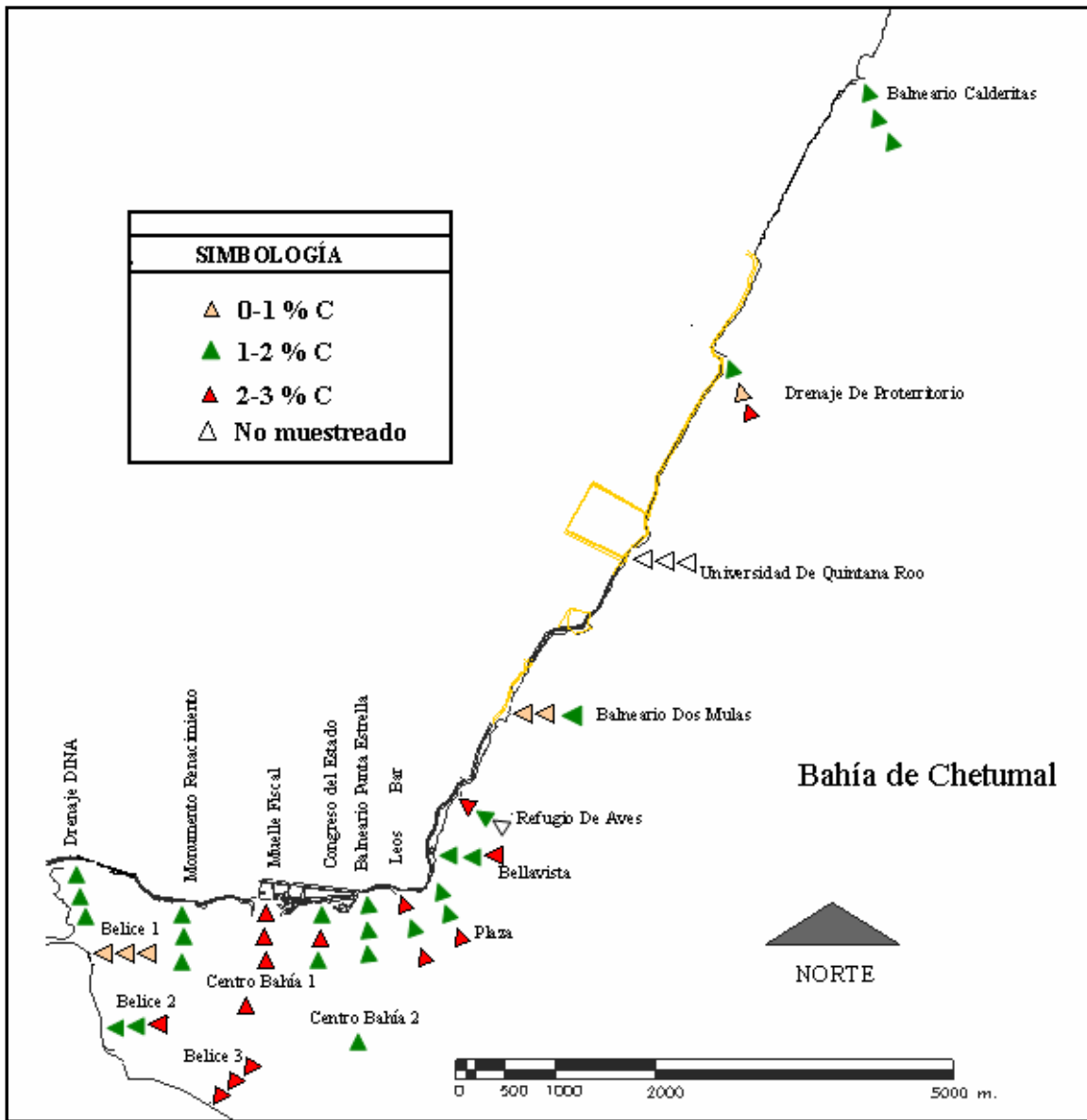


Figura 7. Distribución de la materia orgánica del sedimento enfrente de la zona conurbada de la Bahía de Chetumal, Quintana Roo durante la época de secas.

### 3.3.2 Comportamiento de los parámetros Físico-Químicos

Como se observa (Tabla 4) las mayores variaciones de los parámetros entre los mínimos y máximos valores (anexo 5) se presentan en la salinidad, los sólidos disueltos totales y la conductividad y las menores variaciones se observaron en el pH y la

temperatura. En promedio durante la época de secas la profundidad fue de 0.84 m, la temperatura de 30.98 °C, la salinidad de 18.21 ppm, el pH de 8.03, los sólidos disueltos totales de 19.16 g/l, la conductividad de 33.01 mS/cm y el oxígeno disuelto de 4.96 mg/l.

Tabla 4. Parámetros físico-químicos en época de secas.

Parámetros	Min	Max	Prom
Profundidad (m)	0.05	1.64	0.84
Temperatura (° C)	29.58	34.69	30.98
Salinidad (ppm)	4.81	22.33	18.21
pH	7	8.26	8.03
SDT (g/l)	5.6	23.16	19.16
Conductividad (mS/ cm)	9.18	47.44	33.01
OD (mg/l)	0.47	9.34	4.96

La temperatura mínima fue de 29.58 °C en el congreso del Estado a 300 m y la temperatura máxima fue de 34.69 °C registrándose en el drenaje de Proterritorio a 50 m (Fig. 8a).

La concentración mínima de salinidad fue en Belicel a 50 m con 4.81 ppm y la concentración máxima fue en Leos Bar a 300 m con 22.33 ppm (Fig. 8b).

El pH mínimo fue 7 y se registró en el drenaje de la DINA a 50 m y el valor máximo en Leos Bar a 300 m con 8.26 (Fig. 8c).

La concentración mínima del oxígeno disuelto se encontró en el drenaje de la DINA a 50 m con 0.47 mg/l y la concentración máxima en la estación Centro Bahía 1 con 9.34 (Fig. 8d).

El valor mínimo de sólidos disueltos totales se registró en Belicel a 50 m con 5.6 g/l y su valor máximo en Leos Bar a 300 m con 23.16 g/l (Fig. 8e).

La conductividad mínima se registró en Belicel a 50 m con 9.18 mS/cm y la conductividad máxima en el drenaje de Proterritorio a 150 m con 47.44 mS/cm (Fig. 8f).

La profundidad mínima se encontró en el drenaje de Proterritorio a 50 m con 0.05 m y la profundidad máxima se encontró en Leos Bar a 300 m con 1.64 m (Fig. 8g).

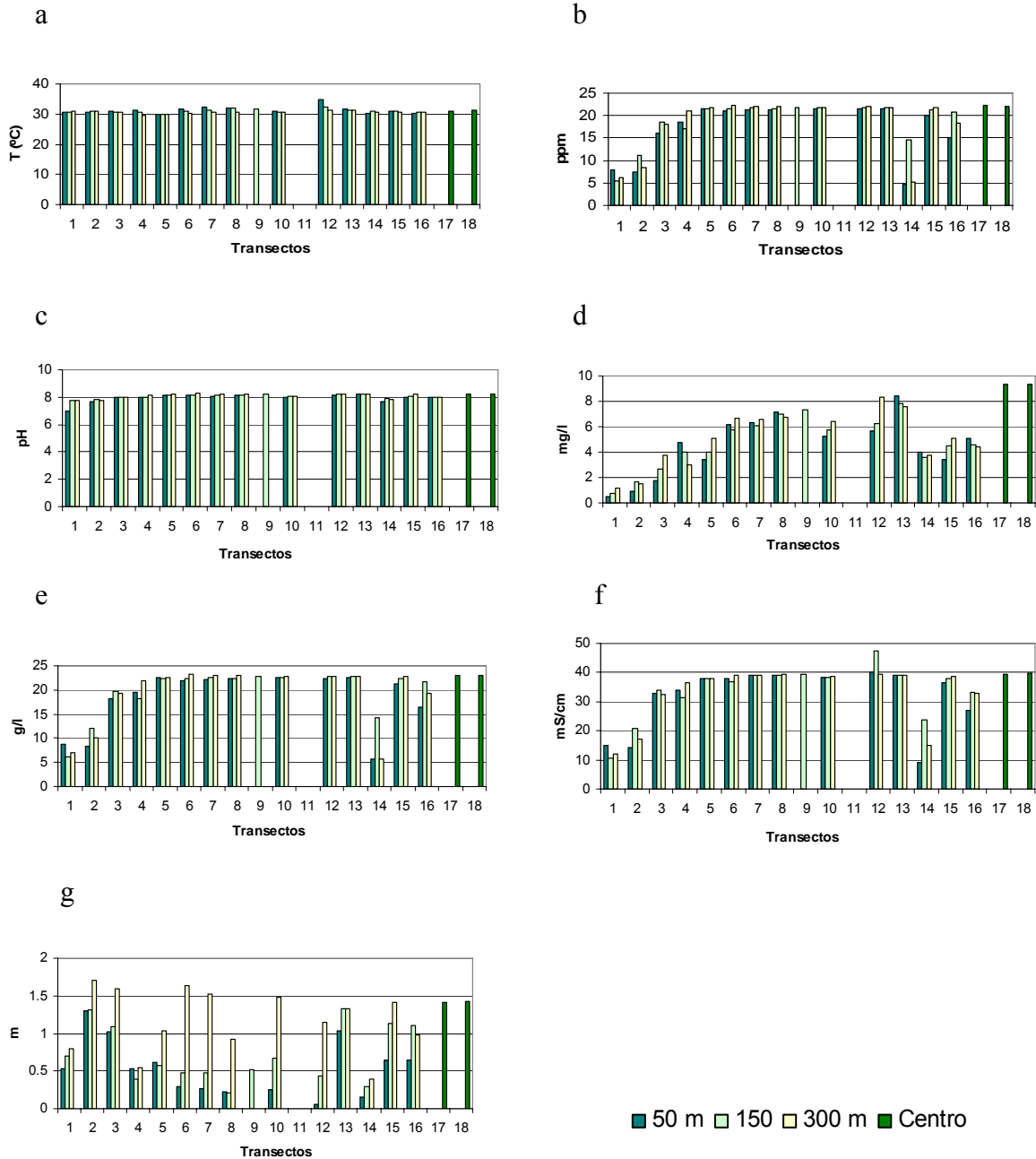


Figura 8a-g. Comportamiento de los parámetros físico-químicos durante la época de secas.

### 3.3.3 Análisis de la comunidad de Anfípodos

El comportamiento de la abundancia y la biomasa por transectos y estaciones a nivel de familia y especie es el mismo, debido a que solamente se presentó una especie por familia.

De ésta manera, se tomará el nivel más bajo (especie) para describir el comportamiento de los organismos.

#### 3.3.3.1 Análisis de la abundancia por familia y especie

Durante la época de secas se encontró a la especie *Grandidierella bonnieroides* perteneciente a la familia Corophiidae, a la especie *Melita Nítida* perteneciente a la familia Melitidae y a la familia Hyalellidae (la identificación solo se realizó a nivel de familia).

Se obtuvo un total de 670 organismos distribuidos entre las especies encontradas. La especie *G. bonnieroides* fue la más abundante con 666 organismos, seguida de la familia Hyalellidae con tres organismos y la especie *M. nítida* con un organismo (Fig. 9).

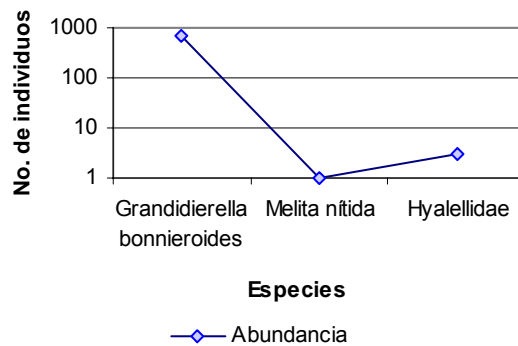


Figura 9. Abundancia total por especies durante la época de secas.

Se puede observar la distribución (Fig. 10) y la abundancia de las especies en los transectos muestreados (Tabla 5). De éstos, únicamente el transecto ubicado en el drenaje de Proterritorio presentó diversidad, presentándose en éste las tres especies encontradas durante la época de secas. La mayor abundancia la presentó la especie *G. bonnieroides* con el 98.40 % y la abundancia restante se distribuyó en las otras especies, teniendo Hyalellidae



1.20 % de abundancia y *M. nítida* 0.40 %. En los cinco transectos restantes como son el balneario Dos mulas, Universidad de Quintana Roo, balneario Calderitas, Centro Bahía 1 y Centro Bahía 2, se encontró únicamente a la especie *G. bonnieroides*.

Tabla 5. Porcentaje de abundancia de especies por transectos en época de secas.

Transectos	Abundancia total	% Abundancia/Familia		
		<i>Grandidierella bonnieroides</i>	<i>Melita nítida</i>	Hyaellidae
Balneario "Dos mulas"	2	100%		
Universidad de Quintana Roo	42	100%		
Drenaje de Proterritorio	250	98.40%	0.40%	1.20%
Balneario "Calderitas"	117	100%		
Centro Bahía 1	149	100%		
Centro Bahía 2	110	100%		

La mayor abundancia por distancia se presentó en el drenaje de Proterritorio a 300 m con 187 organismos de la especie *G. bonnieroides*. La menor abundancia se presentó en los transectos del balneario Dos mulas a 50 y 150 m con un individuo de la especie *G. bonnieroides* en cada estación, y del drenaje de Proterritorio a 50 m con un individuo de la especie *M. nítida* (Tabla 6).

Tabla 6. Distribución de la abundancia de las especies de anfípodos en época de secas.

Época de Secas									
Transectos	Estaciones								
	50 m			150 m			300 m		
	<i>G. bonn</i>	<i>M. nítida</i>	Hyal	<i>G. bonn</i>	<i>M. nítida</i>	Hyal	<i>G. bonn</i>	<i>M. nítida</i>	Hyal
Drenaje Dina	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Monumento Renacimiento	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Muelle Fiscal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Congreso del Estado	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Balneario "Punta Estrella"	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leos Bar	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plaza	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bellavista	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Refugio de aves	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Balneario "Dos mulas"	1	0	0	1	0	0	0	0	0
Universidad de Quintana Roo	0	0	0	0	0	0	42	0	0
Drenaje de Proterritorio	35	1	3	24	0	0	187	0	0
Balneario "Calderitas"	32	0	0	59	0	0	26	0	0
Belice 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Belice 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Belice 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Centro Bahía 1	149								
Centro Bahía 2	110								

Las abreviaciones corresponden a las especies encontradas:

*G. bonn* = *Grandidierella bonnieroides*

*M. nítida* = *Melita nítida*

Hyal = Hyalellidae

La abundancia por distancias tuvo el siguiente comportamiento, a 50 m se tuvo un total de 72 organismos, de los cuales 68 pertenecen a la especie *G. bonnieroides* siendo ésta especie la más abundante a ésta distancia, tres organismos pertenecen a la familia Hyalellidae y uno pertenece a la especie *M. nítida*.

A 150 m únicamente se presentó la especie *G. bonnieroides* con un total de 84 organismos.

A 300 m únicamente se encontró la especie *G. bonnieroides* con un total de 255 organismos

En las estaciones del centro de la bahía únicamente se encontró la especie *G. bonnieroides* con un total de 259 organismos, presentando la mayor abundancia la estación Centro Bahía 1 (Tabla 6).

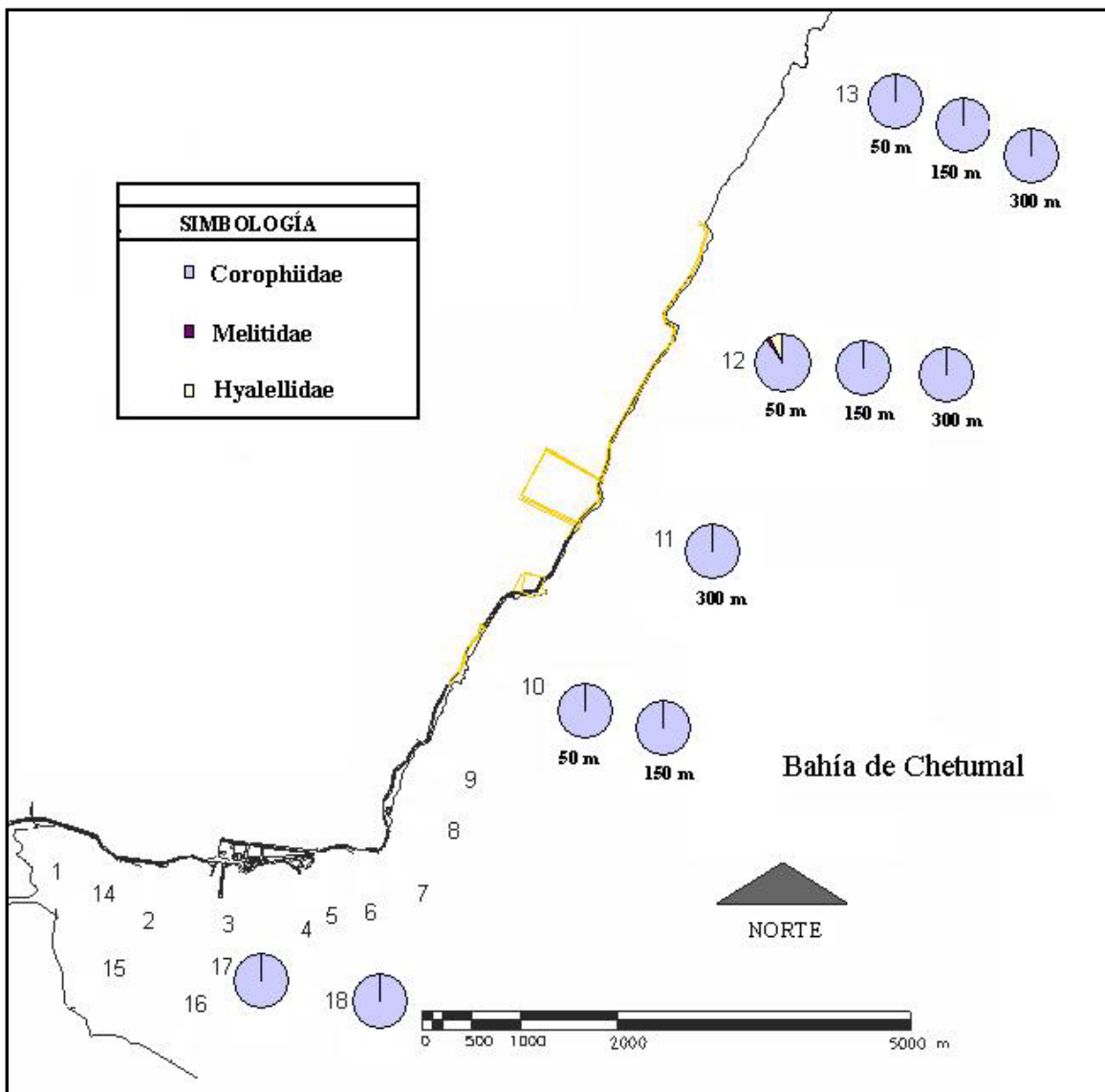


Figura 10. Distribución de las familias de anfípodos enfrente de la zona conurbada de la Bahía de Chetumal durante la época de secas.

La especie *G. bonnieroides* de la familia Corophiidae se encontró en la Universidad de Quintana Roo a 300 m; balneario Dos mulas a 50 y 150 m; drenaje de Proterritorio y balneario Calderitas a 50, 150 y 300 m y en las estaciones Centro Bahía 1 y Centro Bahía 2 (Fig. 11a).

La familia Hyalellidae se presentó únicamente en el drenaje de Proterritorio a 50 m con tres individuos (Fig. 11b).

La especie *M. nítida* de la familia Melitidae se presentó únicamente en el drenaje de Proterritorio a 50 m con un individuo (Fig. 11c).

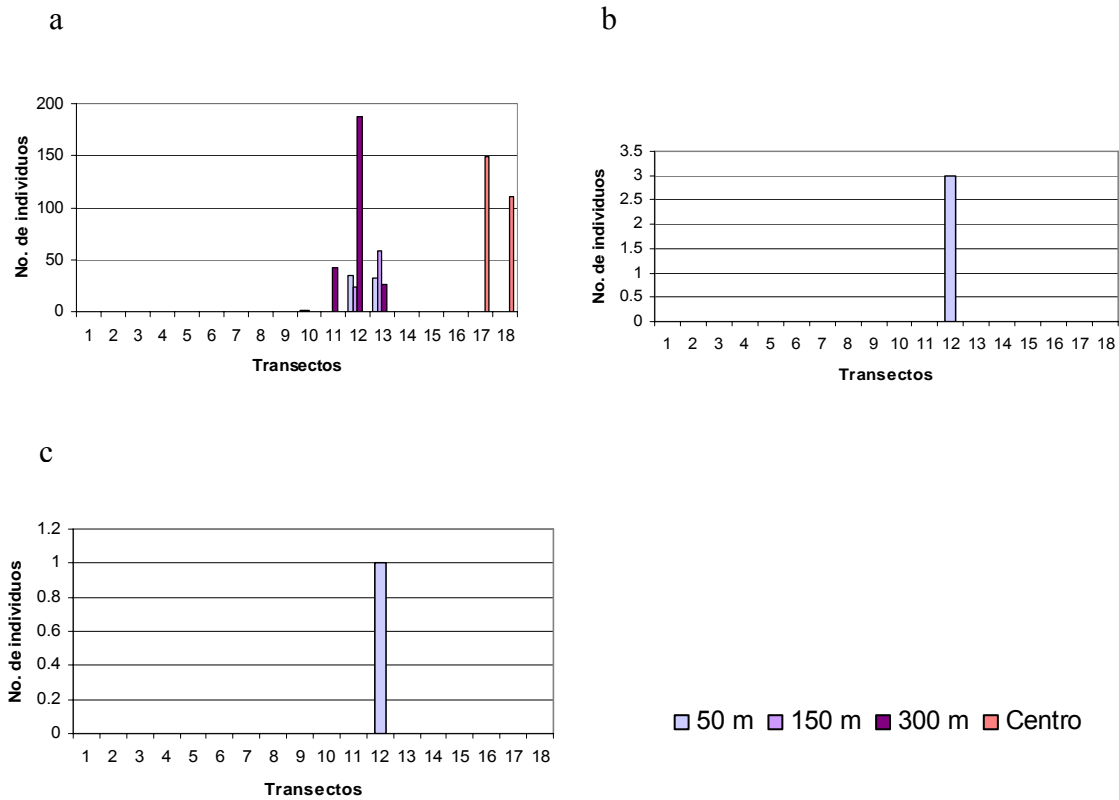


Figura 11a-c. Abundancia por especies de la época de secas.

### 3.3.3.2 Análisis de la biomasa por familia y especie

Durante la época de secas se obtuvo una biomasa total de 1.2586 g obtenidos de los 670 organismos.

La especie *G. bonnieroides* obtuvo el mayor peso con 1.2447 g, seguida de la familia Hyalellidae con 0.013 g y la especie *M. nítida* con 0.0009 g (Fig. 12).

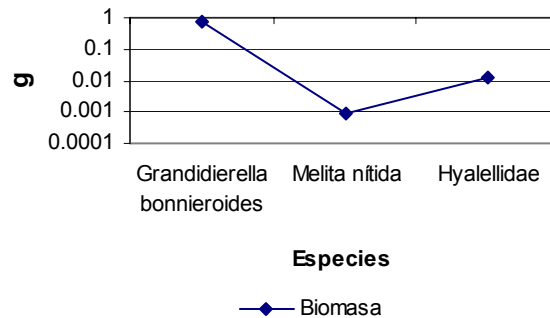


Figura 12. Biomasa total por especies durante la época de secas.

El comportamiento de la biomasa total por transectos es el siguiente, la biomasa más baja se registró en el balneario Dos mulas con 0.0002 g obtenido de la especie *G. bonnieroides* y la biomasa más alta se presentó en el drenaje de Proterritorio con 0.6492 g.

En el drenaje de Proterritorio la diversidad varió presentándose la especie *G. bonnieroides* con un peso de 0.6353 g (97.86 %), *M. nítida* con 0.0009 g (0.14 %) y Hyalellidae con 0.13 g (2 %). En los tres transectos restantes y en las estaciones Centro Bahía 1 y Centro Bahía 2 la diversidad fue nula presentando el 100 % de la biomasa la especie *G. bonnieroides* (Tabla 7).

Tabla 7. Porcentaje de biomasa de especies por transectos en época de secas.

Transectos	Biomasa total	% Biomasa/Especie		
		<i>Grandidierella bonnieroides</i>	<i>Melita nítida</i>	Hyaellidae
Balneario "Dos mulas"	0.0002	100%		
Universidad de Quintana Roo	0.0814	100%		
Drenaje de Pro-territorio	0.6492	97.86%	0.14%	2%
Balneario "Calderitas"	0.0849	100%		
Centro Bahía 1	0.2669	100%		
Centro Bahía 2	0.176	100%		

El comportamiento de la biomasa por distancias es el siguiente, a 50 m la biomasa más alta se presentó en el drenaje de Proterritorio con 0.0448 g obtenido de la especie *G. bonnieroides* y la más baja se encontró en el balneario Dos mulas con 0.0001 g obtenido de la misma especie.

A la distancia de 150 m la biomasa más baja se presentó en el balneario Dos mulas con 0.0001 g obtenido de la especie *G. bonnieroides* y la más alta se presentó en el drenaje de Proterritorio con 0.0378 g obtenido de la misma especie.

A la distancia de 300 m la biomasa más baja se presentó en el balneario Calderitas con 0.0256 g obtenido de la especie *G. bonnieroides* y la más alta se presentó en el drenaje de Proterritorio con 0.5527 g obtenido de la misma especie.

En las estaciones del centro la biomasa más alta la presentó la estación Centro Bahía 1 con 0.2669 g de la especie *G. bonnieroides* y la estación Centro Bahía 2 tuvo una biomasa de 0.176 de la misma especie (Tabla 8).

Tabla 8. Distribución de la biomasa de las especies de anfípodos en época de secas.

Época de Secas									
Transectos	Estaciones								
	50 m			150 m			300 m		
	<i>G. bonn</i>	<i>M. nítida</i>	Hyal	<i>G. bonn</i>	<i>M. nítida</i>	Hyal	<i>G. bonn</i>	<i>M. nítida</i>	Hyal
Drenaje Dina	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Monumento Renacimiento	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Muelle Fiscal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Congreso del Estado	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Balneario "Punta Estrella"	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leos Bar	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plaza	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bellavista	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Refugio de aves	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Balneario "Dos mulas"	0.0001	0	0	0.0001	0	0	0	0	0
Universidad de Quintana Roo	0	0	0	0	0	0	0.0814	0	0
Drenaje de Proterritorio	0.0448	0.0009	0.013	0.0378	0	0	0.5527	0	0
Balneario "Calderitas"	0.0233	0	0	0.036	0	0	0.0256	0	0
Belice 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Belice 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Belice 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Centro Bahía 1	0.2669								
Centro Bahía 2	0.176								

*G. bonn* = *Grandidierella bonnieroides*

*M. nítida* = *Melita nítida*

Hyal = Hyalellidae

La especie *M. nítida*, se presentó en el drenaje de Proterritorio a 50 m con una biomasa de 0.0009 g (Fig. 13a).

La familia Hyalellidae se presentó en el drenaje de Proterritorio a 50 m con una biomasa de 0.013 g (Fig. 13b).

La especie *G. bonnieroides* presentó biomasa en las tres estaciones de algunos transectos, en la tabla 8 se pueden observar los pesos obtenidos por transecto y por estación. La menor biomasa se presentó en el balneario Dos mulas a 50 y 150 m con 0.0001 g y la mayor se presentó en el drenaje de Proterritorio a 300 m con 0.5527 g (Fig. 13c).

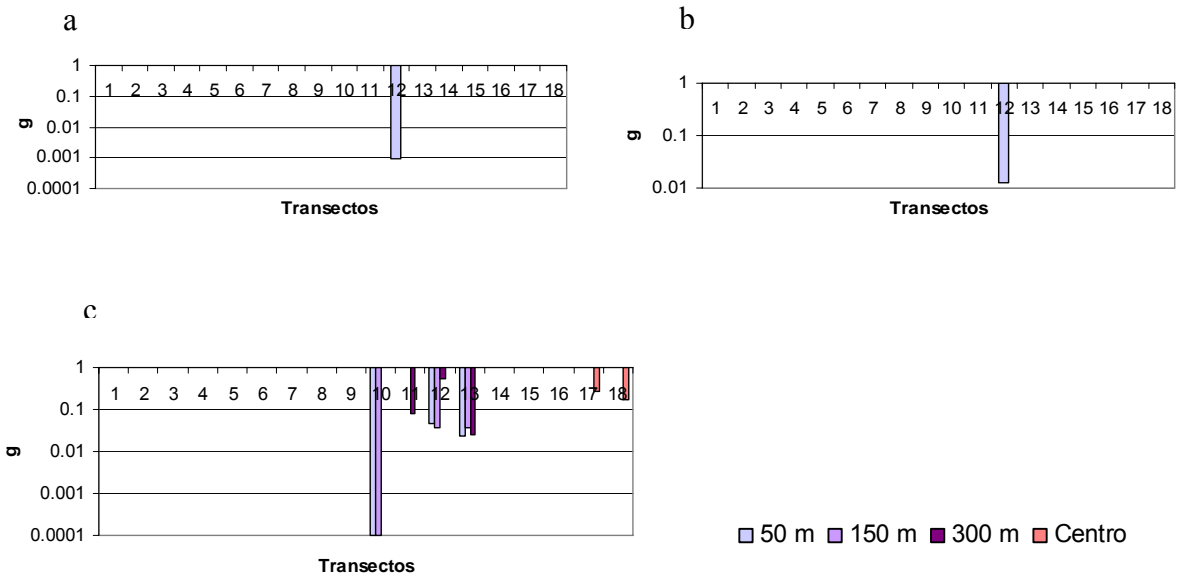


Figura 13a-c. Biomasa por especies de la época de secas.

### 3.3.4 Análisis Ecológico

Se presentan los valores de los índices ecológicos para la época de secas (Tabla 9)

Tabla 9. Índices ecológicos de la comunidad de anfípodos en época de secas.

Estaciones	S	N	J'	H' (Loge)
10A	1	1	****	0
10B	1	1	****	0
11C	1	42	****	0
12A	3	39	0.3535	0.3884
12B	1	24	****	0
12C	1	187	****	0
13A	1	32	****	0
13B	1	59	****	0
13C	1	26	****	0
17	1	149	****	0
18	1	110	****	0

\*\*\*\* No hay uniformidad entre las estaciones



El mayor número de especies se encontró en el drenaje de Proterritorio a 50 m con las especies *G. bonnieroides*, *Melita nítida* y la familia Hyalellidae, y en los demás sitios se encontró únicamente a la especie *G. bonnieroides* (Fig. 14a).

Las menores abundancias se encontraron en el balneario dos mulas a 50 y 150 m con un individuo en cada sitio y la mayor abundancia se encontró en el drenaje de Proterritorio a 300 m con 187 individuos (Tabla 9; Fig. 14b).

El mayor índice de diversidad se encontró en el drenaje de Proterritorio a 50 m con 0.3884 bits/ind., y en el resto de las estaciones el índice fue de cero (Tabla 9; Fig. 14c).

El valor más alto de uniformidad se encontró en el drenaje de Proterritorio con 0.3535 y en el resto de las estaciones se encontró cero de uniformidad (Tabla 9; Fig. 14d).

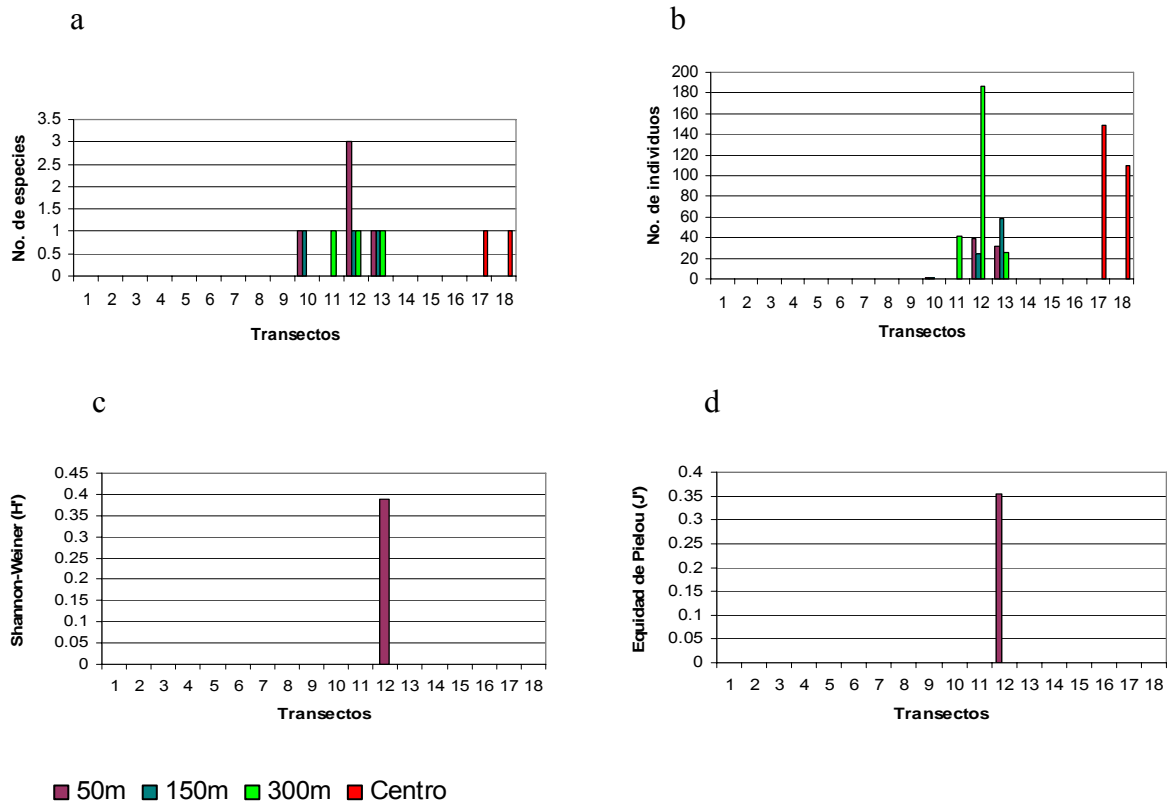


Figura 14a-d. Índices ecológicos por distancias durante la época de secas.

Se graficó la abundancia y la diversidad promedio por transectos. Se pueden apreciar las mayores abundancias en la parte norte de la zona conurbada de la Bahía, mientras que en la parte sur y centro la abundancia es casi nula (Fig. 15). La diversidad fue casi nula habiendo una diversidad mínima en el drenaje de Proterritorio mientras que en las demás estaciones la diversidad fue de cero (Fig. 15).

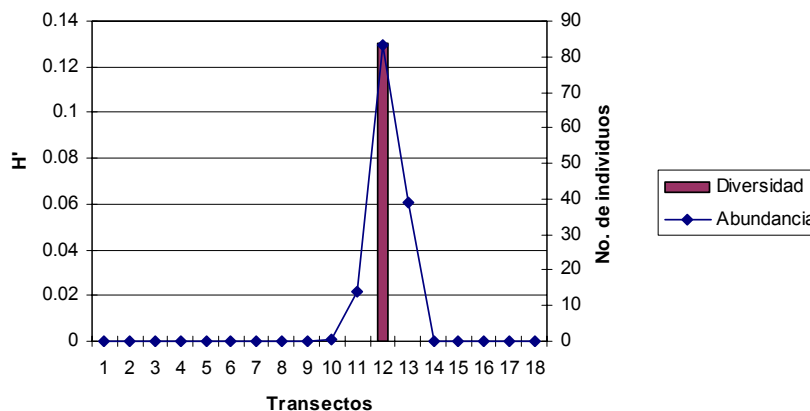


Figura 15. Abundancia y diversidad promedio por transectos durante la época de secas

### 3.3.5 Análisis de Componentes Principales (PCA)

El primer componente explica el 43 % de la varianza, habiendo una disminución de izquierda a derecha de salinidad, pH, OD, MO y tamaño promedio de la partícula ( $\Phi$ ), como se observa, a la derecha se encuentran los transectos cercanos a la bocana del río Hondo lo cual explica dicho comportamiento. El segundo componente explica el 27.6 % de la varianza que muestra un aumento de la parte inferior a la superior de la MO, la profundidad y el tamaño promedio de partícula y una disminución de la parte inferior a la superior de la temperatura (Fig. 17). Los parámetros que tuvieron mayor influencia en el primer componente son la salinidad y el pH y en el segundo componente la temperatura (Tabla 10).

Tabla 10. Porcentaje de variación explicada y coeficientes para la combinación lineal de las 7 variables.

Variables	Varianza %	
	PC1	PC2
	<b>43%</b>	<b>27.6%</b>
Profundidad	-0.172	<b>-0.468</b>
Temperatura	-0.073	<b>0.603</b>
Salinidad	<b>-0.526</b>	0.142
pH	<b>-0.514</b>	0.153
OD	<b>-0.465</b>	0.281
MO	<b>-0.3</b>	<b>-0.392</b>
$\Phi$	<b>-0.345</b>	<b>-0.375</b>

En el análisis de componentes principales se identificó que las estaciones 3A, 6A, 7A, 8B, 9B, y 12B están muy relacionadas mediante el tamaño promedio de partícula y el pH, principalmente, de igual manera hay una relación menor con la salinidad y los SDT; las estaciones, 7B, 13A, 13B, 13C y 18 están relacionadas mediante el pH, la temperatura, la salinidad, los SDT, la MO, el tamaño promedio de partícula y la conductividad; las estaciones 5C, 7C y 15C están relacionadas mediante el pH, el tamaño promedio de partícula, la profundidad y los SDT; las estaciones 6C y 10C están relacionadas mediante el OD, el pH, la temperatura y la profundidad y las estaciones 4B, 5A, 5B, 6B, 15B, 16A y 16C están relacionadas mediante el tamaño promedio de partícula, el pH, la profundidad y la temperatura.

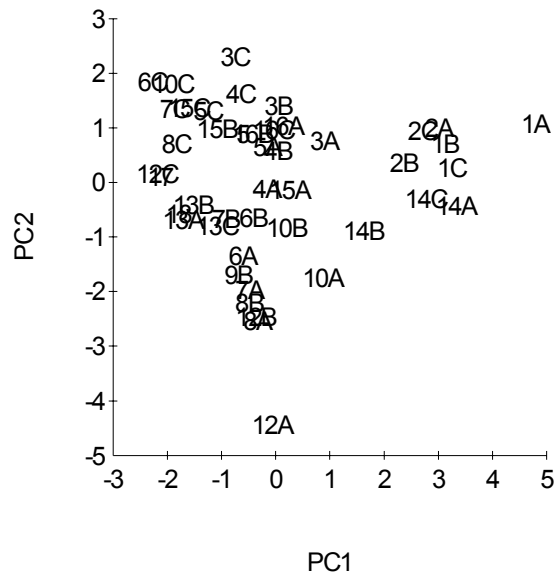


Figura 16. Análisis de componentes principales de la época de secas.

### 3.3.6 Índices de similitud de las estaciones durante la época de secas

La similitud entre las estaciones de acuerdo a Bray-Curtis (Fig. 17) fue del 100 % para las estaciones 10A y 10B, esto se debe a que en cada sitio se encontró únicamente un individuo de la especie *G. bonnieroides*. Las estaciones que presentaron una similitud arriba del 90 % son las estaciones 13C-12B, 13C-13A, 17-12C, 13A-11C, 13A-12B, 18-17, 13B-11C. Las estaciones que presentaron similitudes menores al 25% son, 12C-10A, 12C-10B, 18-10A y 18-10B, esto se debe a que las estaciones 10A y 10B tuvieron las menores abundancias y las estaciones 12C y 18 tuvieron las mayores abundancias. La estación 12A se encuentra separada de las demás estaciones ya que en ésta se presentaron las tres especies habiendo una relación entre el 20 y 80% con las demás estaciones. Los resultados obtenidos son debidos al comportamiento de la especie *G. bonnieroides* ya que a excepción de la estación 12A donde se presentaron las especies *G. bonnieroides*, *Melita nítida* y la familia Hyalellidae en las demás estaciones únicamente se encontró dicha especie.

La mayor similitud se presentó en el transecto 10 ubicado en el Balneario “Dos mulas”, entre las estaciones A y B, el cuál se encuentra en la parte norte de la Bahía.

Los altos y bajos porcentajes de similitud se presentaron en su mayoría en la parte norte de la Bahía y en las estaciones Centro Bahía 1 y Centro Bahía 2 de la parte centro. Mientras que por el lado de la bocana del río Hondo no se encontraron organismos de éste orden.

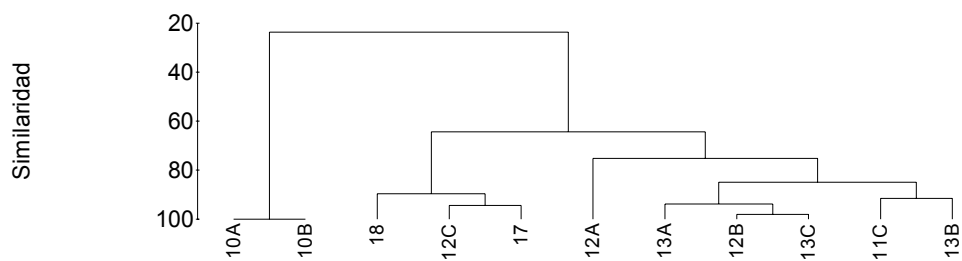


Figura 17. Índice de similitud de Bray-Curtis durante la época de secas.

### 3.3.7 Correlación del índice de diversidad (H') con las variables ambientales

El coeficiente más alto de correlación entre la diversidad de anfipodos con las variables ambientales fue con la temperatura con un valor de 0.6 y en menor grado con la profundidad, posteriormente se eliminaron los transectos 1 ubicado en el drenaje de DINA, 2 ubicado en el Monumento Renacimiento y 14 ubicado por el lado de Belice ya que presentaron los valores más bajos de salinidad y por lo tanto gran variación comparada con los demás transectos, obteniéndose una mayor correlación entre la diversidad y la temperatura y en menor grado con la profundidad y la MO. Como se observa en la tabla no hubo gran variación entre los coeficientes de correlación con todos los transectos y sin los transectos 1, 2 y 14, detectándose una baja correlación en ambos casos entre la diversidad y la mayoría de los parámetros físico-químicos (Tabla 11).

Tabla 11. Coeficientes de correlación con el índice de diversidad y las variables ambientales de la época de secas.

Variables ambientales	Coeficientes de correlación	
	Todos los transectos	Sin los transectos 1, 2 y 14
Profundidad (m)	<b>-0.254</b>	<b>-0.294</b>
OD (mg/l)	0.046	-0.004
pH	0.074	0.042
Temperatura (°C)	<b>0.665</b>	<b>0.670</b>
Turbiedad (NTU)	0.004	-0.001
Salinidad (ppm)	0.0892	0.067
SDT (g/l)	0.09	0.072
Conductividad (mS/cm)	0.112	0.134
MO (%C)	-0.143	<b>-0.226</b>

No es posible realizar un análisis exacto debido a que solamente en una estación hubo diversidad, en ésta estación se presentó la temperatura más alta de ésta época con una correlación entre diversidad y temperatura de 0.6 y se presentó la profundidad más baja con una correlación con la diversidad de aproximadamente -0.3 para ambos casos. Sin embargo, se observa una variación en la correlación entre la diversidad y la MO al eliminar los transectos mencionados, aumentando dicha correlación, observándose que la concentración de MO en éste sitio es moderada y que las mayores abundancias se encontraron en los sitios

que van de moderadamente contaminados a contaminados. No se tiene un sitio de referencia para comparar los resultados debido a que únicamente en un sitio hubo diversidad de especies pero se observó que es el sitio con la mayor temperatura, la menor profundidad y moderadamente contaminado el que presentó diversidad aunque ésta fue baja.

### 3.3.8 Gráficas de comparación de Abundancia/Biomasa, curvas ABC

Debido a que únicamente en una estación se presentaron tres especies durante el periodo de muestreo de la época de secas, sólo fue posible realizar una gráfica y por la misma razón tampoco tuvo caso hacer las gráficas por transectos.

De acuerdo al comportamiento de la curva ABC (Fig. 18) la estación 12A, ubicado en el Drenaje de Proterritorio a 50m es un sitio moderadamente contaminado.

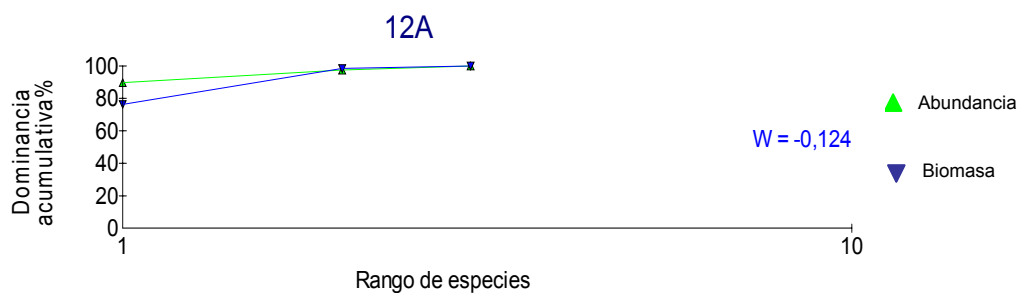


Figura 18. Gráfica de la curva ABC de la estación 12A de la época de secas.

### 3.3.9 Distribución Log-normal

Se realizó la gráfica Log-normal (Fig. 19) con las abundancias totales de las especies encontradas en la época de secas (Tabla 12).

Tabla 12. Abundancia total de especies durante la época de secas.

Especies	Abundancia	% Abundancia
<i>Grandidierella bonnieroides</i>	666	99.4
<i>Melita nítida</i>	1	0.15
Hyalellidae	3	0.45

No fue encontrada ninguna especie dentro de las clases geométricas V y VI debido a que se encontraron abundancias muy bajas y muy altas por especie, localizándose las especies dentro de las clases geométricas I, II y X.

Por lo que para la época de secas no se propone a ninguna de las especies encontradas como indicadoras de contaminación.

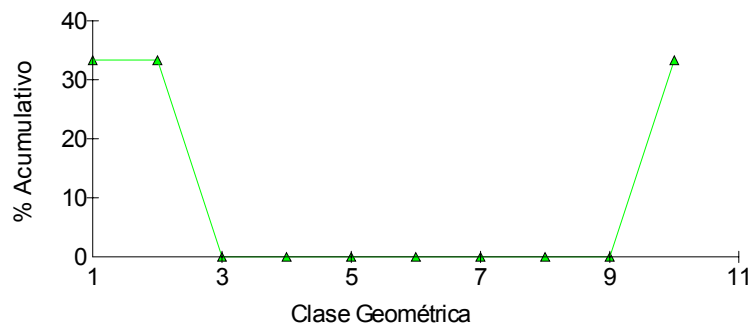


Figura 19. Distribución Log-normal durante la época de secas.

### 3.4 Época de lluvias

#### 3.4.1 Concentración y distribución de la materia orgánica.

La concentración de la materia orgánica en la época de lluvias (anexo 2) se encontró en un rango de 0.921 - 2.714 % C, con un promedio de 1.84 % C.

Las concentraciones más altas se encontraron en el muelle fiscal a 300 m con 2.714 % C, en Belice 3 a 150 m con 2.657 % C y en Bellavista a 300 m con 2.586 % C y las concentraciones más bajas se encontraron en el balneario Dos mulas a 50 m con 0.921 % C, en el monumento Renacimiento a 300 m con 0.971 % C y en Belice 3 a 50 m con 1 % C (Figs. 20 y 21).

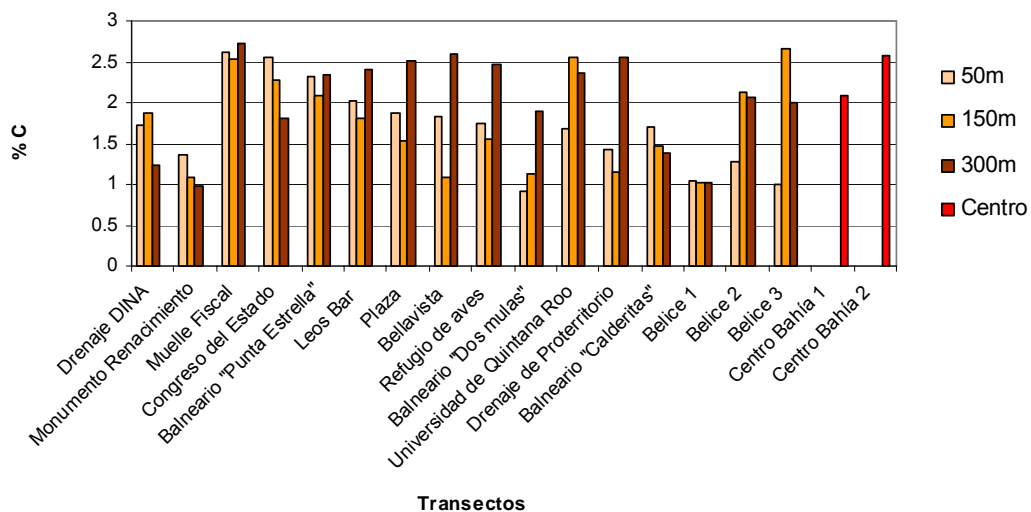


Figura 20. Comportamiento de la Materia Orgánica en época de lluvias.



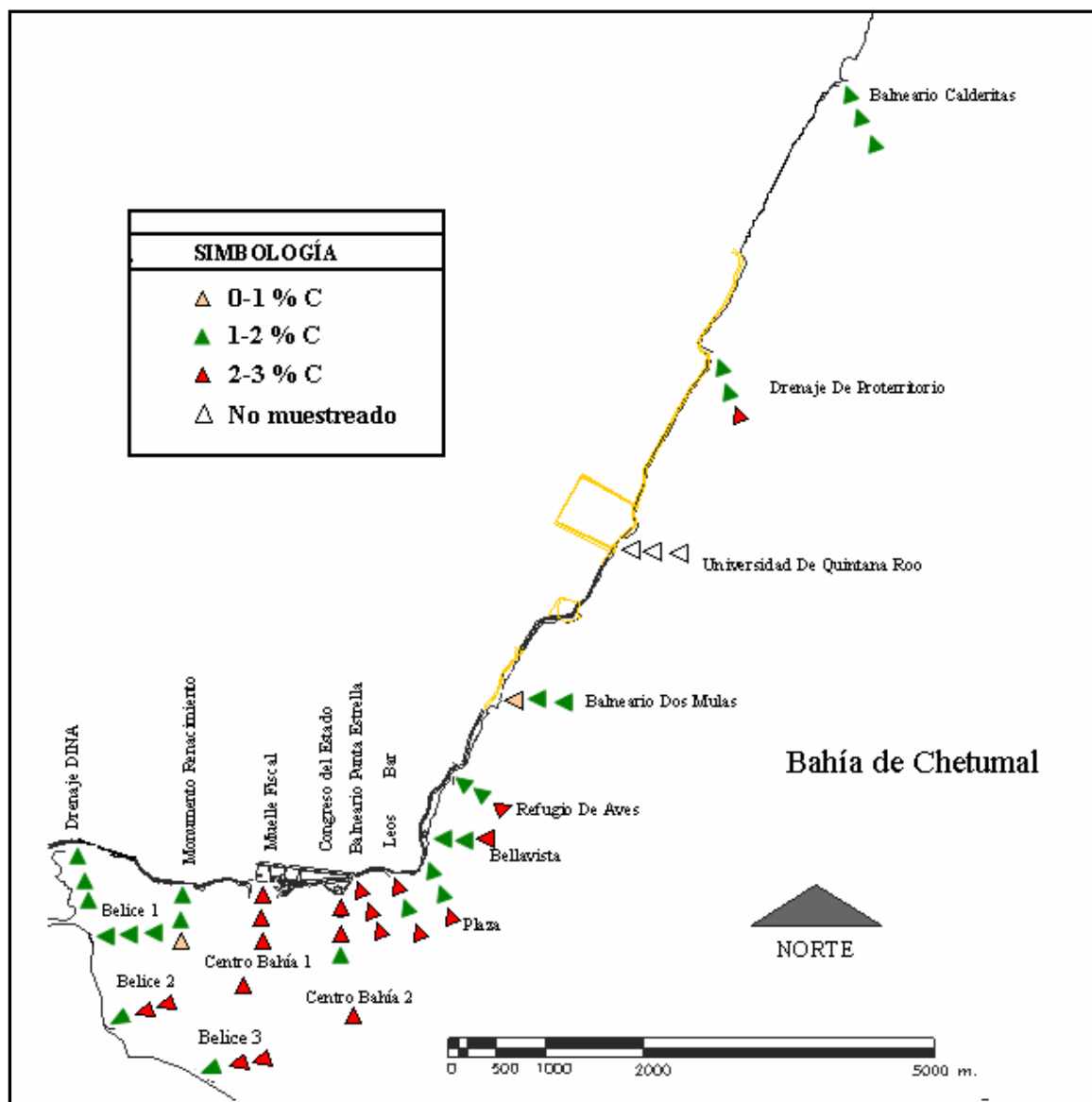


Figura 21. Distribución de la materia orgánica del sedimento enfrente de la zona conurbada de la Bahía de Chetumal, Quintana Roo durante la época de lluvias.

### 3.4.2 Comportamiento de los parámetros Físico-Químicos

Como se observa (Tabla 13) las mayores variaciones de los parámetros entre los mínimos y máximos valores (anexo 6) se presentan en la salinidad, los sólidos disueltos totales y la conductividad y las menores variaciones se observaron en la temperatura, el pH y el oxígeno disuelto.

En promedio durante la época de lluvias la profundidad fue de 1 m, la temperatura de 30.46 °C, la salinidad de 13.5 ppm, el pH de 7.92, los sólidos disueltos totales de 14.51 g/l, la conductividad de 22.57 mS/cm y el oxígeno disuelto de 2.71 mg/l.

Tabla 13. Parámetros físico-químicos en época de lluvias.

Parámetro	Min	Max	Prom
Profundidad (m)	0.2	3.31	1
Temperatura ( ° C)	29.03	31.79	30.46
Salinidad (ppm)	1.05	17.73	13.5
pH	6.61	8.35	7.92
SDT (g/l)	1.34	18.73	14.51
Conductividad (mS/ cm)	2.07	31.08	22.57
OD (mg/l)	1.3	4.9	2.71

La temperatura mínima se encontró en Belice 2 a 50 m con 29.03 °C y la temperatura máxima se encontró en el refugio de aves a 50 m con 31.79 °C (Fig. 22a).

La concentración mínima de salinidad se encontró en el drenaje de la DINA a 300 m con 1.05 ppm, y la concentración máxima se encontró Leos Bar a 150 m con 17.73 ppm (Fig. 22b).

El pH mínimo fue de 6.61 y se registró en Belice 2 a 50 m y el valor máximo con 8.35 se registró en la Universidad de Quintana Roo a 300 m (Fig. 22c).

La concentración mínima de oxígeno disuelto se encontró en Belice 1 a 50 m con 1.3 mg/l y la concentración máxima en el drenaje de Proterritorio a 300 m con 4.9 mg/l (Fig. 22d).

El valor mínimo de los sólidos disueltos totales se encontró en el drenaje de la DINA a 300 m con 1.34 g/l y el valor máximo en el Congreso del Estado a 300 m con 18.73 g/l (Fig. 22e).

La conductividad mínima se registró en el drenaje de la DINA a 300 m con 2.07 mS/cm y la conductividad máxima en el drenaje de Proterritorio a 300 m con 31.08 mS/cm (Fig. 22f).

La profundidad mínima se encontró en Belice 1 a 50 m con 0.2 m y la profundidad máxima se encontró en la estación Centro Bahía 1 con 3.31 m (Fig. 22g).

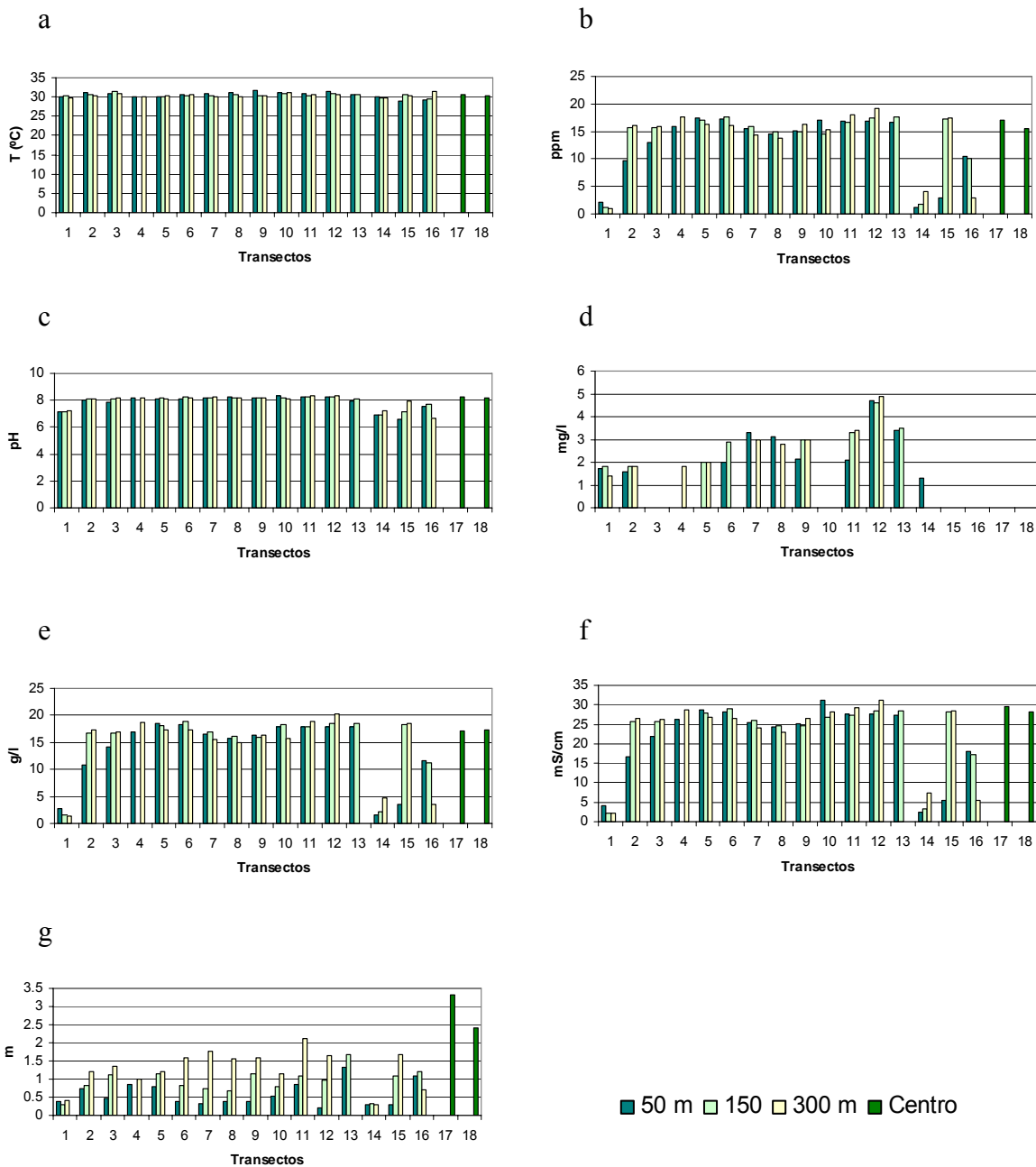


Figura 22a-g. Comportamiento de los parámetros físico-químicos durante la época de lluvias.

### 3.4.3 Análisis de la comunidad de Anfípodos

El comportamiento de la abundancia y la biomasa por transectos y estaciones a nivel de familia y especie es el mismo, debido a que solamente se presentó una especie por familia.

De ésta manera, se tomará el nivel más bajo (especie) para describir el comportamiento de los organismos.

#### 3.4.3.1 Análisis de la abundancia por familia y especie

Durante la época de lluvias se encontraron las siguientes especies: *G. bonnieroides* perteneciente a la familia Corophiidae, *Hyale media* perteneciente a la familia Hyalidae y la familia Hyalellidae (la identificación solo se realizó a nivel de familia).

Se obtuvo un total de 60 organismos distribuidos entre las especies encontradas. La especie *G. bonnieroides* fue la más abundante con 54 organismos, seguida de la especie *H. media* con cinco organismos y la familia Hyalellidae con un organismo (Fig. 23).

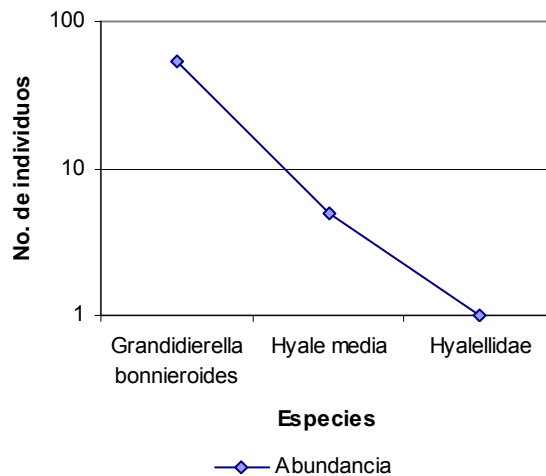


Figura 23. Abundancia total por especies durante la época de lluvias.

Se puede observar la distribución (Fig. 24) y abundancia de las especies en los transectos muestreados (Tabla 14). De éstos, la estación Centro Bahía 2 y el Congreso del Estado presentaron diversidad, presentándose en el Congreso del Estado la especie *G.*

*bonnieroides* con tres individuos siendo el 42.9% de la abundancia y la especie *H. media* con cuatro individuos siendo el 57.1%. En la estación Centro Bahía 2 se encontró a la especie *H.media* y a la familia Hyalellidae con un organismo cada una. En los nueve transectos restantes como son el balneario Punta Estrella, Leos Bar, Plaza, Bellavista, refugio de aves, Universidad de Quintana Roo, balneario Calderitas y Belice 2, se encontró únicamente a la especie *G. bonnieroides*.

Tabla 14. Porcentaje de abundancia de especies por transectos en época de lluvias.

Transectos	Abundancia total	% Abundancia/Especie		
		<i>Grandidierella bonnieroides</i>	<i>Hyale media</i>	Hyalellidae
Congreso del Estado	7	43%	57.10%	
Balneario "Punta Estrella"	4	100%		
Leos Bar	3	100%		
Plaza	5	100%		
Bella Vista	4	100%		
Refugio de aves	8	100%		
Universidad de Quintana Roo	12	100%		
Drenaje de Proterritorio	1	100%		
Balneario "Calderitas"	13	100%		
Belice 2	1	100%		
Centro Bahía 2	2		50%	50%

La mayor abundancia por estaciones se presentó en la Universidad de Quintana Roo a 300 m con ocho organismos de la especie *G. bonnieroides* y a excepción del balneario

Calderitas la menor abundancia se presentó en una estación de cada transecto con un individuo (Tabla 15).

Tabla 15. Distribución de la abundancia de las especies de anfípodos en época de lluvias.

Época de Lluvias									
Transectos	Estaciones								
	50 m			150 m			300 m		
	<i>G. bonn</i>	<i>H. media</i>	Hyal	<i>G. bonn</i>	<i>H. media</i>	Hyal	<i>G. bonn</i>	<i>H. media</i>	Hyal
Drenaje Dina	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Monumento Renacimiento	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Muelle Fiscal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Congreso del Estado	0	4	0	1	0	0	2	0	0
Balneario "Punta Estrella"	1	0	0	0	0	0	3	0	0
Leos Bar	0	0	0	2	0	0	1	0	0
Plaza	1	0	0	4	0	0	0	0	0
Bella vista	3	0	0	1	0	0	0	0	0
Refugio de aves	1	0	0	7	0	0	0	0	0
Balneario "Dos mulas"	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Universidad de Quintana Roo	1	0	0	3		0	8	0	0
Drenaje de Proterritorio	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Balneario "Calderitas"	3	0	0	7	0	0	3	0	0
Belice 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Belice 2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Belice 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Centro Bahía 1	0								
Centro Bahía 2	2								

*G. bonn* = *Grandidierella bonnieroides*

*H. media* = *Hyale media*

Hyal = Hyalellidae

La abundancia por distancias tuvo el siguiente comportamiento, a 50 m se tuvo un total de 16 organismos, de los cuales 12 pertenecen a *G. bonnieroides*, siendo ésta especie la más abundante a ésta distancia y cuatro pertenecen a la especie *H. media*.

A 150 m únicamente se presentó la especie *G. bonnieroides* con un total de 25 organismos.

A 300 m únicamente se encontró a la especie *G. bonnieroides* con un total de 17 organismos.

De las estaciones del centro, únicamente en la estación Centro Bahía 2 hubo presencia de organismos con un organismo de la especie *Hyale media* y un organismo de la familia Hyalellidae (Tabla 15).

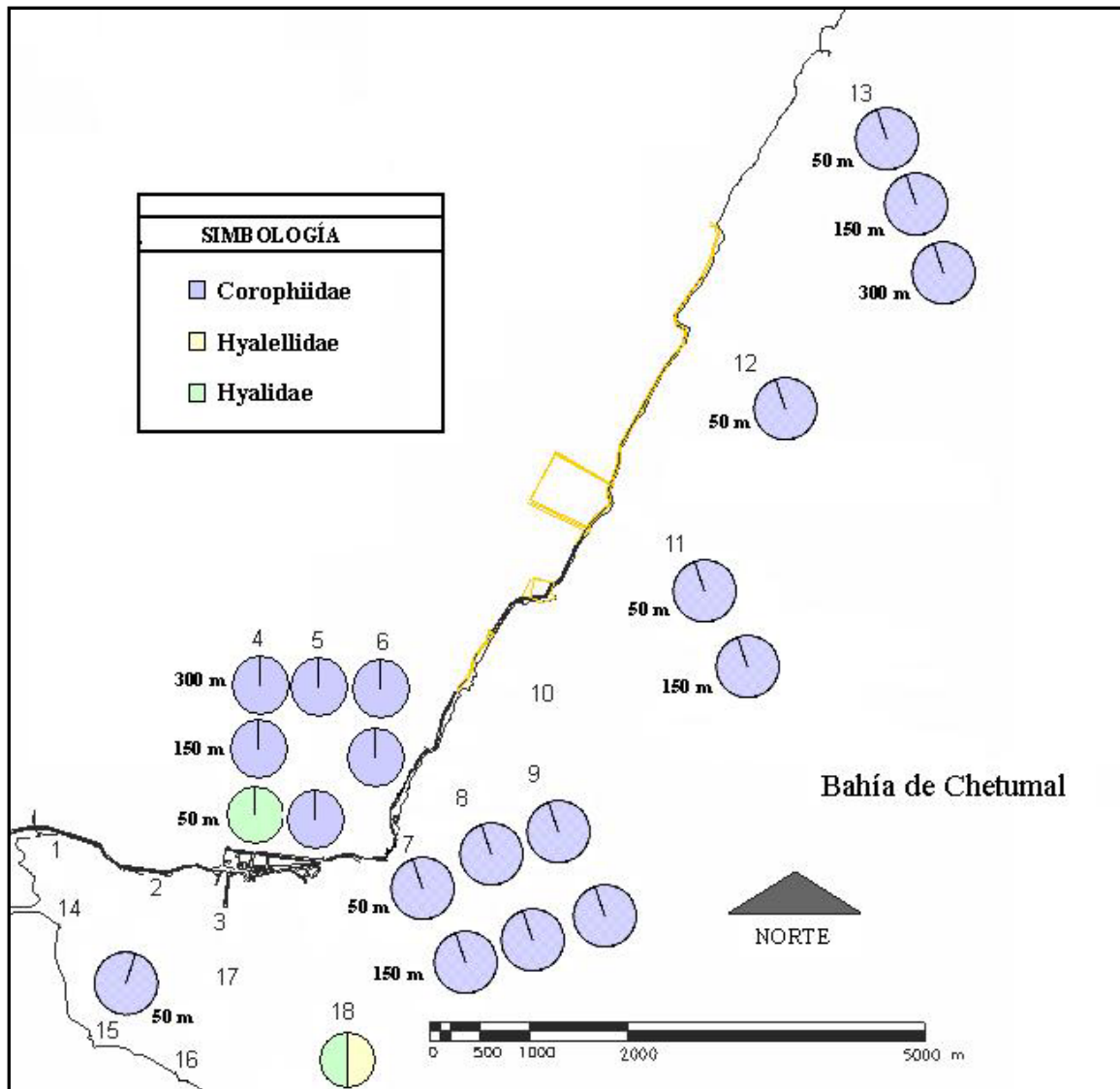


Figura 24. Distribución de las familias de anfípodos enfrente de la zona conurbada de la Bahía de Chetumal, Quintana Roo durante la época de lluvias.

La especie *G. bonnieroides* de la familia Corophiidae se encontró en el drenaje de Pro-territorio y Belice 2 a 50 m; Congreso del Estado y Leos Bar a 150 y 300 m; balneario Punta estrella a 50 m y 300 m; Plaza, Bellavista y refugio de aves a 50 y 150 m; Universidad de Quintana Roo y Calderitas a 50, 150 y 300 m (Fig. 25a).

La especie *H. media* de la familia Hyalidae se presentó únicamente en el Congreso del Estado a 50 m con cuatro organismos y en la estación Centro Bahía 2 con un organismo (Fig. 25b).

La familia Hyaellidae fue la menos abundante encontrándose únicamente un organismo en la estación Centro Bahía 2 (Fig. 25c).

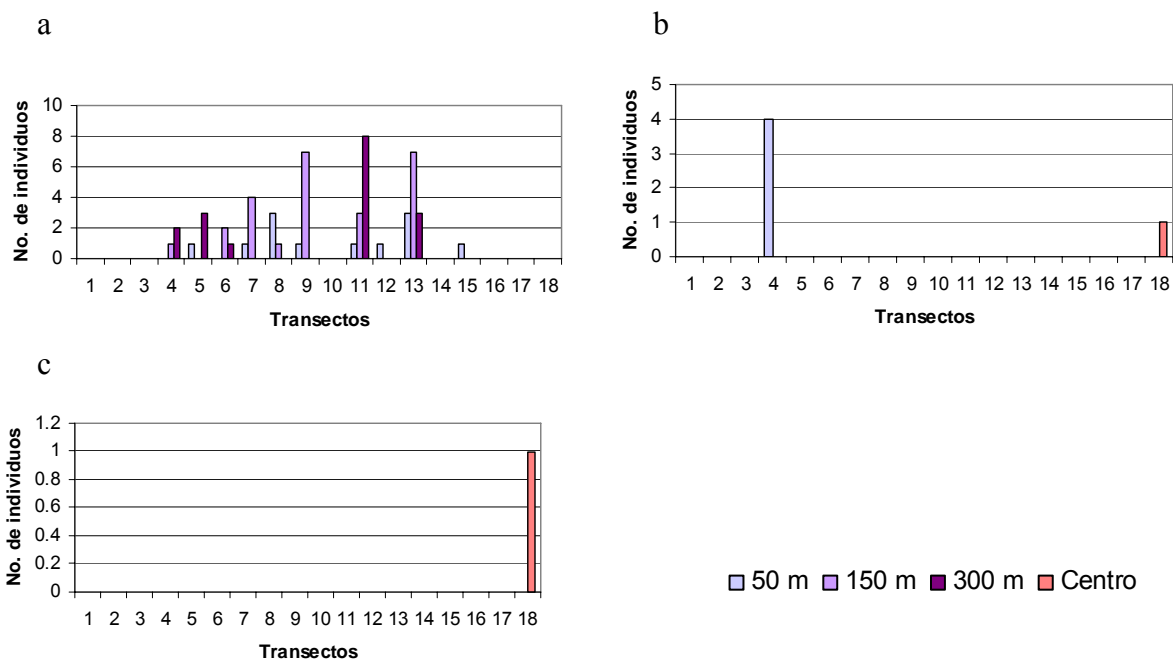


Figura 25a-c. Abundancia por especies de la época de lluvias.



### 3.4.3.2 Análisis de la biomasa por familia y especie

Durante la época de lluvias se obtuvo una biomasa total de 0.0397 g obtenidos de los 60 organismos. La especie *G. bonnieroides* obtuvo el mayor peso con 0.0245 g, seguida de la especie *H. media* con 0.0128 g y la familia Hyalellidae con 0.0024 g (Fig. 26).

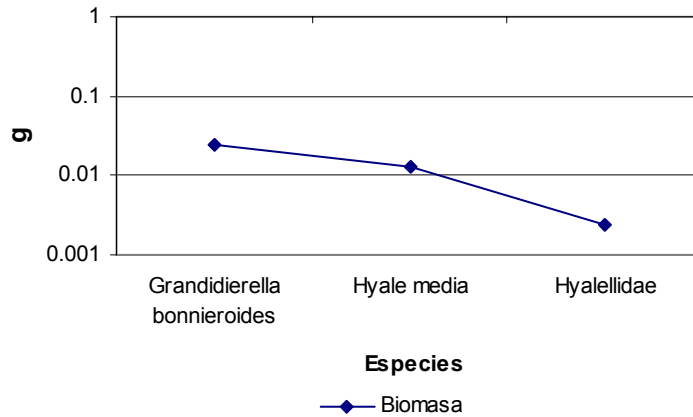


Figura 26. Biomasa total por especies durante la época de lluvias.

El comportamiento de la biomasa por transectos es el siguiente, la menor biomasa se registró en Leos Bar con 0.0005 g obtenido de la especie *G. bonnieroides* y la mayor biomasa se presentó en la estación Centro Bahía 2 con 0.009 g. En el drenaje de la DINA y en la estación centro Bahía 2 la diversidad varió. En el drenaje de la DINA se presentaron las especies *G. bonnieroides* con un peso de 0.0009 g (12.7 %) y *H. media* con 0.0062 g (87.3 %). En la estación Centro Bahía 2 se presentó la especie *H. media* con un peso de 0.0066 g (73.3 %) y la familia Hyalellidae con 0.0024 g (26.7 %). En los nueve transectos restantes la diversidad fue nula presentando el 100 % de la biomasa la especie *G. bonnieroides* (Tabla 16).

Tabla 16. Porcentaje de biomasa de especies por transectos en época de lluvias

Transectos	Biomasa total	% Biomasa/Especie		
		<i>Grandidierella bonnieroides</i>	Hyalellidae	<i>Hyale media</i>
Congreso del Estado	0.0071	12.7 %		87.3 %
Balneario "Punta Estrella"	0.0017	100 %		
Leos Bar	0.0005	100 %		
Plaza	0.0027	100 %		
Bella vista	0.0009	100 %		
Refugio de aves	0.003	100 %		
Universidad de QuintanaRoo	0.0074	100 %		
Drenaje de Proterritorio	0.001	100 %		
Balneario "Calderitas"	0.0051	100 %		
Belice 2	0.0013	100 %		
Centro Bahía 2	0.009		26.7 %	73.3 %

El comportamiento de la biomasa por distancias es el siguiente, a 50 m la menor biomasa se presentó en el balneario Punta estrella con 0.0001 g obtenido de la especie *G. bonnieroides* y la mayor se presentó en el Congreso del Estado con 0.0062 g obtenido de la especie *H. media*.

A la distancia de 150 m la menor biomasa se presentó en Leos Bar con 0.0001 g obtenido de la especie *G. bonnieroides* y la mayor se presentó en el balneario Calderitas con 0.004 g obtenido también por la misma especie.

A la distancia de 300 m la biomasa más baja se presentó en el Congreso del Estado con 0.0002 g obtenido de la especie *G. bonnieroides* y la mayor se presentó en la Universidad de Quintana Roo con 0.0057 g obtenido de la misma especie

En las estaciones del centro de la bahía, únicamente hubo biomasa en la estación Centro Bahía 2 presentando la mayor biomasa *H. media* con 0.0066 g y menor biomasa Hyalellidae con 0.0024 g, haciendo un total de 0.009 g (Tabla 17).

Tabla 17. Distribución de la biomasa de las especies de anfípodos en época de lluvias.

Transectos	Estaciones								
	50 m			150 m			300 m		
	<i>G. bonn</i>	<i>H. media</i>	Hyal	<i>G. bonn</i>	<i>H. media</i>	Hyal	<i>G. bonn</i>	<i>H. media</i>	Hyal
Drenaje Dina	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Monumento Renacimiento	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Muelle Fiscal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Congreso del Estado	0	0.0062	0	0.0007	0	0	0.0002	0	0
Balneario "Punta Estrella"	0.0001	0	0	0	0	0	0.0016	0	0
Leos Bar	0	0	0	0.0001	0	0	0.0004	0	0
Plaza	0.0006	0	0	0	0	0	0.0021	0	0
Bella vista	0	0	0	0.0009	0	0	0	0	0
Refugio de aves	0.0014	0	0	0.0016	0	0	0	0	0
Balneario "Dos mulas"	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Universidad de Quintana Roo	0.0011	0	0	0.0006	0	0	0.0057	0	0
Drenaje de Proterritorio	0.001	0	0	0	0	0	0	0	0
Balneario "Calderitas"	0.0005	0	0	0.004	0	0	0.0006	0	0
Belice 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Belice 2	0.0013	0	0	0	0	0	0	0	0
Belice 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Centro Bahía 1	0								
Centro Bahía 2	0.009								

*G. bonn* = *Grandidierella bonnieroides*

*H. media* = *Hyale media*

Hyal = Hyalellidae

La especie *G. bonnieroides* de la familia Corophiidae presentó la mayor biomasa en la Universidad de Quintana Roo a 300m con 0.0057 g y menor en Leos Bar y en el Balneario Punta Estrella con 0.0001 g en cada sitio. Hubo presencia de biomasa de ésta especie en el drenaje de Proterritorio y Belice 2 a 50 m; balneario Punta Estrella a 50 y 300m; Congreso del Estado y Leos Bar a 150 y 300 m; en la Plaza, Bellavista, y refugio de aves a 50 m y 150 m; en la Universidad de Quintana Roo y Calderita a 50 m, 150 m y 300 m; (Fig. 27a).

La especie *H. media* de la familia Hyalidae presentó la biomasa más baja en el Congreso del Estado a 50 m con 0.0062 g y en la estación 18 se presentó la biomasa más alta con 0.0066 g (Fig. 27b).

La familia Hyaellidae se presentó en la estación 18 con una biomasa de 0.0024 g (Fig. 27c).

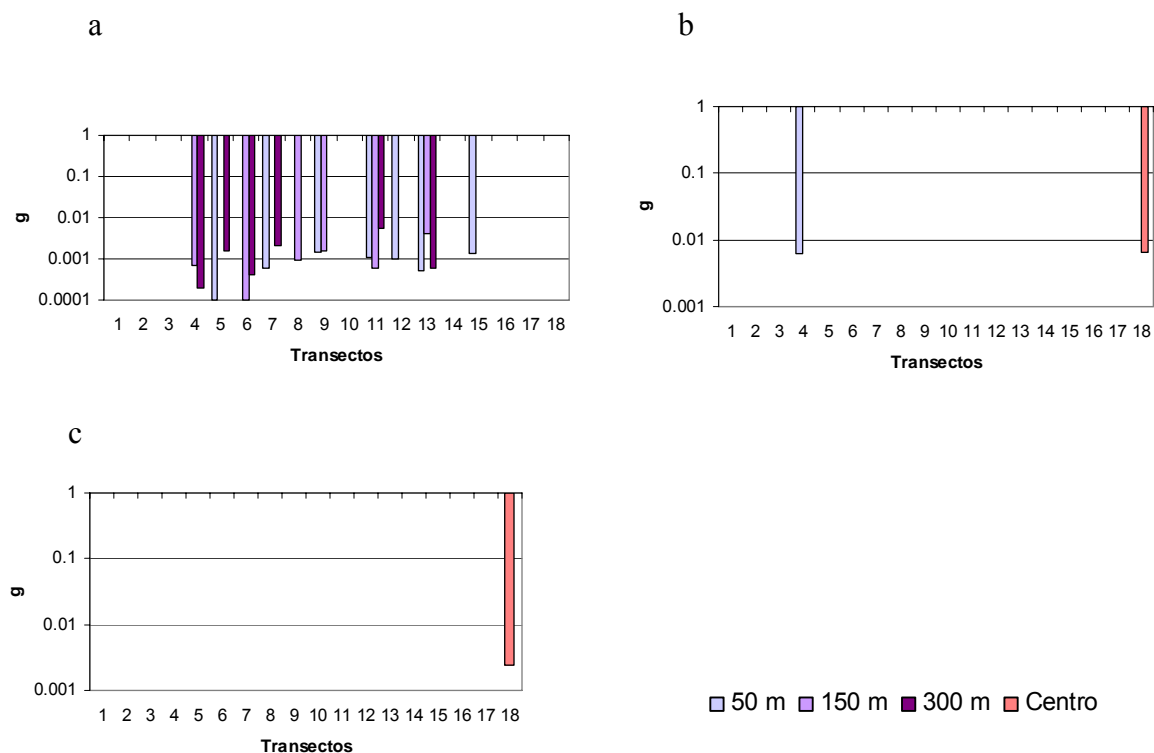


Figura 27a-c. Biomasa por especies de la época de lluvias.

### 3.4.4 Análisis Ecológico

Se presentan los valores de los índices ecológicos para la época de lluvias (Tabla 8)

Tabla 18. Índices ecológicos de la comunidad de anfípodos en época de lluvias.

Estaciones	S	N	J'	H' (Loge)
4A	1	4	****	0
4B	1	1	****	0
4C	1	2	****	0
5A	1	1	****	0
5C	1	3	****	0
6B	1	2	****	0
6C	1	1	****	0
7A	1	1	****	0
7B	1	4	****	0
8A	1	3	****	0
8B	1	1	****	0
9A	1	1	****	0
9B	1	7	****	0
11A	1	1	****	0
11B	1	3	****	0
11C	1	8	****	0
12A	1	1	****	0
13A	1	3	****	0
13B	1	7	****	0
13C	1	3	****	0
15A	1	1	****	0
18	2	2	1	0.6931

\*\*\*\* No hay uniformidad entre las estaciones

El mayor número de especies se encontró en la estación 18 con la especie *Hyale media* y una especie de la familia Hyalellidae, y en los demás sitios se encontró únicamente a la especie *G. bonnieroides* (Fig. 28a).

Las menores abundancias se encontraron en el Congreso del Estado a 150m, en el balneario Punta estrella a 50m, en Leos Bar a 300 m, en la Plaza a 50 m, en Bellavista a

150 m, en el refugio de aves a 50 m, en la Universidad de Quintana Roo a 50 m, en el drenaje de Proterritorio a 50 m y en Belice 2 a 50 m con un individuo en cada sitio y la mayor abundancia se encontró en la Universidad de Quintana Roo a 300 m con ocho individuos (Fig. 28b).

El mayor índice de diversidad se encontró en la estación Centro Bahía 2 con 0.6931 bits/ind., y en el resto de las estaciones el índice fue de cero (Fig. 28c).

El valor más alto de uniformidad se encontró en la estación Centro Bahía 2 con 1 y en el resto de las estaciones se encontró cero de uniformidad (Fig. 28d).

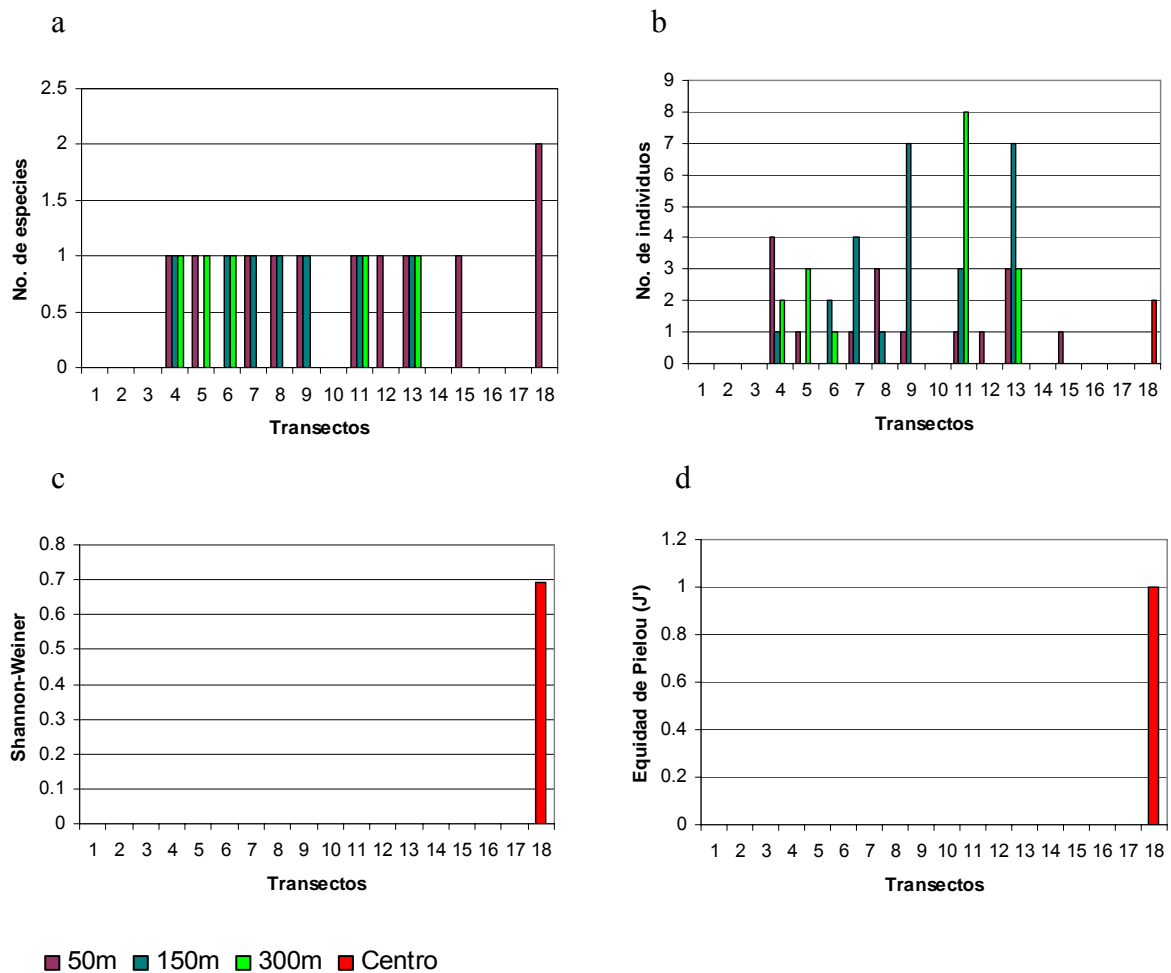


Figura 28a-d. Índices ecológicos por distancias durante la época de lluvias.

Se graficó la abundancia y la diversidad promedio por transectos. Se puede apreciar un incremento de la abundancia que va del centro hacia el norte de la zona conurbada de la Bahía observándose las mayores abundancias en la parte norte mientras que en la parte sur la abundancia es casi nula (Fig. 29). La diversidad fue casi nula habiendo una diversidad mínima en la estación Centro Bahía 2 mientras que en las demás estaciones la diversidad fue de cero (Fig. 29).

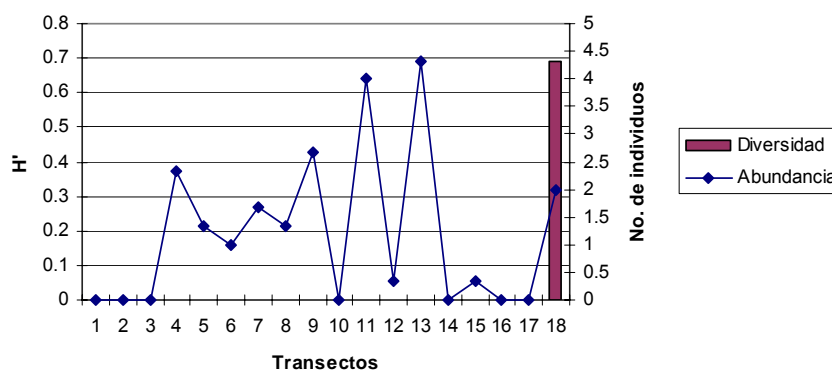


Figura 29. Abundancia y diversidad promedio por transectos durante la época de lluvias.

### 3.4.5 Análisis de Componentes Principales (PCA)

El primer componente explica el 55 % de la varianza, habiendo un aumento de la salinidad y el pH de izquierda a derecha. Como se observa, presentó casi el mismo comportamiento que en la época de secas, separándose los sitios cercanos a la bocana del río Hondo. El segundo componente explica el 22 % de la varianza con la profundidad y la MO que muestran un aumento de la parte superior a la inferior (Fig. 30).

Los parámetros que tuvieron mayor influencia en el primer componente son la salinidad y el pH, y en el segundo componente la temperatura de manera negativa, y la MO y la profundidad de manera positiva (Tabla 19).

Tabla 19. Porcentaje de variación explicada y coeficientes para la combinación lineal de las 5 variables.		
Variables	Varianza %	
	PC1	PC2
	55%	22.10%
Profundidad	0.365	<b>0.483</b>
Temperatura	0.243	<b>-0.611</b>
Salinidad	<b>0.507</b>	-0.089
pH	<b>0.502</b>	-0.139
MO	0.262	<b>0.589</b>

En el análisis de componentes principales se identificó que las estaciones 1C, 1B, 14A, 14B, 14C, 15A y 16C están relacionadas mediante la profundidad, el tamaño promedio de partícula y el OD; las estaciones 4A, 5A, 5B, 5C, 6C, 7C, 8C, 9C y 15C están relacionadas mediante la MO, el pH, la temperatura y el tamaño promedio de partícula; las estaciones 3B, 6B, 9B y 13A están relacionadas mediante el tamaño promedio de partícula, la temperatura y el pH; las estaciones 10C y 11A están relacionadas mediante el pH y la MO; las estaciones 9A y 12A están relacionadas mediante el pH, la MO, el tamaño promedio de partícula, la profundidad y la temperatura y las estaciones 2C, 6A, 7A, 7B, 8A, 8B y 10B están relacionadas mediante la profundidad, el pH, la temperatura y el tamaño promedio de partícula.

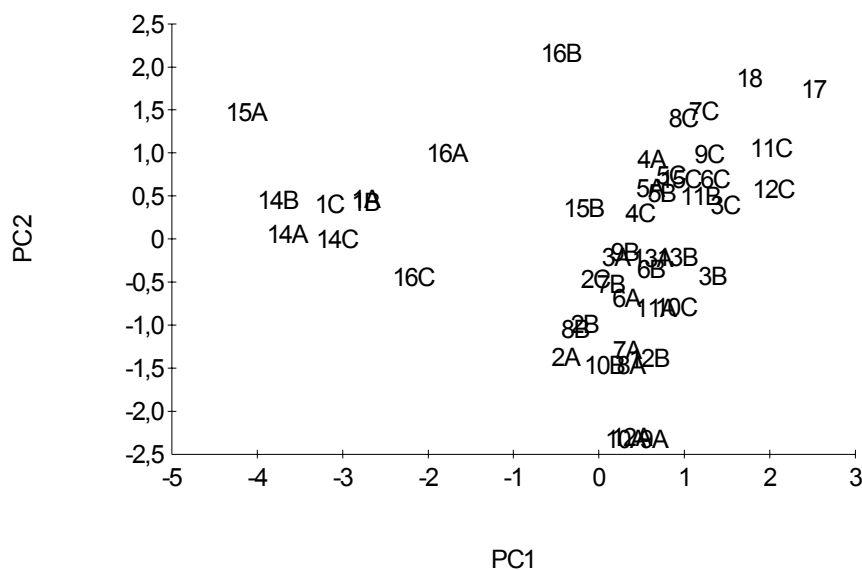


Figura 30. Análisis de componentes principales de la época de lluvias.



### 3.4.6 Índices de similitud de las estaciones durante la época de lluvias.

La similitud entre las estaciones de acuerdo a Bray-Curtis (Fig. 32) fueron extremas, por un lado los sitios que presentaron similitud fue arriba del 50 %, mientras que otras estaciones no tuvieron ninguna similitud entre sí. Éste comportamiento se debe a que la abundancia por estaciones fue muy baja en general, habiendo una abundancia máxima de 8 especies por estación, es por ello los altos porcentajes de similitud. En el caso de las estaciones que no presentaron ninguna similitud se encuentran las estaciones 18 y 4A y esto se debe a que en éstas estaciones solamente se encontró a la especie *Hyale media* por lo que éstas presentaron una similitud del 50 % entre sí, por la variación en la abundancia y una similitud de cero con las demás estaciones. Las estaciones que presentaron una similitud del 100% entre sí son 4B,5A, 7A, 8B, 9A, 11A, 12A y 15A; 9B-13B; 6C, 4C y 6B; 11B, 13A, 13C, 5C y 8A. Las mayores similitudes se dieron a 50 y 150 m entre estaciones del centro y norte de la Bahía.

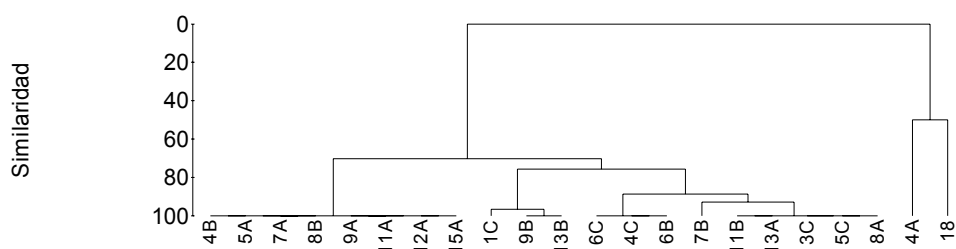


Figura 31. Índice de similitud de Bray-Curtis durante la época de lluvias.

### 3.4.7 Correlación del índice de diversidad (H') con las variables ambientales

El coeficiente más alto de correlación entre la diversidad de anfipodos con las variables ambientales fue con la profundidad con un valor de 0.33 y en menor grado con la MO con 0.186. Posteriormente se eliminaron los transectos 1, 2 y 14 ya que presentaron los valores más bajos de salinidad y por lo tanto gran variación comparada con los demás transectos, obteniéndose el mismo comportamiento, habiendo una mayor correlación entre la

profundidad y la diversidad con 0.336 y en menor grado con la MO con 0.183. No hubo gran variación entre los coeficientes de correlación con todos los transectos y sin los transectos 1, 2 y 14, detectándose una baja correlación en ambos casos entre la diversidad y la mayoría de los parámetros físico-químicos (Tabla 20).

Tabla 20. Coeficientes de correlación con el índice de diversidad y las variables ambientales de la época de lluvias.

Variables ambientales	Coeficientes de correlación	
	Todos los transectos	Sin los transectos 1, 2 y 14
Profundidad (m)	<b>0.33</b>	<b>0.336</b>
Temperatura (°C)	-0.061	-0.087
Salinidad (ppm)	0.055	0.014
pH	0.077	0.055
MO (%C)	<b>0.186</b>	<b>0.183</b>

No es posible realizar un análisis exacto debido a que solo en una estación hubo diversidad, dicha estación es la segunda que presenta la profundidad más alta y es una de las estaciones que presentan una concentración alta de MO. Al comparar éste resultado con el de la época de secas se observa un comportamiento contrario en el caso de la profundidad y la misma tendencia en el caso de la MO, ya que la diversidad se presentó en un sitio contaminado por lo que puede decirse que éstos organismos soportan ciertas concentraciones de MO aunque es importante mencionar que la diversidad fue de aproximadamente 0.6 bits/ind., y únicamente se encontraron dos familias con una especie cada una, es decir aunque en éste sitio hubo diversidad no es posible proponer que éstos organismos sobreviven en sitios contaminados debido a la baja abundancia y a que éste comportamiento solo se presentó en una estación y podría deberse a otras causas como el tipo de sustrato u otro tipo de contaminación diferente a la MO.

### 3.4.8 Gráficas de comparación de Abundancia/Biomasa, curvas ABC

Debido a que únicamente en una estación se presentaron dos especies durante el periodo de muestreo en la época de lluvias, sólo fue posible realizar una gráfica y por la misma razón tampoco tuvo caso hacer las gráficas por transectos.

De acuerdo al comportamiento de la curva ABC la estación 18 es un sitio fuertemente contaminado.

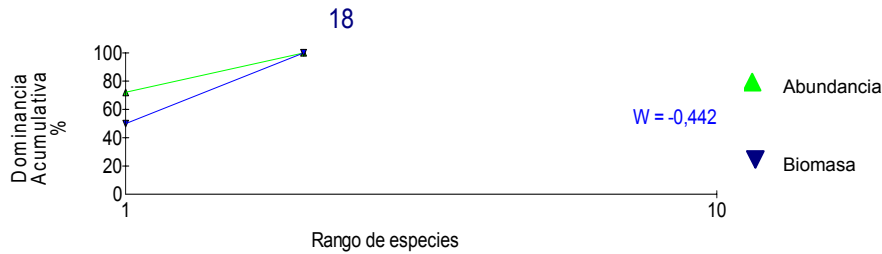


Figura 32. Gráfica de la curva ABC de la estación 18 de la época de lluvias.

### 3.4.9 Distribución Log-normal

Se realizó la gráfica Log-normal (Fig. 33) con las abundancias totales de las especies encontradas en la época de lluvias (Tabla 21).

Tabla 21. Abundancia total de especies durante la época de lluvias.

Especies	Abundancia	% Abundancia
<i>Grandidierella bonnieroides</i>	54	90.00%
<i>Hyale media</i>	5	8.33%
Hyalellidae	1	1.67%

En la gráfica Log-normal la especie *G. bonnieroides* se encontró dentro de la clase geométrica VI por lo que se propone como una especie sensitiva de cambios producidos por la contaminación.

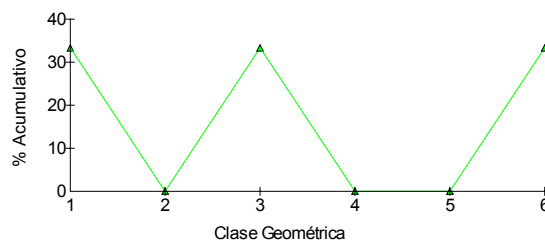


Figura 33. Distribución Log-normal de la época de lluvias

### 3.5 Época de nortes

#### 3.5.1 Concentración y distribución de la materia orgánica.

La concentración de materia orgánica en la época de nortes (anexo 2) se encontró en un rango de 0.957 – 3 % C, con un promedio de 1.91 % C.

Las concentraciones más altas se encontraron en el Muelle Fiscal a 300m con 3 % C, Belice 3 a 50 m con 2.993 % C y Centro Bahía 1 con 2.729 % C y las concentraciones más bajas se encontraron en Belice 1 a 50 m con 0.957 % C y a 150 m con 1.029 % C y en el drenaje de Proteritorio a 150 m con 1.179 % C (Figs. 34 y 35).

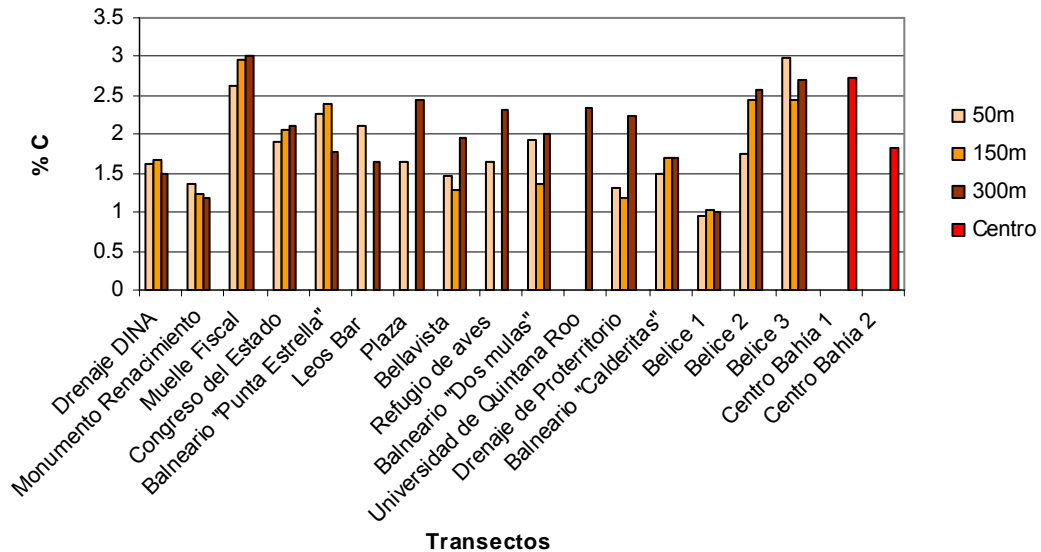


Figura 34. Comportamiento de la Materia Orgánica en época de nortes.

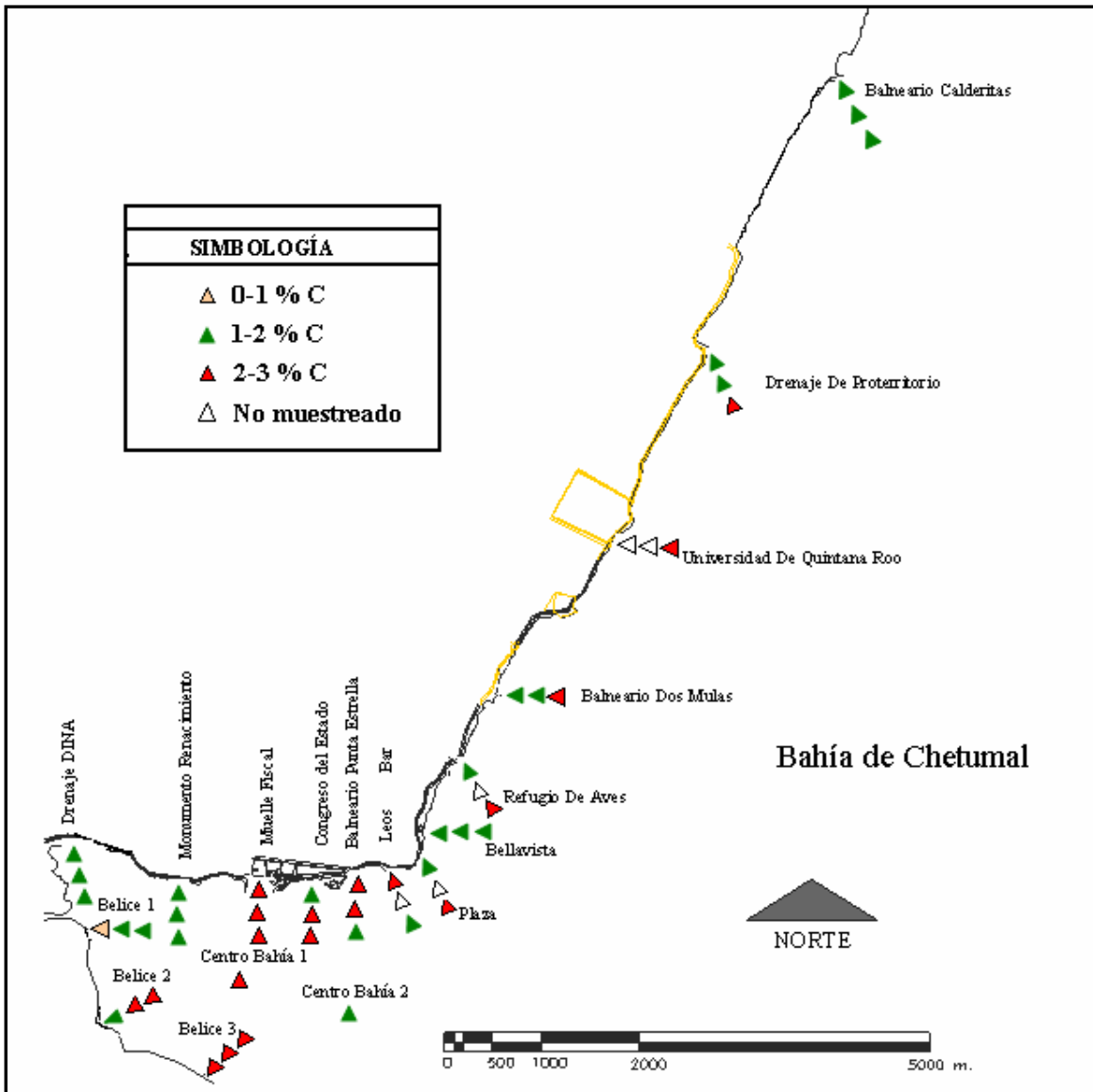


Figura 35. Distribución de la materia orgánica del sedimento enfrente de la zona conurbada de la Bahía de Chetumal, Quintana Roo durante la época de nortes.

### 3.5.2 Comportamiento de los parámetros Físico-Químicos

Como se observa (Tabla 22) las mayores variaciones de los parámetros entre los mínimos y máximos valores (anexo 7) se presentan en la salinidad, los sólidos disueltos totales y la conductividad y las menores variaciones se observaron en la temperatura, el pH y el oxígeno disuelto.

En promedio durante la época de nortes la profundidad fue de 1.31 m, la temperatura de 27.93 °C, la salinidad de 5.66 ppm, el pH de 7.55, los SDT de 10.84 g/l, la conductividad de 15.14 mS/cm y la concentración de oxígeno disuelto de 2.06 mg/l.

Tabla 22. Parámetros fisico-químicos en época de nortes.

Parámetros	Min	Max	Prom
Profundidad (m)	0.4	2.5	1.31
Temperatura (° C)	24.7	30.68	27.93
Salinidad (ppm)	0	12.75	5.66
pH	6.54	7.9	7.55
SDT (g/l)	2.94	15.28	10.84
Conductividad (mS/ cm)	4.73	21.78	15.14
OD (mg/l)	0.4	4.2	2.06

La temperatura mínima se encontró en el Muelle Fiscal a 150 m con 24.7 °C y la temperatura máxima se encontró en el balneario Punta Estrella a 50 m con 30.68 °C (Fig. 36a).

La concentración mínima de salinidad se encontró en el drenaje de la DINA, en el monumento Renacimiento, en la Plaza a 50 m, en Belice 1 y Belice 2 con 0 ppm y la concentración máxima se encontró en el refugio de aves a 300 m con 12.75 ppm (Fig. 36b).

El pH mínimo fue de 6.54 y se registró en Belice 3 a 50 m y el valor máximo con 7.9 se registró en Bellavista a 50 m (Fig 36c).

La concentración mínima de oxígeno disuelto se encontró en la Plaza a 50 m con 0.4mg/l y la concentración máxima se encontró en la estación 17 con 4.2 mg/l (Fig. 36d).

El valor mínimo de los sólidos disueltos totales se encontró en Belice 1 a 300 m con 2.94 g/l y el valor máximo se encontró en el refugio de aves a 300 m con 15.28 g/l (Fig. 36e).

La conductividad mínima se registró en el drenaje de la DINA a 50 m con 4.73 mS/cm y la conductividad máxima se registró en el refugio de aves a 300 m con 21.78 mS/cm (Fig. 36f).

La profundidad mínima se encontró en el drenaje de la DINA a 50 m con 0.4 m y la profundidad máxima se encontró en la estación 17 con 2.5 m (Fig. 36g).

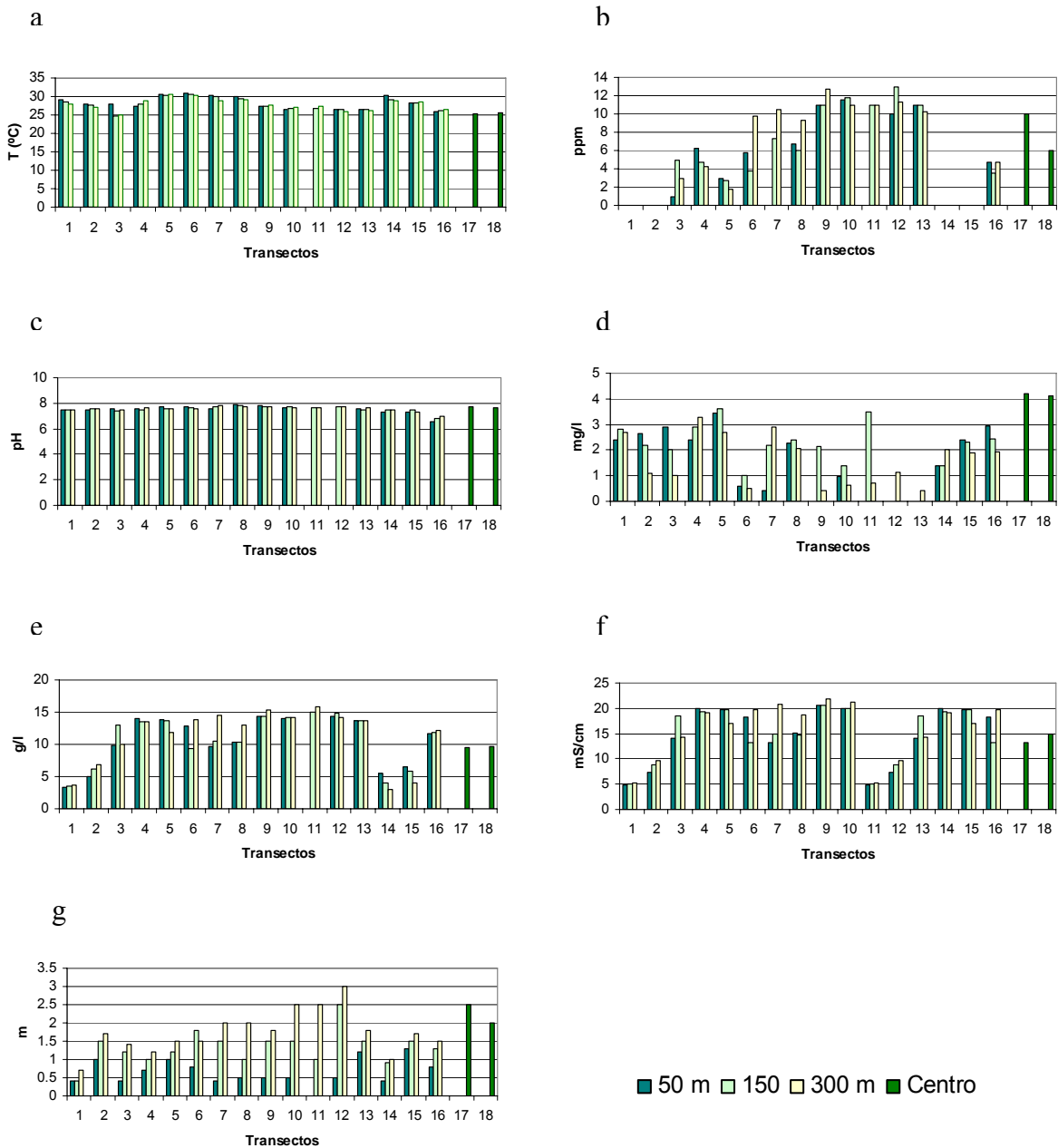


Figura 36a-g. Comportamiento de los parámetros físico-químicos durante la época de nortes.

### 3.5.3 Análisis de la comunidad de Anfípodos.

#### 3.5.3.1 Análisis de la abundancia por familia

Durante la época de nortes se obtuvo un total de 1881 organismos distribuidos dentro de las familias Corophiidae, Melitidae y Amphilochidae. La familia Corophiidae fue la más abundante con 1877 organismos, seguida de Melitidae con tres organismos y Amphilochidae con un organismo (Fig. 37).

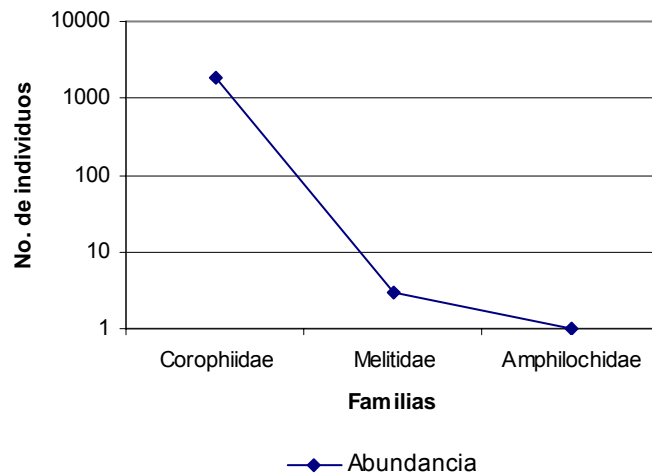


Figura 37. Abundancia total por familias durante la época de nortes.

Se puede observar la distribución (Fig. 38) y la abundancia de las familias en los transectos muestreados (Tabla 23). De éstos, el Congreso del Estado y Leos Bar presentaron diversidad de familias. En el Congreso del Estado se encontró a la familia Corophiidae con 644 organismos siendo el 99.84 % de la abundancia y a la familia Amphilochidae con un organismo, tanto en el transecto como en éste periodo de muestreo, siendo el 0.16 %. En Leos Bar se encontró a la familia Corophiidae con 226 organismos siendo el 98.70 % de la abundancia y a la familia Melitidae con tres organismos constituyendo el 1.30 %.



En los nueve transectos restantes como son el drenaje de la DINA, Muelle Fiscal, balneario Punta Estrella, la Plaza, Bellavista, refugio de aves, Belice 1, Belice 2 y Belice 3, se encontro únicamente a la familia Corophiidae.

Tabla 23. Porcentaje de abundancia de familias por transectos en época de nortes.

Transectos	Abundancia total	% Abundancia/Familia		
		Corophiidae	Amphilochidae	Melitidae
Drenaje Dina	7	100%		
Muelle Fiscal	1	100%		
Congreso del Estado	645	9984%	0.16%	
Balneario "Punta Estrella"	292	100%		
Leos Bar	229	987%		1.30%
Plaza	246	100%		
Bella vista	13	100%		
Refugio de aves	7	100%		
Belice 1	1	100%		
Belice 2	374	100%		
Belice 3	66	100%		

La mayor abundancia por estaciones se presentó en Belice 2 a 300 m con 306 organismos de la familia Corophiidae. La menor abundancia se presentó en el muelle fiscal a 300 m, balneario Punta Estrella a 50 m, refugio de aves a 300 m y Belice 1 a 50 m cada una de las estaciones con un individuo de la familia Corophiidae y el Congreso del Estado a 150 m con un individuo de la familia Amphilochidae (Tabla 24).

Tabla 24. Distribución de las familias de anfípodos en época de nortes.

Época de Nortes									
Transectos	Estaciones								
	50 m			150 m			300 m		
	Cor	Amp	Mel	Cor	Amp	Mel	Cor	Amp	Mel
Drenaje Dina	0	0	0	0	0	0	7	0	0
Monumento Renacimiento	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Muelle Fiscal	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Congreso del Estado	312	0	0	240	1	0	92	0	0
Balneario "Punta Estrella"	1	0	0	167	0	0	124	0	0
Leos Bar	126	0	3	0	0	0	100	0	0
Plaza	11	0	0	0	0	0	235	0	0
Bella vista	4	0	0	0	0	0	9	0	0
Refugio de aves	6	0	0	0	0	0	1	0	0
Balneario "Dos mulas"	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Universidad de Quintana Roo	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drenaje de Proterritorio	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Balneario "Calderitas"	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Belice 1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Belice 2	3	0	0	65	0	0	306	0	0
Belice 3	24	0	0	2	0	0	40	0	0
Centro Bahía 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Centro Bahía 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Cor = Corophiidae

Amp = Amphiloichidae

Mel = Melitidae

La abundancia por distancias tuvo el siguiente comportamiento, a 50 m se tuvo un total de 491 organismos, de los cuales 488 pertenecen a la familia Corophiidae y tres pertenecen a Melitidae.

A 150 m se tuvo un total de 475 organismos, de los cuales 474 pertenecen a la familia Corophiidae y uno pertenece a la familia Amphiloichidae.

A 300 m únicamente se encontró la familia Corophiidae con un total de 915 organismos (Tabla 24).

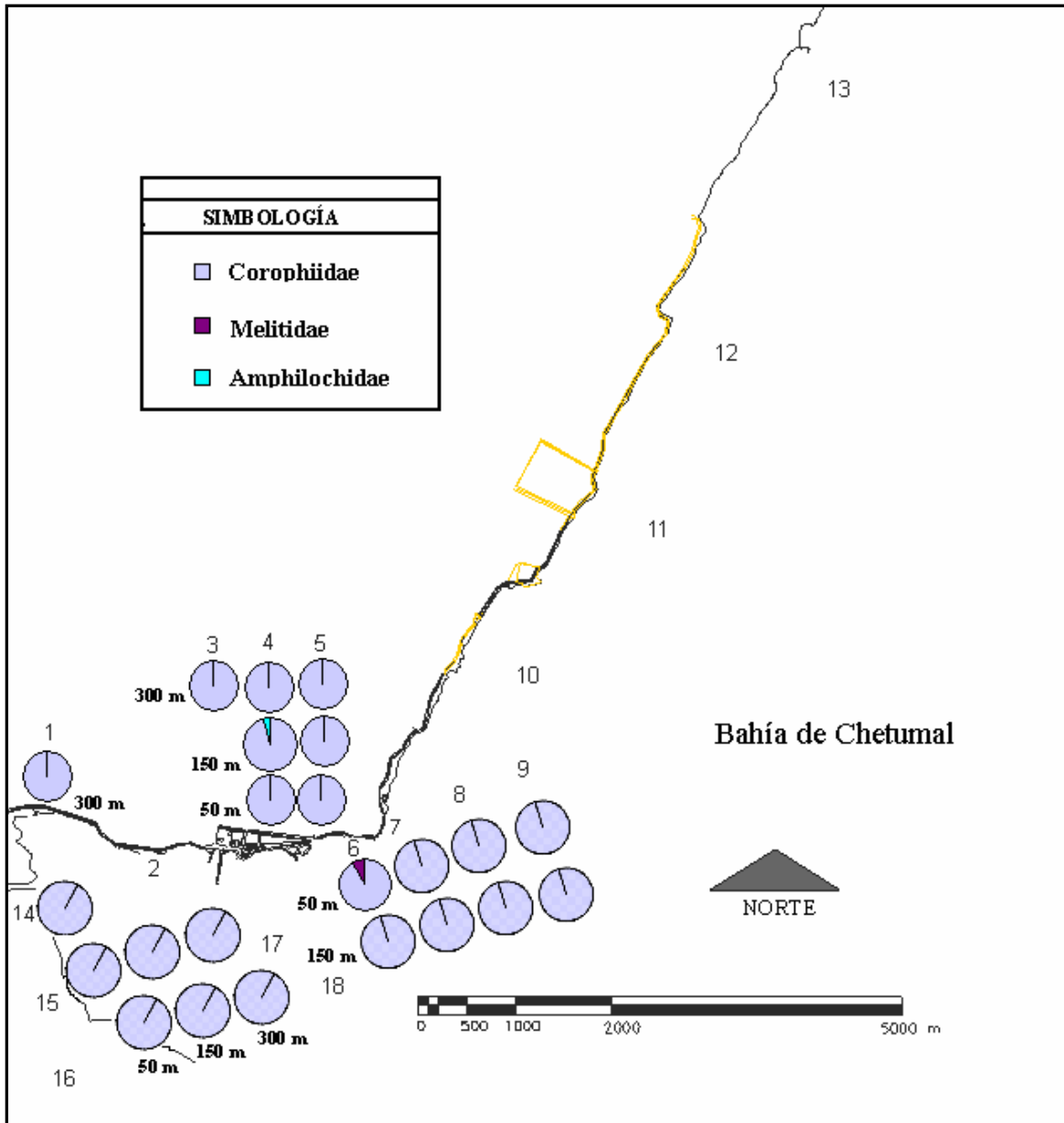


Figura 38. Distribución de las familias de anfípodos enfrente de la zona conurbada de la Bahía de Chetumal, Quintana Roo durante la época de nortes.

La familia Corophiidae se encontró en el Congreso del Estado, balneario Punta Estrella, Belice 2 y Belice 3 a 50, 150 y 300 m. En Leos Bar, Plaza, Bellavista y refugio de aves a 50 y 300 m. En el drenaje de la DINA y en el monumento Renacimiento a 300 m y en Belice 1 a 50 m (Fig. 39a).

La familia Melitidae se encontró en Leos Bar a 50 m con tres organismos (Fig. 39b) y la familia Amphilochidae se encontró en el Congreso del Estado a 150 m con un organismo (Fig. 39c).

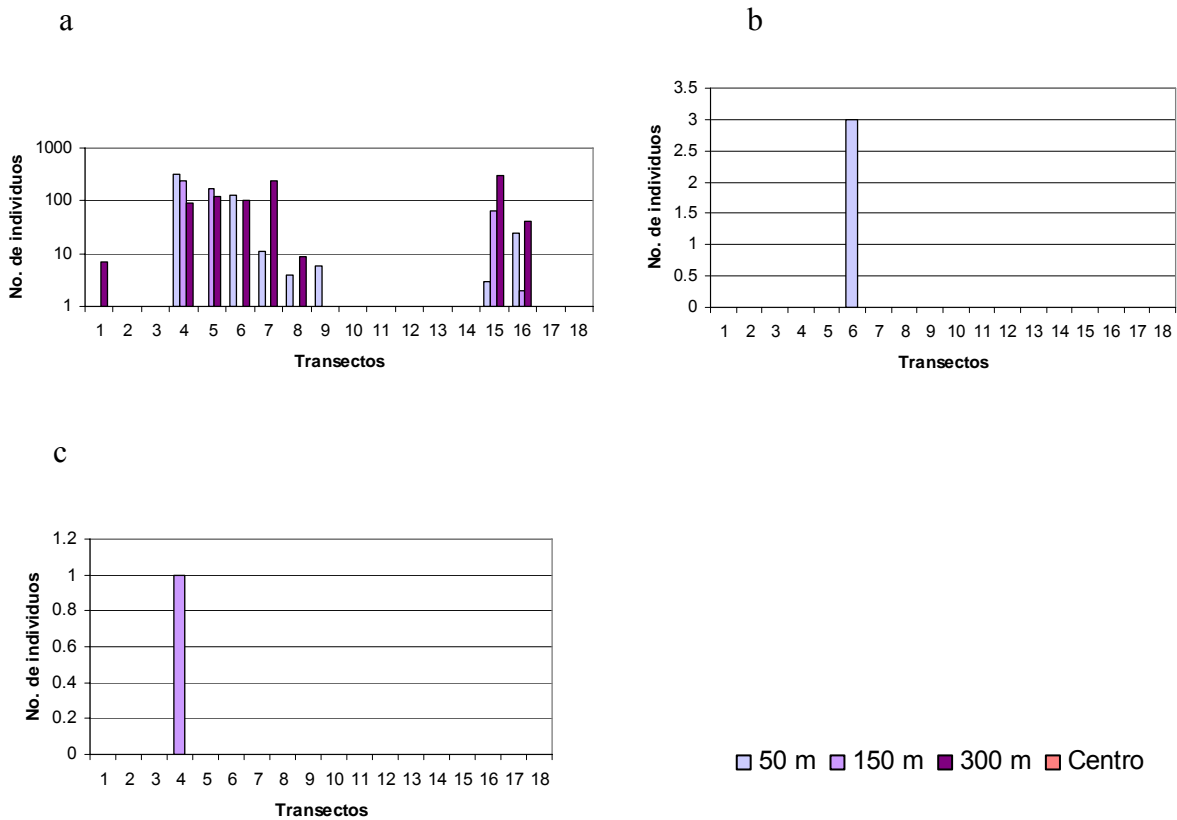


Figura 39a-c. Abundancia por familias de la época de nortes.

### 3.5.3.2 Análisis de la abundancia por especie

Durante la época de nortes se obtuvo un total de 1881 organismos distribuidos entre las especies *G. bonnieroides*, *M. nítida*, *Corophium* sp., *Cerapus* sp., y *Amphilochus* sp. La

especie *G. bonnieroides* fue la más abundante con 1874 organismos, seguida de *M. nítida* con tres organismos, *Corophium* sp., con dos organismos, *Cerapus* sp., y *Amphiloachus* sp., con un organismo cada una (Fig. 40).

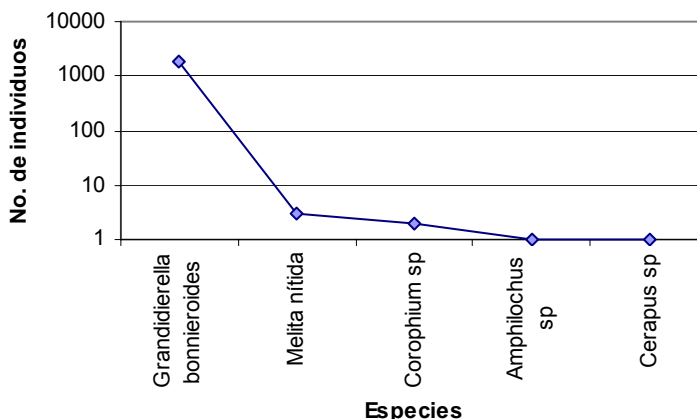


Figura 40. Abundancia total por especies de la época de nortes.

Se puede observar la distribución (Tabla 26) y la abundancia de las especies en los transectos muestreados (Tabla 25). De éstos, el Congreso del Estado, Leos Bar y la Plaza presentaron diversidad de especies. En el Congreso del Estado se presentaron las especies *G. bonnieroides* con 643 organismos siendo el 99.68 % de la abundancia, *Cerapus* sp., y *Amphiloachus* sp., con un organismo representando cada una el 0.16 % de la abundancia. En Leos Bar se presentaron las especies *G. bonnieroides* con 226 organismos siendo el 98.69 % de la abundancia y *Melita nítida* con tres organismos representando el 1.31 %. En la plaza se presentaron las especies *G. bonnieroides* con 244 organismos siendo el 99.19 % de la abundancia y *Corophium* sp., con dos organismos representado el 0.81 %. En los ocho transectos restantes como son el drenaje de la DINA, muelle fiscal, balneario Punta Estrella, Bellavista, refugio de aves, Belice 1, Belice 2 y Belice3, se encontró únicamente a la especie *G. bonnieroides*.

Tabla 25. Porcentaje de abundancia de especies de anfípodos por transecto en época de nortes.

Transectos	Abundancia total	% Abundancia/Especie				
		<i>Grandidierella bonnieroides</i>	<i>Corophium</i> sp	<i>Cerapus</i> sp	<i>Amphiloachus</i> sp	<i>Melita nítida</i>
Drenaje Dina	7	100%				
Muelle Fiscal	1	100%				
Congreso del Estado	645	99.68%		0.16%	0.16%	
Balneario "Punta Estrella"	292	100%				
Leos Bar	229	98.69%				1.31%
Plaza	246	99.19%	0.81%			
Bellavista	13	100%				
Refugio de aves	7	100%				
Belice 1	1	100%				
Belice 2	374	100%				
Belice 3	66	100%				

La abundancia por distancias tuvo el siguiente comportamiento, a 50 m se tuvo un total de 491 organismos, de los cuales 485 pertenecen a *G. bonnieroides* siendo ésta especie la más abundante, tres pertenecen a *M. nítida*, dos a *Corophium* sp., y uno a *Cerapus* sp.

A 150 m se tuvo un total de 475 organismos, de los cuales 474 pertenecen a *G. bonnieroides* siendo ésta especie la más abundante y un organismo pertenece a *Amphiloachus* sp.

A 300 m se tuvo un total de 915 organismos todos de la especie *G. bonnieroides* (Tabla 26).

Tabla 26. Distribución de la abundancia de especies de anfipodos en época de nortes.

Transectos	Estaciones														
	50 m					150 m					300 m				
	<i>G. bonn.</i>	<i>Cor sp</i>	<i>Cer sp</i>	<i>Amp sp</i>	<i>M. nítida</i>	<i>G. bonn.</i>	<i>Cor sp</i>	<i>Cer sp</i>	<i>Amp sp</i>	<i>M. nítida</i>	<i>G. bonn.</i>	<i>Cor sp</i>	<i>Cer sp</i>	<i>Amp sp</i>	<i>M. nítida</i>
Drenaje Dina	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0
Monumento Renacimiento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Muelle Fiscal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Congreso del Estado	311	0	1	0	0	240	0	0	1	0	92	0	0	0	0
Balneario "Punta Estrella"	1	0	0	0	0	167	0	0	0	0	124	0	0	0	0
Leos Bar	126	0	0	0	3	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0
Plaza	9	2	0	0	0	0	0	0	0	0	235	0	0	0	0
Bella vista	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0
Refugio de aves	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Balneario "Dos mulas"	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Universidad de Quintana Roo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drenaje de Proterritorio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Balneario "Calderitas"	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Belice 1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Belice 2	3	0	0	0	0	65	0	0	0	0	306	0	0	0	0
Belice 3	24	0	0	0	0	2	0	0	0	0	40	0	0	0	0
Centro Bahía 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Centro Bahía 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

*G. bonn.* = *Grandidierella bonnieroides*

*Cor sp* = *Corophium sp*

*Cer sp* = *Cerapus sp*

*Amp. sp* = *Amphilocheus sp*

*M. nítida* = *Melita nítida*

La especie *G. bonnieroides* se presentó en el Congreso del Estado, balneario Punta Estrella, Belice 1 y Belice 2 a 50, 150 y 300 m. En Leos Bar, la Plaza, Bellavista y el refugio de aves a 50 y 300 m. En el drenaje de la DINA y en el muelle fiscal a 300 m, y en Belice 1 a 50 m (Fig. 41a).

La especie *Corophium sp.*, se encontró en la Plaza a 50 m con dos organismos (Fig. 41b).

La especie *Cerapus* sp., se encontró en el Congreso del Estado a 50 m con un organismo (Fig. 41c).

La especie *M. nítida* se encontró en Leos Bar a 50 m con tres organismos (Fig. 41d).

La especie *Amphilochus* sp., se encontró en el Congreso del Estado a 150 m con un organismo (Fig. 41e).

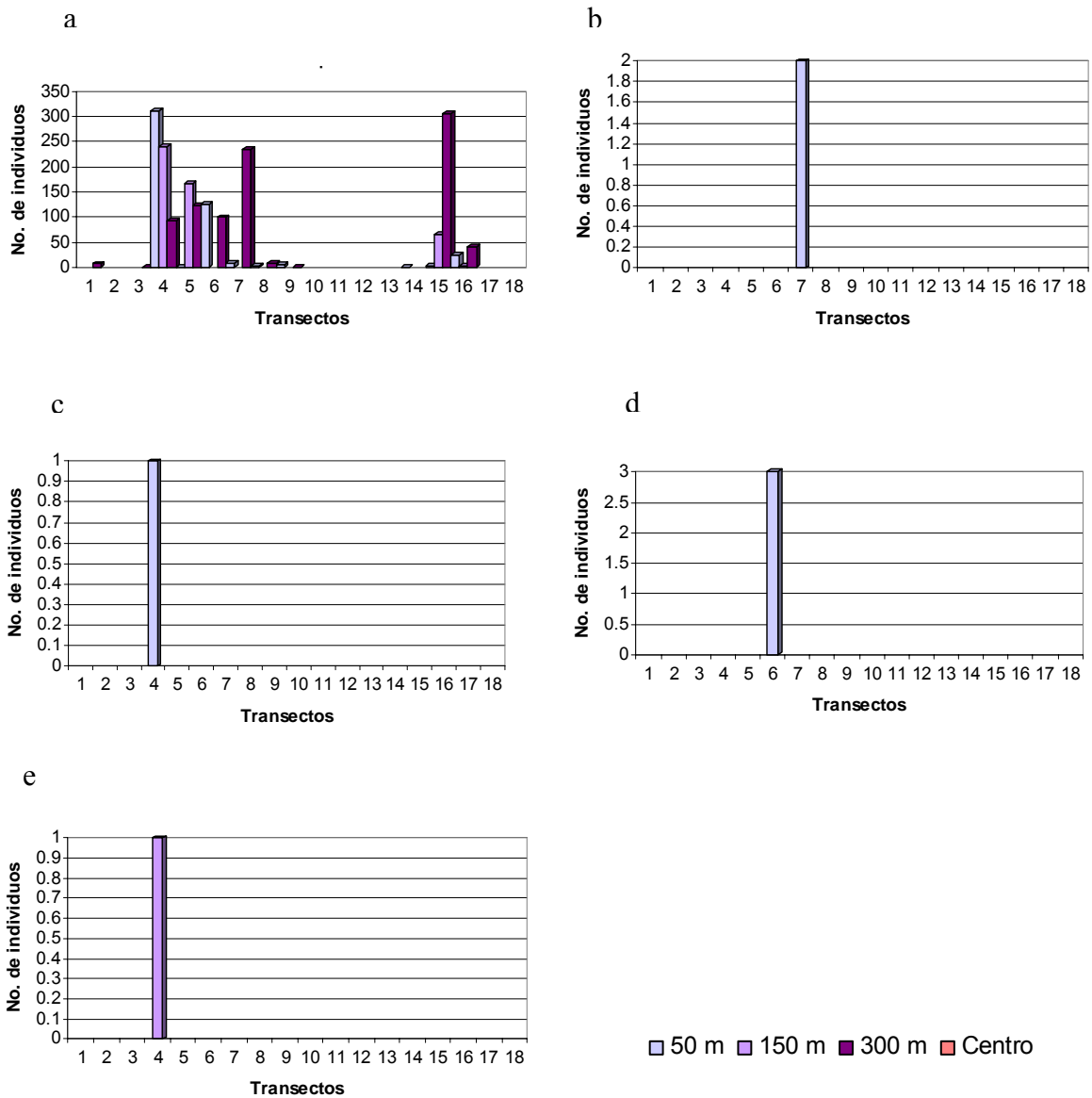


Figura 41a-e. Abundancia por especies de la época de nortes.



### 3.5.3.3 Análisis de la biomasa por familia

Durante la época de nortes se obtuvo una biomasa total de 4.8169 g obtenidos de los 1881 organismos. La familia Corophiidae obtuvo el mayor peso con 4.8146 g, seguida de Melitidae con 0.0022 g y Amphilochidae con 0.0001 g (Fig. 42).

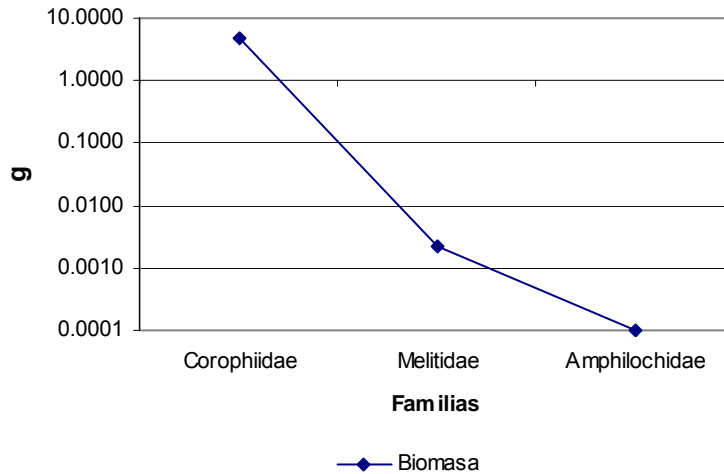


Figura 42. Biomasa total por familias durante la época de nortes.

El comportamiento de la biomasa total por transectos es el siguiente, la mayor biomasa se registró en Belice 2 con 1.813 g obtenido de la familia Corophiidae y la menor biomasa se encontró en el muelle fiscal con 0.0004 g obtenido de la familia Corophiidae. En el Congreso del Estado la familia Corophiidae presentó 1.4335 g (99.99 %) y Amphilochidae 0.0001 g (0.01 %). En Leos Bar la familia Corophiidae presentó 0.3186 g (99.31 %) y Melitidae 0.0022 g (0.69 %). En los nueve transectos restantes la diversidad fue nula presentando el 100 % de la biomasa la familia Corophiidae (Tabla 27).

Tabla 27. Porcentaje de biomasa de familias de anfípodos por transectos en época de nortes.

Transectos	Biomasa total	% Biomasa/Familia		
		Corophiidae	Amphilochidae	Melitidae
Drenaje Dina	0.0082	100%		
Muelle Fiscal	0.0004	100%		
Congreso del Estado	1.4336	99.99%	0.01%	
Balneario "Punta Estrella"	0.4715	100%		
Leos Bar	0.3208	99.31%		0.69%
Plaza	0.6457	100%		
Bellavista	0.0354	100%		
Refugio de aves	0.0107	100%		
Belice 1	0.0024	100%		
Belice 2	1.813	100%		
Belice 3	0.0752	100%		

El comportamiento de la biomasa por distancia es el siguiente, a 50 m la biomasa más alta se encontró en el Congreso del Estado con 0.6220 g obtenido de la familia Corophiidae y la biomasa más baja se encontró en el balneario Punta Estrella con 0.0007 g obtenido de la familia Corophiidae.

A la distancia de 150 m la biomasa más alta se encontró en el Congreso del Estado con 0.7058 g, de los cuales 0.7057 g lo obtuvo la familia Corophiidae y 0.0001 g la familia Amphilochidae. La biomasa más baja se encontró en Belice 3 con 0.0032 g obtenido de la familia Corophiidae.

A la distancia de 300 m la biomasa más alta se encontró en Belice 2 con 1.6857 g obtenido de la familia Corophiidae y la biomasa más baja se encontró en el muelle fiscal con 0.0004 g obtenido de la familia Corophiidae (Tabla 28).

Tabla 28. Distribución de la biomasa de las familias de anfípodos en época de nortes.

Transectos	Estaciones								
	50 m			150 m			300 m		
	Cor	Amp	Mel	Cor	Amp	Mel	Cor	Amp	Mel
Drenaje Dina	0	0	0	0	0	0	0.0082	0	0
Monumento Renacimiento	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Muelle Fiscal	0	0	0	0	0	0	0.0004	0	0
Congreso del Estado	0.622	0	0	0.7057	0.0001	0	0.1058	0	0
Balneario "Punta Estrella"	0.0007	0	0	0.3197	0	0	0.1511	0	0
Leos Bar	0.1493	0	0.0022	0	0	0	0.1693	0	0
Plaza	0.0096	0	0	0	0	0	0.6361	0	0
Bellavista	0.026	0	0	0	0	0	0.0094	0	0
Refugio de aves	0.0081	0	0	0	0	0	0.0026	0	0
Balneario "Dos mulas"	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Universidad de Quintana Roo	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drenaje de Proteritorio	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Balneario "Calderitas"	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Belice 1	0.0024	0	0	0	0	0	0	0	0
Belice 2	0.0023	0	0	0.125	0	0	1.6857	0	0
Belice 3	0.0318	0	0	0.0032	0	0	0.0402	0	0
Centro Bahía 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Centro Bahía 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Cor = Corophiidae  
 Amp = Amphilochidae  
 Mel = Melitidae

Se encontró biomasa de la familia Corophiidae en el drenaje de la DINA y Muelle Fiscal a 300 m; Congreso del Estado, balneario Punta Estrella, Belice 2 y Belice 3 a 50, 150 y 300 m; Leos Bar, la Plaza, Bellavista y refugio de aves a 50 y 300 m y Belice 1 a 50 m (Fig. 43a).

Amphilochidae presentó biomasa en el Congreso del Estado a 150 m (Fig. 43b) y Melitidae en Leos Bar a 50 m (Fig. 43c).

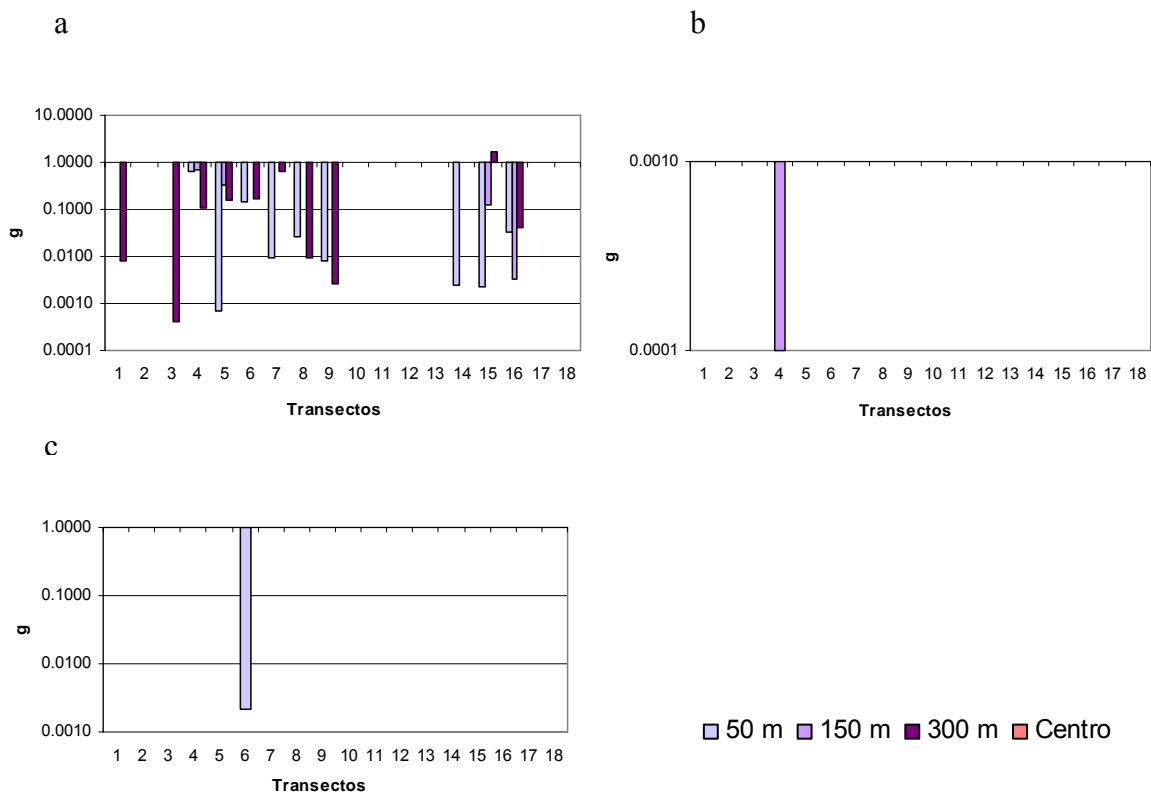


Figura 43a-c. Biomasa por familias de la época de nortes.

### 3.5.3.4 Análisis de la biomasa por especie

Durante la época de nortes se obtuvo un total de cinco especies, siendo *G. bonnieroides* la que presentó la mayor biomasa con 4.8138 g, seguida de *M. nítida* con 0.0022 g, *Cerapus* sp., con 0.0005 g, *Corophium* sp., con 0.0003 g y *Amphiloachus* sp., con 0.0001 g (Fig. 44).

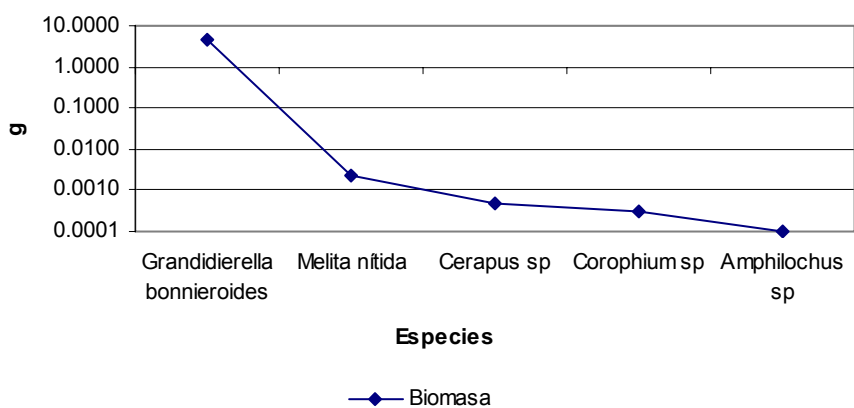


Figura 44. Biomasa total por especies durante la época de nortes.

El comportamiento de la biomasa total por transectos es el siguiente, la mayor biomasa se registró en Belice 2 con 1.813 g y la menor biomasa se presentó en el muelle fiscal con 0.0004 g.

En el Congreso del Estado se presentó la especie *G. bonnieroides* con 1.433 g (99.96 %); *Cerapus sp.*, con 0.0005 g (0.03 %) y *Amphiloachus sp.*, con 0.0001 g (0.01 %).

En Leos Bar se encontró a *G. bonnieroides* con 0.3186 g (99.31 %) y *M. nítida* con 0.0022 g (0.69 %).

En la Plaza se encontró a *G. bonnieroides* con 0.6454 g (99.95 %) y *Corophium sp.*, con 0.0003 g (0.05 %).

En los ocho transectos restantes la diversidad fue nula presentando el 100 % de la biomasa la especie *G. bonnieroides* (Tabla 29).

Tabla 29. Porcentaje de la biomasa de especies de anfípodos por transectos en época de nortes.

Transectos	Biomasa total	% Biomasa/Especie				
		<i>Grandidierella bonnieroides</i>	<i>Corophium</i> sp	<i>Cerapus</i> sp	<i>Amphilochnus</i> sp	<i>Melita nítida</i>
Drenaje Dina	0.0082	100%				
Muelle Fiscal	0.0004	100%				
Congreso del Estado	1.4336	99.96%		0.03%	0.01%	
Balneario "Punta Estrella"	0.4715	100%				
Leos Bar	0.3208	99.31%				0.69%
Plaza	0.6457	99.95%	0.05%			
Bella vista	0.0354	100%				
Refugio de aves	0.0107	100%				
Belice 1	0.0024	100%				
Belice 2	1.813	100%				
Belice 3	0.0752	100%				

El comportamiento de la biomasa por distancia es el siguiente, a 50 m la biomasa más baja se encontró en el balneario Punta Estrella con 0.0007 g obtenido de la especie *G. bonnieroides* y la biomasa más alta se encontró en el Congreso del Estado con 0.622 g de los cuales 0.6215 g fueron obtenidos por la especie *G. bonnieroides* y 0.0005 g por *Cerapus* sp.

A la distancia de 150 m la biomasa más baja se presentó en Belice 3 con 0.0032 g obtenido por *G. bonnieroides* y la biomasa más alta se encontró en el Congreso del Estado con 0.7058 g de los cuales 0.7057 g fueron obtenidos por *G. bonnieroides* y 0.0001 g por *Amphilochnus* sp.

A la distancia de 300 m la biomasa más baja se encontró en el muelle fiscal con 0.0004g obtenidos por *G. bonnieroides* y la abundancia más alta se encontró en Belice 2 con 1.6857 g obtenido por la misma especie (Tabla 30).

Tabla 30. Distribución de la biomasa de especies de anfípodos en época de nortes.

Transectos	Estaciones														
	50 m					150 m					300 m				
	<i>Grandidierella bonnieroides</i>	<i>Corophium</i> sp	<i>Cerapus</i> sp	<i>Amphilocheus</i> sp	<i>Melita nítida</i>	<i>Grandidierella bonnieroides</i>	<i>Corophium</i> sp	<i>Cerapus</i> sp	<i>Amphilocheus</i> sp	<i>Melita nítida</i>	<i>Grandidierella bonnieroides</i>	<i>Corophium</i> sp	<i>Cerapus</i> sp	<i>Amphilocheus</i> sp	<i>Melita nítida</i>
Drenaje Dina	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0082	0	0	0	0
Monumento Renacimiento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Muelle Fiscal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0004	0	0	0	0
Congreso del Estado	0.6215	0	0.0005	0	0	0.7057	0	0	0.0001	0	0.1058	0	0	0	0
Balneario "Punta Estrella"	0.0007	0	0	0	0	0.3197	0	0	0	0	0.1511	0	0	0	0
Leos Bar	0.1493	0	0	0	0.0022	0	0	0	0	0	0.1693	0	0	0	0
Plaza	0.0093	0.0003	0	0	0	0	0	0	0	0	0.6361	0	0	0	0
Bellavista	0.0260	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0094	0	0	0	0
Refugio de aves	0.0081	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0026	0	0	0	0
Balneario "Dos mulas"	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Universidad de Quintana Roo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drenaje de Proterritorio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Balneario "Calderitas"	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Belice 1	0.0024	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Belice 2	0.0023	0	0	0	0	0.1250	0	0	0	0	1.6857	0	0	0	0
Belice 3	0.0318	0	0	0	0	0.0032	0	0	0	0	0.0402	0	0	0	0
Centro Bahía 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Centro Bahía 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Se encontró biomasa de *G. bonnieroides* en el drenaje de la DINA y el muelle fiscal a 300 m; en el Congreso del Estado, balneario Punta Estrella, Belice 2 y Belice 3 a 50, 150 y 300 m; en Leos Bar, la Plaza, Bellavista y el refugio de aves a 50 y 300 m y en Belice 1 a 50 m (Fig. 45a). La especie *Cerapus* sp., se presentó en el Congreso del Estado a 50 m con 0.0005 g (Fig. 45b), *M. nítida* en Leos Bar a 50 m con 0.0022 g (Fig. 45c), *Amphilochus* sp., en el Congreso del Estado a 150 m con 0.0001 g (Fig. 45d) y *Corophium* sp., se presentó en la Plaza a 50 m con 0.0003 g (Fig. 45e).

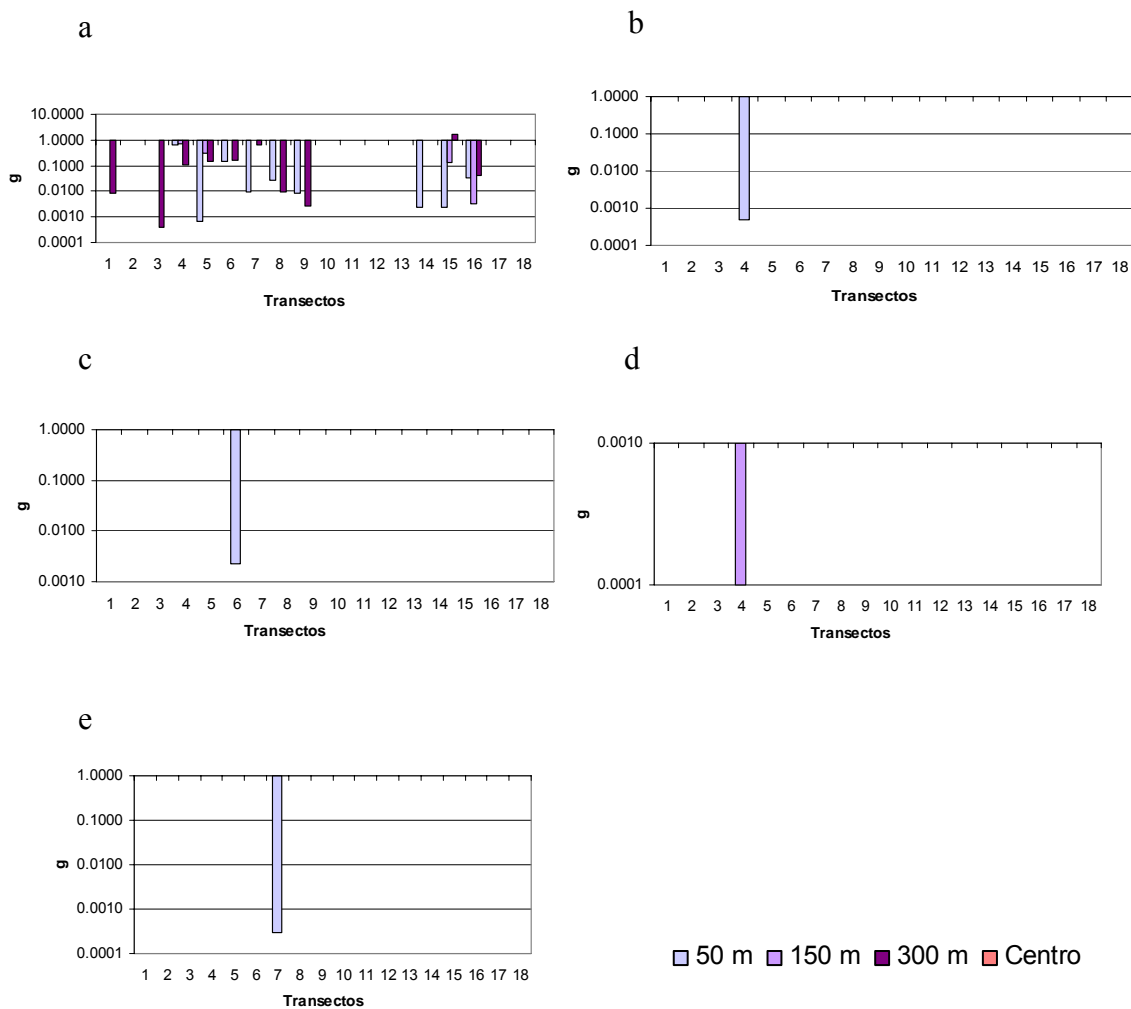


Figura 45a-e. Biomasa por especies de la época de nortes.



### 3.5.4 Análisis Ecológico.

Se presentan los valores de los índices ecológicos para la época de nortes (Tabla 31)

Tabla 31. Índices ecológicos de la comunidad de anfípodos en época de nortes.

Estaciones	S	N	J'	H' (Loge)
1C	1	7	****	0
3C	1	1	****	0
4A	2	312	3.117 E-2	2.161 E-2
4B	2	241	3.881 E-2	2.69 E-2
4C	1	92	****	0
5A	1	1	****	0
5B	1	167	****	0
5C	1	124	****	0
6A	2	129	0.1594	0.1105
6C	1	100	****	0
7A	2	11	0.684	0.4741
7C	1	235	****	0
8A	1	4	****	0
8C	1	9	****	0
9A	1	6	****	0
9C	1	1	****	0
14A	1	1	****	0
15A	1	3	****	0
15B	1	65	****	0
15C	1	306	****	0
16A	1	24	****	0
16B	1	2	****	0
16C	1	40	****	0

\*\*\*\* No hay uniformidad entre las estaciones

El mayor número de especies se encontró en el Congreso del Estado a 50 m con las especies *G. bonnieroides* y *Cerapus* sp y a 150 m con las especies *G. bonnieroides* y *Amphilochus* sp. En Leos bar a 50 m con las especies *G. bonnieroides* y *Melita nítida*. Y en la Plaza a 50 m con las especies *G. bonnieroides* y *Corophium* sp. En los demás sitios se encontró únicamente a la especie *G. bonnieroides* (Fig. 46a).

Las menores abundancias se encontraron en el balneario Punta Estrella y Belice 2 a 50 m y en el muelle fiscal y refugio de aves a 300 m con un individuo en cada sitio; y la mayor abundancia se presentó en el Congreso del Estado a 300 m con 312 individuos (Tabla 31; Fig. 46b).

El mayor índice de diversidad se encontró en la Plaza a 50 m con 0.4741 bits/ind., le sigue Leos Bar a 50 m con 0.1105 bits/ind., el Congreso del Estado a 150 m con 0.0269 bits/ind., y a 50 m con 0.0216 bits/ind., y en el resto de las estaciones el índice fue de cero (Tabla 31; Fig. 46c).

El valor más alto de uniformidad se encontró en la Plaza a 50 m con 0.684, le sigue Leos Bar a 50 m con 0.1594, el Congreso del Estado a 150 m con 0.03881 y a 50 m con 0.03117, y en el resto de las estaciones se encontró cero de uniformidad (Tabla 31; Fig. 46d).

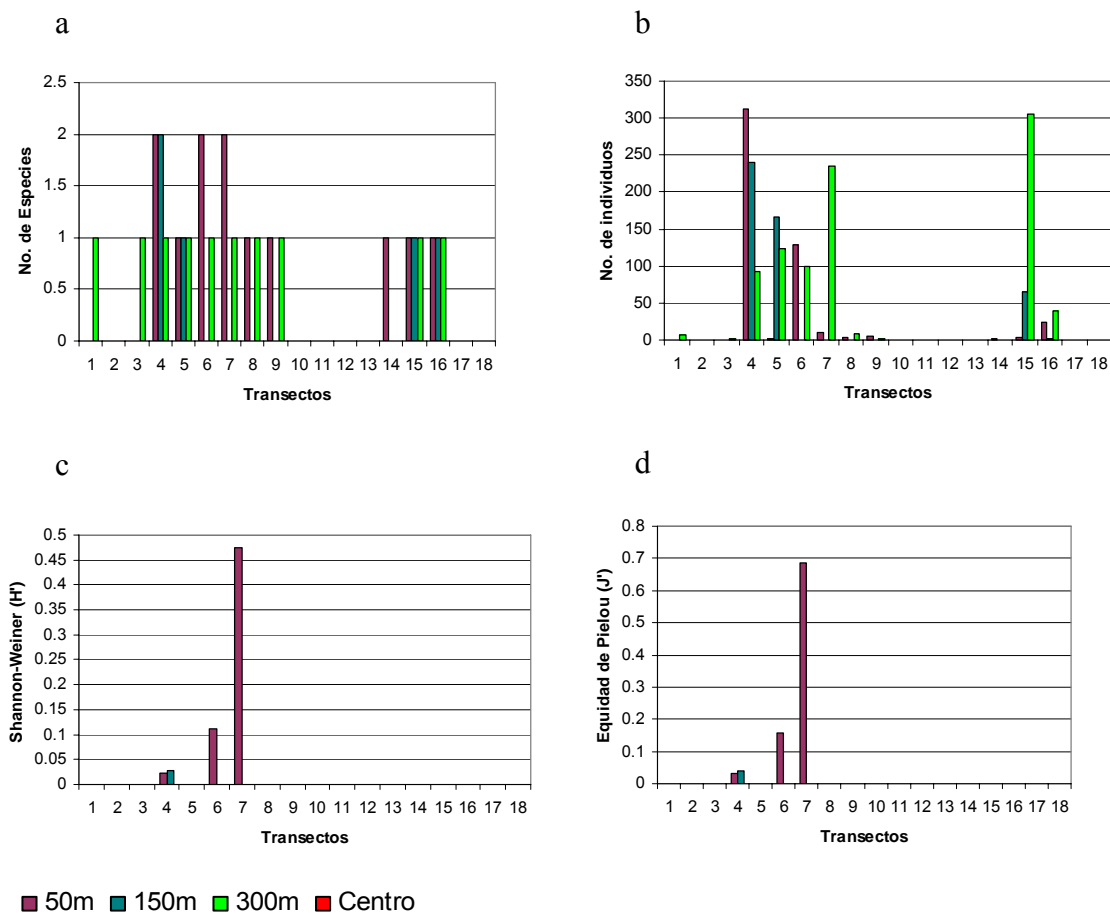


Figura 46a-d. Índices ecológicos por distancias durante la época de nortes.

Se graficó la abundancia y la diversidad promedio por transectos. Se puede apreciar que la mayor abundancia se presenta en la parte sur específicamente en el lado de Belice y en la parte centro de la zona conurbada de la Bahía y se observa una disminución de centro a norte. La diversidad fue casi nula presentándose en cuatro sitios en la parte centro de la zona conurbada de la Bahía y en las demás estaciones la diversidad fue de cero (Fig. 47).

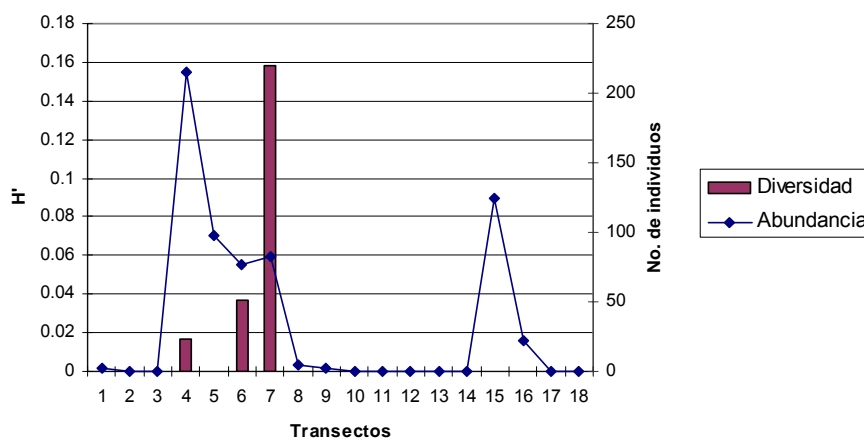


Figura 47. Abundancia y diversidad promedio por transectos durante la época de nortes.

### 3.5.5 Análisis de Componentes Principales (PCA)

El primer componente explica el 40 % de la varianza, se puede apreciar una mayor agrupación entre las estaciones de ésta época sin embargo las tres épocas presentaron el mismo comportamiento separándose las estaciones cercanas a la bocana del río Hondo ya que hay una disminución de algunos parámetros al acercarse a éste sitio. Se observó una disminución de la profundidad, la salinidad y los SDT de izquierda a derecha. El segundo componente explica el 27 % de la varianza observándose un aumento del pH y una disminución de la MO de la parte inferior hacia la parte superior (Fig. 48).

Los parámetros que tuvieron mayor influencia en el primer componente son los SDT, la salinidad y la profundidad y en el segundo componente el pH y la temperatura de manera positiva y la MO de manera negativa (Tabla 32).

Tabla 32. Porcentaje de variación explicada y coeficientes para la combinación lineal de las 6 variables.

Variables	Varianza %	
	PC1	PC2
	40.3%	26.7%
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	-0.6

En el análisis de componentes principales se identificó que las estaciones 3B, 3C, 16A, 16B y 16C están relacionadas mediante el tamaño promedio de partícula y la MO, principalmente; las estaciones 3B, 5B y 15A están relacionadas mediante la profundidad, el pH, y el tamaño promedio de partícula; las estaciones 1A, 1B, 1C, 2A, 7A, 14A, 14B y 14C están relacionadas mediante la salinidad encontrándose un concentración de 0 ppm en todas éstas estaciones, el pH y el tamaño promedio de partícula; las estaciones 10A, 10C, 11C, 12A, 13A, 13B y 13C están relacionadas mediante el pH y el OD, principalmente; las estaciones 5A, 5C, 6A, 8A, y 8B están relacionadas mediante el pH y el tamaño promedio de partícula; las estaciones 3A, 6C, 7C, 8C y 10B están relacionadas mediante el pH y el tamaño promedio de partícula.

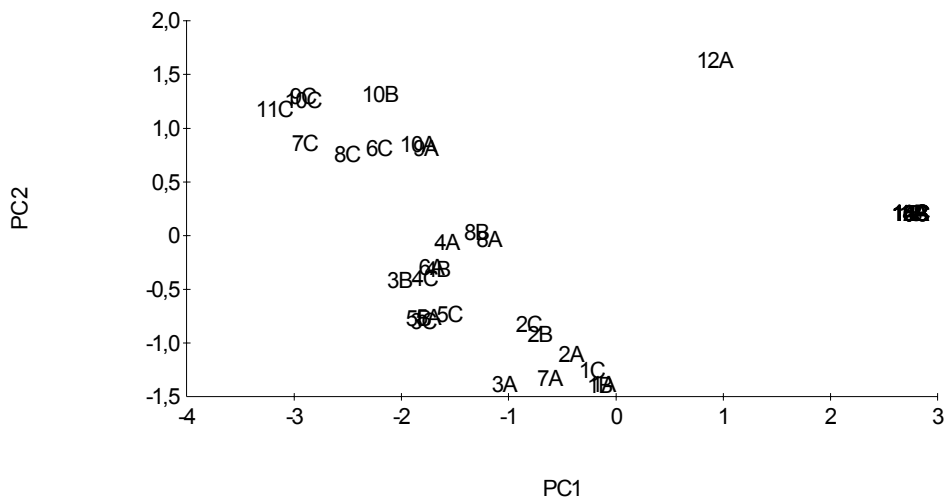


Figura 48. Análisis de componentes principales de la época de nortes.

### 3.5.6 Índices de similitud de las estaciones durante la época de nortes.

La similitud entre las estaciones de acuerdo a Bray-Curtis (Fig. 49) fue muy diversa. Se pueden observar dos agrupaciones principales, las cuales tienen un 30 % de similitud entre sí.

Las estaciones que se encuentran en la agrupación de la derecha tienen un 60% de similitud entre sí y las estaciones de la agrupación de la izquierda tienen aproximadamente un 65% de similitud entre sí. Las estaciones 3C, 5A, 9C y 14A presentaron un 100 % de similitud debido a que en cada una de éstas estaciones se encontró un individuo por familia. Las estaciones 4A-15C, 4B-7C, 4C-6C, y 1C-9A presentaron casi 100% de similitud.

A excepción del transecto 9 las mayores y menores similitudes se presentaron al sur en el lado de Belice y al centro de la Bahía de Chetumal.

Al igual que en las épocas anteriores éstos comportamientos se deben a la variación de abundancia de la familia Corophiidae en cada estación ya que aunque en ésta época se presentaron tres familias, la abundancia de las familias Melitidae y Amphilochidae fue casi nula comparada con la abundancia de Corophiidae.

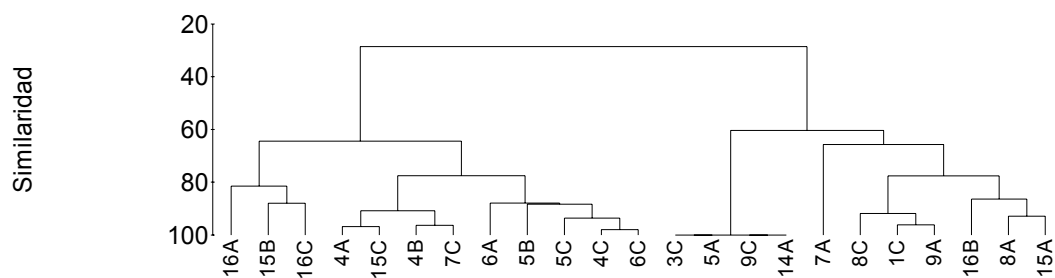


Figura 49. Índice de similitud de Bray-Curtis durante la época de nortes.

### 3.5.7 Correlación del índice de diversidad (H') con las variables ambientales

El coeficiente más alto de correlación entre la diversidad de anfipodos con las variables ambientales fue con la salinidad con un valor de -0.365 y en menor grado con la

temperatura con 0.326 y con la profundidad con -0.308. Posteriormente se eliminaron los transectos 1, 2 y 14 ya que presentaron los valores más bajos de salinidad y por lo tanto gran variación comparada con los demás transectos, habiendo una mayor correlación entre la profundidad y la diversidad con -0.293 y en menor grado con la temperatura con 0.288 y con la salinidad con -0.285. No hubo gran variación entre los coeficientes de correlación con todos los transectos y sin los transectos 1, 2 y 14, detectándose una baja correlación en ambos casos entre la diversidad y la mayoría de los parámetros físico-químicos (Tabla 33).

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

Variables ambientales	Coeficientes de correlación	
	Todos los transectos	Sin los transectos 1, 2 y 14
Profundidad (m)	<b>-0.308</b>	<b>-0.293</b>
Temperatura (°C)	<b>0.326</b>	<b>0.288</b>
Salinidad (‰)	<b>-0.365</b>	<b>-0.285</b>
pH	-0.001	0.022
SDT (g/l)	-0.161	-0.142
MO (%C)	-0.132	-0.142

Al igual que en las épocas anteriores no fue posible realizar un análisis exacto, sin embargo en éste caso cuatro estaciones presentaron diversidad por lo que fue posible realizar una comparación aunque mínima. Las cuatro estaciones que presentaron mayor correlación entre la diversidad y los parámetros físico-químicos presentaron el mismo comportamiento con baja salinidad, temperaturas altas, y profundidad máxima de un metro.

### 3.5.8 Gráficas de comparación de Abundancia/Biomasa, curvas ABC

Debido a que únicamente en cuatro estaciones se presentaron dos especie durante el periodo de muestreo en la época de nortes, sólo fue posible realizar cuatro gráficas y por la misma razón tampoco tuvo caso hacer las gráficas por transectos.

De acuerdo al comportamiento de las curvas ABC las estaciones 4A, 4B y 6A ubicadas en el Congreso del Estado y en Leos Bar, respectivamente, presentan condiciones

moderadas de contaminación y la estación 7A ubicada en la Plaza, presentó condiciones de un sitio fuertemente contaminado.

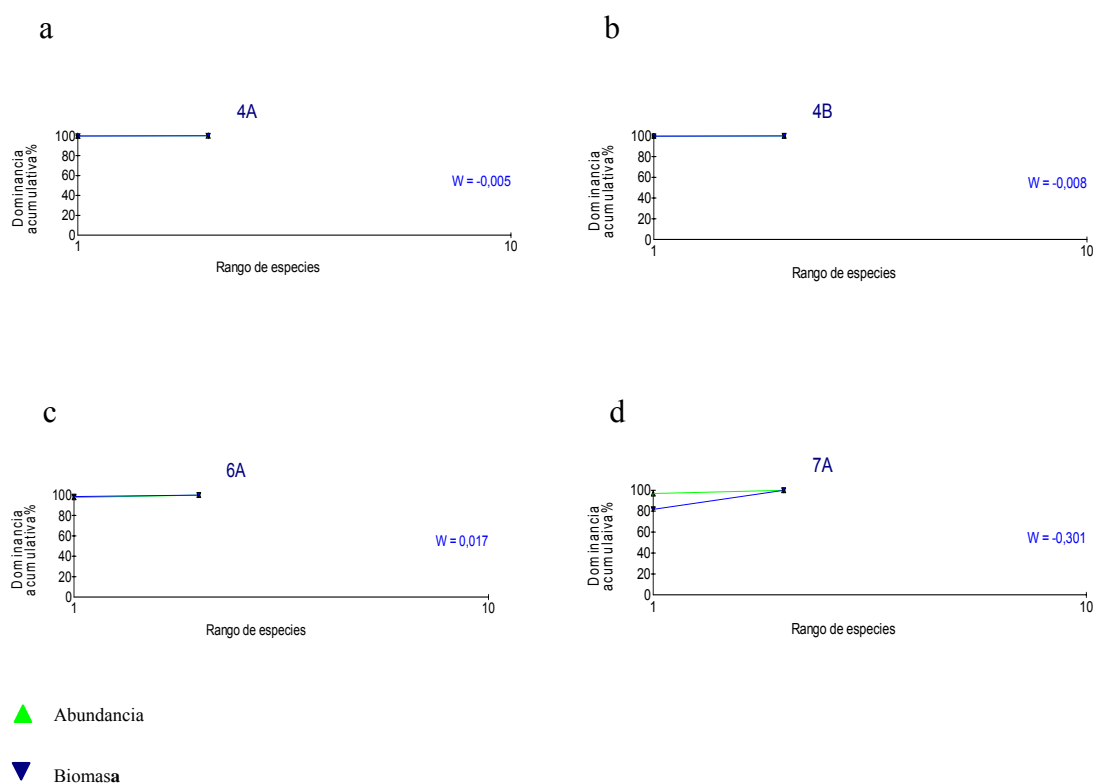


Figura 50a-d. Gráfica de la curva ABC de las estaciones 4B y 6B de la época de nortes.

### 3.5.9 Distribución Log-normal

Se realizó la gráfica Log-normal (Fig.51) con las abundancias totales de las especies encontradas en la época de nortes (Tabla 34).

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

Especies	Abundancia	% Abundancia
<i>Grandidierella bonnieroides</i>	1874	99.63%
<i>Melita nítida</i>	3	0.16%
<i>Corophium</i> sp.	2	0.11%
<i>Cerapus</i> sp.	1	0.05%
<i>Amphilochus</i> sp.	1	0.05%

En la gráfica Log-normal de la época de nortes ninguna especie se encontró dentro de las clases geométricas V y VI, debido a la variación de la abundancia por especies. Se encontraron abundancias muy bajas y muy altas por especie, encontrándose dentro de las clases geométricas I, II y XI (Fig. 19).

Por lo que para la época de nortes no se propone a ninguna de las especies encontradas como indicadores de contaminación.

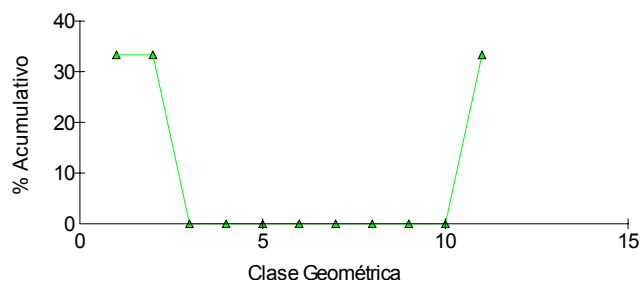


Figura 51. Distribución Log-normal durante la época de nortes



## IV. DISCUSIÓN

### **Contenido de Materia Orgánica.**

De acuerdo a los resultados obtenidos, se observó que la materia orgánica fue en aumento a escala temporal teniéndose concentraciones promedio de 1.6, 1.8 y 1.9 % C en las épocas de secas, lluvias y nortes. Éstos resultados podrían deberse a las características propias de cada época, como el arrastre de contaminantes por las precipitaciones, mezcla de agua-sedimento, e influencia antropogénica (Medina-Gómez et al. 2002; Rojas-Mingüer et al. 2002).

Considerando la clasificación de Delgado-Blas et al. (2006) con base a las concentraciones de materia orgánica encontradas en la zona conurbada de la bahía de Chetumal y el lado de Belice, se establecieron sitios contaminados (2-3 % C) y moderadamente contaminados (1-2 % C). Los sitios contaminados son el Muelle Fiscal, Centro Bahía 1 y Belice 3. Los sitios moderadamente contaminados son el drenaje de la DINA, Monumento Renacimiento, Balneario “Dos mulas”, Balneario “Calderitas” y Belice 1 que es el sitio menos contaminado por materia orgánica, presentando las concentraciones más bajas que se encuentran dentro de los rangos que van de 0.679-1.043 % C. Los demás transectos presentaron ambas tendencias durante el periodo de muestreo. No se establecen sitios no contaminados por materia orgánica debido a los drenajes que se encuentran en diferentes puntos de la bahía y que de alguna manera la están impactando negativamente.

Los sitios contaminados se encontraron en el centro del canal de la zona conurbada de la bahía, y los sitios moderadamente contaminados se encontraron al sur y al norte de la zona conurbada de la bahía, esto se debe a la circulación costera que mueve las aguas vertidas al norte ocasionando el arrastre de contaminantes de la boca del río Hondo hacia el norte de la bahía (Carrera-Parra et al. 1997; Rosado-May et al. 2002), y a que la bahía de Chetumal es un cuerpo de agua somero que tiene una zona de mayor profundidad en su parte central. Es importante mencionar el drenaje de Proterritorio que se encuentra al norte de la zona conurbada de la bahía ya que por su presencia se esperarían condiciones de

contaminación pero ésta situación aún no se presenta, posiblemente por el poco aporte de materia orgánica por parte del drenaje que impide que se acumule el contenido orgánico en la zona o se disperse o simplemente no hay drenajes de aguas residuales conectados.

### **Comportamiento de los Parámetros Físico-Químicos.**

Se observó que a escala temporal los parámetros físico-químicos a excepción de la profundidad fueron disminuyendo (Tabla 35), teniéndose los mayores promedios en la época de secas. En el caso de la salinidad es debido a la evaporación del agua por el aumento de la temperatura y al bajo aporte fluvial y de manantiales (ambos íntimamente ligados con la precipitación) en ésta temporada del año, ocasionando una mayor concentración de salinidad (Medina-Gómez et al. 2002) y en el caso de la temperatura se debe a la intensidad solar que es mayor en ésta época del año. En cuanto al oxígeno disuelto, se esperaba una disminución por el aumento de la temperatura y la salinidad, sin embargo presentó los valores más altos, probablemente éste comportamiento se deba a la disminución de la profundidad ya que hay un mayor contacto entre el cuerpo de agua y la atmósfera y por lo tanto una mayor aireación en toda la columna de agua, así como también se deba a la oxidación de la materia orgánica ya que se encontraron los valores más bajos de las tres épocas de muestreo. Los valores promedios registrados de OD fueron, en secas de 4.96 mg/l, lluvias de 2.71 mg/l y nortes de 2.06 mg/l. Alongi (1990) menciona que una de las características típicas de los trópicos húmedos son concentraciones de OD menores a 4 mg/l.

A escala espacial se observó un aumento de la salinidad de sur a norte de la zona conurbada de la bahía, debido a la influencia de agua dulce proveniente del río Hondo, presentando el sur de la bahía características de agua dulce 0.065-0.30 ppm (Smith et al. 2001) a características mesohalinas con concentraciones de salinidad menores a 10 ppm. Durante el periodo de muestreo se encontraron sitios con concentraciones de salinidad de 0 ppm y sitios con concentraciones arriba de 20 ppm, esto es debido a las características estuarinas de la bahía de Chetumal (Caballero Pinzón. 2002) cabe mencionar que no se encontró un de gradiente de salinidad.

Tabla 35. Promedio de los parámetros físico-químicos por periodos de muestreo.

Parámetros Físicoquímicos	Periodos de Muestreo								
	Secas			Lluvias			Nortes		
	Min	Max	Prom	Min	Max	Prom	Min	Max	Prom
Profundidad	0.05	1.64	0.84	0.20	3.31	1.00	0.40	2.50	1.31
Temperatura (° C)	29.58	34.69	30.98	29.80	31.79	30.46	24.70	30.68	27.93
Salinidad (ppm)	4.81	22.33	18.21	1.05	17.93	13.50	0.00	12.75	5.66
pH	7.00	8.26	8.03	6.61	8.35	7.92	6.54	7.90	7.55
SDT (g/l)	5.60	23.03	19.16	1.34	18.99	14.51	3.32	15.80	10.84
Conductividad (mS/cm)	9.18	47.44	33.01	2.07	31.08	22.57	4.73	21.78	15.14
OD (mg/l)	0.47	9.34	4.96	1.30	4.90	2.71	0.40	4.20	2.06

### **Análisis de Componentes Principales (PCA)**

El análisis de componentes principales es utilizado para determinar la relación existente entre los sitios de muestreo por medio de similitudes y diferencias de las variables ambientales entre un sitio y otro.

En el análisis se determinó claramente la relación existente entre los sitios con respecto a la salinidad, principalmente, ya que en las tres épocas de muestreo se observó una clara separación de las estaciones que presentaron bajas concentraciones de salinidad con las estaciones que presentaron concentraciones de salinidad más altas, manifestándose características que van de mesohalinas (5-18‰) a polihalinas (18-30‰) en la época de secas, características que van de oligohalinas (0.5-5‰) a mesohalinas en la época de lluvias y en el caso de la época de nortes se presentó una situación muy particular presentándose características de agua dulce con una concentración de 0 ppm de salinidad en los sitios cercanos al río Hondo, características oligohalinas conforme los sitios se alejaban, hasta características mesohalinas en los sitios más alejados, éste comportamiento se debe a que la bahía de Chetumal es un sistema estuarino (Caballero Pinzón. 2002). Por lo que lo hace un ecosistema relativamente con poca diversidad de especies comparado con el sistema

marino, donde se encuentra una gran riqueza de especies de anfípodos, como es el caso de Sian ka'an donde se reportaron 31 especies (Oliva, 1992). En este estudio, se encontró una mayor diversidad de especies (7 spp) en comparación con los resultados de Carrera-Parra et al (1997) donde obtuvieron 5 especies. Esto posiblemente se debió a dos factores: un mayor esfuerzo de muestreos o a la introducción de nuevas especies a la bahía por medio de la apertura del canal Zaragoza.

### **Índices ecológicos**

#### Riqueza de familias

Durante el periodo de muestreo se recolectaron e identificaron cinco familias: Corophiidae, Melitidae, Hyalidae, Hyalellidae y Amphilochidae, encontrándose en sitios con concentraciones de materia orgánica que van de 0 % C a 3 % C, dominando casi la familia Corophiidae durante el año de muestreo. Sin embargo en el muelle fiscal que es el sitio que tiene tendencia a presentar condiciones azoicas sólo se encontró un individuo de la familia Corophiidae. Por lo que estas familias se pueden considerar tolerantes al enriquecimiento orgánico, siendo la familia Corophiidae la más tolerante, como lo menciona Bellan-Santini (1980) al referirse a la especie *Jassa falcata* la cual pertenece a la familia Corophiidae como tolerante a sitios altamente contaminados. Sin embargo declinan cuando el sitio comienza a presentar condiciones azoicas con concentraciones de materia orgánica altas arriba de 3 % C.

#### Riqueza de especies

Se encontraron 7 especies de anfípodos: *Grandidierella bonnieroides*, *Melita nítida*, *Hyale media*, *Corophium* sp., *Cerepus* sp., *Amphilochus* sp. y una especie no identificada de la familia Hyalellidae. Estos resultados, comparado con el número de especies encontradas en Cuba (Ortiz, 1978) y con las 45 especies reportadas para la planicie costera y el litoral de Quintana Roo (Oliva y Jiménez, 1992; Álvarez Noguera, 2002), es reducido debido a las condiciones estuarinas, ya que los organismos de los estuarios son esencialmente marinos, capaces de resistir totalmente el agua de mar y en el caso de los

crustáceos viven en los estuarios en etapa juvenil y frezan costas afuera en aguas de salinidad altas (Smith et al. 2001). El comportamiento de la riqueza de especies de la bahía de Chetumal es similar al estudio de impacto de la contaminación orgánica en la Ensenada de Lourizán, donde se observó una enorme restricción del grupo de los crustáceos, especialmente en la zona con un alto contenido de materia orgánica (Mora et al. 1989).

#### Diversidad.

Los índices de diversidad de Shannon-Wiener fueron muy bajos encontrándose en un rango de 0.03-0.7 bits/ind., durante el periodo de muestreo. De todas las estaciones colectadas las de mayor número de especies son 18, 12A, 4B y 6A, siendo estos sitios altamente contaminados de acuerdo con Connell y Miller (1984), que clasificaron como ambientes fuertemente contaminados los que presentan valores de diversidad menores a 1 bits/ind; moderadamente contaminados los que presentan valores entre 1-3 bits/ind; y ambientes no contaminados cuando presentan valores arriba de 3 bits/ind. La especie más dominante de todas estaciones fue *G. bonnieroides*.

De acuerdo a los resultados del presente trabajo indican que las estaciones estudiadas estan recibiendo algún tipo de impacto, ya que entran en las clasificaciones de contaminación de Connell y Miller (1984) y Delgado Blas et al, (2006).

#### **Correlación de la diversidad con las variables ambientales**

Al realizar la correlación de las variables ambientales con la diversidad de especies se consideraron todos los sitios y posteriormente se eliminaron los transectos que presentaron la mayor variabilidad con respecto a la salinidad, esto se hizo para determinar si la salinidad tiene una gran influencia con respecto a la diversidad, y si esto resultaba positivo, determinar que otra variable influye en la diversidad.

Se calculó el coeficiente de correlación de cada una de las variables físico-químicas con la diversidad, obteniéndose la mayor correlación con la temperatura con valor de 0.665 y en menor grado con la profundidad con un valor de -0.254, al eliminar los transectos 1, 2 y 14 que fueron los de menor salinidad, no hubo diferencia, obteniéndose la mayor correlación

nuevamente con la temperatura con un valor de 0.670 y con la profundidad con un valor de -0.294, pero en éste caso al eliminar los transectos también se dio una correlación considerable entre la diversidad y la MO con un valor de -0.226 para la época de secas. Para la época de lluvias, la mayor correlación de la diversidad se detectó con la profundidad con un valor de 0.330 y un valor de 0.336 al eliminar los transectos 1, 2 y 14 y una correlación en menor grado con la MO con un valor de 0.186 y un valor de 0.183 al eliminar los transectos mencionados. Para la época de nortes, se detectó la mayor correlación con la salinidad con un valor de -0.365 y un valor de -0.285 al eliminar los transectos mencionados y una correlación en menor grado con la temperatura y la profundidad con un valor de 0.326 y -0.308, respectivamente, y con un valor de 0.288 y -0.293 al eliminar los transectos.

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede observar que todas las correlaciones de la diversidad y los parámetros fueron bajos, siendo poco significativos entre ellos. Esto posiblemente se debe a la alta complejidad por las características propias de la bahía (Olivera Gómez. 2002), donde intervienen varios factores tanto bióticos como abióticos y posiblemente otros tipos de contaminantes que influyen en el comportamiento de las especies.

### **Curvas ABC**

Debido a la baja diversidad de especies encontradas por épocas de muestreo no fue posible realizar un análisis completo del comportamiento de la abundancia y la biomasa por estaciones y transectos. En las épocas de secas y lluvias solo fue posible graficar una estación y en la época de nortes solo se graficaron cuatro estaciones (obteniéndose el mismo comportamiento al graficar por transectos), haciendo imposible la comparación del comportamiento de las curvas ABC en cada transecto, de una época a otra. De acuerdo a los resultados obtenidos los transectos ubicados en el Congreso del Estado, Leos Bar y drenaje de Proterritorio están moderadamente contaminados, y el transecto de la Plaza y la estación Centro Bahía 2 están fuertemente contaminados. Al comparar éstos resultados con la concentración de MO obtenida en cada una de esas estaciones, se observa que en el caso de la época de lluvias la estación se encuentra dentro de la clasificación de un ambiente

contaminado, en nortes dentro de la clasificación de un ambiente contaminado y moderadamente contaminado, y únicamente en la época de secas la curva ABC coincide con la concentración de materia orgánica, dentro de la clasificación de un sitio moderadamente contaminado. En el caso de la estación Centro Bahía 2, ésta es señalada como un ambiente fuertemente contaminado por las curvas ABC, debido a que en éste sitio y en la época de lluvias, únicamente se encontraron dos especies con un organismo cada una, teniéndose una biomasa muy baja. La gráfica refleja esta baja biomasa quedando arriba la abundancia.

En un estudio realizado en el Pacífico tropical oriental en donde un alto número de sitios y comunidades funcionales fueron caracterizados como inestables por las curvas ABC, indicaron una fluctuación general e inestabilidad en las condiciones ambientales de los sustratos intermareales. Sin embargo, éstos resultados no reflejaron la situación real en los diferentes sitios. Así, un alto número de especies como *Fartulum* sp., *Barleeia alderi* y *Caecum compactum*, y la escasez de especies en algunos sitios pueden confundir los resultados (Roth y Wilson, 1998; Olavarria et al. 2001). Por otro lado el método ABC podría estar influenciado por fenómenos de reclutamiento. Otro factor que podría confundir las curvas ABC es la presencia de especies oportunistas numéricamente dominantes pero que no representan una parte importante de la biomasa de la asociación, de forma que la curva de la abundancia estaría por encima de la de biomasa (Dauvin e Ibanez, 1986; Beukema, 1988; Lardicci y Rossi, 1998). Dependiendo de las especies involucradas, los resultados de las curvas ABC pueden ser consistentes solamente en determinadas ocasiones (Olavarria et al. 2001). En general, la interpretación debe hacerse con cuidado, ya que algunas veces las curvas responden a ciertas relaciones ecológicas más que a la contaminación.

### **Distribución Log-normal**

El método que se emplea para la selección de las especies indicadoras de contaminación es la distribución Log-normal, donde considera a las abundancias totales de las especies encontradas. Se considera que las especies indicadoras dominan numéricamente el

macrobentos en áreas enriquecidas orgánicamente (Gray & Pearson, 1982). El grupo de especies con abundancias moderadas comprendido entre las clases geométricas V (16-31 individuos) y VI (32-63 individuos) corresponden a las especies indicadoras o sensitivas de cambios producidos por la contaminación.

De las 7 especies encontradas durante el periodo de muestreo únicamente la especie *G. bonnieroides* se encontró dentro de la clase VI en la época de lluvias. Sin embargo, debido a la variación de rangos en que se presentó dicha especie, no podría ser propuesta como especie indicadora de acuerdo a Gray & Pearson (1982), porque también se encontró en secas y nortes en las clases geométricas X y XI, donde los organismos son muy abundantes y debido a esto no podríamos considerarla como especie indicadora de contaminación ni tampoco una especie oportunista, ya que *G. bonnieroides* se encontró en todas las estaciones con bajas, moderadas y altas concentraciones de materia orgánica. Si embargo, en futuros estudios donde se consideren más estaciones de muestreo y a largo plazo y donde se conjunten todas las comunidades pudiera ser propuesta como indicadora de contaminación orgánica.



## V. CONCLUSIONES

La mayor riqueza de especies se encontró en la época de nortes con un total de cinco especies, presentando el mayor índice de diversidad con 0.4741 bits/ind.

La concentración de materia orgánica está relacionada con la riqueza de especies y abundancia de los anfípodos. Habiendo mayor abundancia y diversidad en sitios moderadamente contaminados y contaminados por MO, predominando la familia Corophiidae y presentando la mayor diversidad con tres especies, siendo *G. bonnieroides* la especie más abundante pero que disminuye cuando los sitios tienden a presentar condiciones azoicas.

Considerando que la especie *G. bonnieroides* es la que presentó la mayor abundancia durante el periodo de muestreo se establece que el sustrato blando es un ambiente adecuado para ésta especie, dominando numéricamente. Sin embargo en el presente trabajo, de acuerdo a las clases geométricas que ocupó en la distribución log-normal, no se le propone como especie indicadora, no descartando la posibilidad que en futuros estudios, puedan obtenerse las bases para que sea propuesta como tal.

Debido a la baja diversidad que se presentó durante cada época de muestreo, las curvas ABC no arrojaron datos suficientes que nos ayuden a explicar las condiciones en las que se encuentran todos los sitios muestreados y si están sufriendo algún tipo de contaminación.

Al no considerar todas las comunidades funcionales de un ambiente durante un estudio, disminuyen las probabilidades de utilizar el método ABC como herramienta para determinar el grado de impacto de dicho ambiente.

De acuerdo a los resultados, el Muelle Fiscal, Centro Bahía 1 y Belice 3 se establecen como sitios contaminados y el drenaje de la DINA, Monumento Renacimiento, balneario “Dos mulas”, balneario “Calderitas” y Belice 1 se establecen como sitios moderadamente contaminados por materia orgánica. El drenaje de Proterritorio y los demás sitios presentan ambas tendencias. Las curvas ABC establecen el drenaje de Proterritorio, Leos bar y el

Congreso del Estado como sitios moderadamente contaminados y la estación Centro Bahía 2 como fuertemente contaminada. De acuerdo a la clasificación de Connell y Miller (1984) donde se utiliza la diversidad, todos los sitios están altamente contaminados.

Con esto, se establecen como sitios contaminados el Muelle fiscal, Centro Bahía 1 y Belice 3 y como sitios que en poco tiempo se considerarían como contaminados de seguir el mismo comportamiento, el Congreso del Estado, Balneario Punta Estrella y la Universidad de Quintana Roo. No se establecen sitios como no contaminados por materia orgánica debido a los drenajes que se encuentran en diferentes puntos de la bahía que la están impactando de manera negativa.

El lado de Belice se tomo como referencia para comparar los resultados considerandolo como menos contaminado debido a que el arrastre de contaminantes es de sur a norte no influyendo directamente en éste y a que en ésta zona no hay drenajes de ningún tipo, presentó características de contaminación por materia orgánica. Por lo que para estudios posteriores seria viable tomar otros sitios como referencia ya que éste sitio está recibiendo algún tipo de impacto y por su cercanía con las poblaciones aún no se sabe si es antropogénico o natural.

## VI. RECOMENDACIONES

Es recomendable que los periodos de muestreo sean repetidos, para comparar el comportamiento de un periodo a otro y determinar si los cambios se deben a influencias antropogénicas o a cambios naturales, específicamente por el comportamiento que presentó la materia orgánica durante el periodo de muestreo y considerando que actualmente la materia orgánica es considerada como causante de perturbación ambiental.

De igual manera sería factible realizar los muestreos con diferentes tipos de colectores y en diferentes ambientes para aumentar la probabilidad de obtener una mayor diversidad de especies.

Para tener la certeza que los sitios de referencia no están recibiendo ningún tipo de impacto antropogénico, estos deben estar alejados de asentamientos humanos.

En el caso del método ABC para obtener mejores resultados es conveniente considerar hasta donde sea posible a todos los organismos de una comunidad, si se trabaja únicamente con anfípodos sería necesario aumentar el número de replicas para obtener una mayor diversidad por época de muestreo o manejar mayores escalas de tiempo por ejemplo realizar muestreos anuales.

En éste tipo de estudio, cuando se tiene gran variedad en la abundancia es favorable utilizar la distribución Log-normal ya que la diversidad no influye en los datos que arroja, sin embargo entre mayor sea la diversidad mayores opciones se tendrán para elegir a las especies indicadoras.

Es importante darle seguimiento a éste estudio para determinar cambios en la bahía de Chetumal y sobre todo determinar que es lo que está provocando éstos cambios, podrían sugerirse impactos naturales pero dadas las circunstancias no hay ninguna duda que también está siendo fuertemente impactada por actividades antropogénicas, por lo que es importante determinar que es exactamente lo que está produciendo éstos cambios en la bahía y empezar a realizar acciones para reparar o minimizar éstos daños.

## LITERATURA CITADA

Ahsanullah, M. & Williams, A. R. 1991. Sublethal effects and bioaccumulation of cadmium, chromium, copper and zinc in the marine amphipod *Allorchestes compressa*. *Marine Biology*. Vol. 108. 59-65 Pp.

Alba Tercedor, J. 1988. Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978). *Limnética*. Vol. 4. 51-56 Pp.

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

Alvarez Noguera, Fernando. 2002. Informe final del proyecto SO79: Crustáceos estomátodos, anfípodos, isópodos y decápodos del litoral de Quintana Roo.

Baskin, J. N., M. D. Dailey, S. N. Murray y E. Segal. 1978. The Urban Harbor Environment. En: *The First Southern California Ocean Studies Consortium*. 23-47 Pp.

Bellan Santini, D. 1980. Relationship Between Populations of Amphipods and Pollution. *Marine Pollution Bulletin*. Vol.11. 224-227 Pp.

Beukema, J.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. *Marine Biology*. Vol. 99. 425-433 Pp.

Borowsky, B., P. Attken-Ander & J. T. Tanacredi. 1993. The effects of low doses of waste crankcase oil on *Melita nitida* Smith (Crustacea: Amphipoda). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. Vol. 166. 39-46 Pp.

Bousfield, E. L. 1973. Shallow-water gammaridean amphipoda of New England. Cornell University Press, Ithaca New York. 312 p.

Bryant, V., D. M. Newberry, D. S. McLusky & R. Campbell. 1985. Effect of temperature and salinity on the toxicity of nickel and zinc to two estuarine invertebrates (*Corophium volutator*, *Macoma balthica*). *Mar. Ecol. Ser.* 24. 37-129 Pp.

Cano, G. y R. Flores. 1990. Variaciones nictemareales de bacterias coliformes en la Bahía de Chetumal, Q. Roo. Oficina Coordinadora de Programas contra la Contaminación del Mar. Armada de México. 11va Zona Militar. Chetumal, Q. Roo, México.

Carrera Parra, L. F., N. E. González y S. I. Salazar Vallejo. 1977. Bentos litoral de la Bahía de Chetumal, Quintana Roo. 49-69 Pp. En: Estudio emergente sobre la mortandad de bagres en la Bahía de Chetumal. Ecosur, Rep. Final. 84 Pp.

Caballero Pinzón, P. I. 2002. Artes de pesca empleadas en la bahía de Chetumal del Estado de Quintana Roo, México. En: Rosado-May, F. J., R. Romero Mayo y A. Navarrete (Eds). 2002. Contribuciones de la ciencia al manejo costero integrado de la Bahía de Chetumal y su área de influencia. Universidad de Quintana Roo. 75-84 Pp.

Conlan, K. E. 1994. Amphipod crustaceans and environmental disturbance: a review. *Journal of Natural History*. Vol. 28. 519-554 Pp.

Connell, D. y G. Millar. 1984. *Chemistry and ecotoxicology of pollution*. Wiley interscience. Canadá. 444Pp.

Costa, 1980 en: Conlan, K. E. 1994. Amphipod crustaceans and environmental disturbance: a review. *Journal of Natural History*. Vol. 28. 519-554 Pp.

Dauvin, J.C. & F. Ibanez. 1986. Variations á long-terme (1977-1985) du peuplement desables de la Pierre Noire (Baie de Morlaix, Manche occidentale): Analyse statistique de l'évolution structurale. *Hidrobiología*. Vol.142. 171-186 Pp.

De la Lanza Espino, G. H., S. Pulido y J. L. Carbajal Pérez. 2000. Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (Bioindicadores). 265 Pp.

Delgado Blas, V. H., J. G. Kuk Dzul. H. A. Hernandez Arana. J. L. González Bucio y J. C. Ávila Reveles. 2006. Reporte técnico: Análisis De Las Comunidades De Poliquetos Bénticos Como Biomonitores De Enriquecimiento Orgánico En La Bahía De Chetumal, Quintana Roo.

Delgado, J. M. y D. Chavira. 1984. Estudios preliminares de la Bahía de Chetumal, Q. Roo. Acciones de Convenio de la Secretaría de Desarrollo urbano y Ecología. Secretaría de Marina. Archivo Delegación SEDUE. Chetumal, Q. Roo, México.

DeWitt, T. H., M. S. Rendmond. J. E. Sewall & R. C. Swartz. 1992. Development of a chronic sediment toxicity test for marine benthic amphipods. U.S. Environmental protection Agency for the Chesapeake Bay Program, Newport, 99 Pp.

Di Toro, D. M., J. D. Mahony, D. J. Hansen, K. J. Scott, A. R. Carlson & G. T. Ankley. 1992. Acid volatile sulfide predicts the acute toxicity of cadmium and nickel in sediments. *Environmental Science Technology*. Vol. 26. 96-101 Pp.

Duursma, E. K. & M. Marchand. 1974. Aspects of organic marine pollution. *Ann. Rev. Oceanogr. Mar. Biol.* Vol. 12. 315-431 Pp.

García Ríos, V. Y. y G. Gold Bouchot. 2002. Especiación de metales pesados en sedimentos de la Bahía de Chetumal, Quintana Roo, y la acumulación en el tejido muscular de bagres (*Ariopsis assimilis*). En: Rosado-May, F. J., R. Romero Mayo y A. Navarrete (Eds). 2002. 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. 143-148 Pp.

Hargrave, B. T. 1970. The utilization of benthic microflora by *Hyallela azteca* (Amphipoda).- *Journal of Animal Ecology*. Vol. 39. 427-438 Pp.

Harrison, P. G., & K. H. Mann. 1975. Chemical changes during the seasonal cycle of growth and decay of eelgrass (*Zostera marina*) leaves.-*Marine biology*. Vol. 61. 21-26 Pp.

Hargrave, B.T., P. Germain, J-C. Philippot, G. Hemon & J.N.Smith. 1992. Stable elements and <sup>210</sup>Po in the deep-sea amphipod *Eurythenes gryllus*. *Deep-sea Research A* Vol. 39. 37-44Pp.

Harrison, P. G. y K. H. Mann. 1975. Detritus formation from eelgrass (*Zostera marina* L.): The relative effects of fragmentation, leaching and decay. *Limnology and Oceanography*. Vol. 20, No. 6. 924-934 Pp.

Heard, R. W. 1982. Guide to common tidal marsh invertebrates of the northeastern Gulf of Mexico. Mississippi Alabama Sea Grant Consortium. 1-81 Pp.

Hickey, C. W. & D. S. Roper. 1992. Acute toxicity of cadmium to two species of infaunal marine amphipods (tube-dwelling and burrowing) from New Zealand. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. Vol. 49. 165-170 Pp.

Jiménez Cisneros, B. E. 2001. La contaminación Ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada. Limusa, Colegio de Ingenieros Ambientales de México, A. C., Instituto de Ingeniería de la UNAM y FEMISCA. México. 925 Pp.

Johnson, I. T. & M. B. Jones. 1990. Effect of Zinc on Osmoregulation of *Gammarus duebeni* (Crustacea: Amphipods) from the Estuary and the Sewage Treatment Works at Looe, Cornwall. *Ophelia* OPHLAN, Vol. 31. No. 3. 187-196 Pp.

Johnson, S. E. 1986. Amphipoda. En: [W. Sterrer ediciones.] *Marine Fauna and Flora of Bermuda*. Wiley-Interscience Publication. New York. 372-381 Pp.

Kasymov, A. G. & E. E. Velikhanov. 1991. The joint effect of oil and drilling agents on some invertebrate species of the Caspian Sea. *Water, Air & Soil Pollution*. Vol. 62. No. 1. 1-11Pp.

Lardicci, C. & F. Rossi. 1998. Detection of stress on macrozoobenthos: Evaluation of some methods in a coastal Mediterranean lagoon. *Mar. Environ. Res.* 45. 367-386 Pp.

Lee, S. Y. 1997. Potential trophic importance of the faecal material of the mangrove sesarmine crab *Sesarma messa*. *Marine Ecology Progress Series*. Vol. 159. 275-284 Pp.

Lee et al. 1997 en: Conlan, K. E. 1994. Amphipod crustaceans and environmental disturbance: a review. *Journal of Natural History*. Vol. 28. 519-554 Pp.

Lindeman, D. 1990. Phylogeni and zoozoogeography of the new world terrestrial amphipods (Crustacea: Amphipoda: Talitridae) *Can J. Zool.* 69. 1104-1116 Pp.

Martín, A. e Y. J. Diaz. 2003. La fauna de anfípodos (Crustácea: Amphípoda) de las aguas costeras de la región oriental de Venezuela. *Boletín. Instituto Español de Oceanografía*. Vol. 19. 327-344 Pp.

Martin, T. R. & D. M. Holdich. 1986. Acute lethal toxicity of heavy metals to peracarid crustaceans (with particular reference to fresh-water asellids and gammarids. *Water Research WATRAG*. Vol. 20, No. 9. 1137-1147 Pp.

McCahon, C. P. & D. Pascoe. 1988. Culture techniques for three freshwater macroinvertebrate species and their use in toxicity tests. *Chemosphere CMSHAF*. Vol. 17. No. 12. 2471-2480 Pp.

Mckinney, L. D. 1977. The origin and distribution of shallow water Gammaridean Amphipoda in the gulf of México and Caribbean Sea with notes on their ecology. University Microfilms International. 348 Pp.

Medina Gómez, I., J. A. Herrera Silveira. A. Jiménez Zaldívar. M. Aguayo González. J. Trejo Peña. I. Medina Chan y P. Tapia González. 2002. Metabolismo de la bahía de Chetumal basado en el balance estequiométrico de nutrientes. En: Rosado-May, F. J., R. Romero Mayo y A. Navarrete (Eds). 2002. Contribuciones de la ciencia al manejo costero integrado de la Bahía de Chetumal y su área de influencia. Universidad de Quintana Roo. 33-42 Pp.

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

Navarrete, A. J., J. J. Oliva Rivera. V. Valencia Beltrán y N. Quintero López. 2000. Distribución de los sedimentos en la Bahía de Chetumal, Quintana Roo, México. Hidrobiológica. Vol. 1. 61-67 Pp.

Olabarria, C., J. L. Carballo y C. Vega. 2001. Cambios espacio-temporales en la estructura trófica de asociaciones de moluscos del intermareal rocoso en un sustrato tropical. Ciencias Marinas. Vol. 27. 235-254 Pp.

Oliva, J. J, y M. S. Jiménez, 1992. Anfípodos bentónicos (Crustacea: Peracarida) de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an (169-195 p.). En: Navarro, D. Suárez-Morales (eds.), Diversidad Biológica en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México. Vol, II. CIQROISEDESOL.

Olivera Gómez, L. D. 2002. Asociación entre características del hábitat y la distribución y abundancia del manatí antillano (*Trichechus manatus manatus*) en el norte de la bahía de Chetumal. En: Rosado-May, F. J., R. Romero Mayo y A. Navarrete (Eds). 2002. Contribuciones de la ciencia al manejo costero integrado de la Bahía de Chetumal y su área de influencia. Universidad de Quintana Roo. 61-66 Pp.

Ortiz, M. 1978. Invertebrados marinos bentónicos de Cuba. I. Crustacea, Amphipoda, Gammaridea. Investigaciones Marinas Vol. 38. 3-10 Pp.



Ortiz Hernandez, M. C., J. R. Sáenz Morales. A. Vásquez Botello. G. Díaz González. B. Jasso Méndez. 1997. Presencia de plaguicidas en la población rural y su impacto ecológico en el Río Hondo, Quintana Roo, México. ECOSUR. CONACyT. 31 Pp.

Ortiz, M., A. Martín. I. Winfield. Y. Díaz y D. Atienza. 2004. Anfípodos (Crustacea: Gammaridea). Universidad Nacional Autónoma de México. 151 Pp.

Ortiz, M., F. Álvarez. I. Winfield. Caprellid Amphipods. Universidad Nacional Autónoma de México. 82 Pp.

O' Shea, T., G. Rathbun. E. Asper & S. Searls. 1984. Tolerance of West Indian manatee to capture and handling. Biol. Cons. Vol. 33. 335-349 Pp.

Riviere, J. 1979. Métodos generales de depuración de aguas residuales. En: M. Pesson (Ed.). La contaminación de las aguas continentales: Incidencias sobre la biocenosis. Mundi-Prensa. Madrid. 27-43 Pp.

Roddie et al. 1992 en: Conlan, K. E. 1994. Amphipod crustaceans and environmental disturbance: a review. Journal of Natural History. Vol. 28. 519-554 Pp.

Rojas Mingüer, A. y B. Morales Vela. 2002. Metales en hueso y sangre de manatíes (*Trichechus manatus manatus*) de la bahía de Chetumal, Quintana Roo, México. En: Rosado-May, F. J., R. Romero Mayo y A. Navarrete (Eds). 2002. Contribuciones de la ciencia al manejo costero integrado de la Bahía de Chetumal y su área de influencia. Universidad de Quintana Roo. 133-142 Pp.

Rosado-May, F. J., R. Romero Mayo y A. Navarrete (Eds). 2002. Contribuciones de la ciencia al manejo costero integrado de la Bahía de Chetumal y su área de influencia. Universidad de Quintana Roo.- (Serie Bahía de Chetumal No. 2). 327 Pp.

Roth, S. & J. Wilson. 1998. Functional analysis by trophic guilds of macrobenthic community structure in Dublin Bay, Ireland. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. Vol. 222. 195-217 Pp.

Smith, Robert Leo y Smith Thomas M. Ecología. 4ta. Edición. Pearson Educación, S. A. Madrid. 2001. 579 Pp.

Solis Weiss, V. 1982. Aspectos ecológicos de la contaminación orgánica sobre el macrobentos de las cuencas de sedimentación en la Bahía de Marsella (Francia). Instituto

de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México. Vol. 1. 19 – 44 Pp.

Spellerberg, I. F. 1992. Evaluation and assessment for conservation. Chapman & Hall, London, 354 Pp.

Sundelin, B. 1983. Effects of cadmium on *Pontoporeia affinis* (Crustacea: amphipoda) in laboratory soft-bottom microcosms. Mar. Biol. Vol. 74. 203-212Pp.

Sushchenya, L. M. 1968. Elements of energy balance in the amphipod *Orchestia bottae* Mil.-Edw. (Amphipoda-Talitroidea).- Biology Morya Vol.15. 52-70 Pp.

Tait, R. V. 1981. Elements of Marine Ecology. Butterworths. London. 356 Pp.

Taylor, S.M., T. R. Mallon & W. P. Green. 1989. Efficacy of a homoeopathic prophylaxis against experimental infection of calves by the bovine lungworm *Dictyocaulus viviparus*. The Veterinary Record. Vol. 124. 15-17 Pp.

Thomas, J. D. 1993. Biological monitoring and tropical biodiversity in marine environments: A critique with recommendations, and comments on the use of amphipods as bioindicators.- Journal of Natural History. Vol. 4. 795-806 Pp.

# 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	***	***
		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 Pro-territorio	12A	50	366405	2049047
		12B	150	366537	2049026
		12C	300	366642	2049039
13	Balneario “Calderitas”	13A	50	367918	2051982
		13B	150	0.367979	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. Contenido de Materia Orgánica en el Sedimento.

Estaciones	Tamaño promedio grano (mm)	SECAS %C	LLUVIAS %C	NORTES %C
1A	0,28	1.581	1.729	1.614
1B	0,44	1.171	1.876	1.679
1C	0,33	1.036	1.229	1.5
2A	0,25	1.357	1.371	1.357
2B	0,26	1.071	1.086	1.243
2C	0,18	1.143	0.971	1.179
3A	0,34	2.207	2.614	2.629
3B	0,68	2.121	2.529	2.971
3C	0,76	2.657	2.714	3
4A	0,72	1.743	2.55	1.907
4B	0,71	2.143	2.279	2.071
4C	0,94	1.979	1.8	2.121
5A	0,52	1.8	2.329	2.271
5B	0,71	1.914	2.093	2.4
5C	0,83	1.771	2.35	1.771
6A	0,31	2.093	2.021	2.107
6B	0,40	1.721	1.807	***
6C	0,96	2.071	2.4	1.636
7A	0,44	1.679	1.879	1.638
7B	0,81	1.379	1.536	***
7C	0,66	2.5	2.514	2.457
8A	0,23	1.343	1.836	1.464
8B	0,34	1.457	1.079	1.293
8C	0,81	2.329	2.586	1.95
9A	0,55	2.307	1.75	1.65
9B	0,27	1.586	1.543	***
9C	1,23	***	2.464	2.314
10A	0,26	0.757	0.921	1.929
10B	0,38	0.9	1.136	1.371
10C	1,22	1.781	1.886	2
11A	***	***	1.676	***
11B	***	***	2.557	***
11C	***	***	2.362	2.333
12A	0,26	1.143	1.429	1.305
12B	0,40	0.971	1.143	1.179
12C	0,82	2.176	2.557	2.243
13A	0,88	1.193	1.693	1.5
13B	0,65	1.35	1.471	1.693
13C	0,35	1.271	1.379	1.707
14A	0,33	0.679	1.043	0.957
14B	0,43	0.929	1.021	1.029
14C	0,50	0.686	1.014	1.007
15A	0,64	1.386	1.276	1.762
15B	0,94	1.8	2.136	2.457

15C	0,89	2.05	2.064	2.586
16A	0,47	2.586	1	2.993
16B	0,34	2.564	2.657	2.443
16C	0,50	2.219	2	2.714
17	0,51	2.193	2.093	2.729
18	0,51	1.571	2.571	1.829

\*\*\* No datos

Anexo 3. Abundancia por familias de Anfipodos durante el periodo de muestreo

Estaciones	Familias				
	Corophiidae	Melitidae	Hyaellidae	Hyalidae	Amphilochidae
1A					
1B					
1C	7				
2A					
2B					
2C					
3A					
3B					
3C	1				
4A	312			4	
4B	242				1
4C	94				
5A	2				
5B	167				
5C	127				
6A	126	3			
6B	2				
6C	101				
7A	12				
7B	4				
7C	235				
8A	7				
8B	1				
8C	9				
9A	7				
9B	7				
9C	1				
10A	1				
10B	1				
10C					
11A	1				
11B	3				
11C	50				
12A	36	1	3		
12B	24				
12C	187				
13A	35				
13B	66				
13C	29				
14A	1				
14B					
14C					



15A	4				
15B	65				
15C	306				
16A	24				
16B	2				
16C	40				
17	149				
18	110		1	1	

Anexo 4. Biomasa por familias de Anfipodos durante el periodo de muestreo.

Estaciones	Familias				
	Corophiidae	Melitidae	Hyaellidae	Hyalidae	Amphilochoidea
1A					
1B					
1C	0.0082				
2A					
2B					
2C					
3A					
3B					
3C	0.0004				
4A	0.622			0.0062	
4B	0.7064				0.0001
4C	0.106				
5A	0.0008				
5B	0.3197				
5C	0.1527				
6A	0.1493	0.0022			
6B	0.0001				
6C	0.1697				
7A	0.0102				
7B	0.0021				
7C	0.6361				
8A	0.0298				
8B	0.0009				
8C	0.0094				
9A	0.0095				
9B	0.0016				
9C	0.0026				
10A	0.0001				
10B	0.0001				
10C					
11A	0.0011				
11B	0.0006				
11C	0.0871				
12A	0.0458	0.0009	0.013		
12B	0.0378				
12C	0.5527				
13A	0.0238				
13B	0.04				
13C	0.0262				
14A	0.0024				
14B					
14C					
15A	0.0036				

15B	0.125				
15C	1.6857				
16A	0.0318				
16B	0.0032				
16C	0.0402				
17	0.2669				
18	0.176		0.0024	0.0066	

\*\*\* No datos

Anexo 5. Parámetros Físico-Químicos en Época de Secas.

Estaciones	Profundidad (m)	Temperatura (°C)	Salinidad (ppm)	pH	OD (mg/l)	SDT (g/l)	Conductividad mS/cm
1A	0.53	30.57	7.8	7	0.47	8.79	14.82
1B	0.7	30.52	5.35	7.78	0.71	6.23	10.65
1C	0.8	30.86	6.12	7.73	1.17	7.05	12.03
2A	1.3	30.71	7.36	7.7	0.89	8.39	14.32
2B	1.31	31	11.04	7.81	1.67	12.05	20.72
2C	1.7	30.79	8.3	7.77	1.48	10.02	17
3A	1.02	31.01	16.09	7.96	1.79	18.16	32.82
3B	1.09	30.56	18.59	7.97	2.7	19.73	34.08
3C	1.6	30.55	18.15	7.99	3.74	19.2	32.36
4A	0.53	31.22	18.6	8.02	4.71	19.62	33.93
4B	0.39	30.64	17.01	8.01	4	18.28	31.52
4C	0.55	29.58	20.96	8.16	2.96	21.89	36.59
5A	0.61	29.9	21.63	8.15	3.4	22.48	37.85
5B	0.58	29.93	21.58	8.16	4	22.44	37.78
5C	1.03	29.8	21.77	8.23	5.12	22.5	37.99
6A	0.3	31.66	20.93	8.17	6.17	21.87	37.94
6B	0.48	30.82	21.49	8.14	5.74	22.38	36.77
6C	1.64	30.18	22.33	8.26	6.64	23.16	39.16
7A	0.26	32.36	21.24	8.09	6.37	22.18	38.97
7B	0.47	31.27	21.8	8.14	6.08	22.69	39.09
7C	1.52	30.61	22.12	8.18	6.56	22.97	39.13
8A	0.23	32.13	21.39	8.17	7.15	22.32	38.99
8B	0.21	32	21.49	8.16	7.01	22.41	39.08
8C	0.92	30.77	22.12	8.19	6.74	22.98	39.25
9A	***	***	***	***	***	***	***
9B	0.52	31.61	21.89	8.18	7.31	22.77	39.46
9C	***	***	***	***	***	***	***
10A	0.25	31	21.55	7.97	5.25	22.49	38.39
10B	0.67	30.53	21.74	8.05	5.79	22.63	38.5
10C	1.48	30.48	21.86	8.06	6.45	22.72	38.61
11A	***	***	***	***	***	***	***
11B	***	***	***	***	***	***	***
11C	***	***	***	***	***	***	***
12A	0.05	34.69	21.51	8.14	5.66	22.47	40.13
12B	0.44	32.4	21.84	8.19	6.23	22.75	47.44
12C	1.15	31.47	21.92	8.18	8.35	22.81	39.44
13A	1.03	31.6	21.61	8.19	8.4	22.52	39
13B	1.33	31.38	21.82	8.21	7.82	22.71	39.18
13C	1.33	31.22	21.9	8.24	7.61	22.77	39.19
14A	0.16	30.15	4.81	7.71	4.01	5.6	9.18
14B	0.29	30.98	14.64	7.92	3.57	14.28	23.55
14C	0.39	30.6	5.29	7.8	3.75	5.79	15.01
15A	0.64	31.05	20.15	8.01	3.41	21.21	36.41

15B	1.13	30.92	21.23	8.1	4.5	22.42	38.02
15C	1.41	30.7	21.85	8.19	5.09	22.71	38.74
16A	0.65	30.23	15.16	7.96	5.06	16.52	27.18
16B	1.1	30.58	20.67	8.02	4.6	21.75	33.1
16C	0.98	30.47	18.42	7.98	4.38	19.39	32.97
17	1.41	31.05	22.17	8.21	9.34	23.03	39.51
18	1.43	31.44	22.06	8.2	9.33	22.92	39.66

\*\*\*No datos

Anexo 6. Parámetros Físico-Químicos en Época de Lluvias.

Estaciones	Profundidad (m)	Temperatura (°C)	Salinidad (ppm)	pH	OD (mg/l)	SDT (g/l)	Conductividad mS/cm
1A	0.38	30.09	2.21	7.13	1.7	2.72	4.19
1B	0.3	30.18	1.19	7.15	1.8	1.51	2.32
1C	0.41	29.8	1.05	7.24	1.4	1.34	2.07
2A	0.75	31.15	9.66	8.03	1.6	10.79	16.61
2B	0.82	30.55	15.61	8.06	1.8	16.74	25.75
2C	1.21	30.28	16.15	8.07	1.8	17.26	26.55
3A	0.48	30.85	12.99	7.85	***	14.16	21.79
3B	1.13	31.28	15.61	8.09	***	16.76	25.78
3C	1.36	30.86	15.86	8.14	***	16.99	26.14
4A	0.85	29.94	15.9	8.17	***	17.01	26.17
4B	***	***	***	***	***	***	***
4C	1	30.01	17.67	8.18	1.8	18.73	28.81
5A	0.8	30.01	17.52	8.13	***	18.58	28.59
5B	1.16	30.15	17.13	8.14	2	18.2	28.01
5C	1.2	30.21	16.24	8.12	2	17.34	26.69
6A	0.38	30.61	17.26	8.06	2	18.34	28.22
6B	0.82	30.41	17.73	8.22	2.9	18.8	28.92
6C	1.58	30.51	16.11	8.21	***	17.23	26.51
7A	0.33	30.98	15.48	8.17	3.3	16.62	25.56
7B	0.74	30.37	15.81	8.19	***	16.94	26.05
7C	1.77	30.08	14.43	8.26	3	15.57	23.96
8A	0.38	31.13	14.6	8.22	3.1	15.76	24.25
8B	0.67	30.47	14.94	8.15	***	16.08	24.73
8C	1.55	30.08	13.78	8.2	2.8	14.93	22.97
9A	0.38	31.79	15.15	8.16	3	16.31	25.1
9B	1.14	30.36	14.87	8.19	3	16.02	24.64
9C	1.58	30.32	16.36	8.17	3	16.3	26.44
10A	0.54	31.24	16.96	8.31	***	17.88	31.05
10B	0.8	30.95	14.63	8.16	***	18.37	26.77
10C	1.15	31.14	15.37	8.13	***	15.71	28.29
11A	0.86	30.74	16.77	8.25	2.1	17.87	27.49
11B	1.08	30.41	16.76	8.25	3.3	17.85	27.46
11C	2.12	30.46	17.93	8.35	3.4	18.99	29.21
12A	0.2	31.36	16.79	8.25	4.7	17.9	27.53
12B	0.96	30.89	17.49	8.29	4.6	18.57	28.57
12C	1.64	30.64	19.2	8.35	4.9	20.2	31.08
13A	1.33	30.68	16.75	7.97	3.4	17.85	27.45
13B	1.67	30.69	17.46	8.08	3.5	18.54	28.53
13C	***	***	***	***	***	***	***
14A	0.3	30.01	1.24	6.87	1.3	1.58	2.44
14B	0.32	29.66	1.78	6.88	***	2.21	3.4
14C	0.3	29.86	4.07	7.2	***	4.73	7.28
15A	0.28	29.03	2.92	6.61	***	3.53	5.44

15B	1.1	30.61	17.16	7.15	***	18.24	28.07
15C	1.67	30.41	17.42	7.91	***	18.49	28.45
16A	1.09	29.3	10.56	7.54	***	11.66	17.93
16B	1.2	29.52	10.09	7.69	***	11.18	17.19
16C	0.71	31.39	2.89	6.65	***	3.52	5.41
17	3.31	30.55	17.07	8.29	***	17.14	29.46
18	2.4	30.23	15.55	8.17	***	17.24	28.14

\*\*\*No datos

Anexo 7. Parámetros Físico-Químicos en Época de Nortes.

Estaciones	Profundidad (m)	Temperatura (°C)	Salinidad (ppm)	pH	OD (mg/l)	SDT (g/l)	Conductividad mS/cm
1A	0.4	29	0	7.48	2.4	3.32	4.73
1B	0.4	28.43	0	7.5	2.83	3.55	5.06
1C	0.7	28.08	0	7.52	2.7	3.63	5.15
2A	1	28.03	0	7.46	2.63	5.04	7.26
2B	1.5	27.7	0	7.53	2.18	6.13	8.73
2C	1.7	27.15	0	7.53	1.1	6.79	9.7
3A	0.4	27.8	1	7.56	2.9	9.84	14.04
3B	1.2	24.7	5	7.43	2	12.99	18.5
3C	1.4	25	3	7.51	1	10.07	14.3
4A	0.7	27.45	6.25	7.58	2.38	13.94	19.98
4B	1	28.03	4.75	7.5	2.9	13.48	19.3
4C	1.2	28.7	4.25	7.65	3.28	13.45	19.1
5A	1	30.68	3	7.7	3.45	13.89	19.85
5B	1.2	30.15	2.75	7.53	3.6	13.74	19.68
5C	1.5	30.7	1.75	7.6	2.68	11.84	16.99
6A	0.8	30.9	5.75	7.77	0.6	12.8	18.33
6B	1.8	30.55	3.75	7.67	1	9.28	13.25
6C	1.5	30.15	9.75	7.54	0.5	13.79	19.73
7A	0.4	30.28	0	7.56	0.4	9.59	13.31
7B	1.5	29.9	7.33	7.7	2.2	10.52	15
7C	2	28.8	10.5	7.78	2.9	14.45	20.7
8A	0.5	29.98	6.75	7.9	2.28	10.31	15.07
8B	1	29.43	6	7.85	2.4	10.34	14.74
8C	2	29.15	9.25	7.76	2.05	13.04	18.63
9A	0.5	27.48	11	7.82	2.13	14.34	20.58
9B	1.5	27.23	11	7.75	2.13	14.41	20.6
9C	1.8	27.53	12.75	7.75	0.43	15.28	21.78
10A	0.5	26.45	11.5	7.63	0.98	13.97	19.9
10B	1.5	26.7	11.75	7.73	1.4	14.23	20.03
10C	2.5	27.03	11	7.61	0.63	14.21	21.18
11A	***	***	***	***	***	***	4.73
11B	1	26.8	11	7.61	3.5	15.03	5.06
11C	2.5	27.4	11	7.66	0.7	15.8	5.15
12A	0.5	26.4	10	***		14.4	7.26
12B	2.5	26.58	13	7.75	***	14.77	8.73
12C	3	26	11.25	7.7	1.15	14.18	9.7
13A	1.2	26.55	11	7.55	***	13.59	14.04
13B	1.5	26.58	11	7.5	***	13.59	18.5
13C	1.8	26.3	10.25	7.63	0.4	13.73	14.3
14A	0.4	30.25	0	7.33	1.4	5.42	19.98
14B	0.9	29.2	0	7.47	1.4	3.94	19.3
14C	1	28.83	0	7.45	2.03	2.94	19.1



15A	1.3	28.35	0	7.35	2.4	6.58	19.85
15B	1.5	28.3	0	7.49	2.33	5.9	19.68
15C	1.7	28.53	0	7.34	1.9	4.06	16.99
16A	0.8	25.85	4.75	6.54	2.93	11.61	18.33
16B	1.3	26.23	3.5	6.78	2.45	11.85	13.25
16C	1.5	26.55	4.75	6.95	1.95	12.09	19.73
17	2.5	25.4	10	7.76	4.2	9.53	13.31
18	2	25.5	6	7.64	4.1	9.65	15

\*\*\*No datos