



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

---

**LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE  
MATERIA ORGÁNICA DEL SEDIMENTO EN LA  
BAHÍA DE CHETUMAL**

---

**TESIS**

Para obtener el grado de

**Ingeniero Ambiental**

PRESENTA

**JANETT GLORICEL VALDEZ FRÍAS**

DIRECTOR DE TESIS

**DR. VÍCTOR HUGO DELGADO BLAS**

ASESORES

**M.C. JOSÉ LUIS GONZÁLEZ BUCIO**  
**M.P. CRISTINA DEL SOCORRO TUZ HAMILTON**  
**DR. JOSÉ MANUEL CARRIÓN JIMÉNEZ**  
**M.I.A. JUAN CARLOS ÁVILA REVELES**





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

**TRABAJO DE TESIS BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ DEL  
PROGRAMA DE LICENCIATURA Y APROBADA COMO  
REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE:**

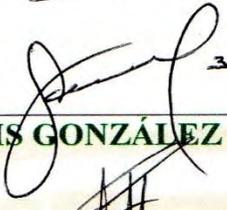
**INGENIERO AMBIENTAL**

**COMITÉ DE TESIS**

**DIRECTOR:**

  
\_\_\_\_\_  
**DR. VÍCTOR HUGO DELGADO BLAS**

**ASESOR:**

  
\_\_\_\_\_  
**M.C. JOSÉ LUIS GONZÁLEZ BUCIO**

**ASESOR:**

  
\_\_\_\_\_  
**M.P. CRISTINA DEL SOCORRO TUZ HAMILTON**

**ASESOR:**

  
\_\_\_\_\_  
**DR. JOSÉ MANUEL CARRIÓN JIMÉNEZ**

**ASESOR:**

  
\_\_\_\_\_  
**M.I.A. JUAN CARLOS ÁVILA REVELES**



CHETUMAL, QUINTANA ROO, MÉXICO, NOVIEMBRE DE 2017.



LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL  
SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

**LOS ANFÍPODOS COMO  
BIOINDICADORES DE MATERIA  
ORGÁNICA DEL SEDIMENTO  
EN LA BAHÍA DE CHETUMAL**

# LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

## AGRADECIMIENTOS

Primero que nada quiero agradecer a Dios quien fue mi guía y me permitió seguir mi camino y culminar este proyecto.

De la misma forma agradezco a mi hija por ser lo mejor de mi vida y estar a mi lado en esta carrera año con año, paso a paso, quien conmigo sufrió los desvelos por tareas y ausencias de su madre, para estar presente en la universidad. Te amo Andrea Valdez, por darme felicidad en los momentos más estresantes de mi vida, que tu presencia convirtió todos mis días en mejores.

Abuela, te adoro, señora a usted le debo mucho, el quererme. El procurarme, el llorar conmigo, el amar a mi pequeña, el solaparme mis travesuras y jalarme las orejas cuando fue necesario. Gracias Tecli, te amamos.

También quiero agradecer a mi mamá que, con empujones y regaños, con abrazos y mucho amor me dedicó el tiempo para que yo siguiera adelante a pesar de mis tropiezos. Que me apoyó en todo momento, que se preocupó por mi cuando más la necesité, a ti mama te agradezco que nunca hayas soltado mi mano, y que recibiste con los brazos abiertos a tu nieta. Gracias Glory, te amo mamá.

Agradezco a mis hermanos y tío, Iván por jalarme las orejas cuando me salía del camino y ser un gran ejemplo, a Francisco por escucharme siempre y consolarme con mis días malos, a Carlos por quererme tanto y protegerme siempre.

A mi Director de tesis el Dr. Víctor Delgado quien pasó de ser más que un profesor, sino un amigo, que me tuvo paciencia y me escucho tantas veces, quien leyó y corrigió este documento por mucho tiempo. Que fue mi tutor de carrera y procuro lo mejor para mí mientras yo estuve estudiando y aun después de la universidad.

Profesores de la Uqroo gracias, por hacer amenas las clases, tan grandes mis sonrisas al recibir nueves y dieces, por tenerme paciencia. Por ser mis guías.

A mis amigos de la Universidad: Claudia, Alo, Moy, Sergio, Luis, Adal, Yaz, Pili, Stacey, Yu-lin, Anahi, Polo, Santy, Irvin que sin ellos la escuela fueran solo salones y letras, quienes hicieron equipo y compartieron ideas conmigo, a todos aquellos quienes se esforzaron por ayudarme y acompañarme.

Amigas del trabajo que siempre me echaron porras cuando me sentía agotada, animándome para que todo salga perfecto.

Mi mejor amigo Antonio gracias por ser mi cómplice, mi amigo, mi amor y más durante muchos años de la escuela. Con quien compartí muchas tareas y desvelos, que fuiste mi hombro para desahogarme. Te agradezco los regaños y las risas, pero sobre todo tu sinceridad.

A todos gracias por creer en mí, ¡SI PUDE!

LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL  
SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

**Índice general**

<b>Agradecimientos</b> .....	<b>ii</b>
<b>Resumen</b> .....	<b>1</b>
<b><u>CAPITULO I</u></b>	
Introducción.....	<b>3</b>
Antecedentes.....	<b>4</b>
Objetivo General.....	<b>7</b>
Objetivos particulares.....	<b>7</b>
Hipótesis.....	<b>8</b>
Planteamiento del problema.....	<b>8</b>
Área de estudio.....	<b>8</b>
<b><u>CAPITULO II</u></b>	
Metodología.....	<b>11</b>
Determinación de las variables físico-químicas.....	<b>12</b>
Método de laboratorio.....	<b>13</b>
Procesamiento de las unidades muestrales para obtención de anfipodos.....	<b>13</b>
Procesamiento de unidades muestrales para Granulometría.....	<b>15</b>
Análisis de porcentaje de materia orgánica.....	<b>16</b>
Descripción de especies.....	<b>16</b>
Material revisado.....	<b>17</b>
Descripción.....	<b>17</b>
Observaciones.....	<b>17</b>
<b><u>CAPITULO III</u></b>	
Resultados.....	<b>19</b>
Distribución espacial de las especies registradas en el estudio.....	<b>19</b>
Diagnosis para cada familia y especies halladas.....	<b>20</b>
Corophiidae (Leach, 1814).....	<b>20</b>
Aoridae (Walker, 1908).....	<b>21</b>
Melitidae (Bousfield, 1973).....	<b>22</b>
Ischyroceridae (Stebbing, 1899).....	<b>24</b>

LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL  
SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

<u>Hyalidae</u> (Bulycheva, 1957).....	25
Parámetros físico-químicos.....	28
Análisis de porcentaje de Materia Orgánica.....	28
Temperatura.....	30
Oxígeno disuelto (OD).....	32
Potencial de Hidrogeno.....	34
Porcentaje de Salinidad (% Sal).....	36
Profundidad.....	38
Granulometría.....	40
<b><u>CAPITULO IV</u></b>	
Discusión.....	43
<b><u>CAPITULO V</u></b>	
Conclusiones.....	47
<b><u>CAPITULO VI</u></b>	
Recomendaciones.....	48
<b><u>CAPITULO VI</u></b>	
....Fuentes consultadas.....	49
<b><u>CAPITULO VI</u></b>	
Anexos I. Anfípodo con crías y/o huevos.....	54
Anexo II. Abundancia de los organismos identificados.....	55
Anexo III. . Comportamiento de la materia Orgánica en los diferentes transectos.....	56
Anexo IV. Abundancia respecto a los diferentes parámetros.....	60

LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL  
SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

**Índice de tablas**

<b>Tabla 1.</b> Materia Orgánica presente en los puntos muestra.....	<b>28</b>
<b>Tabla 2.</b> Temperatura de las estaciones en grados Celsius.....	<b>30</b>
<b>Tabla 3.</b> Oxígeno Disuelto de las estaciones.....	<b>32</b>
<b>Tabla 4.</b> Potencial de hidrogeno en cada estación.....	<b>34</b>
<b>Tabla 5.</b> Porcentaje de Salinidad en cada estación.....	<b>36</b>
<b>Tabla 6.</b> Profundidad en metros de la estación de muestreo.....	<b>38</b>
<b>Tabla 7.</b> Tipo de grano encontrado en cada estación.....	<b>40</b>
<b>Tabla 8.</b> Porcentaje granulométrico registrado en cada transecto.....	<b>41</b>
<b>Tabla 9.</b> Comportamiento de la profundidad-granulometría-total de estaciones.....	<b>41</b>
<b>Tabla 10.</b> Tabla general de presencia de anfípodos por especie por estación.....	<b>55</b>
<b>Tabla 11.</b> % MO en presencia de organismo.....	<b>56</b>
<b>Tabla.12.</b> % MO en ausencia de organismo.....	<b>56</b>
<b>Tabla 13.</b> Promedio del porcentaje de materia orgánica de todas las estaciones.....	<b>57</b>
<b>Tabla14.</b> Porcentaje de materia orgánica por transecto.....	<b>58</b>
<b>Tabla 15.</b> Porcentajes de las estaciones con rangos de materia orgánica.....	<b>59</b>
<b>Tabla 16.</b> Correlación entre el tipo de sedimento y los organismos.....	<b>60</b>
<b>Tabla 17.</b> temperatura en las estaciones. Para que podamos hacer una separación de organismos por temperaturas, separamos la temperatura por rangos.....	<b>60</b>
<b>Tabla 18.</b> Correlación de temperaturas-organismos.....	<b>61</b>
<b>Tabla 19.</b> correlación de salinidad- organismos.....	<b>61</b>
<b>Tabla 20.</b> correlación abundancia-profundidad.....	<b>62</b>
<b>Tabla 21.</b> Resumen de especies por estación.....	<b>62</b>
<b>Tabla 21.</b> Organismos por estación.....	<b>63</b>
<b>Tabla22.</b> Total de organismos por especie.....	<b>63</b>

LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL  
SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

**Índice de figuras**

<b>Figura 1.-</b> Visualización de los puntos en la bahía de Chetumal.....	<b>12</b>
<b>Figura 2.</b> Esquema general de las características de los anfípodos. Fuente: Liddell, H. G. y Scott R. (1940) .....	<b>14</b>
<b>Figura 3.</b> Esquema general de la cabeza de los anfípodos. Fuente: Bousfield (1973), recuperado de: <a href="https://peracarida.wordpress.com/orden-amphipoda">https://peracarida.wordpress.com/orden-amphipoda</a> .....	<b>15</b>
<b>Figura 4.</b> Presencia y ausencia de anfípodos de manera geográfica en el lugar exacto de muestreo, Blanco = 0 organismos; Amarillo = 1 organismo; Verde= 2 organismos; Azul= 3 organismos y Rojo= 4 organismos.....	<b>19</b>
<b>Figura 5.</b> <i>Corophium bonelli</i> , E L. Bousfield, 1972, Shallow- Water Gammaridean Amphipoda of New England. Figura 1 plate LXII, pg. 275.....	<b>21</b>
<b>Figura 6.</b> <i>Grandidierella bonnieroides</i> , Linda B Luntz, 1983, Guide to Common Tidal Invertebrates of the Northeastern Gulf of Mexico, figura 43, pg.38.....	<b>22</b>
<b>Figura 7.</b> <i>Melita Nitida</i> , E L. Bousfield, 1972, Shallow- Water Gammaridean Amphipoda of New England. Figura 2 plate IX, pg. 221 .....	<b>23</b>
<b>Figura 8.</b> <i>Cerapus tubularis</i> , E L. Bousfield, 1972, Shallow- Water Gammaridean Amphipoda of New England. Figura 1 plate LX, pg. 272.....	<b>25</b>
<b>Figura 9.</b> <i>Hyale plumosa</i> , E L. Bousfield, 1972, Shallow- Water Gammaridean Amphipoda of New England. Figura 2 plate XLIV, pg. 256.....	<b>26</b>
<b>Figura 10.</b> <i>Hyale nilssoni</i> , E L. Bousfield , 1972, Shallow- Water Gammaridean Amphipoda of New England. Figura 1 plate XLIV, pg. 256.....	<b>27</b>
<b>Figura 11.</b> Representación espaciales del comportamiento respecto al porcentaje de materia orgánica por transectos.....	<b>29</b>
<b>Figura 12.</b> Representación espaciales del comportamiento respecto a la temperatura por transectos.....	<b>31</b>
<b>Figura 13.</b> Representación espaciales del comportamiento respecto al oxígeno disuelto por transectos.....	<b>33</b>

LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL  
SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

**Figura 14.** Representación espaciales del comportamiento respecto al pH por transectos....**35**

**Figura 15.** Representación espaciales del comportamiento respecto a la Salinidad por transectos.....**37**

**Figura 16.** Representación espaciales del comportamiento respecto al pH por transectos.....**39**

**Figura 17.** Fotografía tomada desde el estereoscopio de laboratorio, División de Ciencias e Ingenierías, Janett Valdez Frías, 2015.....**54**

**Figura 18.** . Fotografía tomada desde el estereoscopio de laboratorio, División de Ciencias e Ingenierías, Janett Valdez Frías, 2015.....**54**

LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL  
SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

# Resumen

# LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

## Resumen

La bahía de Chetumal es un cuerpo de agua salobre muy extenso con profundidades de una a cinco m con la menor profundidad en los márgenes de la Bahía, que tiene intercambio de agua dulce con la desembocadura del Río Hondo que se encuentra rodeada de flora y fauna. El objetivo del presente trabajo es evaluar a los anfípodos como posibles bioindicadores de contaminación de materia orgánica del sustrato arenoso de la parte central y sur de la Bahía de Chetumal, Quintana Roo. Por lo que se realizó una recolección de sedimento y de organismos en la Bahía. Los parámetros físico-químicos medidos: temperatura, oxígeno disuelto, potencial de hidrogeno, porcentaje de salinidad y profundidad. Para identificar el tipo de sedimento se utilizó el programa Análisis Granulométrico de Sedimento (ANGS). El análisis de materia orgánica fue determinado por el método Loss on Ignition. Se identificaron 5 familias: Corophiidae, Aoridae, Melitidae, Ischyroceridae e Hyalidae; resultando Hyalidae con dos especies y una abundancia de 4 organismos, seguida de Aoridae, Ischyroceridae y Corophiidae con una sola especie y una abundancia de 6, 3 y 2 organismos, respectivamente. Se concluyó que la materia orgánica varió su concentración por cada transecto y estación: La estación T4E2 presentó 26 % de carbón orgánico, siendo el porcentaje más elevado, mientras la estación T2E1 presentó 3.1 % de carbón orgánico. El pH, oxígeno disuelto, profundidad y el porcentaje de salinidad, se encuentran distribuidos muy dispersamente, con excepción de la temperatura que se encuentra seccionada en 3 rangos diferentes, la más cálida fue la estación de la Isla Tamalcab y las otras 17 estaciones están divididas en 9 estaciones con un rango de temperatura de 23-25 °C y 7 estaciones con un rango de temperatura de 27.1-30.7 °C. El análisis granulométrico del sedimento se divide en cuatro categorías: Arena fina correspondiente al 12 % de las muestras, arena mediana con 35 %, arena gruesa 47 % y arenas muy gruesas con el 6 %.

**Palabras clave:** Anfípodos, Bahía de Chetumal, Materia Orgánica, bioindicadores, granulometría.

LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL  
SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

**CAPITULO I**

# LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

## INTRODUCCIÓN

Quintana Roo es uno de los estados en todo México con implementación y elaboración de programas de Ordenamiento Ecológico y de Áreas Naturales Protegidas. De las 21 áreas naturales protegidas decretadas en el estado, la Reserva Estatal Santuario del Manatí, Bahía de Chetumal es considerada como uno de los seis sitios prioritarios para la conservación del Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM), debido a la gran aportación de nutrientes provenientes del Río Hondo, por sus zonas de crianza para especies acuáticas comerciales, zonas de alimentación y refugio del manatí, zonas de anidación de aves, hábitat de especies de flora y fauna protegidas o en peligro de extinción y es una de las zonas de mejor estado de conservación de humedales y manglares en el sur de Quintan Roo (Espinoza Ávalos, 2009).

La bahía de Chetumal es un cuerpo de agua salobre muy extenso, que tiene intercambio de agua dulce con la desembocadura del Río Hondo. La bahía se encuentra rodeada de flora y fauna asociadas a las comunidades tropicales típicas de los humedales como es el manglar, incluyendo una gran biodiversidad de especies endémicas y en peligro de extinción (Espinoza Ávalos, 2009).

Es importante conocer de manera general el estado ambiental actual en el que se encuentra la bahía de Chetumal, ya que pertenece a un área con diversidad de importancia ecológica muy alto, y es refugio de especies protegidas como el manatí y es sitio de anidación de aves que emigran desde el norte del continente.

Los crustáceos anfípodos constituyen un componente importante en las comunidades bentónicas marinas y de agua dulce de todo el mundo (Thurston 1970; Klages y Gutt 1990a, b). Puede encontrárselos asociados a sustratos duros, vegetación acuática y algas (Muskó 1992; Poi de Neif 1992; Parsons y Matthews 1995), y juegan un importante papel en estos ecosistemas, representando en ocasiones una fracción significativa de la biomasa animal. Son principalmente consumidores, pero también sirven de alimento a varias especies de peces (Muskó 1992; Giorgi *et al.* 1996; Giorgi y Tiraboschi 1999). Algunas especies han sido estudiadas como huéspedes intermediarios o definitivos de parásitos (Camino 1989; Laberge y Mc Laughlin 1989; Mouritsen *et al.* 1997). El interés por estos organismos se ha incrementado recientemente por la posibilidad de utilizarlos como bioindicadores de condiciones ambientales y de contaminación.

## LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

Entre la diversidad de alimentación de los anfípodos encontramos algunos omnívoros, suspensívoros (McCain *et al.* 1968; Conlan *et al.* 1990). Los anfípodos son básicamente macrófagos que incluyen a los carnívoros y carroñeros, y los micrófagos, que como los huastóridos son llamados “limpiadores de arena” ya que se alimentan de la microflora de los sustratos y se alimentan del material orgánico en suspensión (Bousfield, 1973); como la gran mayoría de los anfípodos capturan su alimento en la columna de agua, pero cuando la comida escasea también la obtienen del sustrato bentónico (Hurley *et al.* 1954). Algunos anfípodos viven en el sedimento arenoso y construyen sus casas en formatubular con sedimentos finos que están mezclados con material particulado (Barnard *et al.* 1972). Los anfípodos también participan en la degradación de las hojas que se acumulan en el fondo, transformándolas en detrito orgánico (Heard, 1982).

### ANTECEDENTES

Winfield *et al.* (2015) realizaron un estudio para identificar anfípodos bénticos asociados a macroalgas del Puerto de Progreso, Yucatán, México, donde identificaron 39 especies agrupadas en 21 géneros, 16 familias y 2 subórdenes: Gammaridea y Corophiidea. Las especies *Caprella equilibra* (Say, 1818); *Dulichella lecroyae* (Lowry y Springthorpe, 2007); *Laticorophium baconi* (Shoemaker, 1934); *Lembos websteri* (Bate, 1857); *Leucothoe ashleyae* (Thomas y Klebba, 2006); *Leucothoe barana* (Thomas y Klebba, 2007); *Leucothoe garifunae* (Thomas y Klebba, 2007) y *Nasageneia yucatanensis* (Ledoyer, 1986) representan ampliaciones del ámbito geográfico hasta el sector sureste del golfo de México. Asimismo, *Ampelisca schellenbergi*, *Ampithoe longimana* y *Monocorophium acherusicum* fueron reconocidas como invasoras y *Ampithoe ramondi*, *Erichthonius brasiliensis*, *Plesiolembos rectangularis* y *Stenothoe gallensis* como potencialmente invasoras en el recinto portuario de Progreso. Con los hallazgos en ese estudio, el número de especies de anfípodos bentónicos que habitan la plataforma continental, frente al estado de Yucatán, se incrementa a 62 y a 94 para el sector sureste del golfo de México. Demostrando la distribución de estas especies por toda la península de Yucatán, por lo que, es relevante llevar a cabo estudios de abundancia, distribución y comportamiento de estas especies para determinar la calidad de cada cuerpo de agua.

## LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

Wilfield y Escobar-Briones en el 2007, estudiaron la composición y distribución espacial de los anfípodos bentónicos del sistema arrecifal del sector norte del Mar Caribe. Donde fueron identificadas 23 especies agrupadas en 9 familias y 7 superfamilias, entre los 25 y 419 m de profundidad. Las especies *Ampelisca vadorum*, *Ampelisca verrilli* y *Haploops* sp., constituyeron nuevos registros para la región. En términos de abundancia y frecuencia las especies dominantes fueron *Leucothoe spinicarpa*, *Elasmopus rapax*, *Leucothoe* sp., *Grandidierella* sp., *Erichthonius* sp. y *Chevalia* sp. La presencia de intersticios en los fragmentos de coral y las tormentas tropicales que depositan a profundidad dichos restos coralinos tienen influencia sobre la distribución batimétrica y geográfica de la composición, la riqueza y la abundancia de las especies de anfípodos en el área de estudio.

May-Kú et al. (2016) realizaron un estudio temporal y analizaron las variaciones fisicoquímicas del agua y sedimento en la laguna costera Yalahau, Quintana Roo. La salinidad, el silicato reactivo soluble (SiRS) y el tamaño de grano del sedimento fueron las variables que presentaron la mayor variabilidad espacial y temporal: (1) La zona externa fue caracterizada por salinidades marinas con escasa variación temporal, concentraciones bajas de SiRS ( $< 11 \mu\text{M}$ ) y predominio de arenas finas; (2) zona Mar-laguna, presentó la salinidad media mínima (35.5 g/l y escasa variación temporal, concentraciones de SiRS de  $\sim 10$  a  $15 \mu\text{M}$  en lluvias y nortes que se incrementaron hasta cuatro veces en secas y predominio de arenas gruesas; (3) zona Sur, caracterizada por condiciones mixohalinas en nortes y hiperhalinas en lluvias, concentraciones de SiRS de  $\sim 15$  a  $20 \mu\text{M}$  en lluvias y nortes que se incrementaron al doble en secas, y predominio de arenas gruesas; y (4) zona Norte, caracterizada por una tendencia permanente a la hiperhalinidad, concentraciones de SiRS  $> 10 \mu\text{M}$  durante las tres épocas climáticas que se incrementaron hasta seis veces en secas, cuando también se observaron concentraciones elevadas de amonio y fósforo reactivo soluble, en esta zona predominaron arenas finas. La condición relativamente prístina de esta área natural protegida sugiere que factores naturales como la presencia de praderas del pasto marino *Thalassia testudinum*, la magnitud de los aportes de agua dulce, la descomposición de materia orgánica y el aporte de nutrientes exógenos (e.g., excretas de aves marinas) ejercen gran influencia sobre la heterogeneidad ambiental de la laguna Yalahau.

## LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

Hay pocos estudios realizados de anfípodos en la bahía de Chetumal, los estudios existentes es sobre el bentos, uno de ellos es el de Carrera–Parra et al. 1997 quienes determinaron la fisionomía, estructura y cambios en la composición de los bentos en la zona costera de Othón P. Blanco donde se considera la desaparición de crustáceos anfípodos cercanos a las zonas de descargas de aguas residuales, como lo son *Corophium tuberculatum*, *Erihoniuss brasiliensis*, *Grandidierella bonnieroides*, *Hyale media* y *Melita Nitida*. Navarrete et al. (2000) consideraron, los cambios y ausencia en las comunidades del bentos, debido al incremento de descargas fluviales con alto contenido de materia orgánica hacia la bahía y la apertura y ampliación del muelle.

González et al. (2009), realizaron un estudio comparativo de diferentes especies del macrobentos en cuatro estaciones de la bahía de Chetumal, Quintana Roo como son la bahía de Chetumal (frente a la fuente del pescador), Alacranes (frente a la isla de Tamalcab), Luis Echeverría (punta Norte de Isla Tamalcab) y finalmente Cayo Venado (a 800 metros de Laguna Guerrero), en donde encontraron cinco especies de anfípodos: *Corophium tuberculatum*, *Erihoniuss brasiliensis*, *Melita nitida*, *Grandidierella bonnieroides* y *Hyale media*. Siendo las especies más abundantes *C. tuberculatum* con 314 individuos en la fuente del Pescador y con 430 individuos en Luis Echeverría y *E. brasiliensis* con 615 individuos en Luis Echeverría, y en la fuente del Pescador con 313.

Tuz-Hamilton (2008) realizó un estudio de calidad de agua frente a la zona conurbada de la bahía de Chetumal, Quintana Roo, consideró las tres épocas climáticas del estado de Quintana Roo (secas, lluvia y norte). Se identificaron cinco familias, Corophiidae, Hyalellidae, Melitidae, Hyalidae y Amphilocheidae. Siendo Corophiidae la más dominante en abundancia y diversidad durante las tres épocas de muestreo. Se encontraron siete especies *Grandidierella bonnieroides*, *Corophium* sp, *Cerapus* sp, *Melita nítida*, *Hyale media*, *Amphilocheus* sp y una especie de Hyalellidae. La especie *G. bonnieroides* presentó la mayor abundancia en las tres épocas de muestreo, manteniendo más del 90 % de abundancia en cada época. Concluyendo que el comportamiento de la diversidad y abundancia con respecto a la concentración de materia orgánica donde establece que existen especies de anfípodos tolerantes a la contaminación por MO, encontrándose las mayores abundancias y diversidad de especies en sitios que van de moderadamente

## LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

contaminados a contaminados, así como en sitios de condiciones azoicas. En este estudio se establecieron 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.

De acuerdo a los antecedentes se conoce que la bahía de Chetumal está siendo impactada por las descargas constantes de aguas residuales provenientes de la ciudad, con este análisis de identificación de especies se pretende determinar si alguna especie de anfípodos puede ser utilizado como organismos indicadores de contaminación por materia orgánica, ya que la alimentación de los anfípodos que habitan el bentos se basa prácticamente en consumir el material orgánico que se encuentra en su mismo hábitat (Bousfield, 1973), en suspensión en el agua, y a su capacidad de colonizar cualquier tipo de sustrato que provea de protección adecuada (Aikins y Kikuchi, 2001).

- **Objetivo general**

- Evaluar a los anfípodos como posibles bioindicadores de contaminación de materia orgánica del sustrato arenoso de la parte central y sur de la bahía de Chetumal Quintana Roo.

### **Objetivos particulares**

- Determinar la distribución, abundancia y diversidad de especies de anfípodos.
- Determinar la distribución espacial de las variables fisicoquímicas: materia orgánica, granulometría, temperatura, pH, profundidad y salinidad.
- Relacionar las abundancias y composición de especies de anfípodos con los parámetros de temperatura, pH, profundidad, salinidad, materia orgánica y tamaño de grano.

# LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

## **Hipótesis**

La diversidad y abundancia de anfípodos se incrementará en las estaciones de sustrato arenoso con mayor porcentaje de materia orgánica.

## **Planteamiento del problema**

La bahía de Chetumal está siendo impactada debido al crecimiento poblacional por las descargas constantes de aguas residuales y la gran cantidad de drenajes pluviales provenientes de la ciudad, y las malas obras gubernamentales construidas dentro de la bahía, lo que genera altos niveles de contaminación por materia orgánica debido al exceso de nutrientes de tipo biológico. Por todo esto, urgen estudios que indiquen las condiciones ambientales reales de la bahía de Chetumal. Por lo que se pretende usar a los anfípodos como indicadores de calidad del sedimento y los parámetros físicos que estén relacionados entre sí. Con este análisis de identificación de especies se pretende determinar si alguna especie o familia de anfípodos puede ser utilizado como organismos indicadores de contaminación por materia orgánica.

## **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' de latitud norte y los 87°51' y 88°23' de longitud oeste (Cano y Flores, 1990). Presenta aproximadamente 67 km de largo y 20 km en su parte más amplia con un área cercana a 1,100 km<sup>2</sup> (Fig. 1) (Delgado y Chavira, 1984).

La bocana que comunica al mar se localiza al SE y se encuentra bordeada por cayos y bancos de arena. En el interior de la bahía desemboca el Río Hondo cuyo lecho es producto de una falla geológica (Escobar, 1986); corre a lo largo de la frontera con Belice desde su nacimiento en el Petén guatemalteco, desembocando con un flujo aproximado de 70-80 m<sup>3</sup>/s, según Comisión Nacional del Agua (CNA). La presencia del río y zonas inundables que rodean a la bahía le dan características estuarinas ya que la salinidad promedio no sobrepasa las 14 ppm y podría considerarse un sistema hipohalino (Gasca y Castellanos, 1993). Además, por su escasa profundidad (3.28 m en promedio) el movimiento de las

## LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

masas de agua se determina, principalmente, por los vientos alisios predominantes del E y SE, con una velocidad promedio de 3 m/s (Chavira, *et al.* 1992). La zona urbana de Chetumal bordea casi 10 km de línea de costa. La zona más vieja de la ciudad desecha sus aguas residuales hacia la bahía a través de un sistema cloacal pluvial, calculando un promedio de descarga de desechos orgánicos de 200 m<sup>3</sup> por día (Ortiz y Sáenz, 1997).

## Capítulo II

# LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

## **Metodología**

Se realizó una serie de muestreos en la bahía de Chetumal del 03 de marzo al 31 de mayo del 2013, para la recolección de sedimento y para determinar el posible cambio en las comunidades de anfípodos y en los parámetros físico-químicos en los diferentes puntos muestreados.

El área de interés está seleccionada en 4 transectos de muestreo, comprendiendo 17 estaciones distribuidas en la bahía de Chetumal (Figura 1); los cuales fueron muestreados horizontalmente de sur a norte y las estaciones fueron separadas por 4.5 km cada una. En el transecto 1 se fijaron 4 estaciones de muestreo, en el transecto 2 fueron 3 estaciones, en los transectos 3 y 4 fueron 5 estaciones y en la isla de Tamalcab se fijó una sola estación (Figura 1). La abreviación de los transectos se denomina con la letra T, por lo tanto, los 4 transectos están asignados del 1 al 4 (T1, T2, T3 y T4), las estaciones son denominadas con la letra E y un número correspondiente según sea el número de estaciones por transecto (E1, E2, E3, etc). Para localizar una estación de las 17 muestreadas deberán llevar número de transecto y número de estación (ej. T1E1, T4E2).

Los posicionamientos de las estaciones de los muestreos fueron localizados por medio de un GPS (Sistema de Posicionamiento Global), y a bordo de una embarcación con motor fuera de borda. Las cuales fueron referenciadas en un software (Arc Map 10.5) para que sean visualizadas (Figura 1); cada estación (E) está marcada con el número al que pertenecen y al transecto (T) correspondiente:

# LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

## Representación de los transectos a lo largo de la Bahía de Chetumal

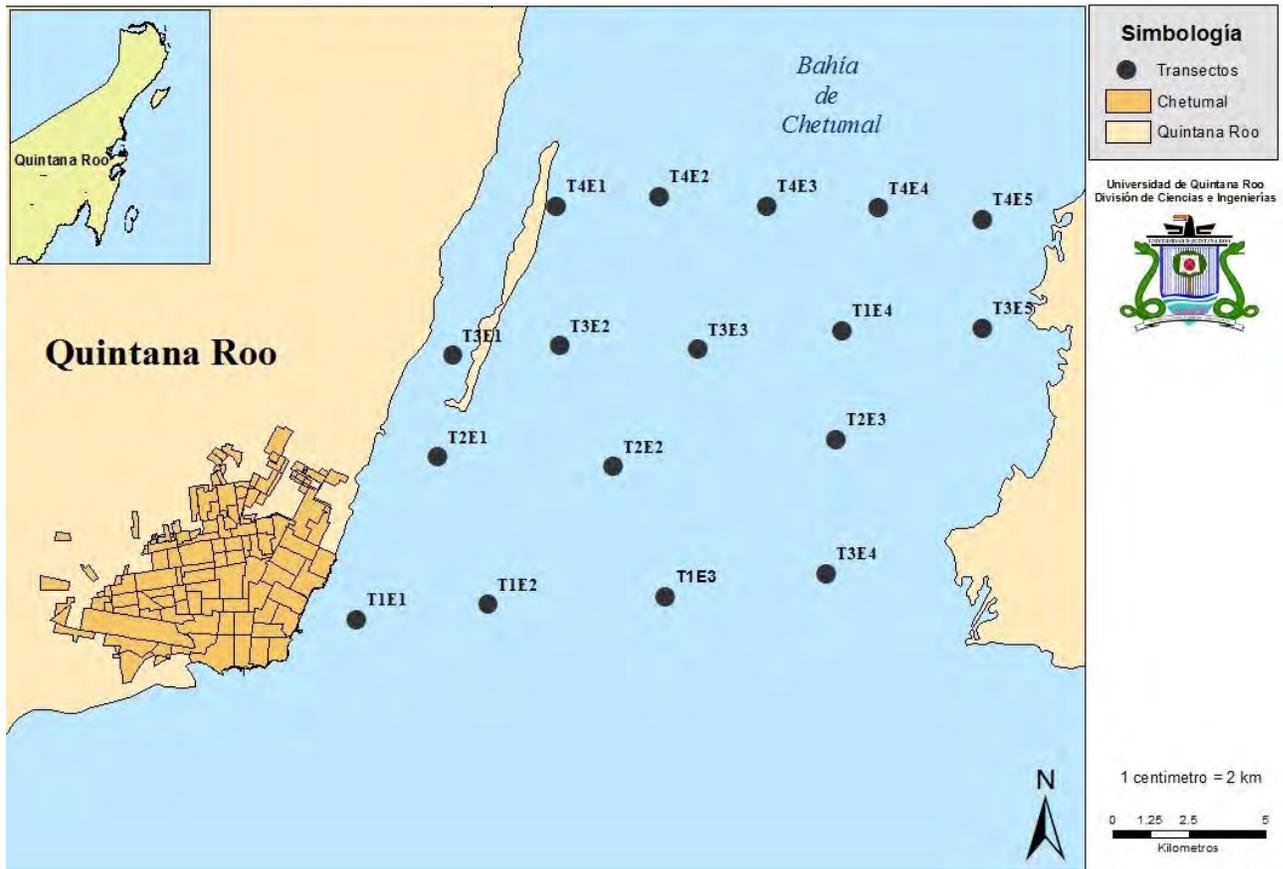


Figura 1.- Visualización de los puntos en la bahía de Chetumal.

En cada estación se tomaron cuatro muestras de sedimento con un núcleo de PVC de 10 cm de diámetro y diez de altura, en las cuatro unidades muestréales se tomó una unidad del sedimento para determinar la materia orgánica presente (MO) y el análisis granulométrico correspondiente para cada muestra, y las otras tres fueron para recolección de los anfípodos y se recurrió al buceo *scuba* en las áreas dónde fue necesario durante el muestreo.

### Determinación de las variables fisicoquímicas

La determinación de las variables ambientales se midió *in situ*. La temperatura y oxígeno disuelto se midieron con un oxímetro HANNA HI 9143, la salinidad se midió con un Salinity Refractometer VISTA A366ATC, la conductividad se midió con un Conductivity

## LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

meter HANNA HI 8033, y el pH con un medidor de pH HANNA HI 98130. La profundidad de cada sitio muestreado fue por medio de Ecosonda de marca Garmin.

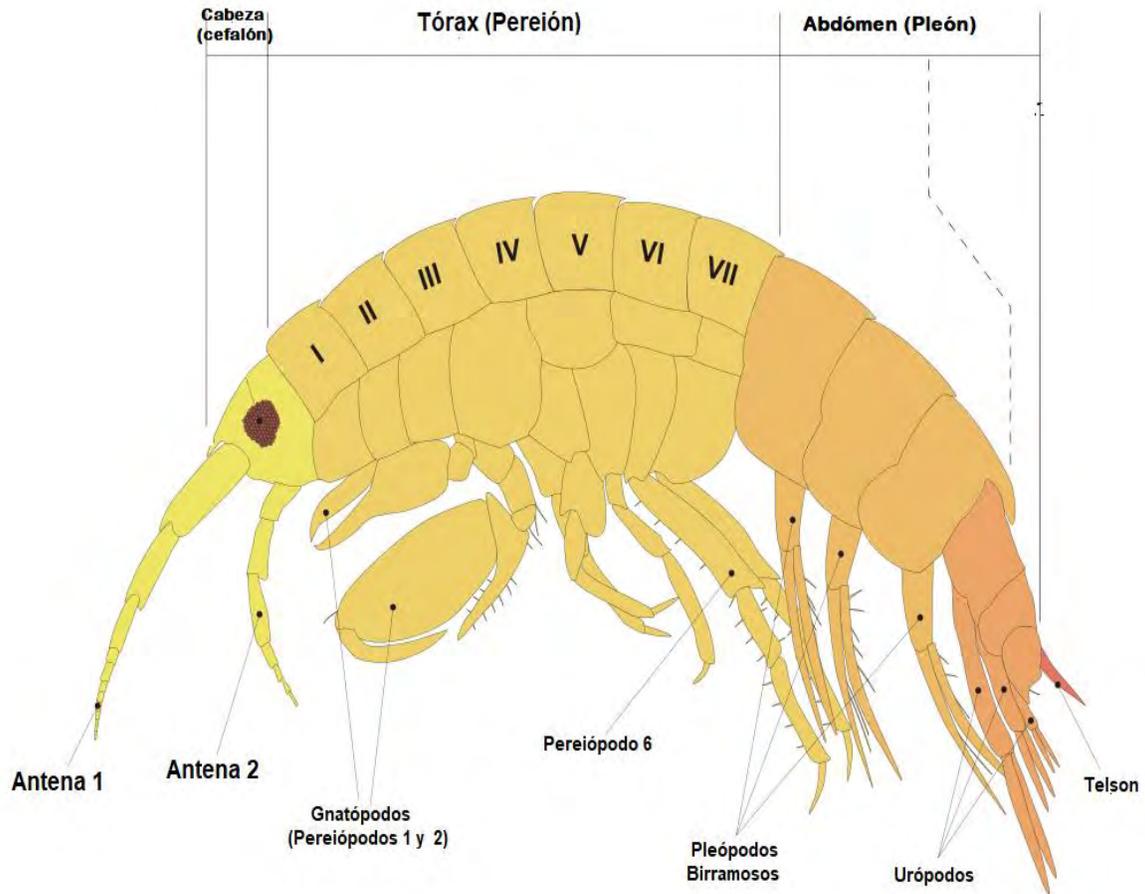
### **Métodos de Laboratorio**

#### **Procesamiento de las unidades muestrales para obtención de anfípodos.**

Posterior al muestreo, las muestras se lavaron con agua de llave para retirar el exceso de formaldehído y el agua de mar, después de 72 horas se preservaron en alcohol isopropílico al 70 % y los anfípodos fueron separados.

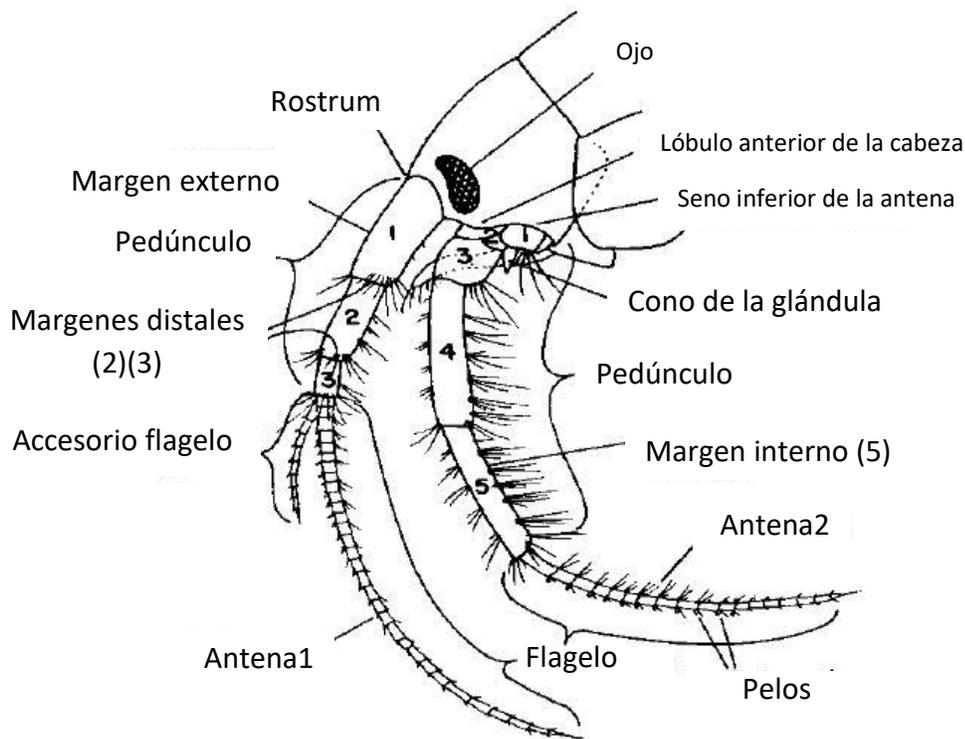
La fauna encontrada en los sedimentos se separó en grandes grupos taxonómicos (poliquetos, moluscos, crustáceos, entre otros). Para la descripción de las especies se examinaron de manera estandarizada (Bousfield *et al.* 1970) los caracteres más importantes siendo la forma del pereion, antenas, pedúnculo, patas, urópodos, cabeza, entre otros y la identificación a partir del esquema general de la cabeza de los anfípodos. (Figura 2 y 3). Así mismo, se tomaron fotografías digitales de las estructuras morfológicas de las especies (Anexos). Se realizó una diagnosis de todas las familias, incluyendo notas taxonómicas e ilustraciones de las principales estructuras.

## LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL



**Figura 2.** Esquema general de las características de los anfípodos. Fuente: Liddell, H. G. y Scott R. (1940) recuperado de: [https://upload.wikimedia.org/commons/d/d9/Morfologia\\_anfipodo.svg](https://upload.wikimedia.org/commons/d/d9/Morfologia_anfipodo.svg)

## LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL



**Figura 3.** Esquema general de la cabeza de los anfípodos. Fuente: Bousfield (1973), recuperado de: <https://peracarida.wordpress.com/orden-amphipoda>.

### Procesamiento de unidades muestréales para Granulometría

La clasificación del sedimento de las unidades muestréales fue mediante un análisis granulométrico, el cual permitió determinar el peso de las porciones de arena por grano. Se obtuvo el sedimento por medio de un nucleador y se secó a temperatura ambiente, posteriormente se tomó una porción para llevar a la mufla a 80 °C para extraer toda el agua, se pesaron 50 gr de la muestra ya seca en una balanza de precisión, y se colocó en un tren de 7 tamices colocando los tamices de los más gruesos a los más finos de malla: 1, 0.710, 0.500, 0.355, 0.150, 0.106, y 0.075 mm. Se colocaron los tamices en el rotor o tamizador tipo RX-29 durante un tiempo de 15 minutos, se retiró el sedimento con ayuda de una brocha. Posteriormente se pesaron en una balanza de precisión, se anotaron los pesos en gramos y los datos fueron procesados por medio de un programa de cálculos llamado

## LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

ANGS (Análisis Granulométrico de Sedimentos) para determinar el tipo de sedimento (Vargas-Hernández, 1991).

### **Análisis de porcentaje de materia orgánica**

El porcentaje de materia orgánica fue determinado por el método Loss on Ignition (LOI ) (Dean, 1974; Bengtsson y Enell, 1986). La determinación del LOI Orgánico se ha realizado según los siguientes pasos:

- a) Pesar el recipiente de porcelana.
- b) Transferir la muestra seca (entre 0.45-0.65 g) dentro del recipiente y pesar (recipiente + muestra). La diferencia de pesos entre el punto 1 y 2 permite determinar el peso de la muestra seca antes de la ignición (DW60).
- c) Recoger los recipientes con las muestras y transferirlos en el horno a 550 °C. Las muestras se dejan toda una noche (14 h) en el interior del horno.
- d) Después de 14 h, sacar las muestras del horno, y dejar enfriar. Adicionar una pequeña cantidad de agua destilada al sedimento, para recuperar la posible pérdida de agua estructural (por deshidratación de las arcillas).
- e) Secar las muestras en una estufa a 60 °C, durante toda una noche (14 h).
- f) Sacar las muestras del horno y transferirlas en un desecador, permitiendo su enfriamiento a temperatura ambiente.
- g) Posteriormente, pesar de nuevo el recipiente con la muestra. La diferencia de pesos entre el punto 1 y 7 permite determinar el peso de la muestra seca después de la ignición (DW550).
- h) Finalmente, calcular el LOI C orgánico según la ecuación (1):
- i)  $LOI550 = ((DW60 - DW550) / DW60) \times 100 \quad (1)$

### **Las especies se describieron teniendo en cuenta los siguientes datos:**

Debido a que la información morfológica de muchas especies reportadas para la región es fragmentada y a veces incompleta, se ha incurrido en muchos problemas taxonómicos. Por lo tanto, esta sección incluirá el nombre válido para la entidad biológica.

## LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

### **Material revisado o examinado.**

En esta sección se incluirá el material colectado durante los muestreos. Número de especímenes en el lote, información sobre la localidad con coordenadas, fecha de colecta, estación de muestreo, y profundidad, entre otros datos.

### **Descripción o diagnosis.**

Se tomará en cuenta los caracteres morfológicos más importantes que definan la especie, incluyendo caracteres adicionales que no estén contenidos en las descripciones originales y que sean adecuados para la separación de especies.

### **Observaciones**

Esta sección es de suma importancia, pues se hace un análisis sistemático de cada especie, con el fin de demostrar que realmente es la especie identificada. Este análisis se hace teniendo en cuenta información de literatura, información extraída de otros especímenes y especies de localidades cercanas o lejanas que permitan la comparación inter- e intra-específica. Es importante anotar que esta sección corresponde al procesamiento del análisis a través de la información extraída de los especímenes y de otras fuentes.

## Capítulo III

# LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

## Resultados

### Distribucion espacial de las especies registradas en el estudio

Se identificaron 6 especies de anfípodos en la bahía de Chetumal, *Grandidierella bonnieroides* con 6 organismos registrados en los transectos 1, 2 y 3, en las estaciones T1E2 y T2E3 se encontraron 1 y 4 organismos, respectivamente y en la estación T3E1 dos organismos; las especies *Cerapus tubularis* e *Hyale plumulosa*, registraron 3 organismos cada una. La primera especie se registró en la estacion T1E3 con 2 organismos y en T1E5 con 1 organismo. *Hyale plumulosa* se registró en las estaciones T1E4, T2E3 y T3E1 con 1 organismo cada uno. La especie *Corophium bonelli* registró 2 organismos en T1E2. Las especies *Melita nítida* enla estacion T1E2 e *Hyale nilssoni* en la estacion T3E4, registraron 1 organismo cada una.

## Organismos encontrados por cada transecto

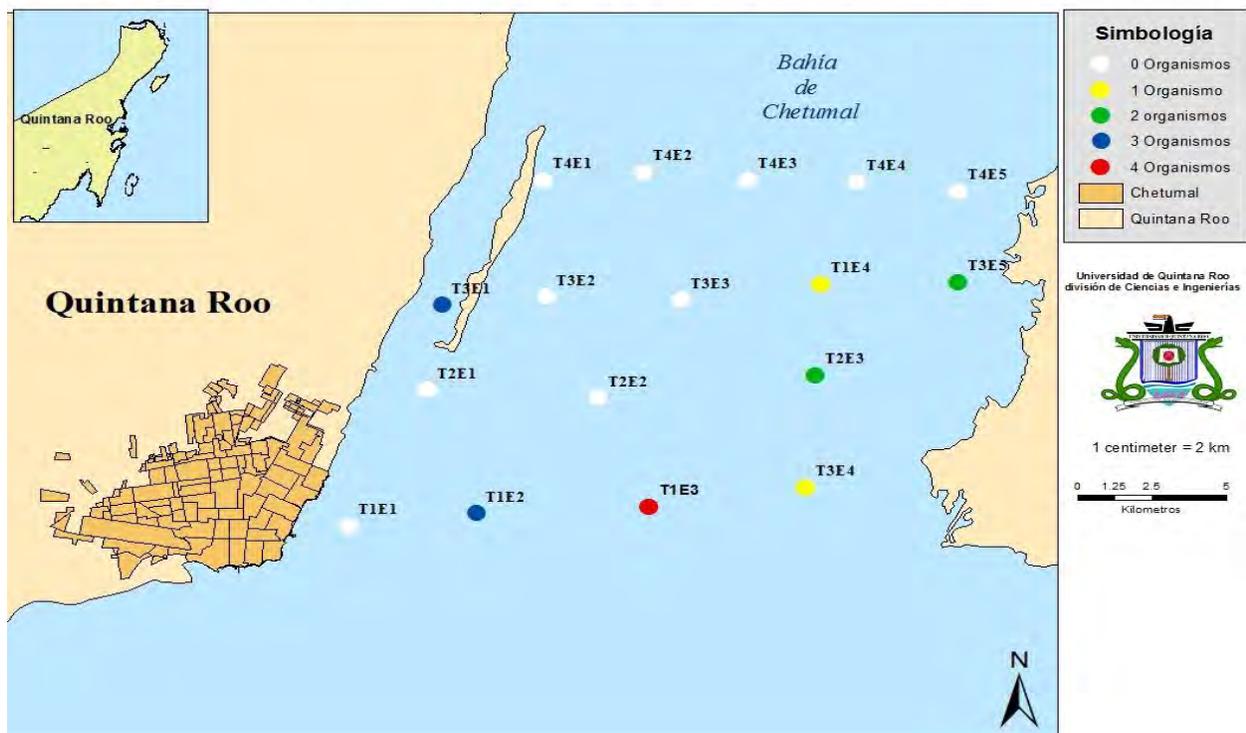


Figura 4. Presencia y ausencia de anfípodos de manera geográfica en el lugar exacto de muestreo, Blanco = 0 organismos; **Amarillo** = 1 organismo; **Verde** = 2 organismos; **Azul** = 3 organismos y **Rojo** = 4 organismos.

# LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

## Diagnosis para cada familia y especies halladas

### Corophiidae (Leach, 1814)

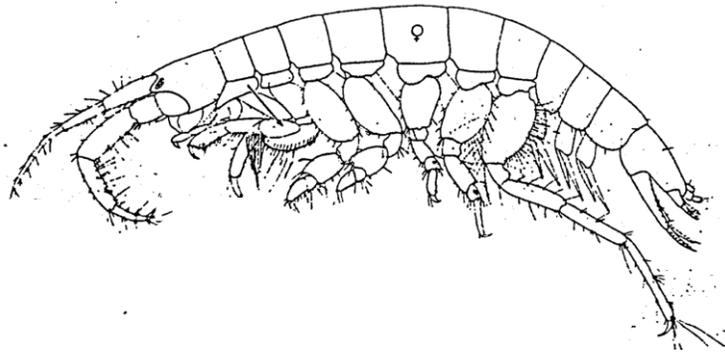
*Corophium bonelli* (Milne-Edwards, 1830)

**Material revisado.** Se registraron 2 organismos localizados en T1E3.

**Descripción.** Longitud 7- 9 mm. El cuerpo es relativamente largo y estrecho. Rostrum pequeño. Bandas estrechas de pigmentación entre los ojos, excepto en la parte posterior de la cabeza. La antena 2 con el pedúnculo 4 con 3 espinas posteriores. La antena 1 con el segmento peduncular 2 que se extiende más allá del pedúnculo 4 de la antena 2, el flagelo 6 y 7 segmentados. El gnatópodo 1 con el segmento 5 más largo que el segmento 6 o aproximadamente igual al segmento 2. El Gnatópodo 2 con el segmento 4 más largo que el segmento 2, el segmento 6 igual al segundo. El Pereiópodo 5 con los márgenes de la base sin sedas plumosas y el gnatópodo 7 alargado con el segmento 6 más largo que las bases. Urópodo 1 con el margen interno del pedúnculo con 4 y 5 espinas; urópodo 2 con una rama externa más corta, el margen de la rama con una espina gruesa. Urópodo 3 con una rama larga y más ancha que el telson.

**Habitat.** Se encuentra en época lluviosa y zona intermareal baja, a lo largo de costas rocosas, y en aguas frías, donde pasa el mayor tiempo de su ciclo de vida. Anualmente las hembras desovan entre los meses de marzo-julio. En el presente trabajo se registró en una temperatura promedio de 30 °C, en materia orgánica de 6.82 % de C, el pH de 8.2, la salinidad de 5 ppm y una profundidad de 4 m.

LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL  
SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL



**Figura 5.** *Corophium bonelli*, E L. Bousfield , 1972, Shallow- Water Gammaridean Amphipoda of New England. Figura 1 plate LXII, pg. 275.

**Aoridae (Walker, 1908)**

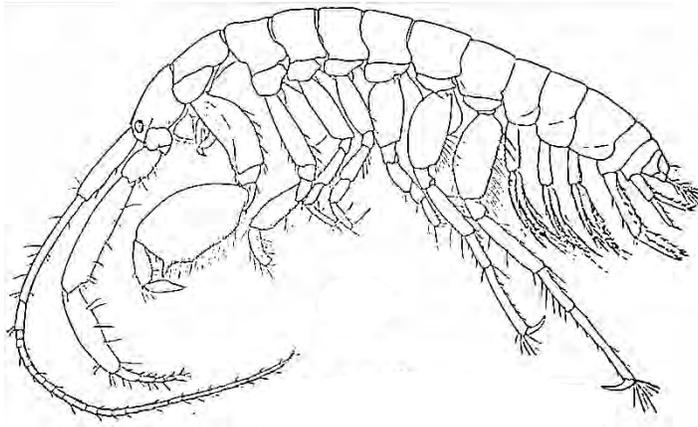
*Grandidierella bonnieroides* (Stephensen, 1948)

**Material revisado.** Se registraron 6 organismos distribuidos en las estaciones T1E2, T2E3 y T3E1. En la estación T2E3 se registró 1 organismo y en las estaciones T1E2 y T3E1 se registraron 2 organismos en cada uno y en el T4E5 se encontró 1 organismo.

**Descripción.** Longitud de 4 - 8 mm. Lóbulo cefálico lateral apicalmente truncado. El flagelo de la antena 1 con alrededor de 19 articulaciones; el flagelo con una articulación larga y una distalmente rudimentaria. La antena 2 con pocas sedas largas. El labio inferior con sedas finas. La placa interna de la maxila 1 sin sedas. El gnatópodo 1 con el margen ventral del coxa sin espinas pequeñas. El gnatópodo 2 subquelado con el margen antero-distal de la base sin bordes; el margen postero-distal sin sedas gruesas, con pocas sedas a lo largo de la longitud de la base. La rama del urópodo 1 subigual, el pedúnculo más largo que ancho. El urópodo 2 birrameo, con el pedúnculo disto-ventral sin espinas. El urópodo 3 unirrameo, la rama al menos dos veces el largo del pedúnculo. El telson tiene una sola seda fina.

## LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

**Hábitat.** Es común en estuarios y lagunas costeras, en la comunidad asociada a las raíces de mangle rojo, fondos arenosos, esponjas, algas y praderas de fanerógamas marinas (LeCroy, 2002). En el presente trabajo se registró una temperatura promedio de 27.43 °C, la materia orgánica registró un promedio de 12.24 % de C, las estaciones T1E2 y T2E3 no registraron oxígeno disuelto el equipo necesario se encontraba dañado el día del muestreo, mientras que en la estación T3E1 se registró 7.2 mg/l de oxígeno disuelto, el valor promedio registrado para el pH fue 8.11, con rangos entre los trasectos de salinidad de 1-6 ppm y un rango de profundidad de 1-4 m.



**Figura 6.** *Grandidierella bonnieroides*, Linda B Luntz, 1983, Guide to Common Tidal Invertebrates of the Northeastern Gulf of Mexico, figura 43, pg.38.

### **Melitidae (Bousfield, 1973)**

*Melita nítida* (Smith, 1873)

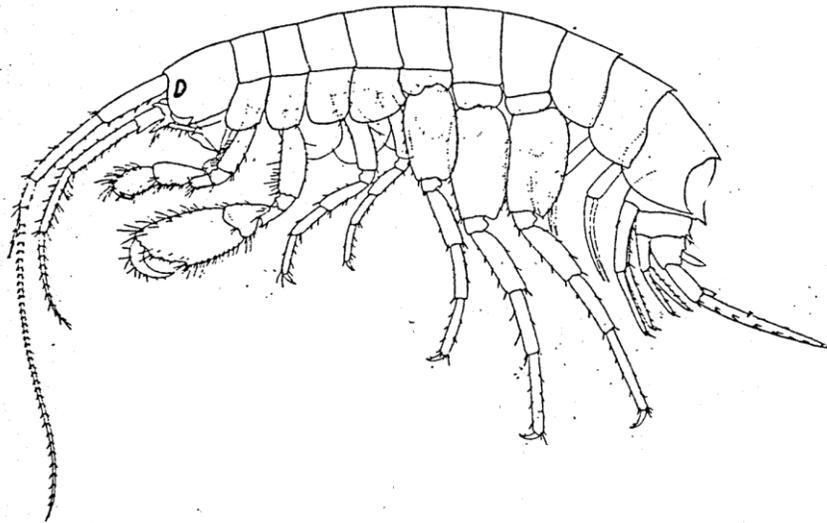
**Material revisado.** Se registró 1 organismo en la estación T1E2.

**Descripción.** Longitud 6 mm. Las placas coxales largas y redondas. El urosoma 2 con 4-5 espinas cortas en cada lado de la línea media dorsal. La antena 1 fuerte, el flagelo con espirales de sedas cortas; el flagelo accesorio 2-3 segmentado. La antena 2 del macho con

## LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

el pedúnculo 5 y el flagelo con espirales de sedas rígidas y moderadamente largas. El palpo mandibular delgado con el segmento 3 igual o más largo que el segmento 2. Maxilipedo con una placa exterior corta, no llega a la punta del segmento del palpo 2. El gnatópodo 1 en machos con un dactilo corto, levantado más allá del margen anterior, punta enrollada hacia adentro. El gnotópodo 2 con la punta del dactilo enroscada. Los pereiópodos 5-7 con base larga, con el lóbulo posterior distal redondeado. Los segmentos del pleon y del urosoma 1-3 sin dientes dorsales. La placa lateral del pleon con la esquina posterior cuadrada. Los urópodos 1 y 2 son gruesos, con las puntas de las ramas se extienden al pedúnculo del urópodo 3. El urópodo 3 con el segmento terminal de la rama exterior pequeña. Los lóbulos del telson con espinas subapicales y apicales.

**Habitat.** Se localiza mayormente en áreas de fondo fangoso, regiones mesohalinas de estuarios. En el presente trabajo se encontraron los siguientes parámetros físico-químicos, temperatura promedio de 30 °C, la materia orgánica registró 6.82 % de C, en esta estación no se registró oxígeno disuelto (equipo descalibrado), el pH de 8.2, la salinidad de 5 ppm y una profundidad de 4 m.



**Figura 7.** *Melita Nitida*, E L. Bousfield , 1972, Shallow- Water Gammaridean Amphipoda of New England.

Figura 2 plate IX, pg. 221.

LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL  
SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

**Ischyroceridae (Stebbing, 1899)**

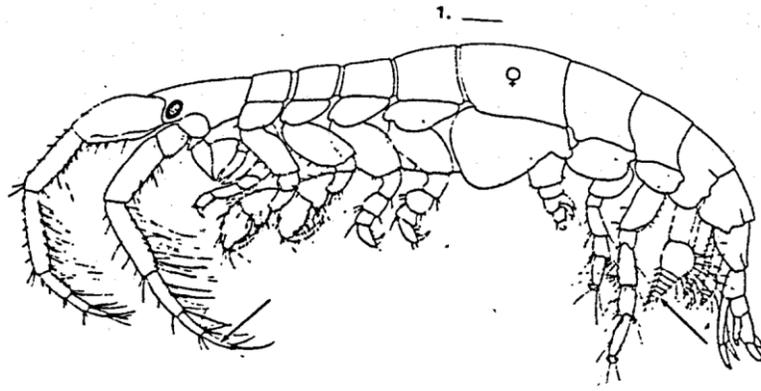
*Cerapus tubularis* (Say 1818)

**Material revisado.** Se registraron 3 organismos distribuidos en las estaciones T1E3 y T1E5, con 2 y 1 organismos, respectivamente.

**Descripción.** Longitud de 6-8 mm La antena 1 y 2 relativamente cortas, el flagelo con 3 segmentos. La antena 1 con el segmento peduncular fuertemente más ancho en la región media, formando un tapón para el tubo. Los segmentos pedunculares con el margen posterior de 6-9 grupos de sedas largas. El gnatópodo 2 en machos con el margen anterior de la base cercanamente desnuda. Gnatópodo 2 en hembras más delgado que el gnatópodo 1. Pereiópodo 5 con el lóbulo coxal anterior más largo que profundo; Pereiópodo 7 con el margen posterior de la base con muchas sedas finas. El urópodo 1 con el pedúnculo formando un lóbulo ciliado apical corto y blando en la base de cada rama. Las ramas externas con 16-18 espinas marginales; el conjunto de espinas marginales pectinadas de las ramas interna y externa en una roseta de espinas planas de menos de la mitad de su longitud. El urópodo 2 con dos espinas externas y espina subapical. El urópodo 3 con el pedúnculo 1 y 2 con las sedas marginales internas.

**Habitat.** El área donde habita mayormente es en arena fangosa superficial y en canales más profundos, desde submareal inmediato hasta más de 30.5 metros. En este estudio se registró una temperatura de 29.3-30.7 C°, la materia orgánica de 25.39 y 8.98 % de C, en ninguno de los dos transectos se registró oxígeno disuelto (equipo descalibrado), el pH 8.13 y 8,12, la salinidad de 5 y 8 ppm, una profundidad de 5.2 y 4.3 m respectivamente para cada transecto.

LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL  
SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL



**Figura 8.** *Cerapus tubularis*, E L. Bousfield , 1972 , Shallow- Water Gammaridean Amphipoda of New England. Figura 1 plate LX, pg. 272.

**Hyalidae (Bulycheva, 1957)**

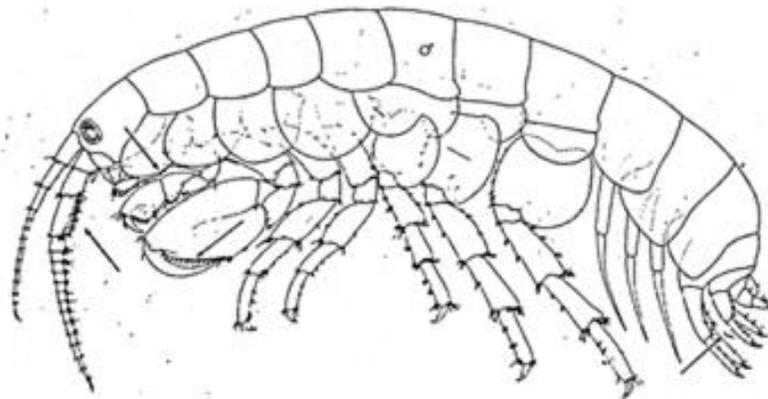
*Hyale plumulosa* (Stimpson 1853)

**Material revisado.** Se registraron 3 organismos distribuidos en las estaciones T1E4, T2E3, T3E1.

**Descripción taxonómica.** Longitud de 4 a 12 mm macho, 10 mm hembra. Cuerpo liso y delgado. Las placas coxales 1-4 moderadamente grandes, anchas y redondeadas. El coxa 1 con el margen eventualmente redondeado. Con ojos rectangulares, negros, y consta de un anillo exterior despigmentado. La antena 1 delgada, con los segmentos pedúnculares 1-3 subiguales. El gnatópodo 1 sin la base expandida. Los pereiópodos del 5 al 7 delgados, con la base ampliamente expandida; margen posterior fuertemente crenulado. Las placas abdominales 2 y 3 con las esquinas traseras romas. Las ramas externas del urópodo 1 con espinas marginales, con una espina interrasmal fuerte y larga insertado en el ángulo distal-interno del pedúnculo. Los urópodos 2 y 3 con la rama más larga que el pedúnculo. El ápice fuertemente espinoso. Con hendidura en la base del telson, y los lóbulos ligeramente separados.

## LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

**Hábitat.** Esta especie se encuentra en ambientes rocosos, pedregosos, marismas, raíces de vegetación, debajo de pequeñas piedras y grietas; ocasionalmente en piscinas de marea alta. Pero en el presente estudio los datos que se registraron en las estaciones T1E4, T2E3, T3E1 fueron temperaturas de 30.7, 28.6 y 23.8 C°, materia orgánica de 8.98, 11.36 y 18.54 % de C, en las dos primeras estaciones no se registró el oxígeno disuelto ya que el equipo se encontraba descalibrado y en la tercera estación se registró 7.2 mg/l de OD, los valores del pH fueron de 8.12, 7.99 y 8.16, la salinidad de 8, 6 y 1 ppm y una profundidad de 4.3, 4.7 y 1 m respectivamente en cada estación.



**Figura 9.** *Hyale plumosa*, E.L. Bousfield, 1972, Shallow- Water Gammaridean Amphipoda of New England. Figura 2 plate XLIV, pg. 256.

### *Hyale nilssoni* (Rathke, 1843)

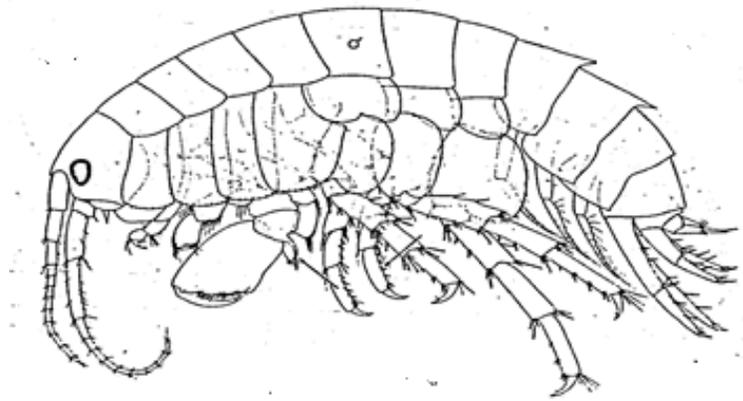
**Material revisado.** Se registraron 3 organismos en la estación T3E4.

**Descripción.** Longitud de 6-8 mm. Cuerpo liso y compacto. Las placas coxales 1-4 medianamente profundas, con márgenes inferiores derechos y finamente espinosas. Las protuberancias posteriores marginales y bien desarrolladas. El coxa 5 con lóbulos poco profundos. Con ojos pequeños, redondeados, negros y ovales. La antena 1 con los segmentos pedunculares muy cortos. El pereiópodo del 5 al 7 se incrementa su tamaño

## LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

posteriormente. El segmento 6 de los pereiópodos 6 y 7 con una seta posterior marginal. El pereiópodo 7 con el margen posterior de la base desigualmente crenulada. Las placas abdominales 2 y 3 con las esquinas subagudas. Las ramas externas de los urópodos 1 y 2 con espinas marginales y sin espinas interramales. El urópodo 3 muy corto con el ápice romo y espinas cortas. El telson ancho y hendido cerca de la base.

**Habitat.** Esta especie se encuentra en ambientes rocosos y pedregosos protegidos y en marismas, raíces, debajo de pequeñas piedras y grietas; ocasionalmente en piscinas de marea alta. En el presente trabajo presenta las siguientes parámetros: Temperatura de 23.6° C, la materia orgánica fue de 14.41 % de C, oxígeno disuelto de 7 mg/l, el pH de 8.2, la salinidad de 2 ppm y una profundidad de 4.4 m



**Figura 10.** *Hyale nilssoni*, E L. Bousfield, 1972, Shallow- Water Gammaridean Amphipoda of New England. Figura 1 plate XLIV, pg. 256.

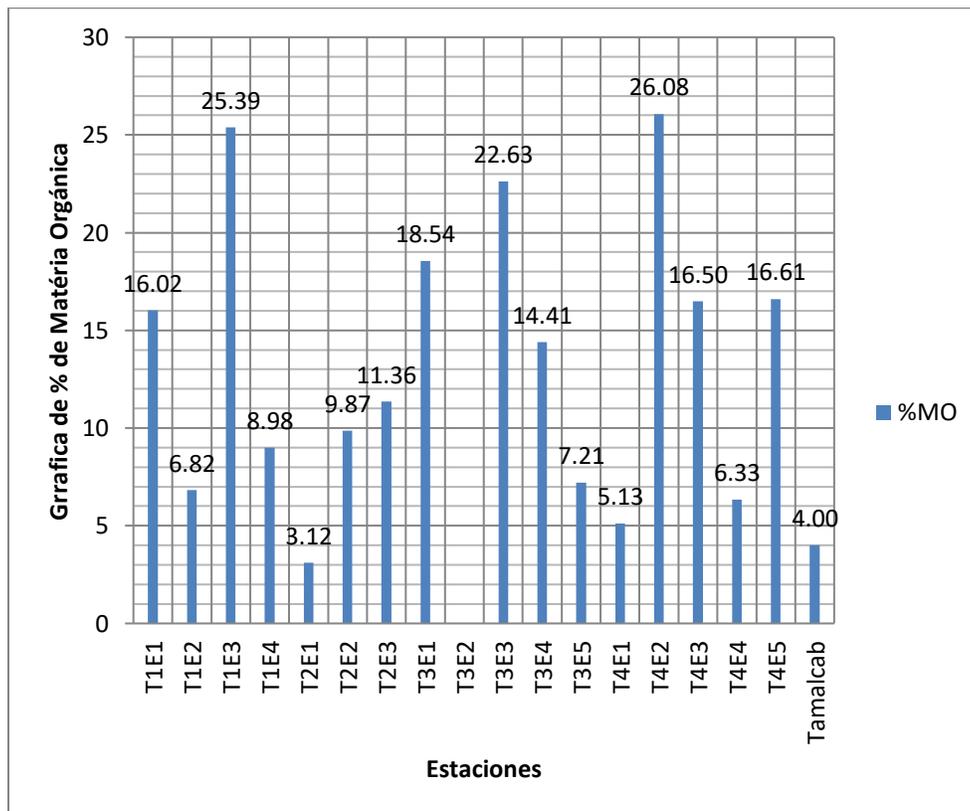
# LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

## PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

### Análisis de porcentaje de Materia Orgánica

El mayor porcentaje de materia orgánica que se encontró en el transecto 4, fue en la estación T4E2 con el 26 % de C y el porcentaje menor en la estación T4E1 con el 5 % de C. En el transecto 1, se registró el mayor porcentaje con el 25.39 % C en la estación T1E3 y el menor con 6.82 % C en la estación T1E2. En el transecto 3, se registró el mayor porcentaje con 22.63 % C en la estación T3E3 y el menor con 7.21 % C en la estación T3E5. Por último, en el transecto 2, se registró el mayor porcentaje con 11.36 % C en la estación T2E3 y el menor con 3.12 % C en la estación T2E1 (Tabla 4 y figura 11).

Tabla 3. Materia Orgánica presente en los puntos muestra.



### Comportamiento de parámetro fisicoquímico en los diferentes transectos

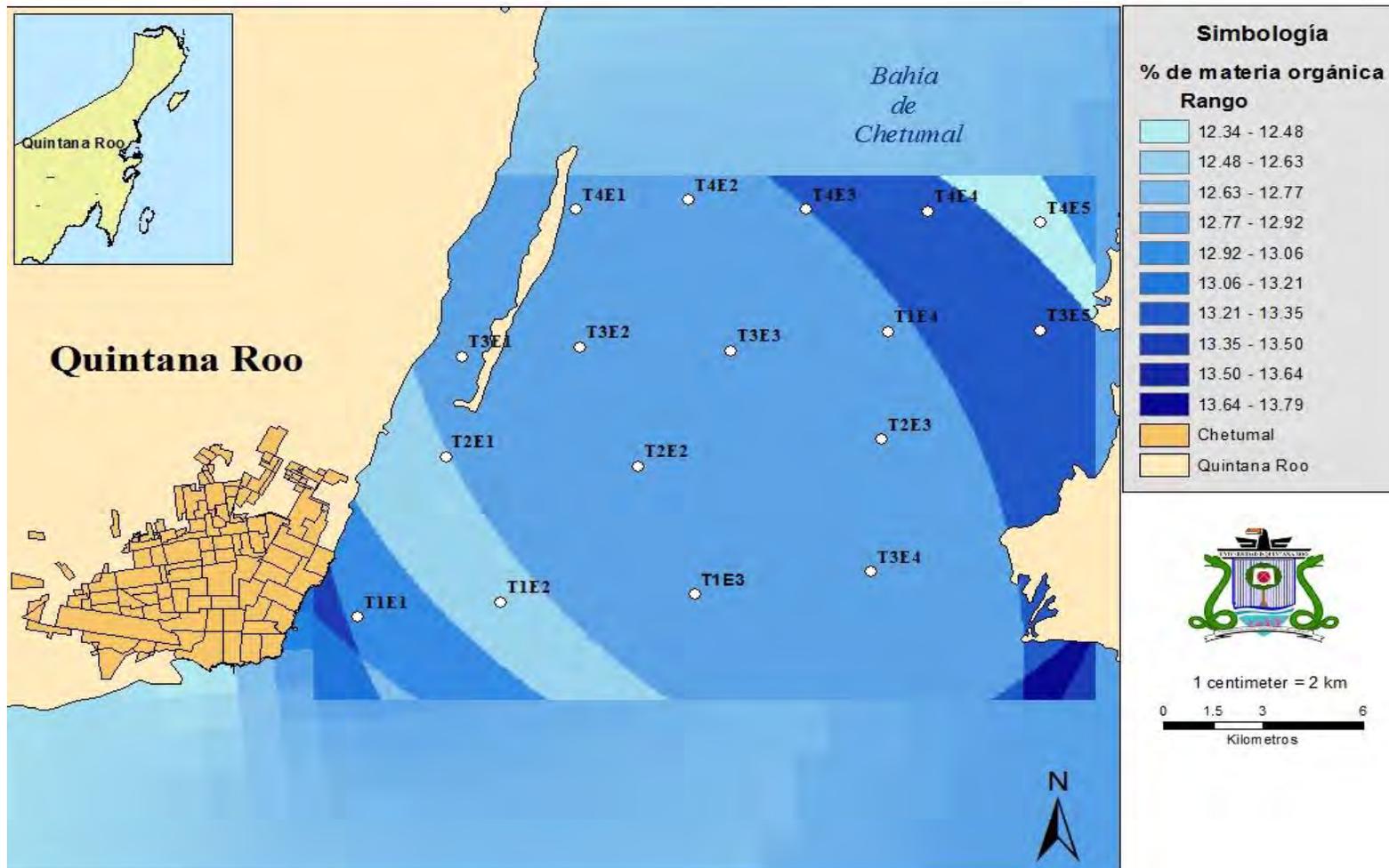


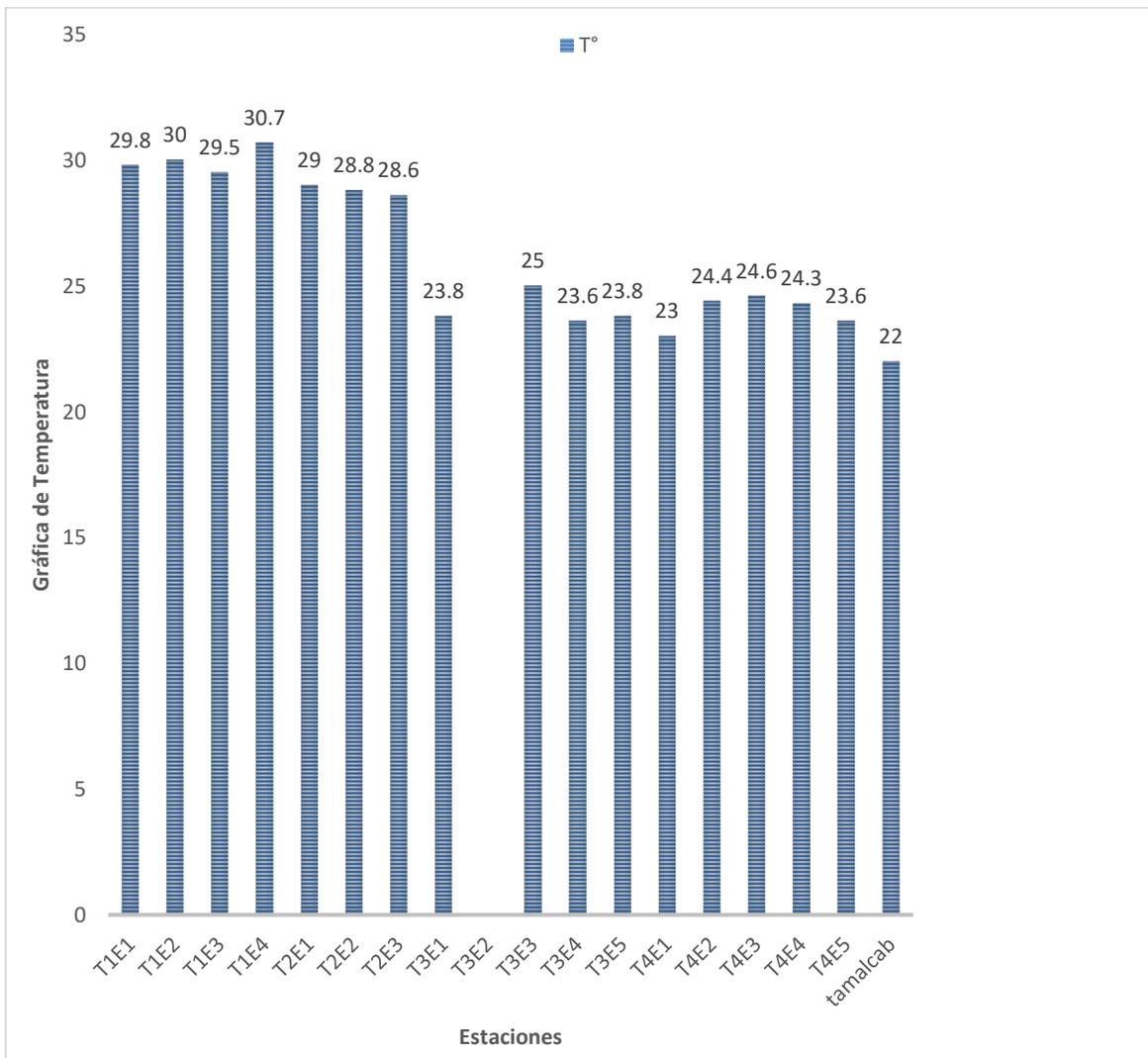
Figura 11. Representación espaciales del comportamiento respecto al porcentaje de materia orgánica por transectos.

# LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

## Temperatura

En el transecto 1, la mayor temperatura se registró en T1E4 con 30.7 °C y la estación T1E3 con la menor temperatura de 29.5 °C. En el transecto 2, se registró la mayor temperatura en la estación T2E1 con 29 °C y la estación T2E3 con la menor de 28.6 °C. En el transecto 3, se registró la mayor temperatura en la estación T3E3 con 25 °C y la estación T3E2 con la menor de 22 °C. Por último, en el transecto 4, la estación T4E3 registró la mayor temperatura con 24.6 °C y en la estación T4E1 fue la menor con 23 °C; teniendo un promedio la temperatura de la bahía de Chetumal de 26.3 °C (Tabla 5 y figura12).

Tabla 2. Temperatura de las estaciones en grados Celsius.



### Comportamiento de parámetro fisicoquímico en los diferentes transectos

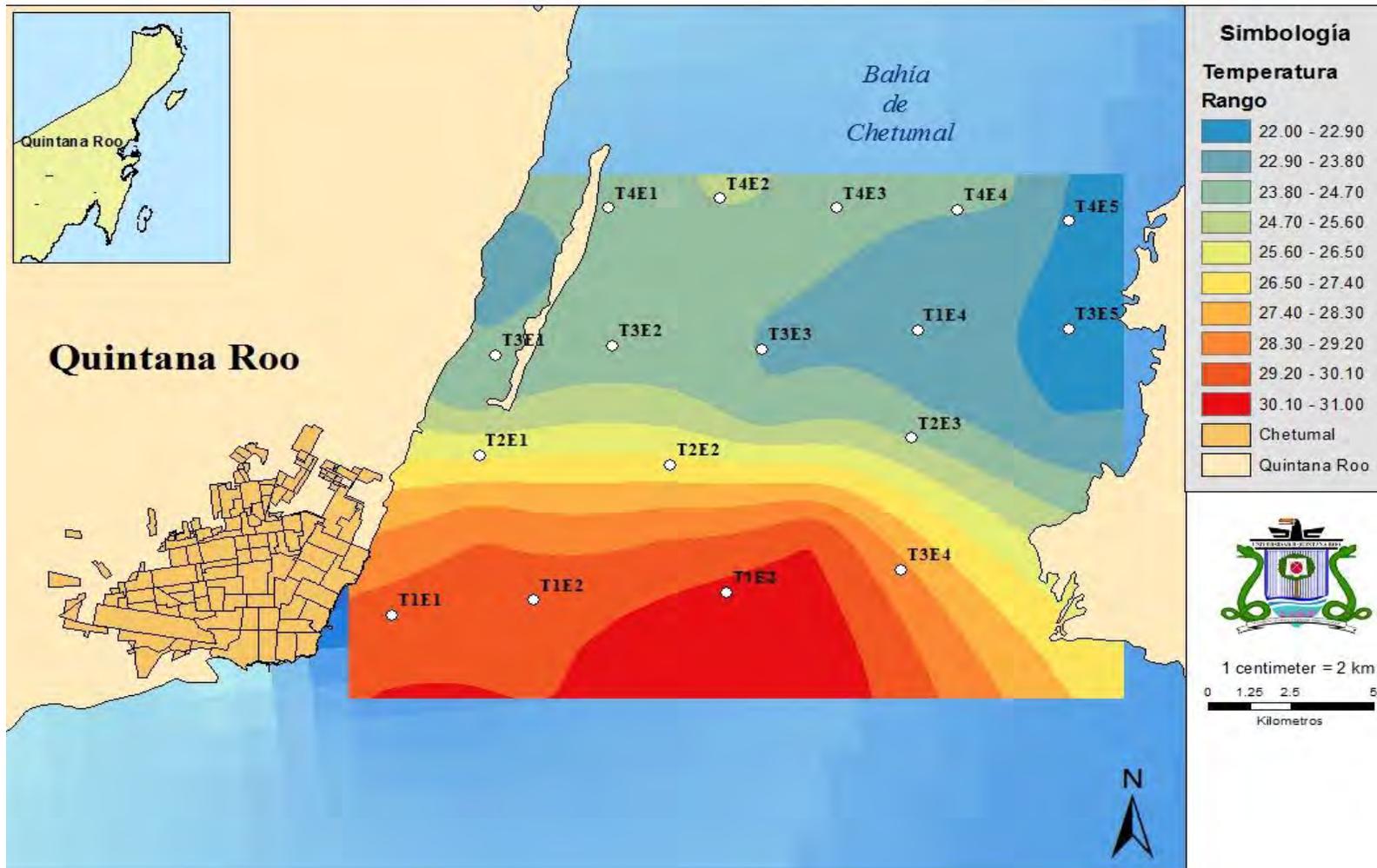


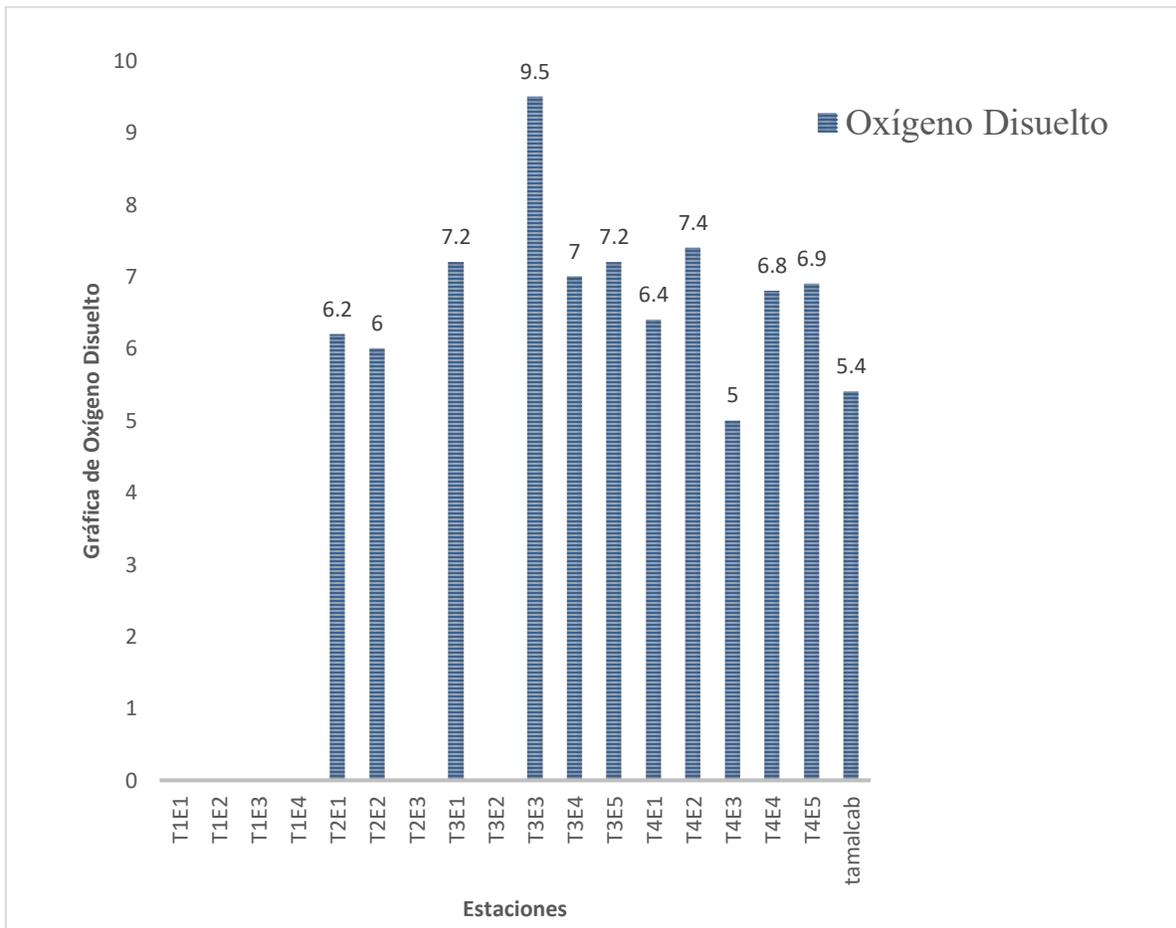
Figura 12. Representación espaciales del comportamiento respecto a la temperatura por transectos.

# LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

## Oxígeno disuelto (OD)

En el transecto 3 se registró la mayor concentración de oxígeno disuelto, arrojando la estación T3E3 la mayor concentración de OD con 9.5 mg/L y la estación T3E4 la menor concentración de OD con 7 mg/L. En el transecto 4, la estación T4E2 registró la mayor concentración de OD con 7.45 mg/L y la estación T4E3 registró la menor con 5 mg/L. En el transecto 2, la estación T2E1 presentó la mayor concentración de OD con 6.2 mg/L y la estación T2E2 registró la menor con 6 mg/L. Por último, en ninguna de las estaciones del transecto 1 se registró oxígeno disuelto, debido a que el medidor de oxígeno disuelto se descalibró (Tabla 6 y figura 13).

Tabla 3. Oxígeno Disuelto de las estaciones.



**Comportamiento de parámetro fisicoquímico en los diferentes transectos**

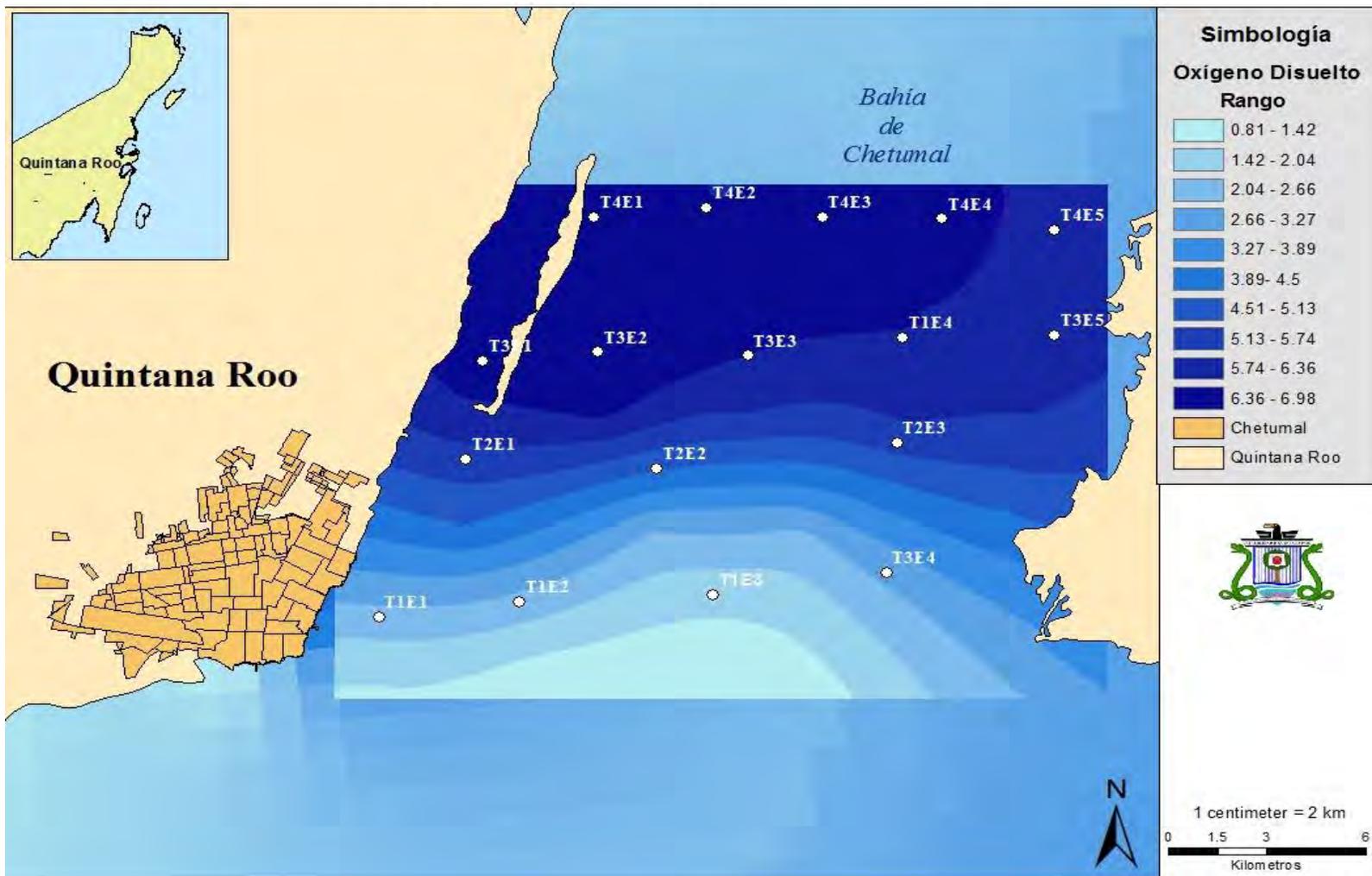


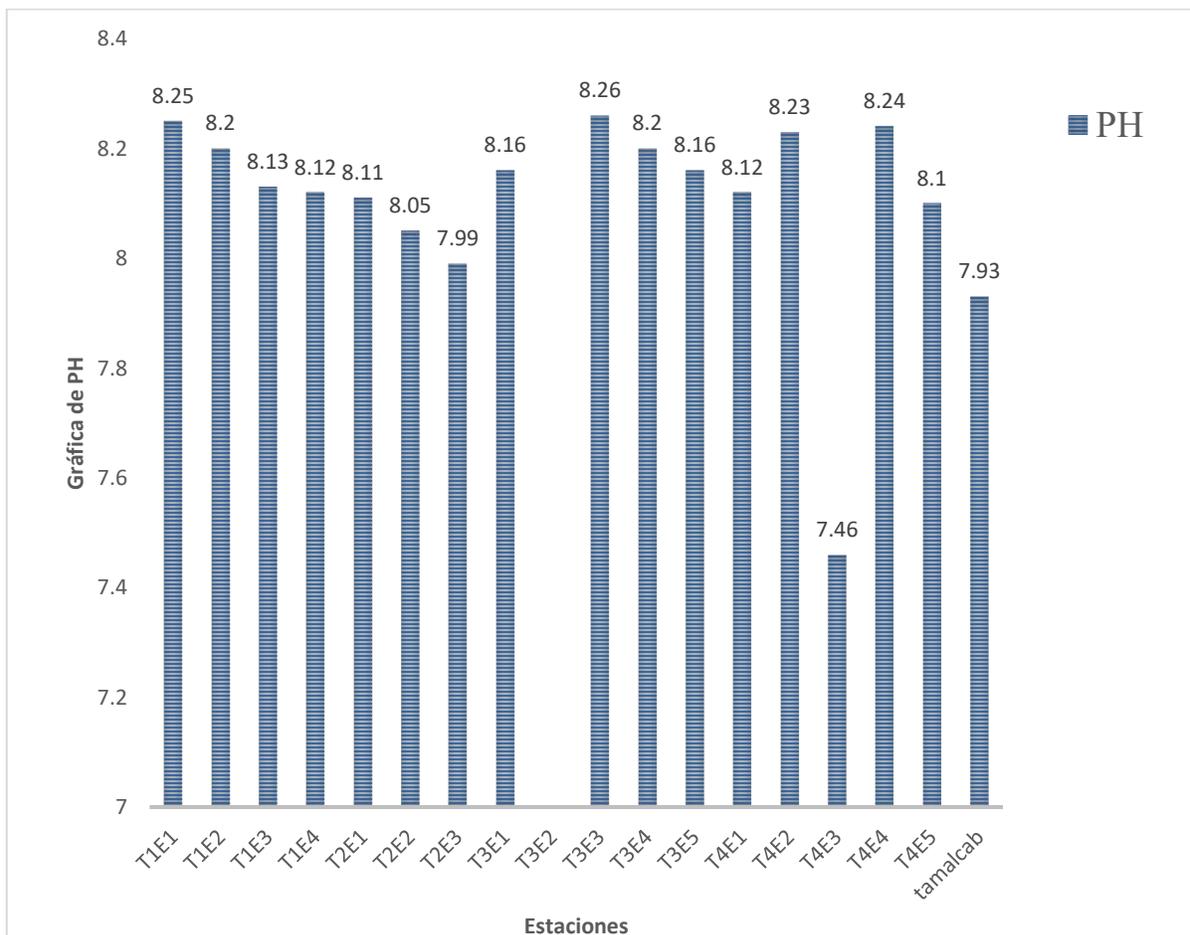
Figura 13. Representación espacia del comportamiento respecto al oxígeno disuelto por transectos.

# LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

## Potencial de Hidrogeno

El transecto 3 fue el que registró el valor del pH más elevado, siendo la estación T3E3 la que presentó la mayor concentración con 8.26 y la estación T3E5 registró la menor con 8.16. En el transecto 1, la estación T1E1 presentó la mayor concentración de pH con 8.25 y la estación T1E4 fue la menor con 8.12. En el transecto 4, la estación T4E4 presentó la mayor concentración de pH con 8.24 y la estación T4E3 registró la menor con 7.46. Por último, en el transecto 2, la estación T2E1 presentó la mayor concentración de pH con 8,11 y la estación T2E2 registró la menor con 7.99 (Tabla 7 y figura 14).

Tabla 4. Potencial de hidrogeno en cada estación.



### Comportamiento de parámetro fisicoquímico en los diferentes transectos



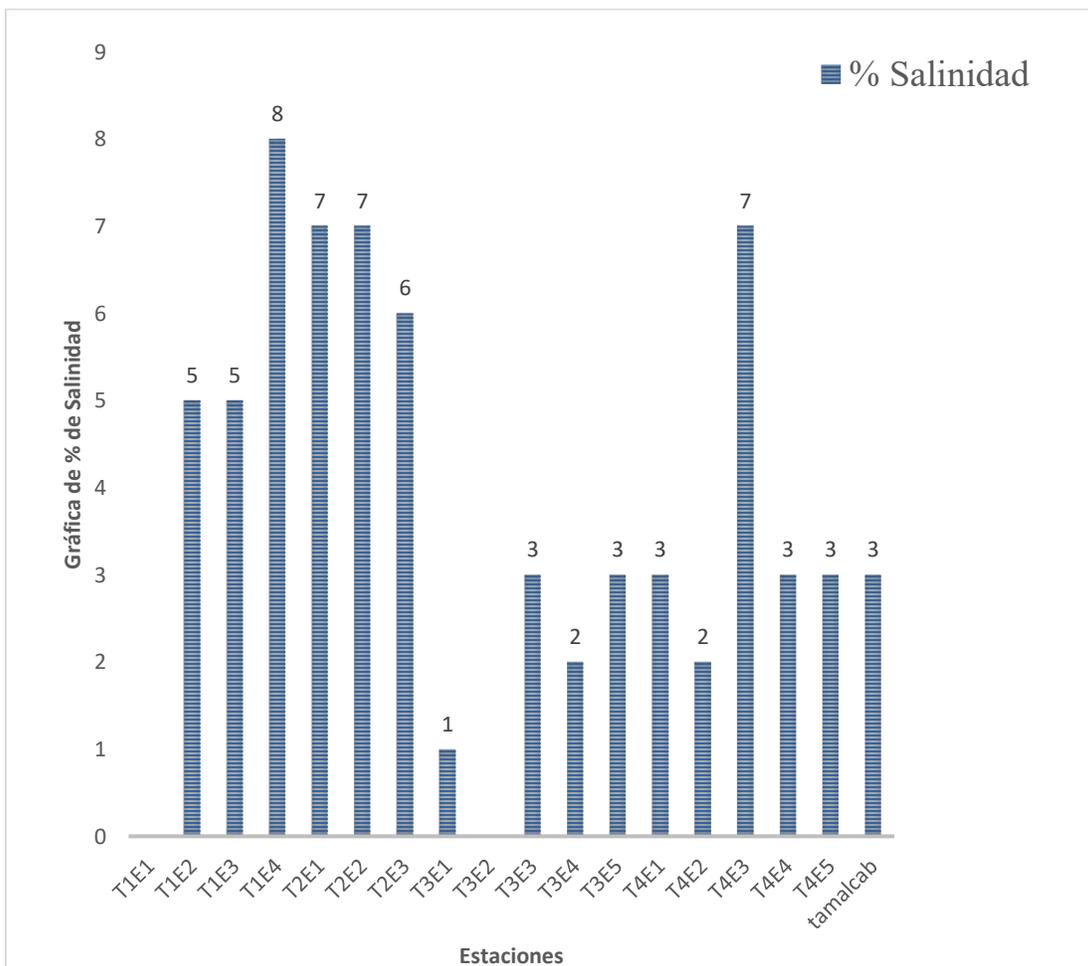
Figura 14. Representación espacial del comportamiento respecto al pH por transectos.

# LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

## Porcentaje de Salinidad (% Sal)

En la estación T1E4 del transecto 1 se registró la mayor salinidad con 8 ppm y las estaciones T1E2 y T1E3 registraron las menores con 5 ppm. El transecto 2, las estaciones T2E1 y T2E2 presentaron las mayores salinidades con 7 ppm y la estación T2E3 registró la menor con 6 ppm. En el transecto 4, la estación T4E3 presentó la mayor salinidad con 7 ppm y la estación T4E2 registró la menor con 2 ppm. Por último, en el transecto 3 la estación T3E3 presentó la mayor salinidad con 3 ppm y la estación T3E4 registró la menor con 2 ppm (Tabla 8 y figura 15).

Tabla 5. Porcentaje de Salinidad en cada estación.



**Comportamiento de parámetro fisicoquímico en los diferentes transectos**

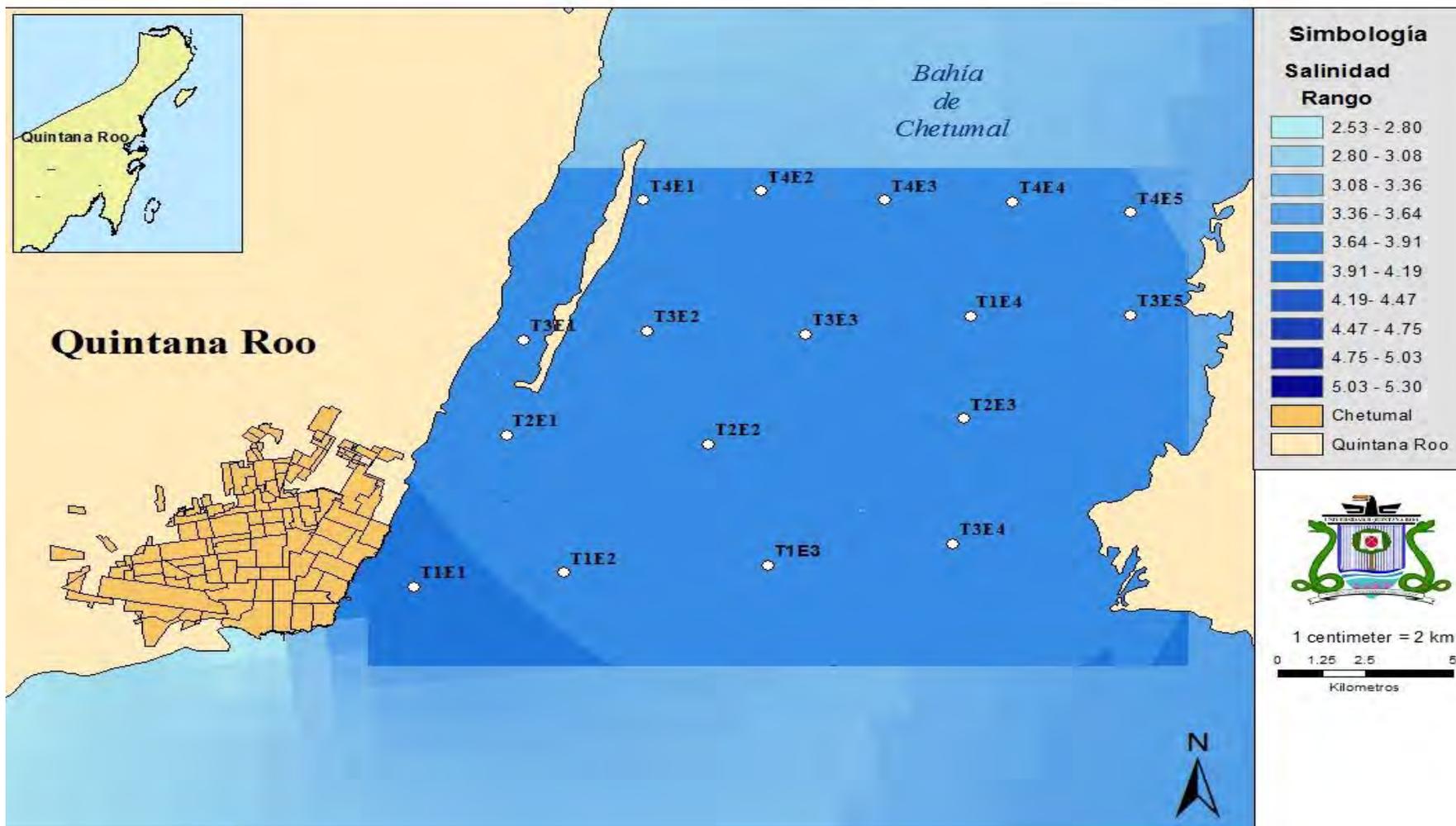


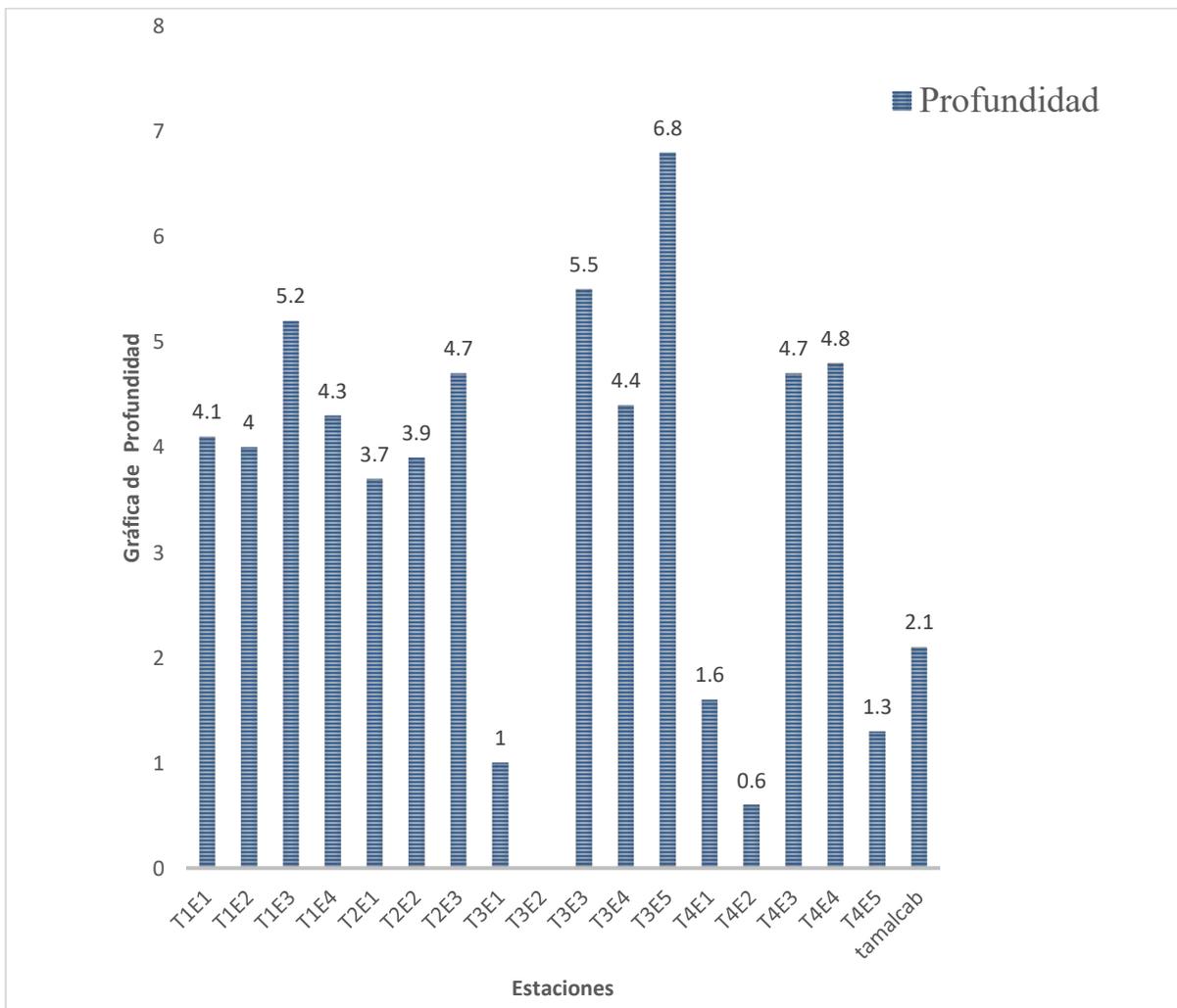
Figura 15. Representación espacial del comportamiento respecto a la Salinidad por transectos.

# LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

## Profundidad

La estación T3E5 presento la mayor profundidad con 6.8 m y la estación T3E1 la menor con 1 m. En el transecto 1, la estación T1E3 presentó la mayor profundidad con 5.2 m y la estación T1E2 presentó la menor con 4 m. El transecto 4, la estación T4E3 registró la mayor profundidad con 4.8 m y la estación T4E2 registró la menor con 0.60 m. Por último, del transecto 2 las estaciones T2E3 y T2E1 registraron profundidad con 4.7 m y la estación 3.7 m respectivamente (Tabla 9 y figura 16).

Tabla 6. Profundidad en metros de la estación de muestreo.



### Comportamiento de parámetro fisicoquímico en los diferentes transectos

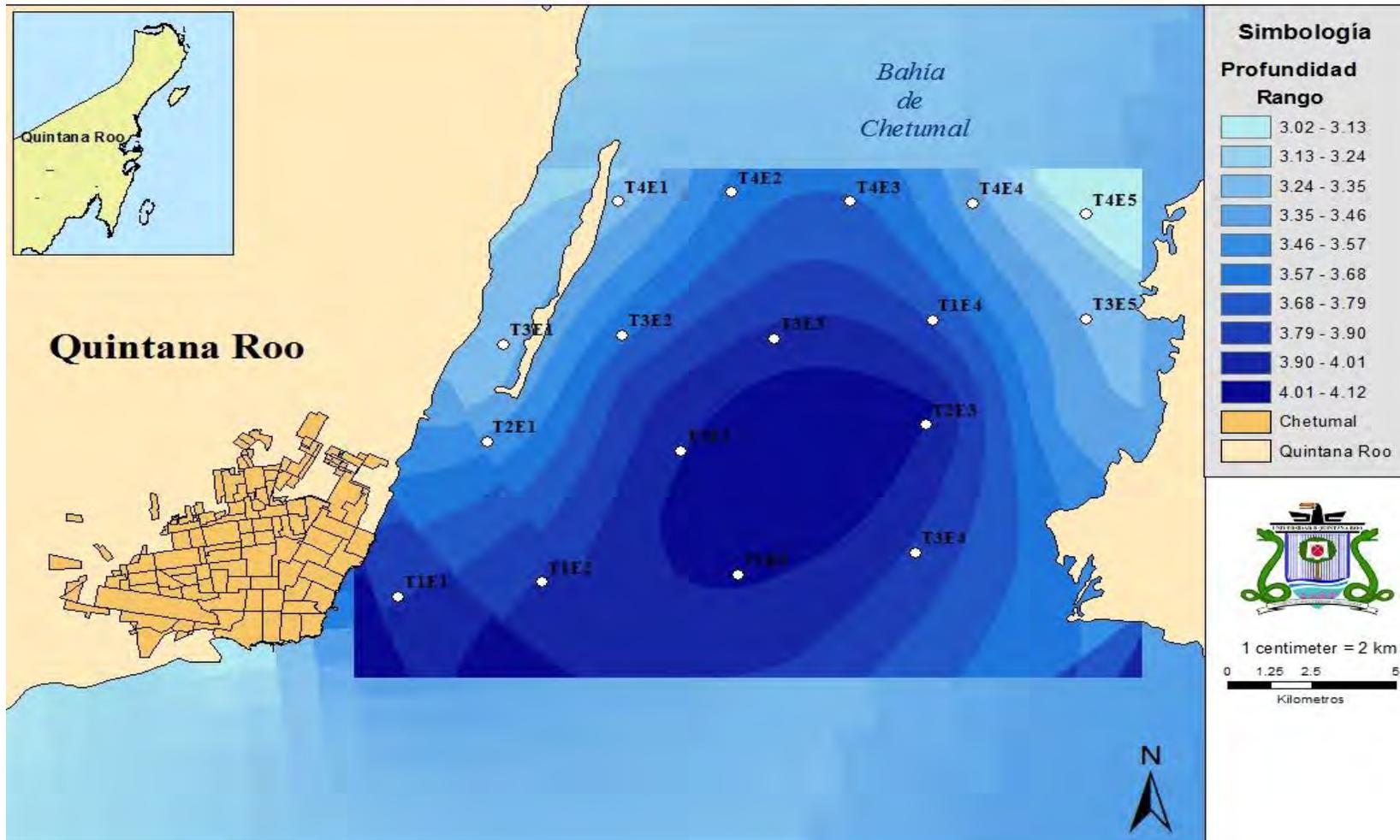


Figura 16. Representación espacial del comportamiento respecto al pH por transectos.

# LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

## Granulometría

La granulometría encontrada en las estaciones se distribuyó de la siguiente manera:

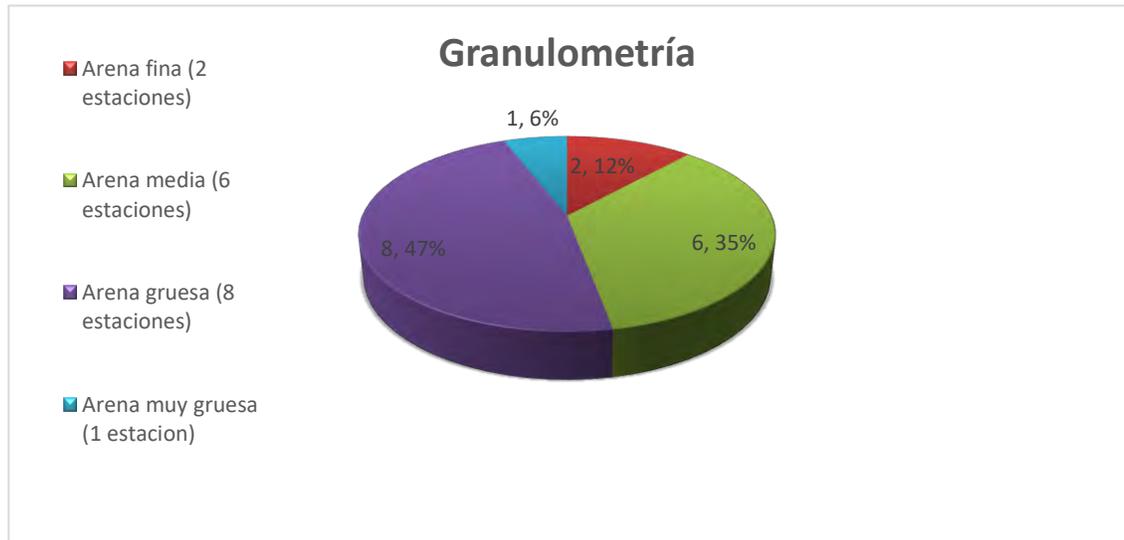
Tabla 7. Tipo de grano encontrado en cada estación.

Tipo de grano/Estación	T1E1	T1E2	T1E3	T1E4	T2E1	T2E2	T2E3	T3E1	T3E2	T3E3	T3E4	T3E5	T4E1	T4E2	T4E3	T4E4	T4E5	Tamalcab
Arena Fina				x														x
Arena Media							x		x		x		x		x	X		
Arena Gruesa	x	x	x		x			x		x		x		x			x	
Arena muy gruesa						x												

## LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

El área de estudio se compone mayormente de arena gruesa con un total de 8 estaciones, seguida de arenas medias encontradas en 6 estaciones, posteriormente con arena fina encontrándose en 2 estaciones y finalmente de arena muy gruesa en una sola estación (Tabla 12).

Tabla 8. Porcentaje granulométrico registrado en cada transecto



### Relación existente entre profundidad, el tipo de sedimento (granulometría) y el total de estaciones con el tipo de sedimento encontrado.

Tabla 9. Comportamiento de la profundidad- granulometría- total de estaciones.

Profundidad (m)	granulometría, tipo sedimentos				total
	Fina	Mediana	Gruesa	muy gruesa	
0-2	0	1	3	0	4
2.1-4	1	0	3	1	5
4.1-6	1	3	2	0	6
6.1-8	0	1	0	0	1
<b>total</b>	2	5	8	1	16

La tabla 9, indica la cantidad de estaciones que presentan algún tipo de sedimento en particular de acuerdo con la profundidad, que de manera estandarizada se marcó con rangos de 2 metros entre cada uno.

LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL  
SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

Capítulo IV

## LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

### Discusión

Se encontraron un total de 6 especies de anfípodos: *Corophium bonelli*, *Grandidierella bonnieroides*, *Melita nítida*, *Cerapus tubularis*, *Hyale plumulosa* y *Hyale nilssoni* en el presente trabajo, con un total de 5 familias: Corophiidae para la primera especie, Aoridae para la segunda especie, Melitidae para la tercera especie, Ischyroceridae para la cuarta especie, y como quinta especie fue encontrada Hyalidae. Tuz Hamilton (2008) en su estudio, presentó un total de 2611 organismos de anfípodos durante 3 periodos estacionales de muestreo e identificó 5 familias: Corophiidae, Hyalidae, Hyaellidae, Melitidae y Amphilochidae. Por lo tanto, se reportan dos familias que no se encontraron con esos resultados, además con los 2 nuevos registros de las familias, se hallaron dos especies más a la lista de anfípodos encontrados en la bahía de Chetumal. Sin embargo, la abundancia de los anfípodos del presente trabajo fue muy bajo, con un total de 16 organismos, cabe mencionar que en el presente trabajo se realizó un sólo muestreo durante la época de secas. Tuz Hamilton (2008) registró para la misma temporada 670 organismos encontrados en varios de los efluentes de la bahía de Chetumal, de los efluentes se reportan 0.6 y 2.7 % C, con un promedio de 1.66 % C Tuz Hamilton *et al.*, (2008). En el presente trabajo, el mayor porcentaje de carbono se encontró en la estación T1E3 con 26,08 % C y el menor fue de 3.12 % C en la estación T2E1, con un promedio de 23.8 % C, quizá este factor fue el determinante de la escases de organismos, así como la profundidad, salinidad y el tipo de sustrato donde se colectaron los organismos. Delgado Blas *et al.*, (2006) con base en las concentraciones de materia orgánica encontradas en la zona conurbada de la Bahía de Chetumal y el lado de Belice, establecieron sitios contaminados aquellos que tuvieran de 2 a 3 % C y moderadamente contaminados de 1 a 2 % C. Debido a la escasez de la abundancia de las especies encontrados entre las estaciones de muestreo del presente trabajo no se puede relacionar con otras variables ni hacer comparaciones o similitudes, por lo que es imposible determinar una correlación o gradiente entre abundancia, materia orgánica, o con los otros parámetros medidos, esto puede ser debido a que su estudio fue realizado en diferentes sitios, con mayor número de réplicas, mayor número de temporadas de estaciones y a pocos metros de la costa, y otros comportamientos de los parámetros físico-químicos de acuerdo a cada temporalidad.

## LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

Las estaciones donde se registraron organismos, presentaron los valores más altos de salinidad y de oxígeno disuelto. Salgado y Hendrickx (2002) señalan que la abundancia y distribución de las especies están reguladas por las variaciones de salinidad y oxígeno disuelto. También, Medina Gómez (2002) y Tuz Hamilton (2008) mencionaron que la salinidad debe aumentar en época de secas debido a la evaporación del agua con respecto al aumento de temperatura, de igual manera determinó que las descargas fluviales con grandes porcentajes de materia orgánica, que son descargadas en la bahía de Chetumal fueron punto de reunión para cinco familias y como resultado encuentra una gradiente de materia orgánica y que fue proporcional con la presencia de anfípodos y su biomasa como tal. También menciona que se encontró el mayor porcentaje de carbono en la zona conurbada. En este trabajo no se pudo corroborar debido a que se hizo un muestreo en la época de secas, por otra parte, el oxígeno disuelto no medido y salinidad puede contribuir al número de especies registradas en los transectos, ya que la salinidad en la mayoría de las estaciones analizadas oscila entre 2 y 8 % de sal.

Entre la granulometría y el porcentaje de materia orgánica, Navarrete (2000) y Tuz Hamilton (2008) señalaron que los valores mayores al 10 % de contenido de materia orgánica debe ser encontrado en sustratos arcillo limoso. En este estudio la presencia de organismo fue en el sustrato grueso con 8 organismos, este factor también pudo influir en la baja abundancia de los organismos, así como por la profundidad, ya que no existe gran oleaje en el fondo marino y se puede encontrar el sustrato con altos porcentajes de Carbono y asociarse a una posible acumulación a largo plazo, debido a materiales autóctonos producidos en esas áreas, como detrito de hojas de pastos marinos y algas. Como también que los puntos de muestreo en comparación con los que trabajaron dichos autores son diferentes a los de este estudio.

Los resultados granulométricos se encuentran en cuatro categorías: Arena Gruesa (47 %) Arena Mediana (35 %), Arena Fina (12 %) y Arenas Muy Gruesas (6 %). Navarrete et al (2000), clasificó sus arenas para obtener otro rango de estándares para las arenas: el porcentaje para las estaciones corresponden a 2.3% limos gruesos, el 9.4% limo arcillosos, el 12.5% arcillas medias. el 71 % de los sitios tuvieron sedimentos arena más gruesas: el 4.4 % de arena gruesa, el 31 % de las estaciones con arena mediana, el 15 % arena fina.. Se

## LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

puede apreciar que los resultados del presente estudio difieren con el estudio de Navarrete ya que el reporta que el 31 % de sus estaciones presentaron arena media siendo el de mayor porcentaje y este estudio registro un 47 % de arena gruesa, se puede atribuir a que fueron diferentes estaciones como también otra época del año.

Lankford (1977) señala que la bahía de Chetumal es considerada como un cuerpo de agua de baja energía por lo que se esperaría encontrar en mayor porcentaje sedimentos finos; el porcentaje de sedimento fino de este estudio es del 12 % lo que no representa mucho a comparación con el estudio de Lankford (1977). Estos sedimentos finos solo fueron encontrados en partes más profundas de la bahía ya que las corrientes que aproximadamente se mueven con  $0.16 \pm 0.13$  m/s y se dirigieron mayormente con dirección SE y SO, que son las más cercanas a las zonas costeras de la bahía, lo que conlleva a que las arenas finas se debieron encontrar en la zona conurbada (Navarrete *et al.*, 2000).

De acuerdo a Sánchez *et al.*, (2008) quienes realizaron un estudio de la distribución de parámetros texturales de los sedimentos superficiales en la Bahía de Chetumal, los resultados arrojaron que los vectores de transporte neto de sedimento van en dirección S-SE y S-SO y concuerda con la dirección de las corrientes superficiales y de fondo en la Bahía de Chetumal, por lo que señala que la distribución de sedimentos con un tamaño de grano de arenas finas a gruesas, sugiere que las condiciones hidrodinámicas deben ser lo suficientemente intensas para limitar el depósito y el contenido de limos y arcillas hacia la región central y más profunda de la bahía. Estos factores hidrodinámicos que presenta la Bahía de Chetumal, pueden ser las causas por la que la distribución de los sedimentos en la bahía al momento de realizar este estudio.

LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL  
SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

Capítulo V

# LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

## Conclusiones

La especie más abundante en este estudio fue *Grandidierella Bonnieroides*, la cual se registro 6 organismos distribuidos en las estaciones T1E2, T2E3 y T3E1.

La estación más diversa y abundante fue el transecto 1, estación 3 (T1E3) con 4 organismos, dos ejemplares para *Corophium bonelli* y dos para *Cerapus tubularis*.

El porcentaje de carbono presente en el estudio de materia orgánica registró un rango de 3.11 % C hasta 26.8 % C siendo un promedio de 22% C, lo que indica grandes concentraciones de materia orgánica en la Bahía de Chetumal por velocidad baja de las corrientes

Los resultados de la presente investigación arrojanbaja abundancia de organismos, por lo que no se pudo relacionar con algún factor paramétrico para determinar un posible comportamiento influenciado por alguna variable ambiental. Ya que sólo en 7 de los 18 transectos muestreados se encontraron organismos. De la misma forma no se puede aplicar algún índice ecológico ya que cualquier cálculo posible sería desechado y/o no sería confiable por la baja frecuencia de organismos.

Los valores de las concentraciones de materia orgánica fueron muy variados por lo que no se puede presumir o asumir que los resultados obtenidos puedan correlacionarse con los organismos encontrados, por lo tanto, no es posible confirmar o descartar la hipótesis debido a que no se registró la presencia de organismos en todos los transectos, y en los transectos donde se registró presencia, las observaciones fueron bajas por lo que no existe manera de relacionarlas y compararlas con otros autores.

LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL  
SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

**CAPITULO VI**

# LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

## **Recomendaciones**

Realizar monitoreos mensuales o estacionales en los mismos puntos de muestreo, para generar datos que permitan realizar análisis confiables sobre el comportamiento de los anfípodos en la bahía de Chetumal y su relación con los parámetros físico-químicos que determinan la calidad ambiental.

Continuar el presente estudio realizando los monitoreos mencionados que permitan comprobar o rechazar la hipótesis (poner la hipótesis)

Realizar muestreos con mayor número de estaciones, para obtener los datos de las variables y obtener la abundancia y riqueza real de especies y así determinar la calidad de las aguas salobres de la Bahía de Chetumal.

Realizar otros análisis más detallados, contaminación por metal, plaguicidas, detergentes, hidrocarburos y fertilizantes químicos presentes en la Bahía de Chetumal que impidan el desarrollo o reproducción de algunas especies o en general de todas las ya descritas para la Bahía de Chetumal.

## CAPITULO VII

# LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

## FUENTES CONSULTADAS

- Aikins, S. y E. Kikuchi, 2001. Studies on habitat selection by amphipods using artificial substrates within an estuarine environment. *Hidrobiología*.
- Alvares Noguera, Fernando, 2002, Informe de proyecto: SO79: crustáceos, estomápodos, anfípodos, isópodos y decápodos del litoral de Quinta Roo.
- Barnard, J. L. 1954. Amphipoda of the family Ampeliscidae collected by the Velero III in the Caribbean Sea. Allan Hancock Atlantic Expedition.
- Barnard, J. L. 1964. Deep-sea Amphipoda (Crustacea) collected by the R/V "Vema" in the eastern Pacific Ocean and the Caribbean and Mediterranean Seas.
- Botello, J. Rendón von Osten. 2005, Golfo de México, contaminación e impacto ambiental: diagnóstico y tendencias.
- Bousfield (1973), recuperado de: <https://peracarida.wordpress.com/orden-amphipoda>.
- Bousfield E.L. 1973. Shallow-water Gammaridean Amphipoda of New England Cornell University Press. Ithaca New York.
- De Jesús-Navarrete, A., Oliva Rivera, J. J., Valencia Beltrán, V., Quintero López, N., 2000, Distribución de sedimentos en la Bahía de Chetumal, Quintana Roo, México. *Hidrobiología*, 10, 61-67.
- De la Lanza, G., 1986 Materia Orgánica en los sedimentos del sistema lagunar Huizache y Caimanero: Importancia, Comportamiento y significado de modelos de predicción. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional autónoma de México* 13(1):251-286.
- Dean, W. E. Jr. 1974. Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: comparison with other methods. *J. Sedim. Petrol.* 44: 242- 248.
- Delgado Blas V. H., J. G. Kuk Dzul. H. A. Hernández Arana. J. L. Bucio y J.C. Ávila Reveles, 2006. Reporte técnico: Análisis de las Comunidades de Poliquetos Bénticos como Biomonitores de enriquecimiento Orgánico de la Bahía de

## LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

Chetumal Quintana Roo, Artículo: Poliquetos de sustrato arenoso como bioindicadores de contaminación por materia orgánica en la zona urbana de la bahía de Chetumal, Quintana Roo. Universidad de Quintana Roo. Tes. 6 pp.

Delgado, J.M. y D. Chavira.1984. Estudios preliminares de la bahía de Chetumal Q. Roo. Acciones de Convenio de la Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología. Secretaría de Marina. Archivo Delegación SEDUE. Chetumal Quintana Roo.

E L. Bousfield, 1972, Shallow- Water Gammaridean Amphipoda of New England. Figuras 5, 5-10

González N.E., Carrera-Parra L.F., Salazar-Silva P., Llanes-Baeza C., González-Escalante L.E., Salazar-Vallejo S.I..Macrobentos. Colegio de la Frontera Sur.

Ignacio Winfield y Elva Escobar Briones, Rev. Mex. Biodiv. v.78 n.1 México, jun. 2007. Anfípodos (Crustacea: Gammaridea) del sector norte del Mar Caribe: listado faunístico, registros nuevos y distribución espacial

Laberge R. J.A. y Laughlin J. M. 1989. *Hyaella* Azteca (Amphipoda) as an intermediate host of the nematode *Streptocara crassicauda*.

Lanza Espino, 200. Organismos indicadores de la calidad de agua y de la contaminación (Bioindicadores).

LeCroy, S.E. 2002. *An Illustrated identification guide to the nearshore marine and estuarine gammaridean Amphipoda of Florida. Families Ampeliscidae, Amphilochidae, Amphitoidae, Aoridae, Argissidae and Hausteriidae*. Vol 2. U.S. Environmental Protection Agency. WM724. 197-410.

Liddell, H. G. y Scott R. (1940) recuperado de: [https://upload.wikimedia.org/commons/d/d9/Morfologia\\_anfipodo.svg](https://upload.wikimedia.org/commons/d/d9/Morfologia_anfipodo.svg).Figura 1.

Liddell, H.G. y Scott, R. (1940). *A Greek-English Lexicon. revised and augmented throughout by Sir Henry Stuart Jones. with the assistance of. Roderick McKenzie*. Oxford: Clarendon Press.

Linda B Luntz, 1983, Guide to Common Tidal Invertebrates of the Northeastern Gulf of Mexico. Figura 5.

## LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

- 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 a la ciencia al manejo costero integrado de la bahía de Chetumal y su área de influencia. Universidad de Quintana Roo. 33-42 pp.
- Momo, F. R. y Ma. Casset. 1996. Estructura de la comunidad de micro crustáceos del arroyo Lujan Las Flores (cuenca del río Luján, Buenos Aires, Argentina).
- Musk, IB. 1992. Amphipoda species found in Lake Balaton since 1897. Miscnea. Zool. Hung. 7:59ñ64. .
- Oliva Rivera, J. J. 1998. Anfípodos. Enciclopedia de Quintana Roo.
- Poreti teresa. Septiembre 2009. Concentración química y dinámica poblacional del Rio Lujan.
- Ramírez-Elías y Sabido-Pérez, 2005. Estudio de metales pesados en sedimentos del arroyo la caleta, ciudad del Carmen, Campeche. UNACAR, Universidad Autónoma del Carmen, Facultad de Química
- Richard W. Heart, 1982. Guide to Common Tidal Invertebrates of the Northeastern Gulf of Mexico, Mississippi-Alabama, South Alabama and Gulf Coast Research Laboratory.
- Romero-Almaraz, M. L., C. Sánchez-Hernández, C. García-Estrada y R. D. Owen. 2007. Mamíferos pequeños. Manual de técnicas de captura, preparación, preservación y estudio. Facultad de Ciencias e Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal. 201 pp.
- Salazar-Silva, P. 1998. *Cambios en la estructura de la comunidad de macrobentos y su relación con contaminantes orgánicos en sedimentos de la bahía de Chetumal, Quintana Roo*. Tesis. Maestría CINVESTAV-Mérida.
- Sánchez, Alberto; Álvarez-Legorreta, Teresa; Sáenz-Morales, Ricardo; Ortiz-Hernández, Ma. Concepción; López-Ortiz B. Estela; Aguiñiga, Sergio. 2008. Distribución de parámetros texturales de los sedimentos superficiales en la

## LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

Bahía de Chetumal: Implicaciones en la inferencia de transporte. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, Vol. 25, núm. 3, pp. 523-532. Universidad Nacional Autónoma de México.

Soledad Fagundez, 2002. Evaluación de la calidad de agua del Arrollo Flores (Uruguay) mediante microinvertebrados bentónicos como Bioindicadores de materia orgánica.

Tansley, A.G., Chipp, T.F. 1926. Aims and methods in the study of vegetation. Br. Emp. Veg. Comm., Whitefriars Press, London. 383 pp.

Thiel, M. 2003. Rafting of benthic macrofauna: Important factors determining the temporal succession of the assemblage on detached macroalgae. Hydrobiologia.

Tuz Hamilton C. del S. 2008. Anfípodos como bioindicadores de calidad del agua enfrente de la zona conurbada de la bahía de Chetumal, Quintana Roo.

Vargas Hernández J. M. 1991. Análisis granulométrico de sedimentos (Facultad de Biología). Universidad Veracruzana, Xalapa.

Winfield, I., E. Escobar-Briones y F. Álvarez. 2007. Clave para la identificación de los anfípodos bentónicos del Golfo de México y el sector norte del Mar Caribe. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM y Comisión Nacional de la Biodiversidad, Distrito Federal. 197 pp.

## **Capítulo VIII**

LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL  
SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

**Anexo I. Anfípodo con crías y/o huevos.**



**Fotografía 1.-** *C. tubularis* estación T1E3 fotografía tomada desde el estereoscopio de laboratorio, División de Ciencias e Ingenierías, Janett Valdez Frías, 2015.



**Fotografía 2.-** *C. tubularis* estación T3E5 fotografía tomada desde el estereoscopio de laboratorio, División de Ciencias e Ingenierías, Janett Valdez Frías, 2015.

# LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

## Anexo II. Abundancia de los organismos identificados

Tabla 10. Tabla general de presencia de anfípodos por especie por estación.

Especies	T1E1	T1E2	T1E3	T1E4	T2E1	T2E2	T2E3	T3E1	T3E2	T3E3	T3E4	T3E5	T4E1	T4E2	T4E3	T4E4	T4E5	Tamalcab
<i>corophium Bonelli</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
<i>grandidierella bonnieroides</i>	0	2	0	0	0	0	1	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	-
<i>melita nítida</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
<i>Cerapus tubularis</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	-
<i>Hyale plumulosa</i>	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
<i>Hyale nilssonni</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-
<i>Suma total</i>	0	3	4	1	0	0	2	3	0	0	1	2	0	0	0	0	0	-

LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL  
SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

**Anexo III. Comportamiento de la materia Orgánica en los diferentes transectos**

Las tablas muestran los porcentajes de materia orgánica obtenidos en los diferentes transectos en donde se encontraron organismos y se compara con los porcentajes de donde no se encontró ningún organismo:

Tabla 11. % MO en presencia de organismo.

Estación	organismos	%MO
T1E2	3	6.81852466
T1E3	4	25.3852021
T1E4	1	8.98312813
T2E3	2	11.3570447
T3E1	3	18.5418266
T3E4	1	14.4076841
T3E5	2	7.20583764

Tabla.12. % MO en ausencia de organismo.

Estación	Total de organismos	% MO
T1E1	0	16.0187566
T2E1	0	3.11517148
T2E2	0	9.8741089
T3E2	0	-
T3E3	0	22.6314181
T4E1	0	5.12703484
T4E2	0	26.0803176
T4E3	0	16.4957919
T4E4	0	6.32833996
T4E5	0	16.6057282
Tamalcab	-	3.99513899

LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL  
SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

Tabla 13. Promedio del porcentaje de materia orgánica de todas las estaciones.

<b>Estación</b>	<b>%MO</b>	<b>Promedio</b>
<b>T1E1</b>	<b>16.01</b>	<b>12.8806503</b>
<b>T1E2</b>	<b>6.81</b>	
<b>T1E3</b>	<b>25.38</b>	
<b>T1E4</b>	<b>8.98</b>	
<b>T2E1</b>	<b>3.11</b>	
<b>T2E2</b>	<b>9.87</b>	
<b>T2E3</b>	<b>11.35</b>	
<b>T3E1</b>	<b>18.54</b>	
<b>T3E2</b>	<b>-</b>	
<b>T3E3</b>	<b>22.63</b>	
<b>T3E4</b>	<b>14.40</b>	
<b>T3E5</b>	<b>7.20</b>	
<b>T4E1</b>	<b>5.12</b>	
<b>T4E2</b>	<b>26.08</b>	
<b>T4E3</b>	<b>16.49</b>	
<b>T4E4</b>	<b>6.32</b>	
<b>T4E5</b>	<b>16.60</b>	
<b>Tamalcab</b>	<b>3.99</b>	

**LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL  
SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL**

Tabla14. Porcentaje de materia orgánica por transecto.

<b>Transecto</b>	<b>Estación</b>	<b>Número de especies</b>	<b>% MO</b>
<b>1</b>	1	0	16.018
	2	3	6.81
	3	4	25.385
	4	1	8.98
<b>2</b>	1	0	3.11
	2	0	9.87
	3	2	11.35
<b>3</b>	1	3	18.54
	2	0	-
	3	0	22.63
	4	1	14.40
	5	2	7.20
<b>4</b>	1	0	5.127
	2	0	26.08
	3	0	16.49
	4	0	6.32
	5	0	16.60
<b>Tamalcab</b>	26.08	-	3.99

## LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

Tabla 15. Porcentajes de las estaciones con rangos de materia orgánica.

<b>Rangos % MO</b>	<b>Número de estaciones</b>	<b>% por estaciones</b>
<b>3.1- 6</b>	3	17.64
<b>6.1-9</b>	4	23.52
<b>9.1-12</b>	2	11.76
<b>12.1-15</b>	1	5.88
<b>15.1-18</b>	3	17.64
<b>18.1-21</b>	1	5.88
<b>21.1-24</b>	1	5.88
<b>24.1-27</b>	2	11.76
<b>Total</b>	17	100.00 %

Se puede observar en la tabla anterior (tabla 19) el comportamiento de la materia orgánica donde nos muestra que el 23 % de las estaciones presenta un porcentaje de materia orgánica de entre 6.1-9 % de materia orgánica, y con 3 estaciones con el mínimo porcentaje de materia orgánica correspondiente a 5.88 % de las estaciones cada una, todas correspondientes al transecto 3.

# LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

## Anexo IV. Abundancia respecto a los diferentes parámetros.

Tabla 16. Correlación entre el tipo de sedimento y los organismos.

Tipo de sedimento	Total de organismos
Arena gruesa	10
Arena muy gruesa	0
arena media	5
Arena fina	1

Como se puede observar en la tabla 9, 10 de los 16 organismos se hacen presentes en arenas gruesas.

Tabla 17. temperatura en las estaciones. Para que podamos hacer una separación de organismos por temperaturas, separamos la temperatura por rangos.

Estación	Número de organismos	T (°C)
T1E1	0	29.8
T1E2	3	30
T1E3	4	29.5
T1E4	1	30.7
T2E1	0	29
T2E2	0	28.8
T2E3	2	28.6
T3E1	3	23.8
T3E2	0	
T3E3	0	25
T3E4	1	23.6
T3E5	2	23.8

LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL  
SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

<b>T4E1</b>	0	23
<b>T4E2</b>	0	24.4
<b>T4E3</b>	0	24.6
<b>T4E4</b>	0	24.3
<b>T4E5</b>	0	23.6
<b>Tamalcab</b>	-	22

Tabla 18. Correlación de temperaturas-organismos.

<b>Rangos de temperatura en °C</b>	<b>Organismos</b>
<b>21-22.9</b>	0
<b>23-25</b>	6
<b>25.1-27</b>	0
<b>27.1-30.7</b>	10

Como se observa la mayor abundancia se encontró en un rango de temperatura de 27.1 - 30.7°C con un total de 10 organismos.

Tabla 19. correlación de salinidad- organismos.

<b>% de sal</b>	<b>Organismos</b>
<b>1 y 2</b>	4
<b>3 y 4</b>	2
<b>5 y 6</b>	9
<b>7 y 8</b>	1

## LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

Como se observa en la Tabla 22 que los organismos fueron encontrados mayormente en los porcentajes 5 y 6 de salinidad con un total de 9 organismos.

Tabla 20. correlación abundancia-profundidad.

Profundidad en metros	Organismos.
0- 2	3
2.1 – 4	0
4.1 – 6	11
6.1 – 8	1

Tabla 21. Resumen de especies por estación.

Estación	Coordenadas	No. de anfipodos por especie	Especie	anfipodos por estación
E2T1	N 18°29'15.78" O 88°13'54.94"	2	<i>grandidierella bonnieroides</i>	3
		1	<i>melita nítida</i>	
E3T1	N 18°29'15.78" O 88°11'21.76"	2	<i>corophium Bonelli</i>	4
		2	<i>Cerapus tubularis</i>	
E4T1	N 18°29'15.78" O 88° 8'48.18"	1	<i>Hyale plumulosa</i>	1
E3T2	N 18°31'42.48" O 88° 8'48.18"	1	<i>grandidierella bonnieroides</i>	2
		1	<i>Hyale plumulosa</i>	
E1T3	N 18°34'07.9" O 88°13'54.5"	2	<i>grandidierella bonnieroides</i>	3
		1	<i>Hyale plumulosa</i>	
E4T3	N 18°34'09.3" O 88°06'15"	1	<i>Hyale nilssoni</i>	1
E5T3	N 18°34'08.8" O 88°03'41.6"	1	<i>grandidierella bonnieroides</i>	2
		1	<i>Cerapus tubularis</i>	
		Total		
		16		

## LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

Como se observa en la tabla 24 la mayor abundancia de los organismos esta presentada en un rango de 4.1m a 6metros de profundidad, con un total de 11 organismos presentes.

Tabla 24. Organismos por estación

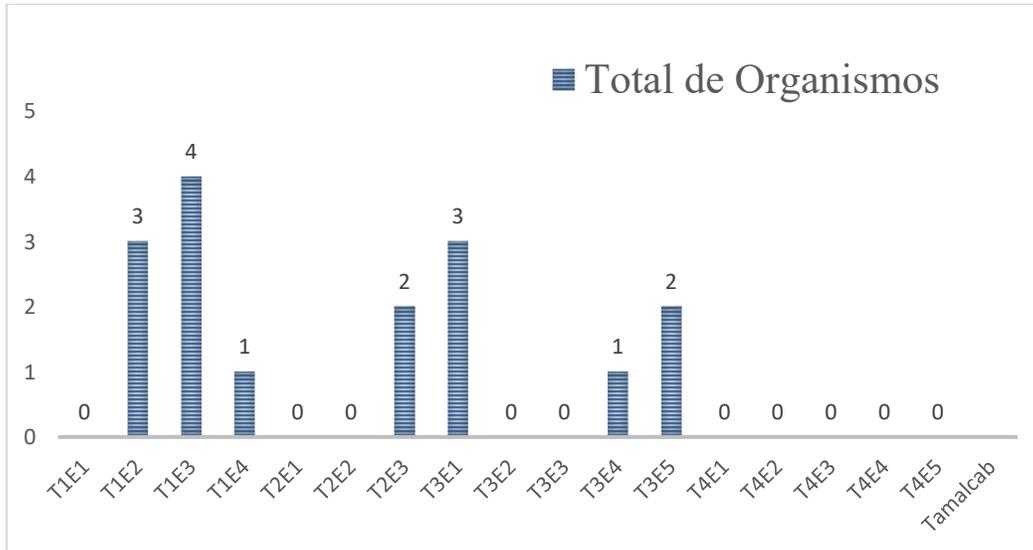
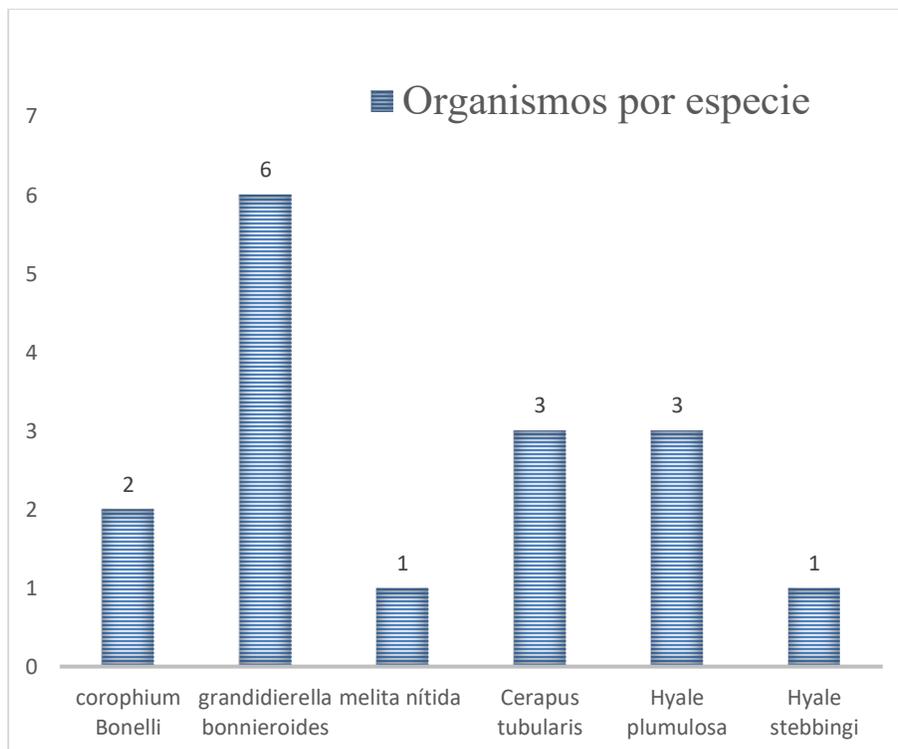


Tabla25. Total de organismos por especie.



## LOS ANFÍPODOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE CHETUMAL

De las seis especies identificadas se pudieron observar anfípodos ovíparos y con crías (anexo 1) las cuales fueron identificadas como la especie *grandidierella bonnieroides*.