



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE QUINTANA ROO

DIVISIÓN DE CIENCIAS, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

“POSIBLES EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO
EVALUADOS EN LA REGENERACIÓN DE *Capitella capitata*
(Annelida: Polychaeta)”.

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE

INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTA

CLAUDIA HERNÁNDEZ BELTRAN

DIRECTOR

VÍCTOR HUGO DELGADO BLAS

ASESORES

MEM. JOSÉ LUIS GONZÁLEZ BUCIO

DR. JOSÉ MANUEL CARRIÓN JIMÉNEZ

DR. RUSSELL GIOVANNI UC PERAZA

DRA. IDALYD FONSECA GONZÁLEZ



ÁREA DE TITULACIÓN

CHETUMAL QUINTANA ROO, MÉXICO, NOVIEMBRE DE 2022





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE QUINTANA ROO

DIVISIÓN DE CIENCIAS, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

TRABAJO DE TESIS TITULADO

“POSIBLES EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EVALUADOS EN LA REGENERACIÓN DE *Capitella capitata* (Annelida: Polychaeta)”

ELABORADO POR

CLAUDIA HERNÁNDEZ BELTRAN

BAJO SUPERVISIÓN DEL COMITÉ DEL PROGRAMA DE LICENCIATURA Y APROBADO COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

INGENIERO AMBIENTAL

COMITÉ DE TESIS

DIRECTOR:


DR. VICTOR HUGO DELGADO BLAS

ASESOR:


MEM. JOSE LUIS GONZÁLEZ BUCIO

ASESOR:


DR. JOSÉ MANUEL CARRIÓN JIMÉNEZ

ASESOR SUPLENTE:


DR. RUSSELL GIOVANNI UC PERAZA

ASESOR SUPLENTE:


DRA. IDALYD FONSECA GONZÁLEZ



ÁREA DE TITULACIÓN

CHETUMAL QUINTANA ROO, MÉXICO, SEPTIEMBRE DE 2022



A dios

Por darme vida, salud, sabiduría y guiarme a lograr cada uno de mis sueños.

A mis padres:

Irma Beltrán Tut y Timoteo Hernández Gaspar

por su gran esfuerzo y amor día con día para que no me falte nada.

A mis hermanos:

Felipe, Rocío y Raúl

por su apoyo y enseñanzas.

A mi novio.

Javier

Por su voto de confianza en mí y no dejarme decaer.

A mi perrito:

Argahe

Mi mejor amigo y fiel compañero.

Quiero agradecer a las personas que me apoyaron durante la realización de este trabajo. En especial a mi director de tesis Dr. Victor Hugo Delgado Blas, quien, admiro, por ser una excelente persona y gracias a cada una de sus enseñanzas, paciencia y consejos me guio a lo largo de la tesis y de la carrea universitaria.

A mis asesores MEM. José Luis González Bucio y al Dr. José Manuel Carrión Jiménez también a los asesores suplentes Dr. Russell Giovanni Uc Peraza y Dra. Idalyd Fonseca González quien me apoyaron en todo momento y por el tiempo brindado en las revisiones y comentarios de este trabajo.

A mis maestros de la Carrea de Ingeniería Ambiental por sus valiosas enseñanzas y dedicación en mi formación en la Universidad Autónoma de Quintana Roo.

Al M.P. Gerardo Daniel López Montejo por ser una excelente persona, así como su gran dedicación en su profesión, quien me apoyo en todo momento en la elaboración de mapas en QGIS.

Al M.C. Jaime Alfredo Castillo quien me ayudo en la verificación de cálculos y por ser accesible en cuanto a los materiales de laboratorio utilizados.

Al Biólogo. Humberto Bahena por la pasión por las fotografías de los poliquetos.

También quiero agradecer a Diana, mi amiga en donde fuimos cómplices de largas horas de trabajo para la realización de este proyecto, así como el crecimiento como persona que obtuvimos, las lágrimas y las celebraciones de cada uno de nuestros logros.

A mis amigas: Luz, Mariana, Elvia, Estela y Viridiana, por formar parte al inicio de la carrera, siempre fuimos el mejor equipo en las clases porque la dedicación en cada cosa que hacíamos para siempre tener un buen trabajo al igual que formamos una bonita amistad planeando muchas cosas juntas, así como increíbles momentos que siempre atesoraré.

A mis compañeros; Abraham, Luis, por ser unos excelentes amigos brindándome siempre su apoyo y su paciencia, a Anahí, Aida, Jimena, Alejandra, Harumi y Gezer por las anécdotas que compartimos dentro y fuera de la universidad.

Este proyecto fue financiado por el Fondo Sectorial de Investigación Ambiental (gran SEMARNAT-CONACYT A3-S-73811)

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--------------------------------|-----|
| DEDICATORIA | III |
| AGRADECIMIENTOS | IV |
| ÍNDICE GENERAL | V |
| ÍNDICE DE FIGURAS | VII |
| ÍNDICE DE TABLAS | IX |

| | |
|----------------------|---|
| RESUMEN | 1 |
| | 1 |

CAPÍTULO II INTRODUCCIÓN..... 3

| | |
|------------------------------------|----|
| 1. Introducción | 4 |
| 1.2. Antecedentes. | 7 |
| 1.3. Justificación..... | 9 |
| 1.4. Objetivos. | 11 |
| 1.4.1. Objetivo general. | 11 |
| 1.4.2. Objetivos particulares..... | 11 |
| 1.5. Hipótesis..... | 13 |
| 1.6. Área de colecta..... | 14 |

CAPÍTULO II MATERIALES Y MÉTODOS..... 15

| | |
|--|----|
| 2.1. Método de campo..... | 16 |
| 2.2. Laboratorio..... | 18 |
| 2.2.1 Selección, identificación y aclimatación de los organismos | 18 |
| 2.2.2. Parámetros físico-químicos de los sitios de muestreo..... | 19 |
| 2.3. Prueba de bioensayo..... | 20 |
| 2.4. Parámetro de Salinidad en la regeneración..... | 21 |
| 2.5. Parámetro de temperatura en la regeneración..... | 22 |
| 2.6. Análisis estadístico..... | 23 |

CAPÍTULO III RESULTADOS..... 24

| | |
|-------------------------------------|----|
| 3.1. Evaluación de los efectos..... | 25 |
|-------------------------------------|----|

| | |
|---|-----------|
| 3.2. Efecto de la salinidad en la regeneración..... | 26 |
| 3.3. Mortalidad en salinidad..... | 29 |
| 3. 4. Efecto de Temperatura en la regeneración..... | 31 |
| 3.5 Mortalidad en Temperatura..... | 34 |
| 3.6. Resultados del análisis estadístico..... | 38 |
| 3.6.1 Salinidad..... | 38 |
| 3.6.2 Temperatura..... | 41 |
| CAPÍTULO IV DISCUSIONES..... | 43 |
| 4. Discusiones..... | 44 |
| CAPÍTULO V CONCLUSIONES..... | 51 |
| 5. Conclusiones..... | 52 |
| CAPÍTULO VI RECOMENDACIONES..... | 54 |
| 6. Recomendaciones..... | 55 |
| CAPÍTULO VII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 57 |
| 7. Referencias Bibliográficas..... | 58 |
| CAPÍTULO VIII ANEXOS..... | 63 |
| 8. Anexos..... | 64 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Área de estudio y sitio de muestreo de los organismos de prueba en la bahía de Chetumal, Quintana Roo | 17 |
| Figura 2. Efecto de la capacidad regenerativa en <i>Capitella cf. capitata</i> a salinidades; Control 18 g/L, T1 8 g/L, T2 14 g/L, T3 24 g/L, T4 28 g/L y T5 32 g/L en un tiempo de lectura de cinco semanas..... | 27 |
| Figura 3. Regeneración posterior de <i>Capitella cf. capitata</i> expuestos a diferentes salinidades. Registro fotográfico del proceso de regeneración en la primera semana (columna izquierda) y cuarta semana (columna derecha) después de la amputación después de la amputación a salinidades Control 18 g/L (A Y B) Y T1 8g/L (C Y D) | 28 |
| Figura 4. Mortalidad en <i>Capitella cf. capitata</i> a salinidades; T1 8 g/L, T3 24 g/L, T4 28 g/L y T5 32 g/L registrados en cinco semanas..... | 30 |
| Figura 5. Efecto de la capacidad regenerativa en <i>Capitella cf. capitata</i> a temperaturas; Control 31°C, T1 22°C, T2 26°C, T3 30°C y T4 34°C en un tiempo de lectura de cinco semanas | 32 |
| Figura 6. Regeneración posterior de <i>Capitella cf. Capitata</i> expuestos a diferentes temperaturas. Registro fotográfico del proceso de regeneración en la primera semana (columna izquierda) y cuarta semana (columna derecha) después de la amputación a temperatura Control 31°C (A y B) y T1 22°C (C Y D)..... | 33 |
| Figura 7. Mortalidad en <i>Capitella cf. capitata</i> a temperaturas; T1 22°C, T2 26°C y T5 34°C registrados en cinco semanas..... | 35 |
| Figura 8. Porcentaje total de setígeros regenerados en <i>Capitella cf. Capitata</i> durante las pruebas de salinidad..... | 36 |
| Figura 9. Porcentaje total de setígeros regenerados en <i>Capitella cf. capitata</i> durante las pruebas de temperatura..... | 37 |
| Figura 10. Gráfico Box Plot conformado por la mediana, el primer (25 %) y tercer (75 %) cuartil, valores mínimos y máximos, valores outliers y extremos de la variable regeneración..... | 40 |

| | |
|---|-----------|
| Figura 11. Gráfico de Box Plot conformado por la mediana, el primer (25 %) y tercer (75 %) cuartil, los valores mínimos y máximos, valores outliers y extremos de la variable de regeneración..... | 42 |
| Figura 12. Esquematización de las cámaras de bioensayo en salinidad..... | 64 |
| Figura 13. Esquematización de la cámara de bioensayo a diferentes salinidades | 65 |
| Figura 14. Esquematización de las cámaras de bioensayo en temperatura..... | 66 |
| Figura 15. Esquematización de la cámara de bioensayo a diferentes temperaturas | 67 |
| Figura 16. Bioensayo de temperatura..... | 68 |
| Figura 17. Bioensayo de salinidad..... | 69 |
| Figura 18. Especie de <i>Capitella cf. capitata</i> empleados en los bioensayos..... | 70 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|---|-----------|
| Tabla 1. Promedio de los Parámetros físico-químicos medidos durante los bioensayos salinidad (S), temperatura (T), oxígeno disuelto (OD) y potencial de hidrógeno (pH), durante un periodo de exposición de cinco semanas (35 días) | 25 |
| Tabla 2. Análisis estadístico descriptiva de salinidad de la variable dependiente (Regeneración)..... | 38 |
| Tabla 3. Estadística descriptiva de Temperatura de la variable dependiente (Regeneración)..... | 41 |

RESUMEN

Resumen

El cambio climático es una problemática que ha generado alteraciones en diversos parámetros ambientales a lo largo de varios años, es evidente que trae como consecuencias efectos negativos para la biota acuática, en particular en su desarrollo, reproducción y su capacidad regenerativa. En este estudio se analizó mediante pruebas de bioensayos de tipo estático el comportamiento de poliquetos de la especie *Capitella cf. capitata* en su proceso de regenerar partes perdidas de su cuerpo. La metodología consistió en amputar parte del cuerpo del poliqueto a partir del setígero 26, de esta manera se estimó el tiempo en semanas en que estos organismos son capaces de regenerar nuevos setígeros mediante rangos de valores de salinidad y temperatura en el contexto del cambio climático para el año 2080-2100. Los resultados obtenidos en el presente trabajo mostraron que *Capitella cf. capitata* presentó una mayor regeneración en salinidades de 14 y 18 g/L en un tiempo de cuatro semanas, mientras que la mayor mortalidad se presentó a salinidades de 32 g/L. En cuanto a la temperatura la mayor regeneración se registró a temperaturas de 30 y 31 °C en un tiempo de cuatro semanas, sin embargo, los organismos no toleraron la temperatura de 34°C donde no hubo evidencia de regeneración y se registró el 100 % de mortalidad. Al aplicar el análisis ANOVA no paramétrica se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) con respecto a la variable de regeneración entre los tratamientos. La afectación de la salinidad y temperatura modificadas tuvo un impacto negativo en la regeneración en la especie objetivo, lo cual se recomienda hacer estudios futuros sobre las afectaciones bioquímicas en estos organismos debido a su importancia ecológica.

CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

1. Introducción.

La evolución del clima a lo largo de los años ha experimentado numerosos cambios de ciclos dinámicos naturales que en su mayoría es causado por las actividades antropogénicas. Entre estas actividades, existen las que generan emisiones de gases de efecto de invernadero, de este modo contribuyen con el deterioro de la capa de ozono, dando como resultado el aumento de la temperatura a nivel global y la alteración de otros parámetros físico-químicos en los ambientes acuáticos, como consecuencia del aumento de la temperatura y la variación en el reparto de las precipitaciones asociadas al cambio climático (CC), numerosas especies tendrán que modificar su hábitat y distribución (Lorente *et al.*, 2004). Algunos ambientes acuáticos pueden experimentar el incremento de temperatura que sobrepasa la tolerancia de algunas especies que no tengan la capacidad de adaptarse. Debido que la mayor parte de las especies tienen asociado un rango térmico de humedad y de radiación relacionado con su fenología y fisiología. Está previsto que un incremento de apenas 1°C puede causar cambios significativos en la composición y distribución de especies acuáticas (IPCC, 2014).

Algunos ambientes acuáticos continentales pueden experimentar incrementos de temperatura que sobrepasa el grado de tolerancia de algunas especies, a la vez pueden darse cambios químicos importantes en el agua como la disminución del oxígeno disuelto y aumento de la salinidad (Matozzo *et al.*, 2012). Como resultado, los cambios en los niveles del mar y el aumento de la salinidad serían indicativos de sequía en un sistema estuarino (Govender *et al.*, 2011) provocando efectos negativos en la fisiología de algunos organismos (Pechenick *et al.*, 2001) y generando un índice de mortalidad de las especies altamente sensibles a los cambios abruptos de salinidad.

Los anélidos son gusanos segmentados que se han sido estudiados durante mucho tiempo, como modelos de regeneración, debido a sus impresionantes capacidades regenerativas (Bely, 2014). La regeneración del prostomio o el pigidio en los anélidos implica reformar numerosos sistemas de órganos, incluidos el intestino, el sistema nervioso, la musculatura, los apéndices, la cavidad celómica las gónadas, la sangre y la epidermis, existe una amplia gama de habilidades regenerativas a través de los anélidos y, por lo tanto, *Capitella capitata*. tiene la capacidad de reemplazar segmentos perdidos y estructuras complejas desde la dirección posterior, el nacimiento de nuevas células está estrechamente asociado con la regeneración del cuerpo completo (Seaver, 2016). Sin embargo, existen algunos estudios acerca de la regeneración posterior (Pires *et al.*, 2012) en poliquetos en el contexto del cambio climático utilizando parámetros como la salinidad (Freitas *et al.*, 2015) y la temperatura (Pires *et al.*, 2015).

La especie *Capitella cf. capitata* es un complejo de especies que incluye principalmente especies oportunistas que muestran la estrategia clásica de ser consideradas indicadoras de contaminación orgánica antropogénica en sedimentos marinos (Méndez 2016). Esta especie vive en el sedimento blando formando tubos arenosos para protegerse de las fuertes corrientes siendo su principal alimento la materia orgánica que se acumula en el sedimento del fondo marino, poseen una gran abundancia y sensibilidad posicionándola como una especie oportunista y dominante debido a su alta tasa de crecimiento en áreas enriquecidas orgánicamente (Méndez *et al.*, 1997), son óptimos para su desarrollo en cultivo de laboratorio por su fácil adaptación de simulaciones de parámetros de su hábitat como la salinidad y temperatura (Herrera-Peréz y Méndez, 2019), así mismo, se han registrado en diversos estudios (Méndez, 2006; Adkins y Schulze, 2011;) que poseen una estrategia reproductiva y ciclos de vida bastante adaptativa, ya que son útiles para estudiar el efecto de los contaminantes debido a que son organismos sedentarios, el cual,

poseen un tamaño adecuado, y en consecuencia pueden ser considerados en bioensayos para evaluar su capacidad regenerativa., además su gran distribución en temporada de secas y nortes (Elías *et al.*, 2021). A pesar de su importancia en fondos blandos en la Bahía de Chetumal, estos organismos no han sido utilizados para estudios de regeneración; sin embargo, se han utilizado para evaluar la toxicidad con detergentes (Uc-Peraza & Delgado-Blas, 2015) así como efectos subletales, como su reproducción y desarrollo (Bellan *et al.*, 1972) y otros estudios con plaguicidas altamente tóxicos como el malation (Calderon *et al.*, 2019).

El presente estudio tuvo como finalidad evaluar los parámetros-fisicoquímicos tales como la temperatura y salinidad en la capacidad regenerativa del poliqueto *Capitella cf. capitata* de la bahía de Chetumal mediante pruebas de bioensayos de tipo estático, con el propósito de determinar el tiempo en semanas en el cual los organismos pueden regenerar sus setígeros y alcanzar la regeneración del cuerpo completo ya que sería sumamente importante en el ámbito ecotoxicológico.

1.2. Antecedentes.

Pires *et al.* (2015) determinaron como el cambio de temperatura, salinidad y pH tienen cambios sobre el proceso de regeneración en la especie *Diopatra neapolitana*, así mismo como los parámetros evaluados pueden variar para incrementar o disminuir y/o que exista una regeneración completa o parcial en un periodo de días determinado.

También, Freitas *et al.* (2015) evaluaron la capacidad regenerativa de *D. neapolitana* utilizando el parámetro de salinidad, así como las alteraciones bioquímicas en la especie evaluada, resultando que los organismos que se sometieron a una capacidad extrema de salinidad presentaron una alta tasa de mortalidad y teniendo un proceso de regeneración más lenta en la composición de sus setígeros. Posteriormente,

Herrera-Peréz y Méndez (2019), determinaron la mortalidad en la especie *Capitella sp.* en condiciones controladas de laboratorio en dos rangos de temperatura y salinidad. En el primer rango utilizaron condiciones similares a las que se encontraron en su hábitat (salinidad: 30-32 g/L y temperatura: 20-22 °C) y se observó una mayor adaptación y supervivencia, sin embargo, en el segundo rango fueron designados valores altos (salinidades de 32-34 g/L y temperatura: 24-26°C) donde se presentaron una mayor mortalidad. En otro estudio,

Bhuiyan *et al.* (2020) evaluaron los cambios fisiológicos (capacidad de supervivencia y capacidad regenerativa) con el gusano *Hediste diversicolor* en condiciones del cambio climático, donde la temperatura control fue de 15°C y una temperatura elevada de 25°C junto con valores de pH 8.1, como control y condiciones acidificantes de 7.5 y 7.0 respectivamente, donde las condiciones control, presentaron una regeneración rápida y en menor tiempo, en cambio para las concentraciones más altas de temperatura y menores de pH, los organismos necesitaron más tiempo para regenerar los setígeros.

1.3. Justificación.

Los poliquetos juegan un papel importante en el ambiente acuático debido a su distribución en ambientes marinos y estuarinos, como su fácil adaptación a diferentes condiciones ambientales, y que con el paso del tiempo se han ido realizando ciertas investigaciones para describir mejor sus funciones en su hábitat. También, actualmente los estudios con bioindicadores ambientales sirven para dar una credibilidad ante la medición de parámetros físico-químicos y poder reconocer los efectos en la variabilidad de estos parámetros, además de que estos organismos son fáciles para poder cultivarlos en laboratorio por su tamaño, su composición y la forma de alimentación. De acuerdo a varios estudios realizados se sabe que el cambio climático afectará a diferentes especies en su hábitat, teniendo resultados alarmantes como las afectaciones morfológicas, estrés oxidativo e inclusive la mortalidad en su entorno, provocando la pérdida de las especies y generando un desequilibrio en el sistema acuático.

Se sabe que los poliquetos tienen la capacidad de regenerarse cuando han perdido alguna parte fragmentada de su cuerpo, estando en condiciones benéficas en su ambiente, no obstante, al ser modificadas estas condiciones puede afectar la forma de vida de estos organismos. Actualmente, existe información limitada de estudios en poliquetos sobre las variaciones de la temperatura y salinidad en relación al proceso de regenerar partes del cuerpo pérdidas o modificaciones genéticas de estos organismos. Por lo tanto, es importante estudiar las afectaciones que podrían tener estos organismos en unos años más y ayudar a un mejor entendimiento de lo que se podría esperar con los cambios de los ambientes acuáticos en el contexto del cambio climático.

La especie *Capitella cf. capitata* es considerada una especie de fácil recolección, abundante y con una distribución amplia a lo largo de la Bahía de Chetumal, también se ha utilizado para distintos bioensayos de toxicidad, sin destacar su importancia como bioindicador ambiental.

1.4. Objetivos.

1.4.1. Objetivo general.

- Identificar los posibles efectos de la temperatura y salinidad en el contexto del cambio climático en la especie *Capitella cf. capitata* con relación a su capacidad de regeneración.

1.4.2. Objetivos particulares.

- Analizar el comportamiento de la especie *Capitella cf. capitata* ante la variación de la temperatura y salinidad.
- Determinar la temperatura y salinidad en que existe una regeneración más lenta.
- Evaluar el tiempo en días en que los organismos puedan regenerar sus setígeros completos.
- Determinar en qué rango de temperatura y salinidad existe una mayor mortalidad en *Capitella cf. capitata*.

1.5. Hipótesis.

Se espera que en los próximos años continúe la variación significativa en los parámetros temperatura y salinidad en los océanos y zonas costeras debido al cambio climático, generando como consecuencia la inhibición o descenso en el proceso de regeneración del poliqueto *Capitella cf. capitata*, ya que no tendría el ambiente adecuado para su proceso adaptativo, propiciando una duración mucho más larga e inclusive se espera que no pueda alcanzar su ciclo esperado.

En este contexto este estudio mostrará que *Capitella cf. capitata* no tendrá la capacidad de recuperación de sus partes del cuerpo fragmentado al exponerlos a temperaturas y salinidades bajo el contexto del cambio climático.

1.6. Área de colecta.

La Bahía de Chetumal se localiza al sureste del Estado de Quintana Roo, adyacente a la ciudad de Chetumal (18.6° N, 88.1° O). Corresponde a esta región de la península de Yucatán un clima cálido sub-húmedo, con lluvias en verano y temperatura media anual de 27°C, con un periodo de lluvias que comprende los meses de mayo a octubre, pero generalmente se presentan con mayor frecuencia en los meses de junio a septiembre (Delgado-Blas *et al.*, 2011) La longitud de la bahía es de 67 km, ancho máximo de 20 km y una superficie aproximada de 1,098 km². La profundidad media del sistema es de 3.30 m y se comunica con el Mar Caribe a través de una boca situada en la región sureste (Medina-Gómez *et al.*, 2009).

La influencia marina al interior de la bahía es limitada por una amplia barrera que la aísla del frente oceánico; esto la convierte en un sistema hiposalino que comprende de 8 a 18‰ (Vásquez-Yeomans *et al.*, 2012). La temperatura del aire media anual para la bahía de Chetumal es de 26.5 °C, con un máximo de 30.6 °C y un mínimo de 20 °C; sin embargo, se han registrado valores máximos extremos de 39 °C y mínimos extremos de 5 °C, la precipitación pluvial media mensual es de 112 mm, con un máximo de 780 mm; y la precipitación anual es de 1244.7 mm. La humedad relativa se mantiene alrededor de 78 %, con máximo de 86 % y mínimo de 71 %. Como corresponde a las regiones tropicales, la temperatura del aire se mantiene alrededor de su valor medio a lo largo del año (Carrillo *et al.*, 2009) se encuentra rodeada de flora y fauna asociadas a comunidades tropicales de humedal, manglar y diversos tipos de vegetación terrestre como las selvas bajas y medianas (Espinoza-Avalos *et al.*, 2009).

CAPÍTULO II
MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Método de campo.

Se recolectaron especímenes de *Capitella cf. capitata* en áreas libres de descargas de aguas residuales en temporada de lluvias durante del mes de octubre del 2021 en la Bahía de Chetumal, el cual se ubica en la zona Sur del Estado de Quintana Roo (18°29'34.37"N, 88°17'36.84"O) (Figura 1). Se recolectó un total de 160 organismos utilizando un núcleo de PVC de 11 cm de diámetro y 25 cm de largo, y para la extracción de los organismos se tomaron núcleos profundos de 20 cm, posteriormente el sedimento fue vertido en una malla de abertura de 1 y 0.5 mm, con ayuda de pipetas de plástico de 3 mL de capacidad de succión, fueron puestos 2 organismos por cada vial, esto se realizó con el fin de evitar el enroscamiento o fragmentación de los organismos al momento de extraerlos, estas muestras contenían agua del sitio de muestreo.

También se recolectaron 4 núcleos de sedimento, estos fueron transportados al laboratorio en bolsas de plástico de polietileno selladas. Se obtuvo el sedimento libre de cualquier organismo para lo cual se utilizó el tamiz No. 45 con una abertura de malla de 0.355mm para posteriormente ser utilizado durante la aclimatación (Uc-Peraza & Delgado Blas, 2015).



Bahía de Chetumal

● sitio de muestreo

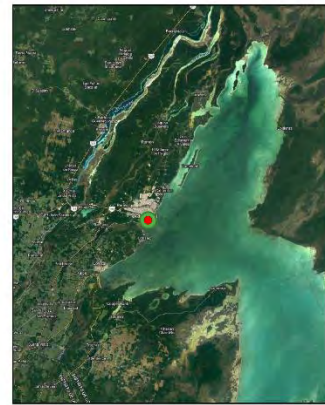


Figura 1. Área de estudio y sitio de muestreo de los organismos de prueba en la bahía de Chetumal, Quintana Roo.

2.2. Laboratorio.

2.2.1 Selección, identificación y aclimatación de los organismos

En el laboratorio se procedió a la selección de los organismos adultos, donde los especímenes fueron identificados utilizando un microscopio estereoscopio marca ZEISS. Para la identificación de los especímenes de *Capitella cf. capitata*. Se utilizaron las claves de Blake (2009) y García-Garza (2009). Los organismos no pertenecientes a la especie y que presentaban poca movilidad o color bajo en el pigmento de su piel fueron devueltos al sitio de colecta.

Para el proceso de aclimatación los organismos fueron puestos en peceras con dimensiones de 10x15x22 cm aireados con bombas para peces, estas peceras contenían de 1.5 a 2 L de agua de mar del sitio de colecta, también contenían una capa ligeramente gruesa de sedimento previamente tratado de aproximadamente de 2 cm, este sedimento fue recolectado en el sitio de muestreo que previamente fue secado y tamizado a un tamaño de grano inferior a 0.355 mm de diámetro a temperatura ambiente, y se dejó secar durante un periodo de 12 horas.

Los organismos se alimentaron mediante la adición de 0.5 g de alimento artificial por pecera, el alimento artificial consistió en una mezcla de partes iguales de alimento comercial para peces y espinacas secas (Méndez y Barata, 2015). La mezcla de comida fue previamente tamizada a una abertura de 0.355mm y fueron alimentados cada 2 días hasta concluir el experimento. El tiempo de aclimatación tuvo un periodo de 10 días, cambiando el agua semanalmente (Méndez, 2006).

2.2.2. Parámetros físico-químicos de los sitios de muestreo.

Los parámetros fisicoquímicos fueron medidos “in situ”, la temperatura (°C) y el oxígeno disuelto (OD) con el instrumento HI 9142 de la marca HANNA, para la medición de la salinidad se utilizó un pocket refractometer de la marca ATAGO, para el pH se utilizó el medidor de HI 991001 de la marca HANNA esto con el fin de poder conocer las condiciones para aclimatación en el laboratorio.

2.3. Prueba de bioensayo.

Durante la prueba de bioensayo, se seleccionaron 6 organismos posterior al periodo de aclimatación y fueron anestesiados con gotas de la solución al 2.8% de MgCL, durante un periodo de 15 minutos, este tiempo fue para que los organismos pierdan movilidad y sea más fácil de amputar en el setígero 26; las partes torácicas y abdomen necesariamente deben dejarse libre para que el organismo inicie su proceso de regeneración posterior (Jong & Searver, 2016), debido que a partir del setígero 10 se encuentran sus partes torácicas, por ende el setígero 26, sería viable para que pueda iniciar el proceso de regeneración sin tener afectación en las partes sensibles de los organismos. Seguidamente, se fueron agregando en una pecera que contenía 2 cm de sedimento previamente tratado, 2 litros de agua de la bahía filtrada, también se midieron los parámetros de temperatura, salinidad, pH y OD para tener las mismas condiciones del sitio de muestreo. Se realizaron revisiones semanales para cuantificar el número de setígeros regenerados con cada uno de los 6 individuos, además se determinó el tiempo estimado en que cada organismo alcanzo su cuerpo completo. A lo largo de los periodos experimentales, se cuantificó la mortalidad y el número de setígeros regenerados. Los setígeros regenerados fueron identificados por tener un color más claro y el ancho es menor que el resto de su cuerpo (Pires *et al.*, 2015).

2.4. Parámetro de Salinidad en la regeneración.

Para este diseño experimental fueron utilizados 36 organismos distribuidos en 6 peceras que contenían 6 individuos en cada concentración de 8 (T1), 14 (T2), 24(T3), 28(T4) y 32 (T5) g/L, se tomó en cuenta los valores registrados en la bahía de Chetumal, tomando como referencia un rango de 18 g/L que fue utilizada como muestra control.

Para determinar la salinidad correspondiente por tratamiento se pesó los gramos de sal marina con ayuda de una balanza analítica, estos fueron puestos en frascos de vidrio etiquetados y vertidos en botellas de 2L que contenían agua de garrafón, esto se realizó con la finalidad de que las sales fueran completamente disueltas y posteriormente fueron puestos en cada una de las peceras, se midió la salinidad con ayuda del pocket refractometer de la marca ATAGO para verificar las salinidades correspondientes; también fueron medidos los parámetros fisico-químicos como la temperatura, pH y OD para tener un control en las pruebas. Se realizaron revisiones diarias para tener un control de salinidad de cada pecera, y se observó que a cada 2 días la salinidad aumentó una unidad, por lo cual fue necesario agregar 100 mL de agua de garrafón en cada pecera para mantener la salinidad por cada tratamiento durante toda la prueba. Para determinar el número total de setígeros regenerados se realizaron revisiones semanales, también se indicó la mortalidad correspondiente en cada tratamiento cuando los organismos se encontraban sin movimiento y en la superficie, además que presentaban un color oscuro en su tegumento. Este experimento continuó durante un periodo de 5 semanas y concluyó una vez que los organismos regeneraban sus partes perdidas, sin embargo, no todos alcanzaron la regeneración de cuerpo completo y se presentó mortalidad de los individuos a lo largo de las semanas, también se tomó evidencia fotográfica en cada revisión hasta finalizar la prueba.

2.5. Parámetro de temperatura en la regeneración.

Para determinar las temperaturas se tomó en cuenta los valores predominantes en la bahía de Chetumal, se determinó que la temperatura más alta se registró en el periodo de secas con 34.6°C y más baja en nortes con 24.7°C, con una temperatura promedio de 31.6°C (Delgado-Blas *et al.*, 2011). De acuerdo al informe del cambio climático para el siglo XXI (2081-2100), se espera que el aumento de la temperatura sea de 2,6°C a 4,8°C produciendo afectaciones a la vida acuática en zonas tropicales (IPCC, 2014) con estos valores de referencia se tomaron en cuenta para la simulación de temperaturas en el diseño experimental.

Para esta prueba se utilizaron 30 organismos distribuidos en 5 peceras cada una contenía 6 individuos aclimatados previamente, para fijar las temperaturas 22 ± 1 °C (T1) , 26 ± 1 °C (T2) , 30 ± 1 °C (T3) , 34 ± 1 °C (T4) y una muestra Control de 31 ± 1 °C, se utilizaron termostatos, estos fueron adheridos en cada pecera, al inicio del experimento se agregaron 2 L de agua del sitio de muestreo, posteriormente se sometieron los organismos esperando un lapso de tiempo de 15 minutos para que estos puedan enterrarse en el sedimento, una vez que se aseguró que estuvieran enterrados en sus tubos de arenas, se procedió a encender los termostatos, también se verificó que la temperatura fuera la correspondiente a lo largo del experimento. Durante la prueba se presentó evaporación del agua, por lo cual se agregó 100 mL de agua de garrafón cada 2 días y se verificó que la temperatura se mantuviera sin variación hasta concluir el experimento. Las revisiones fueron semanalmente para cuantificar el número de setígeros regenerados, el experimento tuvo un tiempo de 5 semanas (35 días) debido a que ese fue el tiempo donde algunos organismos alcanzaron su cuerpo completo e inclusive una mayor mortalidad en algunos tratamientos, se tomó evidencia fotográfica hasta concluir la prueba.

2.6. Análisis estadístico.

Para el análisis de los datos obtenidos de los bioensayos, se realizó previamente un análisis exploratorio (estadística descriptiva), de la variable dependiente (regeneración), esto con el fin de conocer el comportamiento general de la variable en los experimentos de temperatura y salinidad. Posteriormente, se procedió a realizar un análisis de varianza (ANOVA) no paramétrica de una vía, debido a que los datos no cumplieron con los requisitos de normalidad y homogeneidad de varianza. Para este último análisis considerando la variable de respuesta en *Capitella cf. capitata* a 35 días de exposición a diferentes salinidades y variaciones de temperaturas. El nivel de confianza considerado para este trabajo fue de 95%. Para ello, se procedió a redactar las siguientes hipótesis de trabajo:

Hipótesis nula = H_0 : No se encontró suficiente evidencia de la capacidad de regeneración entre las diferentes salinidades y variación de temperaturas.

Hipótesis alterna = H_A : Existen diferencias significativas de la capacidad de regeneración entre las diferentes salinidades y variación de temperaturas.

Al denotar diferencias estadísticas se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

CAPÍTULO III
RESULTADOS

3.1. Evaluación de los efectos.

Los parámetros físico-químicos durante las pruebas de salinidad y temperatura se comportaron de la siguiente manera. Se observó en la prueba de salinidad que el oxígeno disuelto mantiene un comportamiento casi constante con un promedio de 6.29 ± 0.3 mg/L incluyendo el control. Mismo comportamiento presentó el pH con un promedio de 8.32 ± 0.2 unidades y la temperatura con un promedio de 25.73 ± 0.2 °C. En la prueba de temperatura la concentración de oxígeno disuelto presentó un promedio de 6.09 ± 1.24 mg/L en el T4 (34 °C) en comparación con los tratamientos e incluyendo el control; el pH presentó un promedio de 7.81 ± 0.4 , y la salinidad un promedio de 15 ± 0.01 g/L (Tabla 1).

Tabla 1. Promedio de los Parámetros físico-químicos medidos durante los bioensayos: Salinidad (S), temperatura (T), oxígeno disuelto (OD) y potencial de hidrógeno (pH), durante un periodo de exposición de cinco semanas (35 días)

| Condición | OD (mg/L) | pH | T(°C) | Condición | OD (mg/L) | pH | S (g/L) |
|---------------------|----------------|-----------------|----------------|---------------------|-----------------|-----------------|--------------|
| Salinidad (g/L) | | | | Temperatura (°C) | | | |
| Control (18 g/L) | 6.59 ± 0.2 | 8.35 ± 0.02 | 25.8 ± 0.2 | Control (31°C) | 6.18 ± 0.01 | 8.07 ± 0.1 | 15 ± 0.1 |
| 8 g/L | 6.13 ± 0.3 | 8.50 ± 0.02 | 25.8 ± 0.1 | 22°C | 6.46 ± 0.03 | 7.94 ± 0.3 | 15 ± 0.1 |
| 14 g/L | 6.04 ± 0.3 | 8.31 ± 0.03 | 25.5 ± 0.2 | 26°C | 6.64 ± 0.02 | 7.84 ± 0.4 | 15 ± 0.1 |
| 24 g/L | 6.05 ± 0.2 | 8.29 ± 0.01 | 25.7 ± 0.2 | 30°C | 6.32 ± 0.02 | 7.75 ± 0.3 | 15 ± 0.1 |
| 28 g/L | 6.53 ± 0.3 | 8.26 ± 0.02 | 25.8 ± 0.2 | 34°C | 4.87 ± 0.01 | 7.45 ± 0.01 | 15 ± 0.1 |
| 32 g/L | 6.22 ± 0.4 | 8.25 ± 0.03 | 25.8 ± 0.1 | | | | |

3.2. Efecto de la salinidad en la regeneración.

La regeneración del cuerpo de *Capitella cf. capitata* con respecto a la salinidad presentó diferencias significativas ($p < 0.05$) en la capacidad regenerativa de *Capitella cf. capitata* (Figura 2). Para el Control (18 g/L) y T2 (14 g/L) se regeneraron el 28 y 27 % de setígeros en la primera y segunda semana respectivamente; y en la cuarta semana el 60% de los organismos presentaron una regeneración completa del cuerpo. El T1 (8 g/L) presentó la mayor regeneración del 30% en la segunda semana; sin embargo, en la quinta semana mostró afectaciones en su movilidad lo que provocó la mortalidad en algunos organismos.

El comportamiento del T3 (24 g/L) y T4 (28 g/L) presentaron el mayor porcentaje de regeneración con el 24% en la cuarta y quinta semana; sin embargo, estos mismos tratamientos en las primeras semanas, el 30% de los organismos no presentaron setígeros regenerados; en cambio, el comportamiento de T5 (32 g/L) presentó valores del 40 y 30% de setígeros regenerados en la segunda y tercera semana, superando al control (18 g/L) y a los demás tratamientos; se observó que el T5 (32 g/L) en la última semana sólo un organismo sobrevivió y no presentó una regeneración completa del cuerpo (Figura 3).

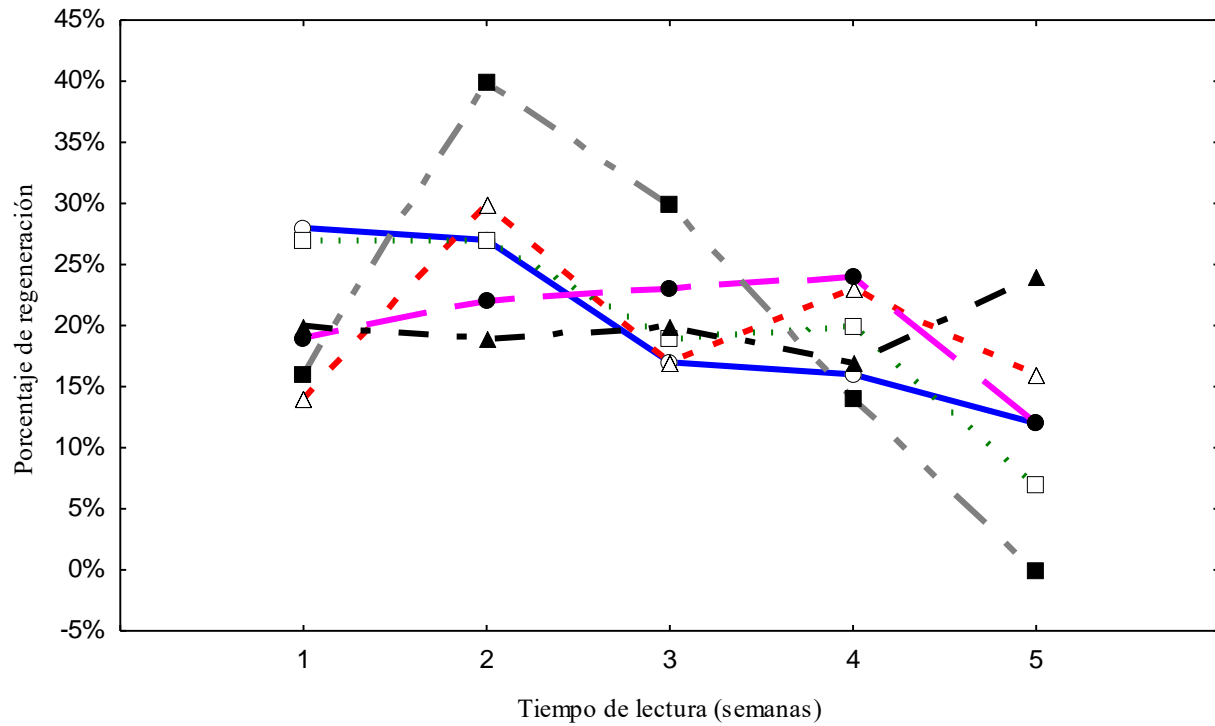


Figura 2. Efecto de la capacidad regenerativa en *Capitella cf. capitata* a salinidades; Control 18 g/L (□), T1 8 g/L (△), T2 14 g/L (□), T3 24 g/L (●), T4 28 g/L (▲) y T5 32 g/L (■) en un tiempo de lectura de cinco semanas.

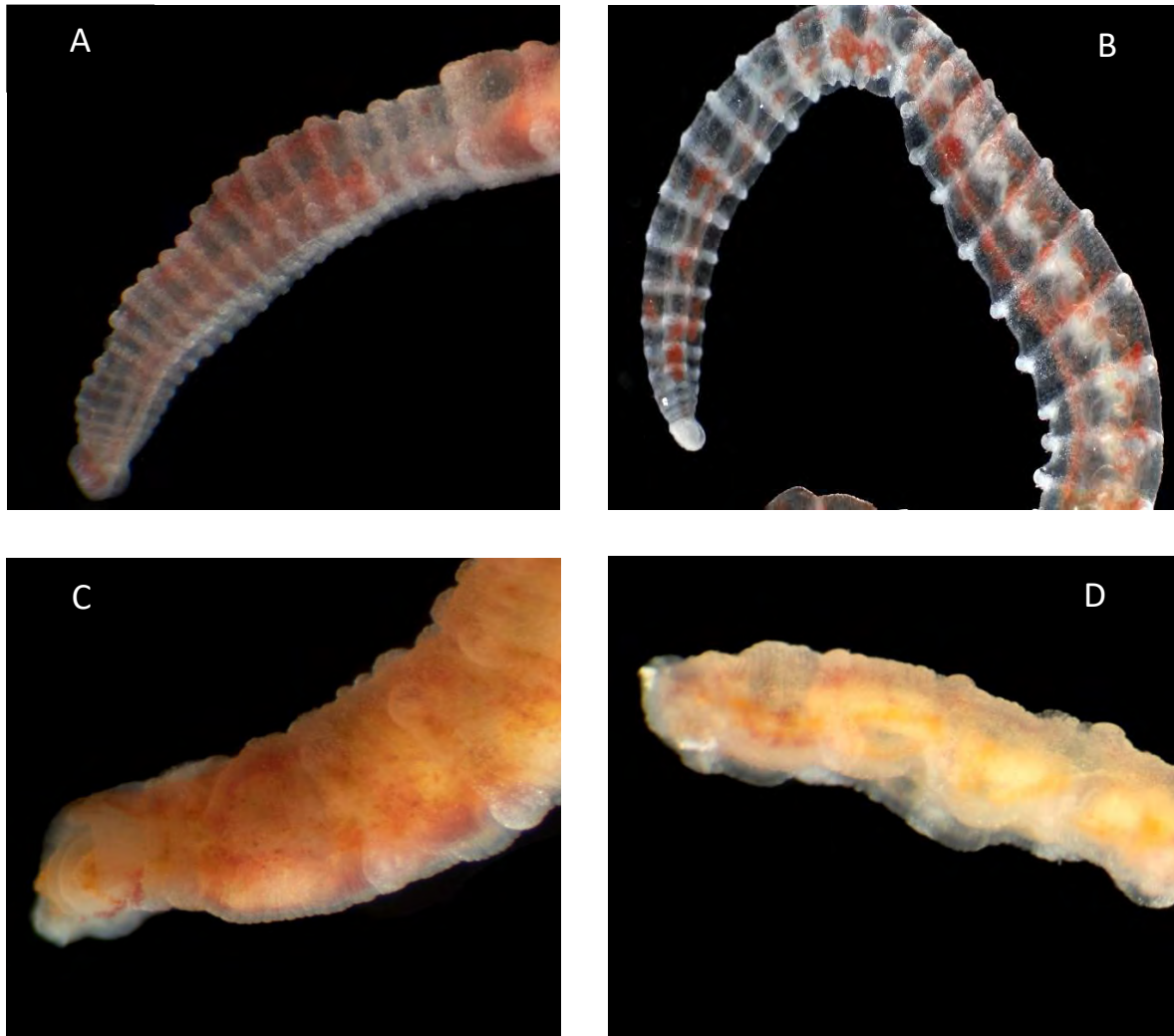


Figura 3. Regeneración posterior de *Capitella cf. capitata* expuestos a diferentes salinidades. Registro fotográfico del proceso de regeneración en la primera semana (columna izquierda) y cuarta semana (columna derecha) después de la amputación a salinidades Control 18 g /L (A y B) y T1 32 g/L (C Y D).

3.3. Mortalidad en salinidad.

El total de la mortalidad en *Capitella cf. capitata* se registró en cada una de las cinco semanas (Figura 4). El comportamiento en T5 (32 g/L) presentó el mayor porcentaje de mortalidad 42%, en la primera semana; sin embargo, a lo largo de las siguientes tres semanas presentó mortalidad con valores de 8, 25 y 17% respectivamente, y en la última semana, sólo sobrevivió un organismo al final de la prueba. En contraste, en T1 (8 g/L) presentó el 17% de mortalidad en la primera semana y valores del 8% a partir de la tercera semana con sólo 7 organismos sobrevivientes; en T3 (24 g/L) y T4 (28 g/L) ambos presentaron similitudes de 8% de mortalidad en la primera semana, sin embargo, también T3 (24 g/L) presentó el 8% de mortalidad en la última semana y, en cambio T4 (28 g/L) presentó el 8% de mortalidad en la tercera semana. Con relación al Control (18 g/L) y T2 (14 g/L) no presentaron mortalidad.

Durante la prueba aquellos organismos que presentaban poca movilidad no regeneraron ningún setígero y, fue evidente la mortalidad en el estudio.

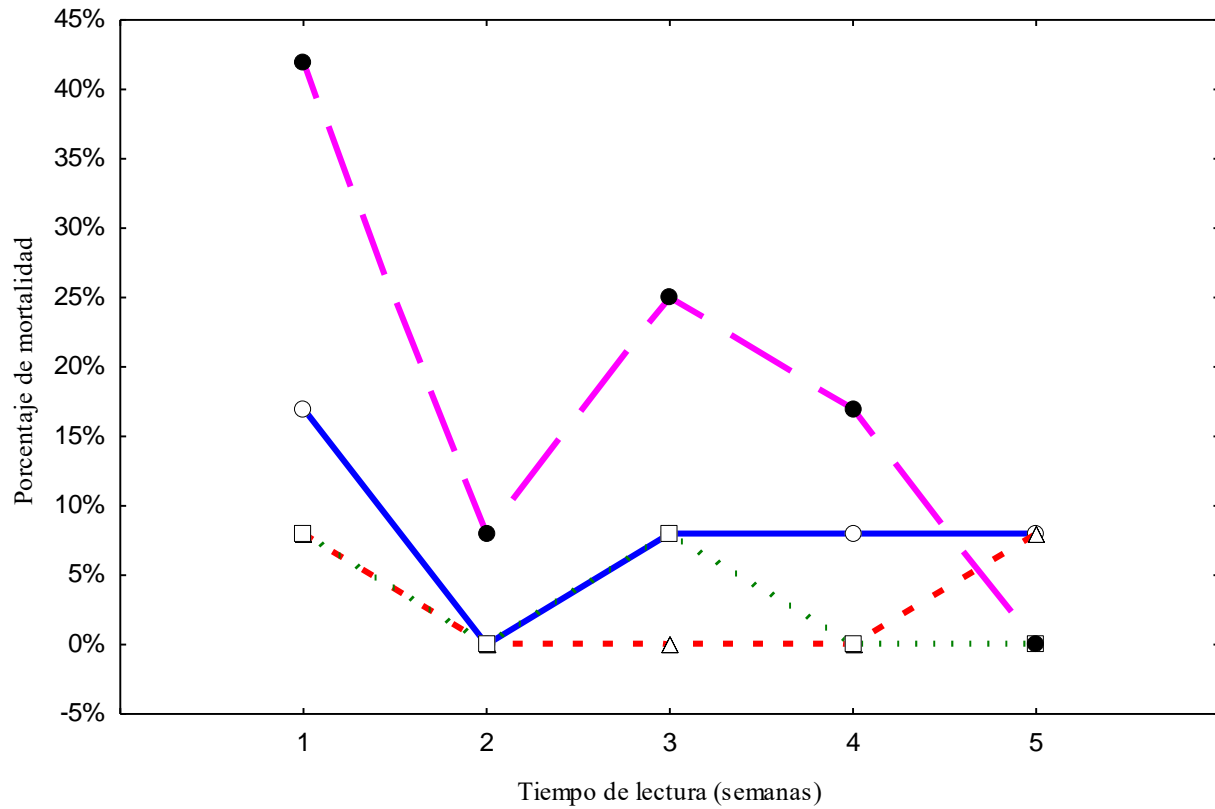


Figura 4. Mortalidad en *Capitella cf. capitata* a salinidades; T1 8 g/L (—○—), T3 24 g/L (---△---), T4 28 g/L (-·-□-) y T5 32 g/L (---●---) registrados en cinco semanas.

3. 4. Efecto de Temperatura en la regeneración.

Se presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en la capacidad regenerativa de *Capitella cf. capitata* a diferentes temperaturas de cada tratamiento (Figura 5). El mayor porcentaje de regeneración se presentó en dos tratamientos; el Control (31°C) con un 35% y T3 (30°C) con un 33% de setígeros regenerados en la primera semana, en estos dos tratamientos el 50% de los organismos regeneraron el cuerpo completo en la cuarta semana; por el contrario, T1 (22°C) presentó la menor regeneración con un 13% en la segunda semana y se incrementaron los valores de 26 y 27% de regeneración en la cuarta y quinta semana, respectivamente. En general, el comportamiento de regeneración en T1(22°C) fue que en las primeras semanas el 70% de los organismos presentaban solo 3 o 4 setígeros regenerados (Figura 6). Mismo comportamiento presentó T2 (26°C) con un 25% en la primera semana, sin embargo, en la cuarta y quinta semana presentaron una regeneración del 23 y 21%. Por el contrario, el T4 (34°C) en la primera semana sólo sobrevivieron 2 organismos y sin regeneración de setígeros, y en la segunda semana murieron (Figura 7).

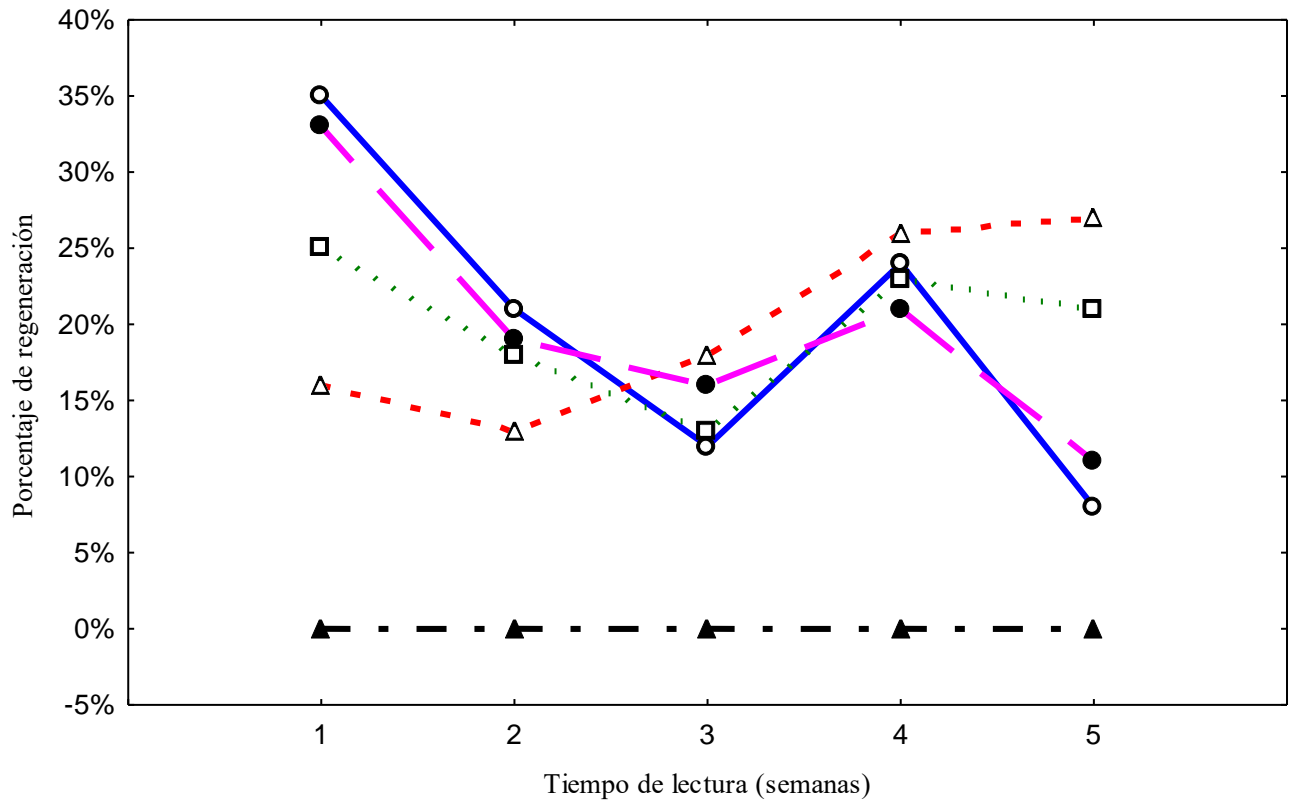


Figura 5. Efecto de la capacidad regenerativa en *Capitella cf. capitata* a temperaturas; Control 31°C (—○—), T1 22°C (---△---), T2 26°C (·□·), T3 30°C (—●—) y T4 34°C(—▲—) en un tiempo de lectura de cinco semanas.

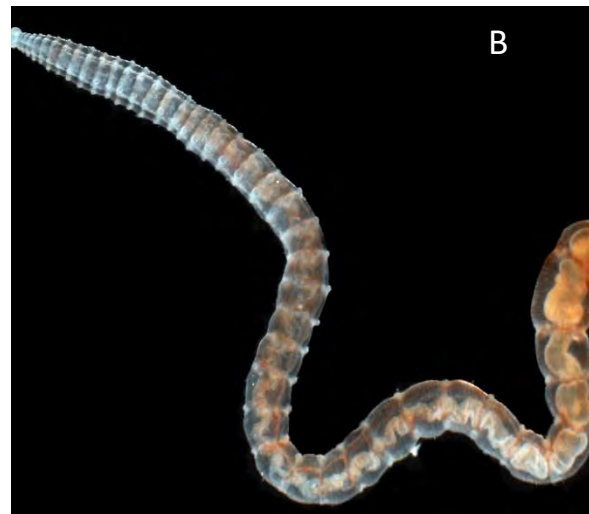
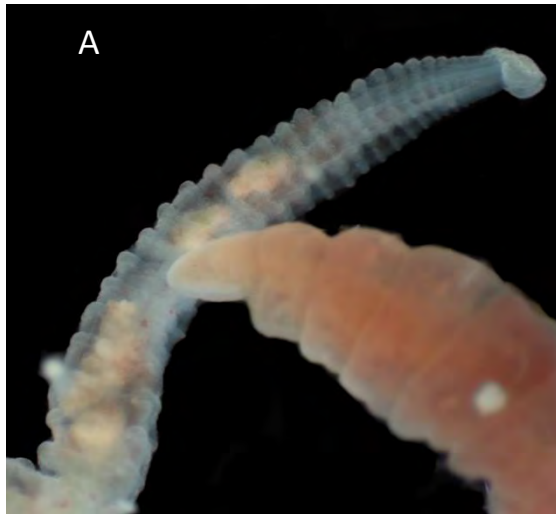


Figura 6. Regeneración posterior de *Capitella cf. Capitata* expuestos a diferentes temperaturas. Registro fotográfico del proceso de regeneración en la primera semana (columna izquierda) y cuarta semana (columna derecha) después de la amputación a temperatura Control 31°C (A y B) y T1 22°C (C Y D).

3.5 Mortalidad en Temperatura.

El total del porcentaje de mortalidad de *Capitella cf. capitata* se registró en cada una de las cinco semanas (Figura 7). El mayor porcentaje de mortalidad se presentó en T4 (34°C) con un 75% en la primera semana y el otro 25% fue en la segunda semana, alcanzando el 100% de mortalidad en los organismos que se sometieron a esa temperatura. Por otra parte, T1 (22°C) y T2 (26°C) presentaron el mismo comportamiento con 8% de mortalidad en la segunda y tercera semana, respectivamente.

En relación al Control (31°C) y T3 (30°C) no presentó registro de mortalidad.

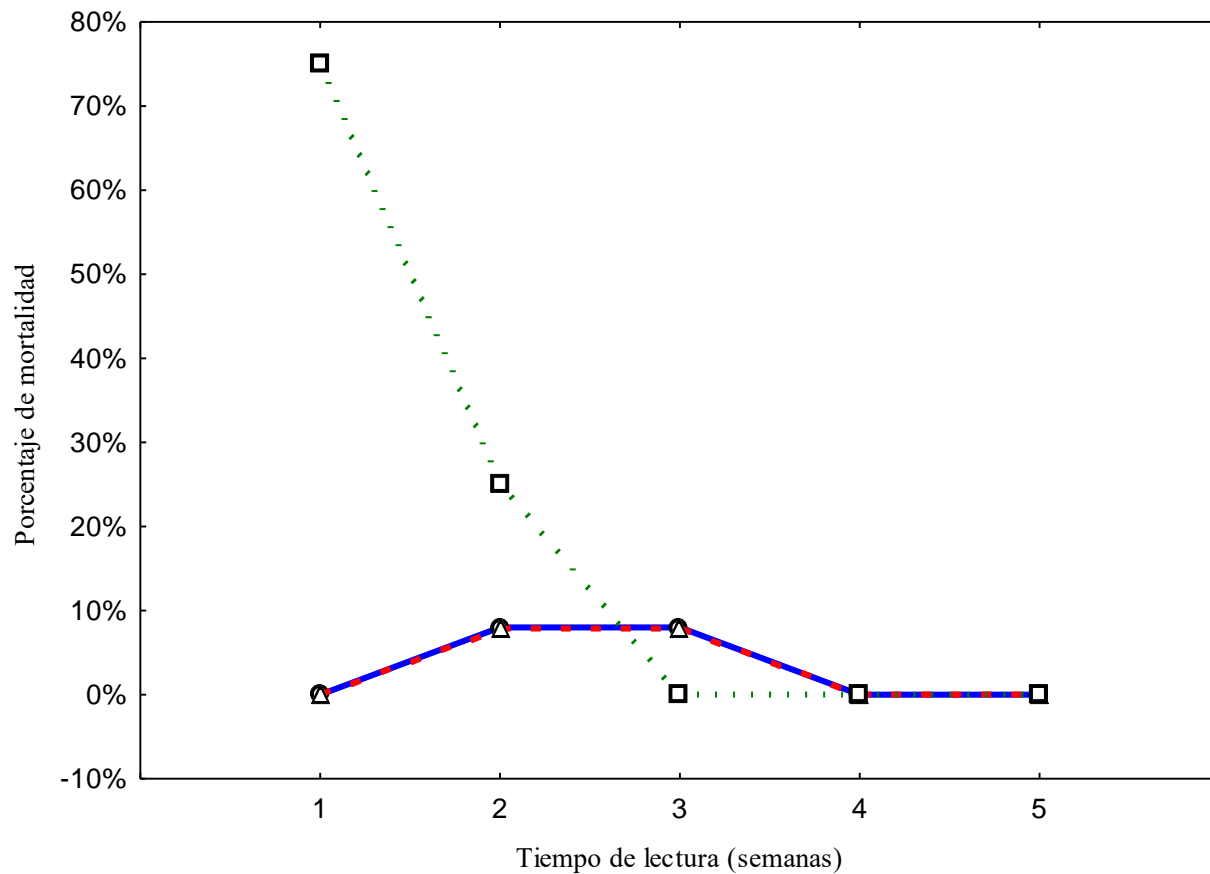


Figura 7. Mortalidad en *Capitella cf. capitata* a temperaturas; T1 22°C (—○—), T2 26°C (—△—) y T4 34°C (·□·) registrados en cinco semanas.

Durante los experimentos de salinidad (Figura 8) y temperatura (Figura 9) se comparó la regeneración en *Capitella cf. capitata*. Se observó en la prueba de salinidad como los valores del Control (18 g/L) y T2 (14 g/L) presentaron el 23% de regeneración. Mismo comportamiento presentó la temperatura en el control (31°C) y T3 (30°C) con un 28 y 27% respectivamente, en ambas pruebas son los valores más altos de regeneración registrados; sin embargo, los valores mínimos de regeneración con respecto a la salinidad se presentaron en T5 (32g/L) con un 3% de regeneración, y en T4 (34°C) con respecto a la temperatura presentaron el 0% de regeneración.

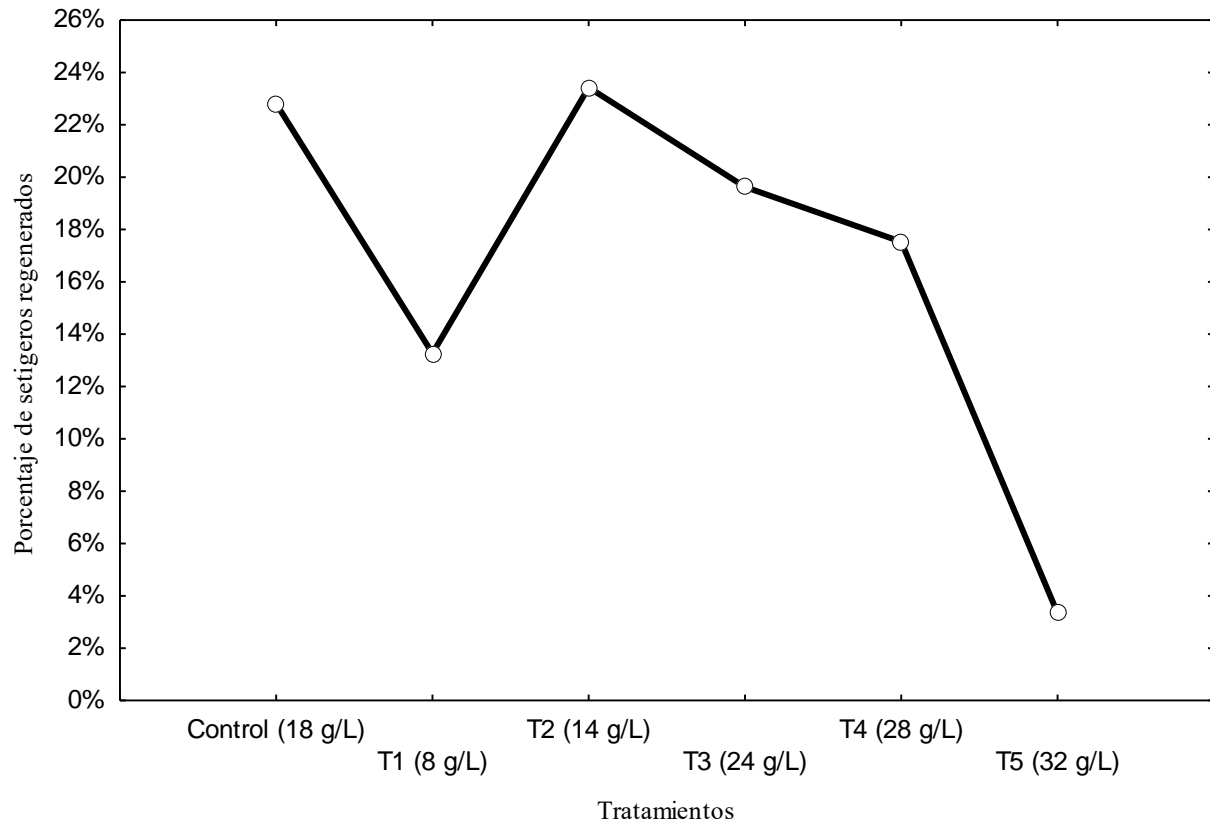


Figura 8. Porcentaje total de setígeros regenerados en *Capitella cf. capitata* durante las pruebas de salinidad.

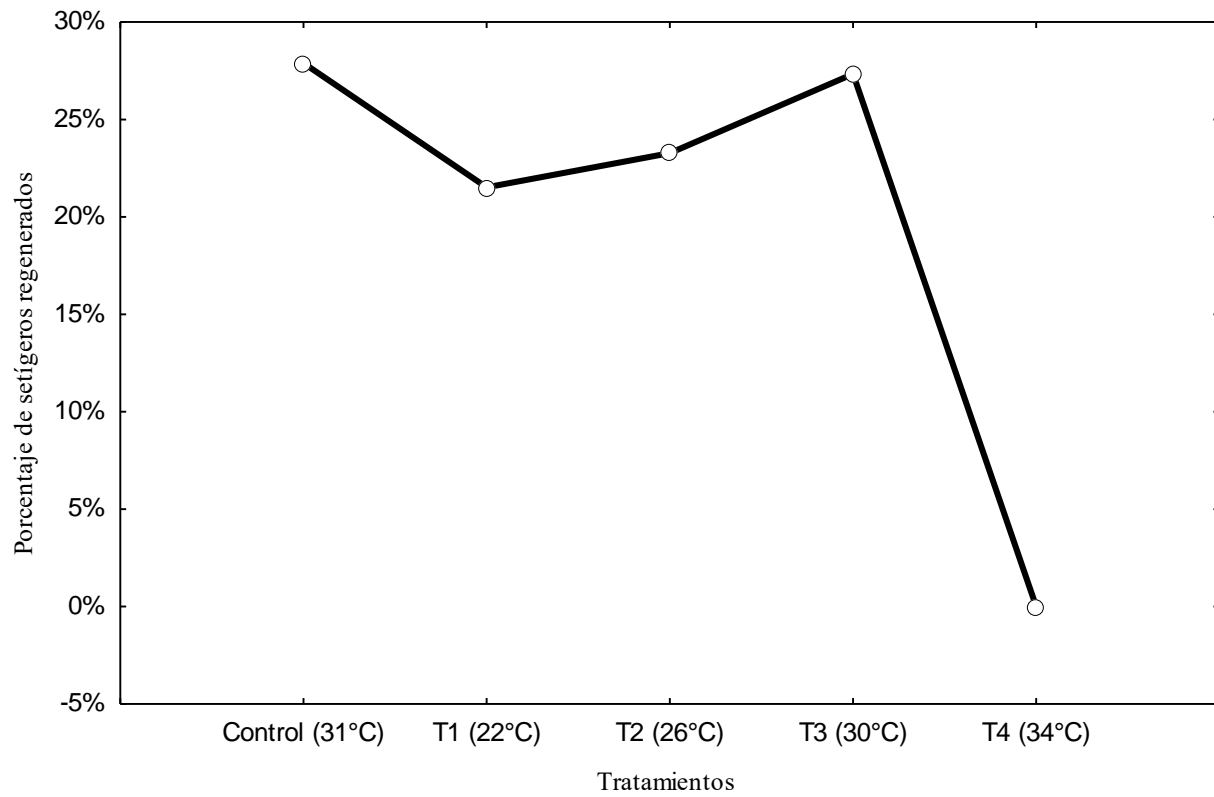


Figura 9. Porcentaje total de setígeros regenerados en *Capitella cf. capitata* durante las pruebas de temperatura.

3.6. Resultados del análisis estadístico.

3.6.1 Salinidad.

Los resultados obtenidos del análisis exploratorio de los datos de regeneración (variable dependiente) de las pruebas de salinidad (Tabla 2).

Tabla 2. Análisis descriptiva de Salinidad de la variable dependiente (Regeneración).

| Prueba Salinidad | Regeneración |
|----------------------|--------------|
| Número de organismos | 72 |
| Media | 17.9 |
| Mediana | 22.5 |
| Shapiro-Wilk p | < .001 |
| 25th cuartil | 6.00 |
| 50th cuartil | 22.5 |
| 75th cuartil | 25.0 |

Los datos estadísticos obtenidos de la variable regeneración con respecto a la prueba de salinidad, se obtuvo la mediana, cuartiles (25%, 50% y 75%) y el p valor de la prueba de Shapiro-Wilk (Tabla 2).

Se determinó que la regeneración, como variable dependiente, presenta diferencias significativas ($p < 0.05$) (Figura 10). Se observa que el valor máximo en T1 (8 g/L) y T5 (32 g/L) no rebasa el valor de la mediana en los tratamientos control (18 g/l), T2 (14 g/l), T3 (24 g/L) y T4 (28 g/L), sin embargo, en T5 (32 g/L) en el primer cuartil se presenta el valor de 0 y en el tercer

cuartil se presenta un valor de 5, por lo tanto, la mediana se encuentra en un valor de 2.5, presentando diferencias significativas ($p < 0.05$) en comparación de los demás tratamientos. Por otro lado, el T1 (8 g/L) presenta valores mínimos de 0 pero también máximos de 25, sin embargo, la mediana se encuentra en un valor de 18, lo cual se encuentra alejado de los valores de 25 de las medianas en los tratamientos Control (18 g/L), T2 (14 g/L), T3 (24 g/L) y T4 (28 g/L).

El T2 (14 g/L) el valor del primer cuartil es de 24.8 y el tercer cuartil con 25.8, con valores mínimos de 21 y máximos de 30. En cambio, el control (18 g/L) presenta valores en el primer cuartil 24.3 y en el tercer cuartil 26, pero presenta valores mínimos de 18 y máximo de 28, en T3 (24 g/L) y T4 (28 g/L) presentan comportamiento parecido en los valores máximos de 27 y mínimos de 25 y sus medianas presentaron valores de 25.

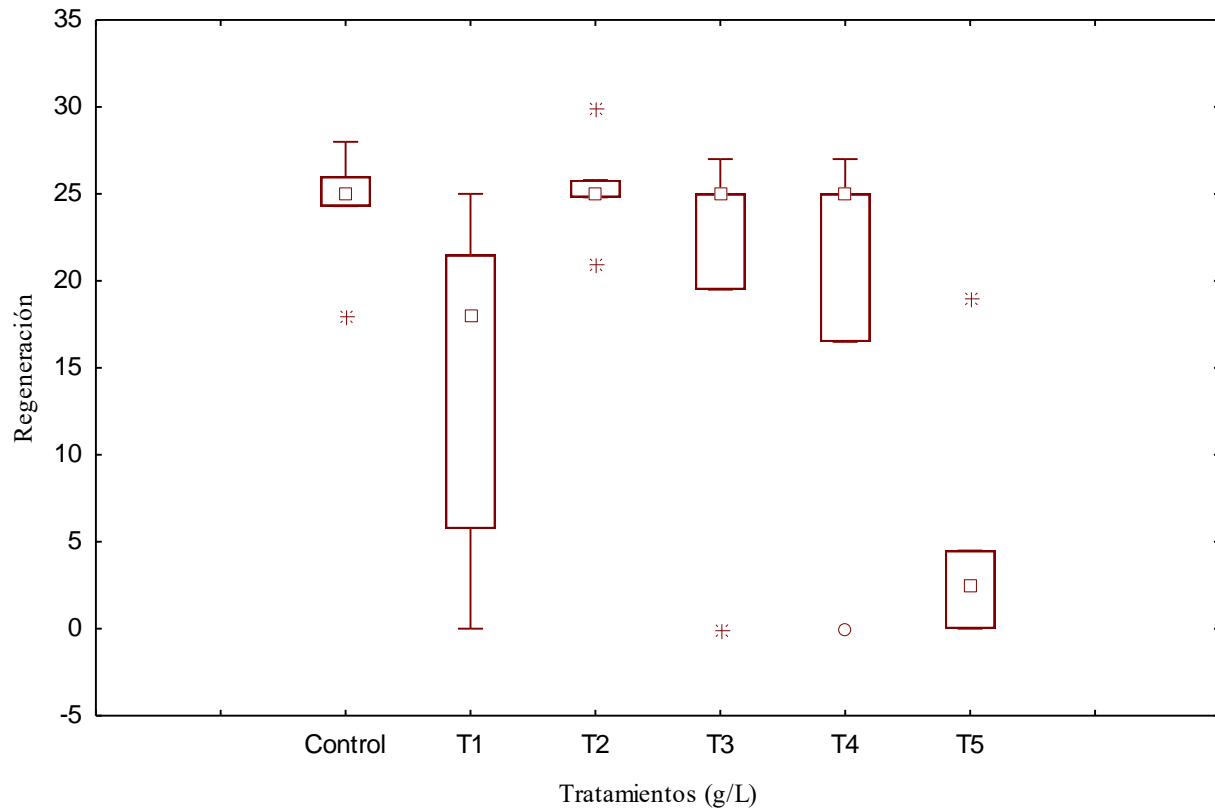


Figura 10. Gráfico Box Plot conformado por la mediana, el primer (25 %) y tercer (75 %) cuartil, valores mínimos y máximos, valores outliers y extremos de la variable regeneración.

3.6.2 Temperatura.

Los datos estadísticos obtenidos de la variable regeneración con respecto a la prueba de temperatura, se obtuvo la mediana, cuartiles (25%, 50% y 75%) y el p valor de la prueba de Shapiro- Wilk p (Tabla 4).

Tabla 3. Estadística descriptiva de Temperatura de la variable dependiente (Regeneración).

| Prueba temperatura | Regeneración |
|----------------------|--------------|
| Número de organismos | 60 |
| Media | 18.5 |
| Mediana | 25.0 |
| Shapiro-Wilk p | < .001 |
| 25th cuartil | 11.3 |
| 50th cuartil | 25.0 |
| 75th cuartil | 25.0 |

Se determinó que la regeneración como variable dependiente presenta diferencias significativas (Figura 11). El valor máximo en T4 (34°C) no rebasa la mediana de los tratamientos, presentando diferencias significativas ($p < 0.05$) en comparación con el control (31°C), T1 (22°C), T2 (26°C), T3 (30°C) de igual manera los valores que presenta el T4 (34°C) en el valor máximo fue de 3, sin embargo, en el primer y tercer cuartil y la mediana los valores fueron de 0, para el T1 (22°C) presentó valores mínimos de 0 y máximo de 25, de igual manera se encuentra cerca de la mediana de 24. En el tratamiento control (31°C) presenta valores mínimos de 23 y máximos de 29, en el primer cuartil con valor de 25, igual que la mediana y el tercer cuartil con un valor de 26, mismo comportamiento presenta el T3 (30°C) con valores mínimos de 23 y máximos de 26,

cuartiles con valores de 25 igual que la mediana, el tratamiento T3 (26°C) presentó valores mínimos y máximos de 9 y 28 con mediana de 25, podemos observar como en los tratamientos Control (31°C), T1 (22°C), T2 (26°C) y T3 (30°C) a excepción de T4(34°C) los rangos de confianza se encuentran sobre la mediana con valores de 25.

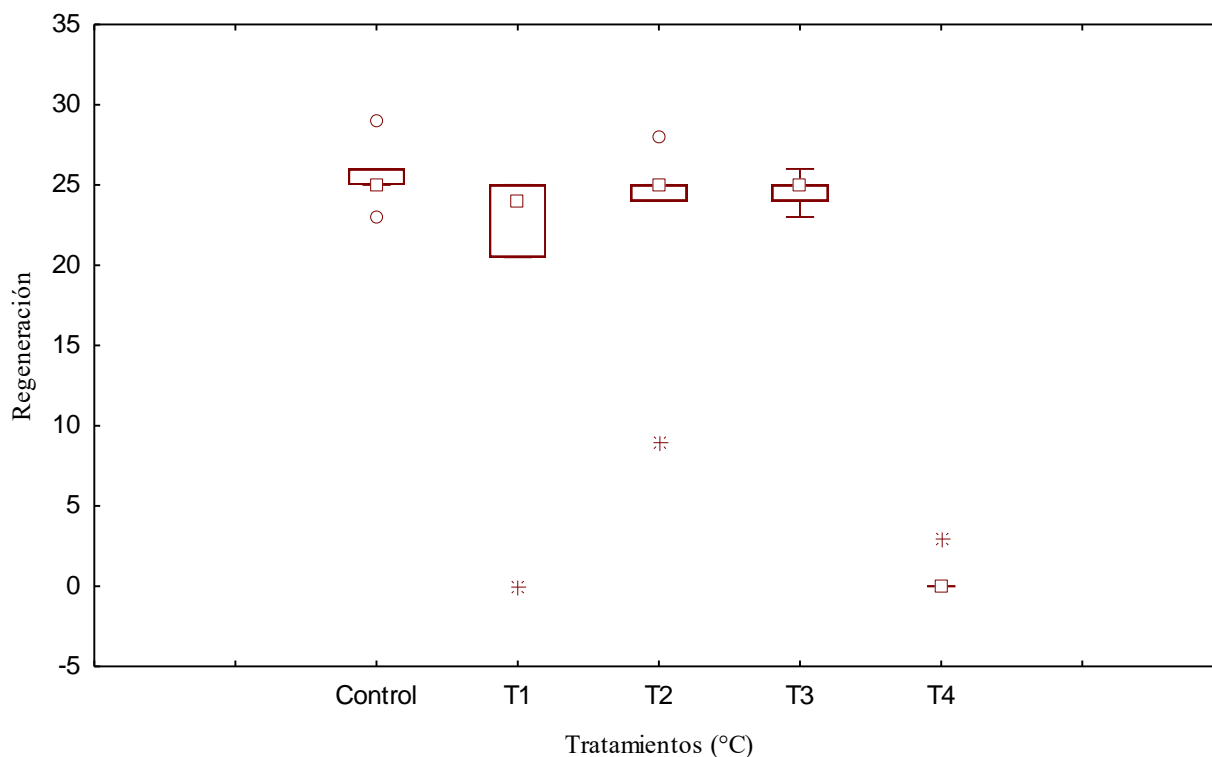


Figura 11. Grafico de Box Plot conformado por la mediana, el primer (25 %) y tercer (75 %) cuartil, los valores mínimos y máximos, valores outliers y extremos de la variable de regeneración.

CAPÍTULO IV
DISCUSIONES

4. Discusiones.

Los anélidos se han estudiado desde hace mucho tiempo debido a su gran capacidad innata para curar heridas y regenerar segmentos anterior y posterior (Bely, 2014); en el caso de *Capitella cf. capitata* presenta una regeneración posterior, Bely (2006) menciona que en los experimentos de amputación para esta especie es imposible regenerar segmentos anteriores, sin embargo, los segmentos posteriores se regeneran dejando libres las partes torácicas y abdomen cerrando la herida e iniciando su proceso de regeneración habitual, de lo contrario los organismos mueren. En otro estudio, Jong & Seaver (2016) determinaron el comportamiento de regeneración de la especie *Capitella teleta*, el cual presenta una regeneración de proliferación celular y formación de blastema (epimorfosis), es decir un proceso concomitante de un subconjunto de genes hox en el tejido de regeneración, en la etapa II (aproximadamente 2 días) se forma un blastema con células de proliferación, y en la etapa V (aproximadamente 7 días) se forman nuevos setígeros, en este estudio las amputaciones se realizaron en diferentes partes del organismo para analizar el comportamiento en su proceso de regeneración, la más rápida se determinó en los setígeros 15 y 20, mientras que en los setígeros 7 y 8 presentaron mortalidad y afectaciones en el blastema. Sin embargo, estos estudios no proporcionan datos sobre el impacto de las diferentes concentraciones de salinidad y temperatura en la regeneración de *Capitella cf. capitata*. En otro estudio realizado con *Diopatra neapolitana* demostró que el 100% de los individuos sobrevivieron cuando fueron amputados en el extremo posterior, después de la región branquial al hacer otro corte en el setígero 60 (Pires *et al.*, 2012).

El presente estudio reveló que un aumento o disminución en la salinidad, tiene afectaciones en la capacidad regenerativa en *Capitella cf. capitata* necesitando más días para regenerar sus setígeros perdidos. Las salinidades de 14 y 18 g/L para los organismos de esta especie presentaron su mayor adaptación, regenerando setígeros desde la primera semana y alcanzando su cuerpo completo a partir de la cuarta semana, debido que estas salinidades se presentan en la bahía de Chetumal, a causa del choque de masas de agua del mar caribe y la desembocadura del río Hondo, lo que genera un ambiente con características estuarinas, la salinidades promedio registradas en la bahía fue de 18.2 g/L en temporada de secas y nortes de 5.7 g/L (Delgado-Blas *et al.* 2011), sin embargo, esta especie se ha registrado en otras regiones en ambientes estuarinos por lo que el límite de tolerancia de salinidad en *Capitella sp.* se encuentra en un rango de 10 a 12 g/L (Pechenick *et al.* 2000). Por lo tanto, los valores mencionados anteriormente hacen referencia a la adaptación de esta especie a su hábitat natural debido a que son vulnerables a salinidades muy bajas de 8 g/L y también a salinidades extremas como 32g/L.

Para las concentraciones de 24 y 28 g/L los organismos se mostraron poco adaptados a estos valores debido que el proceso de regeneración fue sumamente retardado en las primeras dos semanas. En la salinidad de 8 g/L la regeneración fue casi ausente durante las primeras semanas, en cambio a salinidades más alta de 32 g/L los organismos no se adaptaron y se regeneraron sólo en la primera semana, presentando afectaciones en su morfología como; poca movilidad y cambio de color en la textura del tegumento. Así mismo, Herrera-Pérez y Méndez (2019), cultivaron a *Capitella sp.* en condiciones de laboratorio de acuerdo a su hábitat (salinidad: 30-32 g/L y temperatura: 20-22 °C) y otras condiciones a (salinidad de 32-34 g/L y temperatura: 24-26°C, teniendo como resultado una mayor mortalidad a condiciones de temperaturas y salinidades más altas, además, estos autores concluyeron que no sólo la salinidad y temperatura influyen en la

mortalidad de los organismos, sino que también influye la edad, la madurez y estado de salud del organismo, incluso, las afectaciones morfológicas por sustancias tóxicas que se van acumulando en el sedimento que llegan de manera indirecta a su hábitat natural (Méndez & Barata, 2015), también, la falta del contenido orgánico en el sedimento afecta significativamente a los organismos, conduciéndolos a la mortalidad (Méndez, 2016), debido que no tienen los nutrientes necesarios y debilitándolos hasta morir.

Las concentraciones extremas de salinidad de 8 y 32 g/L derivados de lluvias extremas o sequías respectivamente, afectaría negativamente a los organismos en la capacidad regenerativa de *Capitella cf. capitata*. Freitas *et al.* (2015) observaron el mismo comportamiento de afectación en el poliqueto *Diopatra neapolitana* que fue sometido a concentraciones de 28 y 35 g/L de salinidad y donde se regeneraron los setígeros en menor tiempo, por lo que fueron las concentraciones más óptimas; mientras que las salinidades de 14, 21 y 42 g/L presentaron la mayor tasa de mortalidad en la especie estudiada. También, evaluaron el desempeño bioquímico registrando la menor cantidad de glucógeno, proteína y deterioro del estado redox del glutatión en una menor cantidad en salinidades de 21 y 42 g/L y aumento en los niveles de peroxidación lipídica (LPO) en salinidades de 42g/L. En otro estudio, realizado por Pires *et al.* (2015) evaluaron el comportamiento de los efectos de salinidad del agua elaborada en laboratorio sobre la capacidad de regeneración en el poliqueto *D. neapolitana*. Las salinidades analizadas fueron 21, 28, 35 y 42 g/L, donde la regeneración más rápida se presentó en las salinidades de 28 y 35 g/L en un tiempo menor de días, mientras que a salinidades de 21 y 42 g/L el proceso de regeneración fue más lento en comparación a las otras salinidades, lo que coincide con nuestro estudio, debido a que la mayor regeneración se da en concentraciones medias de salinidad además que *Capitella cf. capitata* y *D. neapolitana* son intolerantes a salinidades reducidas y extremas. A pesar de que no existen muchos

estudios de regeneración en *Capitella sp.* se han evaluado los efectos latentes a bajas salinidades. Por ejemplo, Pechenick *et al.* (2001) expusieron larvas a salinidades de 12 g/ L en un tiempo de 24 y 48 hrs y no se presentaron índices de mortalidad, sin embargo, los organismos mostraron en su tegumento un color pálido y una locomoción lenta, mientras que a salinidades de 10 g/L afecto significativamente la supervivencia de *Capitella sp.*, en cambio a concentraciones de 30 g/L no hubo efectos adversos, Igualmente, Pechenik *et al.* (2016) analizaron el comportamiento de embriones de *Capitella teleta* criados a salinidades reducidas de 30 a 10 g/L, encontrando efectos en la supervivencia, aunque fueron extremadamente tolerantes a la disponibilidad reducida de la concentración de oxígeno disuelto lo que les permitió sobrevivir, concluyendo que pueden ser más tolerantes a las reducciones de salinidades cuando el cambio es gradual y no abrupto. Con estos estudios se relacionan con la susceptibilidad de *Capitella sp.* a las salinidades bajas y extremas, indicando que esta especie se ha utilizado para estudios ecotoxicológicos, para determinar qué tan susceptible es, y la forma de adaptación que podría experimentar en diferentes escenarios al incrementarse la salinidad y puede causar afectaciones en su regeneración, por lo que es importante hacer énfasis en la poca probabilidad de supervivencia de esta especie, debido a la depredación constate que experimenta en su hábitat natural, retardando los procesos habituales de reproducción y regeneración.

Con respecto a los efectos de la temperatura, los organismos entre 22 y 26 °C necesitan más tiempo para regenerar sus setígeros, por el contrario, a temperaturas de 30°C y 31°C los organismos presentan una regeneración rápida en la primera semana, y una regeneración completa del cuerpo en la cuarta semana. Sin embargo, al aumentar 4°C, es decir, 34°C fue intolerante para la especie, debido que en la primera semana se registró el 100% de mortalidad en la población y sin evidencia de haber iniciado algún proceso de regeneración. Por lo tanto, *Capitella cf. capitata*

al experimentar una disminución de temperatura presenta afectaciones en su proceso regenerativo, en la textura de su tegumento y movilidad, así como al incrementarse la temperatura en su supervivencia. Pires *et al.* (2015) evaluaron la capacidad regenerativa del poliqueto *D. neapolitana* a diferentes temperaturas (17, 20 y 24°C), y encontraron que la regeneración fue más rápida a temperaturas de 20 y 24°C, en un tiempo de 28 y 35 días que, a temperaturas más bajas de 17°C, sin embargo, los organismos no presentaron mortalidad en las temperaturas estudiadas. De esta forma, los resultados del presente trabajo con *Capitella cf. capitata* coinciden con de Pires *et al.* (2015) en relación al tiempo de regeneración, pero con excepción a la mortalidad, ya que en nuestro estudio la mortalidad estuvo presente en todas las temperaturas excepto en el control de 31°C y el tratamiento 3 (30°C). Similarmente, Bhuiyan *et al.* (2020) evaluaron los cambios fisiológicos (capacidad de supervivencia y capacidad regenerativa) con el gusano *Hediste diversicolor* en condiciones controladas de temperatura de 15°C y un pH controlado de 8.1 con una temperatura elevada a 25°C junto con valores de 7.5 y 7.0 pH, que representan condiciones acidificantes y concluyeron que la capacidad regenerativa de la especie fue en un tiempo de 7 días tanto en la temperatura como en el pH control (15°C y pH 8.1). Sin embargo, los individuos cultivados (25°C y pH 7.5) mostraron un retraso considerable al inicio de la regeneración del pigidio, regenerándose en la segunda semana y los individuos cultivados a temperatura (25°C y 7.0 de pH) se regeneraron en la tercera semana. Por lo tanto, al elevar la temperatura y disminuir los valores de pH se registraron efectos negativos en la capacidad regenerativa en esta especie. Igualmente, David & Williams (2012) en un estudio de reproducción asexual y regeneración en la esponja asociada a *Polydora colonia* (Polychaeta: Spionidae) determinaron que los gusanos se regeneraron más rápido en temperaturas de 24°C en un tiempo de 7 días, mientras que a temperaturas bajas de 14°C tardo el doble de días para regenerarse, y para los poliquetos que se cultivaron a temperaturas de

24°C experimentaron morfogénesis. Lo que coincide con nuestro estudio debido que temperaturas bajas retarda el tiempo de regeneración y aumenta la mortalidad.

Debido a que existen pocos estudios sobre el efecto de regeneración en *Capitella cf. capitata* con relación a la temperatura, los pocos estudios hacen referencia a la sobrevivencia ante la variación de las temperaturas en larvas. Por ejemplo, David & Simón (2014) sometieron larvas de Spionidae (Annelida) a diferentes temperaturas, donde determinaron una mayor sobrevivencia de larvas a temperaturas medias y altas (21 y 24°C) que en temperaturas más bajas (12 y 17°C). Simoni & Prevedelli (2003) determinaron el efecto de la temperatura en dos poblaciones mediterráneas de *Dinophilus gyrociliatus* (Polychaeta: Dinophilidae) en su ciclo biológico y concluyeron que los organismos son persistentes en su capacidad de adaptación del umbral de temperatura de su hábitat, sin embargo, sobreviven a temperaturas bajas, pero no pueden reproducirse, en comparación a las temperaturas altas de su hábitat. Sin embargo, existen otros estudios con gasterópodos, Bashevkin & Pechenik (2015) estudiaron las larvas de la especie *Crepidula fornicata* y encontraron que existe un impacto significativo a una temperatura de 25°C, donde crecen lentamente en comparación a 29°C. Igualmente, Pechenick *et al* (2020) evaluaron el estrés térmico al elevar la temperatura de aclimatación de 6°C en el control para *C. fornicata*, y se registró que los organismos fueron resistentes a los cambios de temperatura expuestos durante 3 horas a una temperatura alta de 37°C, sin embargo, la mortalidad fue evidente después de una doble exposición a 37°C, pero solo en individuos pequeños, ya que son más sensibles al estrés térmico que los adultos, en cambio a temperaturas bajas como 21 y 26°C, incluso después de dos exposiciones de 3 horas, tuvo poca mortalidad. El límite superior térmico fue en 35 y 37°C, y los autores concluyeron que estas especies están preparadas para el cambio climático previsto en el invierno. Al comparar estos resultados con el presente trabajo, fue todo lo contrario, debido a que

Capitella cf. capitata, su umbral de temperatura, se encuentra entre 30 a 31°C, pero no mayor a 34 °C, sería sumamente importante realizar la prueba en temperaturas de 31 a 33°C para ver cuál es el límite máximo térmico que soportan estos organismos, teniendo como consecuencia afectaciones en la red trófica.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES

5. Conclusiones.

- La evaluación del aumento o disminución en la salinidad y la temperatura en el contexto del cambio climático, indujeron impactos significativos en *Capitella cf. capitata*, posicionándola como una especie altamente sensible en comparación con otras especies de poliquetos.
- La mayor regeneración (23%) en la especie evaluada se registró en salinidades de 18 y 14 g/L, regenerándose desde las primeras semanas y alcanzando su cuerpo completo en la cuarta semana, mientras que el menor porcentaje de regeneración se registró a concentración de 8g/L con un 13% de regeneración. Sin embargo, la exposición más alta de salinidad (32 g/L) generó un mayor efecto negativo en la supervivencia en *Capitella cf. capitata*.
- Los mayores porcentajes de regeneración en temperatura se registraron a temperaturas de 30 y 31°C, con el 26 y 28% de regeneración, respectivamente. Los organismos expuestos a las temperaturas antes mencionadas mostraron una mayor adaptación y una regeneración más rápida en las primeras semanas y alcanzaron su cuerpo completo en la cuarta semana
- La exposición en la temperatura más alta (34°C) mostró un afecto significativo en *Capitella cf. capitata*, registrando el 100% de mortalidad en la primera semana, sin evidencia de regeneración en ningún individuo observado.
- Los hallazgos encontrados en este estudio son de gran relevancia ambiental, considerando que las condiciones futuras del cambio climático previstas por el IPCC fueron consideradas en el trabajo, se observó una afectación en la fisiología de los

individuos como en la capacidad regenerativa y la supervivencia de *Capitella cf. capitata*, por consiguiente, es posible un impacto ecológico en el sistema acuático, ya que puede ocasionar efectos negativos en la red trófica y en la dinámica poblacional.

CAPÍTULO VI
RECOMENDACIONES

6. Recomendaciones.

- Realizar estudios con *Capitella cf. capitata* utilizando marcadores bioquímicos (Contenido de proteínas y glucógeno), actividades antioxidantes y enzimáticas de biotransformación como la actividad Catalasa (CAT) y del superóxido dismutasa (SOD) para evaluar los parámetros de salinidad y temperatura considerando los valores bajo un escenario del cambio climático.
- Evaluar la capacidad regenerativa de *Capitella cf. capitata* considerando la variable pH para determinar el efecto que experimentaría los organismos en condiciones acidificantes del agua, considerando valores previstos de la acidificación de los mares y océanos en el contexto del cambio climático.
- Determinar el límite máximo térmico que soporta *Capitella cf. capitata* en su capacidad regenerativa en un rango de temperatura de 31 a 34°C, ya que en nuestro estudio fue imposible la adaptación de la especie de prueba a temperatura de 34°C.
- Realizar estudios con otras especies de poliquetos de la región, evaluando su capacidad regenerativa, con las mismas condiciones evaluadas en este estudio para identificar si en las otras especies existiría una mayor tolerancia a los cambios abruptos de temperatura y salinidad.

- Se recomienda incorporar nuevos estudios sobre la afectación de la salinidad y temperatura desde la etapa temprana de *Capitella cf. capitata* como la eclosión de larvas, maduración de juveniles y reproducción, ya que es de suma importancia ecológica reconocer el efecto causado al utilizar condiciones del cambio climático debido a que es una especie de fácil adaptación para pruebas en laboratorio.
- Seguir implementando estudios relacionados a escenarios de cambio climático en otras especies de importancia ecológica y económica en la bahía de Chetumal, como crustáceos, moluscos, peces, etc. para describir la manera en que podría tener un impacto estos factores ambientales a la población y por ende el ecosistema bentónico.

CAPÍTULO VII
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

7. Referencias Bibliográficas.

- Adkins, M., & Schulze, A. (2011). Development of *Capitella sp. G* from Galveston Bay, Texas. *Marine Biology Research*, 7(2), 202–207. doi:10.1080/17451000.2010.489612
- Bely, A. E. (2006). Distribution of segment regeneration ability in the Annelida. *Integrative and Comparative Biology*, 46(4), 508–518. doi:10.1093/icb/icu109
- Bely, A. E. (2014). Early Events in Annelid Regeneration: A Cellular Perspective. *Integrative and Comparative Biology*, 54(4), 688–699. doi:doi.org/10.1093/icb/icu109
- Bellan, G., Reish D.J. & Foret, J.P. (1972). The sublethal effects of a detergent on the reproduction, development, and settlement in the polychaetous annelid *Capitella capitata*. *Marine Biology* 14, 183-188. doi:10.1007/BF00348278
- Blake, J. (2009). Redescription of *Capitella capitata* (Fabricius) from West Greenland and designation of a neotype (Polychaeta:Capitellidae). *Zoosymposia*. doi:10.11646/zoosymposia.2.1.7
- Bhuiyan, K. A., Rodríguez, B.M., Pires, A., Riba, I., Dellvals, A., Freitas, R., & Conradi, M. (2020) Experimental evidence of uncertain future of the keystone ragworm *Hediste diversicolor* (O.F. Müller, 1776) under climate change conditions. *Science of the Total environment*.142031. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.142031
- Bashevkin, S. M. & Pechenick, J.A (2015). The interactive influence of temperature and salinity on larval and juvenile growth in the gastropod *Crepidula fornicata* (L.) *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 470: 78-91. doi:10.1016/j.jembe.2015.05.004
- Carrillo L, E. Palacios.-Hernández, A.M., Ramírez y Morales-Vela. (2009). Características hidrometeorológicas y batimétricas. En G. I.-A. Espinoza-Avalos J, El sistema ecológico de la bahía de Chetumal / Corozal: costa occidental del Mar Caribe (pág. 12-20). ECOSUR, Chetumal.
- Calderón Ruiz A., Delgado Blas, V.H. & Uc Peraza, R.G (2019). Toxicidad aguda del malatión 500® y tyson 4E® en *Capitella sp.* *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 35(3), 565-574. doi:10.20937/RICA.2019.35.03.04

David, A. A., & C. A. Simon. (2014). The effect of temperature on larval development of two non-indigenous poecilognous polychaetes (Annelida: Spionidae) with implications for life history theory, establishment and range expansion. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 461: 20–30. doi:10.1080/07924259.2011.638404

Delgado Blas V.H., Hernández H.A y Kuk J.G. 2011. Distribución espacial y temporal de los poliquetos (Polychaeta: Annelida) de la bahía de Chetumal, Quintana Roo. *Avances de ciencia y tecnología en Quintana Roo*. Primera edición. Pág. 71-103.

Delgado Blas, V.H, Hernández, H.A & Kuk, J.G (2011) Distribución espacial y temporal de poliquetos (Polychaeta: annelida) de la bahía de Chetumal, Quintana Roo. *Avances de la ciencia y tecnología en Quintana Roo*. (pp. 80-81). Plaza Y Valdés

David, A. A & Williams, J. (2012). Asexual reproduction and anterior regeneration under high and low temperatures in the sponge associate *Polydora colonia* (Polychaeta: Spionidae), *Invertebrate Reproduction & Development*, 56:4, 315-324: doi:10.1080/07924259.2011.638404.

Espinoza-Avalos, J., Islebe, G.A. y Hernández-Arana, H.A (2009). Sistema ecológico de la bahía de Chetumal/ Corozal: Costa occidental del Mar Caribe. pp. 1-4. ECOSUR, Chetumal.

Elías, R., Méndez, N., Muniz, P., Cabanilas, R., Gutiérrez, C., Rozbaczylo N., Londoño M., Gárate P., Cárdenas M., Villamar F., Laverde J.A., Brauko K., Araki M., Cunha P. y Diaz O (2021). Los poliquetos como indicadores biológicos en América Latina y el Caribe. *Ciencias Marinas y Pesqueras*, 34(1), 37–107. doi:10.47193/mafis.3412021010301

Freitas, R., Pires, A., Velez, C., Almeida, Â., Wrona, F. J., Soares, A. M. V. & Figueira, E. (2015). The effects of salinity changes on the Polychaete *Diopatra neapolitana*: Impacts on regenerative capacity and biochemical markers. *Aquatic Toxicology*, 163, 167–176. 176. doi:10.1016/j.aquatox.2015.04.006

García-Garza M.E. (2009). *Capitellidae* Grube, 1862. En: Poliquetos (Annelida: Polychaeta) de México y América tropical (De León-González J.A., BastidaZavala J.R., Carrera-Parra L.F., García-Garza M.E., Peña-Rivera A., Salazar-Vallejo S.I. y Solís-Weiss V., Eds.). Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México, pp. 101-104.

Govender, N., Smit, A. J., & Perissinotto, R. (2011). Trophic functioning of the St. Lucia estuarine lake during a drought phase assessed using stable isotopes. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 93(2), 87–97. doi.org/10.1016/j.ecss.2011.02.019

Herrera-Pérez M. y Méndez, N. (2019). Efecto de la temperatura y salinidad en la mortalidad de adultos de *Capitella* sp. (Polychaeta: Capitellidae) en el laboratorio. *Revista de Biología Tropical*, 67(5). doi:DOI 10.15517/RBT.V67IS5.38926

Jong, D.M. & Seaver E.C. (2016) A Stable Thoracic Hox Code and Epimorphosis Characterize Posterior Regeneration in *Capitella teleta*. *PLoS ONE* 11(2): e0149724. doi:10.1371/journal.pone.0149724

Lorente, I., Gamo, D., Gómez, J.L, Santos, R., Flores, L, Camacho, A., Galindo, L., y Navarro, J. (2004). Los efectos biológicos del cambio. Ecosistemas, *Revista científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente*, 13(1), 103-110. Obtenido de <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=172>

Medina-Gómez, I., Herrera-Silveira, J.A, Jiménez Zaldívar, A., Aguayo González, M., Trejo Peña, J., Medina Chan, I. y Tapia González, P. (2009). Metabolismo de la Bahía de Chetumal basado en el balance estequiométrico de nutrientes. En: F.J. Rosado-May, R. Romero Mayo y A. de Jesús Navarrete (Eds.) *Contribuciones de la Ciencia al Manejo Costero Integrado de la Bahía de Chetumal y su Área de Influencia*. Universidad de Quintana Roo, Chetumal. Roo, México, p.33-42.

Méndez N. & Barata C. (2015). Effects of the antidepressant fluoxetine in spiked sediments on developmental and reproductive features of the polychaetes *Capitella teleta* and *Capitella* sp. *Ecotoxicology* 24: 106-118. doi:10.1007/s10646-014-1362-z

Matozzo, V., Chinellato, A., Munari, M., Finos, L., Bressan, M. y Marin, M. G. (2012). First Evidence of Immunomodulation in Bivalves under Seawater Acidification and Increased Temperature. *PLoS ONE* 7(3): e33820. doi:10.1371/journal.pone.0033820

Méndez, N. (2006). Ciclo de vida de *Capitella sp.* Y (Polychaeta: Capitella de Estero de Yugo, Mazatlán, México. *Revista de la Asociación de Biología Marina del Reino Unido*. 86, 263. doi:doi.org/10.1017/S0025315406013117

Méndez N. (2016). Laboratory development of *Capitella sp.* A (Annelida: Capitellidae) from a NW mediterranean fish farm reared under different organic enrichment conditions. *Sciencia Marine*. 80(4), 535-542. doi:doi.org/10.3989/scimar.04450.08B

Méndez, N. Romero, J., Flos J. (1997). Population dynamics and production of the polychaete *Capitella capitata* in the littoral zone of Barcelona (Spain, NW Mediterranean) *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 218 (2) p. 263–284. doi:10.1016/S0022-0981(97)00078-6

Pechenik, J. A., Berard, R., & Kerr, L. (2000). Effects of reduced salinity on survival, growth, reproductive success, and energetics of the euryhaline polychaete *Capitella sp. I*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 254(1), 19–35. doi:10.1016/s0022-0981(00)00261-6

Pechenik, J. A., Chaparro, O. R., Pilnick, A., Karp, M., Acquafredda, M., & Burns, R. (2016). Effects of Embryonic Exposure to Salinity Stress or Hypoxia on Post-metamorphic Growth and Survival of the Polychaete *Capitella teleta*. *The Biological Bulletin*, 231(2), 103–112. doi:10.1086/690090

Pechenik, J.A., Chaparro, O.R., Lazarus, Z.M., Tellado, G.V., Ostapovich, E.M. & Clark, D. (2020). Impact of short-term elevated temperature stress on winter-acclimated individuals of the marine gastropod *Crepidula fornicata*, *Marine Environmental Research*. doi:10.1016/j.marenvres.2020.105180.

Pechenik, J. A., Gleason, T., Daniels, D., & Champlin, D. (2001). Influence of larval exposure to salinity and cadmium stress on juvenile performance of two marine invertebrates (*Capitella sp. I* and *Crepidula fornicata*). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 264(1), 101–114. doi:10.1016/s0022-0981(01)00313-6

Pires A., Freitas R., Quintini V. & Rodriguez A.M. (2012). Can *Diopatra neapolitana* (Annelida: Onuphidae) regenerate body damage caused by bait digging or predation? *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 110, 36–42. doi:10.1016/j.ecss.2011.12.039

Pires, A., Figuereira, E., Moreira A., Soares A.M.V.M. & Freitas R. (2015). The effects of water acidificación, temperatura and salinity on the regenerative capacity of the polychaete *Diopatra neapolitana*. *Marine Environmental Research* 106(2015) 30-41. doi:10.1016/j.marenvres.2015.03.002

IPCC. (2014). Cambio climático y biodiversidad: Cambios observados en la temperatura y en las precipitaciones. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra, Suiza, pág. 127-141

Seaver, E. C. (2016). Annelid models I: *Capitella teleta*. *Current Opinion in Genetics & Development*, 39, 35–41. doi:doi.org/10.1016/j.gde.2016.05.025

Simonini, R., & Prevedelli, D. (2003). Effects of temperature on two Mediterranean populations of *Dinophilus gyrociliatus* (Polychaeta: Dinophilidae). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 291(1), 79–93. doi:10.1016/s0022-0981(03)00099-6

Uc- Peraza, R.G. y Delgado-Blas, V.H. (2012). Determinación de la concentración letal media (CL50) de cuatro detergentes domésticos biodegradables en *Laeonereis culveri* (Webster, 1879) (Polychaeta, Annelida). *Revista de Contaminación Ambiental*, 28(2), 137-144. doi:10.5281/zenodo.6924521

Uc-Peraza, R. G., & Delgado-Blas, V. H. (2015). Acute toxicity and risk assessment of three commercial detergents using the polychaete *Capitella sp. C* from Chetumal Bay, Quintana Roo, Mexico. *International Aquatic Research*, 7(4), 251–261. doi:10.1007/s40071-015-0112-z

Vásquez-Yeomans, L., Castellanos, I., Suárez-Morales, E. y Gasca, R. (2012). Variación espacio-temporal de la biomasa de zooplancton en un sistema estuarino del Caribe Occidental durante dos ciclos anuales. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. Vol47, N°2: 213-225.

CAPÍTULO VIII
ANEXOS

8. Anexos.

Anexo 1. Cámaras de bioensayo.

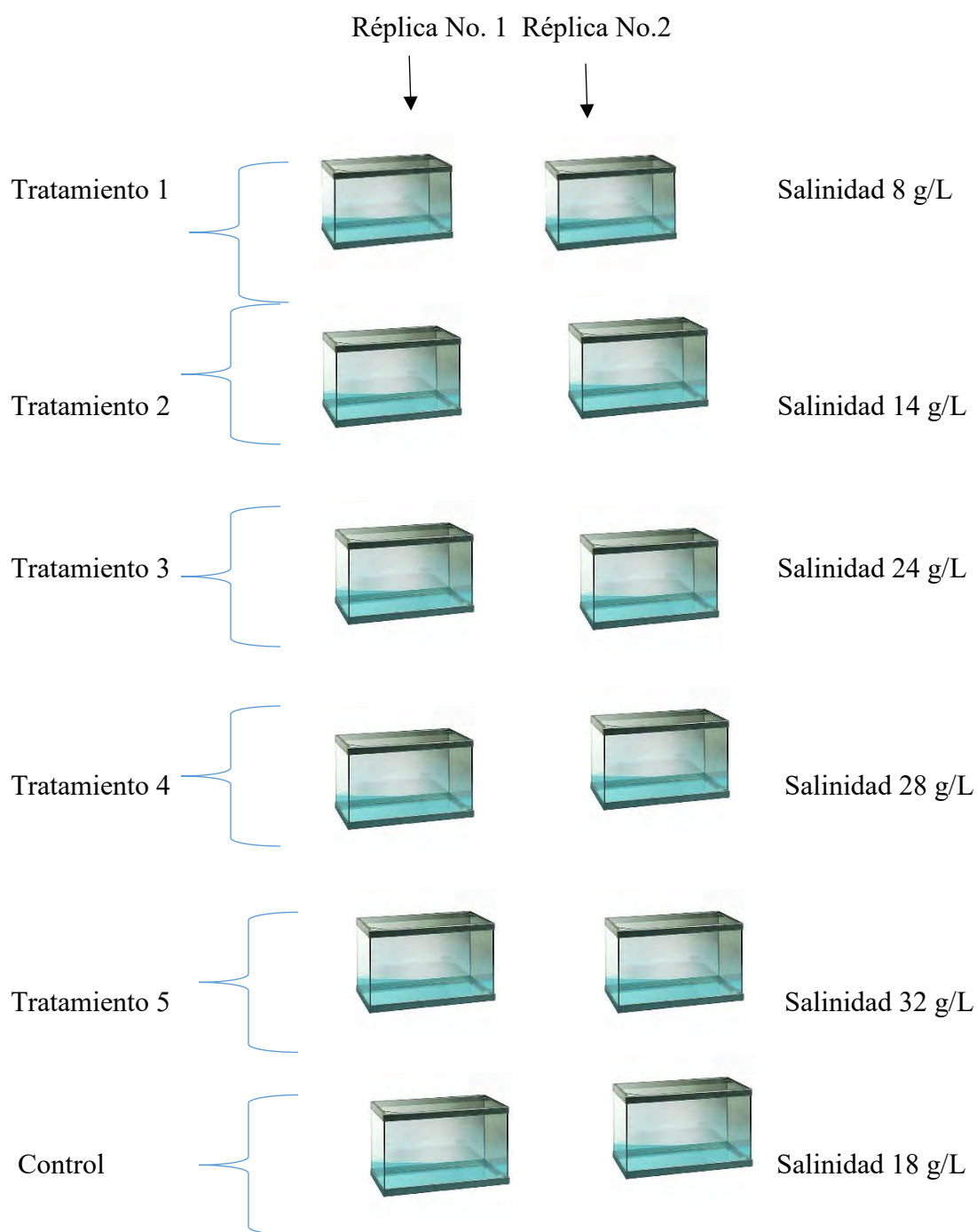


Figura 12. Esquematización de las cámaras de bioensayo en salinidad.

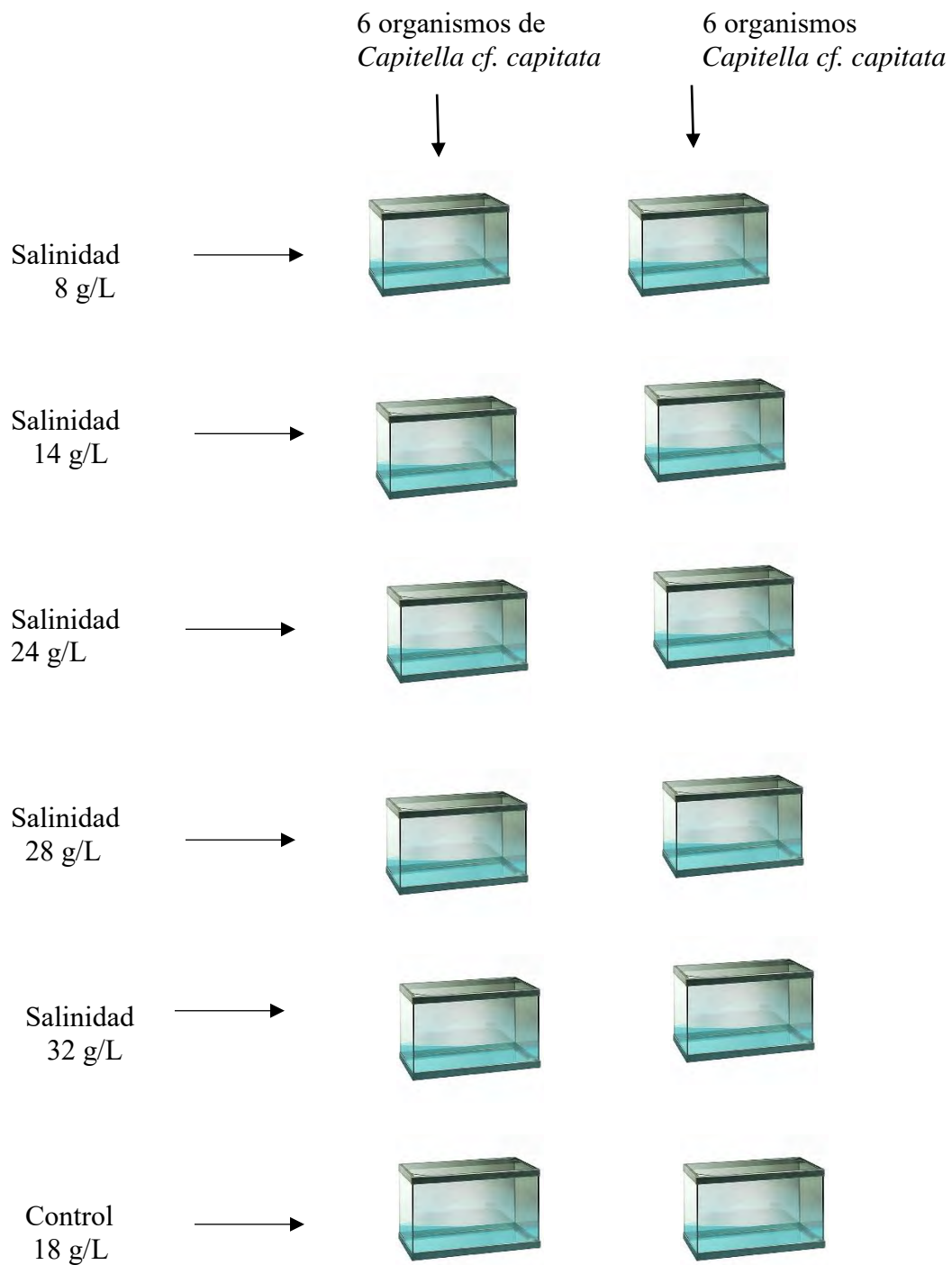


Figura 13. Esquematización de la cámara de bioensayo a diferentes salinidades.

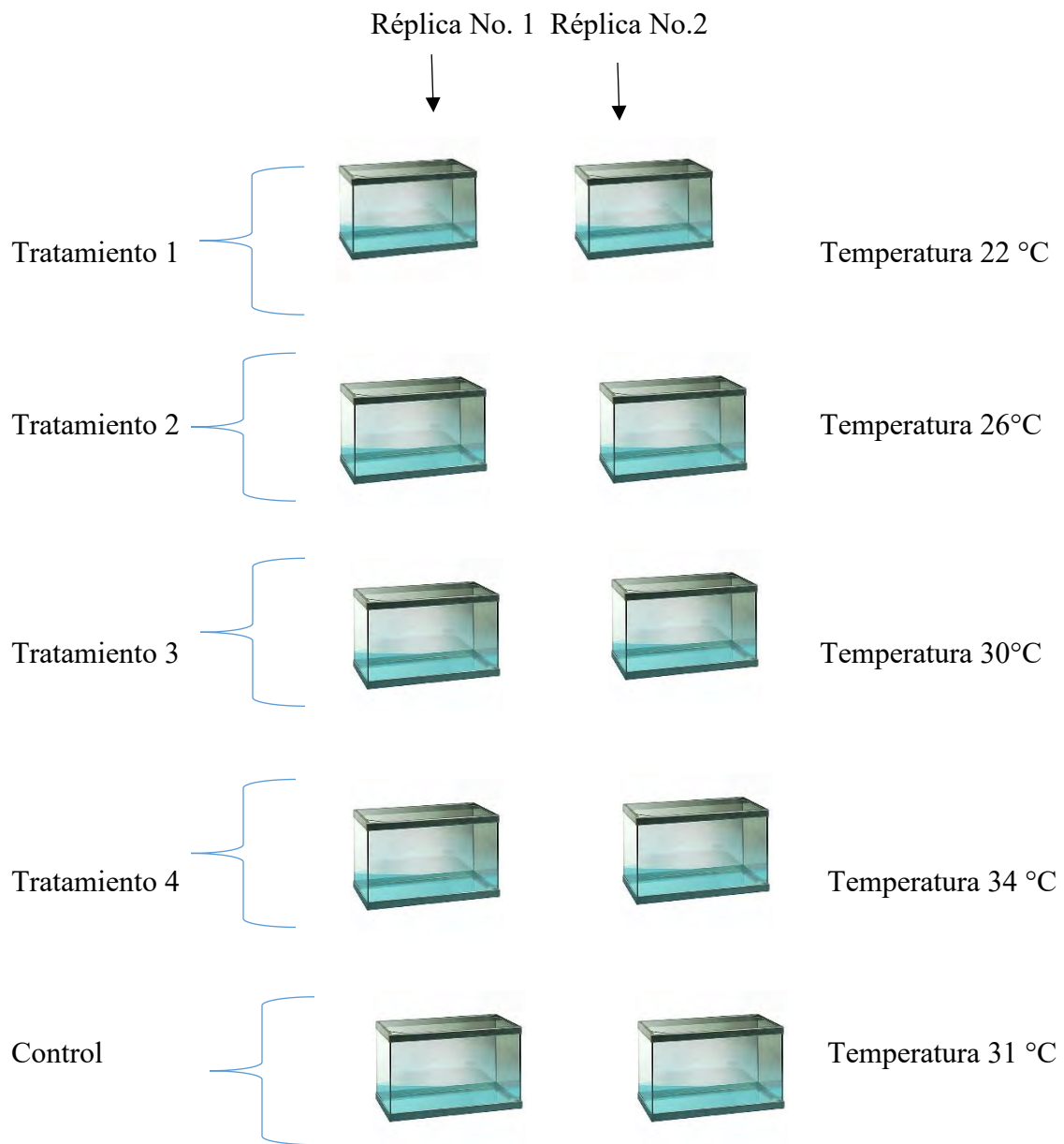


Figura 14. Esquematización de las cámaras de bioensayo en temperatura

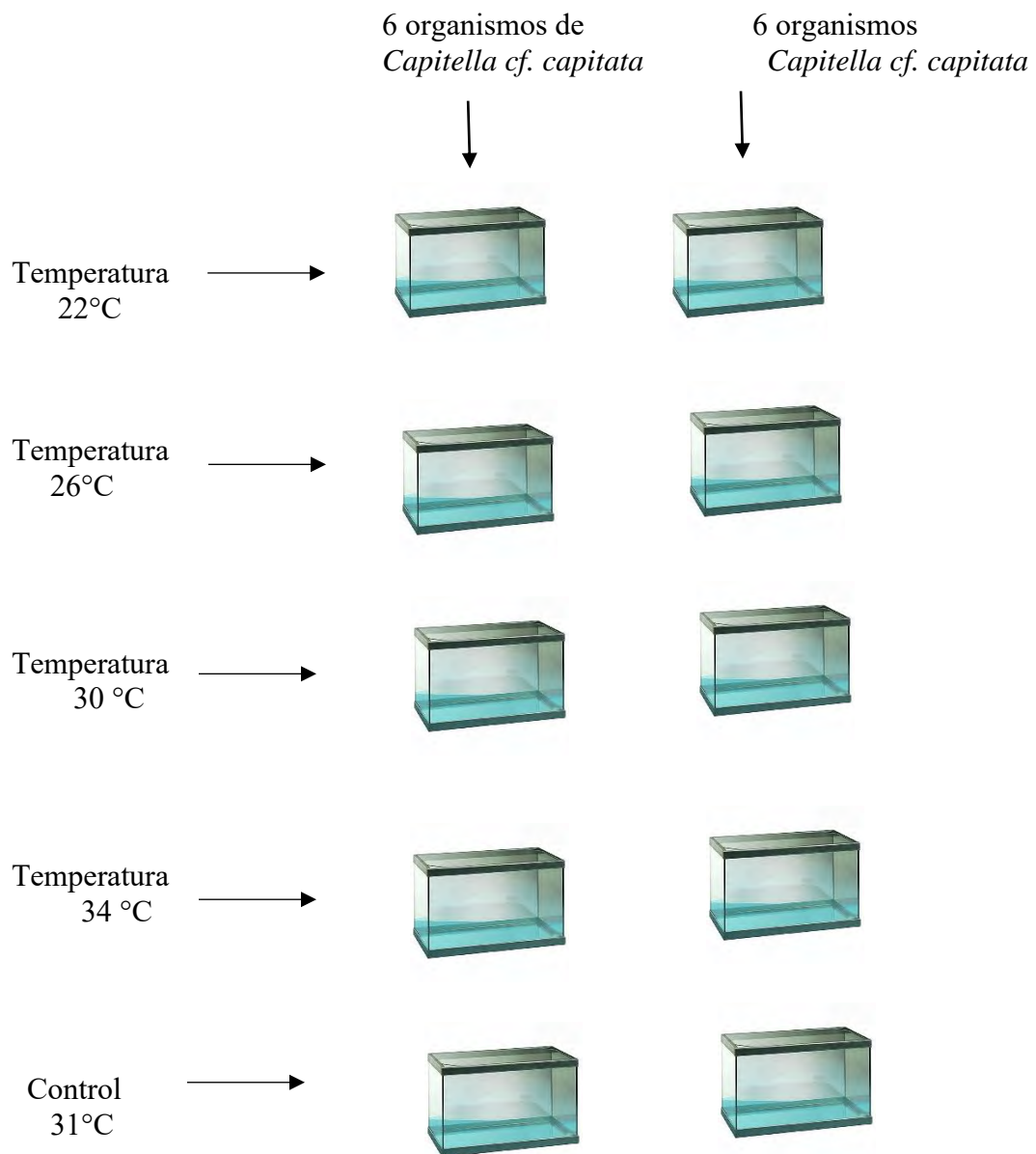


Figura 15. Esquematización de la cámara de bioensayo a diferentes temperaturas.

Anexo 2. Diseño experimental de la prueba de temperatura.

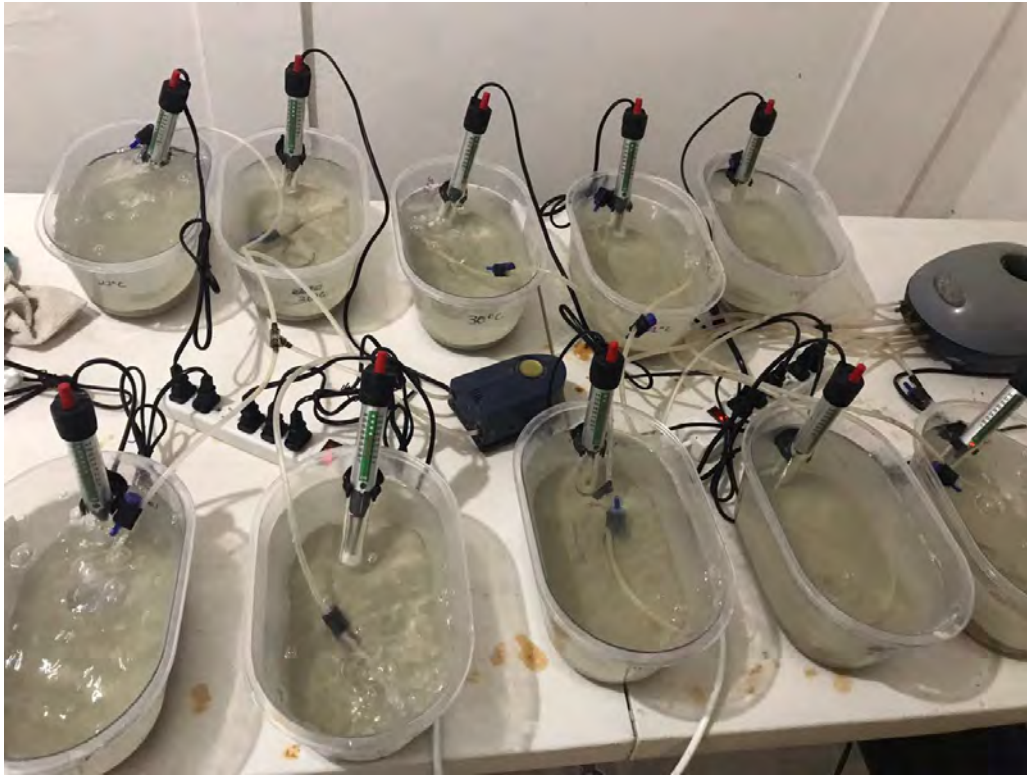


Figura 16. Bioensayo de temperatura.

Anexo 3. Diseño experimental prueba de Salinidad.



Figura 17. Bioensayo de Salinidad.

Anexo 4. Clasificación taxonómica de la especie de prueba.



Figura 18. Especie de *Capitella cf. capitata* empleados en los bioensayos.

Taxonomía:

Reino: Animal

Phylum: Annelida

Clase: Polychaeta

Orden: Capitellida

Familia: Capitellidae

Género: Capitella